

A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében

A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS
ÉS A MEGÚJULÓ TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK
KÖRNYEZETVÉDELMI ÖSSZEFÜGGÉSEI
A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN

Konferenciakötet

Szerkesztette

FODOR ISTVÁN – SUVÁK ANDREA

Magyar Tudományos Akadémia
Regionális Kutatások Központja
Pécs, 2008

A kötet a Magyar Tudományos Akadémia Pécsi Területi Bizottsága, valamint Regionális Kutatások Központja által közösen szervezett konferencia anyagát tartalmazza. A kiadvány a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal anyagi támogatásával készült.

A kötet tanulmányait lektorálták

Bank Klára, Bunyevác Zózsef, Hajnal Klára, Német Béla, Varjú Viktor, Vér Klára, Wilhelm Zoltán

© Magyar Tudományos Akadémia
Regionális Kutatások Központja

ISBN 978 963 9899 05 6

Kiadja az MTA Regionális Kutatások Központja

Szedés: MTA Regionális Kutatások Központja

Borító: Pinczehelyi Márk

Borító fotó: Bánáti bazsarózsa (*Paeonia Banatica*), Nagy Gábor (DDNP Igazgatósága) felvétele

Nyomdai munkálatok: Bookmaster Kft., Pécs

Felelős vezető: Bernáth Miklós.

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás és terjesztés joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával nem dolgozható fel, azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és terjeszthető.

TARTALOM

<i>Fodor István: A fenntarthatóság kérdőjelei Európa közepén (Előszó helyett)</i>	7
<i>Haraszthy László: Gondolatok a fenntarthatóság kérdéséhez, avagy lehetséges-e a fenntartható fejlődés?</i>	9

I. Fenntartható vízhasználat

<i>Várallyay György: Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges talaj-vízháztartási helyzetek mint környezeti problémák a Kárpát-medencében</i>	17
<i>Štekauerová, Vlasta – Šútor, Julius – Nagy, Viliam: a talajnedvesség alakulása a Csallóközben – összefüggések a környezeti és klimatikus változással</i>	27
<i>Nagy, Viliam – Štekauerová, Vlasta– Šútor, Julius– Milics, Gábor: Felszín alatti vízkészletek – a talajnedvesség mint megújuló energiaforrás</i>	37
<i>Schweitzer Ferenc: Ismét a tiszai árvizekről.....</i>	47
<i>Kertész-Káldosi Zsuzsanna: A Tisza-völgy térségének fenntartható árvízvédelme, a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése program.....</i>	61
<i>Putarich Ivánszky Veronika: A fenntartható fejlesztési lehetőségek és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Vajdaságban</i>	69
<i>Wilhelm Zoltán – Benovics Gábor – Déri Iván – Kisgyörgy Péter: Tradicionális, fenntartható vízkezelési módszerek Dél-Ázsiában és ezek hazai hasznosíthatósága</i>	81

II. Éghajlatváltozás

<i>Bartholy Judit – Pongrácz Rita – Gelybó Györgyi: A Kárpát-medencére készült regionális klímaváltozási szcenáriók elemzése</i>	93
<i>Pongrácz Rita – Bartholy Judit – Szabó Péter: Éghajlati extrémumok XXI. század végére várható tendenciái a Kárpát-medence térségében</i>	102
<i>Pálvölgyi Tamás: Az éghajlatváltozás hatásai az épített környezetre és az infrastruktúrára</i>	111
<i>Lingvaj József: Az energiatermelés és fogyasztás kihatásai a globális felmelegedésre.....</i>	120

III. Megújuló energiák

<i>Bank Klára: Kooperációs reményeink a Kárpát-medence megújuló energiaforrásainak hasznosításában</i>	131
<i>Milics Gábor – Smuk Norbert – Nagy, Viliam: Precíziós gazdálkodás – a megújuló biológiai eredetű alapanyagok előállítására környezetkímélő módon.....</i>	138
<i>Német Béla: Nem-fosszilis energiaforrások felhasználásának kapcsolatrendszere (20 éves stratégia Magyarország jelentős arányú energetikai függetlenségének fenntartható biztosítására).....</i>	147
<i>Koncz Gábor: Szilárd biomassa energetikai célú hasznosítása az Európai Unió tagországaiban:</i>	154
<i>Szigecsnán Norbert: A napenergia felhasználási lehetőségei</i>	164
<i>Plesz Balázs: Napenergia villamos hasznosításának lehetőségei és problémái</i>	173

<i>Bokor László: A szélenergia felhasználásnak történeti és földrajzi jellegzetességei Magyarországon</i>	181
<i>Buday Tamás – Kozák Miklós: A környezetbarát földhőbányászat</i>	191
<i>Baranyi Béla – Nagyné Demeter Dóra: Bioenergetikai beruházások vidékfejlesztési hatásvizsgálatának szempontjai</i>	199

IV. Tájhasználat – tájértékelés

<i>Csete Sándor – Ortmann-né Ajkai Adrienne: Hazai tájhasználati adatbázisok (corine, méta) felhasználási lehetőségei biomassza-ültetvények potenciális termőterületeinek meghatározásában</i>	211
<i>Ortmann-né Ajkai Adrienne – Horváth Ferenc: Ökológiai tájhasználati térképek mint a fenntartható vidékfejlesztés döntéstámogató modellrendszerének elemei négy Dráva menti kistérség példáján</i>	220
<i>Hervai András: A fenntartható tájértékelés lehetőségei Magyarországon</i>	228

V. Agrár-környezetvédelem

<i>Buday-Sántha Attila: Hitek és tévhitek az agrár-környezetvédelemben</i>	239
<i>Neményi Miklós: Egy agro-ökológiai alrendszer (növénytermesztés) termodinamikai modellezésének elemei, avagy hol a határa az ésszerű beavatkozásnak</i>	249
<i>Anda Angéla – Dióssy László: A globális felmelegedés várható energetikai következményei egy lokális példa alapján</i>	257
<i>Potyondi László: A termőföld- és víztakarékosság lehetőségei a szántóföldi bioenergia termelésben a biodiverzitás fenntartása mellett</i>	265

VI. Fenntartható fejlődés és stratégia

<i>Hajnal Klára: A nemzeti fenntartható fejlődési stratégia elméleti problémái</i>	275
<i>Kiss Tibor: Természetvezéreltség mint rendszerszemléletű megközelítés a kárpát-medencében</i>	282
<i>Mészáros Géza – Szlávik János – Pálvölgyi Tamás – Bencsik Attila: A fenntartható és biztonságos kistérségi energiagazdálkodás vizsgálata az energiatakarékosság és a megújuló energia hasznosítás optimalizálásával.</i>	289
<i>Bunyavácz József: A környezeti érdekek és érvényesítésük lehetőségei a döntési, tervezési és beruházási folyamatban</i>	299
<i>Varjú Viktor: A környezeti vizsgálatok jelentősége a Kárpát-medence környezetvédelmében</i>	306
<i>Vásárhelyi Judit: A partnerség elve (civil természet- és környezetvédők részvétele az európai alapok monitorozásában: a környezeti érdekek érvényesítésének eszköze)</i>	316

VII. Intézményrendszer

<i>Nagy Imre: Horvátország környezetvédelmi intézményrendszere</i>	325
<i>Mezei István: A környezetvédelem intézményrendszere Szlovákiában</i>	331
<i>Duray Balázs: Románia környezetpolitikája</i>	339

VIII. Természetvédelem

<i>Bartók Katalin: Románia élővilágának és tájainak sokfélesége – a fenntartható fejlődés alapjai</i>	351
---	-----

Fodor István¹

A FENNTARTHATÓSÁG KÉRDŐJELEI EURÓPA KÖZEPÉN

(ELŐSZÓ HELYETT)

A XXI. század elején az emberiséget talán legmélyebben foglalkoztató probléma az, hogy saját jövőjét, további fennmaradásának biztosítását hogyan tudja összekapcsolni természeti környezetének a végső pusztulástól való megmentésével. Az már az 1980-as évek óta igazoltnak tűnik, hogy a gazdasági növekedésnek azok a modelljei, amelyek nem tanúsítanak kellő mértéktartást a természet eltartóképességével szemben és kellő figyelmet a társadalmi igazságosság iránt, súlyos kudarcra, bukásra vannak ítélve (Our Common Future 1987; Riói Föld Csúcs 1992 stb.). Azóta a kérdést még markánsabban, még türelmetlenebbül teszik fel a környezeti konfliktus kutatói. Mit jelent a fenntartható fejlődés tartalma? Milyen korlátozott gazdaságfejlesztéssel valósítható meg globálisan, regionálisan vagy az ember közvetlen térségében a környezeti fenntarthatóság?

A környezettudományi kutatások ugyanakkor talán a középső méretarányt fedő regionális összefüggések feltárásában mutatnak legnagyobb adósságot mind a mai napig. Ráadásul nagyok sok környezeti konfliktus regionális léptékben jelentkezik szerte egész Földünkön. Ilyen regionális teret ölel fel a Kárpát-medence, amely Európa nagytájai közül is kiemelkedik természeti környezetének érzékenységeivel és a szennyezés veszélyforrásaival, ugyanakkor természeti értékeiben különösen gazdag kistájainak színes sokaságából tevődik össze. A ritka természeti értékek sokaságára csupán egyetlen példát említünk, a kiemelten védett barlangok száma meghaladja a tízezret. Mindezek mellett arra is figyelünk kell, hogy az itt lévő veszélyforrások nagy száma – a fenntarthatatlan gazdálkodás eredményeként – végveszélybe sodorhatja természeti értékeinket is. Az Ungvári Nemzeti Egyetem kutatásai arról tanúskodnak, hogy csupán Kárpátalja térségében közel hatszáz növényfajt és kétszázhatvan állatfajt fenyeget a kihalás veszélye. Ez a jelenség aktívabb védelemre ösztönöz bennünket.

Figyelemre méltó azonban, hogy a Kárpát-medence nem csupán védendő természeti értékeiben gazdag, de a gazdaság működéséhez nélkülözhetetlen természeti erőforrásokban is bővelkedik még napjainkban. De meddig? A környezeti fenntarthatóságot kifejező ökológiai lábnyom (2003-as adatok alapján) arról tanúskodik, hogy Európában csupán Albánia és Moldávia fogyaszt a fenntarthatósági határérték alatt, amely egyenletes fogyasztási elosztás mellett az emberiség egészére számítva 1,8 ha/fő. Ma Magyarországon az ökológiai lábnyom átlagban 3,6 ha/fő. Ez azt mutatja, hogy rosszul gazdálkodunk természeti értékeinkkel. Talán itt, a Kárpát-medencében az elfogyasztott javak mennyisége nem sok, de a meg nem újuló és megújuló természeti erőforrások felhasználása, illetve elfogyasztása biztosan pazarló struktúrában történik. Ez önmagában is felveti a fenntarthatóság kérdőjeleit a Kárpát-medence országaiban.

¹ Egyetemi tanár, tudományos tanácsadó, MTA RKK Dunántúli Tudományos Intézet, Pécs.

Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a Kárpát-medence környezeti konfliktusai, az azok mögött meghúzódó érdekellentétek csak közös elhatározással és cselekvéssel háríthatók el vagy mérsékelhetők. Ezek a célok a Kárpát-medence valamennyi országának együttes érdekét képviselik, mint ahogy a megújuló természeti erőforrások jobb kihasználására való törekvés is, amely egybeesik az Európai Unió környezetpolitikájának fenntartható stratégiájával.

Ezeket a gondolatokat vitattuk meg 2008. november 10–11-én Pécsen „*A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében*” című nemzetközi tudományos konferencián az MTA Pécsi Akadémiai Bizottság szervezésében, amelynek anyagát lektorált kötet formájában adjuk az Olvasó kezébe. A tudományos konferencián 125 fő vett részt, a szakembereken kívül számos hazai és határon túli doktori iskola képviselője is. A konferencia folytatása a 2003-ban megrendezett „*A fenntartható fejlődés környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében*” című tanácskozásnak és egyben előzménye a 2010-ben Pécs Európa Kulturális Fővárosa programjához kapcsolódó „*A Kárpát-medence, Európa nagytája természet- és környezetvédelme*” című konferenciának, amely egész Európa számára nyitott.

GONDOLATOK A FENNTARTHATÓSÁG KÉRDÉSÉHEZ, AVAGY LEHETSÉGES-E A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS?

Évtizedek óta használjuk a fenntartható fejlődés fogalmát. Ökológusok, környezet- és természetvédők ezen egészen mást értenek, mint a közgazdászok, a gazdaság, illetve a politika irányítói.

Előbbiek világosan látják, tudják, hogy a fejlődés – azaz a növekedés – nem folytatható a végtelenségig, annak vannak határai. Nem élhet tetszőleges számú ember a földön, nem lehet kitermelni mindig több és több fát az erdőkből, vagy halat kifogni a tengerekből, de az ásványi nyersanyagok kitermelésének is van határa. Ezt a határt sosem az utolsó kivágott fával vagy kifogott hallal érzük el, hanem a mennyiséggel, amelyik nagyobb annál, mint amit a természetes rendszerek megújuló, szaporodó képessége ugyanannyi idő alatt képes előállítani. Azaz nem lehet több halat kifogni a tengerekből, mint amennyi az adott időszakra vetíthető szaporulat, mert ellenkező esetben a készletek fogyatkoznak. Tehát nincs fenntartható fejlődés (növekedés) a halászatban (erdőgazdálkodásban és a többi ágazatban), amennyiben a fenntarthatóság a fenntartható növekedést jelenti.

Létezik azonban fenntartható hasznosítás halból, erdőből és minden másból, ami folyamatosan képződik, újratermelődik. De ha a fenntarthatóságnak az a kritériuma, hogy csak a növekményt, csak a szaporulatot vagy más környezetbe átültetve a képletet csak a kamatot éljük fel, a tőkéhez nem nyúlunk, vajon értelmezhető-e a fenntarthatóság pl. a fosszilis nyersanyagok kitermelésével összefüggésben? Akkor lenne értelmezhető a gyakorlatban, ha nem lehetne látni a készletek felhasználásnak végét. Elméletileg még ez sem lenne fenntartható, csak ha pl. a készletek ezer évekre elegendőek lennének, akkor a mai használatra még akár a fenntartható jelző is illeszthető lenne. Tudjuk azonban, hogy 1960 óta folyamatosan növekszik a kitermelt kőolaj mennyisége és napjainkban 1:5 a felfedezés és a kitermelés aránya. Vajon ilyen körülmények között hogyan kell értelmezni a fenntartható fejlődés (mennyiségi növekedés) fogalmát?

Nyilvánvaló, hogy a fogalom nemcsak ökológia megközelítésben értelmezhetetlen.

A világ északi részén – Japánban, az EU-ban, illetve Észak-Amerikában – fogyasztják el a földön rendelkezésre álló energia 80%-át, miközben ezekben a régiókban a Föld népességének csak 20%-a él. Ez lenne a fenntartható fejlődés? Folyamatosan kizsákmányolni a szegény délieket? És mi lesz akkor, ha ők ezt nem tűrik tovább? Mi lesz, ha egyszer azt mondják, nem tekintjük a továbbiakban elérendő célnak azt a fogyasztói társadalmat, amit az északiak ránk akarnak erőltetni? Más célokat, eldobandó javak

¹ Szakállamtitkár, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.

nélküli, mégis emberibb létet akarunk. Nem hajszolják tovább ők is a pénzt, nem adják olcsón természeti erőforrásaikat, azokat csak maguk számára termelik ki.

Vajon képes lenne-e az északi népesség olyan szinten fenntartani magát, ahogy ma él?

Kár lenne sok időt tölteni a gondolkodással, nemcsak azért mert mindenki tudja a választ: nem, hanem azért is, mert a földi folyamatok nem állnak meg az egyes országok vagy kontinensek határán.

A légkörbe kibocsátott szén-dioxid és más üvegházhatású gázok hatására átalakulóban van a föld klímája. „Megkezdődött a klímaváltozás”, szokták mondani. Sajnos azonban kevesen tudják, hogy a légkörbe került gázoknak eltérő az úgynevezett tartózkodási ideje. A szén-dioxidé közel száz év. Ez azt jelenti, hogy a most kibocsátott mennyiség csak száz év múlva fog eltűnni, addig pedig hozzájárul az üvegházhatás fokozásához.

Napjainkban még mindig a szén, a kőolaj és a földgáz, azaz a fosszilis energia források biztosítják az emberiség energiaigényének meghatározó többségét. Manapság ugyanakkor a közbeszéd egyik elsőszámú témája a klímaváltozás, és a hatásainak méréséklése érdekében teendő intézkedések, elsősorban a széndioxid-kibocsátás drasztikus mértékű csökkentése.

Ha azonban megvizsgáljuk az ötven évre előrevetített földi méretű energiefelhasználást, akkor azt látjuk, hogy a fosszilis energiahordozók felhasználásának együttes mértéke nem csökken, csak arányuk változik, mivel jelentősen fog növekedni a megújuló energiaforrások hasznosításának mértéke. Természetesen jelentősen csökken majd az egyre nehezebben kitermelhető és folyamatosan fogyatkozó kőolaj felhasználása, de növekszik majd a földgázé. Jó esélyünk van tehát arra, hogy miközben az EU és más iparilag fejlett országok jelentős önkorlátozást vezetnek be a szén-dioxid-kibocsátás terén, a feltörekvő országok kibocsátásával együtt földi méretekben nem lesz változás.

Pazarlás mindenütt, ahol csak lehet

A mai mezőgazdaság sok mindenben jelentősen eltér pl. az ötven évvel ezelőtől. Akkor a mezőgazdaság még energiatermelő volt. Mára felhasználóvá vált. 30–50 millió forintos traktorok járnak a földeket, évente többször is, 300 Ft/liter körüli áron beszerezhető gázolajjal meghajtva. Fél évszázaddal ezelőtt a legfontosabb természetű növényeink termésátlaga messze elmaradt a maitól. Könnyen kijelenthetjük tehát, hogy a termelés jelentősen növekedett, biztosított volt a fenntartható fejlődés – még mennyiségi értelemben is, hiszen évről évre nagyobb tömegű búza termelt egységnyi területen. Tudjuk, hogy a búza különböző fajtáinak termőképessége még mindig rendelkezik tartalékokkal, tehát lehet még többet termelni hektáronként, de azt is tudjuk, hogy van egy felső határ. De vajon megtehetjük-e, hogy a fenntartható fejlődést – a közgazdasági értelemben használt fogalom szerint – egyetlen paraméter alapján értékeljük? Három tonnáról öt tonnára növekedett a búza hektáronkénti termésátlaga. Ha csak ezt az egy paramétert vizsgáljuk, akkor bizonyosan nem fenntarthatóságban gondolkodunk. Miközben a termésátlag növekedett, a termelés költsége elérte a megtermelt búzából származó bevétel szintjét, azaz sokkal többet termelünk, mint ötven éve, de akkor még

haszonnal tettük ezt, ma pedig anélkül. (A termelés nyereségességét a más szektorban megtermelt javak egy részének támogatás formájában történő átcsoportosítása biztosítja.)

Termelünk tehát öt tonna búzát hektáronként, nagyjából annyi költséggel, mint amennyi a ráfordítás volt, közben pedig folyamatosan rászorulunk a fosszilis energia-hordozókra, amelyek mennyiségét ilyen módon is tovább csökkentjük. Mi lesz, ha a kőolaj ára tovább emelkedik, esetleg a maihoz képest megduplázódik? Társadalmi, földi méretekben tehát a mezőgazdaság mai formájában erősen kétséges, hogy fenntartható módon gazdálkodik. Ezt a nélkül is megállapíthatjuk, hogy a teljes elemzésből kihagyjuk a kijuttatott műtrágyák talajvizekre, a növényvédő szerek élővilágra – benne az emberre – gyakorolt hatását.

Vizsgáljuk meg egy nagyon egyszerű példán, hogy milyen mértékű a pazarlás, és vajon ez meddig tartható fenn.

Egy kilogramm paradicsom szabadföldi megtermelése 0,05 liter gázolajnak megfelelő energiát igényel kilogrammonként. Ha ugyanezt a paradicsomot üvegházban termeljük, akkor a gázolaj egyenérték felugrik 2,6 liter/kg-ra, és ha a Kanári-szigetéről importáljuk, akkor az már 4,66 liter/kg lesz. Könnyen mondhatjuk, hogy januárban ezért drága a paradicsom – azaz az árban szerepel a repülőgépes szállítás ára is és talán azt is, hogy nem kötelező mindenkinek megvennie. De mégis nagyon sokan megveszik. És ezen a ponton jutunk el ahhoz a kérdéshez, hogy ha van pénzem, akkor van-e jogom a földi mértékben közös források pazarlásra? Vajon pénzzel megválthatók-e azok a „javak”, amelyek pénzzel nem állíthatók elő? Ki lehet-e halászni a végtelenségig a több tíz, esetleg száz kilós cápákat azért, hogy azok uszonyából luxus igényeket kielégítő és ezért méregdrága cápauszony leves készüljön, miközben a test többi része a tengerben az enyészetté válik? Ha a kérdést a pénz oldaláról közelítjük, akár igenlő választ is kaphatunk. Van aki megfizeti, tehát megéri. A cápavadásznak és az étteremnek ebben az értelemben igen. De a fenntarthatóság szempontjából a válasz csak nem lehet.

Nem válhatnak egyes emberek, egyes nemzetek maguknak bérletet a határtalan növekedésre, a pazarlás minden lehetséges módjára, ugyanis nem állnak rendelkezésre a végtelenségig az erőforrások, és azok felhasználása további következményekkel is jár, pl. klímaváltozás, biológiai sokféleség vesztesége stb.

Természeti értékeink fenntarthatósága

Magyarországon az ember előtti időkben az erdőszültség 85,5%-os volt. Mára ez az arány egy 11%-os mélypont után a 20%-ot közelíti. Anélkül, hogy belemélyednénk a mai erdők – beleértve az akácból, nemesnyárból stb. álló „kukorica vagy búzaföldeket”, azaz a faültetvényeket – biológiai állapotának értékelésébe, szűkítsük le ezt a kérdést is csak az energiatermelés kérdésére. Miközben a világ egyik végén – Amazonas medence – még ma is másfél Magyarországnyi erdő tűnik el évente, másutt az új erdők telepítése, a szén-dioxid megkötése foglalkoztatja az emberiséget. Szerencsére Európára az a jellemző, hogy az erdők kiterjedése folyamatosan növekszik, azaz az általunk megtermelt szén-dioxid egy részét az új erdők képesek megkötni. Eközben Magyarországon néhány erőmű átállt a biomasszából történő energiatermelésre. Sajnos azonban ezek a bio-

massza erőművek nem azt a jelenleg még kárba vesző részt, hasznosítják, amelyekre már régen megoldást kellett volna találnunk mint pl. a gyümölcsösökből, vagy a szőlőből származó nyesedék, hanem azt a farönköt, amit meg tudnak vásárolni, mert a piaci viszonyok ezt lehetővé teszik. Oda jutottunk, mint mások a cápauszonnyal: megengedhetem magamnak, mert van pénzem. Megtehető, hogy egy nemzeti parkunkban található Bioszféra Rezervátumból azért kell kitermelni az erdőt, mert az adott gazdaság csak így tudja teljesíteni az erőművel kötött szerződését. Vajon száz év növekedése elégethető csupán üzleti alapon egy erőműben 2 perc alatt? Ha igen rosszak a gazdasági szabályozók.

A folyókat kísérő ártereken a víz lassan terjedve, az ott zajló biológiai folyamatok eredményeként megszabadul azoktól az anyagoktól, amelyek a növények számára táplálékul szolgálnak: nitrogén, foszfor stb. Ezek egyúttal a legfontosabb műtrágyák alapanyagai.

Az emberi tevékenység következtében a természetes vizekbe egyre nagyobb mennyiségű növényi tápanyag, foszfor, nitrogén kerül, aminek következtében szinte berobban az állóvizek növényvilága, és sosem látott mértékű növekedésnek, terjedésnek leszünk tanúi.

Ennek ellenére egész Európában megfosztották a folyókat az árterektől és arra törekedtek, hogy a nagy árhullámokat minél előbb levezessék. Megszűntek a nagy kiterjedésű árterek, amelyek ingyen megtisztították a vizeket a bennük lévő foszfortól, nitrógentől. Az Európai Unióban szigorú követelményeknek kell megfelelni a tisztított szennyvíznek. Ahhoz, hogy ezt teljesíteni lehessen, mindenütt tisztítóművek sora épül. Ezek természetesen fosszilis energiára építve elvégzik azt, amit energiafelhasználás nélkül az árterek is elvégezték.

Magyarországon a rendszerváltozás idején 1,4 millió szarvasmarha volt, jelentős részük legelő állatként hozzájárult a hazánkra oly jellemző ún. nyílt legelő táj fenntartásához. Ma már csak 700 ezer szarvasmarhánk van és többségük bent áll az istállóban és gázolajjal meghajtott gépekkel levágják számára a lucernát, fűvet és beszállítják az istállóba, mert csak így biztosítható, hogy megtermelje azt a tejmennyiséget, amivel versenyképes marad a tejtermelő ágazat. A búzánál már láttuk, hogy a több termelés nem jelent több hasznot, mert az átalakult gazdálkodási mód költsége lényegesen magasabb, mint a kisebb mennyiséget termelő hagyományos gazdálkodási módé.

Pazaroljuk tehát világszerte a kőolajat, hogy több tejet, húst termeljünk és ennek érdekében inkább a takarmányt visszük az állatokhoz ahelyett, hogy az állatok azt maguk lelegelelnék.

Közben pedig nem gondoljuk végig, hogy mi lesz a sorsa annak a sok százezer hektár legelőnek, amelyikről eltűnnek az állatok. De ezzel a folyamatnak még nincs vége. A szabad verseny azt eredményezi, hogy Dániából, Hollandiából sertéshúst, Dél-Amerikából pedig marhahúst importálunk. Megéri, mert a szállítással együtt is olcsóbb forintban, dollárban stb. Csakhogy ennek a folyamatnak semmi köze sincs a fenntarthatósághoz. Nincs földi méretekben végiggondolva a folyamat, a rossz szabályozók értelmetlen szállításokat keletkeztetnek, mert csak pénzügyi mérleg alapján születik a döntés.

Mi pedig nem kalkuláljuk be azt, hogy milyen veszteség ér bennünket azzal, hogy használaton kívülre kerül az ország területének egy jelentős része.

Vajon ilyen körülmények között lehet-e külön beszélni a környezeti, természeti fenntarthatóságról? Nyilván nem. Sem Magyarország, sem az Európai Unió nem függetlenítheti magát a világban zajló folyamatoktól, éppen ezért csak akkor van esély a fenntarthatóságra, ha annak követelményei földi mértékben valósulnak meg.

Mi a megoldás?

Az emberi népesség folyamatos növekedése és egyre nagyobb régiók bekapcsolódása a jóléti országok körébe azt eredményezi, hogy a túlhasználat földi mértékben egyre nagyobb. Ennek pedig nincsenek meg a feltételei, ezért megálljt kell parancsolni ennek a folyamatnak. Arra nem lehet számítani, hogy az egyén önként lemond autóról, repülésről, légkondicionáló berendezésről és egyéb energiapazarló szokásairól. Ha erre nem lehet számítani, akkor világviszonylatban olyan szabályokat kell felállítani, amelyek megteremtik a földi élet fenntarthatóságának hosszú távú feltételeit.

Ez a kérdés azonban nagyon messzire vezet. Alapvető emberi jogokat korlátozna – amelyekről ma bizonyosan senki sem hajlandó még tárgyalni sem.

Reméljük, nem kerül az emberiség, illetve a földi élet olyan helyzetbe, hogy késő lesz ezeket bevezetni. A mai gyakorlat alapján azonban esélyt sem látok arra, hogy erre a rendkívül kemény, szinte elképzelhetetlenül kemény döntésre ne kerüljön sor. A kérdés csak az, hogy mikor? És hogy békés önkorlátozással-e vagy az emberiség történetében olyan gyakran alkalmazott módon, erőszakkal?

2008. november 17.

I. Fenntartható vízhasználat

TALAJDEGRADÁCIÓS FOLYAMATOK ÉS SZÉLSŐSÉGES TALAJ-VÍZHÁZTARTÁSI HELYZETEK MINT KÖRNYEZETI PROBLÉMÁK A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN

Absztrakt

A Kárpát-medence (elsősorban az alföldek) általában kedvező agroökológiai adottságokkal (klíma, talaj, vízkészletek) rendelkeznek, s jó lehetőséget nyújtanak élelmiszer-, takarmány-, ipari nyersanyag-, esetleg energia célú biomassza-termelésre. Ezek a kedvező adottságok azonban térben és időben egyaránt igen nagy változatosságot mutatnak, szeszélyesek, szélsőségekre hajlamosak, s érzékenyen reagálnak természeti okok miatt, vagy az emberi tevékenységből adódó stresszhatásokra.

A talajjal, illetve talajhasználattal kapcsolatos problémák két legfontosabb – egymással is szorosán összefüggő, kölcsönhatásban lévő – csoportja a következő: Talajdegradációs folyamatok; A talaj szélsőséges vízgazdálkodása.

Mindezek a gyakori időjárási szélsőségekkel (szeszélyes tér- és időbeni hőmérséklet és csapadékeloszlás), a változatos makro- és mikrodomborzattal együtt gyakran (és sajnos növekvő gyakorisággal) eredményeznek szélsőséges vízháztartási helyzeteket: árvizeket, belvizeket, túlnedvesedést, illetve aszályt, gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazon a területen. Mégpedig ezek valamennyi káros gazdasági és környezeti következményével együtt.

A talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek megelőzése, kivédése, megszüntetése, vagy bizonyos tűréshatárig történő mérséklése csak tudományosan megalapozott intézkedés/beavatkozás rendszerekkel lehet a kívánt mértékben hatékony és szolgálhatja eredményesen a fenntartható fejlődés elemeinek érvényesítését, megvalósítását.

Kulcsszavak

Talajfunkciók, talajdegradációs folyamatok, talaj vízgazdálkodása, szélsőséges vízháztartási helyzetek, belvív–aszály.

Bevezetés

Az emberi *élet minőségének* három alapvető kritériuma a megfelelő mennyiségű és minőségű, egészséges élelmiszer, a jó minőségű víz, a kellemes környezet.

Mindhárom szoros és sokoldalú összefüggésben van a talajjal, valamint annak használatával (Várallyay, 2002).

A *fenntartható fejlődés* megkülönböztetett jelentőségű elemei a *Kárpát-medencében talajkészleteink*, illetve *ökoszisztémáink* (felszín közeli geológiai képződmények–talaj–víz–élővilág–felszín közeli atmoszféra kontinuum) *ésszerű hasznosítása*, védelme, állagának megőrzése, *sokoldalú funkcióképességének fenntartása*. Ez az *egész* társadalom részéről különös figyelmet igényel, átgondolt és összehangolt intézkedéseket tesz szükségessé (Várallyay, 1997, 2001).

¹ Az MTA rendes tagja, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet.

A talaj jelentősége és funkciói

A Kárpát-medence, de különösen – az egyéb természeti kincsekben szegény – Magyarország, megkülönböztetett jelentőségű, feltételeken megújuló (megújítható) természeti erőforrását a *talajkészletek* képezik.

A társadalom a *Kárpát-medencében* is egyre inkább és egyre sokoldalúbban veszi igénybe a *talaj* különböző *funkcióit*, amelyek közül legfontosabbak a következők (Várallyay, 1997):

- Feltételeken megújuló természeti erőforrás;
- A többi természeti erőforrás (sugárzó napenergia, légkör, felszíni és felszín alatti vízkészletek, biológiai erőforrások) hatásának integrátora, transzformátora, reaktora; Ily módon biztosít életteret a talajbani élettevékenységnek, termőhelyet a természetes növényzetnek és természetett kultúráknak;
- A primer biomassza-termelés alapvető közege, a bioszféra primer tápanyagforrása;
- Hő, víz és növényi tápanyagok természetes raktározója;
- A talajt (és teresztris ökoszisztémákat) érő, természetes vagy emberi tevékenység hatására bekövetkező stresszhatások puffer közege;
- A természet hatalmas szűrő- és detoxikáló rendszere;
- A bioszféra jelentős gén-rezervoárja, a biodiverzitás nélkülözhetetlen eleme;
- Földtörténeti és történelmi örökségek hordozója.

E funkciók fontossága, jelentősége, „súlya” térben és időben egyaránt változott és változik ma is. Hogy hol és mikor melyik funkciót hasznosítja az ember az adott szocio-ökonomiai körülményektől és politikai döntésektől, az ezek által megfogalmazott céloktól, „elvárásoktól” függ.

Talajkészletek a Kárpát-medencében

A Kárpát-medence (elsősorban az alföldek) általában kedvező *agroökológiai* adottságokkal (klíma, talaj, vízkészletek) rendelkeznek, s jó lehetőséget nyújtanak élelmiszer-, takarmány-, ipari nyersanyag-, esetleg energia célú *biomassza-termelésre*. Ezek a kedvező adottságok azonban térben és időben egyaránt igen nagy *változatosságot* mutatnak, *szélsőségekre* hajlamosak, *szeszélyesek*, ezért nehezen előre jelezhetők, s *érzékenyen reagálnak* természeti okok miatti, vagy az emberi tevékenységből adódó stresszhatásokra (Várallyay, 2001, 2002, 2007b, 2007c, 2008).

A viszonylag kedvező adottságokat elsősorban az alábbi három *talajtani tényező* veszeléyzeti:

- Talajdegradációs folyamatok;
- Szélsőséges vízháztartási helyzetek;
- Elemek (növényi tápelemek, szennyező anyagok) kedvezőtlen biogeokémiai körforgalma.

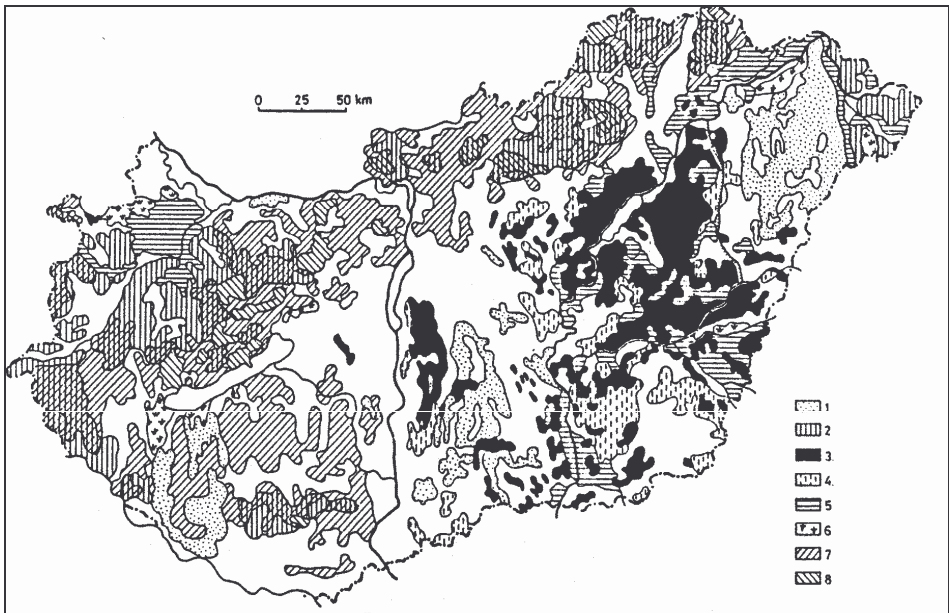
Mindezek felmérése és sokoldalú hatásainak elemzése a Kárpát-medencei országok regionális tudományos együttműködésének egyik vonzó feladata lehet.

Talajtermékenységet gátló tényezők

A Kárpát-medence jelentős területén fordulnak elő különböző *talajtermékenységet gátló tényezők*, illetve hatnak a talaj sokoldalú funkcióinak zavartalanságát veszélyeztető *talajdegradációs folyamatok*. Ezeket mutatjuk be az 1. ábrán. A bemutatott kép a Kárpát-medence többi részére vonatkozóan sem kedvezőbb, sőt ellenkezőleg!

A fenntartható talajhasználat kétféleképpen reagálhat a korlátozó tényezőkre: vagy *igazodik, alkalmazkodik* az adott helyzethez megfelelő művelési ággal, vetésszerkezettel, agrotechnikával, vagy *megváltoztatja* e tényezőket talajjavítással, meliorációval (táblásítás, vízrendezés, talajjavítás, talajvédelem).

1. ábra
A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon



Jelmagyarázat: 1 – Nagy homoktartalom; 2 – Savanyú kémhatás; 3 – Szikesedés; 4 – Szikesedés mélyebb talajrétegekben; 5 – Nagy agyagtartalom; 6 – Láposodás, mocsarasodás; 7 – Erózió; 8 – Felszín közeli tömör kőzet.

Forrás: Szabolcs–Várallyay, 1978.

Talajdegradációs folyamatok

Talajdegradációs folyamatok természeti okok miatt, vagy a sokoldalú emberi tevékenység közvetlen vagy közvetett hatásaiként; tudatos vagy nem kívánt (ismert, kiszámítható vagy váratlan) következményeiként egyaránt bekövetkezhetnek.

A különböző emberi beavatkozások közvetlen vagy közvetett hatásaira bekövetkező talajdegradációs folyamatok általában *nem szükségszerű és kivédhetetlen* következményei az intenzív mezőgazdasági és ipari termelésnek, valamint az általános társadalmi fejlődésnek, hanem többnyire *megelőzhető, kiküszöbölhető, de legalább bizonyos tűrési határig mérsékelhető*. A talajok degradációs folyamatokkal szembeni érzékenységeinek elemzése és értékelése e „tűrési határ” meghatározásához nyújt egzakt tudományos alapokat.

A Kárpát-medencében, s benne Magyarországon a legfontosabb *talajdegradációs folyamatok* a következők (Szabó et al. 1999; Várallyay, 1989, 2006):

- víz és szél okozta erózió,
- savanyodás,
- sófelhalmozódás, szikesedés,
- talajszerkezet leromlása, tömörödés,
- a talaj vízgazdálkodásának szélsőségesé válása,
- biológiai degradáció: kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, szervesanyag-készlet csökkenése,
- a talaj tápanyagforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása,
- A talaj pufferképességének csökkenése, talajmérgezés, „toxicitás”.

Az utóbbi években a térinformatika és a számítógép-technika robbanásszerű fejlődése lehetőséget adott az elmúlt évtizedek eredményes talajfelvételezési/talajvizsgálati/talaj-térképezési információanyagának korszerű digitális *adatbázisokba* szervezésére. Az ez irányú nemzetközi programokba Magyarország is tevékenyen bekapcsolódott. Egyebek mellett kidolgozásra került a talajdegradációs folyamatok regionális lehatárolásának, valamint osztályozásának módszertana (Szabó et al. 1999).

Az országban meglévő valamennyi talajtani információ felhasználásával elemeztük Magyarország talajainak „*környezeti érzékenységét*” a főbb talajdegradációs folyamatokkal szemben.

Szélsőséges vízháztartási helyzetek

A Kárpát-medence természeti adottságai között nagy biztonsággal előrejelezhető, hogy az élelmiszer- és környezetbiztonságnak, a korszerű mezőgazdaság- és vidékfejlesztésnek, valamint a környezetvédelemnek egyaránt a *víz* lesz egyik meghatározó tényezője, a *vízfelhasználás hatékonyságának növelése*, ennek érdekében pedig a *talaj-vízháztartás szabályozása* megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata (Várallyay, 2005, 2007a, 2007b).

Vízkészleteink ugyanis korlátozottak. A *lehulló csapadék* a jövőben sem lesz több (sőt, a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb) mint jelenleg, s nem fog csökkenni tér- és időbeni változékonysága sem. A Kárpát-medencében – elsősorban annak alföldi területein – pedig éppen ennek van megkülönböztetett jelentő-

sége. Az átlagos csapadékmennyiség többnyire roppant szeszélyes időbeni és területi megoszlásban hull le, s gyakran csupán szerény hányada jut el a növényig. Ezért adódik gyakran zavar a növények vízellátásában, s van, vagy lenne szükség a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására – esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen (Várallyay, 2001, 2007c). A Kárpát-medence *vízháztartási szélsőségségét* a *szeszélyes csapadékviszonyok* mellett két további tényező súlyosbítja:

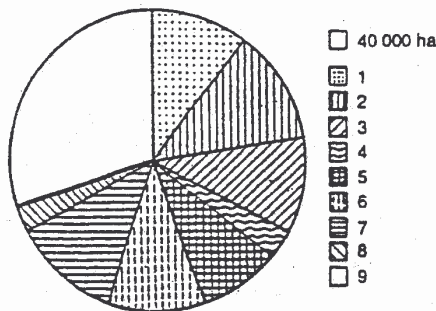
- a makrodomborzat tekintetében sík Alföld *heterogén mikrodomborzata* (padkával, hátakkal, erekkel, laposokkal, semlyékekkel),
- a térség *talajviszonyainak igen nagy változatossága*, helyenként mozaikos tarkasága, valamint a *talajok jelentős hányadának kedvezőtlen fizikai–vízgazdálkodási tulajdonságai*.

Felméréseink szerint Magyarország talajainak mintegy 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és csak 31%-a kedvező vízháztartású (Várallyay, 1985, 2005; Várallyay et al. 1980). Szemléletesen mutatja ezt a 2. ábra kördiagramja, amelyen a talaj kedvezőtlen, közepes vagy kedvező vízháztartásának fő okait is feltüntettük.

A talaj *szélsőséges vízháztartásának/nedvességforgalmának* főbb okait és következményeit foglaltuk össze vázlatosan a 4. ábrán.

2. ábra

Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása Magyarországon



Jelmagyarázat: 1–5 – Kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (43%).

A kedvezőtlen tulajdonságok oka: 1. Szélsőségesen nagy homoktartalom (10,5%); 2. Szélsőségesen nagy agyagtartalom (11%); 3. Szikesedés (10%); 4. Láposodás (3%); 5. Sekély termőréteg (8,5%); 6–8. *Közepes* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (26%). Oka: 6. Könnyű mechanikai összetétel (11%); 7. Agyagfelhalmozódás a talajszelvényben (12%). 8. Mérsékelt szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%). 9. *Jó* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (31%).

Forrás: A szerző szerkesztése

A növekvő vízigények kielégítése csak a *vízfelhasználás hatásfokának növelésével* képzelhető el és valósítható meg, amelynek egyik alapvető eleme a *talaj vízháztartásának, nedvességforgalmának hatékony szabályozása*. A talaj ugyanis *hazánk legnagyobb kapacitású természetes víztározója* (Várallyay, 2005, 2007a, 2008). Felső egy méteres

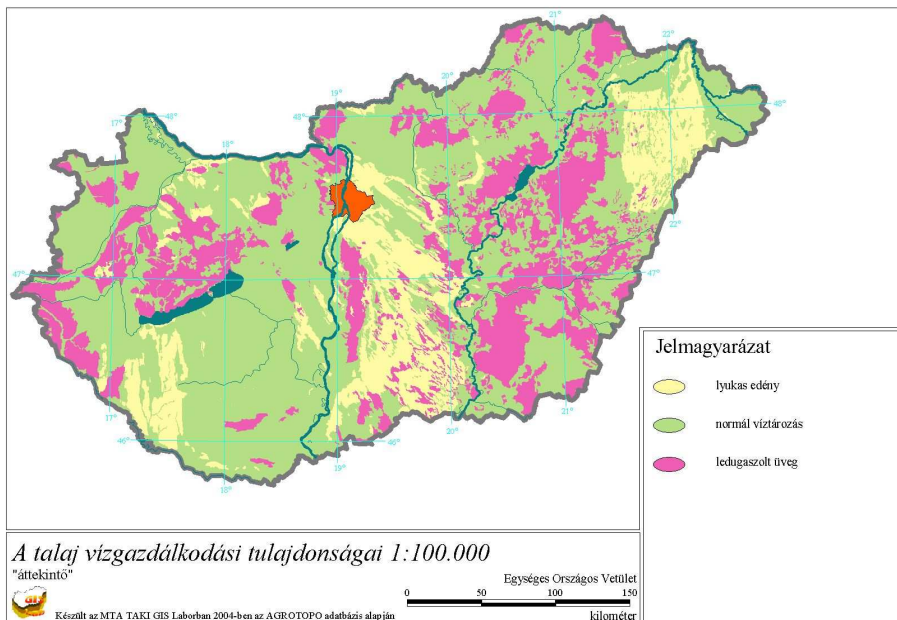
rétege mintegy 30–35 km³ víz befogadására és 25–30 km³ víz raktározására képes. Ennek mintegy 55–60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, 40–45%-a pedig „hasznosítható víz”, amelyre vonatkozóan pontos területi adatok állnak rendelkezésünkre. Mindez azt jelenti, hogy a lehulló csapadék több mint fele egyszerre „beleferne” a talajba, ha beszivárgását nem akadályozná a talaj

- víz tározására alkalmas pórusterének vízzel telítettsége („*tele palack effektus*”),
- felső rétegének átfagyása („*fagyott palack effektus*”),
- felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakuló lassú víznyelésű réteg, amely megakadályozza vagy lassítja a talaj potenciális nedvességtározó terének feltöltését („*ledugaszolt palack effektus*”) (Várallyay, 2007a).

Ilyen területeken a talaj még a hosszabb–rövidebb belvízborítás alatt sem ázik be mélyen, nem „használja ki” víztároló kapacitását. Ezért fordul elő azután – egyre gyakrabban és egyre nagyobb területeken – az a helyzet, hogy a belvizek természetes eltűnése vagy mesterséges eltüntetése után a csapadékszegény nyári időszakban ugyanazonokon a területeken komoly aszálykárok jelentkeztek, ami sajnos jellemzője a Kárpát-medence alföldi területeinek.

A kis víztartó képességű homoktalajokra jutó víz egy része csak átszalad a talajszelelvényen, ott nem raktározódik, s teszi a talajt ugyancsak aszályérzékennyé („*lyukas palack effektus*”). E tényezők által veszélyeztetett területeket mutatjuk be a 3. ábrán.

3. ábra
A talaj vízraktározó képességét korlátozó tényezők



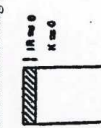
Forrás: MTA TAKI GIS Labor, AGROTOPO adatbázis alapján, 2004.

4. ábra

A növény vízellátását korlátozó talajami tényezők

1. Lassú (gátolt) talajba szivárgás

A) Vízátmeresző réteg (térleg)



- sokkal összecementált kőreg (nátriumsók, gipsz, mész)
- helytelen agrotechnikával összetömörített réteg
 - túlművelés, nehéz erőgépek
 - helytelen öntözés

B) Sekély beázási réteg (kis vízkartározó képesség)



- szilárd kőzet
- tömör „padok” (vaskőfok), orstein mészkőfok, összecementált kavcs (stb.)
- kicsérélhető Na⁺, agyag, CaCO₃, vagy más anyagok által összecementált réteg
- helytelen művelés következtében kialakuló réteg („ektalaj-réteg”)

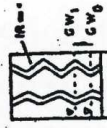


Szélsőséges vízgazálkódás

- [túlnedvesedés, aerációs problémák]
- [bevízvesztély]
- [felszíni lefolyás, vízeróziós károk]
- aszály- (szárazság) érzékenység

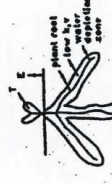
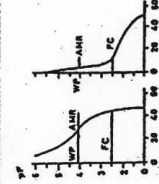
2. Repedezés (duzzadás-zsugorodás)

- Száraz állapotban (zsugorodás, repedezés)
 - szivárgási veszteségek
 - emelkedő talajvízszint
 - túlbő nedvességszintonyok (túltelítődés, bevízvesztély)
 - a talajvízből történő másodlagos sófelhalmozódás, szikesedés (pangó, sós talajvíz esetén)
 - párolgási veszteségek (mélyebb rétegek kiszáradása)



- Nedves állapotban (duzzadás)
 - nagy agyagtartalom
 - taguló rétegrészt (duzzadó) agyagcsáványok nagy mennyiségű
 - nagy Na⁺-telítettség (kicsérélhető Na⁺-tartalom)

3. Kis hasznosítható vízkészlet



- Kis hasznosítható vízkészlet (DV = VK + HV)
 - nagy agyagtartalom
 - elemi szemcsék erős diszpergálódása
 - erős ligósság, nagy Na⁺-tartalom
 - rossz talajszerkezet
 - igen kis agyagtartalom
- Kis hasznosítható vízkészlet (a nagy ozmózis potenciál, ψ miatt)
 - nagy sótartalom
 - $\psi_s = 0,32 (0,8 + 0,109 C_1)^{0,8}$
 - $C_1 = \text{Cl} \text{ konc., me/liter}$
- Kis transzport koeficiensek (k, D)

hervadás: $V < ET$

 - kis nedvességártalom
 - nagy víztartó képesség
 - erős ligósság, nagy Na⁺-tartalom
 - rossz talajszerkezet

Forrás: a szerző szerkesztése

Fenti okok gyakran eredményeznek szélsőséges vízháztartási helyzeteket (egyaránt nagy árvíz-, belvív- és túlnedvesedési veszély, valamint az aszály-érzékenység) mind-ezek kedvezőtlen, sőt káros környezeti/ökológiai következményeivel. A szélsőséges vízháztartási és ökológiai *stresszhelyzetek* megelőzésének, kiküszöbölésének, mérséklésének megkülönböztetett jelentősége van a Kárpát-medence alföldi területein. Ez kétirányú vízháztartás-szabályozást tesz szükségessé (Várallyay, 2007a, 2007c), amelynek alap tétele nem lehet más, mint a talaj felszínére jutó víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos (a növények számára felvehető formában történő) tározásának elősegítése.

E célok lehetőségeit foglaltuk össze az *1. táblázatban*, utalva arra, hogy a vízháztartás-szabályozási beavatkozások túlnyomó része egyben hatékony *környezetvédelmi intézkedés* is.

1. táblázat

A talaj-vízháztartás szabályozásának lehetősége, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek		Módszerek	Környezeti hatások
Felszíni lefolyás	megakadályozása vagy mérséklése	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró megtelepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás)	1,1a 5a, 8
Felszíni párolgás		beszivárgás gyorsítása (talajművelés mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása	2,4
Talajon keresztüli talajvíz-táplálás		talaj víztartó-képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése	5b, 7
Talajvízszint emelkedés		szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás (szivattyúzás, drénezés)	2,3 5b,5c
Talajba szivárgás	elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1,4,5a, 7
Talajban történő hasznos tározás		talaj vízraktározó-képességének növelése (beszivárgás elősegítése, talaj víztartó-képességének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növény megválasztás); talajjavítás; talajkondicionálás	4,5b,7
Hiányzó víz pótlása (öntözés)		öntözés	4,7,9,10
Felesleges és káros vizek felszíni } elvezetése felszín alatti }		felszíni } vízrendezés (drénezés) felszín alatti }	1,2,3,5c,6,7, 11

Kedvező környezeti hatások	Kedvezőtlen környezeti hatások
Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése	
1. Víz okozta talajerózió; talajfolyás	9. Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás)
2. Másodlagos szikesedés	10. Tápanyag-kilúgozódás
3. Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély	11. Szárazság-érzékenység
4. Aszályérzékenység, repedezés	
5. Kijuttatott tápanyagok	
a) bemosódása (→ felszíni vizek eutrofizációja)	
b) kilúgozódása (→ felszín alatti vizek)	
c) immobilizációja	
6. Fitotoxikus anyagok képződése	
7. Biológiai degradáció	
8. Árvízveszély a vízgyűjtőterületen	

Forrás: Várallyay, 2004, 2007b, 2008.

A korszerű talajtan kulcskérdése a talajfolyamatok szabályozása

A talaj funkcióképességét, funkcióinak zavartalanságát, a *talajtulajdonságok* összehatása határozza meg, ami viszont a *talajban végbemenő* anyag- és energiaforgalmi, talajképződési és talajpusztulási *folyamatok* eredménye.

A talajfolyamatok szabályozása a korszerű talajtan egyik legfontosabb feladata, amelyre egyre inkább van szükség, de egyre inkább van lehetőség is (Várallyay, 2002, 2007b).

Mindez azonban csak körültekintő és alapos *hatáselemzések* és reális *prognózisok* rendszerére alapozva lehet a kívánt mértékben céltudatos, eredményes és hatékony. Ezek ma a kutatások – feltétlenül prioritásként kezelendő – legfontosabb feladatai.

Irodalom

- Szabó J. – Várallyay Gy. – Pásztor L. – Suba Zs. 1999: Talajdegradációs folyamatok térképezése országos és regionális szinten térinformatikai és távérzékelési módszerek integrálásával. – *Agrokémia és Talajtan*. 48. pp. 3–14.
- Szabolcs I. – Várallyay Gy. 1978: A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. – *Agrokémia és Talajtan*. 27. pp. 181–202.
- Várallyay Gy. – Szűcs L. – Rajkai K. – Zilahy P. – Murányi A. 1980: Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória-rendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. – *Agrokémia és Talajtan*. 29. pp. 77–1132.
- Várallyay Gy. 1985: Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. – *Agrokémia és Talajtan*. 34. pp. 267–298.
- Várallyay Gy. 1989: Soil degradation processes and their control in Hungary. *Land Degradation and Rehabilitation*. 1. pp. 171–188.

- Várallyay Gy. 1997: A talaj és funkciói. – Magyar Tudomány. 12. pp. 1414–1430.
- Várallyay Gy. 2001: A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány. 7. pp. 799–815.
- Várallyay Gy. 2002: A talajok környezeti érzékenységének értékelése. – Agrártudományi Közlemények, Debreceni Egyetem. 9. pp. 62–74.
- Várallyay Gy. 2004: A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. „AGRO–21” Füzetek. 37. pp. 50–70.
- Várallyay Gy. 2006: Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. Agrokémia és Talajtan. 55. pp. 9–18.
- Várallyay Gy. 2007a: A talaj, mint legnagyobb potenciális természetes víztározó. Hidrológiai Közöny. 5. pp. 33–36.
- Várallyay Gy. 2007b. Risk of extreme soil moisture regime and possibilities of its control in the Carpathian Basin. In: „Environmental Management. Trends and Results”. (Eds.: Koprivanac, N. – Kusic, H.) Zagreb, pp. 153–168.
- Várallyay, Gy. 2007c: Extreme soil moisture regime as an increasing environmental problem in the Carpathian Basin. Tessedik Sámuel Főisk. Tudományos Közlemények. 1. pp. 47–54.
- Várallyay, Gy. 2005: Magyarország talajainak vízraktározó képessége. – Agrokémia és Talajtan. 54. 5–24.
- Várallyay Gy. 2008: A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. Klíma–21 füzetek. 52. pp. 57–72.

Štekauerová, Vlasta¹ – Šútor, Julius² – Nagy, Viliam³

A TALAJNEDVESSÉG ALAKULÁSA A CSALLÓKÖZBEN – ÖSSZEFÜGGÉSEK A KÖRNYEZETI ÉS KLIMATIKUS VÁLTOZÁSSAL⁴

Absztrakt

A Csallóköz (Zitny Ostrov) talajvízviszonyai jelentősen megváltoztak az elmúlt évtizedben. A Bósi (Gabčikovo) erőmű üzembe helyezését követően lehetőség nyílt az antropogén beavatkozások hatásainak megfigyelésére a területen. A területen található kavicsréteg valamint az azt fedő 50–800 cm-es talajréteg viszonylag stabil elhelyezkedésű, ugyanakkor a talajvíz-mozgás az építkezés hatására (1992) megváltozott. A mérési eredmények alapján további információkhoz jutottunk a Csallóköz sérülékeny vízháztartásának modellezéséhez. Ez hozzásegít ahhoz is, hogy a várható klimatikus és környezeti változásokat modellezni tudjunk.

Bevezetés

A Csallóköz a Duna legnagyobb természetes szigete, amelyet a Duna főága, illetve a Kis-Duna határol (*1. ábra*). A Csallóköz 100 km hosszú, szélessége 20 km. Ezek alapján a területe mintegy 2000 km².

A Csallóköz természeti környezete különleges és egyben különös egységet mutat, amelynek megjelenési formái például a sziget egységes geológiája, hidrogeológiája, geokémiája illetve talajösszetétele. A talajnedvesség-tartalom vizsgálata nem öncélú adatgyűjtés, hiszen a talajnedvesség-tartalom komoly befolyással van a területen intenzíven folytatott növénytermesztésre, illetve a növények életfeltételeinek alakulására (Nagy et al. 2007; Neményi–Milics, 2007; Varga-Haszonits et al. 2008; Milics – Neményi, 2008; Neményi et al. 2006).

Geológiai felépítés

A Csallóköz negyedidőszaki folyami hordaléka a pleisztocén és a holocén időszakból származik. A sziget belsejében homokos üledékek találhatóak. Ezek az üledékek a sziget belsejében elérik a 300 méteres mélységet, ami a tektonikus mozgásoknak köszönhetően kis sebességgel süllyed. A kavicsos homokon fiatalabb alluviális agyagos-homokos iszap rakódott le, kisebb kiterjedésben iszapos agyag, és vályogos agyag is előfordul. Ezek az üledékek a pleisztocén maradványai. A fiatalabb holocén üledékek leginkább a Duna, illetve a Kis-Duna közvetlen környezetében jelennek meg, tehát a Csallóköz ala-

¹ Igazgató, Szlovák Tudományos Akadémia Hidrológiai Intézet.

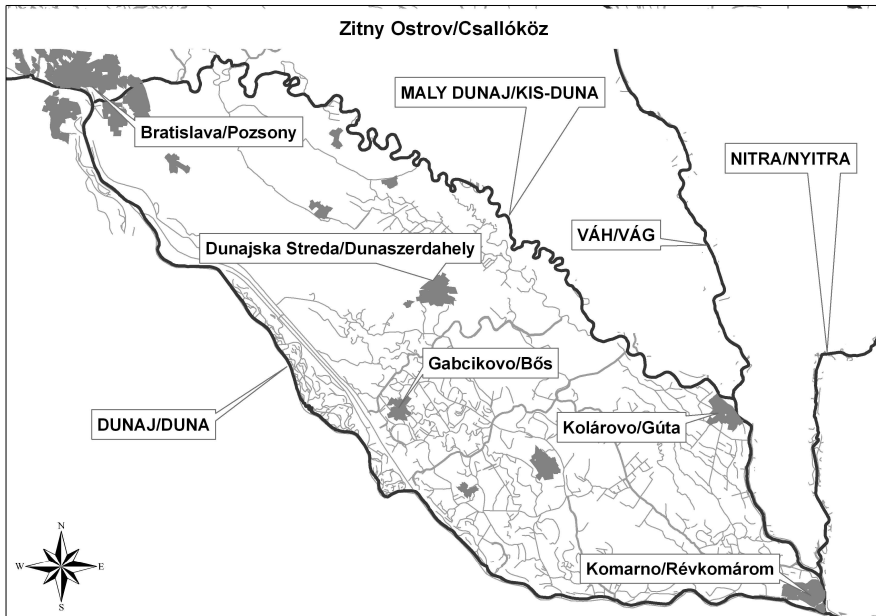
² Tudományos főmunkatárs, Szlovák Tudományos Akadémia Hidrológiai Intézet

³ Tudományos főmunkatárs, Szlovák Tudományos Akadémia Hidrológiai Intézet.

⁴ Szerzők köszönetüket fejezik ki a No. APVV-SK-MAD-025-06, No. APVV-0271-07 és a VEGA (Project No. 2/0120/06) projektek támogatásáért.

csonyabban fekvő területein található. A felszín alatti kavicsréteg a sziget központi illetve felső részén a felszín alatti 50–70 centiméteres mélységben található, ugyanakkor a sziget alsó részén olykor hat, vagy akár nyolc méteres vastagságot is elér a talajréteg. A felszín alatti határréteg – azaz a kavicsréteg tetején illetve a talajréteg alján jelentkező zóna – nagyon fontos szereppel bír a Csallóköz természetes vízgazdálkodásának valamint a terület felszín alatti vizeinek szempontjából.

1. ábra
A Csallóköz elhelyezkedésének sematikus ábrája



Forrás: A szerzők szerkesztése.

A határréteg jelentősége a következőkkel magyarázható. A pleisztocén és holocén eredetű kavicsréteg (a későbbiekben alapkőzet) felett elhelyezkedő zóna természetes környezete szignifikáns különbséget mutat a többi talaj–víz–levegő háromfázisú rendszertől (a fedőréteg telítetlen zónájában).

A jelentős eltérés a víz retenciós tulajdonságaiban, illetve általános értelemben a víz dinamikájában jelentkezik. A talaj szemcsézettségének függvényében ha a fedőrétegben a szabad víz csökken, a talaj telítettségének 20–60%-a akkor is megmarad. A meliorációs gyakorlatban (öntözés illetve drénezés), a vízlefolyás a süllyedő talajvízszint felett elhelyezkedő rétegekből a speciális hozammal (drén porozitás) írható le. Ez a mutató extrém nehéz talajok esetében nulla, könnyebb talajok esetén 0,2-0,25%-os értékeket vehet fel. Ezért a speciális hozam koefficiens (drén porozitás) egy fontos hidrofizikai talajparaméter.

A fedőréteg alatt – a kavicsos felszín feletti határrétegnél – a retenciós víz mennyisége a süllyedő vízszint fölött elhanyagolható. A lefolyás a talajvízszint süllyedésénél a vízhozammal illetve a speciális hozam koefficienssel írható le. A talajvíz hidrológiában illetve talajvíz hidraulikában ez az érték a Csallóköz területén illetve ez alatt a határréteg alatt 0,2% (Mucha et al. 1992, 1993; Mucha, 1995; Kosorin, 1997, 1998; Burger, 1979, 1999; Burger–Čelková, 1992; Pospíšil et al. 1979, 2000). Ez az esemény akkor következik be, amikor a talajvízszint csökken, ugyanakkor majdnem a teljes vízmennyiség lefolyik a porózus környezetből.

A vízmozgás szempontjából a telítetlen zónában elhelyezkedő víz szignifikánsan különbözik attól a víztől, amely a talajvízszint alatt helyezkedik el. Például a növények által felhasználható víz mennyisége a gyökerek fejlettségétől is függ, hiszen azok szívó hatása győzi le a talajnedvességéből felvehető, ugyanakkor a pórusokhoz kötött vizet.

Meghatározza a vízmozgást a hidraulikus telítetlen vezetőképesség is, amely a talajnedvesség telítettségének a függvénye is egyben.

Ez a vezetőképesség könnyű homokos talajokban naponta több tíz centiméter, nagyon nehéz talajokban pedig néhány milliméter. A szabad talajvízszint alatt a vízmozgás tízes nagyságrenddel is nagyobb, hiszen a víz nincs a pórusokhoz kötve.

Jellemzésére a hidraulikus vezetőképességet alkalmazzák (ezt más néven telített hidraulikus vezetőképesség vagy filtrációs koefficiensnek is mondhatjuk). A talajvíztükör alatt az érték elérheti a néhány tízméteres értéket naponta. A fedőrétegben – azaz a talajban – az érték néhány méteres nagyságot ér el a talajtípus, illetve a szemcsézettség függvényében.

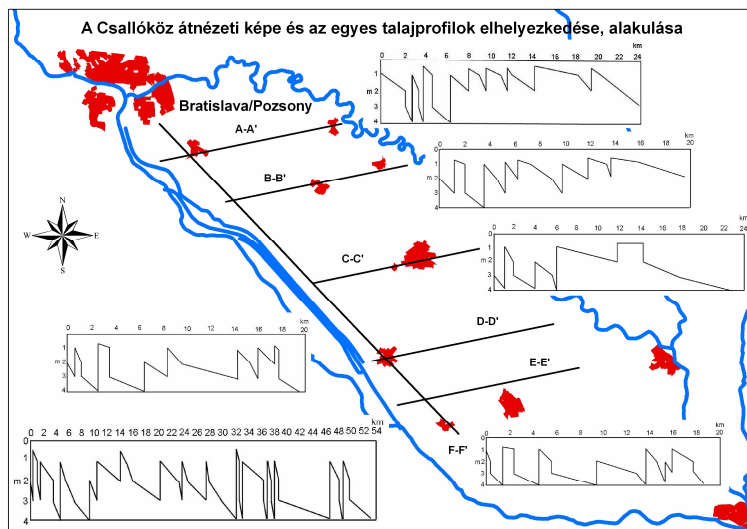
A határrétegek mélysége meghatározott profilok mentén

A Csallóköz elhelyezkedését bemutató adminisztratív térkép felhasználásával (Šútor–Rehák, 1999), a határréteg mélységét ismertetőjelként használva (fedőréteg-kavicsos felszín alatti réteg) a talajfelszín alatt a következő eljárás alkalmazásával történt a telítetlen talajzóna vastagságának meghatározása. Az említett térképen (2. ábra) hat szelvényvonal meghatározására került sor. E vonalak mentén egyenlő távolságban a relatív határréteg mélységek kerültek meghatározásra. A szelvények felszíni elhelyezkedése a következő:

1. A – Á⁺ keresztmetszet: Dunajská Lužná – Nový Život (hossz 24 km),
2. B – B⁺ keresztmetszet: Lehnice – Blahová (hossz 20 km),
3. C – Č⁺ keresztmetszet: Kostolné Kračany – Dunajská Streda (hossz 22,85 km),
4. D – D⁺ keresztmetszet: Gabčíkovo (hossz 24 km),
5. E – E⁺ keresztmetszet: Pastúchy (hossz 20 km),
6. F – F⁺ hosszmetset: Biskupické rameno – Šamorín – Baka – Baloň (hossz 54 km).

Az egyes szelvények grafikus ábrázolását, a határrétegek mélységét valamint a háránt húzódo hosszmetseteket a 2. ábra szemlélteti. A statisztikai jellemzőket az 1. táblázat foglalja össze.

2. ábra
A Csallóköz behálózó szelvények elhelyezkedése



Forrás: A szerzők szerkesztése.

1. táblázat
Az egyes keresztaszelvények aerációs zónájának mélységét leíró statisztikai adatok

Statisztikai érték	Keresztaszelvény					
	A-A ⁺	B-B ⁺	C-C ⁺	D-D ⁺	E-E ⁺	F-F ⁺
Területi közép	1,70	1,71	2,44	2,47	2,65	2,48
Területi középhiba	0,105	0,087	0,106	0,094	0,106	0,062
Medián	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Módusz	1,5	1,5	3,5	2,5	3,5	3,5
Szórás	1,031	0,780	1,016	0,846	0,930	0,903
Variancia	1,064	0,610	1,031	0,716	0,859	0,815
Többlet	-0,582	0,465	-1,426	-0,989	-1,357	-1,506
Ferdeség	0,981	1,096	-0,274	-0,270	-0,484	-0,110
Min.-max. különbség	2,75	2,70	2,80	2,65	2,60	2,75
Minimum	0,75	0,80	0,70	0,85	0,90	0,75
Maximum	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Sum	164,800	136,650	224,800	197,300	201,600	533,550
Mintaszám	97	80	92	80	76	215
Valószínűség (96%)	0,208	0,171	0,207	0,185	0,208	0,121
Variációs koefficiens	0,606	0,456	0,416	0,342	0,35	0,364

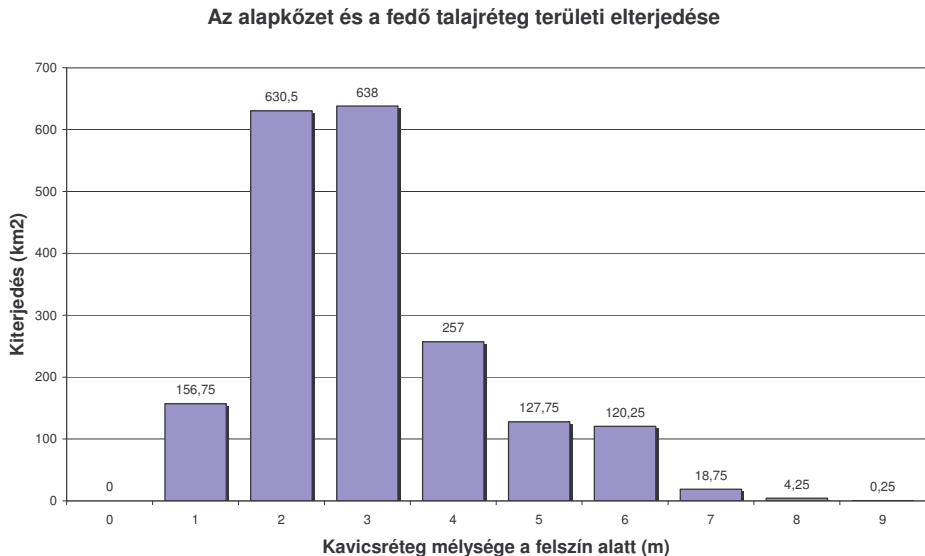
Forrás: A szerzők szerkesztése.

A táblázatban bemutatott vertikális profilok összességében 162 kilométeres hosszúságban adnak megbízható adatot a fedőréteg (talaj) vastagságáról. Meg kell jegyezni, hogy a megadott értékek kizárólag a meghatározott profilokra érvényesek. Az adatok teljes Csallóközre kiterjedő generalizálása félrevezető lenne. Pontos területi bemutatáshoz térinformatikai módszerek alkalmazásával lehetne ábrázolni a talajreliefet, illetve a fedőréteg vastagságát.

A határréteg mélységének területi megjelenése

A talajnedvesség monitoring rendszer adataira alapozva a Csallóköz további bemutatását segíti elő az a tematikus térkép, amely a kavicsréteg felszín alatti mélységét metszetekben ábrázolja. A terület ezen speciális, tematikus felmérése és bemutatása az egyes meghatározott talajréteg vastagságokról, illetve a kavicsstakaró felszín alatti mélységéről nyújt további információt. A térkép által szemléltetett információk felhasználásával készített diagram az előre osztályozott talajréteg-vastagságok alapján az alapkőzet mélységének területi eloszlását szemlélteti (3. ábra).

3. ábra
A kavicsréteg és a talajréteg határának térbeli kiterjedtsége



Forrás: A szerzők szerkesztése.

Talajvíz

A talaj telítetlen zónája egy rendszer részeként értelmezhető: atmoszféra–vegetáció–telítetlen zóna–talajvíz. A Csallóköz felszín alatti vizeinek viszonyairól meglehetősen széles alapismeretekkel rendelkezünk. Ennélfogva az alábbiakban csak azon ismeretekre koncentrálnak, amelyek a talajnedvesség alakulásának matematikai modellezéséhez feltétlenül szükségesek. A két alrendszer (telítetlen zóna és talajvíz) összekötő elemét, a talajvíztükört ismertetjük.

A Csallóköz talajvizét a beszivárgási zónán keresztül a Duna szolgáltatja állandó jelleggel. Ez a megállapítás – geológiai információk alapján (Porubský et al. 1971) – a Pozsony (Bratislava) és Sap (Palkovičovo) közötti területre érvényes. A beszivárgó talajvíz átfolyik egy nagyon laza szerkezetű permeábilis homokos kavicsrétegen délkeleti irányban, majdnem párhuzamosan a Duna folyásmedrével.

A bösi (Gabčíkovo) vízlépcső üzembe helyezését (1992) megelőzően a talajvízszint nagymértékben ingadozott. Az ingadozás mértéke (hosszú távú középérték) 4 és 7 méter között változott a Duna csallóközi felső szakaszán, 2 és 4 méter között változott a középső szakaszon (nagyjából Dunaszerdahely magasságáig), és 0–2 méter között változott a sziget alsó részén, valamint a mélyebben fekvő területeken (Porubský et al. 1971, Kalnová, 1976).

Ez a helyzet a bösi vízerőmű üzembe helyezését követően megváltozott. A talaj víztartókéességét megfigyelő monitoring program keretein belül a talajvíztükör minimum illetve maximum értékeit vizsgálva a talajvízszint ingadozásáról is képet kapunk (2. táblázat).

A kiválasztott állomások (mérőpontok) adatai sorrendben mutatják az értékeket Pozsonytól a Zlatná alsó folyásáig. Az értékek három zóna karaktereinek leírására vonatkoznak: a felső, a középső (Dunacsuntól Bösig) és az alsó Csallóközi területekre, az 1996-os év komplett értékeit mutatva. Az egyes mérőpontok adatait a 2. táblázat tartalmazza.

A 2. táblázatból kitűnik, hogy a mérőpontok három minőségében eltérő csoportba sorolhatók, a telítetlen zóna vizsgálatának szempontjából. Az első csoportba azok a mérőpontok sorolhatók, amelyekben az egész év során nem éri el, sőt meg sem közelíti a fedő (talaj) réteget a talajvíztükör.

A második csoportba azok a mérőpontok sorolhatók, ahol mind a középérték, mind az ingadozó talajvízszint jelen van a fedőrétegben a teljes év során.

A harmadik csoportba azok a mérőpontok sorolhatók, amelyeknél az ingadozó talajvízszint időnként átlépi a fedőréteg és a kavicsztakaró (alapkőzet) határát.

A relatív hiányos adatsor miatt a talajvíztükör időbeli és térbeli változását illetve aktuális tartózkodási helyét nem tudjuk bemutatni.

A fent említett eljárással, illetve a Csallóköz talajvízrendszerét leíró adatokkal – amelyek a Szlovák Hidrometeorológiai Intézetben rendelkezésre állnak – a természeti jelenség pontosabb leírása illetve területi vizsgálata is elvégezhető lenne mindhárom fentebb említett csoportra.

A bemutatott különbségek, amelyek a talajvízszint ingadozását hivatottak szemléltetni, két okkal magyarázhatók: egyrészt a talajvízszint természetes ingadozásával, másrészt a bösi erőmű üzembe helyezésével, illetve annak a természetes körülményekre kiváltott hatásaival.

2. táblázat
A talajvízszint alakulása és jellemzői a Csallóköz kiválasztott mérőpontjain

Minta	Terület	Kód	Középérték (cm)	Min. (cm)	Max. (cm)	Különbség (cm)	Kavicsréteg mélysége (m)
1	BA Ružinov	R1	601	528	665	136	3–4
2	Vrakúň	V1	101	80	114	34	< 3
3		V2	241	228	257	29	4–5
4		V3	159	126	176	50	< 3
5		V4	126	100	144	44	4–5
6	P. Biskupice	B1	488	444	550	105	3–4
7		B2	347	263	563	399	> 3
8		B3	319	205	403	205	3
9		B4	377	292	537	245	3–3,5
10	Dunajska Lužná	D1	607	595	639	44	< 3
11		D2	500	490	530	40	2,8
12	K. Horáreň	NZ14	198	186	220	34	2,3
13	Mierovo	M1	305	282	330	48	1–2
14		M2	332	307	355	48	2
15	Bellová Ves	B1	206	156	230	74	< 3
16		B2	209	157	233	76	< 3
17	Lehnice	N1	120	77	142	65	< 1
18		N4	171	123	197	74	1
19		N8	232	180	263	83	< 1
20		N9	123	75	147	72	1
21	Mliečno	NZ13	334	295	413	118	2
22	Báč	NZ12	487	449	550	101	1–2
23	Rohovce	R1	182	151	218	67	2–3
24		R2	204	183	240	57	2,5
25	Dobrohošť	NZ17	235	185	298	113	2
26	Bodíky	Bo1	215	190	262	72	2
27		Bo2	228	197	282	85	3
28	Bodíky	NZ18	250	207	298	91	< 3
29	Trstená	NZ9	188	155	275	120	< 3
30	Kr. Lúka	NZ19	191	150	241	91	2,5
31	Dekan	NZ20	247	116	201	116	2
32	Dol.Štál	DS12	221	204	239	35	< 1
33	Gabčíkovo	G1	192	85	329	244	> 3
34	Sap	S1	258	197	338	140	1–2
35	H. Zlatná	HZ1	205	165	236	71	3–4
36		HZ2	355	304	391	87	< 4
37	Čalovec	Č1	129	75	175	100	3–4
38		Č2	132	81	172	91	< 4

Forrás: A szerzők szerkesztése.

A telítetlen talajzónában elhelyezkedő víz

A szabad talajvíztükör a talajban található nedvességi zónákat választja két csoportra. Az első kategóriába a telített zóna tartozik (a talajnedvesség maximálisan kitölti a pórusteret), a második kategória a telítetlen zóna vagy aerációs zóna (a talaj pórusterében nem kizárólag víz, hanem levegő is van). Amennyiben a talajprofil hidrológiai értelemben összekötöttségben áll a szabad talajvíztükörrel, a telítetlen zóna felső határa a talaj felszíne, az alsó határ pedig a talajvíztükör. A telítetlen zóna felső értékét egyértelműen kijelöli a talaj felszínének változása. Az alsó határréteg ugyanakkor nem ilyen egyértelmű, hiszen ez egy dinamikusan változó réteg, amely kölcsönhatásban van a vízmozgási folyamatokkal a telítetlen zónában, illetve a talajvíztükör alatti filtrációs koefficienssel. Ezt a jelenséget a Csallóközre értelmezve a kölcsönhatás jelentős, köszönhetően a korábban említett kavics alapkőzet-fedőréteg határréteggel. Amennyiben a talajvíztükör a határréteg felett húzódik, az hidrológiai kapcsolatban áll a telítetlen zónával, így részt vesz a telítetlen zóna vízháztartásának alakításában. Ellenkező esetben a kettő közötti interakció egyirányú, azaz a víz a telítetlen zónából áramlik a talajvíz felé. A telítetlen zóna vízháztartásának vizsgálatakor illetve modellezésekor ez központi kérdés. Amennyiben a talajvíztükör a fedőrétegben található, az részt vesz a telítetlen zóna vízháztartásának alakításában, annak mélységének függvényében. Amennyiben a talajvíztükör a fedőréteg alatt található, az nem játszik szerepet a telítetlen zóna vízháztartásának alakításában. A talajvízszintek hatásának vizsgálatát a telítetlen zóna víztartó képességének változására 1989-ben illetve 1996-ban is elvégezték (Šútor, 1999; Šútor, 2000).

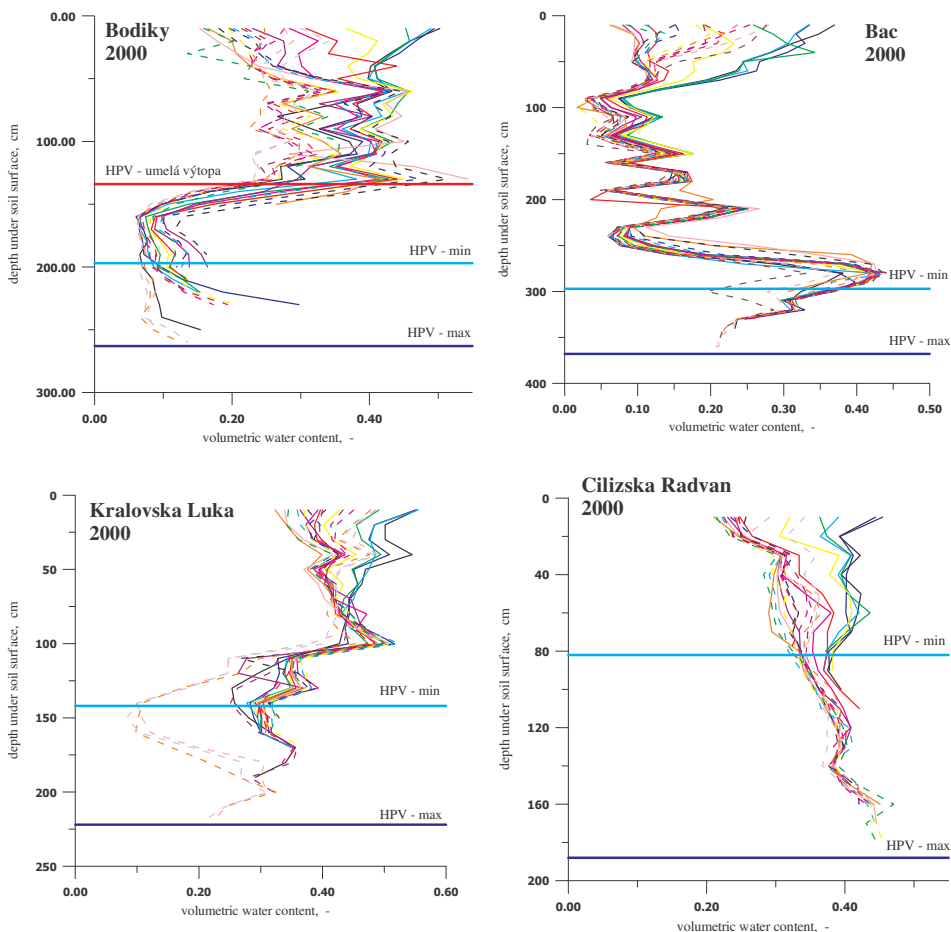
Az 1989-es év a bősi vízerőmű rendszer üzembe helyezését megelőzően, az 1996-os év az üzembe helyezést követően gyűjtött adatokat a talaj víztartó képességének vizsgálatához. Az összehasonlításához szükséges átlagolt mérési eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

A valódi mérési adatok, amelyek a napi illetve a havi változásokat jelzik, jól bizonyítják a talajvíztükör ingadozását az év folyamán. Az egyes értékek hatványozottan jelennek meg a területi elemzéseknél, amelyek a határréteg és a talajvíztükör szintjét vizsgálják. Ez a területi variabilitás különösen jelentős a talajvíz szerepének vizsgálatakor, a víztartó képesség dinamikájának meghatározásához a telítetlen zónában.

Végző soron elmondható, hogy a telítetlen zónában megfigyelhetők a talajvízszint változásnak hatásai. A Csallóköz néhány jellegzetes mérőpontjának talajnedvesség tartalmát a 4. ábra szemlélteti. Az ábrán jól látható, hogy a Bodiky, Bac, illetve Kralovska Luka mérőpontok esetén a talajvíztükör a kavicsos rétegben mozog, azaz a telítetlen zónát nem éri el, a Cilzka Radvan mérőpontban ugyanakkor a telítetlen zóna vízháztartására a talajvíz jelentős befolyással volt.

4. ábra

Néhány mérőpont vízháztartásának alakulása 2000-ben
(a talajvíztükör a két jelölt határreteg között mozgott)



Forrás: A szerzők szerkesztése.

Irodalom

- Burger, F. 1979: Stanovenie základných hydrofyzikálnych charakteristík pórovitého prostredia v teréne. Vodohosp. Čas. , 27, č.1, 107–122.
- Burger, F. 1999: Klasifikácia modelov reakcie režimu podpovrchových vôd na antropogénnu činnosť. In: Zb. z III. vedeckej konferencie s medzinár. účasťou "Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia", ÚH SAV, Michalovce, Zemplínska Štrava, 262–267.

- Burger, F. – Čelková, A. 1992: Výskyt mineralizovanej podzemnej vody v okolí VD Gabčíkovo a jej vplyv na salinizáciu pôdy. In: Sb. z konferencie SvF VUT Brno, 249–253.
- Kálnová, V. 1976: Hodnotenie režimu povrchových vôd Žitného ostrova, (Výskumná správa), VÚPÚ, Bratislava, 105 s.
- Kosorin, K. 1997: Priestorová dynamika podzemných vôd Žitného ostrova. Vodohosp. Čas., 45, 348–364.
- Kosorin, K. 1998: Hydraulické zásady a výpočtové prostriedky optimalizácie hladinového a prietokového režimu ovládaných kanálových sústav nížinných oblastí. ÚHH SAV, Bratislava.
- Milics G. – Neményi M. 2008: Precision Agriculture. In : M. Neményi (Ed.): Research Activities of the Institute of Biosystems Engineering (University of West Hungary) Related to Renewable Energies., NYME-MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézeté, Mosonmagyaróvár, pp. 70–94.
- Nagy, V. – Stekauerova, V. – Neményi, M. – Milics, G. – Koltai, G. 2007: The role of soil moisture regime in sustainable agriculture in both side of river Danube in 2002 and 2003. Cereal Research Communications, Volume 35, Number 2, Jun 2007, pp. 821–824, Akadémiai Kiadó, DOI: 10.1556/CRC.35.2007.2.164
- Neményi, M. – Milics, G. 2007: Precision agriculture technology and diversity. Cereal Research Communications, Volume 35, Number 2, Jun 2007, Pages 829–832, Akadémiai Kiadó, DOI 10.1556/CRC.35.2007.2.166.
- Neményi, M. – Milics, G. – Mesterházi P. Á. 2006: Precision – site specific crop production – possibilities on water regime control. VI. International conference: Influence of anthropogenic activities of lowland territory, Conference proceedings CD, Institute of Hydrology of the Slovak Academy of Sciences, Michalovce, Vinianske Jazero
- Mucha, I. a kol. 1992: Danubian Lowland – Ground Water Model 1. PHARE Project No. PHARE/EC/WAT/1, Workshop in Bratislava, June 10–13.
- Mucha, I. – Paulíková, E. – Hlavatý, Rodák, D. – Zelina, I. 1993: Optimisation of the completion of Hydroelectric power structures Gabčíkovo within the area of CSFR from the point of view of impacts on the ground water. Ground Water Consulting. Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Bratislava.
- Mucha, I. 1995: The Gabčíkovo Part of the Hydroelectric Power Project. Gabčíkovo – Nagymaros Environmental impact Review. In: Gabčíkovo Part of the Hydroelectric Power Project – Environmental Impact Review. Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Bratislava, Slovakia, pp. 315–322.
- Porubský, A. 1971: Vodné bohatstvo Slovenska. VEDA, Vyd. SAV, Bratislava, 319 str.
- Pospíšil, P. – Vass, D. – Melioris, L. – Repka, T. 1979: Neotektonická stavba Žitného ostrova a priľahlého územia Podunajskej nížiny. Minerália Slovaca 10, Bratislava, 443–456.
- Pospíšil, P. – Bodiš, D. – Kovács, T. – Leško, A. 2000: Vplyv anizotropného prostredia na prúdenie podzemnej vody, jej kvalitu a ochranu. Podzemná voda, VI., č.2, 210–223.
- Šútor, J. 1999: Impact of Hydropower Plant Gabčíkovo upon the Subsurface Water Retention in the Rye Island (Žitný Ostrov). XX. konf. podunajských štátov. Bratislava.
- Šútor, J. 2000: Vývojové tendencie hydrologie podpovrchových vôd na Slovensku. In: Zb. Hydrologické dny, 5. Národná konf., 18–21. Sept., Plzeň, str.57–64.
- Šútor, J. – Rehák, Š. 1999: Evaluation of disposable water supply in soil for biosphere in the area of Žitny ostrov. In : Scientific Papers of the Research Institute of Irrigation Bratislava. No 24, pp. 173–187.
- Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Lantos Zs. – Enzsölné Gerencsér E. – Milics G. 2008: A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. Agrokémia és Talajtan. Akadémiai Kiadó. Vol. 57. Nr. 1/June 2008, DOI:10.1556/Agrokem.57.2008.1.2, pp. 7–20.

FELSZÍN ALATTI VÍZKÉSZLETEK – A TALAJNEDVESSÉG MINT MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁS³

Absztrakt

A felszín alatti vízkészletek (elsősorban a talajnedvesség) meghatározó szereppel bír a növénytermesztés szempontjából. A talajnedvesség éves ciklikussága miatt megújuló erőforrásnak tekinthető, ugyanakkor a várható klímaváltozás óriási hatással lehet ennek az erőforrásnak a rendelkezésre állására. Amennyiben a különböző scenáriók jóslatainak hihetünk, a talajnedvességgel mint megújuló víztározó kapacitással a jelenlegi gyakorlatnál felelősségteljesebben kell bánnunk a növénytermesztés biztonságának megőrzése céljából. Jelen cikk ahhoz nyújt információt, hogy hogyan lehet ésszerűbben gazdálkodni a talajnedvességgel mint megújuló erőforrással.

Bevezetés

A világ vízkészlete mintegy 1 400 325 250 km³. Ebből a felszín alatti víz 8 065 000 km³. Az összes felszíni édesvíz (ide értve a tavakat, folyókat, mesterséges tározókat és mocsarakat is) 247 250 km³ (Porubsky, 1991). A talajnedvesség mint az általunk vizsgált felszín alatti vízkészlet, egyben mint megújuló energiaforrás mennyisége 65 000 km³.

A talajnedvesség megléte a növénytermesztés szempontjából kiemelt jelentőségű, hiszen a növénytermesztés a biológiai eredetű energiaforrások előállításának egyik eszköze. A növények 80–95% vizet tartalmaznak. A víz az élőlények szerves része, így a növényi élet elengedhetetlen hozzátartozója. A víz nemcsak alkotóeleme a növényeknek, hanem feltétlenül szükséges az anyagok és az energia mozgatásához is. Ezért alapvető követelmény a korlátozott (nálunk ma még bőven rendelkezésre álló) vízkészlet minél gazdaságosabb felhasználása, illetve az új gazdálkodási módszerek lehetőségének feltárása.

A talajban előforduló vízmennyiség meglepően magas, mert egy méter vastagságú réteg akár 30–60 cm talajvizet is tartalmazhat. Elmondható, hogy átlagosan 25 cm víz található a talajban, ebből megállapítható, hogy mind Szlovákiában, mind Magyarországon a legjobb víztározó a talaj. A talaj körülbelül 11-szer több vizet tárol, mint az összes folyó, vízduzzasztó és tó együtt véve.

További tulajdonsága a talajnedvességnek, hogy nem használható fel sem ipari, sem ivóvízként, mert a talajból való kivonása sok technikai akadályba ütközik. Ezek az akadályok viszont egyes körülmények közt nem léteznek a növények számára, mivel

¹ Szlovák Tudományos Akadémia Hidrológiai Intézet.

² Egyetemi tanársegéd, Nyugat-magyarországi Egyetem, MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete.

³ Szerzők köszönétüket fejezik ki a No. APVV-SK-MAD-025-06, No. APVV-0271-07 és a VEGA (Project No. 2/0120/06) projektek támogatásáért.

azok rendelkeznek a megfelelő berendezéssel (gyökérzet) a talajnedvesség felvételére. A növények számára általában a talajban lévő víz az egyetlen vízforrás. Mivel a talajvíz általánosan csak néhány gramm oldott ásványi só tartalmaz, fizikálisan nem sokban különbözik a tiszta víztől.

Irodalmi áttekintés

A Kárpát-medence vízkészletei (lehulló csapadék, felszíni és felszín alatti vízkészletek) korlátozottak, s ebből a nem növekvő (sőt esetleg csökkenő) készletből kell az egyre nagyobb, s egyre sokoldalúbbá váló társadalmi igényeket kielégíteni. Még nagyobb problémát jelent azonban, hogy a szűkös vízkészleteink is igen nagy tér és időbeli változékonyságot mutatnak (Várallyai, 2005; Varga-Haszonits et al. 2008).

A fenntarthatóság követelményét kielégítő racionális vízgazdálkodás egyik kulcsfontosságú eleme a talaj. A talaj a Föld legnagyobb természetes víztározója. A pórusterben található a folyadék halmazállapotú édesvízkészlet jelentős hányada, a kihasználatlan szabad póruster pedig további hatalmas vízmennyiségek hasznos tározására alkalmas, vagy tehető alkalmassá (Rajkai, 2004).

A talajvíz az aerációs rétegben raktározott talajnedvesség, a bioszféra számára az egyik leggyakrabban felhasználható készlet. E készlet a legnagyobb, könnyen elérhető az édesvízkészletek közül III. készletnek is nevezzük. Az I. készlet a felszíni vizek, a II. készlet a felszín alatti vizek illetve talajvizek (Šútor–Štekauerová, 2005).

A fent említett szerzők egyetértenek abban, hogy a meglévő készletek felhasználási módjától és a vele összefüggő kérdések megoldásától függ az emberiség további sorsa, megfelelő víz nélkül ugyanis a mai életformánk egyelőre elképzelhetetlen.

A világ energiaszükséglete az emberiség fejlődése során évről évre növekvő tendenciát mutat. A korlátozott készletek alapján (30–80 évre elegendő kőolaj és földgáz) már a 60-as évektől arra következtetett a fejlett világ, hogy ezeket egyrészt pótolni kell, másrészt kívánatos az energiaigényesség csökkentése is. A globális éghajlatváltozás várható hatásainak elemzése alapján feltételezhető, hogy a talajnedvesség szezonális alakulása még jobban elmozdul a növényzet által követelt ideális feltételektől a nem elégséges, illetve elégtelen irányba.

A mezőgazdaság a fejlett országokban a használt terület 50–60%-án képes kitermelni az ország lakosságának ellátásához szükséges élelmiszer mennyiséget. A többi területen szükséges az energiatermelés, vagyis olyan növények termesztése, amelyekből energiát lehet előállítani. Ezzel csökkentjük az adott ország hagyományos energiahordozók iránti szükségletét, és nem kis mértékben csökkentjük a szennyezettséget is (Sinóros-Szabó ex.verb. 2005).

Érdeemes tehát megvizsgálni, hogy képesek vagyunk-e a növényeknek kedvező irányba befolyásolni a talajnedvesség alakulását. Az egyik valószínűsíthető megoldás a precíziós gazdálkodás. A precíziós gazdálkodás lényege abban rejlik, hogy a táblán belüli változékonyságot figyelembe véve, a megfelelő beavatkozással igyekszik megvalósítani a környezetkímélő növénytermesztést (Milics et al. 2006; Neményi–Milics, 2007; Milics–Neményi, 2008; Neményi et al. 2006; Milics, 2008, Milics–Tamás, 2007).

A technológia alkalmazásával a precíziós gazdálkodás egyrészt növeli a terméshozamot, másrészt környezetudatosan hasznosítja a rendelkezésre álló erőforrásokat, ide értve a talajnedvességet is. Ennek révén több terület szabadul fel a bio-energiaforrások termelése, a fennmaradt területeken a talajhidrológiai ismeretek alapján több energiát tudunk olcsóbban előállítani, vagyis csökkentjük a mezőgazdaság energiaigényét.

A Föld hidrológiai ciklusának változása szervesen összefügg a globális klímaváltozással és az ezt követő várható atmoszféra felmelegedéssel. Változnak a természetes ökológiai rendszerek feltételei, és ezzel természetesen a mezőgazdasági termelés feltételei is. Szlovákiában a várható változások következményeivel több tudományos intézet is foglalkozik, illetve több forгатókönyv is született a várható változásokról.

Szlovákia területén mind gyakrabban találkozunk extrém csapadékkal vagy feltűnően hosszú csapadékmentes időszakokkal (*Klementová–Skalová*, 1999). Az első esetben kis területű, de annál pusztítóbb árvizek keletkeznek, míg a másik esetben a talaj szárad ki extrém mértékben. A 2003-as évben például Szlovákia nyugati felén extrém szárazság, erős csapadékhiány (kb. –250 mm) volt tapasztalható, míg Kelet-Szlovákiában ez a deficit csak 40–70 mm volt. A talajnedvesség és talajnedvesség-háztartás, amely nagyban meghatározza a termőföld hozamát, függ a bejövő, illetve az eltávozó víz mennyiségétől az aerációs zónában, vagyis a termőrétegben. A talajban lévő víztartalmakat az alsó és a felső határon átvitt (áramlott) vízmennyiség nagysága határozza meg. Az alsó határt általában a talajvíztükör határozza meg, míg a felső határ a talajfelszín és a légkör határa, vagyis a felszín és a rajta lévő növényzet, amely egyenesen reagál a meteorológiai, klimatikus feltételekre evapotranszpirációval a felszínen át beszivárgó csapadék által. E csapadék nagysága általában meghatározza az alsóbb rétegek nedvességtartalmát. Ezen jelenségek hatását az aerációs zóna területén csak rendszeres és minél gyakoribb, az egész függőleges profilt befogó mérésekkel lehet meg tudni. Másik módszer a víz és a nedvességmozgás matematikai modellek segítségével való szimulációja.

Szlovákia számára egy komplex előrejelzés került kidolgozásra, amely a várható változásokat prognosztizálja a legújabb összefoglaló értékelés szerint.

1. táblázat
A várható CO₂ kibocsátás milliárd tonnában

Horizont – év	1990	2020	2050	2100
A ₂	6,0	11,0	16,5	28,9
B ₂	6,0	9,0	11,2	13,8

Forrás: Takáč et al. 2005.

A csapadék 1901-es és 2004-es éves átlagadatai alapján az analízis azt mutatja, hogy nincs lényeges csökkenés csak szezonális eltolódás, ami azt jelenti, hogy telenként több a csapadék az északi területen, és nyáron kevesebb a déli területeken. Ezzel szemben megváltozott az eloszlás egyenletessége az extrém mennyiség felé és a hosszabb száraz időszakok irányába tolódott el. Ez azt jelenti, hogy télen kevés a csapadék, ami talajnedvesség feltöltődés szempontjából negatív tényező, nyáron pedig az extrém mennyi-

ségű hosszabb száraz időszakok szintén negatív tényezőt jelentenek a talajnedvesség-háztartás szempontjából.

A hurbanovói (Ógyalla) meteorológiai állomáson mért adatok feldolgozása után (egyik legrégebbi, az ország déli részén lévő állomás) az átlaghőmérséklet emelkedésének a foka 1900 és 2005 között 0,68 és 1,53 °C között mozog. Az előrevetített különböző modellek által kiszámított várható átlaghőmérséklet 2100-as évekre 11 fokról egészen 14 fokig emelkedik, vagyis +3 °C-ot. ezek a tényezők magukkal vonják az aktív vegetációs időszak megváltozását. Ez alatt azokat a napokat értjük, amelyeken az átlaghőmérséklet +5 °C felett van, amit másképpen biológiai hőminimumnak is nevezzük a növények fejlődése szempontjából (Siska, 2005). Ez azt jelenti, hogy a természetett növények számára a megfelelő fenofázisokkal elkezdődik az aktív vegetációs időszak.

27 meteorológiai állomás eredményei alapján a 2030-ra várható változások az aktív vegetációs időszak 9–15 nappal korábbi kezdetét és 10–13 nappal későbbi végét vetítik elő. Ugyanakkor a potenciális evapotranspiráció (E_0 [mm]) várható növekedése 2030-ig 13–15%-os (72–87 mm különbség), míg az aktív evapotranspiráció (E [mm]) várható növekedése 4–9%-os (17–40 mm különbség) lehet.

Az összegzett evapotranspiráció ($E_0 - E$ [mm]) várható növekedése, ami kifejezi az évi deficitet mm-ekben (azaz ennyi mm-t kell pótolni) 2030-ra 32–70 mm (28–54%).

A várható terméshozam-növekedés 2050-ig – matematikai modell segítségével – azt mutatja, hogy a fokozott tápanyag-utánpótlás a hozamnövekedést csak kevésbé befolyásolja (15–20%-ig), míg a megfelelően pótolta nedvesség (a száraz időszakok kiiktatása) a terméshozamot 2–2,5-szörösére is növelheti a 2050-es évre. Az előrejelzések azt mutatják, hogy a jövőben kulcsfontosságú lesz a talajnedvesség pontos ismerete, amihez egy modern számítógépes kiértékelő rendszer szükséges. Ez a rendszer az úgynevezett I-szenzor révén már rendelkezésre áll (Sinóros-Szabó és Szöllösi). A rendszer előnyei a következők:

- A mért talajnedvesség adatok a memória egységben egy éven át tárolhatók és tetszés szerint beállítható a kért adat időpontja, ami lehetőséget biztosít az adatok *tetszőleges visszakereshetőségére*, valamint a kívánt adatok *visszamenőleges megállapítására*.
- Az I szenzor *folyamatosan mér* az időben és a mért elektronikus adathalmaz aktuális értéke bármely időpontban megállapítható.
- A mért értékek a számítógéphez moduláris formában vagy rádióhullám segítségével juttathatók el.
- Az I szenzor által mért talajnedvességi értékek a szántóföldi vízkapacitás részarányában (százalékában) kerülnek kifejezésre.
- A mérési módszer számítógépes program segítségével *képes irányítani a talajnedvesség alakulását* egy öntözőrendszer segítségével meghatározott tartományon belül.
- A mérések *nem igényelnek* sem külön szállítást, *sem személyzetet* a mérés elvégzéséhez.
- *Ajánlatos lenne a mért eredményeket térfogatszázalékban kifejezni*, mivel a gyakorlatban használt mérések így vannak feldolgozva, és az egyes eddigi talajvizsgálati eredmények is térfogatszázalékban vannak kifejezve.

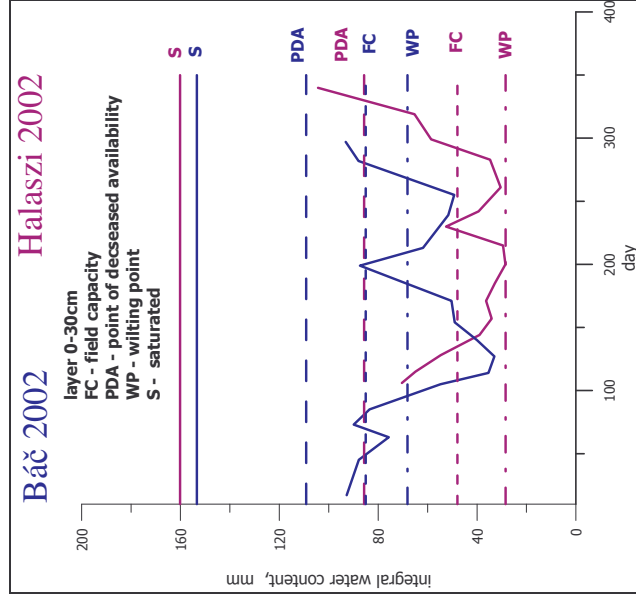
A mért értékek alapján kiértékelt talajnedvesség szezonális alakulása többféleképpen történhet, ami a következő grafikonokból látható (1. ábra). Talajvíz összegzése a 0–30 cm mélységű talajrétegre Bács és Halászi mérőpont párokban összehasonlítva a vegetációs időszak alatt történt változások szempontjából. A meglévő adatok alapján matematikai modellek segítségével prognózist állítottunk fel a közlejövőben várható változások meghatározására. A prognózisokból megállapítható, hogy a 2010–2050-es évek folyamán a talajnedvesség szezonális alakulása a növénytermesztés szempontjából negatív tendenciát mutat, ami azt jelenti, hogy a jövőben még intenzívebben kell kutatni, hogy hogyan lehet csökkenteni ezt a negatív hatást, ami vagy a talajvízszint változtatásával (felduzzasztásával), vagy a hiányzó nedvesség racionális öntözési módszerekkel való pótlásával érhető el. Mivel a Csallóköz és a Szigetköz is kavicsrétegen terül el, amelynek vastagsága néhol eléri a 400 m-t is, a talajvízszint ebben a rétegben megfelelő helyeken könnyen változtatható, emelhető, hogy elérje a talaj azon részét, ahol a kapilláris víz a növények számára már elérhető. Például Csilizradvány (Ciliska Radvan) környéke, amely a következő képeken lesz látható. A talajnedvesség térképek létrehozása térinformatikai módszerekkel történt. A térinformatikai megoldásokat számos rokntudomány is alkalmazza a felszíni kiértékelésekhez (2. ábra) (Morschhauser–Salamon-Albert, 2001).

Végezetül fontos kiemelni azt, hogy a talajnedvesség, a növények számára éves ciklusossággal megújuló erőforrás. Ezt az állítást alátámasztja a 3. ábra. A talajnedvességet az 1999-es évtől értékeltük ki a 2004-es évig az általunk és a magyarországi partnerünk által mért adatsor alapján.

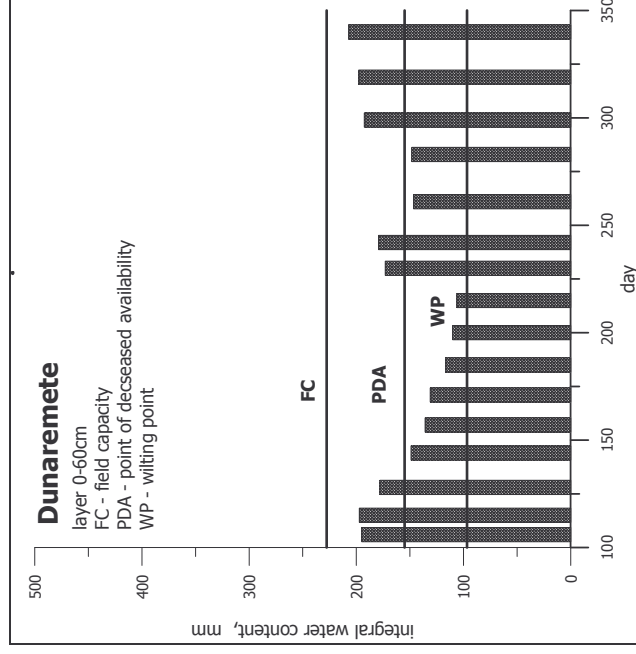
A 4. ábra bemutatja, hogy a három hidrolimit szempontjából kiértékelt adatok miként jelennek meg a hosszú távú felmérések eredményeként. Könnyen belátható az ábra részletes vizsgálata során, hogy a növények számára rendelkezésre álló talajnedvesség mennyisége hogyan változik egy vegetációs periódus során. Amennyiben ideális körülményeket szeretnénk teremteni a növények számára, azaz a talajnedvesség tartalmát a szántóföldi vízkapacitás és a nehezen felvehető víz közötti határretegek között szeretnénk tartani a hiányzó talajnedvességet pótolni kell. A mérések alapján nem csak az állapítható meg, hogy az esetek nagy részében a talajban lévő nedvességet pótolni kell, hanem az is, hogy a vízpótlás mértéke mekkora értéket érjen el. A monitoring rendszer és a meglévő modellek alapján a prognosztizálás elvégezhető a vegetációs időszakban a közeli jövőre (10 napra) nézve is.

1. ábra

a) Talajvíz összegzése a 0–30 cm mélységű talajrétegre Bács és Halaszi mérőpont párokban összehasonlítva a vegetációs időszak alatt történt változások szempontjából. Az ábrán a 3 hidrolimit (hidrológiai határérték) (szántóföldi vízkapacitás, nehezen felvehető víz, és a hervadáspont) látható



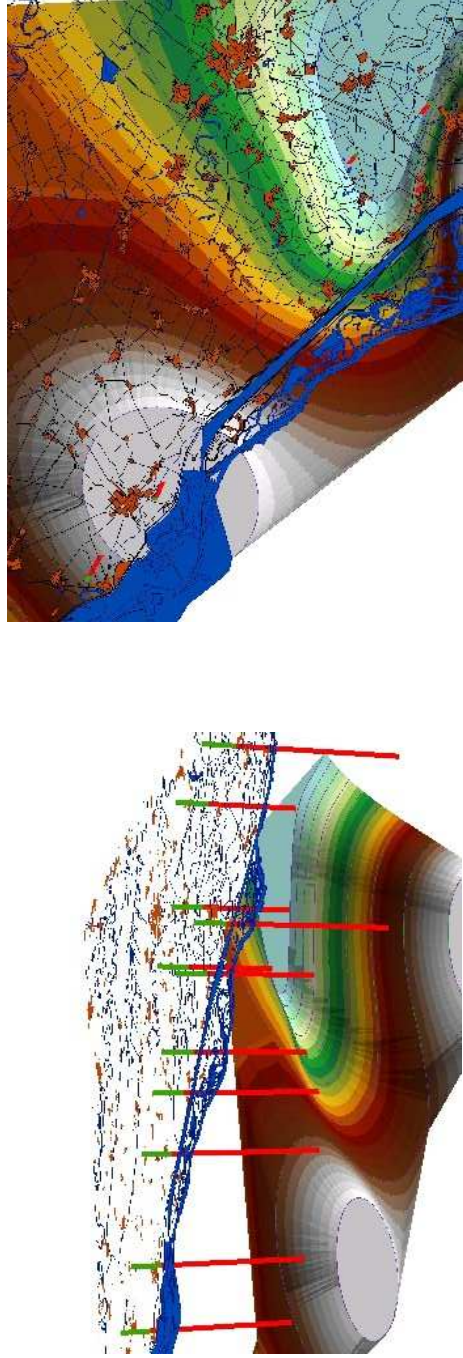
b) A meteorológiai és klimatológiai tényezők által befolyásolt talajréteg integrált víztartalmának kiértékelése az egyes hidrológiai határértékek (FC, PDA, WP) szempontjából a 2002-es év vegetációs időszakára a 0–60 cm-es rétegben a dunaremetei megfigyelő pontban



Forrás: A szerzők szerkesztése.

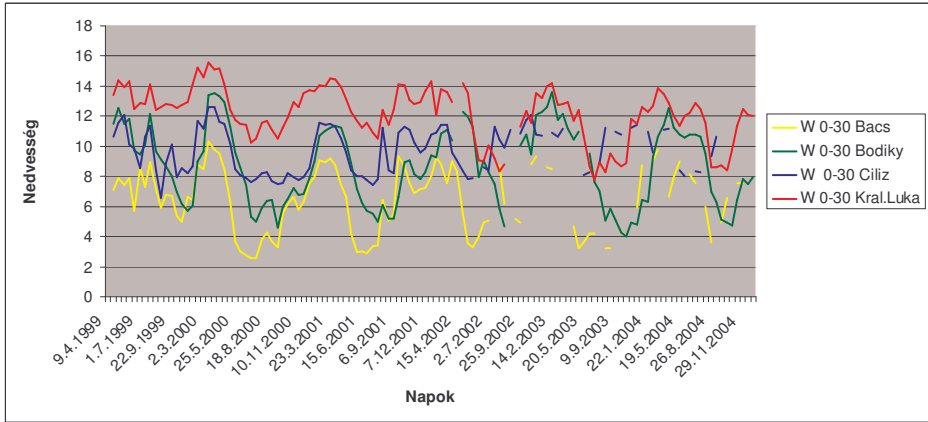
2. ábra

A növénygyökér mélység és talajvíztükör elhelyezkedésének metszete a Csallóközben, illetve a megfelelő mennyiségű nedvességtartalmú területek megjelenítése térképen



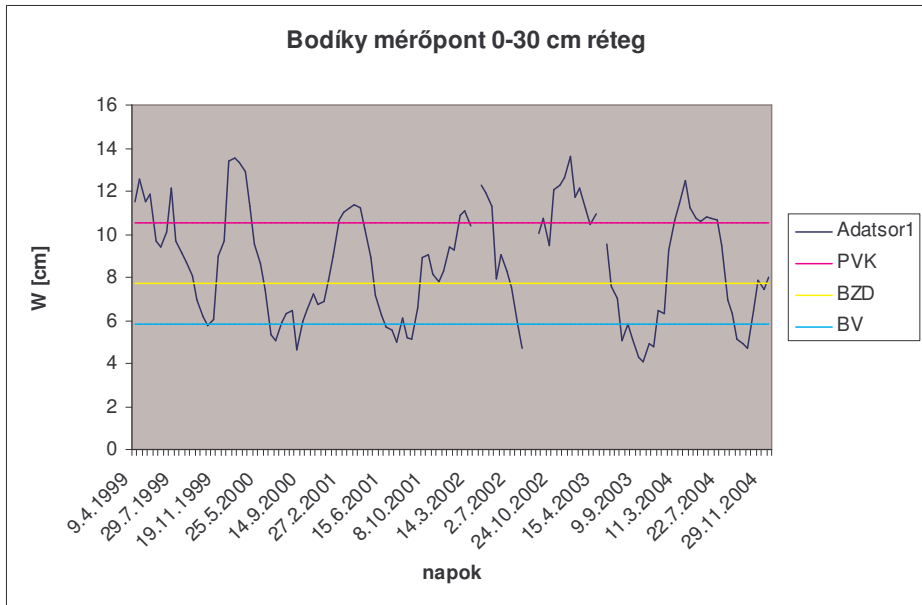
Forrás: A szerzők szerkesztése.

3. ábra
A talajnedvesség ciklikus megújulása 1999 és 2004 között



Forrás: A szerzők szerkesztése.

4. ábra
A talajnedvesség ciklikus megújulása 1999 és 2004 között a Bodíky mérőpontban



Jelmagyarázat: PVK – Szántóföldi vízkapacitás; BZD – Nehezen felvehető víz; BV – Hervadás-pont.

Forrás: A szerzők szerkesztése.

Irodalom

- Benetin, J. – Šoltész, A. – Štekauerová, V. 1985: Bilančný matematický model na podrobnú analýzu časovej variability zložiek vodného režimu pôd. *Vodohosp. čas.* 33. pp. 585–609.
- Kordik D. – Lichner L. 1996: *Metrológia vlhkosti tuhých látok.* UHSAV, Bratislava.
- Majerčák, J. – Novák, V. 1994: Global – a numerical model for water movement in the soil root zone. 75s
- Milics G. 2008: A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben. PhD-disszertáció. Pécsi Tudományegyetem.
- Milics, G. – Neményi, M. 2008: Precision Agriculture. In: M. Neményi (Ed.): *Research Activities of the Institute of Biosystems Engineering (University of West Hungary) Related to Renewable Energies.*, NYME-MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Mosonmagyaróvár, pp. 70–94.
- Milics, G. – Nagy, V. – Stekauerová, V. 2006: Application of GIS for evaluating, monitoring and presenting groundwater and soil moisture data. *Pollution and Water Resources Columbia University Seminar Proceedings, Vol. XXXVI*, in cooperation with Centre for Regional Studies – Transdanubial Research Institute, New York, pp. 69–75.
- Milics G. – Tamás J. 2007: Helymeghatározás. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs.: *A precíziós mezőgazdaság módszertana.* JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 15–38.
- Morschhauser T. – Salamon-Albert É. 2001: Isoecological curves on characterising the ecotypes central Mecsek MTS of Hungary. *Acta Botanica Hungarica, Vol. 43, Numbers 1–2, June 2001.* pp.189–199.
- Nagy V. 2004: *Hydropedológické zaklady pestovania rastlín na polnohospodárskych pôdach zo zvláštnym zreteľom na Žytný Ostrov a Szigetköz.* PhD Mosonmagyaróvár,
- Neményi M. – Milics G. 2007: Precision agriculture technology and diversity. *Cereal Research Communications, Volume 35, Number 2, Jun 2007, Pages 829–832, Akadémiai Kiadó, DOI 10.1556/CRC.35.2007.2.166, ISSN 0133–3720.*
- Neményi M. – Milics G. – Mesterházi P. Á., 2006: Precision – site specific crop production – possibilities on water regime control. VI. International conference: Influence of anthropogenic activities of lowland territory, Conference proceedings CD, Institute of Hydrology of the Slovak Academy of Sciences, Michalovce, Vinianske Jazero.
- Porubský, A. 1991: *Vodné bohatstvo Slovenska.* Veda, Bratislava.
- Rajkai K. 2004: *A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban, Doktori értekezés Kézirat.* Budapest, MTA TAKI.
- Šútor, J. 1999: Water storage monitoring in the aeration zone of soil and its interpretation. *Environmental protection of soil and water resources (Ed. G. J. Halasi-Kun), Columbia University seminar proceedings, Vol. XXX.* pp. 152–159.
- Šútor, J. – Štekauerová, V. 2000: *Hydrofyzikálne charakteristiky pôd Žytneho Ostrova.* UHSAV, Bratislava.
- Šútor, J. – Štekauerová, V. 2005: *Treti vodny zdroj v systeme vodnych zdrojov v podmienkach klimatickej zmeny.* Hydrologické dni, Bratislava.
- Šimůnek, J. – Huang, K. – Šejna, M. – Van Genuchten, M.T. – Majerčák, J. – Novák, V. – Šútor, J., 1997. *The HYDRUS-ET Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Version 1.1.* The U.S. – Slovak Science and Technology Program, Project 92006 “Modelling of Water and Solute Movement in an Unsaturated Zone of Soil in the Žitný Ostrov Region (South Slovakia)”, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California and Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia, 184s.
- Štekauerová V. 1988: Simulácia pohybu vody v polnohospodársky využívanéj pôde. *J. Hydrol. Hydromech.* 1988. 6. 417–429 s.

- Štekauerová V. 2002: Vplyv globálnych zmien na zásoby vody v zone aeracie pôdy. Acta Hydrologica Slovaca, No. 2, 276–280. s.
- Štekauerová V. – Nagy V. 2001: Vplyv klimatických podmienok zabezpečenosť porastu vodou v lokalitách Báč a Bodíky. Acta Hydrologica Slovaca, ÚH SAV, Bratislava, 2001, 2/1, p. 58–63.
- Štekauerová V. – Nagy V. – Maniak S. 2004: Vlhkostné pomery pôd na oboch stranach Dunaja. Acta Hydrologica Slovaca, No. 2. 168–186. s.
- Takáč J. et al. 2005: Prebiehajúca klimatická zmena a jej dopady na rozvoj spoločnosti, Kézirat
- Van Genuchten, M., Th., 1980. A closed – form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 987 – 996.
- Várallyai Gy. 2005: Agrokémia és talajtan, MTA Budapest,
- Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Lantos Zs. – Enzsölné Gerencsér E. – Milics G. 2008: A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására., Agrokémia és Talajtan, Akadémiai Kiadó, Vol. 57, Nr. 1/June 2008, DOI:10.1556/Agrokem.57.2008.1.2, pp. 7–20.
- Velebný V. – Novák V. – Skalová J. – Štekauerová V. – Marjerčák J. 2000: Vodný režim pôd edičné stredisko STU, Bratislava.

ISMÉT A TISZAI ÁRVIZEKRŐL²

A közelmúltban adták át a Tisza-völgy első síkvidéki árvíztaározóját a Borsod megyei Cigánd mellett. Ez az esemény újra aktuálissá teszi a szerző tiszai árvízvédelemmel kapcsolatos kutatási eredményeinek közzétételét.

A Máramarosi-havasokban eredő Tisza 946 km hosszú útján Titelnél éri el befogadóját, a Dunát. A 157 186 km² kiterjedésű, kerekded alakú vízgyűjtő terület sajátossága, hogy nyugat–délnyugat felé nyitott. A tiszai vízválasztó kárpáti szakaszán északnyugattól délkeletig, majd tovább 1–2 ezer m tszf.-i magasságban húzódik. Maximuma 2509 m-en (Peleaga), minimuma 502 m-en (Dukla-hágó) van, míg az Alföldön 700 km-es szakaszon a Tisza kisvízi medre 100 m-rel a tszf. alatt marad. A folyó alföldi szakaszának középső és alsó részén a Tisza erősen aszimmetrikusan, teknő alakú lapályban, alacsony árterén folyik. A „völgyét” joggal hasonlítjuk geomorfológiai jegyei alapján egy „teknőhöz”. Kifejezett völgye csak Kárpátalján van, főként a Huszt feletti folyószakaszon. Ott kilép az Alföldre és árvizei is csak az alföldi ártér pereméig terjeszkednek.

A Tisza völgyében a felsőpleisztocén kori folyó a Szamossal együtt még az Érmeléken a Nyírség és a Szilágyság között folyt. Itt található a pleisztocén kori teraszai. Mai helyére a Nyírséget keletről és északról körülhatároló, holocén eleji süllyedékterületek, a fiatal járszági süllyedék és a szolnok–titeli árkos süllyedés vonzották. A süllyedő területekhez igazodó meanderező medre sokat változtatta helyét a Vásárhelyi-féle folyamszabályozásig. Erről tanúskodik a mikrodomborzatban gazdag, holtágakkal, kettős és hármas medrekkel felszabdalt, széles tiszai alföldi lapály (1. ábra). Irodalmi adatok alapján a Tiszadob és Tiszafüred között a bal parton kilépő víztömegek több mocsáron át 30–35 km-t megtéve a Hortobágy folyó közvetítésével a Berettyó sárréjébe jutottak. A 30–40 cm-es víz és a nagy kiterjedésű mocsárterület csak kisebb része volt a Tisza közös vízrendszere mocsárvilágának. A Hortobágy egy kb. 10–12 km széles agyagteknőben folyik észak–délre a Körösök torkolatáig. A teknőt 8–10 m vastag folyóvízi-ártéri üledék tölti ki. Ez a völgy a kettős-hármas Tisza-völgyek egyikeként a Nagykunság és a Hortobágy mélyebb övezete, amely már feliszapolódott, s az egykori nagy tiszai árvizek lefolyási útvonala volt

A határon túli hegységkeret vízgyűjtőjéről lezúduló és a síkságon megrekedő csapadékvizek rendkívül súlyossá teszik az Alföld helyzetét: magas és hosszán tartó árvizeket, valamint nagy kiterjedésű belvízi elöntéseket eredményeznek a Tisza teknő alakú völgyében.

¹Intézeti igazgató, egyetemi tanár, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet.

²A tanulmány az MTA felolvasótermében 2000 őszén, a 70 éves Enyedi György köszöntése alkalmából elhangzott előadás alapján készült.

1. ábra
Az Alföld délkeleti részének domborzattípusai

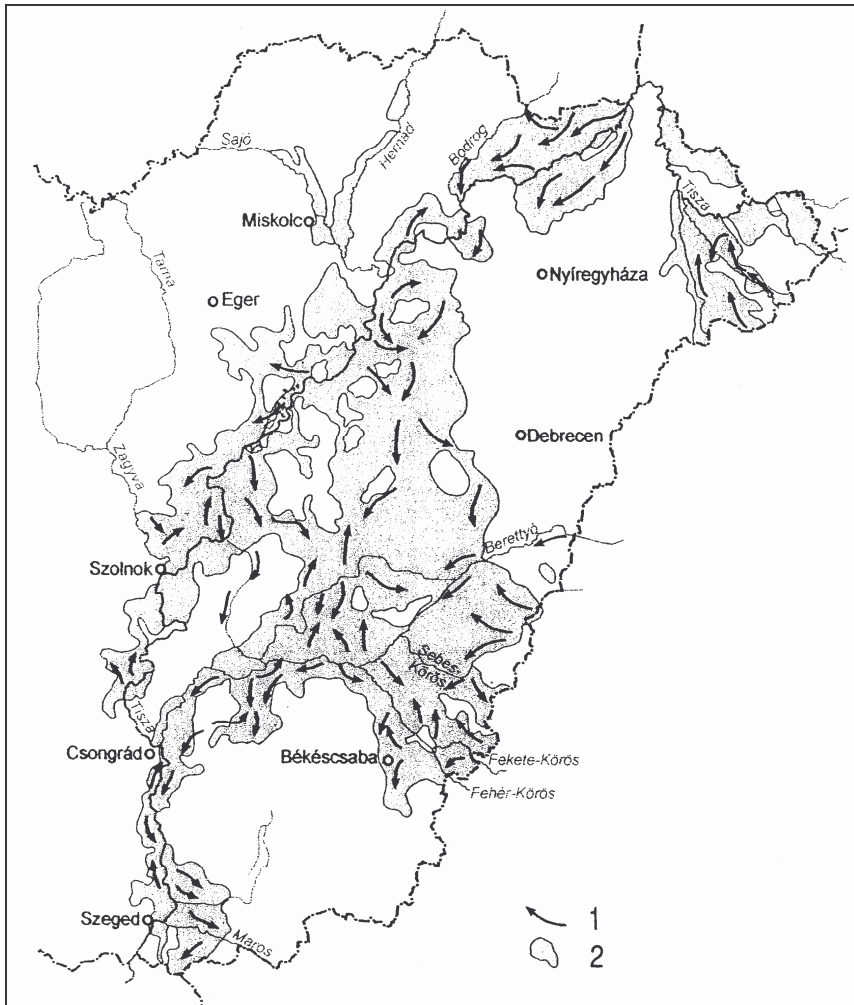


Jelmagyarázat: 1 – Alacsony ártér; 2 – Gyenge lefolyású alacsony ártér; 3 – Ármentes síkság (magas ártér); 4 – Infúziós lösz borította alacsony hordalékkúp; 5 – Enyhén hullámos homokos síkság; 6 – Enyhén felszabdalt síkság.

Forrás: A szerző szerkesztése.

Az alföldi folyók mentén elhelyezkedő települések mindenhol az ún. magasártéri szintekre települtek, amelyek eredetileg szárazulatok voltak és a legnagyobb árvizek sem öntötték el azokat. Az ősi Tisza és mellékfolyói hatalmas területeket árasztottak el az Alföldön. A Tisza és mellékfolyói az Alföld jelentős részét igazi vadvízi országgá alakították (2. ábra).

2. ábra
 Árvízjárta területek a Tisza térségében az ármentesítés előtti időszakban
 (IHRIG D. 1952. után)



Jelmagyarázat: 1 – Vízkitorés helye és iránya; 2 – Elárasztott terület.

Forrás: A szerző szerkesztése.

A Tisza szabályozásának igénye már Mátyás király idején felmerült; ő ugyanis törvényt alkotott, hogy a Tisza kiöntései ellen töltések emelésével kell védekezni. A szabályozás alapjait azonban I. Ferenc teremtette meg 1807-ben a vízrendező, ill. a vízszabályozó társulatokról hozott törvényével.

A Lányi Sámuel vezetésével 1834–1848 között elvégzett tiszai mappáció alapján már kitűnt, hogy a tiszai árvizek a történelmi Magyarország területén 18 megye 854 települését veszélyeztetik, tehát olyanokat is, amelyek magasártéri szintekre települtek, s az árvizektől korábban védettek voltak. Ez már arra utal, hogy az ún. alacsonyártér feltöltődése is felgyorsult.

A Tisza mentén és vízgyűjtő területén bekövetkezett, feltehetően a bányászat következtében is megnövekedett erdőirtás, legeltetés, földművelés hatására a lefolyás mértéke, az árvízszintek megnövekedtek, a települések veszélyeztetettekké váltak. A települések, a vonalas létesítmények és a mezőgazdasági területek biztonsága, védelme érdekében alakult meg 1846-ban Vásárhelyi Pál vezetésével a Tisza-völgyi Társulat, amelynek célja a szabályozási munkák tervezése és kivitelezése lett.

A Duna és a Tisza mellékfolyóinak megépített gátrendszere, a mesterséges mederszakaszok megépítése, a meander kanyarulatok átvágása, a mocsárvilág csatornahálózat kiépítésével történő lecsapolása az akkori Európa legjelentősebb természetátalakító tevékenysége volt. A beavatkozások akkor megfeleltek a velük szemben támasztott társadalmi és gazdasági követelményeknek.

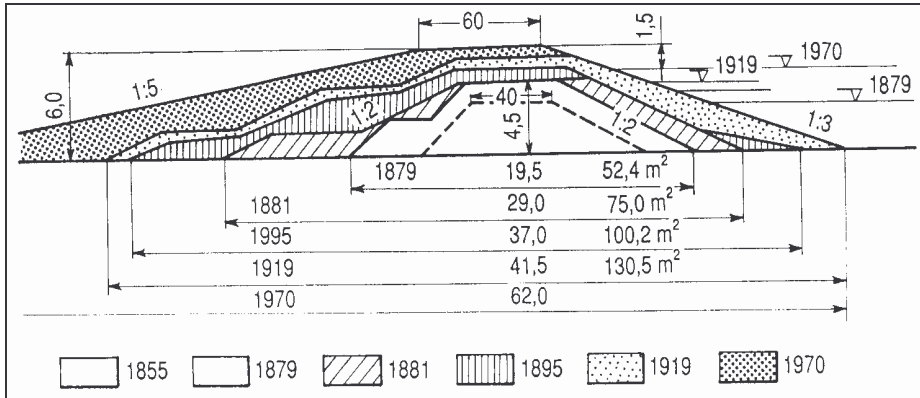
A Tisza és mellékfolyóinak hordalékszállító képessége mindig nagy volt. Még az ármentesítések előtti alacsonyártéri szintekből szigetszerűen kiemelkedő magasabb térszíneken létesült legősibb települések is azért kerültek olykor-olykor árvízi elöntés alá, mert a környezetükben lévő alacsonyabb árterek feliszapolódtak.

A vízgyűjtő területeken bekövetkezett robbanásszerű urbanizációs változások ezt a természetes hordalékszállítást megnövelték. Az árvíz elleni védekezés 150 éve alatt bizonyos szakaszokon a hullámterek feliszapolódása jelentősen megnövekedett, a hullámtér felszínfejlődésének következtében az övzátonyok, parti gátak kialakulása is felgyorsult.

Az 1974-ben elkezdett, de abbahagyott tiszai újratérképezés előkészítése során a vökök állapotfelmérése közben a vökök közül a legtöbb feliszapolódott (Sass, 1981). A hullámtéri feltöltődés és azon belül az övzátony (parti gát) képződés az ezredfordulóiig nem került az érdeklődés előterébe. Ez annál is inkább meglepő, mert a Vásárhelyi-féle koncepció tervvitájának is egyik kulcskérdése volt. Számoltak ugyan azzal, hogy a tervezett szűk ártéren az árvizek magassága emelkedni fog, de a hordalék lerakódás mértékét nem tartották jelentősnek. Pedig a hullámtéri feltöltődés szerepe igen jelentős (Schweitzer, 2000). Ez oda vezetett, hogy a gátakat időszakonként – feltehetően a feliszapolódás és az övzátonyok képződésének hatására – magasítani kellett, és ha minden így marad, továbbra is magasítani kell majd (3. ábra).

Az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet és a KÖTIVIZIG közös mérései és térképezései alapján pl. a Tisza hullámtere Szolnok térségében 200–240 cm, a Körös hullámtere Békésszentandrás térségében az ármentesítést követően 140–160 cm vastagságban iszapoltódott fel; jól felismerhetőek az utóbbi évek, évtizedek egy-egy árvizének 5–10–13 cm vastag üledékei. Ezen üledékek nem a kubik gödrök üledék felhalmozódásai (4–5. ábra).

3. ábra
 Árvízvédelmi töltések magasságának növekedése



Forrás: Schweitzer, 2000.

A Tisza árvízkor 1976 és 1983 között pl. Kisköre és Makó között (VITUKI 1983 szerint) átlagosan 30 cm-rel magasította hullámterét annak ellenére, hogy a kiskörei tároló igen jelentős mennyiségű hordalékanyagot ülepít le. A folyó a 2000-ben kialakult árvíz során pedig Szolnok felett 14 cm vastag hordalékot rakott le.

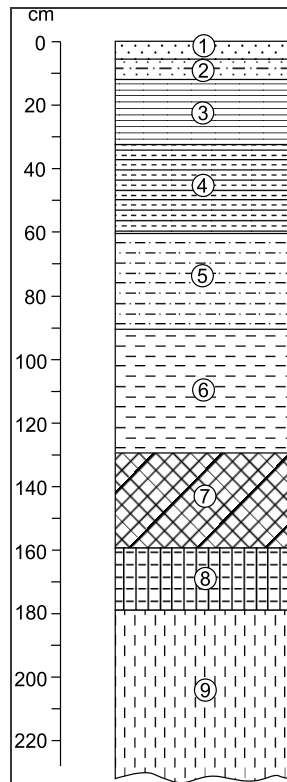
Ez a folyamat oda vezet, hogy a folyó a hullámtér állandó feliszapolódásának hatására magasabban fog folyni, mint az ármentesítés előtti alacsony árterének szintje, amely az árvizek során vízborítás alatt állott. Így pl. a Tisza már nem az alacsony-ártéren, tehát nem a legmélyebb, ún. mélyártéri térszínen, hanem az általa feliszapolott magaslaton, felmagasítódott, hajdan alacsonyártérből kiszakított hullámtéren fog folyni. A víz már nem fog tudni visszafolyni magasabban lévő medrébe, illetve hullámterébe, és úgy tűnik, hogy előbb-utóbb a Tisza és nagyobb mellékfolyói, amelyek az alföldi szakaszon folynak, a Hoang-Ho vagy a Pó-folyó sorsára fognak jutni (6. ábra).

1999-ben és 2000-ben csak a jó Isten, és a hatalmas emberi és anyagi ráfordítás mentette meg az alföldi Tisza és mellékfolyóinak több szakaszát a gátszakadástól. 2001-ben azonban a Tisza beregi öblözetében a gátak már nem tudták feltartóztatni a folyó immáron állandósulni látszó árhullámát, amely Tarpánál átszakította a gátat (7. ábra). Az Ihrig D. (1952) által közölt térképen (2. ábra) láthatjuk, hogy a Tisza-völgyben milyen szakaszokon történtek vízkitörések, s a térképről az is kiténik, mekkora területek kerültek vízborítás alá.

Nem adhatunk újra esélyt annak, ami az utóbbi közel száz esztendőben már többször (1919, 1925, 1940, 1948, 1970, 1974, 1998, 1999, 2000, 2001) előfordult, hogy a kialakult magas árhullámok elérték vagy meghaladták a gátak koronamagasságát. Az eredetileg ötvenévenkénti előfordulási valószínűséggel számolt egyszeri nagy árvizek kivédésére épített töltéseket a hullámtér további feliszapolódása következtében vagy újra és újra magasítani kell, mint eddig tették (3. ábra), vagy pedig ezt egy újabb megoldással ki kell egészíteni.

Ez pedig a hullámterek bővítése, kinyitása ott, ahol a geomorfológiai, a gazdaság- és társadalomföldrajzi viszonyok, az infrastruktúra ezt lehetővé teszik, ami hozzájárulna egy természet közeli állapot kialakításához (Schweitzer, 2001) (8–9. ábra), vagy pedig az ún. „vészárózók” kialakításának lehetősége, amely az új Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése megvalósításának lényege (Várad-Nagy, 2002) (10. ábra). Ez nemzetbiztonsági kérdés is, mert közel 1,5 millió ember létbiztonságát, életterét érinti. Az árvízszintek állandó emelkedésének ellensúlyozására az árvízvédelmi töltéseket erősíteni, magasságukat időszakonként emelni kellett. Mint ahogy azt az 1999-es és a 2000-es tiszai árvizek esetén láttuk, rendkívüli anyagi és emberi erőfeszítések árán javítgatjuk a több mint egy évszázados rendszert és nem merjük feltenni a kérdést, hogy mindez megfelel-e a jövő évszázadok követelményeinek?

4. ábra
Körös menti hullámtér feltöltődés szelvénye a Takács-zugban

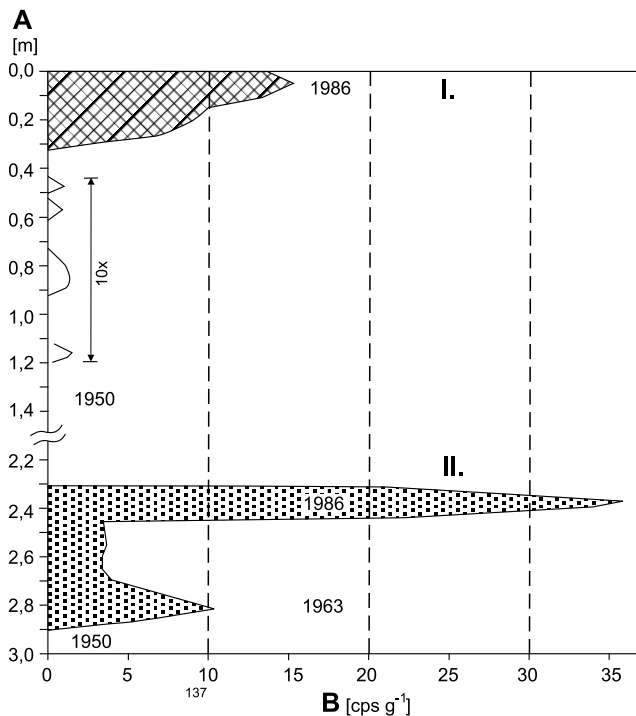


Jelmagyarázat: 1 – Szürke csillámos homok; 2 – Szürke iszapos homok; 3 – Sötétbarna agyag;
– Rétegzett iszapos agyag; 5 – Szürke iszapos finomhomok; 6 – Szürke finomhomokos iszap;
7 – Szürkésbarna hidromorf talaj; 8 – Ármentesítések előtti hidromorf talaj; 9 – Infúziós lösz.

Forrás: Schweitzer, 1999.

5. ábra

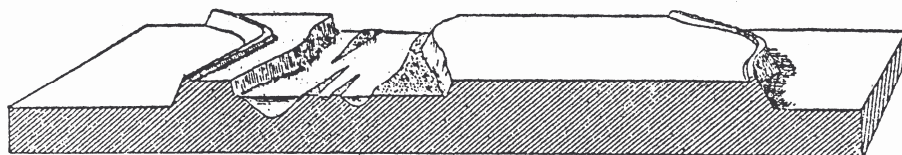
¹³⁷Cs eloszlása a szolnoki (árapasztó) övzátony (I.) és a Marótzugi-Holt-Tisza (II.) üledékében (Braun–Dezső–Hadady, 2001. alapján)



Jelmagyarázat: A – Mélység; B – ¹³⁷Cs aktivitás koncentráció; 10x 10-szeres nagyítás.
 Forrás: A szerző szerkesztése.

6. ábra

A Hoang-ho begátolásának szomorú következményeit feltüntető tömbszelvény (Cholnoky J. 1900 alapján). Az árvízgátak eredeti magassága 14 m, a gátak között lévő árteret a folyó 11,5 m magasan feltöltötte. A gátak távolsága itt mintegy 11 km (Schweitzer F.–Nagy I.–Alföldi L.)



Forrás: A szerző szerkesztése.

7. ábra
 Tarpa környezetének geomorfológiai vázlata (szerk. Balogh J. 2001)



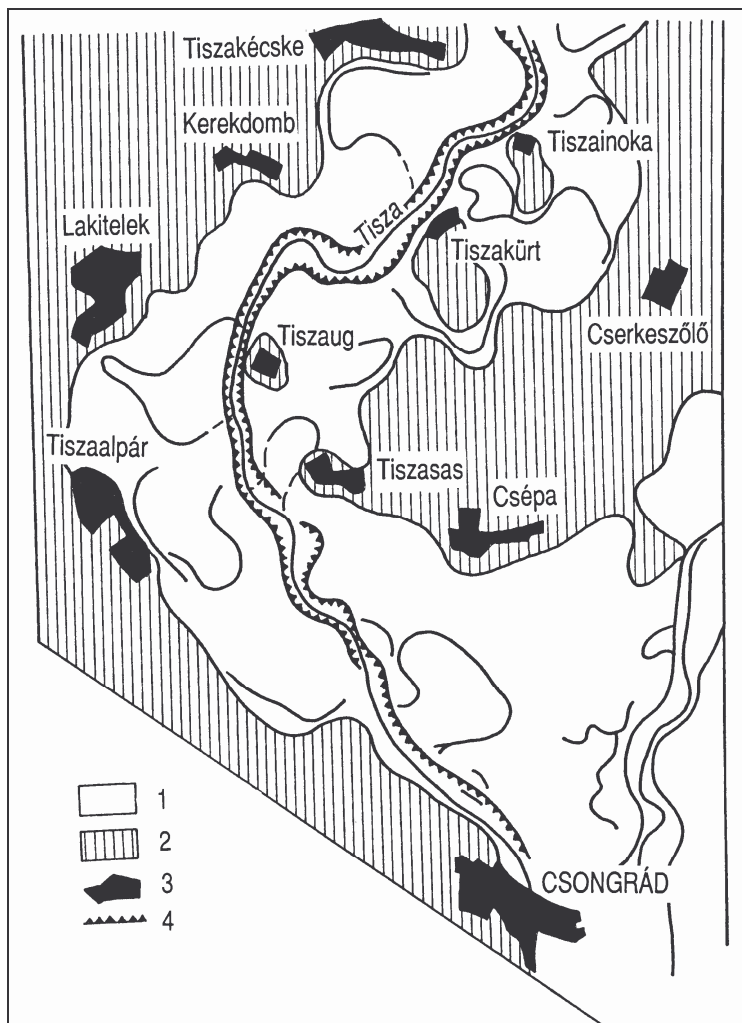
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8.

Jelmagyarázat: 1 – Magas ártér pereme; 2 – Magas ártér; 3 – Alacsony ártér; 4 – Egykori feltöltött meander; 5 – Lefűzött élő meander (morotva); 6 – Lejtő általában; 7 – Tetőfelszín magasabb szintje 160–180 m; 8 – Tetőfelszín alacsonyabb szintje 140–150 m.

Forrás: A szerző szerkesztése.

8. ábra

A Tisza-kécske–Csongrád közötti Tisza-szakasz geomorfológiai vázlatja

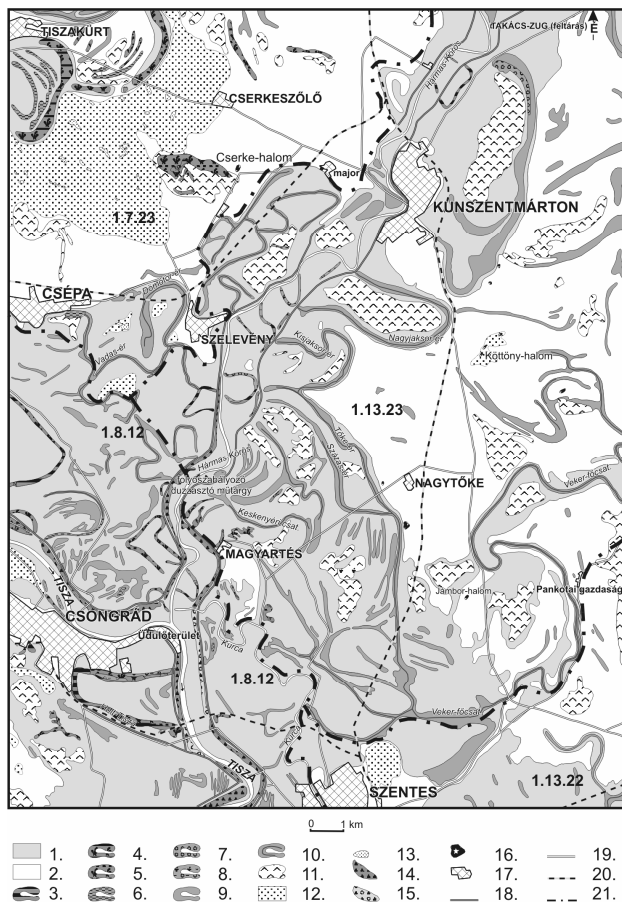


Jelmagyarázat: 1 – Alacsony ártér; 2 – Magas ártér; 3 = Település; 4 – Árvédelmi töltés.

Forrás: A szerző szerkesztése.

9. ábra

A Tisza–Körös torkolatvidéke és tágabb környezetének geomorfológiai térképe
(szerk. Balogh J. 2001)



Jelmagyarázat: 1 – Alacsony ártér; 2 – Magas ártér; 3 – Lefűzött hajdani meander, időszakos vízborítással; 4 – Lefűzött hajdani meander, állandó vízzel, náddal-sással borítva; 5 – Lefűzött hajdani meander, időszakos vízborítással, nád-sás vegetációval; 6 – Hajdani feltöltött meander, időszakos vízborítással; 7 – Hajdani feltöltött meander, ártéri erdőben; 8 – Hajdani feltöltött meander, ártéri erdőben, időszakos vízborítással; 9 – Hajdani feltöltött meander, szántóföldi művelésben; 10 – Hajdani feltöltött meander, csatornázva; 11 – Szikes, belvizes lapos; 12 – Futóhomok felszín; 13 – Futóhomok bucka. Antopogén formák: 14 – ásott kubik gödörsorok a hullámtéren; 15 – ásott kubik gödörsorok a hullámtéri erdővel fedve; 16 – Kunhalom; 17 – Árvédelmi töltés; 18 – főútvonalak; 19 – vasút; 20 – település; 21 – kistájhatár; 1.7.23 – Tiszazug; 1.8.12 – Dél-Tisza-völgy; 1.12.22 – Csongrádi-sík; 1.13.23 – Körösszög.

Forrás: A szerző szerkesztése.

10. ábra
 Síkvidéki árvízirtózási lehetőségek a Tisza-völgyben (A Vásárhelyi-terv
 továbbfejlesztése alapján (Váradi I.–Nagy I. 2002)



Forrás: A szerző szerkesztése.

A gátépítésekkel kapcsolatos vízügyi beruházások – mint ezt látjuk – évszázados hatásúak, kicserélésük rendkívül költséges és lassú. A Körösökön – mint ahogy arra Alföldi L. (1999) is rámutatott – a múlt század végén igen keskeny, mintegy 50–70 m széles hullámteret építettek. Ehhez a szűk hullámtérhez az erdélyi oldalról 150–200 m széles hullámterek kapcsolódnak. Így ezeken a szakaszokon a tölcsérszerű szűkület miatt víztorlódás következik be, amelynek következtében szinte minden jelentősebb árvíznél gátszakadás, buzgárveszély, jelentős belvíz fenyeget. Ennek a veszélynek az elhárítása vagy a hullámtér magyarországi szakaszának a kiszélesítését, vagy pedig az árvízvédelmi gátak áthelyezését igényelné (8. ábra).

A Vásárhelyi Terv továbbfejlesztése alapján (2002) a síkvidéki árvíz-tározás valósul meg (10. ábra). Egy további lehetőség a hullámterek bővítése a természetes gátakat képező magasártéri szintekig (8–9. ábra). Ez a lehetőség is szolgálná az árvízvédelem biztonságát, javíthatná a táj biológiai „átjárhatóságát”, ha a mentett alacsonyártéri oldalon integrált hasznosítású, holt medreket is magába foglaló tározó rendszereket hoznak létre. Ezek a környezetükbe szervesen illeszkedő tározók (pl. Bodrogszig, Körörszig, Tiszanána, Cserőköz stb.) átvehetik a múlt század mocsarainak ökológiai szerepét. A tervek megvalósítása nagy felelősséget jelent a tudományos kutatásnak. Ebben az esetben is több száz évre előre kell gondolkodni, hogy milyen elképzelést valósítsunk meg. 150 évvel ezelőtt Vásárhelyi P. a kor tudományos színvonalán a tökéletest alkotta meg, de mégis tudjuk, hogy örökségül milyen sok megoldandó problémát hagyott ránk. Nagyon sok kérdést kell majd a tudományos kutatásnak megválaszolnia, amelyeket először a 2000-ben megjelent tanulmányban vázoltam fel (Schweitzer, 2000). A sok közül így pl.

- a Tisza árvízvédelmi töltésekkel védett egykori mintegy tízezer éves fejlődésének feltárását, benne az élő és eltemetett, feltöltődött medrek keresztezéseinek feltérképezését, mivel ezek a keresztezések elméletileg buzgár hajlamos térségek,
- a hullámtér feliszapolódásának vizsgálatát és mérését, a szabályozások óta bekövetkezett változások felmérését; a vízgyűjtő területről a hullámtérre érkező és ott felhalmozódott szennyező anyagok mérését a mintaterületeken; hogy azonos-e mindenütt a hullámtér feltöltődése, van-e kapcsolat a gát távolsága és a feltöltődés mértéke között,
- az övzónyok-parti gátak kialakulásának és fejlődésének kérdését, valamint kapcsolatukat a hullámtér feliszapolódásával,
- a magasártéri szint (magaspart) és a gátak futásának vizsgálatát; az ártéri (hullámtéri) terület esetleges növelésének lehetőségét, gátak esetenkénti, helyenkénti megszüntetését, amelyeket a jövőben a magaspart helyettesíthet, vagy új, távolabbi gátépítési lehetőségek feltárását, a tervezett megnövelt ártéri (hullámtéri) területek várható tározóképeségének vizsgálatát,
- geoökológiai–geomorfológiai kutatásokat az ártéren és a hullámtéren az árvizek gyors levezetése és az árvízi tározás szempontjából,
- a hullámtérben az elburjánzott vegetáció észszerű kezelését, miután a Középtiszán a jellemző mederesés 3 cm/km, a kialakult, illetve a kialakuló sűrű bozóton az árvíz áramlása jelentősen lelassul,
- a gazdaság- és településföldrajzi vizsgálatokat.

A Tisza völgyében az első- és másodrendű árvízvédelmi töltések hossza 1320 km, amihez 119 km magaspárti szakasz is tartozik. Így szorosan véve a Tisza mellett a védvonal hossza 1439 km. A folyószabályozások során a Tisza teljes hossza 1420 km-ről 977 km-re csökkent. A magyarországi 600 km hosszú folyószakaszon a védvonalak jelenlegi hossza a folyó két partján 1085 km.

Ha a gátak koronamagasságának emelése kerül előtérbe, az intenzív feliszapolódás következtében a védvonalak magasítását feltehetően rövidebb időszakoként kell majd megtenni, mint eddig.

Irodalom

- Alföldi L. 2000: A magyar vízgazdálkodás stratégiai kérdései. – MTA Stratégiai kutatások. Árvíz, árvízi biztonság a Közép-Tisza vidékén 2002. A Tisza és vízrendszere. Főszerk.: Glatz F. – MTA. Stratégiai kutatások
- Borsy Z. 1989: Az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténete. – Földr. Ért. pp. 211–224.
- Borsy Z. – Félegyházi E. 1983: A vízhálózat alakulása az Alföld északi részében a pleisztocén végétől napjainkig. – Szabolcs–Szatmári Szemle. 3. pp. 23–32.
- Borsy, Z. – Csongor, É. – Lóki, J. – Szabó, I. 1985: Recent results in the radiocarbon dating of wind-blown sand movements in Tisza–Bodrog Interfluva. (Újabb koradatok a bodrogi futóhomok mozgásának idejéhez.) Acta Geogr. Debrecina, pp. 5–16.
- Borsy, Z. – Félserfalvi, J. – Lóki, J. 1987: Electron microscopic investigations of san material in the core drillings in the Great Hungarian Plain. – GeoJournal 15. 2. pp. 185–195.
- Borsy Z. – Félegyházi E. – Lóki J. 1988: A Bodrogi köz természetföldrajzi viszonyai. – Bodrogi köz. Ember–Táj–Mezőgazdaság. Miskolc, pp. 1–92.
- Borsy Z. – Félegyházi E. – Csongor É. 1989: A Bodrogi köz kialakulása és vízhálózatának változásai. – Alföldi Tanulmányok, pp. 65–81.
- Braun M. – Dezső Z. – Hadady Gy. 2001: A Tisza bal part, Szolnok övzátóny (árapasztó) fejlődésének rekonstrukciójáról. – Kézirat.
- Cholnoky J. 1896: Az árvizek előrejelzéséről. – Földr. Közl. 24. köt.
- Cholnoky J. 1934: A folyók szakasz jellegeinek összefüggése a szabályozással és öntözéssel. – Vízügyi Közlemények, 1.
- Csongor, É. – Félegyházi, E. – Szabó, I. 1982: Examination of the bed of the Karcsa brook with pollenanalytical and radiocarbon methods. – Acta Geographica Debrecina, 20. pp. 51–81.
- Franyó F. 1981. A szarvasi Sz-1. sz. alapfúrás földtani és vízföldtani eredményei. – A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1979. évről, pp. 121–143.
- Frisnyák S. 1990: Adalékok a Bodrogi köz történeti földrajzához (18.–19. század). – Acta Acad. Paed. Nyíregyháza. pp. 227–245.
- Ihrig D. 1952: Folyóink hullámterének vízjárása, hordalékmozgása és szabályozása. – Erdészeti Kutatások 5., 6. sz. Budapest.
- Jakucs L. 1982: Az árvizek gyakoriságának okai és annak tényezői a Tisza vízrendszerében. – Földr. Közl. 3. sz.
- Kis É. (témavez.) 2002: A Csongrádi-süllyedék torkolat menti „aktív árterei” felszínformáinak térképezése és vizsgálata. – Környezettudományi és Természetvédelmi Kutatási Pályázat. MTA FKI, Budapest, 96 p.
- Lászlóffy W. 1982: A Tisza. Vízi munkálatok a Tisza vízrendszerében. – Akadémiai Kiadó, Bp.
- Lóki J. 1983: A talajvízszint ingadozásának vizsgálata matematikai módszerekkel a Felső-Tisza-vidéken. – Közl. a Debreceni KLTE Földrajzi Intézetéből, pp. 39–68.

- Lóki J. – Franyó F. 2002: A csongrádi 1200 m talpmélységű MÁFI alapfúrás homokrétegeinek elektronmikroszkópos vizsgálata. – Acta Geographica Geologica et Meteorologica Debrecina, Tomus XXXVI. (In Press) pp. 1–13.
- Lóki, J. – Hertelendy, E. – Borsy, Z. 1994: New dating of blown sand movement in the Nyírség. – Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debreceni, 32. pp. 67–76.
- Lóki J. – Schweitzer F. 2001: Fiatal futóhomokmozgások kormeghatározási kérdései – Duna–Tisza közti régészeti feltárások tükrében. – Acta Geographica Geologica et Meteorologica Debrecina, Tomus XXXV. (In press) pp. 175–183.
- Nagy I. – Schweitzer F. – Alföldi L. 2001: Hullámtéri homoklerakódás (övezet). – Vízügyi Közlemények, 4.
- Pálfi I. 1994: Az Alföld belvív-veszélyeztetettségi térképe. – Vízügyi Közl. 3–4. sz.
- Pinczés Z. 1995: A Tokaji-hegység kialakulása és geomorfológiai értékei. – MFT sárospataki vándorgyűlésen elhangzott előadás. – Kézirat.
- Rónai A. 1985: Az Alföld negyedidőszaki földtana. – Geologica Hungarica, MÁFI, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 446 p.
- Sass J. (szerk.) 1981: A Tisza vízrajzi felmérése. – Vízügyi Közlemények 3. pp. 474–479.
- Schweitzer F. 2001: Gátépítés vagy hullámtér bővítés. – In: Társadalom és Környezet. Eger–Debrecen. pp. 95–103.
- Schweitzer F. 2001: A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai. – Földr. Ért. L. évf. 1–4. füzet, pp. 63–72.
- Schweitzer F. (témavez.) 2002. A Tisza–Bodrog-torok környékének felszínalaktani feldolgozása. Környezettudományi és Természetvédelmi Kutatási Pályázat. MTA FKI, Budapest, 97 p.
- Somlyódy L. 2000: A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései: Összefoglaló. – In: A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Szerk. Somlyódy L. Budapest.
- Somogyi S. (szerk.) 2000: A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon, MTA FKI Bp.
- Széchenyi I. 1846: Eszmetöredékek, különösen a Tisza-völgy rendezését illetőleg.
- Szlávik L. 1983: Árvízi szükségtározók tervezése és üzemelése. – Vízügyi Közl. 2. f.
- A Tisza vidék problémái és fejlesztési lehetőségei. – FVM–MTA RKK ATI. Kézirat. 2000.
- Vágás I. 1982: A Tisza árvizei. – VÍZDOK, Bp. 283 p.

A TISZA-VÖLGY TÉRSÉGÉNEK FENNTARTHATÓ ÁRVÍZVÉDELME, A VÁSÁRHELYI-TERV TOVÁBBFEJLESZTÉSE PROGRAM

Absztrakt:

A Tisza-völgy árvízi biztonságának növelésére vonatkozó koncepció – a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (továbbiakban VTT) – kidolgozását a Tisza folyó fokozódóan veszélyes árvizei elleni biztonság növelésének szükségessége indokolta. A koncepció bemutatja az árvízvédelem fejlesztésének lehetőségeit, javaslatot tesz a fejlesztés megvalósításának időszerű feladataira és ismerteti az árvizek károkozás nélküli levezetésével kapcsolatos, a VTT-ben összefoglalt műszaki, természetvédelmi és területrendezési vizsgálatok eredményeit.

A VTT kiemelt jelentőségű alapelve, hogy az árvíz szabályozott kivezetését és a folyóba történő szükség szerinti visszavezetését szolgáló, műtárgyakból és tározókból álló árapasztó-rendszer úgy kell kialakítani és működtetni, hogy az hasznosítható legyen a Tisza-völgy fejlesztésével kapcsolatos programokban előirányzott célok megvalósításában, és a természetes élőhelyek gyarapításában.

A Cigándi-tározó tájgazdálkodási célokat szolgáló megvalósítása úttörő feladatnak tekinthető, amely az árvízvédelem, vidékfejlesztési és természetvédelmi feladatok összehangolt, közös megvalósításán alapszik.

Kulcsszavak

Fenntartható vízgazdálkodás, árvízvédelem, Tisza-völgy, Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése program, tájgazdálkodás

A fenntartható fejlődés, a fenntartható vízgazdálkodás

A fenntartható fejlődés az emberek életminőségének hosszú távú és tartós megőrzését, illetve javítását célozza. A fenntartható fejlődés a tágan értelmezett életminőség javulását szolgálja, amely nem szűkíthető le az anyagi jólétre, hanem magába foglalja a környezet minőségét, a demokratikus jogok érvényesülését, a természeti erőforrásokhoz, valamint a társadalom nyújtotta szolgáltatásokhoz és intézményekhez való hozzáférést, a teljes testi, lelki egészséget, a szabadidőt, a biztonságot is.

Ennek megfelelően szükség van a természeti erőforrások fenntartható használatára, amelynek megvalósításához a társadalom környezet-tudatos és környezet-etikus magatartása szükséges (NFFS, 2007).

A fenntarthatóságot veszélyeztető folyamatok és jelenségek alapján kijelölhetők azok a hangsúlyok, amelyek egyszerre több problémakört érintenek. Magyarország számára ilyen hangsúlyos terület – a kiemelten fontos alapvető társadalmi (pl. mindenki számára elérhető egészséges ivóvíz) és gazdasági szerepe miatt – a fenntartható vízgazdálkodás.

¹ PhD-hallgató, Szent István Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet.

A fenntartható vízgazdálkodás olyan, a regionális és helyi adottságokhoz alkalmazkodó integrált rendszer, amely a környezeti, természeti, gazdasági, társadalmi, mezőgazdasági és tájgazdálkodási kérdéseket messzemenően figyelembe veszi a vizek állapotának védelme, a vízi környezet, vízi ökoszisztémák fenntartása, a vízkivétel és víztározás szabályozása, az árvizek és aszályok hatásainak mérséklése során.

A fenntartható árvíz megelőzés, árvízmentesítés és árvízvédekezés fontosabb szempontjai a következők:

Az árvízi események a természeti folyamatok részét képezik. Árvizek eddig is voltak és a jövőben is lesznek. Amennyire lehetséges, a természeti folyamatokra gyakorolt emberi ráhatást meg kell fordítani, ki kell egyenlíteni, a jövőben pedig meg kell előzni.

Az árvízi stratégiának ki kell terjednie az egész vízgyűjtőre, és elő kell mozdítani a vízzel, a földterülettel és az ezekhez kapcsolódó erőforrásokkal kapcsolatos tevékenységek koordinált fejlesztését, kezelését és megőrzését.

Tekintetbe véve a fejlődést és a trendeket, a természeti kockázatok megközelítése paradigmaváltást tesz szükségessé. A veszély elleni defenzív tevékenységről át kell térni a kockázatkezelésre, és az árvizekkel történő együttélésre, szem előtt tartva, hogy az árvizek megelőzése nem korlátozódhat csak a gyakran előforduló árvízi eseményekre. A vízkárelhárítás ki kell, hogy terjedjen a ritka eseményekre is.

Tovább kell fejleszteni a határokon átnyúló erőfeszítéseket a folyókat kísérő árterületek helyreállítására azért, hogy a természetes vizes területek és árterek ismét alkalmassá váljanak a víz visszatartására és az árvízi hatások csökkentésére.

Az árterületek hasznosításakor alkalmazkodni kell a fennálló veszélyekhez. Megfelelő eszközöket és intézkedéseket kell kifejleszteni minden, az árvízzel kapcsolatos probléma kezeléséhez, beleértve az elöntést, a megemelkedő talajvízszinteket, a szennyvízrendszerek megzavarását, az eróziót, a hordalék-lerakódást, a földcsuszamlásokat, a jégzajlásokat és a szennyeződések.

Az árvízvédekezés és a nem-szerkezeti jellegű intézkedések potenciálisan a vízzel kapcsolatos problémák hatékonyabb és hosszabb távon fenntartható megoldásává válhatnak, és azokat elő kell mozdítani különösen az árvízi kockázatnak kitett emberek és javak sérülékenységének csökkentése érdekében.

A szerkezeti jellegű intézkedések (védművek) fontos elemek maradnak és azoknak elsődlegesen az emberi egészség és biztonság, továbbá az értékes javak és tulajdonok védelmét kell szolgálniuk. Szem előtt kell tartanunk, hogy az árvízmentesítés soha sem abszolút mértékű, és hamis biztonságérzetet kelthet. Figyelembe kell ezért venni a megmaradó kockázat fogalmát, beleértve a lehetséges meghibásodást és tönkremenetelt.

Az árvízi előrejelzés és a figyelmeztetés az árvízjárok sikeres csökkentésének egyik előfeltétele. Hatékonysága a felkészültség mértékétől és a megfelelő beavatkozástól függ. Ennek érdekében a felelős hatóságok kellő időben, megbízható árvízi figyelmeztetéseket, előrejelzéseket és tájékoztatást kell, hogy kiadjanak.

A riasztáshoz, a kimenekítéshez és a biztonsági intézkedésekhez szükséges sajátos felkészültséget minden szinten, ide értve a közvéleményt is, meg kell tervezni, és ki kell alakítani, rendszeres és alapvető tájékoztatás, valamint folyamatos képzés fenntartásával. Megfelelő és időben adott tájékoztatással el kell érni, hogy az, aki elszenvedheti az árvízi események következményeit – ha lehetséges – alkalmassá váljon saját óvintézkedései megtételére az árvízjárok jelentős csökkentése érdekében.

Lényeges a szolidaritás: nem szabad a vízgazdálkodási problémákat egyik régióból a másikba áthelyezni. A megfelelő stratégia három lépésből áll: vízvisszatartás, víztározás és vízvezetés (először mindent meg kell tenni a csapadék helyszínén tartására, a fölös víz lokális tározására, és csak ez után szabad hagyni a vizet a vízfolyásba ömleni). Az árvizek megelőzésének az elővigyázatosság elvén kell alapulnia.

Kártalanítási rendszert kell kidolgozni, amely segíti az árvíz-katasztrófák áldozatait gazdasági alapjaik és életfeltételeik megfelelő időben történő helyreállításában. Tovább kell fejleszteni a magán- vagy társadalmi biztosítási rendszereket, illetve a szolidaritást erősítő állami támogatásokat.

Az elöntésnek kitett területeken megelőző óvintézkedéseket kell tenni az elöntéseknek a vízi- és szárazföldi ökoszisztémákra gyakorolt olyan kedvezőtlen hatásainak csökkentésére, mint amilyen a víz- és a talajszennyezés. Különbséget kell tenni az elöntések különböző fajtái és a problémákhoz járuló környezeti körülmények között. Így például jelentős különbségek vannak egyrészt a hegy- és dombvidéki területek hirtelen elöntései között, ahol a kockázat csökkentése az innovatív, kisléptékű megoldásokkal érhető el, másrészt pedig a síkvidéki elöntések között, ahol mind a riasztási periódus, mind az árvízi események tartóssága hosszabb (NFFS, 2007).

Az éghajlat megváltozása napjaink egyik legidősebb globális kihívásává vált. Mind a gazdasági és politikai döntéshozók körében, mind a környezetért aggódó közvélemény számára egyre nyilvánvalóbb, hogy – a természeti katasztrófákkal, aszályal és árvizekkel járó – éghajlatváltozás a nemzetgazdaságokat fenyegető súlyos kockázat. Ezért minél inkább erősíteni kell mind a döntéshozókban, mind társadalom valamennyi rétegében, hogy valós kockázattal kell számolni.

Az éghajlatváltozás közvetlen és közvetett hatásai „kézzelfoghatóvá” váltak napjainkra. Döntően befolyásolja a mezőgazdaság jövőjét, de szinte az összes gazdasági szektor jövedelmezőségét is. A klímaváltozás hatásaira való felkészülés a vízgazdálkodásban azt jelenti, hogy elsősorban az extrém hidro-meteorológiai eseményekre, szélsőséges csapadékviszonyokra kell felkészülni, melyek egyrészt fokozódó árvízveszélyt, másrészt szárazságot eredményezhetnek. Javítani kell az árvízi biztonságot, hatékonyabb öntözési rendszerek kialakítására kell törekedni, valamint növelni kell hazánk területén a vízvisszatartást, vízmegtartó képességet. Kiemelten fontos a vizes élőhelyek védelme, rehabilitációja, a megfelelő vízutánpótlás biztosítása, továbbá a jó ökológiai állapot elérése az EU célkitűzéseinek megfelelően. Meg kell oldani a kockázatok alapján a „teret a folyónak” elv alkalmazásával az árvíz alacsonyabb szinten történő levezetését. E célok a terepadottságok figyelembevételével történő tározók építése és a nagyvízi meder bővítése révén valósulhatnak meg. Kiemelt feladat a táji adottságoknak megfelelő gazdálkodási formák (pl. hagyományos ártéri gazdálkodás) újraélesztése. Törekedni kell az adottságoknak a jelenleginél jobban megfelelő mezőgazdasági gyakorlat támogatására.

Magyarország árvízi veszélyeztetettsége

Magyarország természet- és gazdaságföldrajzi adottságai következtében a vizek kártétele elleni védekezéshez évszázadok óta jelentős és folyamatosan növekvő társadalmi érdek fűződik. Hazánk vízkár-veszélyeztettségét alapvetően meghatározza, hogy a Kárpát-medence legmélyebb részén fekszik, zömében sík területű ország, ezért a környező hegyvidéki vízgyűjtőkről, a Kárpátokból és az Alpokból hozzánk érkező, nálunk torlódó árhullámok ellen gyakran szükséges védekezni.

Az ország 93 000 km²-nyi területéből 21 248 km² a folyók árvizeivel veszélyeztetett árterület, melynek ma 97%-a mentesített. A folyók árterülete 151 ártéri öblözetre tagozódik, amelyből 55 a Duna, 96 pedig a Tisza völgyében fekszik. Az ártéri öblözetek olyan, a természetes domborzat, vagy mesterséges létesítmény(ek) által határolt területek, amelyeket az árvíz elönthet anélkül, hogy a kitört víz másik öblözetbe jutna (Szlávik, 2003). A Tisza-völgy ártéri öblözeteinek területe 15 610 km².

Hazánk árvízi veszélyeztetettsége – az ártér arányát tekintve – Európában a legnagyobb. Ehhez egyedül Hollandia helyzete hasonlítható, ahol az ország területének 20%-a (14 400 km²) fekszik a folyók árvizei és a tenger szintje alatt.

Magyarországon az éghajlati és topográfiai adottságok miatt gyakoriak az árvizek. A magyarországi folyók – a Zagyva és a Tarna kivételével – mind külföldön erednek, befogadjuk a Duna vagy a Tisza. A magyarországi folyók hossza 2822 km, vízgyűjtő területük pedig gyakorlatilag az ország egész területe. A határainkhoz érkező folyók az ország területének több mint háromszorosáról gyűjtik össze a vizet. A folyók vízjárása ezért döntően nem a hazai, hanem más országok vízgyűjtő területén keletkező vizek alakítják, befolyásolják.

A Tisza mentén az utolsó száz év legnagyobb árvizei közül az 1895. évi a téli hótakaró olvadásából, az 1919. évi a tavaszi csapadékból származott. Különösen magas volt a Tisza középső és alsó szakaszán az 1932. évi árvíz, amelyet a Maros árvize, majd az 1970. évi árvíz, melyet a Tisza és az összes mellékfolyója egyidejű hatalmas árvize emelt a tavaszi árvizek közül a legmagasabbra. Az 1985. évi felső-tiszai jeges árvíz példátlan volt a tiszai árvizek sorában. 1998. novemberében, 1999 márciusában majd 2000-ben közvetlenül egymás után fordultak elő kiugró hidrológiai paraméterekkel bíró árvizek (1. táblázat).

Ezzel együtt, mint az a táblázatból is látható – összehasonlítva az 1970-es árvízzel – ugyanakkora vízhozamnál egy méterrel magasabb vízállás volt tapasztalható a 2006. évi árvíznél.

1998. és 2001. között négy rendkívüli árhullám vonult le a Tiszán, amelyek esetenként egy méterrel is meghaladták az addig mért legmagasabb vízszintet. Ennek okai a nagyvízi meder vízszállító képességének csökkenése, a vízjárások – többek között az éghajlatváltozás hatására – egyre szélsőségesebbé válása. Egyértelművé vált, hogy az árvízvédelmi rendszerek védelmi képessége nem növelhető a töltések folyamatos emelésével.

Ebben az időszakban egy viszonylag szárazabb évtized után egymást követték a rendkívüli árvizek, amelyek több helyen évente újraírták a maximális vízszintek magasságát. 1998. november és 2001 márciusa között alig 28 hónap alatt négy, joggal rendkívülinek minősíthető árhullám vonult le a Tisza völgyében párosulva jelentős belvízi elöntésekkel és a kisvízfolyások rendkívüli árvizeinek sorozatával.

1. táblázat

A Tisza legnagyobb árvizeinek maximum értékei Szolnoknál, 1895–2006

Év	H _{max} Szolnok (cm)	Q _{max} Szolnok (m ³ /sec)
1895	827	3317
1919	882	–
1932	894	3179
1970	909	2450
1979	904	2424
1998	897	2161
1999	974	2403
2000	1041	2608
2006	1013	2406

Forrás: KvVM adatai alapján a szerző szerkesztése.

A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése program

Az árvízi problémák megoldására indult meg az a tervezési folyamat, melynek eredménye a „Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése” (továbbiakban VTT) elnevezésű program lett. A program egyik feladata, az árvízi többletvizek tározása. Ez azt jelenti, hogy a Tiszából megfelelő mennyiségű víztömeget ideiglenesen, ún. árvízi véstározókba vezetnek ki, és ezzel elérik a Tisza árvízi vízszintjének csökkenését.

Önmagában viszont a víz kivezetése – különösen, ha csak nagyobb árvizek idején, véstározás jelleggel következik be – nem jelent az eddigiekhez képest pozitív változást a térség vízgazdálkodásának többi problémáját illetően. Társadalmi, gazdasági, természeti hatásait tekintve csak akkor beszélhetünk a jelenleginél előnyösebb helyzetről, ha a tározóhoz kapcsolódó lehetőséget kihasználva rendszeresen vízhez juttatjuk a területet, és ezzel a kistáj normális, évente rendszeresen ismétlődő vízkörforgását is helyreállítjuk. Ugyanakkor az idejuttatott víz nemcsak, és nem is elsősorban a Tiszán levonuló árhullámok megszelídítését szolgálja, jelentősége ettől sokkal nagyobb: megteremti az egészséges vízháztartás, vízvisszatartás feltételeit, és nemcsak a tározóban, hanem annak közvetlen környezetében is.

Fentieket figyelembe véve a program céljai tehát:

- Az árvízi biztonság növelése: azaz a VTT teljes programjának megvalósítása után e tározó is járuljon hozzá, hogy a Tisza mentén az érvényes mértékadó árvízszinthez képest 1,0 m-rel magasabban levonuló jégmentes árvíz szintje legalább 1,0 m-rel csökkenjen, így a mértékadó árvízszinteknél magasabb vízszintek a Tiszán ne alakuljanak ki;
- A társadalmat és a gazdálkodást illetően a változások által a jelenleginél jobb és biztonságosabb létfeltételek és hosszú távú gazdálkodási lehetőségek megteremtése a Tisza mentén. Ezáltal növelni lehet a program által érintett terület népeségmegtartó erejét;

- A természetvédelem érdekei miatt az érintett területen, amennyire lehetséges a természetes ártérre jellemző, a folyó medre s ártere közti állandó, kétirányú vízmozgások helyreállítása.

A „Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése” – az eredeti célkitűzések szerint – a Tiszavölgy árvízvédelmi biztonságának megteremtését szolgálta. A tervezés előrehaladtával az eredeti cél mellett olyan új törekvések jelentek meg, hogy a fejlesztések járuljanak hozzá egyúttal a Tisza mente komplex fejlesztési igényeinek megvalósításához. Legalább is olyan mértékben, hogy a tervezett beruházások vegyék figyelembe a térség természetvédelmi, tájgazdálkodási törekvéseit. A beruházások tervezése a fenti szempontok műszaki igényeinek feltárásával kezdődtek és mára olyan megvalósítási terv készült el, amely az árvízvédelem mellett javaslatot tesz az életfeltételeket javító földhasználati elképzelések megvalósíthatóságára is.

Az elérendő cél az, hogy a Tisza mentén az érvényes mértékadó árvízszinthez képest 1,0 m-rel magasabban levonuló jégmentes árvíz szintje legalább 1,0 m-rel csökkenjen, vagyis a mértékadó árvízszinteknél magasabb vízszintek kialakulása a Tiszán ne jöjjön létre. Az 1 m-rel magasabban levonuló árvízszint a tiszai viszonyok között hozzávetőlegesen megfelel a korábbi vízjárásból becsülhető, átlagosan 0,1%-os előfordulási valószínűségű (átlagosan 1000 éves visszatérési idejű) vízszintnek. A beavatkozások műszaki és üzemelési feltételeit úgy kellett kialakítani, hogy „megvalósulásukat követően ne rontsa a jelenlegi gazdálkodási feltételeket, és ökológiai állapotot, a jövőben pedig ki tudja elégíteni az ökológiai, természetvédelmi igényeket, és megteremtse az ártéri gazdálkodás, tájfejlesztés lehetőségét” (VTT tervezési irányelvek).

A koncepció a természetvédelem, a területrendezés és a területhasználat figyelembe vételével, a szóba jöhető megoldási lehetőségek kidolgozása érdekében meghatározta az optimális fejlesztési politika főbb szempontjait, amelyek a következők:

- Annak biztosítása, hogy a településeket és a kiemelt fontosságú közlekedési vonalakat egy ezrelék valószínűségű jégmentes árvíz kivédésére tervezett árvízvédelmi művek védjék.
- A meder vízvezető képességének és az árhullámok apasztásának olyan mértékű növelése, hogy a töltésszakadás valószínűsége kevesebb legyen egy ezreléknél.
- A hullámterek, valamint az időszakosan elárasztott területek kiterjedése legyen összhangban a területhasználói igényekkel.
- A fejlesztés költséghatékonysága legyen optimális.

A VTT koncepció a célok elérésének eszközeit az alábbiak szerint összegezte:

- A külföldi árvíz tározási, valamint lefolyás-szabályozási lehetőségek feltárása és hatásának becslése;
- A hazai folyószakaszokon a nagyvízi meder vízszállításának javítása;
- A mentett ártéren alkalmazható megoldás: síkvidéki árvíz tározás üzemszerű árapasztással;
- Az árvízvédelmi töltések fejlesztésének lehetősége.
- A „nem szerkezeti” árvízvédelmi módszerek fejlesztésének feladatai (olyan feladatok, amelyek nem igényelnek műszaki „szerkezeteket”, létesítményeket, hanem szervezési, tervezési, pénzügyi, szabályozási, jogi stb. megoldásokra támaszkodnak).

Az első eszköz elvi lehetőség, így azt az ötoldalú vízügyi együttműködések megvalósulásának „hozádekaként” lehet csak figyelembe venni. Az árvízvédelmi töltések fejlesztésének lehetőségét a megalapozó dokumentumok a továbbiakban kizárják. A további töltésmagasítás, mint alternatíva azokon a vízfolyás szakaszokon lenne megvalósítható, ahol sem a vízszállítás növelésére, sem tározásra, sem véstározásra nincs lehetőség, így a Felső-Tiszán és a mellékvízfolyások határ menti, vagy felső szakaszain. Nem kívánatos ugyanakkor a további töltésmagasítás a Közép-, és Alsó-Tisza-vidéken a nagy magasságú töltések miatt. A magasabb töltések kialakítása egyebek mellett nem azonos értékű műszaki megoldás a vízszintet csökkentő megoldásokkal, tekintettel a magasabb vízszintekből fakadó nagyobb ártéri kockázatra.

A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésének koncepcióját a kormány a 1022/2003. (III. 27.) számú „A Duna és a Tisza árvízvédelmi műveinek felülvizsgált fejlesztési feladatairól, valamint a Tisza-völgy árvízi biztonságának növelésére vonatkozó koncepcióról (a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése)” címmel fogadta el. A kormányhatározat alapján vizsgálatsorozat indult el az elfogadható műszaki megoldások kidolgozására, és a prioritások meghatározására. A vizsgálatsorozat műszaki, gazdaságossági, környezetvédelmi, ökológiai, örökségvédelmi és területfejlesztési szempontokra egyaránt kiterjedt.

A VTT koncepciója tartalmában elsősorban az árvízvédelmi feladatok céljait és lehetséges eszközeit tárta fel, de már itt is megjelentek komplex célú hasznosítási igények kielégítésére irányuló fejlesztések. A jogalkotó egyértelművé tette, hogy a VTT koncepciójában az árvízvédelmi, a terület- és vidékfejlesztési, agrár-környezetvédelmi és természetvédelmi prioritások egyenrangúak. A fentiek alapján a VTT továbbtervezés a nagyvízi meder vízszállító képességének növelésének, valamint az árvízi tározás megvalósításának lehetőségeit vizsgálta. A koncepció kidolgozása során meghatározásra került, hogy a Tisza teljes hossza mentén mintegy 1,5 milliárd m³ víztömeg rendelkezik mintegy 1 m-es vízszintcsökkentési hatással. Mindezek mellett a műtárgyak kialakítására vonatkozó műszaki és gazdaságossági szempontok is kiválasztási kritériumok voltak.

A VTT I. ütemében vizsgált 11 tározóra és a hullámtéri beavatkozásokra – többek között – Stratégiai Környezeti Vizsgálat (SKV) is készült 2003-ban a már korábban jelzett vizsgálatsorozat részeként. Az SKV készítésnek kiindulás feltétele az volt, hogy az első ütem keretében 2004–2007 között 5–6 tározó megvalósítására nyílik lehetőség, és e mellett 3 folyószakaszon a hullámtér levezető képességét is növelik. A vizsgálat a munka folyamán kibővült: az első ütem kizárólagos elemzése helyett a VTT egészét kellett vizsgálni, valamint rangsorolni kellett a felmerülő alternatívákat a megvalósításra való alkalmasság szempontjából. Ehhez környezeti és az ide kapcsolódó társadalmi megközelítést alkalmaztak. Az SKV eredményei meghatározóak voltak a 1107/2003. (XI. 5.) kormányhatározatban leírt döntések és megfogalmazott alapelvek elfogadásánál.

A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése a tervek szerint két ütemben valósul meg. Az I. ütem 2004–2008. közötti időszakot foglalja magában, míg a II. 2008. után kezdődik. Az I. ütem második szakaszában elkezdődnek a kormányrendeletben meghatározott további tározók létesítései, valamint folytatódik a hullámtér érdességmentesítése a Tisza kijelölt szakaszain. A II. ütemben kiépül a teljes árvízi tározó rendszer, és a hullámtér egészének rendezése is megtörténik. 2008-ban befejeződnek a megkezdett építések a cigánd-tiszakarádi tározó árvízvédelmi és tájgazdálkodási létesítményeinél és a tiszaroffi árvízi tározó létesítményeinél.

Irodalom

- Az árvíz megelőzése. Az árvízmentesítés és az árvízvédekezés legjobb gyakorlata – Best Practice Document 2003.
- Cigándi Tájgazdálkodási és Árvízvédelmi Program Hírlevelei 1–5. szám.
- Cigánd-Tiszakarádi árvízi tározó, KIOP pályázati dokumentáció megvalósíthatósági tanulmány.
- A közösségi cselekvés kereteinek meghatározásáról a víz-politika területén című, 2000. december 22-én hatályba lépett, 2000/60/EK irányelv – Víz Keretirányelv.
- Nemzeti Fenntartható Fejlődés Stratégia 2007. pp. 3.
- ÖKO Rt. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése I. ütemére stratégiai környezeti értékelés, továbbá a Tisza-völgyi árapasztó rendszerhez és a nagyvízi meder vízszállító képességének javításához előzetes környezeti tanulmányok készítése, valamint az EU közösségi társfinanszírozási feltételeinek feltárása (2003).
- Szlávik Lajos 2003: Az árvízvédelmi biztonság elemzése. Budapest, Vízgazdálkodási Kutató Rt. pp. 18–28.
- Tájgazdálkodási Kézikönyvsorozat – Vásárhelyi-terv Továbbfejlesztése (I. ütem).
- Törvény 2004. évi LXVII a Tisza-völgyi árvízi biztonságának növelését, valamint az érintett térség terület- és vidékfejlesztését szolgáló program (a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése) közérdekűségéről és megvalósításáról.
- VITUKI RT. Vásárhelyi-terv Továbbfejlesztése (a területfejlesztési, ökológiai igényekkel és az európai unió Víz Keretirányelvével összhangban) – Konceptió-terv. Készült a Közlekedési és Vízügyi Minisztérium Vízkárelhárítási Főosztály megbízásából (2002).
- VIZITERV Consult Kft., A „Vásárhelyi-terv Továbbfejlesztése” – Műszaki koncepció (2001).
- VIZITERV Consult Kft., A Vásárhelyi-terv Továbbfejlesztése üzemelési feladatok vizsgálata és tervezési irányelvek kidolgozása (2002).
- 1022/2003. (III. 27.) Korm. határozat a Duna és a Tisza árvízvédelmi műveinek felülvizsgált fejlesztési feladatairól, valamint a Tisza-völgyi árvízi biztonságának növelésére vonatkozó koncepcióról (a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése).
- 1107/2003. (XI. 5.) Korm. határozat a Tisza-völgyi árvízi biztonságának növelését, valamint az érintett térség terület- és vidékfejlesztését szolgáló programról (a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése).

A FENNTARTHATÓ FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK ÉS A MEGÚJULÓ TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK KÖRNYEZETVÉDELMI ÖSSZEFÜGGÉSEI A VAJDASÁGBAN

Absztrakt

Jugoszlávia szétesésével majd Montenegró leválásával a Vajdaságban energiahiány mutatkozott, amelyet mezőgazdasági árucserével pótlunk. A hiányzó energia pótlásának a lehetőségére, a megújuló energiák, azaz a nem kihasznált természeti erőforrások feltárására irányultak a kutatók. A vizsgálatok eredménye alapján dunai vízerőművek építésére tettünk javaslatot. A számított műszaki és gazdasági mutatók bizonyították, hogy a víz költséges energiaforrás, de az egészségvédelem és a környezetvédelem szempontjából – a Vajdaság területén – a legmegfelelőbb fejlesztési lehetőség. A vízerőművek építésével megoldódna a Duna–Tisza–Duna-csatorna revitalizációs kérdése, vízellátása. Az éghajlatváltozás előnyét kihasználva, öntözéssel, háromszoros vetéssel lehetőségünk lenne a mezőgazdasági termelés fokozására. Javaslatot tettünk a vízzel fedett mezőgazdasági területek regionális fejlesztésére, figyelembe véve a beruházás környezet átalakító hatását. A javasolt fejlesztés csak EU-régiós beruházással, a környező államokkal közösen oldható meg.

Kulcsszavak

Vízenergia, vízerőmű a Dunán, Dél-dunántúli eurorégió, a Duna–Tisza–Duna-csatorna, környezetvédelem, vízzel borított területek.

Bevezetés

A Vajdaság területe 21506 km², Magyarország területének mintegy egynegyede. Földrajzilag Közép-Európához tartozik, a Kárpát-medence része. A Nagyalföld legdélebbi részén terül el, hozzá tartozik a Fruska Góra (Tarnóc) hegylánca. Bácska, Bánát és a Szerémség területét öleli fel. A Vajdaságot középen kettészeli Tisza, a Duna pedig a nyugati határát képezi.

A vízgazdálkodási problémák a Vajdaságban a földrajzi fekvésből, illetve a szélsőséges szárazföldi éghajlatból adódnak. Esős időszakokat követően (főképp tavasszal) árvizek fenyegetnek, a tenyészidőszakban (nyáron) viszont öntözni kell a mezőgazdasági termelés fokozása érdekében. A helyzet Közép-Európában mindenütt – a miénkhez hasonlóan – kedvezőtlen, a nem kiegyenlített csapadékból következően. Mivel ezek a problémák az egész térséget érintik, ezért logikus, hogy azokat csak az egész Dél-dunántúli eurorégiót egységesen kezelő nagy beruházásokkal, az EU régiós fejlesztések lehetőségét kihasználva lehet megoldani.

¹ Ny. egyetemi tanár, Újvidéki Egyetem Vízrendezési Tanszék.

A megújuló energiák és a környezetvédelem

A megújuló energiák azok az energiák, amelyek a felhasználás sebességével azonos ütemben újulnak meg, azaz újratermelődnek. Megújuló energiák: a napenergia, a szélenergia, a vízenergia, a geo-termálenergia, hő vizek és ásványvizek, valamint a szerves tömegből (biomasszából), nyert energia. A biomassa-energia lehet szilárd energia és lehet folyékony energia – ilyen a bioetanol és a biodízel – vagy biogáz energia. A fosszilis energiák felhasználásának csökkentésére kell törekednünk, hogy az üvegházhatást csökkentsük. 1997 novemberében az Európai Parlament határozatban szólította fel az Európai Unió tagállamait, hogy 2010-re 15%-kal csökkentsék az üvegházhatást keltő gázok kibocsátását. Az Európai Unió „zöld könyve” határozottan előírja a nyersolaj használatának csökkentését, ugyanakkor határozottan elutasította a nukleáris energiaforrások fejlesztését. A természeti erőforrások gazdaságos kihasználását egy adott területen a földrajzi egység természeti adottságai határozzák meg (Maniak, 1988). A Vajdaság területén a szélenergián (Delibláti-homokhátságon) és a biomassa-energián kívül csak a vízenergia hasznosítása lehet gazdaságos. A sídi biodízel gyár komoly konkurenciát jelent az étolaj gyártó üzemeknek a napraforgó és a repace feldolgozásában.

Jugoszlávia területén 92 vízerőmű volt, de Jugoszlávia szétesésével és később Montenegró leválásával Szerbia és ezzel a Vajdaság területén is megváltozott az energiagazdálkodás. Új energiakészletek feltárása, a meglévő kapacitás jobb kihasználása, bővítések és korszerűsítések, illetve új fejlesztési lehetőségek kutatása vált időszerűvé. Számba kellett venni a még fel nem becsült természeti értékeinket és fejlesztési lehetőségeinket. Hosszú távú regionális fejlesztési tervek készültek, hogy a tudomány és a korszerű technológiák segítségével kielégíthessük az igényeket.

Ha vízenergiára gondolunk, mindenki a nagy vízerőművekre gondol, de ez a megoldás síkvidéken nem gazdaságos (Đorđević, 1989). Vízerőművek építésének lehetőségét vizsgáltuk a Dunán (Putarich, 2001). A hidro-energetikai viszonyokat figyelembe véve – a vizsgálatok szerint – a Dunán négy vízlépcső létesítése elképzelhető (1. táblázat).

1. táblázat
Négy folyamatszakaszi energiatermelésének elosztása

Szakaszok	Horvátország		Vajdaság	
	%	MW	%	MW
Duna I. (rkm 1265,0–1295,0) 30,0 km	–	–	100,0	31,3
Duna II. (rkm 1357,0–1444,8) 87,8 km	50,0	37,5	50,0	37,5
Duna III. (rkm 1422,0–1472,2) 50,2 km	50,0	5,9	50,0	5,9
Dráva IV. (rkm 37–0000) 37,0 km	100,0	3,3	–	–
Összes energiatermelés	38,4	46,7	61,6	74,7

Forrás: Srebrenović, 1986.

A hidrológiai-hidraulikai és a gazdasági számítások alapján a négy közül kettő (a jelenlegi ökonómiai feltételek mellett is) gazdaságos. A fenntartható fejlesztés lehetőségeinek számbavételekor a négy vízlépcső építésének a lehetőségét is fegyelembbe vettük, de jelenleg egy ekkora fejlesztés anyagi feltételei nem biztosíthatók.

A kutatásnál alkalmazott módszerek és a felhasznált adatok

A hidrológia az a tudományág, amely a vízzel foglalkozik. A vízzel kapcsolatos földi jelenségeket, valamint a víz zárt körfolyamatainak törvényszerűségeit kutatja. Feladata a hasznosítható vízkészlet meghatározása. A vízkészlet természeti kincs, amely a víz mennyiségével (Q), a víz minőségével (K) és a víz térben való helyzetével (L) jellemezhető. Ugyan ez kifejezhető mint energiakészlet (E), képletben felírva:

$$E = E(Q, K, L).$$

A hasznosítástól függően az energiakészlet átalakítható többféle energiává, ezek a részenergiák, ilyen:

- a vízerőművek energiája – E_h
- a biomassa-energia, a talajjavítási rendszerekben előállított szervesanyag-tömeg – E_b
- a víz szállításkor megtakarított (transzport) energia – E_t
- az üzemi feltételek (termelés) mellett megtakarított vízenergia – E_s és mások.

Többféle hasznosítás esetén a részenergiák összességével számolunk:

$$E = E_h + E_b + E_t + E_s + \dots = \sum_i^n E_i$$

Minden energia átalakításkor energiavesztés lép fel, így az összes energiából veszítünk. Ezért a felhasználatos vízkészletet úgy számítjuk, hogy a részenergiákat megszorozzuk a transzformációs veszteséggel (λ_i), azaz a hasznosítás együtthatójával. A vízkészlet hasznosítása folyamán a következő energia egyenletet használjuk:

$$E = \lambda_h E_h + \lambda_b E_b + \lambda_t E_t + \lambda_s E_s + \dots = \sum_i^n \lambda_i E_i$$

A vízgazdálkodási tudomány feladata, hogy a vízenergia átalakításakor a hasznosítható energiát (E_i) a legnagyobb mértékben megőrizze, vagyis a hasznosítást a lehető legmagasabb szinten (a legkisebb veszteséggel) biztosítsa. Ezzel foglalkozik a tudomány egy külön ága – a hidrotechnika (*Putarich, 2006*).

A számításokhoz hidrológiai és hidraulikai adatokat használtunk fel. Ilyen például a Duna közepes havi vízhozama (amelyet átszámítottuk a tervezett vízerőmű keresztmetszelyére, a 1265 fkm-re), amely a bogojevi keresztmetszelyre $3021 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Az észlelt minimális vízhozam a vegetációs időszakban $989 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, míg a vegetációs időszakon kívül csak $680 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (2. táblázat).

2. táblázat
 Maximális vízhozam a Dunán, a 1265 fkm-nél (Futok)

Visszatérési idő (év)	10	20	50	100	1000	10 000
Vízhozam Q (m ³ s ⁻¹)	7350	7920	8600	9130	10750	12 250

Forrás: Putarich, 2001.

A Dráva vízhozamát a Dunával való koincidencia esetére az előfordulási valószínűség p=50%-os várható értékével számítottuk. A duzzasztott felszín görbékét a vizsgált Duna szakasz ellenállási tényezőjével számítottuk, és megfelelő pontosságú eredményt kaptunk. Ezeket az eredményeket később modellvizsgálatok igazolták (Hidroinženering, Energetski sistemi and Energoprojekt, 2004).

Az vízenergia hasznosításának programja

Az alsó, I-es vízerőműnek kiválasztott hely a Dunán a Vaskapu Vízerőmű (Djerdáp) visszaduzzasztásának a határán, az újvidéki szelvénytől felvizen, Futok határában van (1265 fkm). A Dráva jellemző vízhozamával a Szerb-magyar határszelvényig az elfogadott duzzasztás 80,0 mAf (Adria feletti vízszint méterben). A számítási eredmények azt mutatták, hogy a gátnál a duzzasztási szintet 30 cm-rel meg lehet emelni (az 1965 évi javított nagyvíz a gát szelvényében 80,31 mAf volt), azzal a feltétellel, hogy a Dráva torkolatnál folyószabályozást végeznek, átvágják az Űvegház-kanyart és egyéb szabályozási munkákat végeznek a torkolattól a magyar határig (a horvát oldalon, a jobb parton).

Az I-es vízerőmű helyének meghatározásakor a technikai okokon kívül (a közelben nincs lakott terület, mind két part árterület) az is közrejátszott, hogy a Duna itt a legszélesebb, mintegy 500 m, és a mélysége 8 m. A Duna eltereléséhez megfelelő Duna-ág szolgál, a Macska-sziget jó felvonulási terület lehet. A Duna e szakasza a hajózás érdekében amúgy is vízrendezésre szorul, a partok ökológiai szempontból elhanyagolt árterületek. A környezet egy vízrendezéssel csak nyerhet. Az I-es vízerőmű "Futok" üzeme: alul vezérelt, a vízhozam $Q_i = 3860 \text{ m}^3/\text{s}$ (nagyobb, mint 2m esés esetén) 10 turbinával üzemelve a termelt energia maximum 130 MW, míg 12 és 14 turbinával üzemelve a termelt energia 131 MW fölött van. A vizsgálatoknál a leggazdaságosabbnak bizonyult, ha az erőmű 10 turbinával működik, ekkor az energia-termelés többéves átlaga 1039,5 GWh (alvízi medermélyítéssel 1096,3 GWh). Folyamatos üzemeltetés esetén az energiatermelés többéves középátlaga (változó rendszerben) a vízszint 1 méteres változása esetén (az alvízen mederbővítés nélkül) 10 turbinával 928,2 millió kWh/évente (3. táblázat).

A II-es vízerőmű elhelyezésekor a Duna–Tisza–Duna-csatorna revitalizációs problémáinak megoldása került előtérbe, ezért a Duna 1422 fkm szelvényét Bezdán határában (alsóvízen) jelöltük meg, mivel a II. vízerőműnek az energiatermelésen kívül biztosítania kell a Duna–Tisza–Duna-csatorna (DTD) gravitációs vízellátását. A gazdaságossági számításoknál a csatorna vízellátása volt a döntő. Nagy energia megtakarítást jelent

a gravitációs üzemeltetés. A II-es vízerőmű megépítése megoldaná a DTD vízellátását, és ezzel megoldódna Vajdaság öntözése. Lehetőség nyílik a háromszoros vetésre és a nagyobb biomassa termelésre. A DTD csatorna vízellátását nem csak a hasznosítás érdekében kell biztosítani, az környezetvédelmi szempontokból is szükséges. A csatorna állapota fenntarthatatlan, a biológiai minimumot sem éri el. A megfelelő vízellátással megszűnnének a bűzös szennyvíz befogadók és a személerakodó helyek.

3. táblázat
A II. vízerőmű hidrológiai és energia adatai

Apsz. nívó	Q (m ³ /s)	T (nap)	Termelt áram (Gwh/év)
85.31	3 310	93	157 80
84.00	2 350	91	174 80
83.00	1 800	94	159 80
82.00	1 330	36	49 50
81.00	1 030	10	11 80
			Összes termelés: 553 70

Forrás: Putarich, 2001.

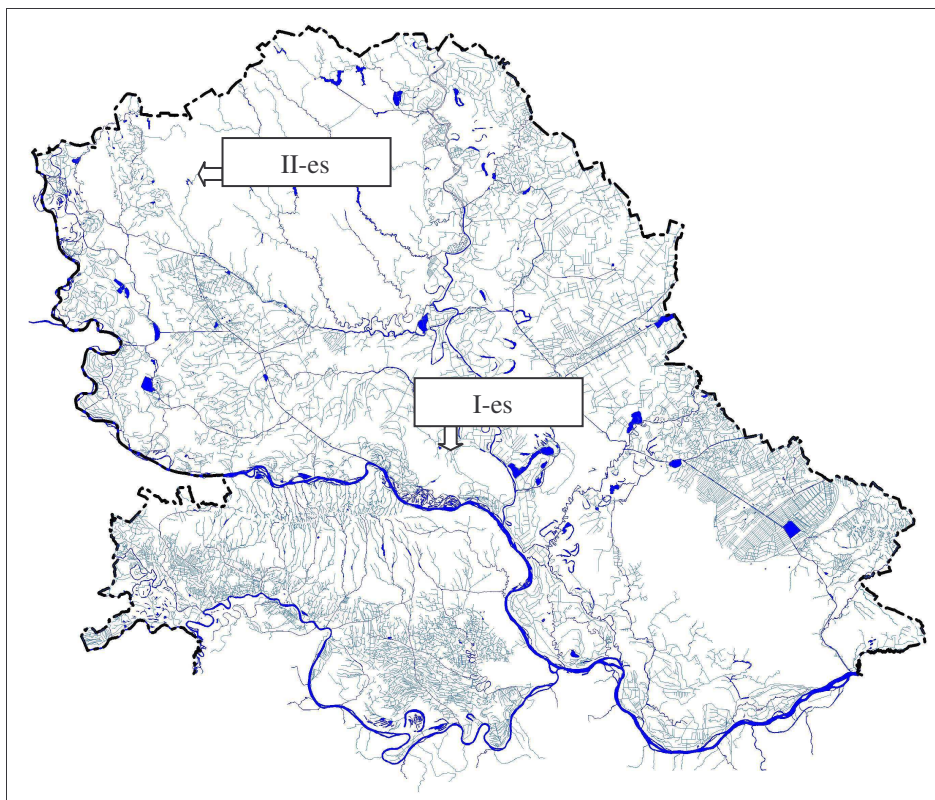
Javaslatunk szerint az I. vízerőmű Futok-nál, a II. vízerőmű Bezdán-nál megvalósítható. A tervezett alsó vízerőmű (I. Vízerőmű, Futok) beruházása és hasznosítása Horvátországgal lenne közös, míg a felső vízerőmű (II. Vízerőmű Bezdán) beruházása és hasznosítása Magyarországgal lenne közös. A tervezett vízerőművek megépítésével a hajózási feltételek mellett a partvédelem is biztosított lenne (I. ábra). A meglévő hidak övezetében biztosított a hajózás számára a levegőtér és a legkisebb, 3,50 m-es hajózási mélység. A számítások alapján a megváltozott állapotban a minimális hajózási vízhozam 1600 m³s⁻¹, míg a maximális hajózási vízhozam 6200 m³s⁻¹. A Nagy-Bácskai-csatorna rekonstrukciójával a dunai hajóút 100 km-rel lerövidülne, ez a hajóforgalomban nagy energia-megtakarítást jelentene (Investment program the Danube, 2004).

A Duna–Tisza–Duna-csatorna revitalizációs programja és a környezetvédelem

Tekintve, hogy a Vajdaság mezőgazdasági terület, a Duna–Tisza–Duna több hasznosítású csatornarendszernek a Vajdaság ütőerévé kell válnia. A természetes csapadék nem kiegyenlített, a mezőgazdasági termelés fokozásához, azaz a termés hozam növeléséhez öntözés szükséges. A helyzetet valamennyire segítette a Vaskapu VE (*Djerdáp*, 1951) megépítése. A talajvízszint megemelkedett, néhol 3 m-t is. Az erőmű tározójának a hatása a felszíni vizeken, a Dunán Újvidékig, a Tiszán Becséig érezhető, a becsei gát a Tiszán a magyar határig visszaduzzaszt. Így gyakorlatilag a Vajdaság felszíni vízrendszere vezérelt, kivéve a Duna Újvidék feletti szakaszát (e szakaszon egy vízerőmű építése jelentős segítséget nyújtana az energiagazdálkodásban és a DTD vízellátásban).

A Vajdaságban az éghajlatváltozás előnyeit kihasználva biztosítani kell az évenkénti három vetés feltételeit. A három vetésnek alapvető feltétele az öntözés, amely nem csak

1. ábra
A javasolt vízerőművek helykijelölése a Dunán



Forrás: Putarich, 2001.

vizet igényel, hanem sok energiát fogyaszt. Az energiatermelés fokozására – az adott körülmények között – a leggazdaságosabb megoldás a vízerőművek építése. A vízerőművek építési költségeit egy állam sem tudja önállóan vállalni, a vizsgált körzetben a vízerőművek megvalósítása csak nemzetközi beruházással, uniós regionális fejlesztési programmal elképzelhető. A Duna ebben az esetben nem mint elválasztó határ, hanem mint összekötő kell hogy szerepeljen, mivel közös gondokkal küzdünk, egy földrajzi egységen belül. A Vajdaság területén az öntözéshez a vízellátást a Duna–Tisza–Dunacsatorna rekonstrukciója nélkül nem tudjuk biztosítani, ez csak a bezdáni vízlépcső megépítésével (vagyis gravitációs vízkivétellel) oldható meg gazdaságosan (2. ábra).

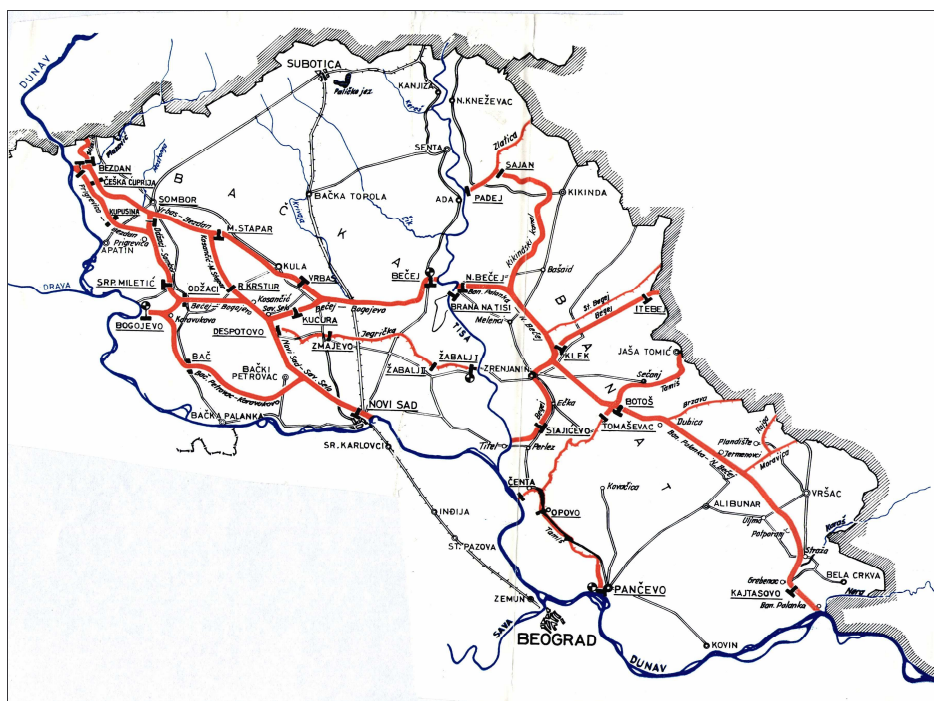
A DTD Európa legnagyobb több hasznosítású csatornarendszere, amely 1957-től 1977-ig, húsz évig épült amerikai kölcsönből. Célja a fölös víz elvezetésére és tenyészidőszakban az öntözés vízigényének biztosítása, valamint hajóút létrehozása volt. Kihasználva a terület természetes lejtését (északnyugat–délkelet), gravitációs vízkivétellel tervezték. Mivel a Duna változtatja medrét, a jelenlegi vízállások mellett a DTD csa-

torna – mint befogadó – csak az év 13%-ban kap gravitációsan vizet (a csatornában csak a Duna magas vízállásakor van víz). A vízellátást átemelő szivattyúval lehet biztosítani, de ez nagyon költséges, az üzemeltetőnek nem gazdaságos, ezért nem működtetik. Mivel a csatorna vízellátása jelenleg nem megfelelő, az áramlás feltételei nincsenek biztosítva, így kialakultak a pangó vizek, bűzös lápok, az egész rendszert át kell építeni. A csatorna sok helyen személtlerakódó és szennyvíz befogadó. A környezetvédelmi szempontok figyelembevételével felújításra szorul, ugyanakkor a Nagy-Bácskai-csatorna felújításával jelentős energia megtakarítást érhetnének el, a Dunai hajóút 100 km-rel megrövidülne.

A Duna–Tisza–Duna-csatorna 598,3 fkm hosszban hajózható, 16 hajóátemelő zsilippel. Becse, Kucura, Gombos, Újvidék, Verbász, Kis Sztapár, Bezdán, Nemes Miletics, Zombor, Kajtaszovo, Botos, Újbecse (a csatornán), Sztajicsevo, Klek, Szerb Itebé, és Újbecse a Tiszán (Petrović, 2000). A csatorna 1000 tonnás hajókkal (300 kW erős motorral) hajózható volt. A csatorna jelenlegi állapota miatt nincs rajta hajóforgalom, ami gazdasági szempontból hátrányos, ha figyelembe vesszük a vízi úton való szállítás előnyeit.

2. ábra

A Duna–Tisza–Duna több hasznosítású csatornarendszer térképe



Forrás: Petrović, 2000.

A vízzel fedett mezőgazdasági területek regionális fejlesztése

A XII. században a Vajdaság 35%-a mocsárvilág volt. A lecsapolási munkák már a török időben, 280 évvel ezelőtt megkezdődtek, e munkálatokat Mária Terézia (1735 körül) folytatta. Ezek a területek most vízgazdálkodási szempontból értékes területek lennének, ha Mária Terézia az akkori haladó elmélet és korszerű műszaki beavatkozás szerint nem végezteti el a vízrendezést. Lecsapolta a mocsarakat és levágta a folyó kanyarulatait, hogy a víz gyorsabban hagyja el a területet. A mocsarak kiszáradtak, szikek lettek és megszűnt a rizstermelés. Mára 19000 km lecsapoló rendszer épült meg, és immár a Vajdaságnak csupán 0,8%-a mocsaras terület. A mai felfogás szerint amennyire csak lehetséges, a vizet helyben kell felhasználni, azaz a vizet valamilyen módon tárolni kell. A Duna mellett 28161,58 ha-on, a Tisza mellett 3220,4 ha-on (összesen 31381,98 ha) vizsgáltuk a vízzel fedett mezőgazdasági területek hasznosítási lehetőségét. E területek 82%-a védett terület, és a hasznosítási tervek készítésekor fokozottan kell ügyelni a környezetvédelmi előírásokra. Itt helyezkedik el a nemzetközileg elismert „European Life Duna–Dráva–Mura biosphere reserve” környezetvédelmi terület egy része. A felmérés eredményét (adatait) adatbankban rögzítettük.

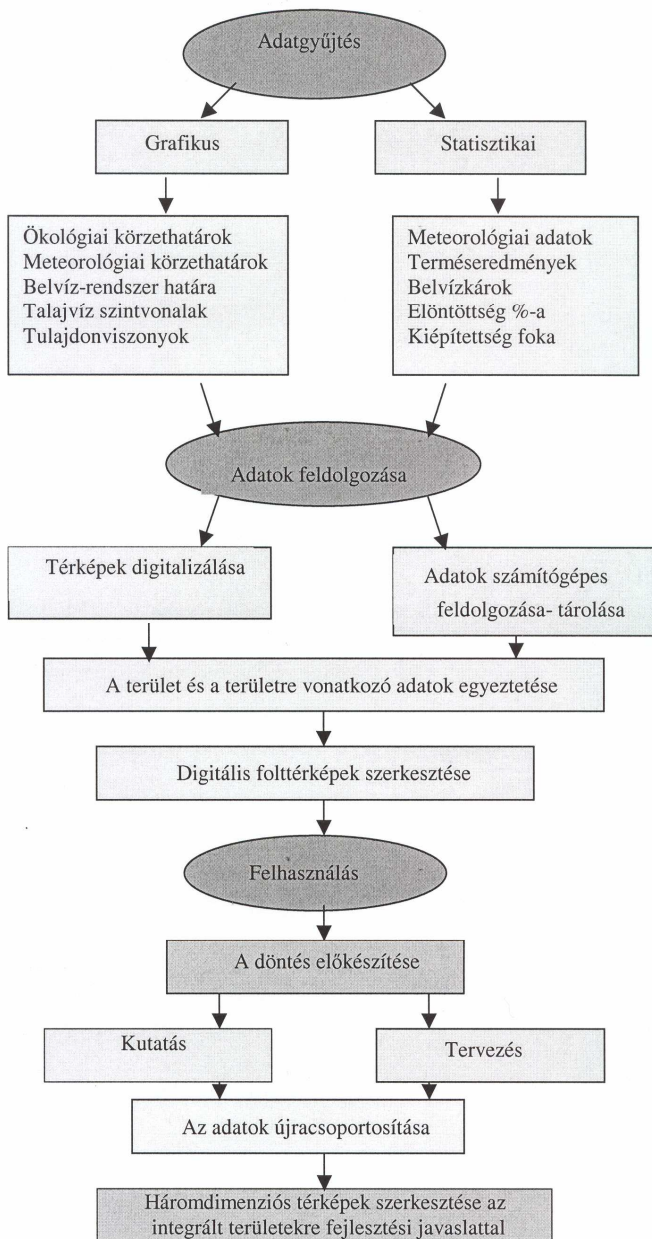
A Vajdaság felszíni vizekben nagyon gazdag, de a felszíni vízkészletének 86% más országokból érkezik, csak 14% sajátja, azaz ennyi származik csapadékból. A Magyarországról, Horvátországból és Romániából érkező víz minőségét és mennyiségét nem tudjuk befolyásolni, a kapott természeti értékkel kell gazdálkodnunk. A vízkészlet hasznosítási lehetőségét a talaj és a víz mennyisége és minősége (és egymásra hatása) határozza meg. Regionális fejlesztési terveket készítettünk a vízzel fedett területek hasznosítására a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével. A korszerű vízgazdálkodás feltételeit csak regionális léptékű beruházással, előzetes információ és adatcsere során, a közös érdekek figyelembevételével, azaz a tervek egyeztetésével és integrált revitalizációs programmal lehet biztosítani (3. ábra).

A Horvátországgal közös Duna-meder mentén fekvő vízzel fedett területeken az ökoturizmus kialakításához a feltételek megfelelnek, a terület tájfejlesztése egyértelműen a sport-turizmus, a szállodaipar és a vendéglátó-ipar fejlesztését valamint az idegenforgalom fokozását kell hogy szolgálja. E terület „kazuk” elnevezése a török „kikötő” szóból ered, a török időben itt kikötők voltak. E terület fejlesztési irányát a vízi (nautika) turizmus bevezetése jelentheti. A part megfelelő kialakításával – a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével – a kajakok, a csónakok, jachtok kényelmes kikötési lehetőségének biztosításával, a környezetbe beilleszkedő vendéglátó-ipari objektumok építésével teret nyithatnánk a nautika-turizmusnak. A nautika-turizmus egész Európában egyre népszerűbb, e terület a magyar, osztrák, német vízi turisták paradicsoma lehetne. E védett területek hasznosítása a sporthorgászat céljára történő fejlesztéssel mintegy 66 879,75 ha-on lehetséges.

A Vajdaság területén az egyetlen vízzel borított és nem védett terület a Fekete-mocsár területe (3866 ha), amely komplex meliorációs rendezésre szorul. A Ponyva (Ponyavica)-patak vízrendezésével lehetne annyi vizet nyerni, amennyi a Delibláti-homok területének öntözéséhez szükséges. Az öntözéssel és gyümölcs- és szőlőtelepítéssel feltehetően majd a Delibláti-homok is hasznosítható lesz.

3. ábra

Az adatbank kialakításához szükséges munkafolyamatok



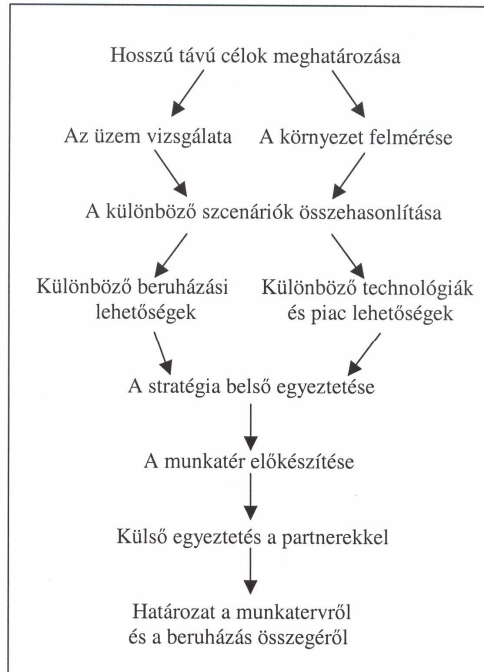
Forrás: Putarich, 2005.

A vízzel borított területeket hasznosítási szempontból három osztályba sorolhatjuk (Putarich, 1996):

- Kisebbségi meliorációs beavatkozással a tájegységbe simuló természetes ökológiai egységet alakíthatunk ki. Továbbra sem mint mezőgazdaságilag hasznosítható terület szerepel, de létre jöhet egy természetes növény- és állatvilág, természetes ökoszisztéma, amely turizmusra alkalmas. A környezetben nem mint bűzös, megoldatlan probléma fog jelentkezni.
- A halgazdaságok kialakítása közepes tőkeigényű, de azt, hogy melyik terület alkalmas erre a célra, döntően a talaj minősége határozza meg. Közismert, hogy a halgazdaságok kialakítása azokban az országokban előnyös, ahol az éghajlat és a hidrogeográfiai feltételek megfelelőek. A Vajdaságban a haltenyésztésre megfelelő feltételek vannak.
- A rizstelepek létrehozása nagyobb anyagi befektetést igényel, viszont a termelésből jelentős haszon származik. Mivel a rizs a szikes talajokra nem érzékeny, a szikes talajon fekvő holtmedrek is művelésbe vonhatók. Az előzőek főleg a Tisza bal partján elhelyezkedő, elhagyott Tisza holtmedrek hasznosítására vonatkoznak (4. ábra).

4. ábra

Az ökológiailag egységes vízzel fedett területek beruházási terve



Forrás: Putarich, 2005.

Értékelés

Jelenleg a Vajdaság energiaellátása csak árucserre alapon biztosított (gabonáért földgázt). Ugyanakkor célunk a mezőgazdasági termelés növelése, amihez több energiára van szükség, tehát új energiaforrásokat kerestünk. Jelenleg a földgáz-energia használata a leleterjedtebb, mintegy 80%-át teszi ki az összes energia felhasználásnak. Környezetvédelmi szempontból és gazdasági szempontból is célszerű lenne a vízenergia hasznosításának fokozása.

A vízgazdálkodási kérdések a Vajdaság földrajzi fekvéséből adódnak, vagyis a szélsőséges szárazföldi éghajlatból erednek. A mezőgazdasági termelés fokozásához a tényész-időszakban (a három vetéshez) öntözés szükséges. Az öntözővíz ellátást csak a Duna–Tisza–Duna több hasznosítású csatornarendszer tudja gazdaságosan biztosítani, azonban jelenleg a csatorna vízellátása nem megfelelő, és az öntözés energiaszükséglete nincs biztosítva.

A Vaskapu VE (*Djerdáp*, 1951) megépítésével a talajvízszint néhol 3m-t is megemelkedett, ami enyhített a talaj vízhiányán. Az erőmű tározójának a hatása a felszíni vizeken, a Dunán Újvidékig, a Tiszán Újbecséig érezhető. A becsei gát a Tiszán a magyar határig visszaduzzaszt, így gyakorlatilag a Vajdaság felszíni vízrendszere vezérelt. A Duna Újvidék feletti szakasza, a magyar határig nem vezérelt, ezt a szakaszt vizsgáltuk energiahasznosítási szempontból.

A hidrológiai és hidraulikai vizsgálatok eredménye alapján két vízlépcső (vízerőmű) építésére tettünk javaslatot. Az első (a Futoki Vízerőmű) Újvidék és környéke energiaigényét fedezné, a második (a Bezdáni Vízerőmű) az áramtermelésen kívül megemelné a Duna vízszintjét annyira, hogy a Duna–Tisza–Duna-csatorna vízellátása gravitációsan biztosítható lenne.

A Vajdaság a Dél-dunántúli eurorégióba tartozik, és mivel egyrészt a tárgyalt problémák az egész térséget érintik, másrészt e beruházás nagy anyagi megterhelést jelentene egy államnak, csak közösen, regionális fejlesztés során lehet megoldani a vajdasági energiakérdést.

A vízgazdálkodásban elképzelhetetlen, hogy ne regionális méretekben gondolkozzunk. A felszíni vízhálózat valamint a talajvíz rétegek országhatárokat nem ismernek, ezt figyelembe kell venni a fejlesztési tervek készítésekor. Bármilyen vízgazdálkodási beavatkozáskor a felvív adataiból (a víz mennyiségéből, minőségéből és időbeni illetve térbeli elosztásából) kell kiindulni. A tervezéskor és a kivitelezésekor viszont nem szabad megfeledkezni arról, hogy az alvizen is vannak hasznosítók, gondolni kell arra, hogy regionális méretekben is tiszteljük a környezetvédelem követelményeit.

A hasznosítási lehetőségeket döntően a gazdasági mutatók határozzák meg, amelyeket az ökológiai tényezők befolyásolnak (a „Ramsari Egyezmény” védi a magas biodiverzitással rendelkező területeket). A vízzel fedett területek hasznosításakor fontos megtalálni a meglévő vízkapacitás és vízminőség ésszerű felhasználásának a módját, és azt egyeztetni a környezettel.

A vízgazdálkodási integrált rendszerek hasznosítására vonatkozó regionális fejlesztési terveknek a teljes rehabilitációt kell képviselnie, a vízügyi technikai feltételek (vízháztartás és vízminőség) teljesítésével, a környezetvédelem figyelembevételével, a gazdasági célok elérése érdekében. Célunk, hogy egyensúlyt találjunk a hasznosítás fajtája és mértéke között, tisztelve a környezetvédelem és a helyi lakosság minden érdekét.

Irodalom

- Đorđević Branislav 1989: Vodoprivreda. Građevinski priručnik, Tom 6, Građevinski knjiga, Beograd.
- Maniak Ulrik 1988: Hydrologie und Wasserwirtschaft. Sprunge-Verlag, Berlin.
- Petrović Ilija 2000: Mála enciklopédia plovídbe. Futura, Petrovaradin.
- Putarich Veronika 1996: The role of water dead branches in water management ratio-nalization. Prosedings of the International Conference: Trends in Agrikultural Engeneering (TEA). Vol. 2. pp. 617–619, Madrid.
- Putarich Veronika 2006: Hidrológia. Verzal, Újvidék.
- Putarich Veronika 2001: A Duna energiahasznosítás terve, a vaskaputól a magyar határig terjedő szakaszon. Proceeding on International Conference on water and Nature Conservation in the Danube – Tisza River Basin, Debrecen. pp. 82–88.
- Putarich Veronika 2005: A Vajdaság területén fekvő holtmedrek revitalizációs programja. Verzál, Újvidék.
- Srebrenović Dionizos 1986: Primijenjena hidrologija. Tehnička knjiga, Zagreb
- Vajda Ljubo 1981: Energetsko korišćenje Dunava uzvodno od ušće Tise. Voda Vojvodine, No. 8. Novi Sad.
- “Water Engeneering”, “Energy System” and “Energy Planning” 2004: Investment program the Danube, Belgrade.

TRADICIONÁLIS, FENNTARTHATÓ VÍZKEZELÉSI MÓDSZEREK DÉL-ÁZSIÁBAN ÉS EZEK HAZAI HASZNOSÍTHATÓSÁGA³

Absztrakt

Hosszan ismertethetnénk azokat a folyamatokat, amelyek révén a víz egyre kisebb mennyiségben és egyre rosszabb minőségben áll rendelkezésünkre. Ezért a víz ma mind több régióban válik stratégiai fontosságú tényezővé. Becslések szerint Magyarországon, a globális felmelegedéssel összefüggésben nyáron a csapadékmennyiség csökkenése prognosztizálható. Ezen forgatókönyv bekövetkezését megelőzően tanulnunk kell olyan területek évezredes vízkezelési tapasztalataiból, amelyeken a Kárpát-medencére prognosztizált szélsőségek nem szokatlanok. Ilyen Dél-Ázsia, amelynek egyes területein a hazánkra is jellemző évi csapadékmennyiségek mérhetők, az átlaghőmérséklet azonban jóval magasabb. Az ott alkalmazott ősi, fenntartható vízkezelési módok – természetesen megfelelő módosításokkal – használhatóak lennének hazánkban is. Ezen gondolatmenet alapján a területen tett tanulmányútjaink legfőbb céljai voltak: a helyi szakirodalmi feldolgozás, a terepbejárások, interjúk elkészítése során párhuzamokat találni a (lehetséges) hazai és az ottani viszonyok között, majd az eredményeket térinformatikai eljárások segítségével összegezni. Ezáltal hazánkban is használható modellt alkotni a fent említett negatív hatások bekövetkeztének esetére. Ezen eredményekről számolunk be előadásunkban, illetve jelen tanulmányunkban.

Kulcsszavak

Dél-Ázsia, India, felszín alatti víz, megújuló természeti erőforrás, tradicionális vízkezelés, csapadékgyűjtés.

Bevezetés

Itt, a Kárpát-medencében, ahol évezredes küzdelmet folytattunk a víz ellen, illetve most már inkább érte, nem nehéz belátnunk, hogy a víz Földünk legjellegzetesebb alkotórésze. Talán ez a legfontosabb erőforrás, melyet bolygónk az emberiségnek nyújt. Ennek ellenére planetánkon szinte mindenütt mostohán kezelik az élet e létfontosságú építőelemét. Hosszan jellemezhetnénk azokat a folyamatokat, melyek révén a víz egyre kisebb mennyiségben és egyre rosszabb minőségben áll rendelkezésünkre. Ezért ma mind több régióban válik stratégiai fontosságú tényezővé. Becslések szerint, Magyarországon a globális felmelegedéssel összefüggésben – a hazai éghajlatkutatók megjózdése szerint – nyáron a csapadékmennyiség csökkenése prognosztizálható. Ezzel teljesen egybecsengenek a VAHAVA-projekt eddigi megállapításai: „Magyarországon – hosszú távon – fokozatos felmelegedés, a nyári csapadék mennyiségének csökkenése

¹ Tanszékvezető, egyetemi docens, PTE Természettudományi Kar, Földrajzi Intézet, Általános és Alkalmazott Környezetföldrajzi Tanszék.

² PhD-hallgató, PTE Természettudományi Kar, Földrajztudományok Doktori Iskola.

³ A tanulmány elkészítését és az előadás megtartását a Magyar Állami Eötvös Ösztöndíj tette lehetővé.

és egyes szélsőséges időjárási események gyakoriságának, valamint intenzitásának növekedése várható.”⁴ Talán nem túlzás azt állítanunk, hogy ezen forгатókönyv bekövetkezését megelőzően tanulnunk kell olyan területek évezredes vízkezelési tapasztalataiból, amelyeken a fentiekben leírt, Kárpát-medencére vonatkozó szélsőségek nem szokatlanok. Ilyen India, amelynek egyes területein a hazánkra is jellemző évi csapadékmennyiségek mérhetők, az átlaghőmérséklet azonban jóval magasabb. Az ott alkalmazott ősi vízkezelési módok – természetesen megfelelő módosításokkal – használhatóak lennének hazánkban is. Ezen gondolatmenet alapján indiai tanulmányútjaink legfőbb céljai voltak: a helyi szakirodalmi feldolgozás, a terepbejárások, interjúk elkészítése során párhuzamokat találni a (lehetséges) hazai és az ottani viszonyok között, majd az eredményeket térinformatikai eljárások segítségével összegezni. Ezáltal hazánkban is használható modellt alkotni a fent említett negatív hatások bekövetkeztének esetére.

Eredmények

A vizsgált területen 365 napon belül egyszerre jellemző a kínzó vízhiány és a pusztító vízbőség. Mindezt az itt élőknek a rendelkezésre álló vizet évezredek óta gyűjteni és tárolni volt ajánlatos, majd a felhasználás helyére kellett juttatni, de gyakran a jelentős víztöbblet elvezetése volt szükséges.

Dél-Ázsia vízháztartása a monszuntól függ. A nyári monszun során az éves csapadékmennyiség 70-90%-a lehullik Elő-Ázsia nagy részén, kivéve Sri Lankát és a Maldív-szigeteket. A monszuntól függetlenül a terület északi része jelentős mennyiségű csapadékot élvez a nyugatról érkező ciklonok hatására is. Viszonylagos állandósága ellenére a monszun térben és időben nagyfokú variabilitást mutat. Kimutatható összefüggésben áll pl. az El Niño anomáliákkal. 1871 és 2001 között a 22 aszályos évből 11 El Niño anomália idején sújtotta Dél-Ázsiát. 1901 és 1990 között mind a hét kiugróan erős anomália idején Elő-Indiában a csapadékmennyiség elmaradt az átlagostól (*Kumar et al. 2003*).

Az egy főre jutó édesvízkészlet tekintetében a terület államai között jelentős különbségeket regisztrálhatunk. Mindemellett megjegyzendő, hogy a fogyasztásban is komoly eltérések vannak, de mindegyik ország rendelkezik még mobilizálható készletekkel (*I. táblázat*). A felszíni vizek döntően a monszun időszakában elérhetőek (június–szeptember), jórészt azonban felhasználatlanul folynak a tengerekbe. A folyók vízhozamában óriási évszakos eltéréseket tapasztalhatunk. A Brahmaputrán 1:4, a Gangeszen 1:6, a Godavarin 1:10, a Narmadán 1:12 arányban szállítódik víz száraz, illetve csapadékos időszakban (*Wilhelm, 2001*).

A természeti tényezők szeszélyeitől való illetén függés, rövid időn belül a vizet a társadalmi-gazdasági élet középpontjába helyezte. Sehol máshol a világon nem találunk annyi hiedelmet, vallási rítust, amely a vízzel lenne kapcsolatos, mint Indiában. Már a terület ősi civilizációinak is fontos volt ezt kultuszaiban jelezni. A korai Indus Civilizáció (Harappa Kultúra) településeinek életében központi szerep jutott a szakrális szerepkörökkel felruházott vízgyűjtőknek, medencéknek, mint Mohenjodaro esetében a Nagy

⁴Forrás: VAHAVA-projekt Tudományos Tanácsa: Éves Jelentés I. – 2003–2004, p. 14. http://www.vahava.hu/file/osszefoglalas_2003_2006.pdf.

Füirdőnek. India déli, dravida nyelvű államaiban, melyekben a korai városzerkezeti elemek továbbéltek, a mai napig a települések centrális elhelyezkedésű létesítményei a templomok, „templomvárosok”, udvarukon a medencékkel (Wilhelm, 2008).

Természetesen a vizek gyűjtésének, felhasználásának vallási kényszere is a profán gazdasági szükségleteken nyugszik. Az indiai gazdasági sikerek következtében, a „zöld forradalom” velejárvójaként, de a népességnövekedés és a középosztály izmosodásának, nyugati életformát idealizáló életstílusának következményeként is jelentős mértékben megnőtt a vízfelhasználás az utóbbi évtizedekben. Csak a háztartások vízfelhasználása 1990 és 2000 között a hatszorosára emelkedett, de az ipari vízszükséglet is duplázódott (Madari, 2007).

1. táblázat

Az egy főre jutó édesvízkészlet és fogyasztás Dél-Ázsiában 2002-ben (m³/fő/év)

Ország	Elérhető készlet	Fogyasztás
India	2 158	612
Pakisztán	3 250	1 269
Banglades	19 210	217
Nepál	7 623	154
Bhután	120 405	13
Sri Lanka	2 642	573

Forrás: Monirul Qader Mirza, M. – Ahmad, Q. K. 2005: Climate Change and Water Resources in South Asia. A.A. Balkema Publishers, Leiden, p. 5.

A fokozódó vízigények az agráriumot sem hagyták érintetlenül. A mezőgazdaság munkahelyteremtő és jövedelemtermelő képessége egyértelműen függ a víz hozzáférhetőségétől, felhasználásától (1. és 2. ábra). Ezek a tényezők az egész országban – helyenként drasztikusan – csökkentették a talajvíztükör szintjét (3. ábra), mivel az öntözővizet, a tradíciók dacára, ma már jórészt kutakból biztosítják. Ez alól csak a csekély tőkeerővel rendelkező és a teljes vízfogyasztáshoz képest marginális felhasználással jellemezhető törpebirtokok jelentenek kivételt, amelyeken a mai napig inkább a hagyományos tankrendszer él tovább (4. ábra).

A fokozódó vízfelhasználás és így a növekvő környezetterhelés miatt, Indiában is egyre inkább belátják, hogy a konvencionális gyűjtési és felhasználási technikák újjáélesztésére szükség van. Ennélfogva a téma helyi kutatói és publikációik száma növekvőben van. Eltérő okból tehát, mint hazánkban, de hasonló céllal, komoly figyelmet szentelnek a szubkontinensen a problémakörnek.

Részben a szakirodalomra, részben a terepbejárásokra támaszkodva, több mint ötven hagyományos vízgyűjtési, vízkezelési módszert sikerült összegyűjtenünk Indiában. Helyhiánya miatt részletesebben csak néhányat mutatunk be, azokat, amelyek különösen érdekesek, vagy amelyeknek hazánkban is létjogosultságát látjuk.

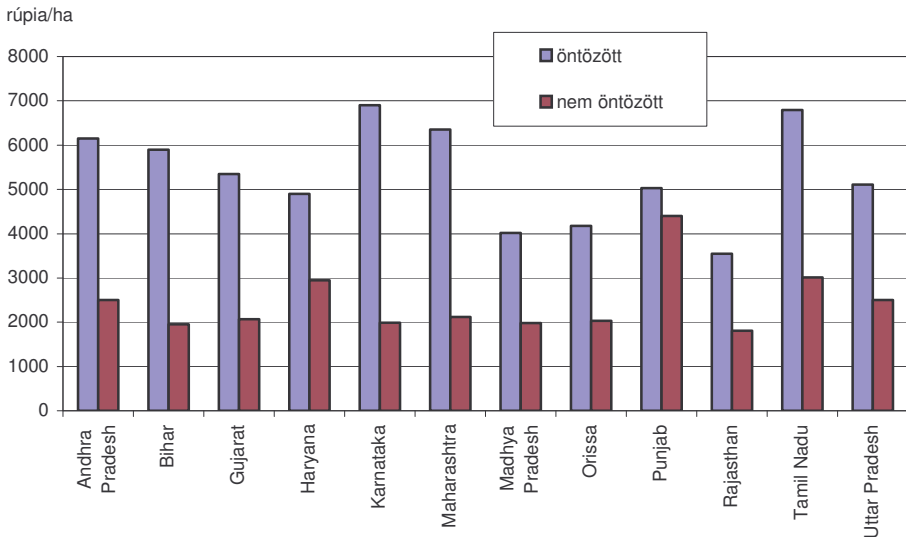
Kui-k/beri-k: Nyugat-Rajasthanban található ez a 10–12 m mély vermek, amelyeket a tankok közelébe mélyítenek az elszivárgó víz összegyűjtésére. Csapadékhiányos területeken esővíz gyűjtésére is használatosak. Az akna száját általában nagyon

szűkre készítik. Ez csökkenti a begyűjtött víz párolgását. Az akna lefelé számottevően kiszélesedik, így a beszívárgási felület jelentékeny. Az építmények szája agyagból készül, amelyet befednek és gyakran le is zárnak. A kuik vizét nagyon takarékosan használják, mint az egyetlen tartalékot krízishelyzet esetén.

Zabo: a szó jelentése „befogott víz”. Nágaföldön használatos, ruza-rendszerként is számon tartják. Olyan vízkezelési módszer, amely vegyíti az erdőgazdálkodás, a földművelés és az állattenyésztés érdekeit. A falvakban a zabok a magasabb hegyhátakon helyezkednek el. A lehulló csapadék útja egy, a hegytetőn elhelyezkedő védett erdőben kezdődik, ahonnan különböző teraszokon keresztül mozog lefelé. Ezt a vizet kis tavakban gyűjtik össze a középső teraszokon, ahonnan lefelé vezetik, majd innen a rizsföldekre jut.

Az egykor a Duna mentén, még az árvízvédelmi gátak megépítése előtti időben alkalmazott fokgazdálkodás itteni megfelelői az *Ahar Pyne*-k. Ez Dél-Biharban használatos hagyományos módszer, az árvizek vízfeleslegének gyűjtésére. Itt a talaj homokos, nem őrzi meg a nedvességet. A felszín alatti víztükör mélyen helyezkedik el. Az itteni folyók csak monszun idején szállítanak nagyobb mennyiségű vizet, amely gyorsan lefolyik, vagy elszivárog a homokba.

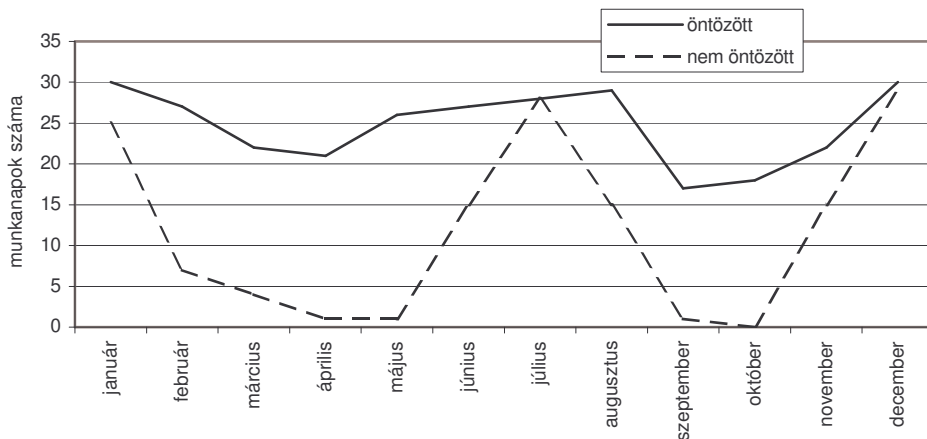
1. ábra
Az öntözéses és az öntözés nélküli mezőgazdálkodás jövedelemkülönbségei
India néhány államában



Forrás: Briscoe–Malik, 2006.

2. ábra

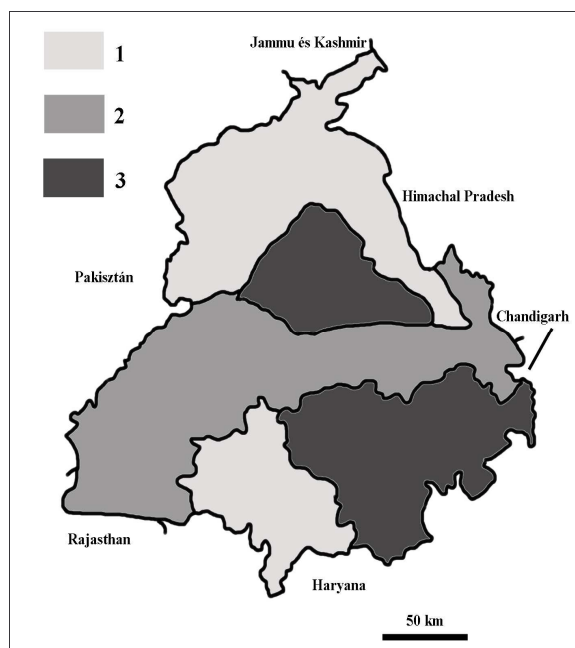
A napszámok alkalmazásának átlagos ideje havonta, öntözést alkalmazó, illetve azt nélkülöző falvakban



Forrás: Chambers, R. 1988.

3. ábra

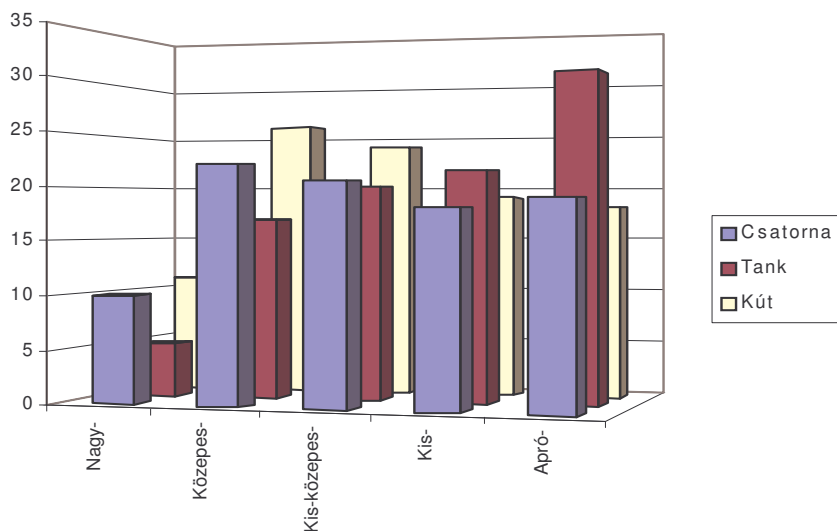
A talajvíztükör 5 m-es esése az érintett terület %-ában, Punjabban 1966 és 1996 között



Jelmagyarázat: 1 – 0–15; 2 – 15–30; 3 – 30–60.

Forrás: Kaur, 2007. alapján szerk. Wilhelm Z.

4. ábra
Az öntözés típusa birtokméret szerint (a terület %-ában)



Forrás: Malik, R. P. S. 2005.

Kell a rendszerhez az ahar, amely egy három oldalról elgátolt vízgyűjtő medence, a negyedik oldalt a terület természetes lejtője adja. És a pyne-k, a mesterséges csatornák, melyek a folyóvíz mezőgazdasági hasznosítását teszik lehetővé. Ez a rendszer a brit uralom idején, a XIX. században kezdett veszíteni jelentőségéből, de a függetlenség után sem javult már a helyzet. 1949-ben Gaya körzetében – itt világosodott meg Buddha – az ismétlődő árvizeket vizsgáló bizottság szerint az áldatlan állapot a hagyományos ahar pyne rendszer felbomlásával magyarázható. Az utóbbi időben egyébként néhány bihari faluban kezdeményezték a rendszer revitalizációját.

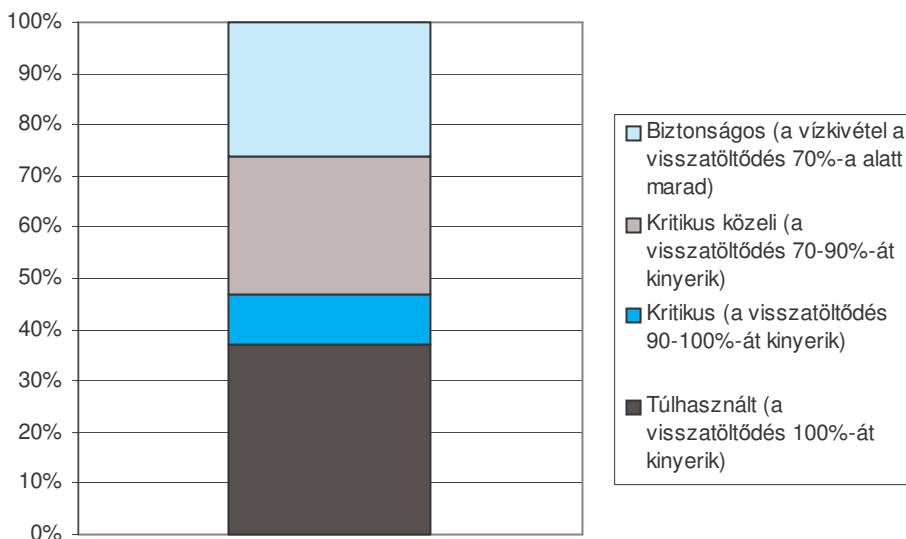
Bengál árvízi csatornái: egykor itt az árvízi csatornák különleges rendszere működött. A magasvíz ezeken a csatornákon át a földekre áramlott, nem csak termékenyítő iszapot, hanem halakat is magával hozva, melyek a tavakba és víztárolókba kerülve az ott élő szúnyoglárvákkal táplálkoztak. Ez elősegítette a malária kordában tartását. A rendszer hosszú évszázadokig funkcionált. Sajnos a XVIII. századi maratha háborúk és az angol hódítás nyomán a módszert elhanyagolták, és soha nem élesztették újjá.

Eri: a Tamil Naduban öntözött területek harmadán erit használtak, vagyis a tank iteni változatát. Az erik kiemelkedő fontossággal bírtak az ökológiai egyensúly biztosítása, az árvízvédelem, a talajerózió megelőzése, a talajvízszint fenntartása és a jelentős csapadékú időszakban a lefolyó víz összegyűjtése tekintetében. Az erik jelenléte a mikroklímára is jótékony hatással volt, nélkülük a rizstermesztés majdnem lehetetlen lett volna a területen. A britek megjelenéséig a helyi közösségek tartották fenn az eriket. A korai brit uralom idején katasztrofális következményekkel járó kísérlet történt a föld-

ből származó jövedelem növelésére. A falusi erőforrások túlzott mértékű, központosított kisajátítása a hagyományos társadalom széteséséhez, gazdasági alapjának megrendüléséhez vezetett. Az erik fenntartására szánt jövedelem eltűnt, így ez a nagyszerű vízgazdálkodási rendszer hanyatlásnak indult. Ennek következtében Tamil Naduban is jelentős veszély fenyegeti a felszín alatti vízkészletet (5. ábra).

Kund-ok/kundi-k: A kund, vagy kundi felfordított csészéhez hasonlít a csészéaljon, és az esővizet gyűjti ivóvíz gyanánt. Főleg a Thar-sivatag nyugat-rajasthani, homokos részein, illetve Gujratban használatosak. Lényegében a víz a csészéalj-szerű gyűjtőről a felszín alá süllyesztett, centrális helyzetű, kör keresztmetszetű aknába jut. A hulladék bemosódását szűrő akadályozza meg. A bevezető nyílás oldalait természetes eredetű, fertőtlenítő hatású anyagokkal vonják be (mész, hamuszármazék, aktív szén stb.). A legtöbb akna felett kupolaszerű a tető. A vizet vödörrel emelik ki. Az akna mélysége és átmérője a vízszükséglet függvénye. Azok rendelkeznek vele, akiknek van pénzük és elég helyük a megépítésére. Régebben a szegényeknek köz-kundokat építettek.

5. ábra
A felszín alatti vízkészlet ingatag helyzete Tamil Naduban



Forrás: Misra, 2005.

Vav/vavdi/baoli/bavadi: A hagyományos lépcsős-kutak elnevezése Gujratban vav, illetve vavdi, ugyanakkor Rajasthanban és Észak-Indiában baoli, vagy bavadi. A nemesség építette kutak stratégiai, de emberbaráti céllal is készültek. Szekuláris építmények voltak, ahonnan bárki vehetett vizet. Szobrok és feliratok ékesítették a kutakat, jelezve társadalmi és művészeti fontosságukat. A lépcsős-kutak elhelyezkedése használatuk körülményeit jelezte. Ha az a faluban, vagy annak szélén helyezkedett el, közcélokot szolgált, ahol az emberek gyülekeztek, találkoztak a hűsében. Ha a kút a

falun kívül, kereskedelmi útvonal mentén volt, pihenőhelyként funkcionált. Sok fontos lépcsős-kút található a fő katonai és kereskedelmi útvonalak mentén. Ezeknek a struktúrának a tönkremenetelét a mezőgazdasági művelés intenzívebbé válása siettette.

Jhalara-k: Mesterséges, közösségi használatú tankok Rajasthanban és Gujaratban, vallási rítusok végzésére is használatosak. Gyakran téglalap alakúak, három, vagy négy oldalról lépcsőkel határolva, melyek a különböző vízállás-szintekhez igazodnak. A jhalarák a felvízoldali tavak elszivárgó (talaj)vizét gyűjtik össze, biztosítva a környékükön élők folyamatos és egyszerű vízellátását. Vizüket fürdési és rituális célokra használták, ivóvízként nem. Jodhpur városának nyolc jahalarája van, ezekből kettő a városban, a többi a környékén. Ezek közül a legidősebb a Mahamandir Jhalara, melyet 1660-ben készítettek.

Tanka-k: A tankák – felszín alá süllyesztett kis tankok – hagyományosan megtalálhatók a bikaneri házak többségénél. A főépületben, vagy az udvaron készítették. A vizet a finomra polírozott mészköf felszínén fogták fel, lyukakon át a tankába vezetve. Gyakran díszített cserepekkel ékesítették, melyek segítettek hidegen tartani a vizet. Csak ivásra használták. Ha a szokásos csapadékmennyiség elmaradt és a tankák nem teltek meg, a közeli tankokból és kutakból töltötték fel azokat. Így a bikaneriek mindig a szükségleteiknek megfelelő mennyiséghez juthattak. Ez a tanka-rendszer a híres zárandokhely, Dwarka esetében is működött. A mai napig használják a templomok, dharamshalák, hotelek és a lakóházak vízellátására.

Surangam: Az északi Malabar vidék keralai Kasaragod körzetében az emberek nem függnek közvetlenül a felszíni víztől. Az itteni folyók rendkívül bővizűek a monszun idején, de alig szállítanak vizet azt követően. Ezért alkották meg az itteniek a felszín alatti vizekre épülő gyűjtési-tárolási, surangamnak nevezett technikát. A szó a kannada „alagút” elnevezésből származik. Ismeretes még thurangam, thorapu, mala stb. néven is, Kasaragod különböző részein. A rendszer lelke a vízszintesen a kőzetbe mélyített üreg, olyan hosszan, amely megfelelő mennyiségű vizet szolgáltat. A kőzetben átszűrődött víz kerül ebbe a csatornába, mely gyakran egy külső gyűjtőbe vándorol. A surangam általában 0,45–0,70 m széles és 1,8–2,0 m magas. Hosszuk 3 és 300 m között változik. Általában mellék-surangamok csatlakoznak a fő járathoz. Ha ez utóbbi nagyon hosszú, 50–60 m-enként 2x2 m-es, függőleges szellőzőaknáknak nyílnak belőle. Ez a rendszer a Belső- és Közép-Ázsiában jól ismert kanatokhoz hasonlít. Egy teljes surangam rendszer kiépítése gyakran több emberöltőt vett igénybe. Ma ez gyorsabb, és olyanok, mint Kunnikannan Nair fenntartják a hagyományt.

Összefoglalás

A vízellátás problémaköre hazánkban, csakúgy, mint Indiában a tudományos és a közérdeklődés fókuszába került, igaz, más-más ok miatt. Magyarországon a tiszta víz árának növekedése neuralgikus pont, Indiában az elérhető készletek és a minőség ügye a fő kérdés. A legkézenfekvőbb vízszerezési megoldás nyilvánvalóan a csapadékvíz összegyűjtése és megfelelő kezelése. Indiában olyan évezredek technikák léteznek erre, melyek felhasználása számunkra is alternatívát jelent. Ezeknek némi fantáziával való hazai alkalmazása, egyúttal a tudományos figyelem centrumába állítása származási helyükön,

mindkét fél számára hasznos. Megjegyzendő, hogy Magyarországon az átlagos éves csapadékösszeg – jelentős különbségekkel ugyan – mintegy 600 mm, ami azt jelenti, hogy 100 m² gyűjtőfelületről, vagyis egy családi ház esetében gyakran meglevő tetőfelületről, évente mintegy 60 m³ víz összegyűjtése várható, mely átlagos fogyasztást feltételezve, egy átlagos magyar család 9–10 hónapnyi vízszükségletének felel meg. Északnyugat-Indiában hasonló csapadékmennyiség mellett jóval nagyobb párolgás közepette hatékony technológiák alkalmazására volt szükség a víz kumulálására. A kúndikat, baolikat és más indiai metódusokat hazánkban multifunkciós – a vízfelhasználáson kívül művészeti, rekreációs stb. – céllal használhatnánk.

Mindemellett kiemelkedő fontosságú lehet – a Balaton környékén hatványozottan –, ha a csapadékgyűjtési technológiákkal a kutak használatát háttérbe szorítjuk. Ebben az esetben, a sokszor illegálisan mélyített, felszín alatti vizeket kiemelő, azokra veszélyt jelentő metódusokat váltanánk fel a sokkal kevésbé veszélyes, a gyűjtött víz paramétereit tekintve is többféle módon használható módszerekkel.

Irodalom

- Briscoe, J. – Malik, R. P. S. 2006: India's Water Economy. Oxford Univ. Pr. – World Bank, New Delhi, 79 p.
- Bugya T. – Wilhelm Z. 2004: Vízbázis-védelem, fenntarthatóság, költségcsökkentés. II. Magyar Földrajzi Konferencia. http://www.geography.hu/cdrom/mfk2004/cikkek/bugya_wilhelm.pdf
- Chambers, R. 1988: Managing Canal Irrigation. Cambridge Univ. Pr., 308 p.
- Kaur, D. 2007: Impact of Agriculture on Water Tables: The Case of the Indian Punjab. In: Robinson, P. J. – Jones, T. – Woo, M. eds.: Managing Water Resources in a Changing Physical and Social Environment. Societa Geografica Italiana, Rome, pp. 57–65.
- Kumar, K. R. et al. 2003: Climate Change in India: Observations and Model Projections. In: Shukla, P. R. – Sharma, S. K. – Ramana, P. V. (eds.): Climate Change and India. Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi, p. 32.
- Madari, D. M. 2007: The Economics of Urban Water Supply. Kalpaz Publications, New Delhi, p. 67.
- Malik, R. P. S. 2005: Water and poverty. Background paper for the World Bank Report, p. 4.
- Misra, S. 2005: Groundwater Challenges for Rural Water Supply in Tamil Nadu. Powerpoint presentation to South Asia Water Day, World Bank, February
- Monirul Qader Mirza, M. – Ahmad, Q. K. 2005: Climate Change and Water Resources in South Asia. A.A. Balkema Publishers, Leiden, 322 p.
- Wilhelm Z. 2001: Bengál környezeti jellemzői a XX. század elején. In: Kovács J. – Lóczy D. (szerk.): Vizek és az ember. PTE TTK FI, Pécs, pp. 283–302.
- Wilhelm Z. 2008: Adatok az indiai urbanizáció folyamatának vizsgálatához. – Modern Geográfia 2. pp. 1–57.
- www.rainwaterharvesting.org
- www.vahava.hu

II. Éghajlatváltozás

Bartholy Judit¹ – Pongrácz Rita² – Gelybó Györgyi¹

A KÁRPÁT-MEDENCÉRE KÉSZÜLT REGIONÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁSI SZCENÁRIÓK ELEMZÉSE³

Absztrakt

A globális klímaváltozás regionális hatásainak vizsgálatára több közelítést is alkalmazhatunk. Ebben a cikkben a globális éghajlati modellekbe ágyazott regionális klímamodellekkel történő becslések eredményeit foglaljuk össze. A PRUDENCE európai uniós projekt keretében a Kárpát-medence térségére vonatkozó modelleredményeket elemezzük, amelyek horizontális felbontása 50 km. Az éghajlati karakterisztikák (elsősorban a hőmérséklet és a csapadék) változásának mértékét és területi eloszlását kompozittérképeken, illetve táblázatokban szemléltetjük. Bemutatjuk a XXI. század utolsó három évtizedére kapott éghajlat-változási becsléseket, amelyek az A2 és B2 globális szcenáriókat veszik figyelembe. A kapott eredmények alapján a Kárpát-medence hőmérséklete egyértelműen melegedő tendenciát mutat a jövőben. Ezen belül az évi átlagnál nagyobb hőmérséklet-növekedés várható nyáron és ősszel. A 2071–2100-ra várható éves csapadékváltozást csekély mértékű negatív változás jellemzi, amely mögött egymással ellentétes előjelű és jelentős mértékű évszakos változások rejlenek: télen növekedő, nyáron viszont csökkenő csapadék valószínű.

Kulcsszavak

Klímaváltozás, regionális klímamodel, hőmérsékletemelkedés, csapadékváltozás, Kárpát-medence.

Regionális éghajlati modellezés a PRUDENCE projekt keretében

Az 1990-es évek elejére egyértelművé vált, hogy a globális éghajlati modellekkel készített klímabecslések pontossága regionális térskálán nem megfelelő, s keresni kellett valamilyen módszert, amellyel a globális skálájú modellek eredményeiből kiindulva a regionális leskalázás végrehajtható. Elsőként Giorgi és munkatársai (*Giorgi*, 1990) fejlesztették ki az ún. beágyazott modellel való szimulációt, amikor a globális modellek eredményeit bemenő paraméterként felhasználva korlátos tartományú beágyazott modellek írják le a finomabb skálájú légköri folyamatokat. A ma használatos regionális modellek felbontása akár már 10–20 km is lehet. A regionális klímamodellezés témakörében a XXI. század elején az V. és VI. EUU-keretprogramban számos, az egész kontinenst átfogó program indult (PRUDENCE, STARDEX, ENSEMBLES, CECILIA,

¹ Tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Meteorológiai Tanszék.

² Adjunktus, ELTE Meteorológiai Tanszék.

³ Kutatásainkat támogatta a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, az MTA TKI Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz című, 2006/TKI/246 számú programja, az OTKA T-049824, K-67626, K-69164 számú pályázata, az NKFP-3A/0082/2004 és az NKFP-6/079/2005 pályázat. További segítséget nyújtott az EU VI. keretprogram CECILIA projektje (GOCE-037005). Az éghajlat-változási modellszimulációk adatbázisát az EU EVK2-CT2001-00132 számú szerződésben támogatott PRUDENCE projekt keretében állították elő.

CLAVIER). E projektek sorában a legelső a PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk>) volt, amely további kutatásokhoz már 2005-től rendelkezésre bocsátotta a regionális éghajlati szimulációk eredményeit.

A PRUDENCE projektben kilenc európai uniós országból összesen 21 egyetem, nemzeti meteorológiai szolgálat és kutatóintézet vett részt, a projekt vezetője a Dán Meteorológiai Intézet volt, a résztvevők között többek között megtalálhatjuk a brit Hadley Központot, a hamburgi Max Planck Intézetet, valamint a trieszti Nemzetközi Elméleti Fizikai Központot (Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, ICTP). A regionális modellszimulációk kiindulási- és peremfeltételeihez három globális éghajlati modell (a brit HadAM3, a hamburgi ECHAM5, s a francia ARPEGE) output-jait használták fel. A szimulációk során mindösszesen 10 regionális éghajlati modell került alkalmazásra (*Christensen*, 2005). A futtatásokban a teljes európai térségre egy-egy 50 km-es horizontális felbontást alkalmaztak. Az éghajlati szimulációk referencia időszaka minden esetben 1961–1990 volt, az éghajlati projekciók céldőszaka pedig 2071–2100. A regionális modellek mindegyikét az IPCC-jelentésekben szereplő A2 scenárióra futtatták, s ahol csak lehetőség volt rá, a B2 scenárióra is.

Az A2 scenárió a világ sokféleségének megmaradásával, valamint az emberiség lélekszámának állandó, de lassú növekedésével számol. A gazdasági és technikai fejlődés várhatóan minden földrajzi régióban érvényesül, de az összes forgatókönyv közül ez esetben a leglassabban (IPCC, 2007). Ezt tartják az IPCC-scenáriók közül a legpesszimistábbnak, mivel 2100-ra a globális szén-dioxid szint 850 ppm-re történő növekedését feltételezi, s ez az ipari forradalom előtti légköri mennyiség közel háromszorosa. A B2 scenárió a felmerülő környezeti és társadalmi problémák regionális szintű megoldását helyezi előtérbe. A földi népességszám várhatóan növekszik, de az A2 feltételezésénél lassabban. A gazdasági növekedés közepes ütemű, a technológiai változások visszafogottabbak, ugyanakkor szerteágzóbbak, mint a másik három alapscenárió esetén (IPCC, 2007). Még ez az optimistának tekinthető B2 scenárió is a szén-dioxid globális koncentrációjának 600 ppm-re, vagyis az ipari forradalom előtti szint több mint kétszeresére történő növekedésével számol a XXI. század végére.

Ebben a cikkben összegezzük a Kárpát-medence térségére a XXI. század végére várható regionális éghajlatváltozási scenáriókat a PRUDENCE modellszimulációk felhasználásával. Az évszakos hőmérsékleti paraméterek várható alakulását elemezzük, majd az évszakos csapadék valószínűsíthető változását mutatjuk be.

A Kárpát-medencében várható hőmérsékletváltozás mértéke

Jelen vizsgálatainkban a Kárpát-medencét reprezentáló területnek a 45,25°–49,25°É és 13,75°–26,50°K által kijelölt térséget választottuk. Elsőként az 1961–1990 közötti referencia időszakra kapott szimulációs eredményeket elemeztük, ami a klímamodellek validálásának hagyományos módja. A PRUDENCE szimulációk értékelésére az ún. CRU adatbázist (*New et al.* 1999) használtuk fel, amelyet a Kelet-angliai Egyetem Éghajlatkutató Osztálya (University of East Anglia Climatic Research Unit) állított össze földfelszíni meteorológiai mérések alapján. Általánosságban elmondhatjuk, hogy a szimulációk valamelyest felülbecslik a hőmérsékletet a Kárpát-medence térségében, csak a vizsgált terület nyugati és az északkeleti határain figyelhetünk meg csekély mér-

tékü alulbecslést. A legnagyobb felülbecslés az ország déli részén figyelhető meg, de ennek mértéke sem haladja meg a 1,5 °C-ot.

A validálást követően az évszakos átlaghőmérséklet várható alakulását vizsgáltuk a 2071–2100 időszakra. Az 1. ábra kompozittérképein (amelyeket a rendelkezésre álló különböző modellfuttatásokból kapott várható évszakos változások átlagaként állítottunk elő) mutatjuk be a várható évszakos hőmérséklet-növekedést az A2 (balra), illetve a B2 (jobbra) scenárió esetén (amelyhez 16, illetve 8 modellfuttatást használtunk fel). Hasonlóan a globális és európai eredményekhez, az A2 scenárió esetén a Kárpát-medencére is nagyobb melegedés várható, mint a B2 esetén. A melegedés mindkét scenárió esetén nyáron a legnagyobb (4,5–5,1 °C, illetve 3,7–4,2 °C), s tavasszal a legkisebb (2,9–3,2 °C, illetve 2,4–2,7 °C). A hőmérséklet emelkedés mértéke nyáron északról dél felé, míg télen és tavasszal nyugatról kelet felé haladva növekszik. A modellek eredményeiből adódó bizonytalanságot az előre jelzett hőmérsékletváltozás szórástérképeivel jellemezve a legnagyobb szórás nyáron (0,9–1,1 °C) jelentkezik mindkét scenárió esetén (Bartholy et al. 2007).

A 2. ábra összegezi az A2 és B2 scenáriók esetén Magyarországra várható évszakos hőmérsékletváltozásokat. Általánosságban elmondhatjuk, hogy a 2071–2100 időszakra a melegedés mértéke mindkét scenárióra és minden évszakra meghaladja a 2,4 °C-ot, de kisebb mint 5,1 °C. A legkisebb eltérés az A2 és B2 scenárió között tavasszal várható (0,6 °C a napi közép- és maximumhőmérséklet esetén, s 0,7 °C a napi minimumhőmérséklet esetén), míg legnagyobb télen (1,0 °C a középhőmérséklet esetén, s 1,1 °C a napi maximum- és minimumhőmérséklet esetén). A legnagyobb mértékű melegedés várhatóan nyáron lesz: rendre 4,8 °C, 5,1 °C, illetve 4,5 °C az A2 scenárió esetén a napi közép-, maximum- és minimumhőmérsékletre, valamint rendre 4,0 °C, 4,2 °C, illetve 3,8 °C a B2 scenárióra. A legkisebb hőmérséklet-növekedés tavasszal várható: 3,1 °C (A2), illetve 2,4–2,5 °C (B2). A minimum-hőmérsékletek valószínűsíthető növekedése a tél kivételével kisebb, mint a maximumoké.

A Kárpát-medencében várható csapadékváltozás mértéke

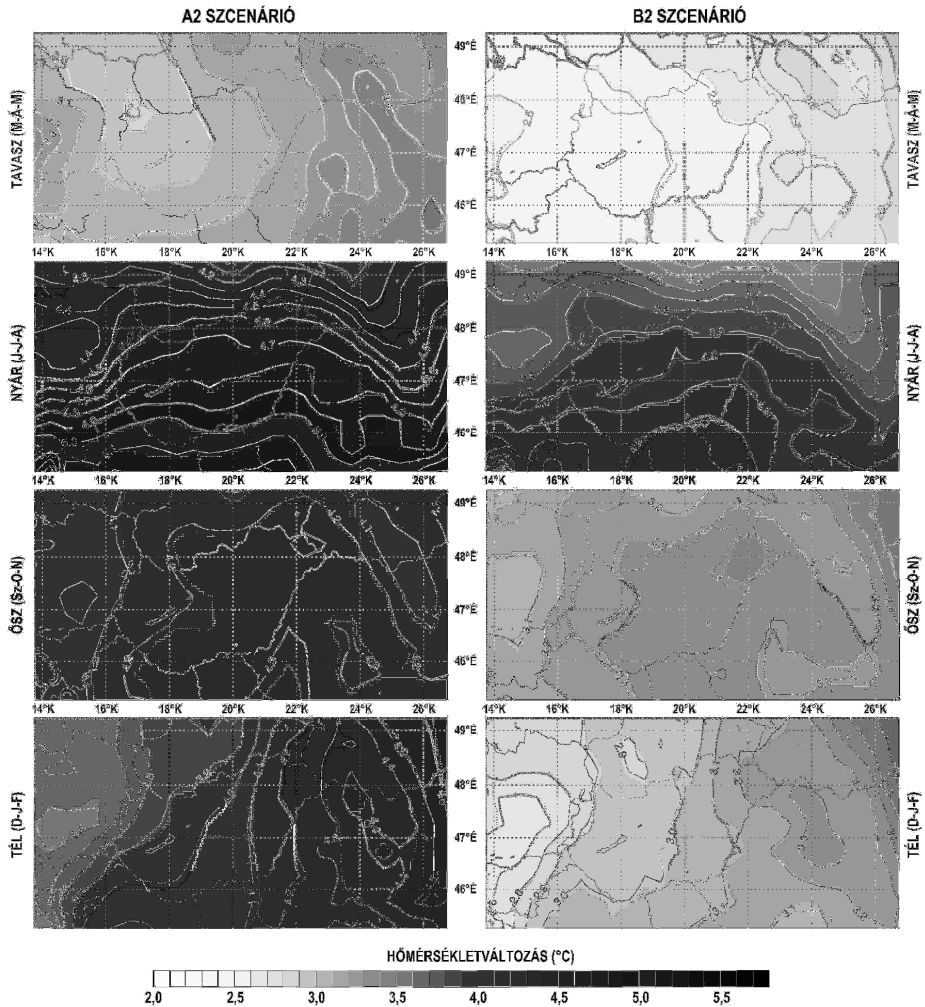
A hőmérséklethez hasonlóan a csapadékra is végeztünk hibaanalízist az 1961–1990 időszakra a CRU adatbázis (New et al. 1999) felhasználásával. A csapadék esetén a modellek inkább felülbecslik a jelen éghajlati viszonyokat, s csupán a vizsgált terület délnyugati régiójában találunk alulbecslést. Szigorúan hazánk területét vizsgálva a szimulált és mért csapadéértékek közötti eltérések a –10% és +20% közötti intervallumba esnek.

Mind az A2, mind a B2 scenárió esetén az éves csapadékösszegben nem várható jelentős mértékű változás (Bartholy et al. 2003), de ezt nem mondhatjuk el az évszakos csapadékösszegekről. A regionális klímamodellek által a Kárpát-medence térségére 2071–2100-ra becsült várható csapadékváltozások évszakos kompozittérképeit a 3. ábrán mutatjuk be, balra az A2, jobbra a B2 scenáriót figyelembe véve. Amint jól látható, a csapadékösszegek változásának várható tendenciája nem minden évszakban azonos előjelű. Nyáron (és kisebb mértékben ősszel) a teljes vizsgált térségben a csapadék csökkenésére, míg télen (és kisebb mértékben tavasszal) a csapadék növekedésére számíthatunk.

1. ábra

A várható évszakos hőmérsékletváltozás mértéke (°C) a Kárpát-medence térségére 16, illetve 8 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, A2 (bal oldalon) illetve B2 (jobb oldalon) scenárió esetére.

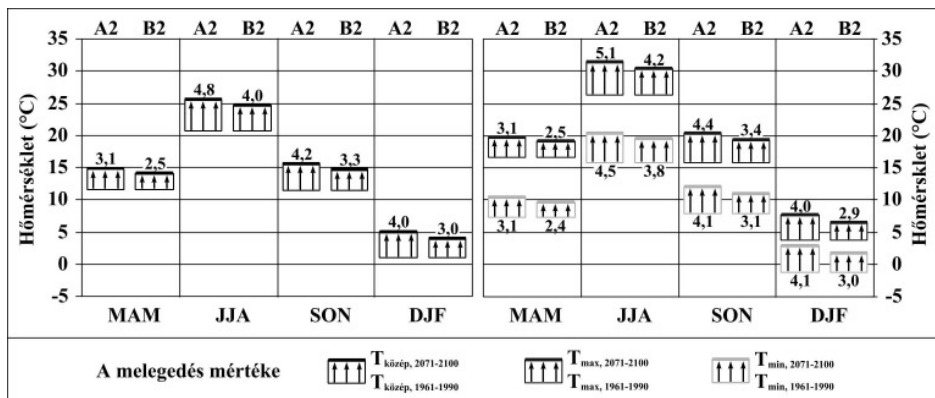
Referencia időszak: 1961–1990



Forrás: A szerzők szerkesztése.

2. ábra

A XXI. század végére Magyarországra várható hőmérsékletváltozás évszakos értékei



Forrás: A szerzők szerkesztése.

Az 1. táblázatban foglaljuk össze az évszakos csapadékváltozások Magyarországra várható értékeit a két vizsgált scenárióra. A hőmérséklethez hasonlóan az A2 scenárió esetén nagyobb mértékű csapadékváltozások valószínűsíthetők, mint a B2 scenárióra. Az előrejelzett csapadékcsökkenés mértéke nyáron 24–33% (A2 scenárió), illetve 10–20% (B2 scenárió), míg a téli csapadéknövekedés mértéke 23–37% (A2 scenárió), illetve 20–27% (B2 scenárió).

A modelleredményekből adódó bizonytalanságot reprezentáló évszakos szórástérképek (Bartholy et al. 2007) alapján a modellek előrejelzésében a legnagyobb eltérések az A2 scenárió esetén nyáron mutatkoznak (amikor a szórásértékek akár a 20%-ot is elérhetik), míg a B2 scenárió esetén tavasszal (amikor a szórásértékek elérik a 16%-ot). A többi évszakban relatíve jó egyezés mutatkozik a modelleredmények között (Bartholy et al. 2007). Természetesen a hőmérsékletben mutatkozó szórásokhoz viszonyítva a várható évszakos csapadékösszegekben nagyobb bizonytalanságot mutatnak a modelleredmények.

1. táblázat

A 2071–2100-ra várható évszakos csapadékváltozás értékei Magyarországra*, %

Szenárió	Tavaszi (MAM)	Nyári (JJA)	Őszi (SON)	Téli (DJF)
A2	0 – (+10)	(–24) – (–33)	(–3) – (–10)	(+23) – (+37)
B2	(+3) – (+12)	(–10) – (–20)	(–5) – 0	(+20) – (+27)

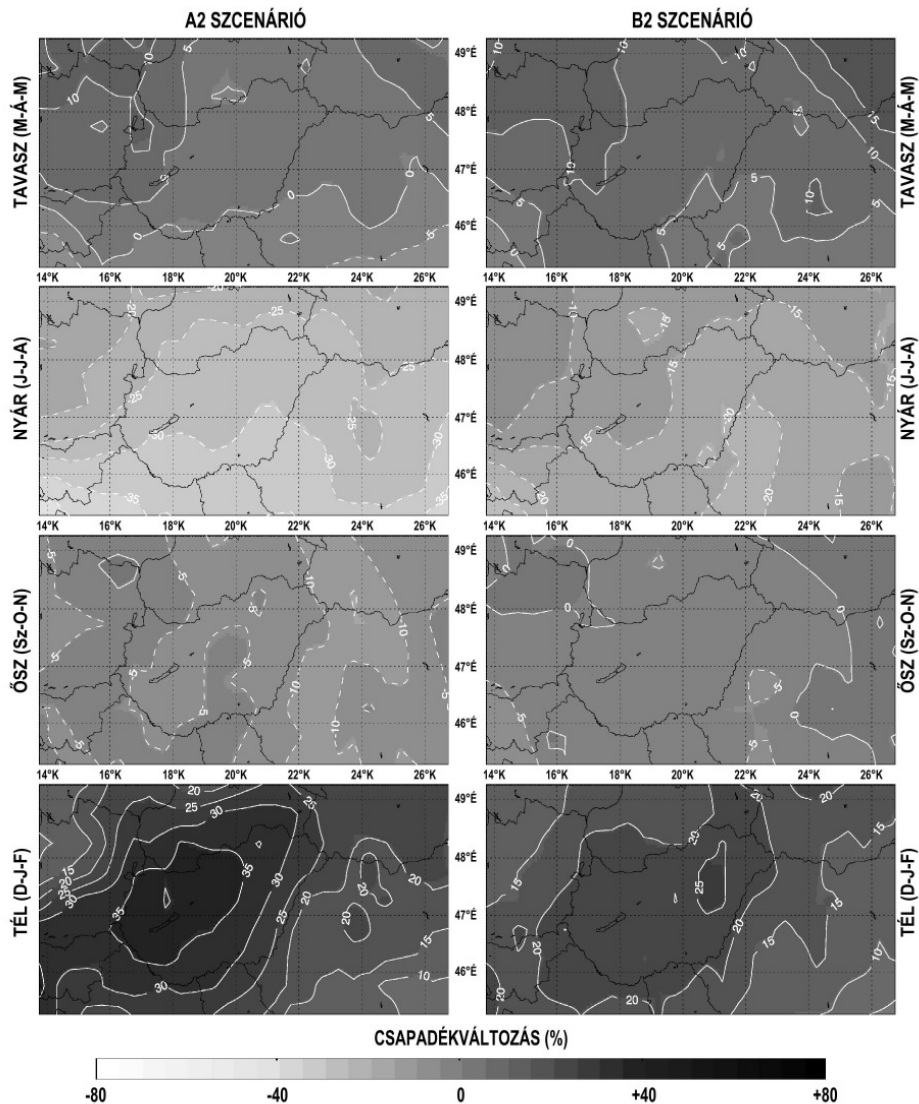
* Az A2 scenárió esetén 16 modellszimuláció eredményeit vettük figyelembe, míg a B2 scenárió esetén 8 modellszimuláció eredményei álltak rendelkezésre.

Forrás: A szerzők szerkesztése.

3. ábra

A várható évszakos csapadékváltozás mértéke (%) a Kárpát-medence térségében 16, illetve 8 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, A2 (bal oldalon) illetve B2 (jobb oldalon) szcenárió esetére.

Referencia időszak: 1961–1990

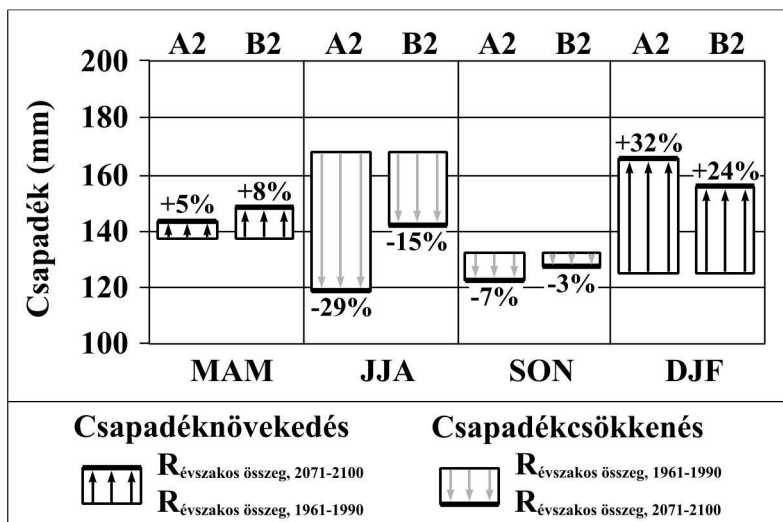


Forrás: A szerzők szerkesztése.

A 4. ábrán illusztráljuk a magyarországi csapadék éves eloszlásában várható változást az A2 és a B2 scenárió esetén. Az évszakos csapadékcsökkenést világos, míg a csapadéknövekedést sötétebb nyilak jelölik. Az 1961–1990 közötti referencia időszakban az átlagosan lehullott csapadékmennyiség alapján az évszakok csökkenő sorrendje: nyár, tavasz, ősz, tél. A modelleredmények valószínűsítik e sorrend teljes átrendeződését a XXI. század végére. A modellek azt jelzik, hogy mindkét scenárió esetén a legcsapadékosabb két évszak a tél és a tavasz lesz (ebben a sorrendben). A legszárazabb évszak az A2 scenárió figyelembe véve várhatóan a nyár, míg a B2 scenárió esetén az ősz lesz. A klímaprojekciók alapján a B2 scenárió esetén az évszakos csapadékmennyiségek közötti különbségek szignifikáns csökkenése várható (felére csökken), ami azt eredményezi, hogy az éves csapadékeloszlás kiegyenlítettebbé válik a XXI. század végére. Nem mondható el ugyanez az A2 scenárió esetére, ahol várhatóan továbbra is jelentős mértékben eltér egymástól a téli és a nyári csapadékösszeg, csak a legszárazabb és a legcsapadékosabb évszak felcserélődik.

4. ábra

A XXI. század végére Magyarországra várható csapadékváltozás évszakos értékei



Forrás: A szerzők szerkesztése.

Következtetések

Az Európai Unió V. keretprogramon belüli PRUDENCE projektje az A2 és B2 scenárióra ad becsléseket Európára, a XXI. század utolsó három évtizedére, 50 km-es rácsfelbontással. Ennek eredményei alapján levonható az az általános következtetés, hogy hasonlóan a globális és európai trendekhez, az A2 scenárió esetén a Kárpát-medencére is nagyobb melegedés várható, mint a B2 esetén. A 2071–2100-ra várható melegedés

mindkét scenárió esetén nyáron a legnagyobb (4,8 °C, illetve 4,0 °C), s tavasszal a legkisebb (3,1 °C, illetve 2,5 °C). Nyáron zonális struktúra figyelhető meg, azaz a várható melegedés mértéke északról dél felé növekszik. Télen általában meridionális struktúra várható, azaz nyugatról keletre haladva nő a várható melegedés. A 2071–2100-ra várható éves csapadékváltozást csekély mértékű negatív tendencia jellemzi, ami az egymással ellentétes jelentős mértékű évszakos változásokból adódik: télen növekedő, nyáron viszont csökkenő évszakos csapadékösszeg valószínűsíthető. Az előre jelzett csapadékcsökkenés mértéke nyáron 24–33% (A2 scenárió), illetve 10–20% (B2 scenárió), míg a téli csapadéknövekedés mértéke 23–37% (A2 scenárió), illetve 20–27% (B2 scenárió). Az 1961–1990 közötti referencia időszakban a legcsapadékosabb évszakunk a nyár volt, míg a legszárazabb a tél. A modelleredmények valószínűsítik az éven belüli csapadékeloszlás átrendeződését a XXI. század végére. A modellek azt jelzik, hogy mindkét scenárió esetén a legcsapadékosabb évszak a tél lesz, míg a legszárazabb várhatóan a nyár (A2 scenárió), illetve az ősz (B2 scenárió).

Hangsúlyozzuk, hogy az itt bemutatott becslések nem pótolják a PRUDENCE keretében alkalmazott dinamikus modellekhez hasonló, ám a XXI. század egészére kiterjedő finom felbontású (akár 10 km-es) regionális klímaváltozási elemzést, amely több globális éghajlati scenárióát vesz figyelembe és számos meteorológiai paramétert tartalmaz. Regionális éghajlati modellek adaptálása Magyarországon jelenleg mind az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékén (*Bartholy et al., 2006, Pongrácz et al., 2008, Torma et al., 2008*), mind az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (*Horányi, 2006*) folyamatban van. Amíg ezekből a részletes elemzések elkészülnek, addig az itt bemutatott eredmények tendencia jellegű információkat nyújthatnak minden érdeklődőnek, a klímapolitikusoknak, illetve a nemzetgazdaság többi érintett szektorának. A felhasználhatóságot jelzi az a tény is, hogy a cikkünkben szereplő eredmények a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia meteorológiai részét szolgáltatták.

Irodalom

- Bartholy, J. – Pongrácz, R. – Matyasovszky, I. – Schlanger, V. 2003: Expected regional variations and changes of mean and extreme climatology of Eastern/Central Europe. In: Combined Preprints CD-ROM of the 83rd AMS Annual Meeting. Paper 4.7, American Meteorological Society. 10 p.
- Bartholy, J. – Pongrácz, R. – Torma, Cs. – Hunyady, A. 2006: A PRECIS regionális klímamodell és adaptálása az ELTE Meteorológiai Tanszékén. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok – Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások (szerk: Weidinger T.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 99–114.
- Bartholy, J. – Pongrácz, R. – Gelybó Gy. 2007: A XXI. század végén várható éghajlatváltozás Magyarországon. – Földrajzi Értesítő. 51. pp. 147–168.
- Christensen, J.H. 2005: Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects – Final Report. DMI, Copenhagen.
- Giorgi, F. 1990: Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climate* 3: 941–963.
- Horányi, A. 2006: Regionális klímadinamikai kutatások: nemzetközi és hazai áttekintés. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok – Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését

megalapozó klímadinamikai kutatások (szerk: Weidinger T.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 62–70.

IPCC 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York.

New, M. – Hulme, M. – Jones P. 1999: Representing twentieth-century space-time climate variability. Part I: Development of a 1961–90 mean monthly terrestrial climatology. – *Journal of Climate* 12. pp. 829–856.

Pongrácz R. – Bartholy J. – Pieczka I. – Hunyady A. 2008: Regionális éghajlati modellek és modelleredmények. In: Weidinger T. – Tasnádi P. – Bartholy J. – Machon A (szerk.): *A meteorológia és az alaptudományok. Meteorológus TDK Iskola. Egyetemi Meteorológiai Füzetek*, No. 22. pp. 66–74.

Torma Cs. – Bartholy J. – Pongracz R. – Barcza Z. – Coppola E. – Giorgi F. 2008: Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. *Időjárás*, megjelenés alatt.

ÉGHAJLATI EXTRÉMUMOK XXI. SZÁZAD VÉGÉRE VÁRHATÓ TENDENCIÁI A KÁRPÁT-MEDENCE TÉRSÉGÉBEN

Absztrakt

A globális felmelegedés következtében a szélsőséges éghajlati események regionális skálán bekövetkező gyakorisági vagy intenzitásbeli változásai lényeges szerepet játszanak az éghajlati rendszer ökológiai és társadalmi rendszerekre gyakorolt hatásaiban. Így a klimatológiai extrémumokban nyomon követhető változások alapvetően meghatározzák ezen rendszerek alkalmazkodóképességét. Vizsgálatainkban az 1998-ban alakult WMO-CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján definiált szélsőséges éghajlati eseményeket jellemző legfontosabb extrém indexeket elemeztük szimulált mezősorok felhasználásával. Mind az 1961–1990 közötti referencia időszakra, mind a 2071–2100 közötti jövőbeli időszakra meghatároztuk az extrém indexek rácspontri értékeit, amelyekhez az Európai Unió által támogatott PRUDENCE projekt keretében készült regionális klímamodellek eredményeit használtuk fel. A hőmérsékleti extrém indexekben a XX. század második felében már elindult és detektálható változások a XXI. század végére várhatóan tovább erősödnek. A csapadék extrém indexekben éves viszonylatban és országos átlagban relatíve kis változások várhatók, viszont a januári és a júliusi tendenciákat külön-külön tekintve gyakran egymással ellentétes jelentős mértékű változásra számíthatunk.

Kulcsszavak

Extrém éghajlati index, klímaváltozás, regionális klímamodell, hőmérséklet, csapadék, Kárpát-medence.

Bevezetés

A globális melegedés egyik megnyilvánulása az extrém időjárási események gyakoriságának és amplitúdójának megváltozása. Az Európai Unió által támogatott PRUDENCE projekt fő célja az európai éghajlati változások kockázatának és hatásainak meghatározása volt regionális scénáriók és bizonytalansági becslések alapján (*Christensen, 2005*). Számos meteorológiai paraméterre (pl. középhőmérséklet, maximum- és minimumhőmérséklet, csapadékösszeg, szél stb.) elkészültek a PRUDENCE projekt keretében az IPCC (2007) A2 és B2 scenárió regionális modellbecslései (50 km-es horizontális felbontással) mind a négy évszakra. A PRUDENCE szimulációk a XXI. század végére (2071–2100) és a referencia időszakra (1961–1990) állnak rendelkezésre. A Kárpát-medence térségére a várható átlagos hőmérsékleti és csapadék tendenciákat korábbi elemzéseink során mutattuk be (*Bartholy et al. 2007a, 2008*). Ebben a cikkünkben összegezzük a Kárpát-medence térségére a XXI. század végére várható regionális változásokat az extrém hőmérsékleti és csapadékparaméterekre. Elsőként a napi maximum- és minimumhőmérsékletek várható alakulásának területi eloszlását, majd a WMO-CCI/CLIVAR munkacsoport által ajánlott hőmérsékleti és csapadék indexek becslült változásait elemezzük.

¹ ELTE Meteorológiai Tanszék.

A maximum- és minimumhőmérséklet várható változása a Kárpát-medencében

A hőmérsékleti szélsőségek 2071–2100-ra várható alakulását ún. kompozitképek segítségével ábrázoltuk az A2 és a B2 scenárióra vonatkozóan. Az A2 scenáriót tekintő futtatások közül 16 szimulációt, míg a B2 scenárió esetén 8 szimulációt vettünk figyelembe.

A napi maximum- és minimumhőmérséklet évszakos átlagainak várható alakulását vizsgáltuk a 2071–2100 időszakra (Bartholy et al. 2007b). Az 1. ábra kompozitképein (amelyeket a rendelkezésre álló különböző modellfuttatásokból kapott várható évszakos változások átlagaként állítottunk elő) bemutatjuk a várható évszakos hőmérséklet-növekedés területi eloszlását a maximumok esetén. A bal oldali oszlopban az A2, a jobb oldali oszlopban pedig a B2 scenárióra vonatkozó évszakos melegedés mértéke látható. Hasonlóan a globális és európai eredményekhez, a Kárpát-medencére is az A2 scenárió esetén nagyobb melegedés várható, mint a B2 esetén. A legnagyobb melegedés mindkét scenárió esetén nyáron várható: a maximumhőmérsékletek várható növekedése 4,9–5,4 °C (A2), illetve 4,0–4,4 °C (B2). A nyári várható melegedés térbeli eloszlása egyértelműen zonális szerkezetet mutat, északról dél felé haladva egyre nagyobb hőmérséklet-növekedésre számíthatunk. A többi három évszakban általában nyugat-keleti gradiens jellemző, s a változás mértéke várhatóan nagyobb lesz a keleti országrészben.

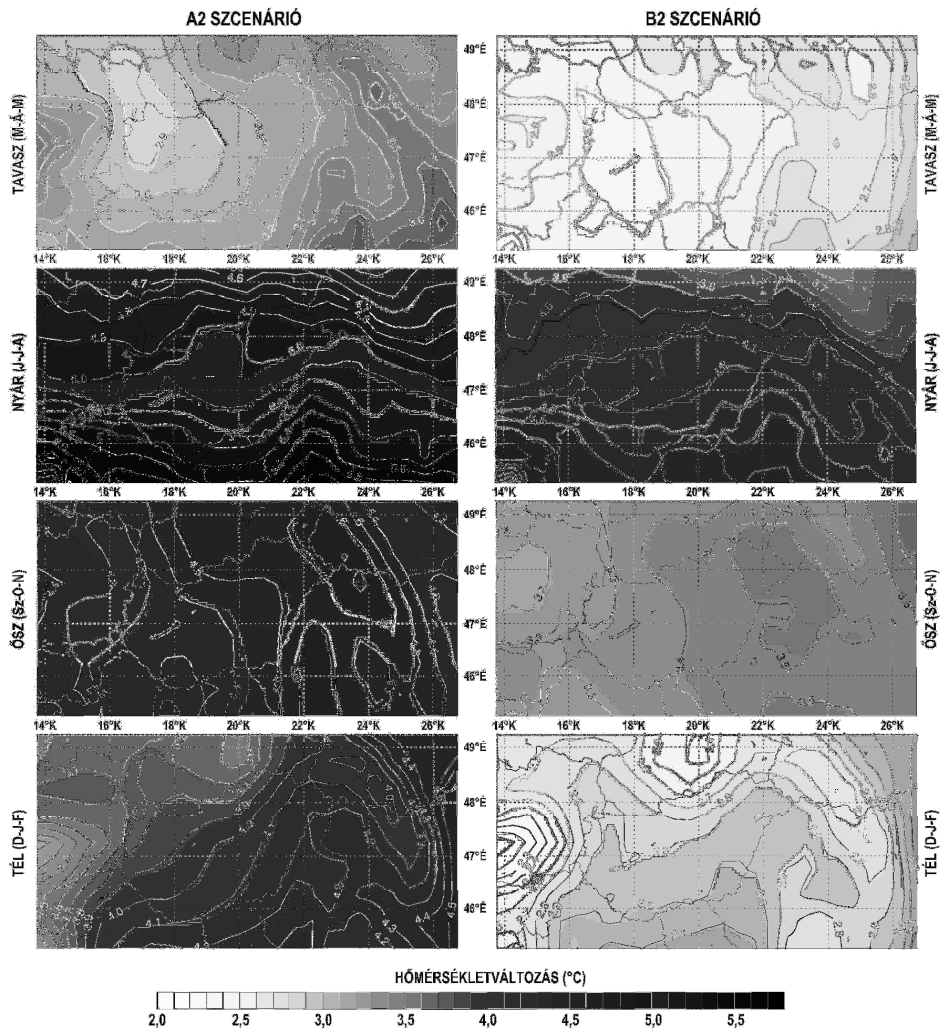
Az 1. táblázatban összegezzük a Magyarország teljes területére várható évszakos változásokat, ahol a kompozitképek alapján a maximum- és minimumhőmérsékletek várható évszakos változásának országon belüli legkisebb és legnagyobb mértékét jelezzük. Amint a számértékekből kitűnik, a minimumhőmérsékletek valószínűsíthető növekedése általában (tél kivételével) kisebb, mint a maximumhőmérsékleteké, ami arra utal, hogy a napi hőingás mértéke várhatóan növekszik a jövőben. A minimumhőmérsékletnél is nyáron számíthatunk a legnagyobb melegedésre: 4,2–4,8 °C (A2 esetén), illetve 3,5–4,0 °C (B2 esetén).

Extrém indexek alakulása

Az 1990-es évek végén nemzetközi összefogással alakult WMO-CCI/CLIVAR munkacsoport által ajánlott extrém éghajlati indexeket (Karl et al. 1999) használtuk a hazai szélsőségek változásainak elemzéséhez. Korábbi vizsgálataink során (Bartholy–Pongrácz, 2005; 2007) meghatároztuk számos extrém hőmérsékleti és csapadékindex XX. század második felére vonatkozó tendenciáit a Kárpát-medence térségére. Ezen számításokhoz a hazai és szomszédos országokbeli meteorológiai állomások mért adatait használtuk fel. Ugyanezen indexek idősorait előállítottuk a PRUDENCE keretében futtatott regionális klímamodellek szimulációs mezősorait felhasználva. Példaként e cikkünkben egy olyan modellt választottunk a magyarországi kivágra számított extrém indexek változásának bemutatására, amelyből mind az A2, mind a B2 scenárióra rendelkezésre állnak futtatási eredmények. A Dán Meteorológiai Intézet (DMI) modell-szimulációi a hőmérséklet és a csapadék szempontjából egyaránt átlagosnak vehetőek a többi PRUDENCE-szimulációhoz viszonyítva.

1. ábra

A napi maximumhőmérséklet várható évszakos változása (°C) a Kárpát-medence térségében 16 (A2 szcenárió esetén), illetve 8 (B2 szcenárió esetén) európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra



Forrás: A szerzők szerkesztése.

1. táblázat

A 2071–2100 időszakra Magyarországra várható évszakos növekedés értékei a maximum- és minimumhőmérsékletek kompozitértékei alapján*

	Szenárió	Tavaszi (MÁM) (°C)	Nyár (JJA) (°C)	Ősz (SzON) (°C)	Tél (DJF) (°C)
Maximum	A2	2,8–3,3	4,9–5,4	4,3–4,6	3,7–4,2
	B2	2,4–2,6	4,0–4,4	3,3–3,5	2,6–3,0
Minimum	A2	3,0–3,2	4,2–4,8	4,0–4,2	3,8–4,6
	B2	2,3–2,7	3,5–4,0	3,0–3,2	2,8–3,5

* A jelzett intervallumok a Magyarország területén az adott évszakban várható legkisebb és legnagyobb értéket jelzik.

Forrás: A szerzők szerkesztése.

A 2. táblázatban összefoglaljuk az extrém hőmérsékleti indexek várható alakulását. A XX. század második felében már elindult és detektálható változások (Bartholy–Pongrácz, 2005) a XXI. század végére várhatóan tovább erősödnek. Az A2 scenárió esetén nagyobb mértékű változásokra számíthatunk, mint a B2 esetén. Az alacsony hőmérséklettel összefüggő indexek (Tx0LT, FD, Tn–10LT, Tx10, Tn10) jelentős csökkenése és a magas hőmérsékletekhez kapcsolódó indexek (SU, Tx30GE, Tx35GE, Tn20GT, Tx90, Tn90) erőteljes növekedése egyaránt a Kárpát-medence éghajlatának várható melegedésére utal. Különösen jelentős mértékű a forró napok (Tx35GE), a túl meleg éjszakák (Tn20GT) és a hőségnapok (Tx30GE) számának emelkedése (amelyek az A2 scenáriót tekintő modellbecslések szerint országos átlagban rendre elérik a 300%-ot, a 229%-ot, illetve a 156%-ot, a B2 scenárió esetén pedig a 300%-ot, a 169%-ot, illetve a 109%-ot). A hideg téli szélsőségek gyakoriságának várható csökkenése kisebb mértékű, mint a meleg nyári szélsőségek növekedése.

A 3. ábrán két hőmérsékleti extrémindexben (a téli napok és a hóhullámok éves számában) 2071–2100 közötti időszakra várható (s az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyított) változásokat hasonlítjuk össze az A2, illetve a B2 scenárió esetén. Mindkét paraméternél egyértelmű a jelentős mértékű melegedés hatása: a téli napok évi számának számottevő csökkenése (a magyarországi rácspontok területi átlagát tekintve 82%-os az A2 scenárió esetén, és 65%-os a B2 scenárió esetén), valamint a hóhullámok jelentős növekedése (A2 esetén átlagosan 279%-os, B2 esetén 190%-os) prognosztizálható. A két bemutatott extrém hőmérsékleti index közül az egyik (hóhullámok száma, HWDI) a pozitív extrémek esetén várható területi különbségekre ad példát, míg a másik (téli napok évi száma) a negatív hőmérsékleti szélsőségekben várható tendenciák tipikus területi eloszlását illusztrálja. A térképeken jól látható, hogy a pozitív extrémek esetén nagyobb változásra számíthatunk a magasabban fekvő hegyvidéki területeken, s valamivel kisebbre a sík vidékeken. Ezzel ellentétes a negatív hőmérsékleti extrém indexek várható tendenciájának területi eloszlása: az alföldi térségben valószínűsíthető a nagyobb változás.

A 3. táblázatban néhány extrém csapadékindex várható tendenciáját foglaljuk össze a DMI modellszimulációk eredményei alapján. Éves viszonylatban és országos átlagban relatíve kis változások várhatók, általában 10–20%-os növekedésre számíthatunk az ext-

rém csapadék események gyakoriságában. Ha a januári és a júliusi (gyakran egymással ellentétes) tendenciákat külön-külön tekintjük, akkor jelentősebb a várható változás mértéke. A januári várható gyakoriságnövekedés mindkét scenárió esetén meghaladhatja akár a 200%-ot is (például az RR20 jelű, 20 mm-t meghaladó extrém napi csapadékú napok száma). Ez arra utal, hogy a csapadék éven belüli eloszlásában jelentős átrendeződésre számíthatunk. Például az 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok évi száma várhatóan csak 2%-kal, illetve 9%-kal növekszik a XXI. század végére (az A2 scenárió, illetve a B2 scenárió esetén), viszont januárban 58%-os, illetve 40%-os növekedést, júliusban pedig 32%-os, illetve 25%-os csökkenést jelez a dán regionális klímodell. A csapadékindexek elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy a nagy csapadékú eseményeknek a XXI. század utolsó három évtizedére várható gyakoriságnövekedése elsődlegesen a téli hónapokra lesz jellemző.

2. táblázat

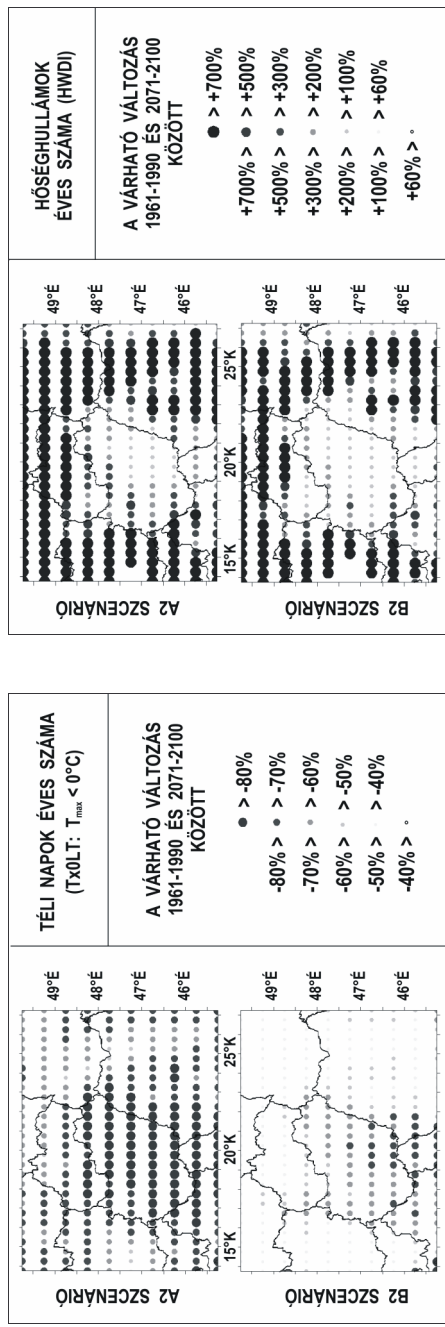
Extrém hőmérsékleti indexek változása Magyarországra a DMI regionális modellje alapján

Index jele	Extrém index neve és definíciója	Kontrollfutás: 1961–1990	A2 scenárió: 2071–2100 (várható változás)	B2 scenárió: 2071–2100 (várható változás)	Detektált tendencia: 1961–2001
SU	Nyári napok száma ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$)	80 nap/év	122 nap/év (+54%)	109 nap/év (+37%)	+
Tx30GE	Hőségnapok száma ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)	30 nap/év	74 nap/év (+156%)	61 nap/év (+109%)	+
Tx35GE	Forró napok száma ($T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$)	4 nap/év	33 nap/év (> +300%)	20 nap/év (> +300%)	+
Tn20GT	Túl meleg éjjelek száma ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$)	24 nap/év	75 nap/év (+229%)	62 nap/év (+169%)	+
Tx90	Meleg napok száma ($T_{\max} > T_{\max,90\%}$)	36 nap/év	80 nap/év (+123%)	68 nap/év (+88%)	+
Tn90	Meleg éjszakák száma ($T_{\min} > T_{\min,90\%}$)	36 nap/év	88 nap/év (+143%)	75 nap/év (+108%)	+
Tx0LT	Téli napok száma ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)	18 nap/év	3 nap/év (-82%)	6 nap/év (-65%)	-
FD	Fagyos napok száma ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)	73 nap/év	27 nap/év (-64%)	48 nap/év (-37%)	-
Tn-10LT	Zord napok száma ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$)	6 nap/év	<1 nap/év (-95%)	1 nap/év (-87%)	-
Tx10	Hideg napok száma ($T_{\max} < T_{\max,10\%}$)	36 nap/év	10 nap/év (-73%)	20 nap/év (-46%)	-
Tn10	Hideg éjszakák száma ($T_{\min} < T_{\min,10\%}$)	36 nap/év	9 nap/év (-75%)	17 nap/év (-52%)	-

Forrás: A szerzők szerkesztése.

3. ábra

A téli napok ($T_{max} < 0^{\circ}C$) és a hóhullámok (min. 3 napig $T_{közép} > 25^{\circ}C$ vagy min. 1 napon $T_{közép} > 27^{\circ}C$) számának várható változása 2071–2100 időszakra a DMI modellszimulációi alapján A2 és B2 scenarió esetén. Referencia időszak: 1961–1990



Forrás: A szerzők szerkesztése.

3. táblázat

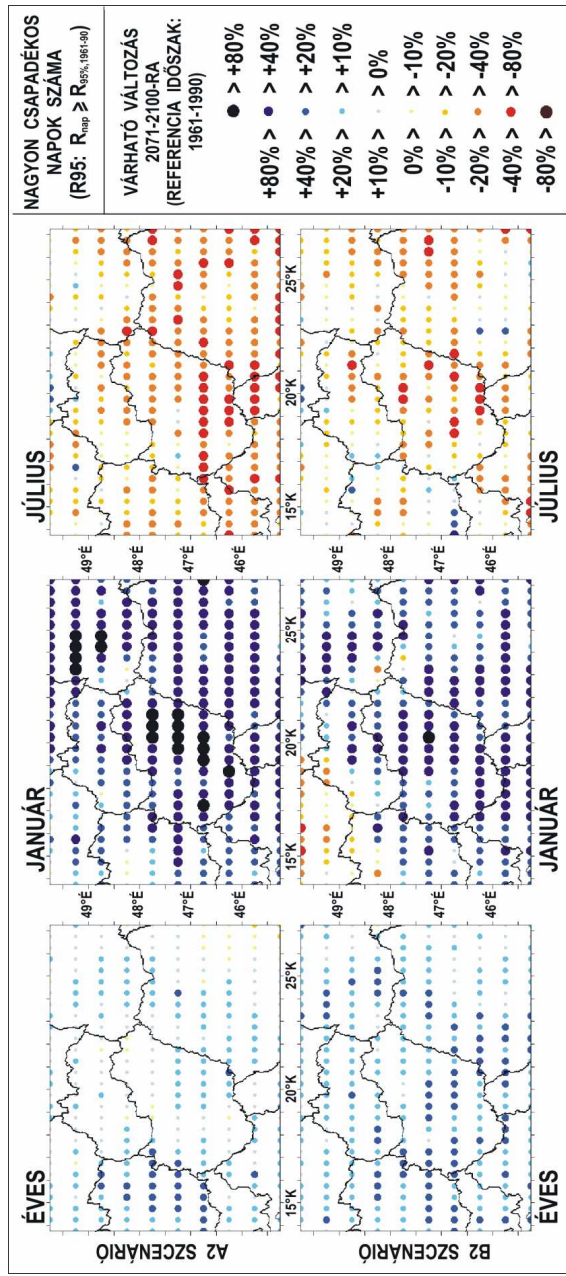
Extrém csapadékindexek változása Magyarországra a DMI modellszimulációi alapján

Csapadék index	Kontroll- futás: 1961- 1990	A2 szcenárió: 2071-2100 várható változás (%)			B2 szcenárió: 2071-2100 várható változás (%)			Detektált trendek: 1976- 2001
		éves	jan.	júl.	éves	jan.	júl.	
Napi csapadék maximuma Rx1 (R_{max})	21,5 mm	25,0 mm +17%	+33%	+2%	25,3 mm +18%	+20%	-2%	-
5 nap alatt lehullott max. csapadékösszeg Rx5 ($R_{max,5 \text{ days}}$)	43,5 mm	49,6 mm +15%	+24%	-7%	49,9 mm +15%	+17%	-13%	+
Napi csapadékontenzitás index SDII ($R_{year}/RR1$)	4,6 mm	4,9 mm +7%	+15%	-2%	4,9 mm +8%	+12%	+1%	+
Nagyon csapadékos napok száma R95 ($R_{day} \geq R_{95\%,1961-90}$)	18 nap/év	19 nap/év +9%	+59%	-28%	21 nap/év +18%	+41%	-23%	+
Mérsékelt csapadékos napok száma R75 ($R_{day} \geq R_{75\%,1961-90}$)	90 nap/év	85 nap/év -6%	+21%	-29%	91 nap/év +1%	+13%	-26%	+
Extrém csapadékos napok száma RR20 ($R_{day} \geq 20 \text{ mm}$)	<1 nap/év	2 nap/év +106%	+271%	+80%	2 nap/év +105%	+275%	-56%	+
Nagy csapadékos napok száma RR10 ($R_{day} \geq 10 \text{ mm}$)	9 nap/év	11 nap/év +19%	+83%	-18%	12 nap/év +28%	+59%	-14%	+
5 mm-nél nagyobb csapadékos napok száma RR5 ($R_{day} \geq 5 \text{ mm}$)	37 nap/év	37 nap/év +2%	+58%	-32%	40 nap/év +9%	+40%	-25%	-
1 mm-nél nagyobb csapadékos napok száma RR1 ($R_{day} \geq 1 \text{ mm}$)	132 nap/év	124 nap/év -6%	+21%	-20%	130 nap/év -1%	+12%	-22%	-
0,1 mm-nél nagyobb csapadékos napok száma RR0.1 ($R_{day} \geq 0.1 \text{ mm}$)	231 nap/év	217 nap/év -6%	+10%	-14%	226 nap/év -2%	+7%	-13%	-

Forrás: A szerzők szerkesztése.

4. ábra

A nagyon csapadékos napok (R95) számának várható éves, januári és júliusi változása 2071–2100 időszakra a DMI modellszimulációt alapján az A2 és B2 scenárió esetén. Referencia időszak: 1961–1990



Forrás: A szerzők szerkesztése

A 4. ábrán az R95 jelű, nagyon csapadékos napok éves és havi (januári és júliusi) számának várható változásait vetjük össze az A2 és a B2 scenárió esetére. Az index azokat a napokat számolja össze, amelyeken a napi csapadékösszeg meghaladja az 1961–1990 referencia időszak napi szimulált csapadék-idősora alapján meghatározott 95%-os percentilis értékét (a percentilisek az idősor rendezett mintája alapján határozhatók meg, s azt az idősorbeli értéket adják meg, amelynél kisebb értékek az adott százalékban fordulnak elő a teljes mintában). Jól látszik, hogy míg az R95 éves változásai mindkét scenárió esetén kisebb mértékűek (9%-os, illetve 18%-os a magyarországi ráncpontok átlagát tekintve), addig ennél nagyobb mértékű, egymással ellentétes előjelű trendekre számíthatunk télen és nyáron. Januárban az A2 scenárió esetén területi átlagban 59%-os, a B2 scenárió esetén 41%-os növekedést jelez a DMI regionális klíma-modellje. Júliusban viszont 28%-os, illetve 23%-os átlagos csökkenést prognosztizál.

Következtetések

A modellbecslések alapján a szélsőséges hőmérsékletekben egyértelműen jelentős melegedés várható az egész Kárpát-medence területén. Az A2 scenárióra prognosztizált változások mértéke jelentősen meghaladja a B2 scenárióra kapott becsléseket. A hőmérsékleti extrémindexekben a XX. század második felében már elindult és detektálható változások a XXI. század végére várhatóan tovább erősödnek. A csapadék extrémindexekben éves viszonylatban és országos átlagban relatíve kis változások várhatók, viszont a januári és a júliusi tendenciákat külön-külön tekintve gyakran egymással ellentétes, jelentős mértékű változásra számíthatunk. Télen a nagy csapadéku események gyakoriságának növekedése, nyáron kisebb mértékű csökkenése valószínűsíthető.

Irodalom

- Bartholy, J. – Pongrácz, R. 2005: Néhány extrém éghajlati paraméter globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. – AGRO-21 Füzetek. 40. pp. 70–93.
- Bartholy, J. – Pongrácz, R. 2007: Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change* 57: 83–95.
- Bartholy – J. – Pongrácz – R. – Gelybó – Gy. 2007a: A XXI. század végén várható regionális éghajlatváltozás Magyarországon. – *Földrajzi Értesítő*. 3–4. pp. 147–168.
- Bartholy, J. – Pongrácz, R. – Gelybó, Gy. – Szabó, P. 2007b: A hőmérsékleti extrémumok várható alakulása a Kárpát-medence térségében a XXI. század végén. – „Klíma-21” Füzetek 51. pp. 3–17.
- Bartholy, J. – Pongrácz, R. – Gelybó Gy. 2008: Milyen mértékű éghajlatváltozás várható a Kárpát-medencében? – *Légtör. 2*. pp. 19–24.
- Christensen, J. H. 2005: Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects – Final Report. DMI, Copenhagen.
- IPCC 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York.
- Karl, T. R. – Nicholls, N. – Ghazi, A. 1999: Clivar/GCOS/WMO Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary. – *Climatic Change*. 42. pp. 3–7.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSAI AZ ÉPÍTETT KÖRNYEZETRE ÉS AZ INFRASTRUKTÚRÁRA

Absztrakt

Bár a regionális éghajlatváltozás tovaggyűrűző természeti hatásait, társadalmi-gazdasági következményeit számos bizonytalanság terheli, mindezek meglehetősen súlyosak lehetnek, így ezek feltárása és az alkalmazkodási lehetőségek vizsgálata mind sürgetőbb feladat. Az éghajlatváltozás hazánkat sem kerüli el; a változások, különösen az ökológiai és a társadalmi-gazdasági hatások mértéke meghaladja majd az EU-átlagot. Sajátos jellegzetessége az éghajlatváltozás problémakörének, hogy a kedvezőtlen környezeti feltételek visszahatnak a klímakárosító társadalmi-gazdasági tevékenységekre is; aminek következményei megjelenhetnek majd épületeink, útjaink, ellátó rendszereink állapotában is. Mindennapi életünket is meghatározó kérdés, hogy civilizációs vívmányaink, infrastruktúránk mennyire „klímabiztosak” és a ma fejlesztései vajon kiállják-e majd a változó klíma támadásait. A jelen kutatás keretében áttekintjük az erőművi energiatermelést, a kritikus infrastruktúrát, és a közüzemek működését érintő hatásokat, elemezzük az épületek, utak állapotában, használatában jelentkező következményeket. Vizsgáljuk a városi környezetben jelentkező komplex hatásokat, valamint összefoglaljuk a felkészülés és az alkalmazkodás lehetőségeit.

Kulcsszavak

Éghajlatváltozás, épített környezet, infrastruktúra, alkalmazkodás

Bevezetés

Mind több jel mutat arra, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásának erősödésével felmelegedéssel, a csapadékjárás megváltozásával, az évszakok és az éghajlati övek eltolódásával járó *komplex környezeti válság fenyeget*. Az éghajlatváltozás tovaggyűrűző természeti hatásait, társadalmi-gazdasági következményeit számos bizonytalanság terheli, bár mindezek meglehetősen súlyosak lehetnek. Európában, 2002-ben az áradások 16 milliárd euró kárt okoztak, 2003-ban az EU tagállamaiban 26 ezer ember halálát a hőségnek tudták be, a Katrina hurrikán kártétele elérte a 126 milliárd dollárt (Pálvölgyi, 2007).

Az éghajlatváltozás hazánkat sem kerüli el; a változások, különösen az ökológiai és a társadalmi-gazdasági hatások mértéke meghaladja majd az EU-átlagot. Az üvegházhatású gázok kibocsátása a társadalom és a gazdaság működésének szinte valamennyi szintjét áthatja. Sajátos jellegzetessége az éghajlatváltozás problémakörének, hogy *a kedvezőtlen környezeti feltételek visszahatnak a klímakárosító társadalmi-gazdasági tevékenységekre is*; aminek következményei megjelenhetnek majd épületeink, útjaink, ellátó rendszereink állapotában is. Mindennapi életünket is meghatározó kérdés, hogy

¹ Egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

civilizációs vívmányaink, infrastruktúránk mennyire „klímabiztosak” és a ma fejlesztései vajon kiállják-e majd a változó klíma támadásait.

Az infrastruktúra alatt azokat a nemzetgazdasági jelentőségű létesítményeket és szolgáltatásokat értjük, amelyeknek működésképtelensége, akadályoztatása hátrányosan érinti az élet- és vagyonvédelmet, a közegészséget, a közbiztonságot, azaz a társadalom és a gazdaság normális működését (Bukovics, 2004). Többek között az infrastruktúrához tartoznak az energiatermelő és -ellátó rendszerek, a közlekedési hálózatok és szolgáltatások, az épületállomány, a hulladékgazdálkodási, ivóvíz- és szennyvízkezelési közüzemek.

A jelen kutatásban a főbb infrastruktúra elemekre vizsgáljuk az éghajlatváltozás várható hatásait, következményeit, valamint összefoglaljuk a felkészülés és az alkalmazkodás lehetőségeit. Az infrastruktúrára gyakorolt hatások elemzése során vizsgált közvetett és közvetlen éghajlati hatásokat, következményeket az *1. ábrán* tüntettük fel.

Hatások a villamos és hőenergia termelésre

Várható hatások, következmények

Az erőművek számára az elsődleges kihívást a módosuló energiaigények jelentik. Télen a fűtési energia szükséglet (elsősorban földgázfogyasztás) mérséklődésére, nyáron pedig a hűtési villamosenergia-szükséglet jelentős növekedésére számíthatunk. Egyes becslések szerint 26°C felett minden egyes fok hőmérsékletemelkedés száz megawattnyi fogyasztásnövekedést eredményez (Overbye et al. 2007). A hűtés növekvő energiaigénye egy pozitív visszacsatolást („ördögi kört”) eredményez: a növekvő hőmérséklet növekvő hűtési igényt támaszt, amihez nagyobb áramtermelés szükséges. A többlet villamos energia előállítása még több CO₂ kibocsátásával jár, ami tovább emeli a hőmérsékletet.

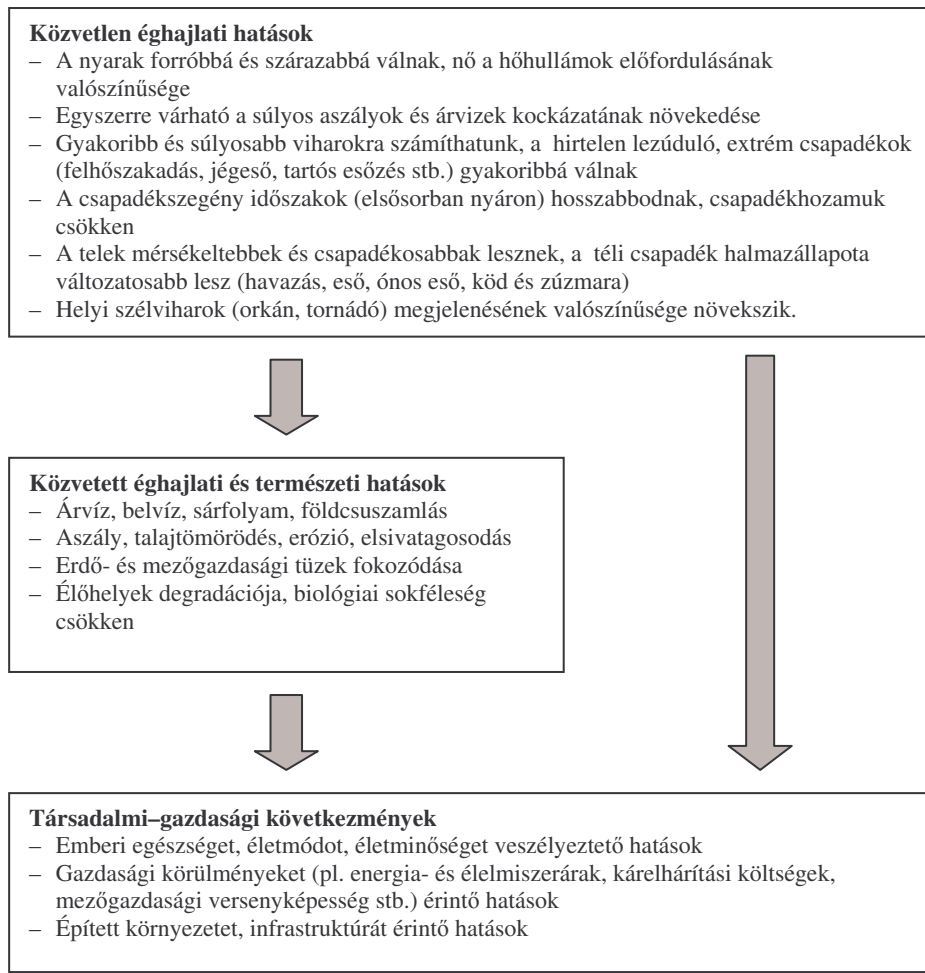
Az erőművi hő- és villamosenergia-termelés *hűtővíz ellátása* is megváltozik. A rendelkezésre álló hűtővíz (vagy hűtőlevegő) hőmérséklete jelentős technológiai hatással bír: például gázturbinás erőművek esetében ha 5 °C-kal nő a külső levegő hőmérséklete, kb. 15%-kal csökken az erőmű teljesítménye. A folyók megváltozó vízhozama szintén problémákat okozhat a rendelkezésre álló hűtővíz mennyiségén keresztül, akár az is előfordulhat, hogy erőműveket kell leállítani a turbinákat hűtő víz hiánya miatt (Stróbl, 2005).

Meg kell említeni, hogy a *szilárd energiahordozók* (pl. lignit, tűzifa, szalma) *közúti és vasúti szállítását* szintén befolyásolhatják klimatikus faktorok, amelyek ellátás-biztonsági kockázatot jelenthetnek.

Az éghajlatváltozás érinti majd a kiaknázható természeti erőforrásokat, így a megújuló energiahordozókat is, de a változások mértéke (esetenként még a változás iránya is) meglehetősen bizonytalan.

A *napenergia hasznosítást* a várhatóan erősödő globálsugárzás és a felhőzetben bekövetkező változások egyaránt érintik. A *vízenergia alkalmazását* alapvetően meghatározza majd a folyók módosuló vízhozama, a *szélenergia hasznosítását* pedig a széljárásban bekövetkező változások.

1. ábra
Közvetlen és közvetett éghajlati hatások, komplex társadalmi-gazdasági következmények



Forrás: Gyenes, 2005; IPCC, 2007; Bartholy, 2007. alapján a szerző szerkesztése.

Különösen bizonytalan a *mezőgazdasági alapú energiahordozók* kérdése. Az etanol, illetve a biodízel alapanyagául szolgáló kukorica és repce, illetve az erőművekben eltüzelte szalma és energiaerdők hozama minden bizonnyal módosul majd a klímaváltozás hatására, de ennek mértéke ma még ismeretlen. Amennyiben az éghajlatváltozás következményei kihatnak a gazdasági teljesítményre (pl. szállítási költségek, adók növekedése, import energia versenylőnye stb.), az elsősorban a „kis létesítményeket” érintheti kedvezőtlenül.

A felkészülés és az alkalmazkodás lehetőségei

1. Az energetikai tervezésben (erőmű-létesítés és -felújítás, elosztó hálózatok kialakítása, fogyasztóoldali energiagazdálkodás stb.) az éghajlatváltozás okozta új követelményeket teljes körűen figyelembe kell venni.
2. A megújuló energiahordozókkal kapcsolatos tervezés során (különösen a biomassza hasznosítás esetében) éghajlati hatás- és kockázatelemzést kell végezni.

Kritikus infrastruktúrát, közüzemek működését érintő hatások

Várható hatások, következmények

A heves szellőkésekkel járó viharok gyakoriságának növekedése és különösen az ezekkel járó *kidőlt fák veszélyeztetik a légvezetékeket*, áramátalakító berendezéseket, illetve a távvezetékek tartóoszlopait. Télen a *zúzmara és az ónos eső ráfagyása* jelent növekvő terhelést a légvezetékeken (Pálvölgyi, 2008).

A gyakoribbá váló forró napok fokozzák a *villamos energia csúcsterheléseket*, különösen a nagyvárosokban, ez pedig a váratlan és nagy kiterjedésű áramkimaradásokat okozhat.

Az erdős területeken a gyakoribbá váló *erdőtűzek*, az ártereken pedig az elöntések jelentenek új kockázatot a légvezetékeknek.

Az *ivóvíz ellátást* kedvezőtlenül érinti, hogy a víztározók, folyók és tavak szintje lecsökkenhet, de a vízminőségben is kedvezőtlen változásoknak nézünk elébe. A víz- és gázvezeték hálózatokon a változékonyabb téli időjárás miatt gyakrabban alakulhatnak ki *csőtörések*, amelyek akár ellátási problémákhoz is vezethetnek.

Az éghajlatváltozás következtében módosuló vízjárás igen lényeges az árvízvédelem szempontjából, de a csapadékviszonyok a hulladéklerakók és a szennyvíztisztítók működését is befolyásolják. A *hulladékgazdálkodás* vonatkozásában a növekvő egészségügyi és járvány kockázatok említésre méltóak.

Télen a *síkos utak* (pl. ónos eső) és a *rossz látási viszonyok (köd) előfordulása* gyaratpszik, ami a közlekedési feltételek romlását vonja maga után, de a villámcsapások gyarapodása a vasútbiztonsági berendezéseket is veszélyezteti. Ha a növekvő mennyiségű téli csapadék jelentős mennyiségű havazás formájában ér talajt, úgy a hóakadályok fellépésének gyakoribbá válása is elképzelhető.

A *légi közlekedés esetében a ködös, jegesedéssel járó napok gyakoribbá válása* kedvezőtlen helyzetet teremt, nyáron pedig a magasabb hőmérséklet az üzemanyag-

fogyasztás növekedését vonja maga után. A repülőtereken a hirtelen lezúduló csapadék-víz elvezetése jelenthet problémát (Wooller, 2007).

Az áruszállítás és a logisztikai szolgáltatások esetében nőhet a „just in time” készletgazdálkodási rendszerek klíma-érzékenysége, ami visszahat a gyártásra és a kereskedelemre.

A felkészülés és az alkalmazkodás lehetőségei

1. Villamos energia elosztó hálózatok, közlekedés-irányító rendszerek esetében lényeges a meteorológiai körülményekhez rugalmasan igazodó hálózat-üzemeltetés és monitoring kialakítása, továbbá a vezetékhálózat és a tartóoszlopok „éghajlatbiztos” felújítása, megerősítése.
2. A csatornahálózatok illetve a hulladéklerakók és szennyvíztisztítók tervezése során figyelembe kell venni a változó éghajlat szempontjait.

Hatások az épített környezetre és a városokra

Várható hatások, következmények

Az ár- és belvíz veszélyeztetett területeken nőhetnek a víz okozta épületkárok, a kedvezőtlenül változó szél- és csapadékviszonyok szintén növelik az építési kockázatot. Az épületszerkezeteket elsősorban a megváltozott hőteher és a hevesebb viharokkal járó szélteher és jégeső érintheti. Különösen veszélyeztetettek a tetőszerkezetek és a homlokzati elemek rögzítő elemei, amelyek vihar okozta károsodása még az új épületek esetében is előfordulhat (ECCP, 2007).

A kivitelezési helyszínek és tevékenységek növekvő időjárás érzékenységre számíthatunk. A nyáron végzett kültéri építési tevékenységek során a magas hőmérséklet és megnövekedett ultraibolya sugárzás fokozódó munkabiztonsági kockázatot jelent. A kültéri betonozási munkálatok feltételei is kedvezőtlenebbre fordulnak: a szárazabb és forró nyarak kedvezőtlenül befolyásolják a kötési időt, a nedvesebb őszi és téli szilárdsági problémákhoz vezethet.

Az ingatlanpiacon kiható változásra számíthatunk a lakóhely- és lakásválasztás esetében. Az ingatlanvásárlások során érzékelhető lesz a „menekülés a városokból”, illetve az energiatakarékos és klímabiztos épületek felértékelődése.

A hirtelen lezúduló csapadék alámoshatja a közúti és vasúti töltéseket, partfalakat, esetenként földcsuszamláshoz vezethet, a tartósabb aszály pedig ugyanezen műtárgyak állékonyságát rontja (süppedés). Az éghajlatváltozás kedvezőtlenül érintheti az utakat, autópályákat szegélyező növénytakarók, élőhelyek biológiai sokféleségét is.

Nyári hónapokban fokozódó aszfalt-károsodásokra számíthatunk. A huzamosabb ideig fennálló hőségnapok a burkolat nyomvályúsodásának drasztikus erősödését vonja maga után, különösen, ha a napi átlaghőmérséklet legalább három egymást követő napig nem süllyed 26 °C alá. A forró napok a vasúti sínek eldeformálódását, vetemedését is magukkal hozzák.

A fagypont körüli hőmérséklet és a változó halmazállapotú csapadékok is kedvezőtlenül érintik az útburkolatok állagát: az aszfalt repedéseibe szivárgó nedvesség

kátyúsodást okoz, amely jelenség szintén gyakoribbá válik majd. A hevesebb, erősebb széllekedésekkel járó viharok nem kímélik majd a közlekedésbiztonsági berendezéseket; közlekedési lámpákat, KRESZ-táblákat sem.

2008-ban az urbanizáció mérföldkőhöz ért: a történelem során először a világ népességének nagyobb hányada fog városokban lakni, mint vidéken. Az elmúlt években *a városok „szétterültek”, az őket körülvevő zöld- és mezőgazdasági területek kárára.* Az aszfaltozott utak, a városok ritkás növényzete, az egyre gyarapodó nagy üvegfelületű épületek és ezek hűtését szolgáló légkondicionálók használata *„ráerősítenek” az éghajlatváltozás okozta hőmérséklet-emelkedésre és helyenként már-már elviselhetetlen városi hőszigetet okoznak.* A városi hősziget-hatás erősödésével párhuzamosan a városok nem kellően átgondolt közlekedési infrastruktúrája, a gépjárművek számának és használatuknak növekedése együtt járulnak hozzá a *városi levegőtisztaság romlásához.*

Az éghajlat változékonyabbra és szélsőségesebbre fordulása kedvezőtlenül érintheti a *városi úthálózat állapotát és a közösségi közlekedést.* Az üzemanyagok áremelkedése és a közlekedési infrastruktúra fenntartási költségeinek növekedése is érzékelhető másodlagos hatást okozhat a városi közlekedésben. A városi csatornarendszereket, folyó menti közlekedési útvonalakat, hídpilléreket jelentősen megterhelhetik a gyarapodó és súlyosbodó áradások.

Az éghajlatváltozás kedvezőtlenül érintheti a *városi természeti és kulturális örökséget.* A hóhullámok, illetve a változékonyabb téli időjárás veszélyezteti a műemlékeket, közparkokat, miközben valószínűleg növekszik az igény a „természet” iránt.

A felkészülés és az alkalmazkodás lehetőségei

1. *Az új épületek tervezésénél* ösztönözni kell a napkollektorok, napelemek beszerelését, az alacsony energiafogyasztású (úgynevezett passzív) házak elterjesztését, a zöldtetők és a hőszivattyúk alkalmazását. Az épületen belüli víz- és szennyvíz hálózat tervezésekor előtérbe kell helyezni a használt vizek újrahasznosítását (pl. a fürdőszoba használt vizének alkalmazása WC öblítésre).
2. *A szél- és hőterhelések vonatkozásában* (különösen a homlokzati és tetőszerkezeti rögzítések esetében) „klímaturó” szabványok, építőanyagok és építési technikák kialakítása szükséges. Nem lehet múltbeli környezeti értékekre tervezni!
3. *Az előregyártott elemekből történő építés* mérsékli az építési területeken jelentkező klimatikus kockázatokat. A külső munkálatok szervezése során figyelembe kell venni, hogy a kedvezőtlen időjárási körülmények korlátozhatják az építést.
4. Új autópályák, vasútvonalak létesítése során *komplex éghajlati hatáselemzést* kell végezni és működtetésük során ki kell dolgozni az éghajlatváltozást figyelembevevő fenntartást.
5. Egyes, nagyobb tengelyterhelésű utaknál célszerű *beton burkolatot* használni a károsodások elkerülésére
6. Az ingatlanfejlesztéseknél törekedni kell a városi parkok, zöldfelületek bővítésére, melyek megfelelő „mozaikos” kialakítása mérsékelheti a városi hőkatlan hatást. Az irodaházak, lakóparkok, bevásárló-központok tervezésénél előtérbe kell helyezni a zöldtetők, „zöld balkonok”, illetve a passzív ház technológia alkalmazását.
7. A belterületi csapadékvíz-elvezető rendszereket a megváltozott csapadékvízviszonyokra kell méretezni.

8. Az urbanizáció „ördögi köréből” csak a klímabarát és a klímaváltozáshoz alkalmazkodó területfejlesztéssel törhetünk ki. Ehhez elengedhetetlen a felesleges utazást csökkentő településtervezés, a fenntartható fejlődés települési és térségi modelljének kialakítása, a természeti környezetet kímélő, az erőforrások takarékos felhasználását biztosító megoldások alkalmazása.

Komplex társadalmi-gazdasági hatások az infrastruktúrához kapcsolódó termelésben és a szolgáltatásokban

Várható hatások, következmények

Egyes *erőforrás-igényes ipari ágazatokat* (pl. vegyipar, élelmiszeripar, építőanyag-ipar) a vízhiány, a növekvő hűtésigény, növekvő CO₂ csökkentési költségek, változó fogyasztói igények egyaránt kedvezőtlenül érinthetik. Az áradások több, a Duna, illetve a Tisza partjára települt veszélyes ipari üzemet is veszélyeztethetnek.

Az *idegenforgalmi infrastruktúra* fejlesztése (pl. szálloda-, gyógyfürdő-, kikötő építés stb.) a magasépítéshez hasonló klímaérzékenységet mutat. A változó éghajlat kismértékben befolyásolhatja az idegenforgalmi építmények, műemlékek állagát, illetve másodlagos hatások jelentkezhetnek az építési költségek és a „szelíd” turizmus (pl. kerékpározás, természetjárás, falusi turizmus) elterjedése terén.

Az éghajlatváltozás módosuló munkakörnyezetet eredményez, elsősorban a *külső munkahelyeken*, például az építőiparban és a mezőgazdaságban. Szintén átalakulhat az irodai munkavégzés jellege: a kibírhatatlanul forró nyári időszakokban felmerülhet a szieszta vagy a hosszabb nyári szabadságok igénye is. Módosulhatnak a munkába járás szokásai is; a kerékpáros és gyalogos közlekedés várhatóan gyarapszik.

A különböző gazdasági tevékenységeket különbözőképpen érinti majd az éghajlatváltozás közvetlen és közvetett hatása. A hatások igen különbözőek lesznek az ágazatok között, sőt akár egy ágazaton belül is, a hely és fejlettség függvényében. Lehetséges, hogy hamarosan az éghajlatváltozás okozza majd a legnagyobb üzleti kockázatot.

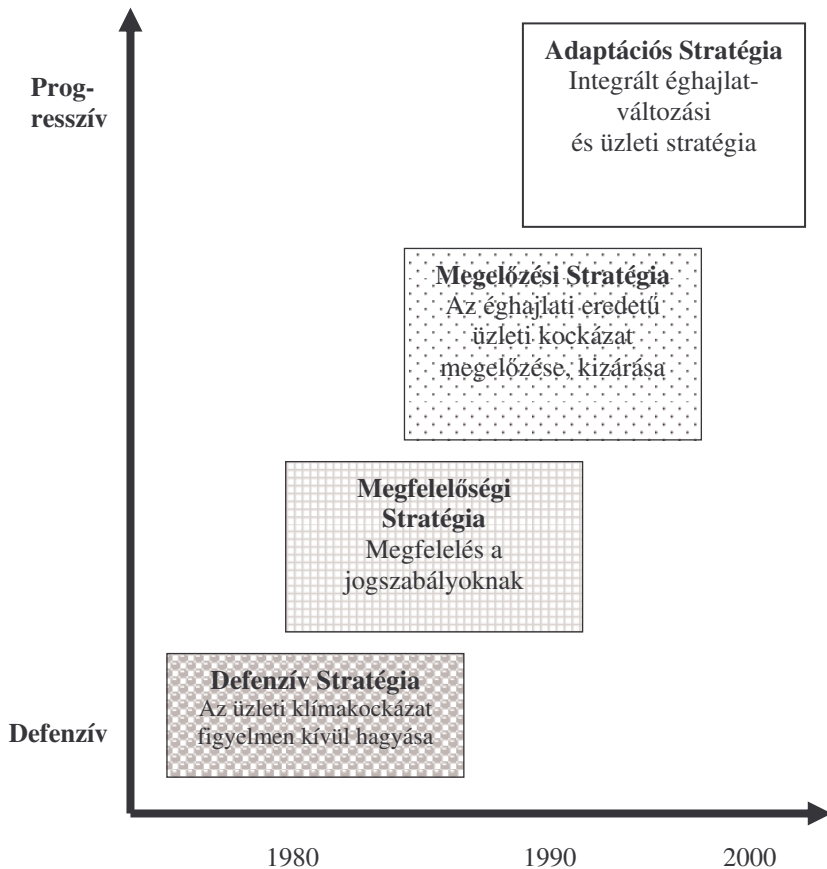
A vállalatoknak jelentős *környezeti és természeti kockázatokkal* kell szembenéznük (Pálvölgyi, 2006). Mint korábban bemutattuk, számos tevékenységet (pl. légi forgalom, szélerőművek, építési tevékenységek, idegenforgalom) közvetlenül érint az *időjárás kedvezőtlen alakulása*. A *vízjárás változása*, az aszályok és áradások negatívan befolyásolják a mezőgazdaságot, az élelmiszeripart, a víziközmű szolgáltatásokat és a partvidéki ipari infrastruktúrát. Az éghajlatváltozás különféle biológiai kockázatokhoz is vezethet: a *növénykártevők migrációja* kihat a mező- és erdőgazdálkodásra, a városi zöldfelület-gazdálkodásra, valamint egyes *járványos betegségek elterjedése* új kihívásokat jelent az egészségügyi szolgáltatások és az idegenforgalom számára.

Nem elhanyagolhatóak a *vállalatgazdasági kockázatok* sem. Az éghajlatváltozás közvetett hatásai számos termék és szolgáltatás *globális vagy helyi piacait átrendezheti*. Megnöhet a fosszilis és a biomassa energiahordozók, az élelmiszer, valamint az ipari és mezőgazdasági alapanyagok ára, nőhetnek a közlekedési, logisztikai költségek. Egyes ágazatokban (pl. kőolajipar, vegyipar, élelmiszeripar, ingatlanpiac) *nehezen előrebecsülhető tőzsdei folyamatok* indulhatnak. Számos tevékenység esetében (pl. erőművek, nehézipar, élelmiszeripar, vegyipar, közműszolgáltatás, távközlés) az *energia-*

alapanyag- vagy vízellátás akárcsak átmeneti zavarai is súlyos károkat okozhatnak (2. ábra).

Az éghajlatváltozás tovaryűrűző hatásai a gazdasági tevékenységek *humán tényezőit, illetve a munkabiztonságot, vagyonvédelmet* sem hagyják érintetlenül. A klímaváltozás okozta *egészségügyi hatások* kedvezőtlenül érintik a szabadtéri munkavégzést (pl. építőipar, mezőgazdaság, idegenforgalom) illetve a közlekedésbiztonságot (pl. tömegközlekedési, szállítmányozási szolgáltatások). Várható, hogy az éghajlatváltozás egyes munkahelyeken a *munkakörülmények romlásához vezet* (pl. építőipar, közlekedési szolgáltatások, mezőgazdaság), így itt a munkavállalók, szakszervezetek részéről nagyobb nyomással (pl. bérkövetelések, sztrájkok) és magasabb munkavédelmi költségekkel kell számolni.

2. ábra
Alkalmazkodási stratégiák fejlődése



Forrás: Pálvölgyi, 2007.

A felkészülés és az alkalmazkodás lehetőségei

1. Az éghajlatváltozást üzleti kockázatként kell kezelni, és teljes mértékben figyelembe kell venni az üzleti tervekben.
2. Az éghajlatváltozásra való felkészülés egyik hatásos eszköze a kibocsátások csökkentését és az éghajlati eredetű kockázatok mérséklését egyaránt felölelő *vállalati éghajlat-változási stratégiák* kialakítása lehet. A mitigációra és adaptációra vonatkozó üzletstratégiai felkészülés szükségessége, költsége és az elkerült veszteség mértéke tevékenységenként igen különböző lehet, az azonban bizonyos, hogy a halogatás lemaradás!
3. Vállalati *esettanulmányok* (kockázatelemzés és stratégiaalkotás) részletes kidolgozása szükséges a termelőágazatokban (pl. energiaipar, élelmiszeripar, víziközművek) és szolgáltató ágazatokban (pl. közlekedési vállalatok, bankszektor, biztosítóipar)

Irodalom

- Bartholy J. – Pongrácz R. – Gelybó Gy. 2007: Regional climate change expected in Hungary for 2071–2100. – Applied Ecology and Environmental Research .1. pp. 1–17.
- Bukovics I. 2004. A klímaváltozás lehetséges hatásai és a lakosságot érintő katasztrófavédelem. – „AGRO–21” Füzetek. 36. pp. 3–31.
- ECCP 2007: European Climate Change Programme Working Group II: Impacts and Adaptation Regional Planning, Energy and Public Infrastructure and Structural Funds. Sectoral Report
- Gyenes Zs. 2005. Extrém időjárási események az infrastruktúra sérülékenysége. www.vedelem.hu
- IPCC 2007. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület negyedik értékelő jelentése, a munkacsoportok vezetői összefoglalói. KvVM–OMSZ.
- Overbye, T. et al 2007: The Electric Power Industry and Climate Change: Power Systems Research Possibilities. Power Systems Engineering Research Center, Washington (PSERC Publication 07–16).
- Pálvölgyi T. 2006: A stratégiai környezeti vizsgálatok klíma elemei. – „AGRO–21” Füzetek. 47. pp. 3–16.
- Pálvölgyi T. 2007: Olvadó gleccserek, olvadó profit? az éghajlatváltozás hatása a vállalatokra. Előadás a KÖVET Konferencián.
- Pálvölgyi T. et al, 2008: Tizenöt év az éghajlatvédelemben: küzdelmek, kihívások, kétségek. EMLA, Budapest. (Megjelenés alatt).
- Stróbl Alajos, 2005: Magyarország villamosenergia-fogyasztása, az igények alakulása. Magyar Atomfórum Egyesület, Budapest.
- Wooller, S. 2007: The Changing Climate: Impact on the Department for Transport. London.

Lingvay József¹

AZ ENERGIATERMELÉS ÉS FOGYASZTÁS KIHATÁSAI A GLOBÁLIS FELMELEGEDÉSRE²

Absztrakt

Az energiatermelésnek, szállításnak és felhasználásnak több negatív hatása van a természetre: a légkör szennyezése porral és gázokkal, elektromágneses szennyezés stb. Ezek számottevően hozzájárulnak a Föld globális felmelegedéshez, valamint a klímaváltozáshoz. A modern, környezetbarát technológiák, műszaki megoldások bevezetésével, racionális életmóddal, az energiatermelés és fogyasztás csökkenthető. Ezek bevezetésének a feltétele a TUDÁS, amely csak megfelelő oktatással biztosítható.

Kulcsszavak

Energia, anyagok, rossz gyakorlatok, fotoszintézis, globális felmelegedés, klímaváltozás.

Bevezetés

Az emberiség közbelépése, tevékenységei által környezetünk, főleg a bioszféra szennyezettsége egyre komplexebb [1–3]: ezt a gázok (CO₂, NO_x, SO₂ stb.), por koncentrációja, az ionizáló sugárzások, elektromágneses jelek (elektromágneses szennyezés [3–5]) stb. jellemzik.

Környezetünk szennyezésében az emberiség energiafogyasztásának (termelés, szállítás, fogyasztás) számottevő része van. Sajnos gyakoriak azok az esetek, amikor a hiányos tudás, az emberi rossz gyakorlatok hatására az energiafogyasztás számottevően nagyobb a minimálisan szükségesnél (Lingvay, 2007a, 2007b, 2007c; Climate Change 2001), azaz energiát pazarolunk és ezáltal szükségtelenül szennyezzük a környezetet.

A *dolgozat célja* megvizsgálni az energiatermelés valamint az emberi tevékenységek kihatásait a globális felmelegedésre.

Energiaforrások - energiatermelés – klímaváltozás

Elvileg, az atomenergiát kivéve, minden energiaforrásunk a napsugárzásnak tulajdonítható: vízenergia – a víz természetbeni körforgásának az értékesítése, szélenergia – a légtömegek mozgása a hőmérsékletkülönbségek (napsugárzás) hatására, fosszilis és bioenergia-források – a légtérben levő szén-dioxid szerves vegyületekké való átalakulásából (fotoszintézis – napfény) erednek.

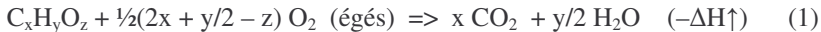
Az emberiség energiaszükségletének számottevő részét pillanatnyilag a fosszilis és bioenergia-források biztosítják. Ezek felhasználása – minden esetben – számottevő (a ter-

¹Tudományi titkár, Villamosmérnöki Nemzeti Kutató Intézet (INCDIE ICPE-CA), Bukarest.

²A szerző köszönettel tartozik a Nevelési és Kutatási Minisztériumnak (M. Ed. C.) a PN2 „PLANTINHIB” projekt anyagi támogatásáért.

melt energiával arányos) szén-dioxid képződéssel jár. A képződött/kibocsátott szén-dioxid egyrészt számottevően növeli az üvegházhatást, másrészt csökkenti a légtér oxigéntartalmát. A mai ismeretek alapján a szén-dioxidban levő karbon lekötése, valamint az oxigén visszanyerése csak fotoszintézis által lehetséges.

Energiatermelés – Carbon ciklus a természetben: Az élőlények (az emberi szervezet is) az életfenntartó energiaszükségletet a természetes, „belső” égési folyamatok (anyagcsere) által biztosítják (a táplálékok szervesanyag-tartalmát a belélegzett levegő oxigénjével oxidálják – exoterm folyamat). Ennek mintájára az emberiség kényelmét, tevékenységét, mindennapi szükségleteit kielégítő energiaszükségletet az ember a fosszilis vagy bio-energiaforrások szerves anyag tartalmának ($C_xH_yO_z$) ipari égetése (exoterm reakció) által felszabadult hőenergiával ΔH biztosítja (1):



ahol $x \in \mathbb{N}^*$, $y \in \mathbb{N}$, $y > 1$, $z \in \mathbb{N}$), vagyis: x lehet 1 vagy 1-nél nagyobb egész szám, y lehet 2 vagy 2-nél nagyobb egész szám, és z lehet 0 vagy 0-nál nagyobb bármely egész szám.

A felszabadult hőenergia $-\Delta H\uparrow$ felhasználása a szükségletek függvényében lehet közvetlen (hőenergia – melegítés, főzés) vagy átalakított (elektromos, mechanikai energia stb.).

Tehát az élet és az emberiség energiaszükségletének kielégítése a fosszilis és bio-energia-források használata által oxigénfogyasztással és szén-dioxid (CO_2) kibocsátással jár.

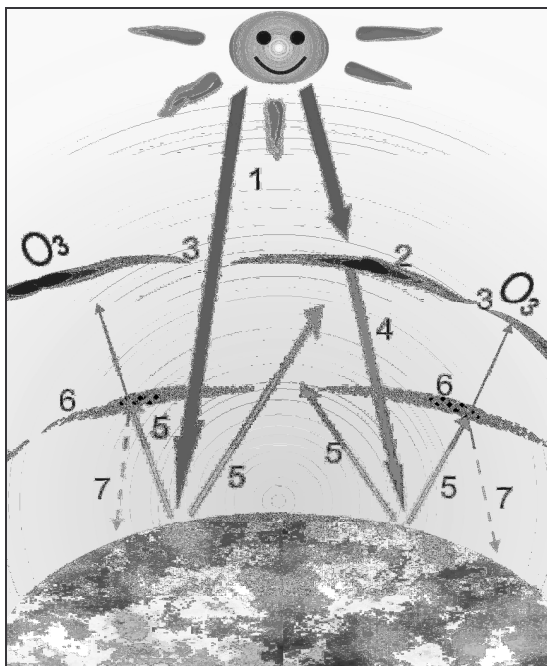
Az energiatermelő reakció (1) folytán kibocsátott CO_2 a napfény (napenergia) hatására víz (nedvesség) és klorofil jelenlétében („zöldfelület”) újra szerves anyaggá alakul, és a CO_2 -ben lekötött oxigén egy része felszabadul (fotoszintézis – endoterm folyamat) (2):



A (2) folyamat egy komplex, endoterm fotoelektrokémiai reakció. Csak a klorofil (katalizátor) jelenlétében megy végbe, tehát a bioszféra szén-dioxid „feldolgozási” kapacitása a pillanatnyilag „élő zöldfelület”-tel egyenesen arányos – azaz korlátozott. Ebből adódóan ha az emberiség egyensúlyban akarja tartani a bioszférát, akkor arra kell törekednie, hogy az atmoszféra oxigén és szén-dioxid tartalmának aránya állandó értéken maradjon (ne legyen CO_2 „túltermelés”). Ez úgy érhető el, hogy csak annyi CO_2 termelődjön, mint amennyit a pillanatnyilag (még)létező „zöldfelület” képes a (2) folyamat szerint feldolgozni. Tehát globálisan az (1)-es által termelt $-\Delta H\uparrow$ ne legyen több mint amennyi fénysugárzást (hv) fotoszintézis által (2) képes a növényvilág lekötni.

Globális felmelegedés, üvegházhatás, antropikus CO_2 kibocsátás: A Föld energiaszükségletét a napsugárzás biztosítja. Az idők folyamán a földfelszínen egy energetikai egyensúly állt be („világteremtés”), azaz a bioszférába csak annyi és olyan napsugárzás jut el, amennyire itt, normális körülmények között szükség van. Ezt biztosítják (tölták) az ózonréteg (a napsugárzás szűrése és csillapítása), valamint a földfelület sugárzás-visszaverő kapacitása. Az emberi, antropikus, tevékenységek révén ez az egyensúly felborul (1. ábra).

1. ábra
A bioszféra energetikai egyensúlyának vázlata



Jelmagyarázat: 1 – Napsugárzás; 2 – Ózonréteg; 3 – Lyuk az ózonrétegben; 4 – Az ózonréteg által szűrt és csillapított napsugárzás; 5 – A földfel-színről visszavert sugárzás; 6 – Az atmoszféra szennyezése (por, CO₂, NO₂, SO₂ stb.); 7 – A szennyezések által a Földre visszavert sugárzás = üvegházhatás .

Forrás: A szerző szerkesztése.

Az 1. ábrából kitűnik, hogy a bioszféra energetikai egyensúlyát több tényező határozza meg: az ózonréteg folytonossága és vastagsága, a talajfelszínről visszavert sugárzás, a légtérben levő szennyeződések (üvegházhatás) stb.

Az ózon, természetes úton, az atmoszféra felső rétegeiben képződik, főleg az ibolyántúli sugárzás és a sztatikus kisülések hatására (3):



Az ózon egy aránylag instabil vegyület. Könnyen elbomlik (4),



főleg egyes oxigénnel reagáló vegyületek hatására, amelyek a natív O^{*}-t lekötik (szénhidrogének – CH₄, halogénezett szénhidrogének – freon stb.) vagy katalizálják a (4)-es folyamatot (NO_x). Ez az ózonréteg vékonyodását – kilyukadását – eredményezi, tehát a

napsugárzást szűrő és csillapító hatás csökkenését is okozza. Így több és erősebb ibolyántúli sugárzás éri a földfelszínt.

A földfelszínre érő napsugárzás részben elnyelődik és vegyi energiává (fotoszintézis) vagy hővé alakul (melegíti az érintett felületet), részben (az érintett felület minőségének a függvényében) visszaverődik. A földfelszínről visszavert sugárzás csak részben hagyja el az atmoszférát, mivel a légtérben levő szennyeződések (por, CO₂, NO_x, SO₂, vízpára stb.) visszaverik (üvegházhatás) vagy elnyelik (lokális túlmelegedések), – azaz klímaváltozást eredményeznek.

Kimutatták, hogy az üvegházhatás képződésében a legnagyobb szerepe a CO₂-nek van, de számottevő az NO_x, SO₂ valamint a porszennyeződésnek a szerepe is. Mindezek nagy része az „energetika” terméke, a fosszilis energiaforrások égetéséből származik.

Mindezekből következik, hogy bármely fosszilis (azaz „történelmi bio”) energiaforrás felhasználása nem csak a fotoszintézis korlátolt kapacitását meghaladó CO₂ túltermelését eredményezi, hanem számottevően hozzájárul az üvegházhatás növekedéséhez, a globális felmelegedéshez.

Sajnos az emberiség mai energiaszükségletének kielégítése elképzelhetetlen a fosszilis energiaforrások nélkül. A CO₂ túltermelés és a légszennyezés számottevő, ezzel számolni kell. Ilyen irányú intézkedések történtek is, de sajnos a felmérések azt mutatták, hogy 2006-ban a CO₂ kibocsátás minden kvóta ellenére kb. négyszer meghaladta a kvótákban megállapított mennyiségeket.

Ugyancsak sajnálatos, hogy az emberiség egyrészt CO₂ túltermelést produkál, másrészt állandóan épít, azaz állandóan nőnek a „szürke” felületek és csökkennek a „zöld” felületek. Tehát a bioszféra CO₂ feldolgozó kapacitása állandóan csökken. Ehhez nagymértékben hozzájárulnak az intenzív erdőirtások is.

Az 1. táblázat 1., 2., 3., 4., 5. és 7. oszlopa mutatja be néhány ország üvegházhatást keltő szennyezőanyag-kibocsátását 1990 és 2005 között, 1000 tonna CO₂ ekvivalensben kifejezve, az ENSZ aránylag friss adatai alapján (ENSZ, 2005). A táblázat 6. oszlopában a 2005-ben kibocsátott szennyezők ezer lakosra jutó, a szerző által számított értékei vannak feltüntetve.

Az 1. táblázat adatait elemezve megállapítható, hogy a vizsgált országok közül az ezer lakosra jutó szennyezőanyag-kibocsátás a legnagyobb – az átlagnál kb. kétszer nagyobb – Ausztráliában, Kanadában és az Amerikai Egyesült Államokban. Sajnos ugyanekben az országokban a szennyezőanyag-kibocsátás alakulása 1990 és 2005 között számottevő növekedést mutat. Ugyancsak megállapítható, hogy környékünkön – Görögországot kivéve, ahol, bár a szennyezőkibocsátás az átlagosnál nagyobb, mégis 26,6%-os növekedést könyveltek el – a szennyezés kibocsátás az átlagosnál általában kisebb és remélhető, hogy a jövőben még csökkenni fog. Ebből a szempontból, a bejelentett adatok alapján, a helyzet talán Magyarországon és Romániában a legjobb, ahol a regisztrált értékek az átlagosnál 20–40%-kal kisebbek, és a szennyezés kibocsátás 30–40%-os csökkenő tendenciát mutat.

I. táblázat

Az évi üvegházhatást eredményező kibocsátások országoként – ekvivalens CO₂-ben kifejezve (1 Gg = 1000 tonna)

Ország	Évi ekvivalens CO ₂ kibocsátás [Gg]							2005: Gg/1000 lakos	Változás (%) 1990/2005
	1990	1995	2000	2004	2005	2005	2005		
0	1	2	3	4	5	6	7		
Ausztrália	418 275	444 656	497 611	523 590	525 408	24,655	25,6		
<i>Ausztria</i>	79 053	80 294	81 116	91 177	93 280	11,396	18,0		
Belgium	145 766	152 143	147 529	147 651	143 848	13,806	-1,3		
Kanada	595 954	645 654	720 898	747 350	746 889	23,626	25,3		
Horvátország	31 124	21 913	25 268	29 432	29 432	6,552	-5,4		
<i>Csehország</i>	196 204	154 463	149 024	147 130	145 611	14,241	-25,8		
Dánia	70 442	77 447	69 657	69 755	65 486	11,959	-7,0		
Finnország	71 000	71 537	70 016	80 896	69 241	13,109	-2,5		
Franciaország	567 303	562 729	564 073	561 028	558 392	8,661	-1,6		
Németország	1227 860	1 095 654	1 019 764	1024 957	1 001 476	12,182	-18,4		
Görögország	108 742	113 195	131 756	137 633	137 633	12,241	26,6		
<i>Magyarország</i>	115 682	79 217	77 310	79 176	80 219	7,989	-30,7		
Olaszország	516 851	530 264	551 594	577 859	579 548	9,767	12,1		
Japán	1272 043	1 343 636	1 347 622	1 356 989	1 359 914	10,680	6,9		
Hollandia	212 963	225 070	214 433	218 445	212 134	12,864	-0,4		
Lengyelország	586 903	453 170	405 078	396 651	398 952	10,467	-32,0		
<i>Románia</i>	282 467	186 967	138 584	160 059	153 654	6,889	-45,6		
<i>Szlovákia</i>	72 051	52 548	47 448	48 595	47 866	8,775	-33,6		
Törökország	170 059	220 719	279 956	296 602	296 602	4,202	74,4		
Egyesült Királyság	771 415	710 129	673 967	660 424	657 396	10,781	-14,8		
USA	6 229 041	6 560 936	7 125 881	7 189 715	7 241 482	23,834	16,3		
						Átlag			
						12,318			

Forrás: ENSZ, 2005. alapján a szerző szerkesztése.

Racionális energiafogyasztás

A különféle emberi szükségletek kielégítéséhez (komfort, áruterelés, szállítás stb.) energia szükséges. Minden áru, szolgáltatás energiát igényel – tehát egyben CO₂, valamint más üvegházhatást növelő szennyező termelésével is jár. Ezekre való tekintettel az emberi tevékenységek által okozott felmelegedési folyamatok lassításának két járható útja van:

- a racionális energiatermelés és fogyasztás, minél kevesebb fosszilis energiaforrás felhasználásával;
- a fotoszintézis kapacitás növelése.

Ami az energiatermelést illeti – ez megegyezik az energiafogyasztással. Tehát az energiát csak racionálisan, azaz csupán a minimális szükségletek kielégítésére és hatékonyan (magas hatásfokkal) lenne szabad felhasználni. Sajnos világviszonylatban még mindig üzemeltetnek olyan berendezéseket, technológiákat, amelyek fajlagos energiafogyasztása számottevően meghaladja a már ismert és iparilag használt legjobb megoldások fogyasztását. Ezzel kapcsolatban néhány reprezentatív adatot (Climate Change, 2001) a 2. táblázat tartalmaz.

2. táblázat

Különböző iparágak átlagos fajlagos energiafogyasztása a 2001-ben már üzemelő legjobb technológiákhoz képest (%), országanként

Ország	Országos átlag (%) iparáganként:			
	ammónia	vas + acél	cement	papír + cellulóz
Belgium	138	128	128	115
Németország	123	125	110	107
Hollandia	145	122	108	118
UK	162 !	150 !	135	119
USA	164 !	160 !	135	145
Dél-Amerika	142	145	145	– ? –
Lengyelország	– ? –	235 !	170 !	– ? –
Volt Szovjetunió	– ? –	– ? –	230 !	– ? –

Forrás: ENSZ 2005. adatai alapján a szerző szerkesztése.

A 2. táblázat adatait elemezve megállapítható, hogy a 2001-es adatok alapján, az energiapazarlás, még az iparilag fejlett országokban is számottevő – esetenként az 50%-ot is meghaladja. A 2. táblázat adatait összevetve az 1. táblázat adataival megállapítható, hogy:

- Lengyelországban, a különösen rossz energetikai hatásfokkal működő vas és acélipar (kohászat) leépítése 1990 után, az évi szennyezőanyag-kibocsátást kb. 150 000 000 tonnával csökkentette, és így az átlagos, ezer lakosra jutó CO₂ kibocsátás a vizsgált országok átlaga alá csökkent;
- A világ egyik legnagyobb energia pazarlója és a legnagyobb szennyezője az USA, ahol az ipari energiapazarlás 35–64%, és ugyanakkor az egy lakosra jutó ekvivalens CO₂ kibocsátás meghaladja az évi 23,8 tonnát!

A mindennapi gyakorlatban gyakran találkozunk olyan esetekkel, amikor a nagy energiafelhasználással előállított anyagok nincsenek megfelelően hasznosítva, ennek következtében az építmények aránylag rövid időn belül tönkremennek, javítá-sokra/újjaépítésre szorulnak, tehát anyag- és energiapazarlás történik. Ezzel kapcsolatban megemlítendő, hogy a világ acéltermelésének kb. 15–20% a korrodált/elrozsodott épít-mények javítására, cseréjére lett felhasználva, habár a legtöbb esetben a modern kor-rózióvédelmi eljárások bevezetésével a korróziós károk megelőzhetők lennének.

Másrészt nagyon gyakoriak azok az esetek, amikor, a „fogyasztói társadalom” szel-lemében, még felhasználható áruk, termékek stb. vannak kivonva a forgalomból és helyette-sítve csak azért, mert már nem „divatosak”. Mindez „pazarlás”, ami a globális felmelegedést számottevően gyorsíthatja.

A fotoszintézis kapacitás növelését elsősorban intenzív erdőtelepítésekkel lehetne elérni, ami számottevően hozzájárulna egyrészt az áradások megelőzéséhez, másrészt a levegő szennyezettségének a csökkentéséhez. Közismert dolog, hogy az erdőtelepítés – minden környezetvédelmi előnye ellenére – gazdasági profitot csak aránylag hosszú távon (legalább 50 év) eredményez. Ebből kifolyólag „kutya ugat, pénz beszél” alapon egyelőre sokkal gyakrabban hallunk erdőirtásról, mint erdőtelepítésről.

Tekintettel mindezekre megállapítható, hogy az utóbbi években tapasztalható komoly klímaváltozás gyökerei tulajdonképpen az emberi tevékenységeknek tulajdoníthatók. Miért pont az utóbbi években? Azért, mert az emberiség egy olyan gazdasági és társa-dalmi fejlettségi fokra jutott, amelyben elsősorban a kényelmet, a termelést és fogyasz-tást („fogyasztói társadalom”), valamint a gazdasági profitot tartja szem előtt és nem a racionális, környezetkímélő, egészséges életmódot.

Következtetések

Az energiatermelés hatásainak a környezetre valamint a globális felmelegedésre elvég-zett vizsgálata, elemzése alapján megállapítható, hogy a fosszilis energiaforrásokból való energiatermelés számottevően hozzájárul a bioszférában végbemenő szén-ciklus egyensúly felborulásához, így szén-dioxid „túltermelést” és egyéb szennyező anyagokat eredményez, amelyek nagymértékben meghatározzák az üvegházhatást és a globális felmelegedést. A termelt energia számottevő részét az ipari tevékenységek használják fel (árutermelés, szállítás). Az ipari termelésben használt berendezések, technológiák fajlagos energiafogyasztása messzemenően meghaladja a már ismert és iparilag üze-meltetett műszaki megoldások által elérhető minimális fajlagos fogyasztást : tehát sok esetben az energiát pazarolják. A rossz emberi gyakorlatok következtében az egyes területeken – pl. a korrózióvédelem hiánya, rossz tervezés stb. – az anyag- és/vagy energiapazarlás számottevő. Az anyagok, áruk racionális, energiatakarékos felhaszná-lása és termelése a modern technológiák és műszaki megoldások bevezetésével, alkalmazásával megoldható: ez tudást igényel, amelyet az iskolának, az oktatásnak kell biz-tosítani. A fogyasztói társadalomnak, valamint az anyagi, profit-beállítottságú szemlélet-nek, nevelésnek káros kihatásai vannak a természetre, gyorsítják a globális felmelege-dést.

Hova tovább – mi a teendő?

Világviszonylatban a globális felmelegedés és az ezzel járó klímaváltozások egyre inkább éreztetik negatív hatásait. Az utóbbi évtizedben a folyamat számottevően felgyorsult. E gyorsulás mérsékléséhez sürgős lépések szükségesek: elsősorban egy valós tudáson alapuló, racionálisan élő társadalom kialakítása, amelyben a racionális fogyasztás és az erdőtelepítés, valamint a környezetvédelem legyenek előtérben. Ez csak megfelelő neveléssel, oktatással érhető el.

Irodalom

- CLIMATE CHANGE, 2001: Third Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.
- ENSZ National greenhouse gas inventory data for the period 1990–2005, Subsidiary Body for Implementation, Twenty-seventh session, Bali, 3–11 December 2007.
- Lingvay, Iosif – Isoc, Dorin 2006: Coroziunea în mediile construite și diagnosticarea ei, Editura Electra, București, 2006. pp. 13–24
- Lingvay, Iosif 2007: Corrosion, mal praxis, education and the global warming, URB-CORR 2007, Cluj-Napoca – Romania, June 20–23. 2007. pp 185–189.
- Lingvay, József 2007: Energy Production and Using – the Determinant Factor of Global Warning, EMT – „International Conference of Computer Science and Energetics -Electrical Engineering” – XVII SzámOct + VIII ENELKO 2007, Cluj, October 11–14. 2007. pp. 114–118.
- Micu, Doru – Dan, Lingvay, Iosif, Simion, Emil 2006: Modelarea și predicția fenomenelor de interferență în regim electrocinetic, Editura Electra, București, 2006. pp.11–26.
- Lingvay, Iosif, Lingvay, Carmen 2007: The impact of electro-magnetical pollution on the natural electrochemical reactions, URB-CORR 2007, Cluj-Napoca – Romania, June 20–23. 2007. pp. 85–97.

III. Megújuló energiák

KOOPERÁCIÓS REMÉNYEINK A KÁRPÁT-MEDENCE MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSAINAK HASZNOSÍTÁSÁBAN

Absztrakt

A Kárpát-medence olyan természetföldrajzi tájegység, amelyet már több mint nyolc évtizede merev politikai földrajzi határok szabdalnak részekre. Az európai integrációs törekvések jótékony hatásaként oldódni látszik ez a lassan egy évszázados, szigorú politikai elkülönülés. Persze mindig vannak olyan erők, amelyek ezt nem nézik megelégedéssel, és tevőlegesen is igyekeznek zavart kelteni.

A sok történelmi seb és félelem gyakran hosszabb-rövidebb időszakokra ismét képes eltántorítani a feleket egymástól, a mindkét fél számára hasznos kapcsolatok megerősítésétől. Az egyre erősebben összefonódó gazdasági szálak azonban, reményeink szerint, előbb-utóbb az ésszerű megbékélés irányába kényszerítik a politikai ellenlábásokat is. Hasonló ellenségeskedést követő, közös gazdaságépítési folyamatnak Európa nyugati felében már konkrét eredményeit is élvezhetik több ország polgárai. Mi, a Kárpát-medencében élők, magyarok és nem magyarok pedig még csak reménykedhetünk ebben. A szerző jelen munkájának célja, hogy az energiagazdálkodás és a megújuló energiaforrások nagyobb arányú kihasználásában megfogalmazható kölcsönös érdekeltiséget röviden bemutassa.

Kulcsszavak

Primer energia, megújuló energia fajták, energia-szerkezet

Bevezetés

Óvatos törekvések már elindultak a gazdasági szálak Kárpát-medence térségén belüli megerősítésére. A folyamatosan enyhülő társadalmi előítéletek közepette és a politikai játszmák napi hullámverésén túl a gazdasági kapcsolatok egyre nagyobb arányú szélesedése, a gazdasági összefonódás mindenkinek előnyös kihívásai azt ígérik, hogy a jövőben az itt élő emberek számára az összetartozás, összefogás megvalósítása lehet csak az elfogadható stratégia. Ehhez éppen a megújuló energiaforrások fokozott hasznosításában rejlő lehetőségek járulhatnak hozzá a legnagyobb mértékben. Jó lenne ez ügyben erősíteni a bizalmat, és a már működőképes kölcsönös gazdasági érdekeltégeket rövid időn belül érvényesíteni. Az Európai Unión belüli együttműködés, akár környezetvédelemre orientált projekteken gondolkodnak a résztvevők, akár a konkrét energetikára irányuló kooperációról van szó, nagyon sok előnnyel jár mindenki számára. A legelső lépés ehhez talán az lehetne, ha a vízenergia hasznosítás és hasznosíthatóság elvi és elméleti témájában konszenzusra jutnának a Kárpát-medence országai-
ban élők.

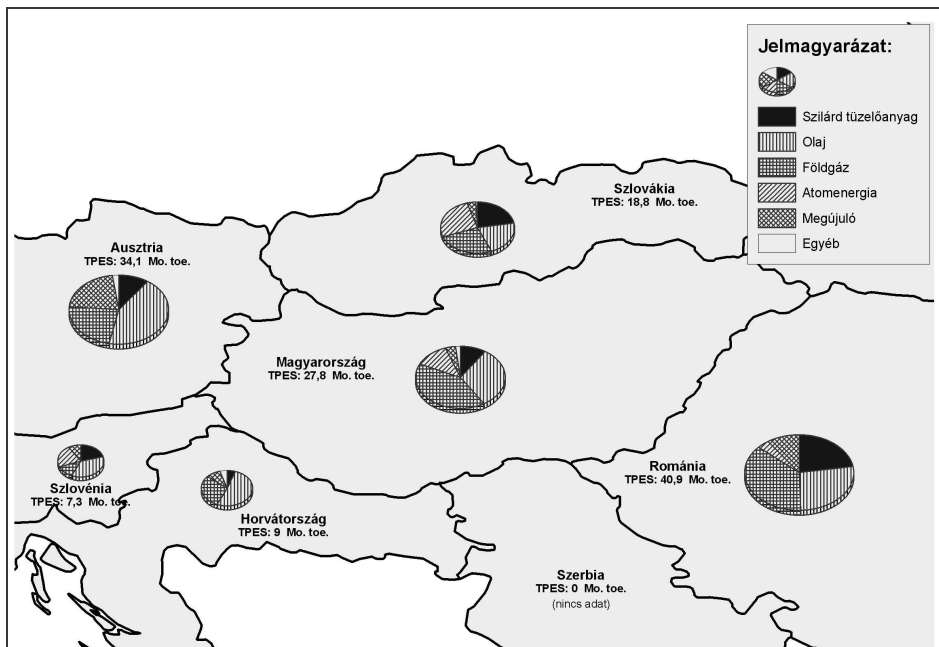
¹ Egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi Intézet.

A primer energiahasználat szerkezeti összetételének jellemzői a Kárpát-medencében napjainkban

A Kárpát-medencei országok elsődleges energia felhasználásában a teljes népességszámukon kívül sokkal inkább a gazdasági fejlettség különbözőségei tükröződnek. A hazánkénál körülbelül háromszor nagyobb népességű Romániában a statisztikailag is megfogható teljes primer energia fogyasztás alig nagyobb mértékű, mint a Kárpát-medence nyugati felét érintő Ausztriában. Magyarország Szlovákiához és Horvátországhoz viszonyítva hiába kétszer akkora lélekszámú, az energiafogyasztás a szlovákoknál több mint a fele a magyarországinak, a horvátoké pedig alig az egyharmada (1. ábra).

A klimatikus különbségek következményeire is figyelve megfogalmazható, hogy az energia-felhasználás mértéke sokkal inkább a gazdaság szerkezeti jellemzőivel és az ország technikai-műszaki felkészültségével függ össze, és csak ezek után a lakosság számával.

1. ábra
Primerenergia-felhasználás nagyságrendje és összetétele a Kárpát-medence országáiban



Forrás: Szelesi Tamás (szerk.), 2007.

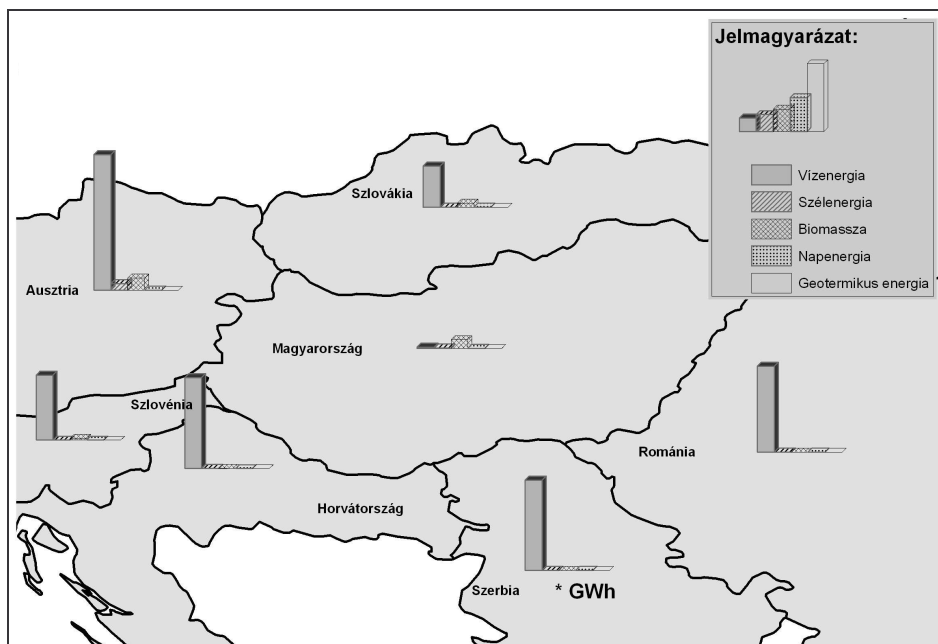
(http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/pocketbook/doc/)

Ez a megállapítás tovább finomítható, ha az elsődleges energiafelhasználás összetételét is vizsgáljuk. A Kárpát-medencében fekvő országok közül a keletebbre és északabbra elhelyezkedőknél a szén és a földgáz aránya a magasabb, míg a déli és nyugati peremen a kőolaj primátusát figyelhetjük meg. Ezek az utóbbi országok kevésbé voltak Oroszország közvetlen befolyási övezetében, és itt a motorizáció kibontakozását nem akadályozták adminisztratív módszerekkel. Az is igaz, hogy helyi szénhidrogénforrásokkal gyakorlatilag nem rendelkeztek, és a szükségleteket ma is importból fedezik. Tehát az előbbieket mellett a történelmi fejlődési pálya eltérő sajátosságai is megmutatkoznak a bemutatott diagrammokon. A tájak eltérő primerenergia potenciáljának módosító hatása csak alig-alig érhető tetten. Ez arra utal, hogy *sokkal inkább a globalizációs folyamatok lenyomatai a jelenlegi elsődleges energia-felhasználási jellemzők*, és csak másodrangú befolyásoló tényezők a tájak eltérő természeti adottságainak következményei.

A természeti adottságokhoz határozottan kötődő megújuló energiafelhasználás Ausztriát kivéve csekély mértékű és arányú. Ha a megújuló primer energiaforrások főcsoportjait is külön megvizsgáljuk, kitűnik a vízenergia túlsúlya (2. ábra).

2. ábra

Megújuló energia felhasználás forrásösszetétele a Kárpát-medence országaiban



Forrás Szelesi Tamás (szerk.), 2007.
[\(http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/pocketbook/doc/\)](http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/pocketbook/doc/)

Kézenfekvő helyzet ez a domborzati adottságok alapján, mert ezek a gyakran kiskapacitású erőművek a Kárpát-medence környéki hegyvidékekről a medence aktuális erózióbázisa irányában lefutó folyók vizének mozgási energiájára épültek. A vízerőművek csak a medence belsejében fekvő Magyarországon játszanak jelentéktelen szerepet. Itt viszont a biomassza felhasználás az, amely a megújuló energiaforrások hasznosításában élen jár, miközben abszolút értéke roppant csekély. Ausztria az az ország, amely a legtöbb fajtáját hasznosítja a megújuló energiáknak, hiszen a biomassza mellett a szélenergia is jelentős beépített kapacitással hasznosul.

A szomszédos országok összefogása az energiagazdálkodásban fokozza az érintett térség versenyképességét

A klímaváltozás fenyegető réme még olyan térségekben is összefogásra készítené majd népeket, ahol a történelmi tapasztalat tanulságai a távolságtartást erősítik. *A klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban a közös érdekek lesznek az erősebbek.* A sajátos földrajzi tájegységként megjelenő kárpáti hegykoszorún belül, a hagyományos fosszilis tüzelőfélések egyszerű égetésével nyert energia hatalmas mennyiségű káros égéstermék halmazát hozza a levegőbe és rontja a minőségét. Valahol a medencében lerakódik az anyag egy része, elszennyezve a talajokat és a vizeket. Az energiatermelésből származó szennyeződések mérséklése eddig sokkal inkább az európai uniós együttműködés fő áramába csatornázva jött létre, mintsem a szomszédos országok elhatárolásából. Az ideális az lenne, ha a szomszédosság, az együttműködő földrajzi környezetben létrejövő hasonló veszélyeztetettség terelné az együttműködés irányába a szereplőket.

Ebben a környezetben ennek az együttműködési kényszernek a megjelenése nem a fosszilis és nukleáris energetikában várható, hanem főképpen a megújuló energiaforrások feltárásában és hasznosításában. *Az együttes társadalmi tapasztalatok a regenerálódásra képes, kisebb energiasűrűséggel jellemezhető energiaforrások esetében lesznek csak igazán fontosak és értékesek.*

Az energiagazdálkodás és az energetika különösképpen olyan gazdasági szegmens, ahol a kooperációs hajlandóság nagyon hamar gazdasági haszonnal kecsegtet. Az együttműködés gazdasági erőt sokszorozhat közös örömeinkre, míg a széthúzás lehetőségektől foszt meg mindenkit, sőt bizonyíthatóan megdrágítja az energia-használatot. Olyan gazdasági tevékenységeknél mint amilyen *az energiagazdálkodás fenntartható útjának a keresése* még sokkal nyilvánvalóbb ennek a természet adta keretnek a közös boldogulás érdekében történő, jövőbe tekintő elveken alapuló, optimális kihasználása.

A megújuló energiaforrások hasznosításában várhatóan elérkező együttműködési kényszernek ma még csak az előjeleiről szerezhetünk közvetlen tapasztalatokat. Jó példák ma még inkább a hagyományos energiagazdaságban figyelhetők meg. Például a MOL és a szomszédos országok olajvállalatai együttműködnek a határok mentén található készletek feltárásában, kiaknázásában. Ebben a régióban még a rendszerváltás előtti időszakra nyúlik vissza a villamos energia határokon átnyúló, közös érdekeken alapuló kereskedelme és tranzitja. Ez az egymással határos és eltérő villamosenergia-termelési lehetőségekkel rendelkező, illetve a fogyasztási csúcsidezők megjelenése szempontjából különböző régiók közötti kiegyenlítési megegyezések segítségével a biz-

tonságos áramellátást segíti. Ezek a határokon átlépő vezetékek az egyes különálló villamosenergia-rendszerek üzemzavarait is könnyebben kezelhetővé teszik. Sőt, mint EU-tagállamok, a liberalizált villamosenergia-piacnak is résztvevői vagyunk, hol előnyeit élvezve ennek, hol a hátrányait elszenvedve a közösségen belüli versenynek.

Az együttműködés értelme nem lehet kérdéses, még ha a kölcsönös előnyök megtalálása nem is olyan egyszerű. Az előbb említett példák mintájára itt lenne az ideje a megújuló energiaforrások hasznosításában is a sokkal céltudatosabb együttgondolkodásnak és együttműködésnek.

Hazánk megújuló energiaforrás potenciáljának földrajzi eloszlása sem a politikai határokhöz igazodik

A Kárpát-medence országaiban a megújuló energiaforrások hasznosítható potenciálja Magyarország szempontjából nem kompetitív jellegű, sokkal inkább a komparatív előnyök kihasználását kínálja számunkra. Ez például azt jelenti, hogy a medence belsejében, ahol hazánk fekszik, a *biomassza hasznosításában* a földművelésből származó növényi anyagok szerepe kell hogy az elsődleges legyen, míg a környező erdő borította hegyvidékeken inkább az erdők faanyaga jelentheti a nagyobb tartalékokat. A Tátrában történt erdőpusztulásból származó faanyagot a magyarországi fatüzelésű erőművekben boldogan hasznosították, és ez az üzlet biztosan mindkét fél számára előnyös volt.

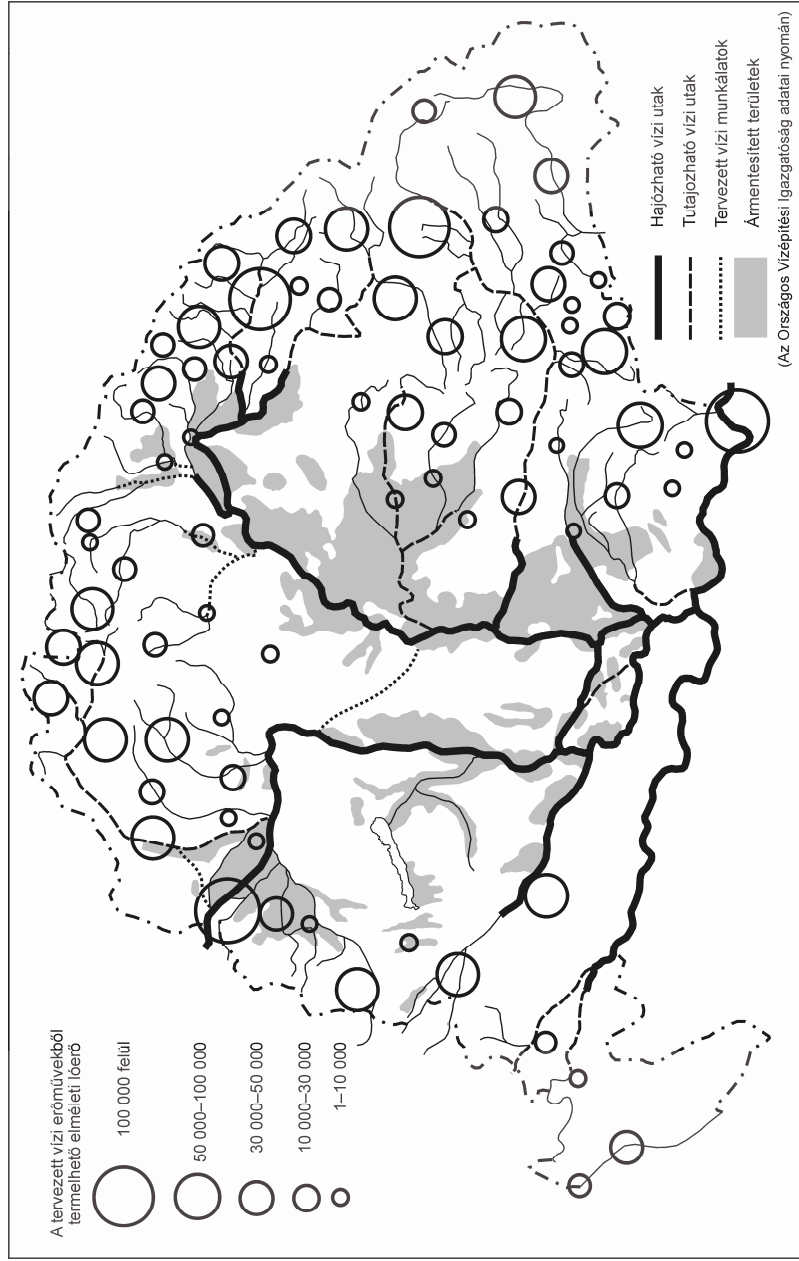
A *napenergia hasznosítása* a legkevésbé sem erősíti a szomszédok konfliktusait, mert mindenütt a legnagyobb és folyamatosan rendelkezésre álló potenciáljával bárki által hasznosítható, mégpedig érdeksérelem nélkül. Sajnos ez a megújuló energiaforrás várhatóan még hosszú ideig csak kínálat marad, bár lesz sok olyan kisebb energiafelhasználású, az országos hálózattól távolabb eső hely, ahol áldásosan jó szolgálatot tehet (hegyvidéki házak, homokhátsági tanyák). Ennek az energiaforrásnak a hasznosításában is lehet együttműködni, amely kooperáció persze inkább csak a berendezések telepítésére, műszaki paramétereinek klímához történő adaptálására szorítkozik, illetve a szakmai ismeretek kicserélésére, a tapasztalatok kölcsönös megosztására terjedhet ki.

Hasonló a helyzet a *szélenergia hasznosítása* kapcsán is, bár itt már ennél messzebb is elmehetne az együttműködés. Magyarország számára például a Horvátországgal és Szlovéniával vagy Szlovákiával és Romániával történő kooperáció lehetővé tenné, a meglévő szélenergetikai potenciál majdnem teljes kiépítését. A vízerőművekkel ugyanis könnyebb lenne kiszabályozni a széljárás okozta teljesítmény-ingadozásokat. Ebben elsősorban hazánk lenne erősen érdekelt, a szlovén és horvát valamint a szlovák és romániai adottságok azonban egyáltalában nem készítenek a szomszédainkat arra, hogy elkezdjünk közösen gondolkodni erről a kooperációról. A magyarországi elképzelésekről az is nehezíti a tárgyalásokat, hogy a szélenergia hasznosíthatóságában és az ehhez való viszonyulásban nagyon eltérő a Kárpát-medencéhez kapcsolódó országok hozzáállása. Szlovénia egyáltalán nem szándékozik a jelenlegi technológiákkal szélenergiát bevonni a villamos áram előállításába.

Sőt, ebben Magyarország még egyébként is rossz pozícióba szorult, mert mind a Duna, mind a Dráva közös szakaszán elzárkóztunk a határokon létesítendő vízenergia-hasznosítást célzó erőművek megépítésétől. Ezek a vízenergia hasznosítást akadályozó

3. ábra

Benedek J. – Kandó K. – Viczián E. Erőmű- és villamos-energetikai hálózat térképe, amely a trianoni békekonzferenciához készült



Forrás: Hajdú 1999.

gondjaink azonban a XXI. századra sem enyhültek, de sajnos politikai értelemben aligha várható ebben olyan belső egyetértés, amely lehetővé tenné az ésszerű kompromisszumok megkötését. Pedig ameddig nincs teljes egyeztetés, a határfolyók vízenergiáját csak igen korlátozottan lehet felhasználni.

A vízenergia hasznosítására pedig igencsak alkalmas lenne a Kárpát-medence. Ha a történeti aspektust egészen a XIX. századra vezetjük vissza, az akkori Magyarországon is erősen átpolitizáltan vizsgálták ezt a kérdést a geográfusaink és a gazdasági szakemberek egyaránt. A XX. század elején, Trianonban a békeszerződésről szóló tárgyalásokon a magyar politikusok a medence térségének a felszabdalása elleni érveiket (az országhatároknak a Kárpát-medencét körülölelő hegységek vízválasztójáról a medence belsejébe kerülése) az egységes, kiváló vízenergia-potenciál várható kihasználhatatlanságára építették. Ekkor a térségen belüli racionálisan kialakított együttműködés lehetősége egyáltalán nem jutott a politikusok eszébe. Ma ismét csak azzal szembesül a kutató, hogy csak a kooperáció oldhatja fel az ellentmondást. Az okosan létrehozott érdek egyeztetés kölcsönösen előnyt kínál (3. ábra) (Hajdú, 1999).

A *geotermikus energia* nemcsak felhasználásában jelenik meg foltszerűen a Kárpát-medence térképén. Nagyon sok térségben egyértelműen kedvező feltételekkel áll rendelkezésre hőenergia biztosítására, de nagyon változatos mélységekben vannak a magasabb hőmérsékletű termálvizet adó rétegek. Akár határokat átszelő hasznosítása is elképzelhető lesz, már a nem távoli jövőben is. Ebben a legközelebb Romániával képzelhető el együttműködés, ahol a medence peremét követve húzódó, nyugati országrészen a legelőnyösebben kihasználható megújuló energiaforrásként nevezték meg a termálvizet. A horvátországi és a vajdasági területek felé is benyúlnak azok a geológiai rétegek (felső-pannon alján), amelyek különösen reményteljesek. Mindazonáltal Szlovákia és Ausztria is számíthat a magyar geológusok segítő együttműködésére, amennyiben közös hasznosításra, kutatásra vagy csak potenciál-felmérésre is gondolhatnánk a nevezett szomszédos országokkal együtt. Minden bizonnyal, sok nehézséget kell még áthidalnunk, amíg lesz néhány jól működő projekt, de a megújuló energiaforrások gazdaságos hasznosításában egyértelműen kölcsönös érdekeink vannak. Ezt bizonyította már az is, hogy egyes technológia-fejlesztések és gyártási kapacitások számára kölcsönös felvevőpiacok is lehetünk. Ilyen a szlovák gyártmányú napkollektorok magyarországi elterjedtsége és jó híre. A hazai gyártás beindulása ellenére is bizonyosan lesz még lehetőség a tapasztalatok kölcsönös hasznosítására. Ugyancsak reményteljes számunkra a leendő kaposvári központú szélerőművi berendezéseket gyártó üzem is. Ez lehet a jövőben akár egy olyan centrum is, ahonnan szélerőmű-részegységeket tudunk a szomszédos kelet- és dél-európai célpontokhoz eljuttatni.

Irodalom

- Dövényi P. – Tóth Gy. 2008: A IV. kisteleki geotermikus energiával foglalkozó szakmai fórumon elhangzott előadása 2008. február 26-án.
- Hajdú Z. 1999: A magyarországi vízi energia hasznosításának száz éve. Csernahévíztől a BNV-ig 1878–1977. – Magyar Tudomány. 8. pp. 945–961.
- Molnár L. 2006: A megújuló energiák hazai helyzete. – Energiagazdálkodás. 5. pp. 26–27.
- Eurostat, EU Pocket Book, 2007.

Milics Gábor¹ – Smuk Norbert² – Nagy, Viliam³

PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS – A MEGÚJULÓ BIOLÓGIAI EREDETŰ ALAPANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSA KÖRNYEZETKÍMÉLŐ MÓDON⁴

Absztrakt

A precíziós gazdálkodás a környezetbarát mezőgazdasághoz való visszatérés egyik technológiai megoldása lehet. A biológiai eredetű nyersanyagokat a XXI. század elején többféle célra használjuk. A hasznosítási formák közül a legfontosabb az egyre növekvő népesség (a XXI. század elején 6,2 milliárd ember) élelmiszerral való ellátása. A második legfontosabb a takarmány célú felhasználás a haszonállatok számára. Jelentős hányadot tesznek ki a különböző iparágak alapanyagként felhasznált biológiai eredetű nyersanyagok, és végül növekvő mennyiség kerül egy újfajta hasznosításra, a bio-üzemanyagok előállítására. A precíziós gazdálkodás ötvözi a mezőgazdaságban felhasználható valamennyi modern technológiai vívmányt úgy mint a GPS és GIS rendszereket, szenzorokat, műhold-felvételeket stb. annak érdekében, hogy megóvja a környezetet és mindemellett eleget tegyen az egyre növekvő biológiai eredetű, megújuló nyersanyag-igénynek.

Kulcsszavak

Precíziós gazdálkodás, biológiai eredetű alapanyagok, megújuló erőforrások, környezetvédelem

Bevezetés

A precíziós gazdálkodás jelenleg hazánkban a technológia rendelkezésre állása ellenére is igen kis területen terjedt el. A növénytermesztés, amely nagyüzemi keretek között a természet adta lehetőségeket maximálisan kihasználva igyekezett a magas hozamok elérésére, az agrotechnika helytelen alkalmazásával sok esetben környezetkárosításhoz vezetett. Sajnos a mai napig tartja magát az a tévhit, hogy a mezőgazdaság környezetromboló módon hasznosítja a korlátozottan rendelkezésre álló erőforrásokat. Jelen publikáció arra kíván példát bemutatni, hogy a növénytermesztés naprakész, bár a hazai gyakorlatban kevésbé elterjedt formája, a precíziós (helyspecifikus) gazdálkodás milyen módszerekkel tudja megvalósítani a modern gazdálkodóktól elvárható környezettudatos növénytermesztést. A környezetkímélő gazdálkodásra azért is van szükség, mert a biológiai eredetű anyagok egyre szélesebb körben (élelmezés, takarmányozás, ipari nyersanyagok, hajtóanyagok) kerülnek felhasználásra.

¹Egyetemi tanársegéd, NymE MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete.

²Egyetemi hallgató, NymE Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár.

³Tudományos főmunkatárs, Szlovák Tudományos Akadémia Hidrológiai Intézet.

⁴A szerzők köszönetüket fejezik ki dr. Mesterházi Péter Ákosnak, aki a technológiai elemek vizsgálatát ezen a kísérleti táblán megkezdte.

Irodalmi áttekintés

A precíziós növénytermesztési technológia mai értelemben vett kialakulása a '90-es évek elejére tehető. Bár korábban is voltak olyan megoldások, amelyek a technológia egyes elemeit alkalmazták, az áttörést a globális helymeghatározó rendszer (Global Positioning System, GPS) megjelenése hozta (*Stafford–Ambler*, 1994; *Auernhammer* et al. 1994). Ennek oka, hogy a korábban már rendelkezésre álló eszközök mint például a távérzékelés ugyan a mezőgazdaság számára már szolgáltatott információt (*Buffalano – Kochanowski*, 1976), ugyanakkor az esetlegesen szükséges beavatkozásra a helymeghatározás pontosságának hiányában nem volt lehetőség.

A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés létjogosultságát ma már nem lehet megkérdőjelezni. Számos közlemény született arról, hogy a globális problémákat okozó demográfiai robbanás, a Föld egészére értelmezett élelmezési illetve környezeti problémák beláthatatlan következményekkel járnak (pl. *Hajnal–Tóth*, 1998). A tájhasználat egésze ugyanakkor a termelési módszerek intenzifikációja ellenére pl. hazánkban a '80-as évek óta gyengül (*Berényi*, 2000; *Berényi*, 2001). Az egy főre jutó megművelhető terület nagysága egyre csökken, világátlagban a 2000-es 0,23 ha-ról az előrejelzések szerint 2050-ben mindössze 0,15 ha-ra (*Lal*, 1991).

A kihívásra, miszerint egyre kisebb területen kell megtermelni egyre nagyobb népeség élelmét, megoldásként szolgálhat a helyspecifikus (precíziós) növénytermesztés technológia-intenzív gyakorlata.

A helyspecifikus növénytermesztés eltérő aspektusokból vizsgálható. Számos kutató a növénytermesztés szempontjából elengedhetetlen talaj, pontosabban az eltérő talajtulajdonságok pl. fizikai és kémiai paraméterek (*Németh* et al. 2007; *Mesterházi*, 2004), vagy a talajban lejátszódó folyamatok pl. talajnedvesség, talajvízszint alakulása (*Nagy* et al. 2007; *Štekauerová–Nagy*, 2007) vizsgálatával nyújt adalékot a technológia kutatói és alkalmazói számára. A talajt mint részben megújuló erőforrást (*Várallyay*, 2007) a precíziós növénytermesztés táblaszinten se tekintik homogénnek, így az azonos mezőgazdasági tábla eltérő, helyspecifikus kezelése bizonyíthatóan pozitív irányba tolja el a gazdálkodás eredményességét (*Csathó* et al. 2007).

Mások egyes technológiai elemek gyakorlati szempontú vizsgálataival segítik elő a teljes technológia pontosabb megértését. A precíziós gazdálkodás műszaki feltételrendszeréről több szerző is rendszeresen publikál (*Neményi* et al. 2003; *Neményi* et al. 2006; *Neményi–Milics*, 2007), míg mások egy-egy technológiai elem szélesebb körű vizsgálatával járulnak hozzá az ismeretek bővítéséhez (*Kurioli* et al. 2007; *Csizmazia*, 2007).

Bár a helyspecifikus növénytermesztés a talaj állandó megújulása révén a Föld felszínéhez kötött, az adatok gyűjtése, illetve azok feldolgozása ma már számos esetben a légi, illetve az űrtechnika vívmányaihoz kötött. Mivel az adatfeldolgozást nagymértékben megkönnyíti a térinformatika alkalmazása, a döntéshozatalhoz pedig a matematikai modellek is hozzásegíthetik a gyakorló gazdálkodót, számos esetben az agrártudományoktól eltérő kutatási területen tevékenykedő szerzők ismereteit is alkalmazni kell a teljesség megértéséhez (*Morschhauser – Salamon-Albert*, 2001).

Anyag és módszer

A precíziós (helyspecifikus) gazdálkodás a növények körforgásszerű éves fejlődési ciklusához igazodva eltérő adatgyűjtési, beavatkozási eljárásokat követel meg. A technológia megvalósíthatósága szempontjából az első feladat minden esetben a helyspecifikus talajmintavétel, illetve a minél pontosabb, szintén helyhez kötött hozamatad gyűjtés. Ezeknek az adatoknak az ismeretében, valamint a megfelelő tápanyag-visszapótlási modellek futtatása után (a betakarítást követően a modellek futtatására és a döntéshozatalra viszonylag hosszú idő áll rendelkezésre), a tavaszi tápanyag-kijuttatás már helyspecifikusan végezhető. A differenciált kijuttatás a környezetkímélő gazdálkodás megvalósításához elengedhetetlen.

A továbbiakban a precíziós növénytermesztés egyes kiemelt elemeinek bemutatása történik. A betakarítás során gyűjtött adatok több szempontból is kitüntetett figyelmet élveznek. A legfontosabb ezek közül, hogy az adatgyűjtés – jellegéből adódóan – nem ismételhető meg. Ezért különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a méréshez szükséges egyes szenzorok a munkafolyamat során ne sérüljenek, illetve sérülésük, vagy működésképtelenségük esetén leállítsák a mérőrendszer adatnaplózását, és jelezzék a meghibásodást. A másik kiemelt indok, ami miatt a betakarítás során végzett adatgyűjtés különösen fontos, hogy ezekre az adatokra alapozva történik a tápanyag-visszapótlási terv elkészítése. Amennyiben ezek az adatok hibás eredményeket mutatnak, vagy a helymeghatározó rendszer meghibásodása miatt az adatok nem helyhez kötötten kerülnek naplózásra, a hozamterképezés – és ezzel a precíziós gazdálkodás is – megvalósíthatatlanná válik.

A betakarítás során jelenleg két eltérő típusú adat gyűjtésére koncentrálnak a precíziós gazdálkodási technológia: a mennyiségi és a minőségi paraméterek meghatározására.

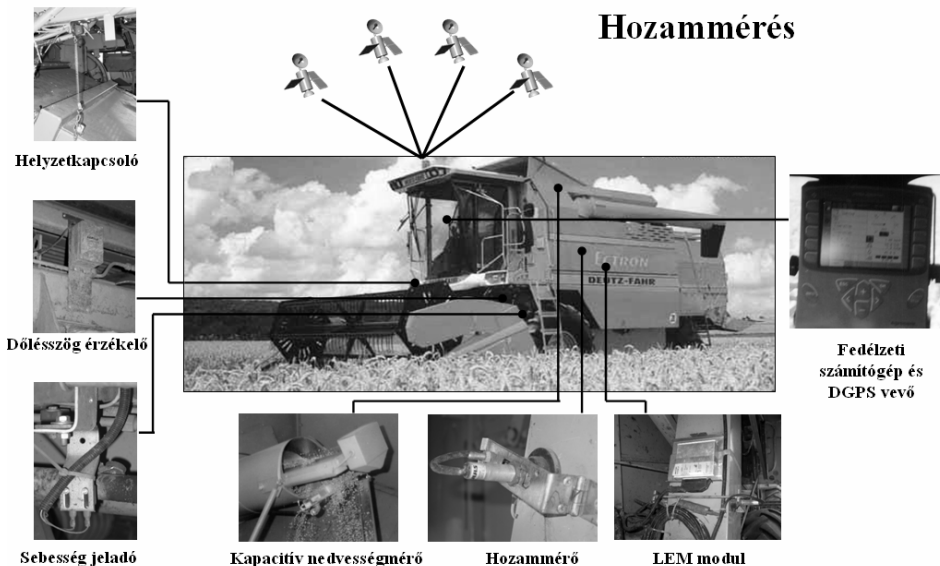
A betakarítás során végzett mennyiségi adatok gyűjtését hozammérésnek nevezik. A hozammérés az arató-cséplőgép folyamatos munkavégzése mellett történik. A nemzetközi irodalomban elterjedt még az „on-line”, vagy az „on-the-go” mérési módszer elnevezése is. A hozammérő rendszer felépítése az 1. ábrán látható.

A hozammérő rendszer „lelke” a fedélzeti számítógép (Agrocom Computer Terminal, ACT), ami hozammérés során az adatok naplózásáért felelős. (Az ACT egység a mezőgazdaságban egyéb munkafolyamatok elvégzésére is alkalmas – talajmintavételi pontok kijelölése, útvonal tárolás, tápanyag-visszapótlás esetén a kijuttatás vezérlése) (Mesterházi, 2004).

A műholdas helymeghatározó eszközök (GPS vevő) pontosságán sok múlik, hiszen ha megfelelő készüléket választunk, manapság akár a centiméteres pontosságot is elérhetjük az alapadatok rögzítésekor. A hozam adatok gyűjtése során számos érzékelő adatait kombinálva kerülnek a mérési értékek az adatfeldolgozó számítógépbe (LEM-modul). Mivel a hozam adatok területegységre vetítve adhatók meg (Magyarországon a tonna/hektár – t/ha – az elterjedt), ezért az a sajátos helyzet áll elő, hogy az adatfeldolgozó (többnyire térinformatikai funkciókkal is ellátott) szoftverben pontoszerűen megjelenő adat egy területi egységet reprezentál. A terület nagyságának meghatározása a sebesség jeladó segítségével rögzített megtett útból, illetve vágóasztal szélességének ismert méretéből adódik. A kapacitív nedvességmérő már a betakarítás során naplózza a szem nedvességének adatait – ennek a mezőgazdaságban a termés betárolása, illetve a szárítás szükségessége miatt van jelentősége – a hozammérő pedig kiegészítve egy

dőlésszög érzékelővel a hozamadatokat továbbítja a központi számítógép felé. A dőlésszög érzékelés a hozammérő szenzor mérés technikája miatt fontos. A kombájn megdőlése (pl. lejtő, kisebb gödrök) hamis mérési adatot eredményezne, amit a dőlésszög érzékelő korrigál.

1. ábra
A hozammérő rendszer felépítése



Forrás: A szerző felvételei.

A fedélzeti számítógép az egyes modulokról jövő adatokat begyűjtve, valamint a GPS vevőről származó koordinátákat ahhoz hozzárendelve naplózza az adatsort. A rögzített adatok ebben az esetben is térinformatikai szoftverrel kerülnek feldolgozásra.

A betakarítás során a hozammérő rendszer részeként használt szemnedveFőitkári Elismerés az MTA szolgálatában végzett kiemelkedő munkáértsségmérési eljárással a minőségi paraméterek közé sorolt nedvességtartalom is meghatározásra kerül.

A precíziós gazdálkodás műszaki hátterét vizsgáló agrár-, gépész-, elektronikai- stb. mérnököknek köszönhetően a gazdálkodás fogalma a XXI. századra új dimenziót kapott. A hozammérést már a betakarítás során lehetővé tevő berendezések kifejlesztése, majd tökéletesítése során felmerült az igény arra, hogy ne csak a mennyiségi paramétereket, valamint a minőségről részben információt nyújtó szemnedvesség tartalmat lehessen meghatározni közvetlenül a betakarítás során, hanem a minőségi paraméterek is mérhetővé (így térképezhetővé) váljanak. A minőségi paraméterek mérése során elsősorban azokra a terményekre érdemes koncentrálni, ahol e tulajdonságok (fehérje-, illetve sikértartalom, olajtartalom, nedvességtartalom) döntően befolyásolják a termény további sorsát. A minőségi paraméterek meghatározása, – és amennyiben ez megbíz-

hatóan végrehajtható ez alapján a rosszabb és jobb minőségű anyagok elválasztása – egyre nagyobb hangsúlyt kaphat a jövőben, hiszen a mezőgazdasági termények a megújuló energiaforrások alapanyagaként várhatóan reneszánszukat fogják élni a közeljövőben.

A betakarításkor mért adatok, illetve a talajtulajdonságok ismeretében lehetőség nyílik a tápanyag helyspecifikus kijuttatására. Ezt térképre alapozott rendszernek hívják. A rendszer lényege, hogy valamilyen előre definiált elektronikus térkép alapján változtatja a kijuttatott tápanyagmennyiséget. Helyspecifikus kijuttatásra egy másik lehetőség is létezik: a szenzorra alapozott rendszer, amely valós idejű szenzorok segítségével menet közben méri a talaj vagy a növényzet tulajdonságait, majd erre alapozva végzi el a változtatható mennyiségű tápanyag kijuttatását. Végző soron elmondható, hogy a helyspecifikus gazdálkodás megvalósításához komoly többletberuházást kell eszközölni, ugyanakkor az eredmények tárgyalásakor figyelembe kell azt is venni, hogy a technológia segítségével a gazdálkodás környezetkímélőbbé, ezzel hosszú távon is fenntarthatóvá válik.

Eredmények

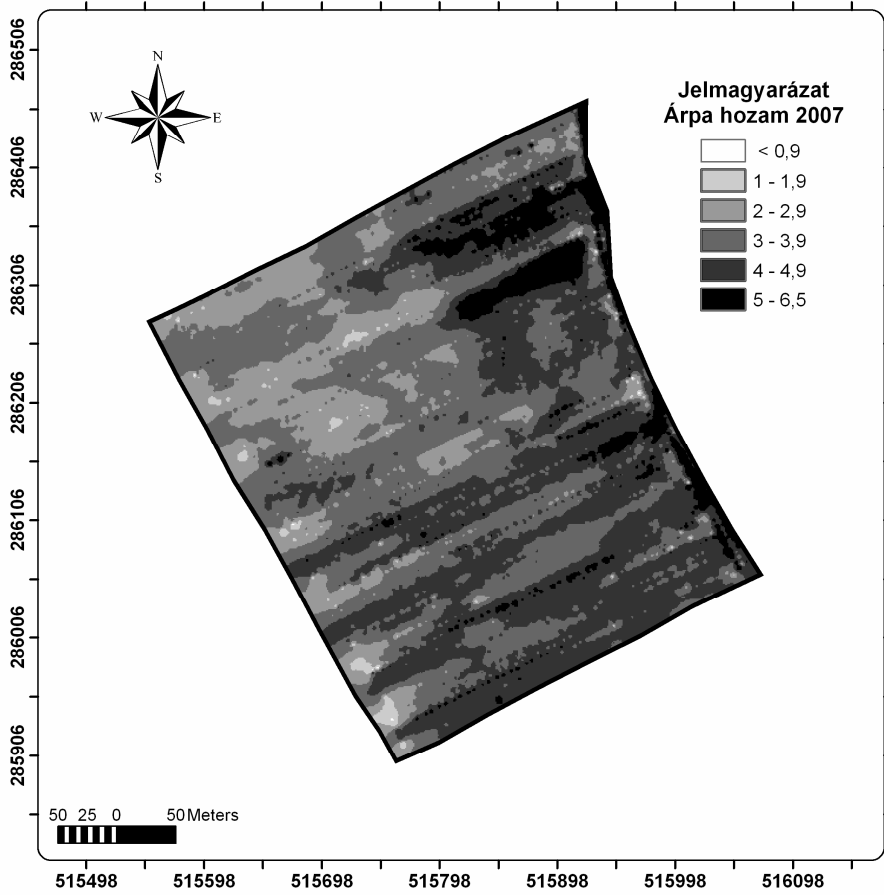
A 2001-ig visszanyúló mérések és vizsgálatok alapján mára rutinszerűvé vált a kutatási területként kiválasztott mezőgazdasági tábla eltérő tulajdonságainak mérése. Az évek során gyűjtött hozamtérképek hasznos információt nyújtanak a kutatási területen észlelhető táblán belüli hozam eltérésekről. Példaként a 2. ábra szemlélteti a 2007-es évben betakarított tavaszi árpa hozamtérképét.

A hozamtérkép és a rendelkezésre álló kis parcellarészekről, avagy kezelési egységekről vett (ötévenként megismételt) talajminta-vételi adatok alapján elkészíthető a táblán belüli differenciált kijuttatás terve (3. ábra).

A környezetet súlyosan károsító nitrogénműtrágya kijuttatásának szempontjából (a nitrogén amennyiben nem épül be a növényekbe, elszivárog, így nitrátosodást, illetve eutrofizációt okoz) az 1. táblázat értékei meggyőzően jelzik, hogy a precíziós gazdálkodás létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen a környezetkímélő gazdálkodás szempontjából. Különösen nagy hangsúlyt kap ez a gazdálkodási forma, ha a növénytermesztés gazdaságosságát, illetve energiamérlegét is figyelembe vesszük, hiszen a növénytermesztés inputjainak nagy százalékát a műtrágyák teszik ki (Neményi et al. 2008; Neményi, 1983).

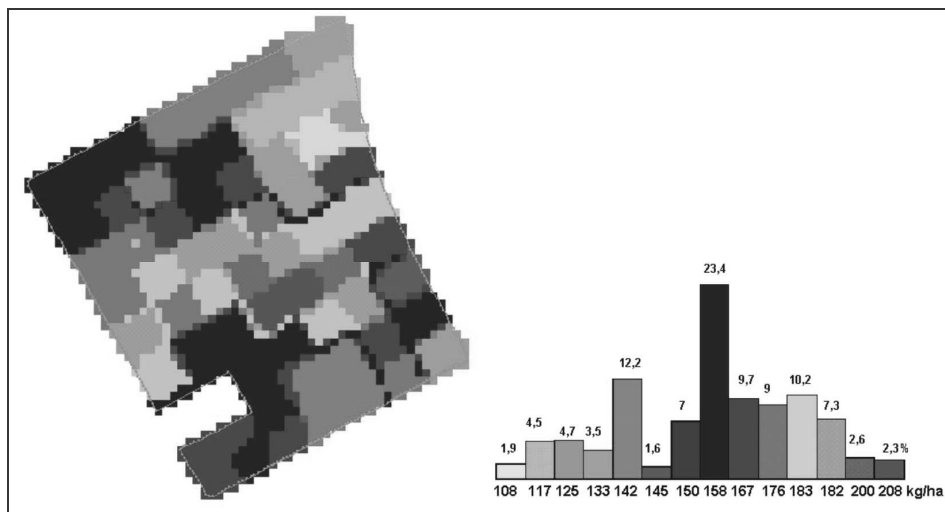
A vizsgálatok bebizonyították, hogy a hagyományos gazdálkodást végző tangazdaság fajlagos műtrágya-hatóanyag felhasználása lényegesen meghaladja a precíziós gazdálkodásba vont területen használt műtrágya mennyiséget, ugyanakkor a vizsgált évek nagyobb részében jelentős hozamnövekedést lehetett elérni.

2. ábra
Az árpa hozamtérképe a 2007-es évben



Forrás: A szerző szerkesztése.

3. ábra
Példa egy kijuttatási tervre



Forrás: A szerző szerkesztése.

1. táblázat
Az egyes gazdasági évek tápanyag-kijuttatásai és hozamai a kísérleti táblán
és a tangazdaság átlagában

Év	Növény	Átlagos hozam (t/ha)		N (kg)		P (kg)		K (kg)	
		Prec.	farm	Prec.	farm	Prec.	farm	Prec.	farm
2001	kukorica	4,47	4,53	–	141	–	45	–	45
2002	kukorica	6,03	5,7	115 (19,07)	141 (24,74)	0 (0)	45 (7,89)	93 (15,42)	45 (7,89)
2003	tavaszi árpa	4,00	4,6	89 (22,25)	120 (26,09)	20 (5,00)	30 (6,52)	43,6 (10,90)	30 (6,52)
2004	őszi búza	6,86	4,93	147 (21,43)	168 (34,08)	23 (3,35)	30 (6,09)	87 (12,68)	30 (6,09)
2005	kukorica	9,85	10,68	119,5 (12,13)	165 (15,45)	17,13 (12,13)	45 (4,21)	139,2 (14,13)	45 (4,21)
2006	kukorica	10,84	8,20	105 (9,69)	165 (20,12)	21,3 (9,69)	45 (5,49)	120 (11,07)	45 (5,49)
2007	tavaszi árpa	3,50	2,17	119 (34,00)	119 (54,82)	0	0	0	0

*A zárójelben jelzett értékek a fajlagos hatóanyag felhasználást jelzik (kg hatóanyag/t hozam).

Forrás: Neményi–Milics–Mesterházi, 2006. alapján a szerző szerkesztése.

Következtetések, javaslatok

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a precíziós (helyspecifikus) gazdálkodás, mint környezetkímélő gazdálkodási forma a biológiai eredetű megújuló alapanyagok előállítására alkalmas technológia. Bár a pontos technológiai sort betartani képes műszerek, szenzorok, vezérlők beszerzése többletbefektetést igényel, a rendelkezésre álló adatok alapján a befektetés hat éves időintervallum alatt megtérül. A megtérülés vizsgálata során kizárólag a gazdasági szempontú mutatókat vettük figyelembe. Amennyiben a környezetvédelmi kérdéseket is vizsgáljuk, kijelenthető, hogy a technológia minél szélesebb körű elterjedése és alkalmazása lenne indokolt a teljes Kárpát-medence területére.

Irodalom

- Auernhammer, H. – Demmel, M. – Muhr, T. – Rottmeier, J. – Wild, K. 1994: GPS for yield mapping on combines. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol 11. Issue 1. Elsevier Science Ltd., pp. 53–68.
- Berényi I. 2000: A terület- és földhasználat új érdekviszonyok hálójában. In: Dövényi Z. (szerk.): *Alföld és nagyvilág*. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. pp. 169–183.
- Berényi I. 2001: Kultúrtáj és – régió mint kulturális örökség. In: J. Ujváry Zs. (szerk.): *Ezredforduló, századforduló, hetvenedik évforduló*. Pázmány Péter Katolikus Egyetem Bölcsészettudományi Kar, Piliscsaba, pp. 639–651.
- Buffalano, A. C. – Kochanowski, P. 1976: Benefits to world agriculture through remote sensing. *Acta Astronautica*, Volume 6, Issue 12, Elsevier Science Ltd., pp. 1707–1715.
- Csathó P. – Horváth J. – Mesterházi P. Á. – Milics G. – Nagy L. – Neményi M. – Németh T. – Pecze Zs. – Szabó J. 2007: Hazai gyakorlati tapasztalatok. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE Press–MTA TAKI, Szeged, pp. 229–240.
- Csizmazia Z. (szerk.) 2007: *A tápanyaggazdálkodás gépei*. FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő, 137 p.
- Hajnal K. – Tóth J. 1998: Globális világproblémák és megatrendek. In: Tóth J. – Vuics T. (szerk.): *Általános Társadalomföldrajz I. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs*, pp. 112–114.
- Kuroli G. – Lehoczy É. – Pálmai O. – Reisinger P. 2007: A precíziós növényvédelem. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): *2A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATEPress–MTA TAKI, Szeged–Budapest, 239. p.
- Lal, R. 1991: Soil structure and sustainability. *Journal of Sustainable Agriculture*. Vol 1. Issue 4. The Haworth Press Journals. pp. 67–92.
- Mesterházi, P. Á. 2004: Development of measurement technique for GPS-aided plant production. PhD disszertáció, Mosonmagyaróvár, 203 p.
- Morschhauser, T. – Salamon-Albert, É. 2001: Isoecological curves on characterising the ecotypes central Mecsek MTS of Hungary. *Acta Botanica Hungarica*. Vol. 43. Numbers 1–2. June 2001. pp. 189–199.
- Nagy, V. – Stekauerova, V. – Neményi, M. – Milics, G. – Koltai, G. 2007. The role of soil moisture regime in sustainable agriculture in both sides of river Danube in 2002 and 2003. *Cereal Research Communications*. 35. pp. 821–824.

- Neményi M. 1983: A kukoricatermesztés energiamérlegének javítása, különös tekintettel a szemtermés mesterséges szárításának hőfelhasználását befolyásoló tényezőkre. Kandidátusi disszertáció. Mosonmagyaróvár, 156. p.
- Neményi M. – Milics G. – Kovács A. J. 2008: Comments on IPCC Report and Hungarian Renewable Energy Situation (Renewable Energy Textbooks, Vol. 1.), NYME-MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Mosonmagyaróvár, 100 p.
- Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Milics G. 2006: An Application of Tillage Force Mapping as a Cropping Management Tool. Biosystems Engineering, Academic Press, Elsevier Science Ltd. Vol. 94, Iss. 3, July 2006, pp. 351–357.
- Neményi M. – Milics G. – Mesterházi P. Á. 2006: Precision – site specific crop production – possibilities on water regime control. VI. International conference: Influence of anthropogenic activities of lowland territory, Conference proceedings CD, Institute of Hydrology of the Slovak Academy of Sciences, Michalovce, Vinianske jazero.
- Neményi M. – Milics G. 2007: Precision agriculture technology and diversity. Cereal Research Communications, Akadémiai Kiadó, Vol. 35, Nr. 2, 2007, pp. 829–832.
- Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Pecze Zs. – Stépán Zs. 2003: The role of GIS and GPS in precision farming.
- Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. 2007: A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATEPress-MTA TAKI, Szeged-Budapest, 239. p.
- Stafford, J. V. – Ambler, B. 1994: In-field location using GPS for spatially variable field operations. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 11. Issue 1. Elsevier Science Ltd., pp. 23–36.
- Štekauerová, V. – Nagy, V. 2007: The influence of extreme meteorological phenomena on soil water regime of lowlands. Cereal Research Communications. 35. pp. 1097–1100.
- Várallyay Gy. 2007: Soil resilience (Is soil a renewable natural resource?). Cereal Research Communications. 35. pp. 1277–1280.

NEM-FOSSZILIS ENERGIAFORRÁSOK FELHASZNÁLÁSÁNAK KAPCSOLATRENDSZERE

(20 éves stratégia Magyarország jelentős arányú energetikai függetlenségének
fenntartható biztosítására)

Absztrakt

Az előadás megállapítja, hogy a nem fosszilis eredetű energiaforrásokkal, energiahordozókkal (biomassza, napenergia, szélenergia, vízenergia, talaj-közethő, hulladékgazdálkodás és energiahatékonyság) energetikai igényeinket (fűtés, használati melegvíz, hűtés, elektromos energia előállítás, közlekedés) csak összekapcsolva, additív módon fogjuk tudni sikeresen kielégíteni.

Minden szakmai feltétel rendelkezésre áll a világon, sőt még Magyarországon is ahhoz, hogy a jelenlegi energiafogyasztásunk 40–45%-át, a nukleáris alapú elektromos energiatermelésen túl, saját erőből, egy 20 éves program végrehajtásával megújuló energiaforrásokból biztosítani tudjuk. Ennek megvalósítására első helyen felhasználhatók a teljes biomassza-produkció melléktermékei, hulladékai és az energetikai célból termesztett növények. Mindezek jelenlegi szükségleteink 22–25%-át is fedezhetnék.

Ezt egészítheti ki a napenergia, a szélenergia, a talaj-közet hőjének, a vízenergiának a felhasználása, valamint a hulladékgazdálkodás teljessé tétele. A kitűzött célok eléréséhez ütemes fejlesztést, beruházásokat, intenzív oktatást kell végrehajtani. Az eredményeket energia-hatékony termelői-fogyasztói rendszerekben kell realizálni.

Ez a program a kis és középvállalkozások számára nagyon széleskörű fejlődési lehetőséget, Magyarország számára pedig nagy ívű vidékfejlesztési programot jelent. A nem-fosszilis energiaforrások felhasználása húzóágazatnak számít a mezőgazdaság, a környezetvédelem, a településfejlesztés, a foglalkoztatás, a társadalmi berendezkedés átalakítása terén.

Kulcsszavak:

Nem-fosszilis energiaforrások rendszere, felhasználásuk; additív integrált energetikai rendszerek; energia-hatékony termelői-fogyasztói rendszerek.

Bevezetés

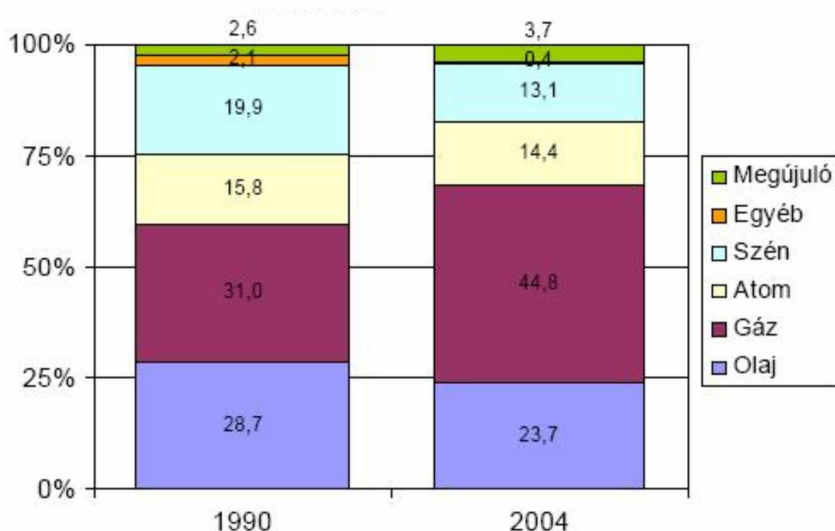
Magyarország 1140 PJ éves (2006) energia-fogyasztásának 83% (kőolaj, földgáz, urán) importból származik (*1. ábra*). Az utóbbi négy évben a kőolaj és a földgáz világpiaci ára 3–4-szeresére, az uráné 5-szörösére növekedett.

Ezzel szemben a nem-fosszilis és nem nukleáris források közül a napenergiának, a talaj- és közethőnek, a szél- és a vízenergiának a „világpiaci ára” nulla forint és ez marad még jó pár százmillió évig. Az emberi élelmiszerellátáson és állati takarmányozáson felül, a teljes biomassza mennyiségén belül hatalmas mennyiségű mellékterméket állítunk elő (szalma, szár, istállótrágya, szennyvíziszap stb.), amit szintén felhasználhatnánk energetikai céllal. A hatalmas mennyiségben előállított műanyag nagy része pedig (jó esetben) lerakókba kerül.

¹ Tanszékvezető egyetemi docens, PTE TTK Fizikai Intézet, DDKKK Innovációs Nonprofit Zrt.

1. ábra

Az összenergia felhasználás összetételének változása Magyarországon



Forrás: Energiaközpont Kht.

Ezen előadás bemutatja, hogy minden szakmai feltétel rendelkezésre áll a világon, sőt még Magyarországon is ahhoz, hogy a jelenlegi energiafogyasztásunk 40–45%-át saját erőből, egy 16–20 éves program végrehajtásával megújuló erőforrásokból biztosítani tudnánk. Ennek megvalósítására első helyen felhasználhatók a teljes biomassza-produkció melléktermékei, hulladékai, és az energetikai célból termesztett növények. Mindezek jelenlegi szükségleteink 22–25%-át is fedezhetnék.

Ezt egészítheti ki a napenergia, a szélenergia, a talaj-közet hőjének, a vízenergiának a felhasználása, valamint a hulladékgazdálkodás teljessé tétele. Mindezek megvalósításához pedig energiahatékony termelői-fogyasztói rendszereket kell kialakítanunk. A kitűzött célok eléréséhez ütemes fejlesztést, beruházásokat, intenzív oktatást kell megvalósítani.

A rendelkezésünkre álló összes „energiaforrás”, azok társadalmi hatása

Az előadás a következőkben rendszerbe foglalja az összes, Magyarországon eddig importból felhasznált fosszilis és nukleáris energiahordozót, a területünkön rendelkezésre álló nem-fosszilis energiaforrásokat, és utal az energiahatékony „energiatermelő” lehetőségére. A források megnevezésére olyan nevezéktant alkalmaz, amely jobban rávilágít azok előfordulásának, felhasználásának módjára (hangsúlyozva, hogy a „megújuló” kategóriát mindenre használni szakmailag is helytelen). Minden egyes kategóriában rövid értékelésre is sor kerül arról, hogy adott forrás mennyire monopolizálható,

vagy mennyire „demokratikus”, továbbá, mennyi Magyarországon azokból a hozzáférhető mennyiség, vagy területileg mennyi használható fel belőlük.

Nem megújuló (nem megújítható) energiaforrások (az eddig használtak) kémiai, nukleáris reakciók eredményeként jönnek létre. Két csoportba sorolhatjuk azokat:

- fosszilis energiaforrások (szén, kőolaj, földgáz),
- hasadó anyagok (urán).

Célszerű a *nem megújítható* kategóriát bevezetni, mert ezek csak időlegesen; „történetük félérték szélessége” 70 év (kőolaj), 100 év (földgáz), 200 év (szén). Termelésük, elosztásuk centralizált, *ezekre az egyes embernek alig van befolyása*. Magyarország 2006-ban összesen 3000 milliárd forintért vásárolta meg ezeket.

„*Kimeríthetetlen*” energiaforrások megnevezést azért indokolt használni a Napra és a Földre, mert mindkettő pár milliárd éve létezik és még ugyancsak pár milliárd évig hasonló mennyiségben állnak majd rendelkezésre. Ezek az időtartamok „végtelenek” az emberiség történelméhez képest.

A nap, a közethő számunkra azért *kimeríthetetlen*, mert mennyiségük igényeinkhez képest „végtelen”, értékük évmilliárdokig alig változik; *ezek a Földön mindenütt, mindenki számára rendelkezésre állnak*.

A napsugárzásból ha hektáronként 5 m²-nyi felületről gyűjtenénk be Magyarországon a hőt, az 70 PJ/év értéket jelentene. Ekkora összfelületre az átlag fűtőteljesítmény 5000 MW-nyi, ennyi felületű rendszer üzembeállításának költsége jelenlegi áron 5000 milliárd forint körüli.

A Földünk közethőjének, geotermikus energiájának kollektoros hőszivattyúval történő hasznosítása esetében, ha hektáronként csak 10 m² kollektort fektetünk le, ez 30 PJ/év hőenergia kinyerést jelent. Ennek jelenlegi „felépítése” 2000 milliárd forintra becsülhető.

A Nap által generált, ún. *megújítható* energiaforrások. A teljes biomassa (növényzet, állatvilág, ezek ürülete, mikroorganizmusok, ember, az ő szennyvízmennyisége) megújítható, „meg is újítjuk”. Erre lehet befolyásunk, ezzel okosan gazdálkodhatnánk, mindenki számára elérhető.

Ma már egybehangzó számítások eredményeként Magyarországon az energetikailag biztosítható, felhasználható anyagmennyiség energiataralma: ~280 PJ/év; amelynek teljesítményszintje 30 000 MW körüli; ha 1 MW berendezés teljesítmény „előállításánál” 20 millió Ft költséggel számolunk, az összes beruházásának költsége 6000 milliárd forint.

A Nap által generált, ún. *megújuló* energiaforrások. A levegő és a folyók mozgása évente, évszakonként periodikusan ismétlődik, ezért indokolt ebben az esetben a megújuló szót használni. Hatalmas erők, nehezen, vagy alig tudjuk kézben tartani őket, „megújulnak időről-időre”, alkalmazkodhatunk hozzájuk. A két csoport a következő:

Szél (a levegő mozgási energiája, nyomáskülönbség miatt): Ennek felhasználása Magyarországon (elektromos energiaellátó rendszer szervezése miatt) célszerű egyelőre nem nagyobb mint 500 MW beépített teljesítményértékkel számolni. Ez az éves kihasználtság miatt 3 PJ körüli elektromos energiát szolgáltat. Az 1 MW teljesítményű szél-erőmű telepítési költségét manapság 200 millió forintra becsülve, ezek telepítésének teljes összege 250 milliárd forint.

Folyók vize és tározós erőművek (a folyók vízének mozgási energiája, gravitáció miatt): A vízenergia kihasználásánál elsősorban a vízgazdálkodási (öntözés, hajózás, árvízvédelem) megvalósításában kellene gondolkodni, és ekkor az előállítható elektromos energia mint „melléktermék” jelenhet meg. Gyorsan indítható erőműnek is „alkalmas” a vízerőmű, konkrétan tározós erőmű formájában. Ha 500 MW teljesítmény beépítésével számolunk, ez szintén 3 PJ/év elektromos energia mennyiséggel járulhat hozzá az ország elektromosenergia-ellátásához, ez a szélenergiák által (nem mindig megfelelő időpillanatban) előállított elektromos energiáját pufferelni tudja. Telepítési költségként 500 millió Ft/1 MW értékkel számolva ennek költsége 750 milliárd forint lehet.

Szerves hulladékok hasznosítása. A szerves hulladék mennyisége annyi, amennyi az összes „szerves” termelésünk, mert minden hulladék lesz (egyéni, kommunális, ipari). Célserű lenne komplex hulladékgazdálkodást létrehozni. A szerves hulladék két csoportja:

- kommunális szerves hulladékok (háztartás, közintézmények),
- ipari szerves hulladékok (pl. gumiipar, műanyagipar).

Ma már szakmai körökben egybehangzó számítások eredményeként Magyarországon az energetikailag biztosítható, felhasználható szerves, főleg műanyag hulladék energiatartalma 00 PJ/év körüli. Alapvető szemléletbeli kérdés azonban, hogy az elsődlegesen előállított műanyagokat „először” megfelelően szervezett szelektív gyűjtéssel mindenképpen újrafelhasználni kell, és csak a „legvégső stádiumban” hasznosítsuk, akkor is szakszerűen, energianyeresre. Mindezen program költségét 5 000–6 000 milliárd forintba becsülik. A „végső stádiumban” kinyerhető hőenergia teljesítmény szintje 3 000 MW körüli.

Energia hatékony termelői és fogyasztói rendszerek (megajoule). Az Energiahatékonyság, energiatakarékosság társadalmi és egyéni szinten összehangoltan valósítható meg. Tudatosan teljes befolyásunk lehet erre. Országosan, kutatás-fejlesztéssel, széleskörű oktatás politikával elérhető 1000 MW elektromos teljesítmény szintű „takarékoskodás”, ami éves szinten 18–20 PJ elektromos energia megtakarítást jelenthet. A fosszilis forrásokra ki nem fizetett összeg 800–1000 milliárd forint lehet évente. A megvalósítás főbb irányai, „feladatai”:

- nagyobb hatásfokú berendezések (innováció, oktatás, állam feladata),
- energiatudatos egyéni, kisközösségi életmód (egyéni feladata)

Összegzés, következtetés

Az eddigiekben tárgyalt energiaforrások becsült éves „energiaszolgáltatása” 480–500 PJ körüli, a beruházásokkal, foglalkoztatással kapcsolatos költsége 19 000–20 000 milliárd forint. Ezeken a területeken újonnan foglalkoztatottak száma legalább 500 ezer fő. Mindennek a kiépítése megtörténhet tíz év alatt is, de ha nyugodtabb „tempót tervezünk, húsz év alatt, évente ez csak 1000 milliárd forint „befektetés” jelent. Ezzel 24 PJ/év nem fosszilis energia előállítás „sebességgel” haladnánk előre. Nagyon elgondolkodtató, hogy miért nem vállaljuk ezt már húsz éve. A mostani esztendőkből valóban az utolsó pillanatban vagyunk ehhez, mivel mindez nem csak pénz kérdése. Ez széles körű oktatáspolitikát, beruházás politikát, alapvető gondolkodásmódbeli váltást igényel.

Az elkövetkezendő 15–20 évben az fog minden más folyamatot meghatározni, hogy hogyan sikerül majd az átmenet a jelenlegi fosszilis korszakból a poszt-fosszilis korszakba. A feladatokhoz elvszerűen kell nekifognunk, azaz fogalmazzunk meg alapelveket, stratégiát. Ezek feleljenek meg a természettudományos, gazdasági, társadalomtudományi, szakmai kritériumoknak, és az alapvető erkölcsi normáknak. Az alapelvek vonatkoznak egyszerre a természetre, a gazdaságra és a társadalomra (*Johannesburg, 2002*)

A természetnek való megfelelés (természetvezéreltség) szempontjai:

- Az ökológiai lábnyom csökkentése az életkörülményeink biztonságos, fizikai fenntartása mellett (a számítás módszer egzakttá tétele);
- A közösségi és az egyéni energetikai „szükségleteink” kielégítésének újrafogalmazása;
- Az emberi közösségekben értelmes önkorlátozás a fogyasztási cikkek előállításában és vásárlásában;
- A szállítás „értelmes”, szükségés szinten tartása;
- A megelőzés, prevenció, mint az élettevékenységeink vezérelve, és ennek terjesztése.

A gazdaságnak való megfelelés:

- Minden egyes termelés megfeleltetése a fenntarthatóság kritériumának. Csak magas hatásfokú termelői és fogyasztói rendszerek kialakítására törekedjünk. Az innováció az ökológia és a fenntarthatóság szellemében történjen. Törekedjünk a nem megfelelő hatásfokú rendszerek fokozatos leépítésére, átalakítására;
- Szolidaritás, igazságos közteherviselés (eredményes, hasznos termelés, „hatékony adórendszer, értelmes adófelhasználás, új erkölcsi normák konkrét megfogalmazása);
- A hatásfokelemzés, mellett foglalkoztatás, képzés, elemzés a „támogatások” odaítélése során.

A társadalomnak való megfelelés:

- Teljes rendszerben gondolkodás: (holisztikus szemlélet);
- Kooperáció a különböző szakterületek, gazdasági, közösségi szintek között;
- Klaszterek kialakítása;
- Minden ember számára (különösen a fiatalok számára) biztosítani a társadalomban a teljes, gyakorlatias tudás elsajátításának lehetőségét, a saját gyakorlatába történő beépítését.

Mindez új ágazatokhoz, tevékenységekhez, életformához vezethet Magyarországon az energia- és élelmiszer-termelő, környezetgazdálkodó mezőgazdaság-ipar, az újszerű agroenergetikai tevékenységek, szerveződések, a decentralizált „urbanizáció”, a foglalkoztatás vezérelt innováció és gazdaság, az autonóm ellátás a mezőgazdasági termelő körzet és a városi települések között.

Magyarországon 15–20 év alatt (2023–2028-ra) elérhető a teljes regionális élelmiszer ellátás, az összes energiafogyasztás legalább 48–50%-ának megtermelése, a környezetterhelés jelentős mértékű csökkentése, nagyszámú, új, nagy hatásfokú, decentralizált energiatermelő berendezés és gazdasági rendszer alkalmazása, kiépítése.

Magyarországon létrehozhatók és elterjeszthetők az új bio-üzemanyagok alkalmazására fejlesztett mikro-turbinás, vagy motoros rendszerek, az újszerű üzemanyagokat alkalmazó járművek, új típusú elektromos energiatermelő berendezések (ORC, Stirling motor, Spilling motor), az energia cella, felkészülhetünk a hidrogén gazdaságra.

A javasolt tevékenységek nem csak kedvező feltételek mellett biztosítanak tüzelőanyagokat és üzemanyagokat, hanem a következő jelentős ökológiai, társadalmi eredménnyel is járnak:

- a *fűtőanyagok, üzemanyagok*, saját tevékenységgel történő előállítására import fosszilis energiahordozók kiváltását eredményezi,
- az alacsony költségű energiahordozók felhasználása, megnövelheti a mezőgazdasági *élelmiszer* termények *feldolgozásának* esélyét (piacképebb termék előállítás),
- mindezek jelentős számú új *munkahelyet* biztosíthatnak azok számára, akik a bonyolultabb felkészültséget igénylő munkahelyekről kiszorultak,
- a mezőgazdaságban meglévő melléktermékek és hulladékok felhasználása jelentősen hozzájárul a *környezetterhelés* (pl. szállítás) *csökkentéséhez*,
- ezek a tevékenységek széles körben biztosítják a *modern vidékfejlesztés* feltételeit, a kulturált, természet közeli, *egészség megőrző* (nem városi szerkezetű) *életforma* kialakítását.
- megváltozik ezáltal a mezőgazdaságban élők gondolkodása is, mernek vállalkozni, mert látják munkájuk közvetlen eredményét. Új tevékenységeket tanulnak meg.
- családi szintű gazdaságok számára a földgáz, szén, gázolaj kiváltására szervezhető olyan vállalkozások, amelyek saját célra elő tudják állítani a szükséges tüzelőanyagokat és üzemanyagokat. Az importált termékek árnövekedését „kikerülni”, a mezőgazdaságban dolgozók, a természethez közel élők számára látszik egyszerűbbnek, az agrártermékek egy részének új módszerekkel történő energetikai felhasználásával.

Irodalom

- Áman M. – Német B. 2008: „A gáztüzelés kiváltására irányuló fejlesztés terményszárítók terén Magyarországon”. – Agrárium. 6–7. pp. 28–29. (<http://www.szaktudas.hu/uploads/text/68/agrarium2008jun-jul.pdf>).
- Gábrriel R. – Német B. – Sánta I. – Szarkándi L. – Ulbert, J. – Víg A. 2007: Agroenergetikai Parkok és finomítóközpont, Regionális termelői, feldolgozó, fogyasztói hálózat. – Gazdasági Tükörcső Magazin. 5. (http://www.gtm.hu/cikk.php?cikk_id=761).
- Lukács Gy. – Német B. 2008: Akik okosan játszanak a biotüzzel. – Gazdasági Tükörcső Magazin. 1. 26. o. (http://www.gtm.hu/cikk.php?cikk_id=929).
- Német B. – Sánta I. – Borhidi A. 2007: Agroenergetikai Rendszerek. – Agrárium. 3. pp. 32. (<http://www.szaktudas.hu/uploads/text/68/agrarium2007mar.pdf>).
- Német B. – Borhidi A. – Csete S. – Sánta I. 2008: Lágyszárú biomassa termelés, feldolgozás, felhasználás integrált rendszerei. RENEXPO 2008. Közép- és Kelet-Európa, Nemzetközi Kiállítás és Kongresszus, 3. Biomassa szekció. Budapest, 2008. április 24.

- Német B. – Gábrriel R. – Sánta I. – Ulbert J. – Szarkándi L. 2006: A mezőgazdaság-ipar jövőbeli egysége. – Gazdasági Tükörcép Magazin. 1. pp. 16–17. (http://www.gtm.hu/cikk.php?cikk_id=258).
- Német B. – Sánta I. 2008: Átmenet a posztfosszilis korszakba. – Gazdasági Tükörcép Magazin. 4. pp. 45.
- Német B. 2007: Régiók, ha összefognak. – Régióstart. 12. 13. o. (<http://www.regiostart.hu>).
- Sánta I. – Német B. – Nagy Á.: Komplex biomassza hasznosítás. – Gazdasági Tükörcép Magazin. 10. pp. 18. (2007) (http://www.gtm.hu/lapszam.php?lapszam_id=65).

SZILÁRD BIOMASSZA ENERGETIKAI CÉLÚ HASZNOSÍTÁSA AZ EURÓPAI UNIÓ TAGORSZÁGAIBAN²

Absztrakt

A tanulmány számba veszi, hogy az Európai Unió egyes tagországaiban az alternatív energiaforrások, s azon belül a szilárd biomassza eltüzelésével előállított energiának mekkora a jelentősége van az energiaszektoron belül. A különböző természeti, illetve társadalmi-gazdasági adottságokkal rendelkező országok érthető okokból más-más stratégiát követnek a biomassza szerepének növelésére az energiatermelésben, főként mivel nagyon különböző mértékű lehet a rendelkezésre álló potenciál eddigi kihasználtsága. A korábbiakban elsősorban az erdei és faipari hulladékok jelentették a bioenergia szinte kizárólagos forrását, ma már azonban a biomassza felhasználásának növelése szorosan összefügg az európai mezőgazdasági politika átalakulásával is. Az előadás bemutatja, hogy az egyes országokban mekkora jelentősége van egyes felhasználási formáknak, illetve fogyasztóknak, úgymint: háztartások, fa- és papíripar, biomassza fűtőművek, kis kapacitású biomassza erőművek, nagy kapacitású lignit- és barnaszénttüzelésre kiépített erőművekben történő biomassza együtt-tüzelés.

Kulcsszavak

Megújuló energiaforrások, biomassza alapú hő- és villamosenergia-termelés, biomassza nemzetközi kereskedelme

Bevezetés

A biomassza felhasználásának növelése szoros összefüggésben van az európai mezőgazdasági politika átalakulásával. Az élelmiszertermelés dotációja hosszabb távon nem fenntartható, ami a kihasználatlan területeken lehetőséget biztosít az energianövények arányának növekedésére (Bai, 2002; Plesch–Austin–Grant–Sullivan, 2006).

Az Európai Bizottság 2005-ben akcióttervet adott ki a megújuló energiaforrásként kezelt biomassza arányának növelésére, a Kiotói Jegyzőkönyv szerinti emisszió-csökkentés és a köoolaj-felhasználás alternatívájának erősítése érdekében. A Közösség áramtermelésében meghatározott arányban kell növelni az összes megújuló energiaforrás részesedését a Bizottság 1997-ben kiadott Fehér Könyvének megfelelően. A szilárd biomassza elsődleges felhasználási területe azonban a hőtermelés, amelyre vonatkozóan az Európai Unió nem alakított ki cselekvési programot (Biomass Action Plan, 2005).

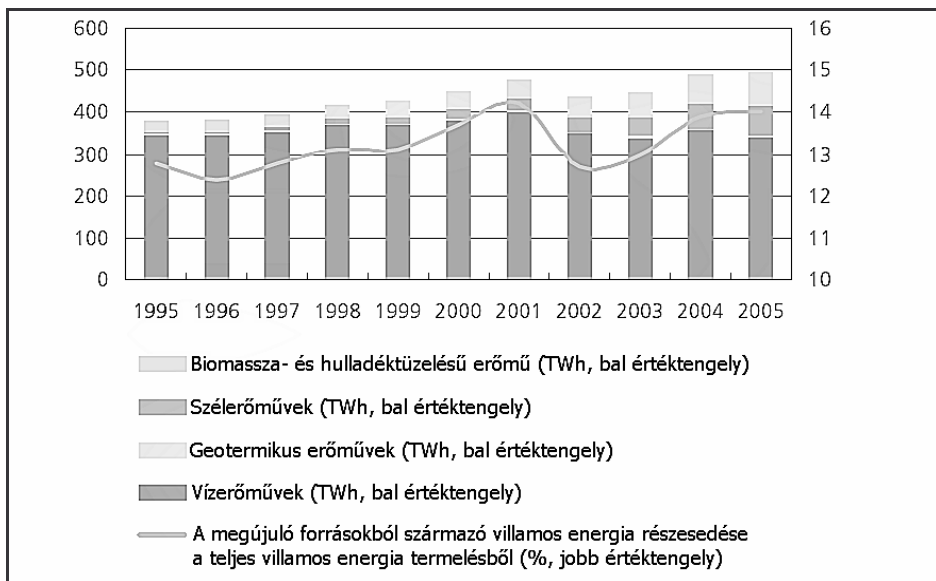
Szilárd biomasszát hőtermelésre hagyományosan a háztartások használnak fel legnagyobb mennyiségben fűtéshez, melegvíz előállítására, illetve főzéshez. A másik, történelmi léptékben is meghatározó szereplő európai szinten a fa- és papíripar, amely

¹ Tudományos segédmunkatárs, MTA RKK Alföldi Tudományos Intézet Debreceni Osztály.

² A tanulmány a Bioenergetikai Innovációs Klaszter létrehozása és K+F programok megvalósítása a biomassza hasznosítása területén című, ún. BIOENKRF (2006–2009) kutatási program keretében készült az MTA Regionális Kutatások Központja Debreceni Osztályán, Baranyi Béla osztályvezető, az MTA doktora irányításával.

esetében kézenfekvő a jelentős energiataralommal rendelkező hulladékok helyben történő hasznosítása. Az utóbbi években egyre szélesebb körben terjednek el a szilárd biomasszára alapozó távfűtőművek, amelyek főként erdőségekkel övezett kisvárosokban népszerűek, de Dániában számos szalmára alapozott fűtőmű is működik. A nagyobb teljesítményű fűtőművek közül több villamosenergia-termelésre is alkalmas. A megújuló energiaforrásokból termelt áram kedvezőbb átvételi ára miatt kifejezetten áramtermelésre is létrejöttek kisebb kapacitású erőművek, a nagy kapacitású lignit- és barnaszéntüzelésre kiépített erőművekben pedig biomassza együtt-tüzelést végeznek. Részarányuk az utóbbi években párhuzamosan növekedett a szélenergia-erőművekével (1. ábra).

1. ábra
Megújuló energiaforrások a villamosenergia-termelésben



Forrás: Panorama of Energy, 2007.

A szilárd biomassza szerepe az Európai Unió energiatermelésében

A fejlődő és fejlett országok közötti jelentős különbség mutatkozik meg abban, hogy milyen energiaforrásokra támaszkodnak. A fejlődő országok többségében a biomassza ma is elsődleges energiaforrás, míg az iparosodott országokban csak néhány százalékos részesedéssel bír. A különbséget tovább fokozza az energiatermelő berendezések hatásfokának különbözősége. A legnagyobb biomassza hasznosító messze kiemelkedően Kína, ami annak köszönhető, hogy bár primer energiafelhasználása csak fele az USA-nak, a biomassza részesedési aránya hatszor magasabb. Az Európai Unió 2004-ben energiaszükségletének négy százalékát fedezte biomasszából, amely abszolút értékben

nem érte el Kína felhasználását. A természeti potenciált figyelembe véve a termelés volumene (69 mtoe 2003-ban) 2,5-szeresére lenne növelhető. A bioenergetikai szektoron belül Európának a biodízel alkalmazásában van igazán kiemelkedő szerepe. A megújuló energiaforrásokon belül a biomaszra és a szerves hulladékok együttes részesedése 67,6% volt 2005-ben, az egyes tagországok között csak Olaszországban (29,4%), Cipruson és Máltán nem érte el az 50%-ot (Panorama of Energy, Renewable Energy Fact Sheets, 2007).

A biomaszra termelésben élen járó államok Európában Franciaország és Németország, az előbbi kedvező adottságainak köszönhetően sokáig első helyen állt, azonban a Németországban megvalósított beruházások nagyon gyors növekedési folyamatot indítottak be az elmúlt években. A szilárd biomaszra alapú villamosenergia-termelésben még mindig Franciaországé a vezető szerep, mivel Németországban nagyobb hangsúlyt fektettek a biogáz és bio-hajtóanyagok elterjesztésére. Két további ország részesedése van 10% felett az európai uniós biomaszra piacon, Svédország és Finnország kiterjedt boreális erdeinek és a ráépülő faiparnak köszönheti jó pozícióját. A megújuló energiaforrásokon belüli részaránya a biomaszának a kis kiterjedésű, dominánsan síkvidéki domborzattal jellemezhető országokban a legmagasabb, amelyekben nem volt lehetőség a folyókra nagykapacitású erőműveket építeni. A biomaszra szerepe 90% feletti Észtorországban, Belgiumban, Lengyelországban, Litvániában, Magyarországon és Hollandiában (Panorama of Energy, 2007).

Az egyes országok között jelentős különbségek mutatkoznak az energiatermelési célra felhasznált biomaszra összetételében. A legtöbb esetben a fa és a fahulladékok szerepe a meghatározó, azonban a magas népsűrűségű országokban (pl. Benelux államok) nagyobb jelentősége lehet a települési szilárd hulladéknak. A nagy kiterjedésű erdőterülettel rendelkező északi és balti államok esetében a fa- és faipari hulladék szerepe 90% feletti, ebben a csoportban földrajzi elhelyezkedését tekintve hazánk tekinthető kakukktojásnak, mivel az ország alacsony erdőszültségi szintje mellett a biomaszra tüzelésre átváltt szénművek miatt 95%-ot meghaladó a fa aránya. A biogáz Nagy-Britanniában ér el 40% feletti részesedést, ami a szigetország faforrásainak szűkösségére mutat rá, illetve arra, hogy a települési hulladékok többsége nem szilárd biomaszra eltüzelése révén kerül megsemmisítésre. A bio-hajtóanyagok csak Németország esetében haladják meg a 10%-ot és Olaszország mutatója közelíti meg azt, részben ennek is köszönhetően e két ország biomaszra felhasználásának szerkezete tekinthető a leginkább kiegyensúlyozottnak (Panorama of Energy 2007, Renewable Energy Fact Sheets, 2007).

A bioenergia nem technikai jellegű akadályai közül a legkritikusabb az erőforrásokhoz való hozzáférés hosszú távú biztosítása a piaci felhasználók számára elfogadható árakon. A szilárd biomaszra előállítás és energetikai célú hasznosítása a legtöbbször lokálisan, legfeljebb regionális szinten történik, azonban az elmúlt években ez a rendszer megváltozott azáltal, hogy Észak-Európában nagy volumenben használnak fel elsősorban távfűtési céllal különböző bio-fűtőanyagokat. Ennek a kereskedelemnek a sajátossága, hogy hasonló természeti adottságú régiók között zajlik, az áramlás a szegényebb balti országok, illetve Oroszország felől mutat elsősorban a gazdagabb Svédország irányába. Ezt a tengerparti városokban jelenlévő fizetőképes kereslet mellett az olcsó tengeri szállítás tette lehetővé. Napjainkban Európában olyan szilárd bio-fűtő-

anyagokkal kereskednek mint a fanyesedék, faszeletek és pelletek. Néhány országban a bio-fűtőanyagok iránti gyors keresletbővülés miatt megnőtt az érdeklődés a nemzetközi biomassza piac iránt, mert a kereskedelem biztosíthatja a bio-fűtőanyagok árát. A legnagyobb volumenű biomassza áramlás a balti országok (Észtország, Lettország, Litvánia) irányából az északi országok (Svédország, Dánia, Finnország) felé mutat. Finnország köztes pozíciót foglal el, exportja és importja is relatíve nagy volumenű. Jelentős biomassza kereskedelem zajlik Közép-Európában is, amelynek Németország, Olaszország és Hollandia a legjelentősebb célpontjai. A kereskedelemben hazánk is bekapcsolódik, természetesen az import oldal tekinthető dominánsnak. A kereskedelem tehát alapvetően észak- és közép-európai centrummal működik, s az ebből a szempontból perifériára került országokra szinte egyáltalán nem jellemző. A leggyakrabban áruba bocsátott bio-fűtőanyag a tisztított fatüzelő (pellet és brikett) és az ipari melléktermék (fűrészpor és szelét) (<http://afbnet.vtt.fi>).

A szilárd biomassza energetikai célú hasznosításának jelentősége a megújuló energiaforrásokon belül az Európai Unió tagországaiiban

A fejezet a biomassza alapú primer energiatermelés nagysága alapján felállított rangsor szerint veszi röviden sorra az Európai Unió tagországait és ismerteti röviden a szilárd biomassza energetika célú felhasználásának jellegzetességeit, szerepét a megújuló energiaforrásokon belül.

Az első helyet elfoglaló *Németországban* a megújuló energiatermelésének kétharmadát a biomassza adja, amit sorrendben a szélenergia és a vízenergia követ. A teljes primer energiaszükséglet 4,2%-át fedezte a bioenergia 2006-ban. A biomassza 65%-át fűtéshez használták fel, a biomassza részesedése 3,3% volt a villamosenergia-termelésből, 5,7% a fűtésből és 6,3% az üzemanyag ellátásból. A bioenergetikai iparág mintegy 90 ezer embernek ad munkát az országban. Az energetikai céllal hasznosított biomasszán belül a szilárd biomassza részaránya nem annyira domináns, mint Franciaországban, elmondható azonban, hogy az elmúlt tíz évben több mint a duplájára emelkedett. Az egyes felhasználási formák sorrendje a következő: szilárd biomassza (65,6%); biodízel (16,9%); biogáz (13,6%); biobenzin és egyéb folyékony bio-hajtóanyagok (3,9%) (Panorama of Energy, 2007). A szilárd biomassza felhasználásában a lakosságé a vezető szerep (69,7%), a második helyet pedig a villamos erőművek foglalják el, miközben az ipari felhasználás jelentős mértékben visszaesett. A rendkívül elaprózott termelési szerkezet miatt ezt követően a 20 MW-nál nagy kapacitású erőműveket preferálták. A nagyobb volumenű fejlesztéseket elsősorban a megfelelő mennyiségben elfogadható áron elérhető biomassza mennyisége korlátozza.

Franciaország primer energia-termelése 11 555,5 PJ volt 2005-ben, amelynek 3,6%-a származott biomasszából. Az Európai Unió legnagyobb területű országa ezzel első helyet foglal el abszolút értékben a szilárd biomassza energetikai célú hasznosításában is. A villamos energiatermelésben hasznosított megújuló energiaforrások összesen 14%-os arányt képviseltek, amelynek túlnyomó részét a vízerőművek tették ki. A második helyen a szerves hulladék (2,6%), a harmadikon pedig a szilárd biomassza (2,1%) szerepel a megújulókon belül. Az elmúlt években a francia kormány jelentős lépéseket tett

a bioenergetikai szektor fejlődése érdekében, tervet dolgoztak ki, hogy 2010-re a villamosenergia-kapacitás elérje az 1000 MW-ot (Renewable Energy Fact Sheet – France, 2007). Az energia-előállításra szánt biomasszán belül egyértelműen a szilárd biomasszának van meghatározó szerepe annak ellenére, hogy ennek a növekedési üteme a leglassabb, s valójában az elmúlt tíz évből hatban visszaesés volt tapasztalható. Energiatartalmat tekintve részesedése 2005-ben még mindig meghaladta a 93%-ot, a többi hasznosítási forma sokkal kisebb szerepet játszott: biodízel – 3,8%; biogáz – 2,1%; biobenzin – 1,0%. A szilárd biomassza felhasználása 81%-ban a háztartásokban történt, amelynek a szerepe ezért meghatározó, s volumenének 10%-os visszaesése az elmúlt tíz évben alapvetően meghatározta a piac alakulását. Az ipari üzemek a biomassza 15,9%-át, míg az erőművek 2,6%-át használták fel, piaci jelentőségük az elmúlt tíz évben stabilnak tekinthető (www.eubionet.net).

Svédország villamosenergia-ellátásában meghatározó szerepet játszanak a vízerőművek 88%-os részesedéssel a megújulókon, és 46%-os részesedéssel az össztermelésen belül, amely mellett az igen nagy mennyiségű biomassza (6614 GWh/év) felhasználása is eltölpül és még a 10%-ot sem haladja meg. Svédország kiterjedt erdősegeiben évente 76 millió tonna biomassza képződik tüzelésre alkalmas víztartalommal kalkulálva, amelynek csak 23%-át hasznosítják energiatermelési céllal technikai, gazdasági és környezeti korlátokat figyelembe véve. A szilárd biomasszából előállított energiamentiségből 50,8%-ot használ fel az ipar, 34,1%-ot a fűtőművek, 6,7%-ából pelletet állítanak elő, 7,6%-ot pedig hasított tűzifaként a háztartások használnak fel. A piacon a legnagyobb biomassza fogyasztóként a kombinált fűtő- és erőművek jelentek meg, amelyek száma gyors ütemben bővül. Svédország az elsők között kapcsolódott be a bioenergetikai szektor külkereskedelmébe. Sok tengerparti város fűtőműve korábban import olajjal üzemelt, miután azonban megteremtődött a feltétele a szilárd biomasszára való átállásra, azt is kézenfekvő volt olcsóbb importból beszerezni pl. a balti államokból. Svédország adottságait figyelembe véve meglepőnek tűnhet, hogy energetikai céllal több fát importál, mint amennyit exportál. A pellet esetében 2006-ban 445 ezer tonnát vittek be az országba és csak 129 ezer tonnát vittek ki (IEA... Sweden, 2007).

A *finn* energiapiac alapvető erősségének tekinthető sokszínű szerkezete, egyetlen energiaforrás sem játszik domináns szerepet, azonban az első helyet az elsődleges energiatermelésben itt is az olaj foglalja el. A megújuló energiaforrások piacát a nagy kapacitású vízerőművek mellett a szilárd biomassza és a biohulladékok határozzák meg, az elmúlt években pedig nagy hangsúlyt fektetnek tengerparti szélerőmű parkok kiépítésére is. Az elsődleges energiafogyasztáson belül a szilárd biomassza megközelítőleg 20%-ot (306 PJ) tesz ki, amely egyedülálló részesedés Európában. Ez annak köszönhető, hogy az ország 68%-át boreális erdők borítják. A villamosenergia-termelésen belül a vízerőművek szerepe meghaladja a biomasszáét, részesedésük 19,5% és 13,6% volt 2005-ben. A fűtés céljára felhasznált energiaforrások között a fa 11%-ot tesz ki. Az elmúlt másfél évtizedben megsokszorozódott a fát felhasználó energiatermelő üzemek száma, a három legnagyobb kapacitású egység több mint százezer köbméter fát használ fel évente. A fűtőművek egyenletesen oszlanak el az ország déli felében, elsősorban azok méretkategóriája igazodik a lakosság és a gazdaság területi eloszlásához. Az energetikai célra felhasznált fa mintegy kétharmadát maga a faipar használja fel, s a távfűtésben felhasznált fa mennyiségét kétszeresen meghaladja az egyéni lakossági felhasználás.

nálás. A legnagyobb pelletáló üzemek kapacitása meghaladja az évi 70 ezer tonnát, összkapacitásuk 2005-ben 420 ezer tonna volt. Míg a fűtőművek egyértelműen a lakossági igényekhez igazodnak, addig a pellet előállítása a faipari centrumokhoz köthető, de ezeknek is meglehetősen egyenletes a területi eloszlása. A pelletnek több mint a 80%-a kivitelre kerül, a termelés volumene 1998 és 2004 között közel hússzorosára növekedett. A legfontosabb fogadó országok 2004-ben Svédország (56%), Dánia (23%) és Hollandia (20%) voltak (*Heinimö–Alakangas*, 2006).

Spanyolországban a megújuló energiaforrásokon belül 2005-ben 58,9%-ot tett ki a biomassza és a szerves hulladék részaránya, amely az ország teljes energiafogyasztásának 3,2%-át jelentette. A villamosenergia-termelésben nincs meghatározó szerepe a biomasszának. Az energetikai célú biomassza 49,4%-át használják fel a háztartások, öt százalék feletti részesedése van még a papír- és cellulóziparnak (17,6%), a fa- és bútóriparnak (11,7%), az élelmiszeriparnak (8,2%) és a villamos erőműveknek (6,2%) (www.eubionet.net).

A megújuló energiaforrásokból származó primer energia előállítás tekintetében *Lengyelország* csak a 8. helyet foglalja el az Európai Unióban, a biomassza kimagasló részaránya (95,4%) mellett azonban az utóbbi esetében már a 6. a rangsorban. A második helyen a vízenergia szerepel 4,1%-kal, amelynek a villamosenergia-előállításában van kitüntetett jelentősége. A szilárd biomasszából megtermelt energia mennyisége (3865 ktoe) stagnál, illetve nagyon lassú növekedést mutatott az utóbbi tíz évben. Az energiafelhasználás szempontjából 2002-ben a legnagyobb szerepe annak a mintegy 110 ezer fával fűtött kazánnak volt, amely becslések szerint 88 308 TJ-nyi hőenergiát állítottak elő. Ennél egy nagyságrenddel kisebb volt az 500 kW-nál nagyobb kapacitású fa és szalma alapú fűtőművek (összesen több mint 200) és a három legnagyobb, összesen 330 MW kapacitású erőmű termelési összege (*Panorama on Energy 2007; Report on RES...* 2005).

Ausztria van az egyik legkedvezőbb helyzetben a megújuló energiaforrások hasznosítása tekintetében. A primer energiatermelés esetében a biomassza a megújuló energiaforrások között csak 53,1%-os aránnyal szerepel. A villamosenergia-termelésben a biomassza természetesen nem veheti fel a versenyt a Duna és az alpesi folyók vízerőműveivel, amelyek 2005-ben 3085 ktoe-nek megfelelő energiát termeltek. A vízenergiát nem számítva a megújuló energiaforrások 42,7%-át a tűzifa, 17,4%-át különböző fanyesedékek, 14%-át pedig papír- és cellulózipari hulladékok tették ki. A fűtésben a fának a vidéki térségekben van a legnagyobb szerepe, a biomassza fűtőművek azonban ma már országszerte elterjedtek, s gyakorlatilag minden kisebb városban jelen vannak. Az elmúlt években a villamos energiát termelő biomassza erőművek száma is gyors növekedésnek indult, a tervezett beruházások száma meghaladja a már működésben álló egységeket (*Rathbauer*, 2002; *Eder–Schneeberger–Walla*, 2005).

Olaszországban a megújuló energiaforrások között hagyományosan a vízerőműveknek van kitüntetett szerepe a villamosenergia-termelésben, amelyet speciális adottságaiknak köszönhetően a geotermikus energia átlag feletti részaránya egészít ki. A fűtés esetében már vezető helyen szerepel a biomassza (100,2 PJ – 92%) a megújulók között, 1997 és 2004 között évi 3%-os növekedést mutatva 2004-ben 2393 ktoe-val. A teljes primer energiaellátásból 2,9%-ot képvisel a biomassza, azon belül pedig 78,1%-os a szilárd biomassza részesedése. Fűtési célokra az országban mintegy 20 millió m³ fát

használnak fel, amely között 11 millió m³ tüzelőfa, 8 millió m³ faapríték, 550 ezer m³ vegyileg (de nem nehézfémekkel és halogénekkal) kezelt ipari fahulladék, valamint 390 ezer m³ pellet és 100 ezer m³ brikett szerepel. A lehetőségeket bővíti a rövid vágásfordulójú energianövények és energiafűvek termesztése, együttesen mintegy 700 ezer hektáron. A megtermelt szilárd biomassza legnagyobb részben ugyanabban a régióban kerül energetikai célú felhasználásra, az elmúlt években azonban a pellet iránt megnyilvánuló keresletnövekedés minimálisan évi 50 ezer tonnás importot eredményezett (Vivarelli, F. – Vivarelli, S. 2006).

Románia primer megújuló energiatermelése 5048 ktoe volt 2005-ben, amelynek 64%-át tette ki biomassza. Rendkívül széleskörű használata ellenére csak amiatt nem magasabb az aránya, mert többek között a 2050 MW kapacitású, román és szerb közös használatban álló Vaskapu vízerőmű révén a vízenergia részesedése is 34,4%. A villamos energia előállításában a biomassza eddig nem kapott jelentősebb szerepet, azt majdnem kizárólag vízerőművek állítják elő, a fejlesztési elképzelések között pedig elsősorban szélerőmű parkok kiépítése szerepel. A biomassza szinte kizárólag fűtésnél kerül felhasználásra, amely kategóriában a megújulókon belül 97,7%-os arányt képvisel. A biomasszából származó energiát 2002-ben 550 ipari kazán, 10 távfűtőmű és mintegy 14 millió (!) háztartási kályha, tűzhely, stb. állította elő. A biomassza különösen fontos energiaforrás Románia vidéki térségeiben (Renewable Energy Fact Sheet – Romania, 2007).

Portugáliában a természeti adottságokhoz mérten magas arányban kihasználtak a rendelkezésre álló megújuló energiaforrások, ami a biomassza mellett igaz a vízenergiára és egyre inkább a szélenergiára is. A fűtésre felhasznált megújuló energiaforrások között 99,4%-os a biomassza aránya, villamosenergia-termelést részben kis kapacitású (5–12 MW) erőművekben, nagyjából együtt-tüzeléssel állítanak elő (www.eubionet.net).

Nagy-Britanniában a megújulókból előállított villamos energia mennyisége 2000-ben 10 TWh volt, amely 2006-ra 18 TWh-ra emelkedett, s ebben igen számottevő szerepe volt annak is, hogy a biomassza együtt-tüzelés az elmúlt években terjedt el a szén-erőművekben, a biomasszán belül a legnagyobb arányt azonban továbbra is a személtelakókból begyűjtött gáz jelenti. A fűtési piacon 206 PJ-nyi megújuló energiát használtak fel, amelynek közel háromnegyede származott fa és szalma elégetéséből, ez azonban csak a fűtési energiapiac mintegy fél százalékát tette ki. Szilárd biomasszát nagyobb részben használtak fel a villamosenergia-termelésben, mint fűtésre. A belföldi adottságokat figyelembe véve a fejlesztési tervek nem számolnak a biomassza hasznosításának további jelentős bővülésével, az ágazat már jelenleg is jelentős alapanyag behozatalra épít (IEA...United Kingdom, 2007).

Dánia az ország területéhez és népességszámához képest rendkívül nagy mennyiségű biomasszát (2312 ktoe) használ fel energetikai célra, amely a primer megújuló energiatermelésen belül 79,8%-os arányt képvisel. Az ország magas technológiai színvonalat képvisel a fa és a szántóföldi növényi maradványok energetikai hasznosításában egyaránt. Dánia minden 500-nál több házzal rendelkező települése távfűtéssel rendelkezik. Az 1970-es évekig ezeket a rendszereket döntően nehéz fűtőolajjal működtették, azt követően jelentősebb szerepet kapott a földgáz, a szén és a biomassza is. A legkisebb méretkategóriájú településeken fűtési célokra villamos energiát és biomasszát használ-

nak. A nagy farmerházak gyakran használnak fel szalmát fűtési célokra, ezek száma több ezerre tehető (Renewable Enrgy Fact Sheet – Denmark 2007; *László*, 1998).

Hollandiában 2007-ben öt erőműben végeztek biomassza együttégetést, amely részben import pelletre, részben pedig különböző fahulladékokra alapozódott. Szerves hulladékból tüzeléssel 14 helyen nyertek energiát, a felhasznált hulladék átlagosan 47% szerves anyagot tartalmazott. A harmadik számú jelentős felhasználóknak maguk a faipari üzemek tekinthetők, amelyek a gyártási folyamatokban keletkező melléktermékeket jelentős részben helyben elégetik. Ezek mellett 791 334 háztartás használt tűzifát, illetve pelletet fűtési céllal (*Sikkema–Junginger–Faaij*, 2007). A biomassza hasznosítása tradicionálisan erősnek tekinthető *Belgiumban*, a bruttó energiafelhasználáson belül 1,8%-ot tett ki a részesedése 2003-ban. A szilárd biomasszából nyert villamos energia mennyisége igen erős növekedést mutatott az elmúlt években, 1997 és 2004 között éves átlagban 36%-kal bővült a termelés, elsősorban szénerőművekben történő együtt tüzeléssel (*Marchal–Ryckmans*, 2006).

A három balti állam közül messze *Lettország* rendelkezik a legnagyobb potenciállal a megújuló energiaforrások hasznosítása terén, a 2005. évi termelés 2287 ktöe-t ért el, amelynek 87,3%-át tette ki a biomassza. A kisebb potenciállal rendelkező *Litvániában* és *Észtországban* egyaránt 90% feletti a részaránya a biomasszának a megújulókon belül (*Kask*, 2005; *Kass*, 1999).

Magyarországon a megújulókon belül a villamosenergia-előállításban kiemelkedő a szilárd biomassza részesedése, 2004-ben 71,8%-ot ért el, ami a legmagasabb az Európai Unió tagországaiban. Az elmúlt években *Csehországban* is jelentősen bővült a biomassza erőművek szerepe, azonban a vízerőművek nagyobb jelentősége miatt a villamosenergia-termelésben nem annyira kiemelkedő a részesedése (*Habart*, 2005). *Szlovákiában* a fahulladék mennyisége 2,3 millió tonna évente, amelynek csak 20%-át használják fel energetikai célokra. A növekvő mennyiségben előállított pellet 90%-a pedig exportra kerül.

Szlovénia és *Szlovákia* magas erdősültségi szintjük miatt kedvező adottságokkal rendelkeznek a biomassza energetikai hasznosításához. A fejlesztési korlátokat elsősorban a nagy kiterjedésű természetvédelmi területek jelentik. A modern felhasználási formák elterjedtsége növekedett, miközben mindkét ország jelentős mennyiségben exportál fahulladékot és pelletet (*Krajnc* 2001; *Fehér–Pariláková–Vráblová*, 2002; *Gőgös*, 2005).

A déli fekvésű *Bulgáriában* és *Görögországban* a fűtésben van számottevő jelentősége a biomasszának, főként az utóbbiban azonban kedvező adottságai vannak a napkollektorok telepítésének is. *Cipruson* és *Máltán* az országok kis mérete és kedvezőtlen természeti adottságai miatt még a hőtermelésben sincs említésre érdemes jelentősége. Két további ország rendelkezik még abszolút értékben alacsony termelési értékekkel. Luxemburgban ez egyértelműen az ország méretére vezethető vissza, mivel egyébként jelentős hagyományai vannak a fa energetikai célú hasznosításának. Ezzel szemben Írország a területéhez képest nagyon kevés biomasszát hasznosít, amelyhez a természeti adottságok mellett az is hozzájárult, hogy a lakosság körében fűtési célra a fa az elmúlt években vált csak ismét népszerűvé (Renewable Energy Fact Sheets 2007; *Cumarsaids–Nadura–Acmhainni*, 2004).

Összegzés

Az utóbbi évtizedben a biomassza energetikai célú hasznosítása Európa államainak döntő többségében évről évre növekedett. Kisebbségi csökkenés, illetve stagnálás éppen azokban az országokban (pl. Finnország, Franciaország) volt tapasztalható, amelyek jó adottságaikat kihasználva már ezelőtt is magas szinten tartották termelésüket. A legnagyobb bővülés azokban az országokban mutatkozott, amelyeknél a megújuló energiaforrások részesedése kisebb és egyébként is szűkösek a termelés bővítésének lehetőségei. Ez utóbbiak közé tartozik hazánk is, a nagy kapacitású fatüzeléses erőművek nélkül nem tudnánk teljesíteni a villamosenergia-termelésre vonatkozóan tett vállalásainkat a megújuló energiaforrások részesedésének növelésére. A fejlesztési elképzelések és a piac változása abba az irányba mutat, hogy hosszabb távon minden országban a fenntartható termelés határainak közelében alakul majd a biomassza hasznosítása. A nemzetközi kereskedelem bővülését követően jelentős visszaesésre lehet majd számítani a helyi erőforrások optimálisabb hasznosítása miatt, hiszen egyetlen ország sem tud annyi szilárd biomasszát előállítani, amelynek energiátartalmát ne tudná hasznosítani. A bioenergia nagyobb volumenű előállítását az Európai Unió keleti felében egyelőre elsősorban nem a természeti korlátok akadályozzák, sokkal inkább a tökehiány és a technológiai elmaradottság. A legtöbb ország számára az osztrák, a dán vagy a finn minta lehet követhető példa, ahol a természeti adottságokat és a településhálózat sajátosságait figyelembe véve rendkívül sűrűn és egyenletesen helyezkednek el a biomassza fűtőművek és újabban a kisebb méretű áramtermelő kapacitások is. Ezek részesedése a jövőben jelentősen növekszik majd, miközben az egyedi, háztartásokban történő felhasználás aránya csökken.

Irodalom

- Bai A. 2002: A biomassza felhasználása. Szakkönyv Szaktudás Kiadóház, Budapest.
- Biomass Action Plan. Communication from the Commission. COM (2005) 628 final. Brussels, 7.12.2005.
- Biopowerswitch! A biomass blueprint to meet 15% of OECD electricity demand.
- Cumarsaids, R.–Nadura Acmhainni, M. 2004: Bioenergy in Ireland. A Strategic Report of the Bioenergy Strategy Group for the Department of Communications, Marine and Natural Resources. 87 p.
- Eder, M. – Schneeberger W. – Walla, C. 2005: Efforts to increase energy from biomass in Austria. In: M.Svatos (Hrsg.). Bioenergy in Agriculture. Czech University of Agriculture - Prague, S. 55–67. p.
- Fehér K. – Pariláková K. – Vráblová M. 2002: A renewable energy resource used in agriculture and forestry of Slovakia. – EE&AE'2002 – International Scientific Conference – 04-06.04.2002, Rousse, Bulgaria. 3 p.
- Gögsös Z. 2005: Biomassza potenciál és hasznosítása Magyarországon. In: „Biomassza-energia a mezőgazdaságból” – Hőenergia, villamos áram és hajtóanyag a szántóföldről. Hármashatár konferencia magyar előadásai, Nyitra, Szlovák Köztársaság. 2005. május 3–4.
- Habart, J. 2005: Biomass utilization in Czech Republic and recent legislative condition. Biom.cz [online]. 2005–11–15 [cit. 2008-07-08]. Dostupné z [www:<http://biom.cz/index.shtml?x=823784>](http://biom.cz/index.shtml?x=823784). ISSN: 1801–2655.

- Heinimö, J. – Alakangas, E. 2006: Solid and liquid biofuels markets in Finland – a study on international biofuels trade. IEA Bioenergy Task 40 and EUBIONET II – Country Report of Finland.
- European Environment Agency Report 2006. How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? Copenhagen.
- IEA Bioenergy Programme, Task 40. 2007: Country Report Sweden.
- IEA Bioenergy Programme, Task 40. 2007: Country Report for United Kingdom.
- Kask, Ü. 2005: Biomass resources and utilization in Estonia Content. Presentation: Tallinn University of Technology, 12.09.2005.
- Kass, I. 1999: Biomass District heating and CHP in Latvia – current situation and future plans. Presentation in Altener minitraining seminar District Heating and Combined Heat and Power Production from Biomass, Tallinn, Estonia, 21 st – 23 rd of March, 1999.
- Krajnc, N. 2001: Biomass developments and research in Slovenia. Slovenian Forestry Institute, Ljubjana. 5 p.
- Marchal, D. – Ryckmans, Y. 2006: Country report of Belgium. EUBIONET II. Current situation and future trends in biomass fuel trade in Europe. 48 p.
- Member States Reports in the frame of Directive 2001/77/EC (2002, 2003, 2005, 2006). http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/electricity_member_states_en.htm.
- Panorama of Energy 2007: Energy statistics to support EU policies and solutions. Eurostat statistical books.
- Plesch, D. – Austin, G. – Grant, F. – Sullivan, S. 2006: Bio-Energy and CAP Reform: The Gains to Europe and Africa. The Foreign Policy Centre, London, United Kingdom, 30 p.
- Rathbauer, J. 2002: EUBIONET Biomass survey in Europe, Country Report of Austria. Wieselburg, 11 p.
- Renewable Energy Fact Sheets 2007: Country Reports, 2004. http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/electricity_member_states_en.htm.
- Report on RES Heat statistic In Poland 2005: Polish National Energy Conservation Agency, Warsaw.
- Sikkema, R. – Junginger, M. – Faaij, A. 2007: Country report for the Netherlands 2007. Task 40: Sustainable International Bio-energy trade.
- Vivarelli, F. – Vivarelli, S. 2006: Biomass and bioenergy trade in Italy. IEA bioenergy task 40.

A NAPENERGIA FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

Absztrakt

A természetben a növényekben végbemenő fotoszintézis révén létrejövő vegyületeket, energiát a Nap fényének és melegének köszönhetjük. A Nap melege emeli a tavakból, tengerekből, folyókból elpárolgó vizet a felhők közé, innen jut a csapadék a hegyekbe, a hegyekből lezúduló víz pedig a vízierőművek által felhasználható energiát ad.

A napsugárzásból nyerhető energia évente országonként 300–600-szor több, mint az egyes országok energiaszükséglete. A Nap energiája nagy méretben egyelőre csak az évmilliók alatt felgyűlt fosszilis tüzelőanyagok, a biomassa vagy közvetlenebb módon geotermikus energia formájában hasznosul. A napelemek alkalmazástechnológiája az elmúlt évtizedben szintén gyorsan fejlődésnek indult.

Kulcsszavak

Napenergia, napkollektor, napelem, szigetelés, passzív napenergia-hasznosítás, aktív napenergia-hasznosítás, fotovillamos rendszerek

Általánosságban a napenergiáról:

A napsugárzás hatása különböző természeti jelenségeket hoz létre, amelyek hasznosíthatóak lehetnek közvetett vagy közvetlen energiatermelésre. Közvetett jelenségeken alapuló energiaforrások:

Szélerergia. A napsugárzás hatására a földfelszín, ezt követően a légkör felmelegszik, a különböző hőmérsékletű légtömegekben kialakuló áramlással szél keletkezik. A szél mozgási energiáját szélturbinákkal villamos energiává lehet átalakítani.

Vízenergia. A vízfelszíneken elnyelt napenergia elpárologtatja a vizet – megindul a víz körforgása – esők keletkeznek. A folyók helyzeti és mozgási energiáját elsősorban vízerőművekkel elektromos áram termelésére, majd öntözésre lehet hasznosítani.

Biomassa. A növények napfény hatására széndioxidból és vízből szerves anyagot állítanak elő. A keletkezett biomassa energiahordozó, kiszárítva jó hatásfokú kazánokban közvetlenül elégethető. Egy másik megoldás, amikor a szerves anyagot tartályban – levegő kizárásával – baktériumok segítségével elrothasztják, az így keletkező, viszonylag elfogadható minőségű metángáz elégethető. A biomassa felhasználása csak annyi szén-dioxidot képez, amennyit a növény élete során megkötött, következésképpen nincs plusz környezetterhelés.

Talajhő. A talajnak és a talajvíznek jelentős hőtartalma van, ez hőszivattyúval viszonylag kis energia befektetéssel – a felhasználási módnak megfelelően magasabb hőmérséklet-szintre emelve – hasznosítható fűtésre és használati-melegvíz készítésre.

Közvetlenül felhasználható napenergia: A napsugárzás energiatarlama közvetlenül is felhasználható. A Napból érkező energiának, sugárzásnak az összegyűjtése, koncentrá-

¹ Tanár, Szalántai Általános Iskola, B.M.Ö. Nagy László Szakközépiskola.

lása az elsődleges cél. A Nap széles spektrumú hőt és fényt nyújtó energiaforrás. A földfelszínre érő sugárzás 4%-a a közeli ultraibolya tartományban (300–400 nm), körülbelül 45%-a a látható (400–760 nm), megmaradó fele a közeli infravörös és az infravörös (760–1400 nm fölötti) hullámhosszak tartományába esik. A spektrum látható és közeli ultraibolya része, nagy energiataralmánál fogva fotokémiai, az infravörös sáv hőforráskénti felhasználásra alkalmas.

A napsugárzás használható változatlan formában vagy nyalábbá fókuszálva, amellyel 2000 °C-ig terjedő hőmérséklet állítható elő. A sugárnyaláb homogén kémiai reaktorba vagy heterogén, katalitikus közegbe vezetve fotonokkal árasztja el a közeget, illetve közvetlenül hevíti a katalizátorstruktúráját. Mind a hőmérséklet, mind a foton szabályozható a napkollektor megválasztásával.

A napenergián alapuló rendszerek természetüknél fogva „modulos” felépítésűek, azaz szükség szerinti méretben készíthetők és alkalmazhatók. A tervezéshez és a számításhoz részletes adatbázisokat és felügyelő programokat fejlesztettek ki a világszerte rendelkezésre álló napsugárzásról és annak helyi eloszlásáról. Mivel a napsugárzás az évszakok, az időjárás és a földrajzi elhelyezkedés szerint változik, ezekkel tervezéskor számolni kell. Megoldás lehet egy másfajta energiaforrás, például: ultraibolya lámpák beiktatása a kiesések pótlására.

Magyarország a nemzetközi normák szerint kiemelten nagy energiafogyasztónak számít. A pazarló energiafelhasználás az épületeknél alkalmazott rossz hatásfokú hőszigetelési technikáknak és fűtőberendezéseknek, a nem hatékony energiatermelésnek és a takarékos felhasználást ösztönző ár-rendszer hiányának, a tiszta, megújuló energiák (napenergia, hőszivattyú) komplex felhasználását propagáló tudatformálás elmaradottságának tudható be.

A rendelkezésre álló napenergia

A nap sugárzó teljesítménye 1023 kW nagyságrendű, ez a teljesítmény a föld felszínére érve a nagy távolság miatt 1012 kW-ra csökken. A földi légkör határán a sugárzás intenzitása 1310–1400 W/m², számításainkban ennek átlagával, a napállandóval számolunk, értéke: 1353 W/m². A beérkező sugárzás egy része a légkörön áthaladva szóródik, a fennmaradó közvetlen sugárzás intenzitása a légkörben megtett út hosszától függően tovább csökken, ezt az ún. homályossággal (T) vesszük figyelembe. A homályosság a földrajzi adottságoktól, a beépítettségtől, a helyi szennyezettségtől és a széljárástól is függ, ennek megfelelően értéke mindig változó: tiszta, zavartalan természet esetén T=2,0, ipari környezetben T=6,5. Budapest levegője közismerten szennyezett, itt a homályossági tényező általában megközelíti az ipari környezetre érvényes értéket. Magyarországon a napsütéses órák száma 1900–2300 óra között van, és tiszta időben maximum 900–1000 W/m² körüli sugárzás-intenzitás értékek mérhetők (1–2 táblázat).

A szórt sugárzás teljesítménye Magyarországon átlagosan a közvetlen sugárzás 12–25%-a. A közvetlen és szórt sugárzás összege a teljes sugárzás, nálunk a napenergia hasznosító berendezések tervezésénél ezt az értéket vesszük figyelembe.

1. táblázat
Napsütéses órák száma hazánkban

Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
57,0	82,9	135,7	186,7	252,8	267,1	296,6	278,0	202,0	138,9	62,8	40,2

Forrás: OMSZ adatai alapján a szerző szerkesztése.

2. táblázat
A teljes napsugárzás évi átlagos összege hazánkban (MJ/m²)
Merőleges síkon mért sugárzási átlagértékek (kWó/nap)

Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
4,02	5,75	7,43	8,92	10,3	10,8	10,2	10,7	9,5	7,89	5,71	4,65

Forrás: OMSZ adatai alapján a szerző szerkesztése.

Fontosabb hasznosítási lehetőségek

A rendelkezésre álló napenergia hasznosításának legismertebb módja az aktív, a passzív és a fotovillamos hasznosítás. Aktív és passzív hasznosítás esetén az érkező energiát hő formájában hasznosítjuk, az első esetben gépészeti eszközökkel, hőcserélők alkalmazásával melegvizet állítunk elő, a másodikban az épületek hőtároló képességét növeljük főleg építészeti eszközökkel. Fotovillamos hasznosításkor az érkező energiát villamos energiává alakítva használhatjuk fel. A három hasznosítási forma lehetséges hatásfok határai a technika ma ismert szintjén: aktív napenergia hasznosítás 30–60 %, passzív napenergia hasznosítás 15–40 %, fotovillamos átalakítás 8–25 %.

Passzív energia-felhasználás. A passzív hasznosítás jellemzője, hogy külön kiegészítő eszköz, berendezés nélkül tudjuk a napenergiát – megfelelő tájolás, célszerű üvegezés, hatékony szigetelés és alkalmas szerkezeti anyagok megválasztásával – az épületek fűtésére felhasználni.

Direkt rendszerek. A direkt rendszerek az ablakfelületen keresztül a helyiségbe bejutó napsugárzást közvetlenül hasznosítják. A felületek felmelegsznek, a hő egy részét átadják a levegőnek, más részét pedig magukban tárolják.

Tömegfal, Trombe-fal. A tömegfal elve, hogy a napsugárzást egy üvegtábla mögött elhelyezett nagytömegű fal gyűjti össze, és a hőt ez adja át a helyiség levegőjének. A Trombe-fal a tömegfal továbbfejlesztett változata. Itt a hőtárolást árnyékoló redőny segíti, a levegő áramlását pedig a fal alján és tetején csappantyúkkal lezárható szellőzőnyílások biztosítják.

Transzparens hőszigetelés. A transzparens (átlátszó) hőszigetelésű épületeket passzív fűtésű épületnek is szokás nevezni, mert a jó hőszigetelés és a besugárzás együttes hatásaként gyakran nincs szükség hagyományos fűtésre. Az átlátszó hőszigetelés a direkt vagy szórt napsugarakat átengedi, de a hideg felület felé terjedő hőáramokat csökkenti. Így a jó hővezető-képességű és nagy hőkapacitású belső falrétteg egyenle-

tes helyiséghőmérsékletet biztosít. A transzparens hőszigetelés alkalmazása viszonylag költséges, mert drága az anyag és a beépítéskor gondoskodni kell a külső mechanikai védelemről, illetve a nyári árnyékolásról.

Aktív energiafelhasználás. Az aktív hasznosítás főbb jellemzője, hogy valamilyen külön erre a célra készített eszköz (kollektor, napelem) segítségével alakítjuk át a Nap sugárzási energiáját hővé vagy villamos energiává.

Alkalmazási lehetőségek, szempontok

Szezonális létesítményeknél, pl. kempingek, szállodák, nyaralók, uszodák esetében a napenergia segítségével teljes egészében kiváltható a melegvíz előállításához szükséges hagyományos energia, családi házaknál, többlakásos épületeknél, szociális létesítményeknél az egész évben működő napenergia-hasznosító rendszer hagyományos energiával kombinálva kb. 50–60%-ban biztosítja a melegvíz előállításához szükséges energiát. Az aktív, melegvíz-készítő napenergia-hasznosító rendszerek legfontosabb jellemzői:

- a többi napenergia-hasznosító technológiákkal összehasonlítva – passzív, fotovillamos stb. – a legjobb hatásfokúak,
- alkalmazásuk esetén csökken a hagyományos energiahordozók elégetése, ezek költségei és környezeti ártalmai,
- egyszeri beruházási költséget igényelnek, üzemelési költségük minimális,
- egyedi, kisteljesítményű rendszerek megvalósítása lakossági anyagi erők bevonásával lehetséges.

Ezekkel az előnyökkel szemben áll az egyszeri beruházási költség, a hosszú „megtérülési idő”. A megtérülési időt úgy számítják ki, hogy az aktuális hagyományos energiahordozó-árakkal megszorozzák a rendszerrel kiváltható energia mennyiségét egy adott időszakra, és az így jelentkező megtakarítást viszonyítják a szükséges befektetéshez.

A napenergia részaránya a teljes éves hőenergia felhasználásból 53% is lehet, amely tartalmazza a használati melegvíz, fűtés energiaellátását. Az energiatermelés aránya az év folyamán nem egyenletes, rendkívül nagy megtakarítás jelentkezik átmeneti időben, különösen tavasszal, amikor az időjárás rendkívül hideg, viszont a napsugárzás már jelentős. Figyelemre méltó tény, hogy még a legsötétebb téli hónapokban is 15–25%-os energia megtakarítás érhető el (3. táblázat). Nyári időszakban a csekély energia igény miatt a berendezés kis kihasználtsággal üzemel. Ha a nyáron begyűjtött energiát nem használjuk el – hanem képesek vagyunk tárolni nagyméretű tárolóban –, a nyári energiátöbblet felhasználható a téli energia ellátásra.

3. táblázat
Példa a nyerhető energiára

	Derült októberi, márciusi napon	Átlagos nyári napon
Külső hőm (°C)	10	26
HMV kívánt hőm (°C) *	45	55
Napkollektor felület (m ²)	4	4
Napsugárzás intenzitása (W/m ²)	600	800
Napsütés időtartama (óra)	6	8
Hasznosított napenergia (kWh)	6	13
Nyert HMV mennyiség (liter)	140	270

* HMV= Használati melegvíz.

Forrás: www.nap-kollektor.hu.

A napkollektorok

Síknap kollektor működési elve

A kollektorokba nem mérgező, a hazai telekre gondolva fagyálló folyadékot, például propilen-glykolt célszerű feltölteni. A kollektor doboza üveggel fedett, alját hőelnyelő (abszorber) anyag borítja, így a fekete színű rézcsöveken elnyelődő hőn kívül ez a hő is rendszerünket gazdagítja.

Vákuumcső kollektor működési elve

A vákuumcső kollektor a síknap kollektor továbbfejlesztett változata, az újdonság a csövek szerkezetében található. A keringő folyadékot vezető csövet egy hőelnyelő (abszorber) felület veszi körül, ami a napfényt hóvé alakítja, és átadja a folyadéknak. Ezt a felületet két, szivárgásmentesen lezárt üvegcső követi, a kettő között légüres térrel (vákuummal). A légüres tér a napsugárzást átengedi az elnyelő felületre, de közvetítő közeg hiányában a hőt nem engedi ki a belső csőből, így az ott felgyülemlt hő csak a folyadékon keresztül tud távozni.

A doboz alja szintén tükörfelülettel lett „bélével”, a napfény elnyelése ugyanis csak a csöveken történik, így ezek felülete is megnövelt. A borító üvegfelületnek sem célja a hőzárás, pusztán a mechanikai sérülésektől véd (jégeső, gallyak). Téli esteiken – amikor huzamosabb ideig nem éri napsütés – sem tud megfagyni a folyadék a csőben a vákuum hőzáró tulajdonsága miatt, így itt nem kell feltétlenül olyan koncentrátumú fagyásállót használni, mint a sík kollektoroknál, sőt, adott esetben egyszerű sós víz is megteszi hőátadó közegnek – ennek ugyanis a só miatt alacsonyabb a fagyáspontja. A sós víz magasabb hőfokra hevíthető és így több hőt tud továbbítani, mint sótlan változata. A kollektorból egy felhőtlenebb nyári napon akár 120 °C-os víz is érkezik.

1 m² kollektor évente – a hozzá kapcsolódó rendszerrel együtt – 125 m³ földgáz vagy 100 kg olaj energiataralmával egyező energiát termel. Ahhoz, hogy ezeket az eredményeket elérhessük, olyan anyagokat kell alkalmazni, amelyek a solartechnikai high tech-et képviselik. Szelektív feketekróm elnyelő felülettel rendelkeznek, amelynek abszorpciós képessége 97–98 %, továbbá nagy átlátszóságú Optisol üveggel, amely 15 %-kal több fényt enged át, mint az ablaküveg. Éves átlagban egy négytagú család használati melegvíz igényének kb. 60–70%-át lehet biztosítani napenergia felhasználásával. Ehhez 4–8 m² napkollektor-felületre van szükség.

Napkollektoros melegvíz-készítő berendezés

A fürdésre, mosogatásra, mosásra alkalmas, megfelelő hőmérsékletű melegvíz hazánk kontinentális éghajlatának köszönhetően az év 2/3 részében tisztán napenergiából is előállítható. Mivel a napkollektorok fedett, felhős időben is működnek, a melegítésre fordított éves energia 3/4 része megtakarítható. Minden feleslegesen elhasznált kWh energia mintegy fél kilogramm CO₂ kibocsátást jelent. Egy átlagos család szükségletének megfelelő berendezés évente mintegy 3000 kWh energiát termel, másfél tonna széndioxidtól kímélve meg légkörünket.

Napkollektoros fűtéstáplálás

Egy átlagos méretű (120 m²), jól hőszigetelt házat alapul véve 24 m² felületű kollektor képes biztosítani a fűtési és melegvíz igény felét. Nagyjából elmondható, hogy egy ekkora felület egy téli hideg, ám napsütéses napon annyi energiát termel, mint egy C–12-es cirkójezír öt órás, folyamatos üzeme.

Mindazonáltal a napkollektor nem kazán: nem várható el tőle, hogy minden időjárási körülményben 90 °C fokos melegvizet szolgáltasson. Teljesítménye kismértékben függ a külső hőmérséklettől, és nagymértékben a napsugárzás intenzitásától. A rendszer elektronikus vezérlő egységgel képes összehangolni a különböző módokon rendelkezésre álló energia mennyiséget az optimális lakás hőmérséklet érdekében, figyeli a kollektorok hőtermelését, a külső hőmérsékletet, a tároló rendszerben lévő hőtartalékot, ezek értékelése után végzi a szabályzást.

Padlófűtési rendszer

Még felhős időben is kitűnően tudják hasznosítani a kollektorok energiáját. A nappal működő kollektorok energiáját közvetlenül a padlófűtésbe tudjuk vezetni, a kollektorok alacsony hőmérsékleten nagyon jó hatásokkal üzemelnek. Rendkívül alacsony beruházási költséggel rövid megtérülési idejű rendszerek építhetők így ki. Természetesen a gépészeti berendezés védi a padlófűtő csöveket a túlmelegedéstől, korlátok között tartja a padló felületi hőmérsékletét, és nem engedi az egészségügyileg káros tartományba melegedni.

A napkollektorok a nem fókuszált energián alapuló, úgynevezett napegységben („sun”) kifejezve 1-től 50000-ig terjedő sugárzástartományban vannak forgalomban. Eredetileg termikus alkalmazásokra készültek, de bizonyos módosításokkal a fotokémiai reakciók céljainak is megfelelnek.

A síklemezes kollektorok vegyi reaktornak tekinthetők. Anyaguk üveg vagy műanyag, amely a látható fényen kívül az ultraibolya sugarakat is átengedi a reakciópartnereket tartalmazó térbe. A síklemezes kollektorok a közvetlen és a diffúz (felhő, köd által szórt) fényt is hasznosítják.

A parabolavályú alakú kollektorok anyaga a napsugárzást visszaveri, és egy tengely mentén elhelyezett üvegcsőbe fókuszálja. Az üvegcső a reaktor, amelybe 150 napegységig terjedő energia juthat, de csak a közvetlen sugárzás használható. A diffúz fény derült időben a napenergia 10–20 százalékát, fedett égbolt esetén 100 százalékát képviseli, és körülbelül 50%-át tartalmazza a közeli ultraibolya spektrumnak, amely a fotokémiai reakciókban különösen fontos.

A parabolatükrök szintén a reaktor felé irányítják a napfényt, de a vályúkkal ellentétben két tengely mentén, majd egyetlen pontba fókuszálják. Ezekben a kollektorokban az energiakonzentráció eléri a 17 000 napegységet.

A napkemencékben a síktükrök (heliosztát) és a parabolatükrök segítségével képződő sugárnyaláb 50 000 napegység energiát koncentrál. A parabolatükrök gyújtópontjába helyezett optikai elemmel további koncentrációt lehet elérni. Legfőbb problémát a napenergia szállítása és tárolása jelenti.

A napkollektoros rendszerek jellemző alkotóelemei, tulajdonságai: tiszta réz hőelnyelő felület, szelektív feketekróm bevonat, speciális edzett SOLAR üvegezés, újrafelhasználható, természetbarát anyagok alkalmazása, épület harmóniájába illeszkedő, többe simuló kivitel, tökéletes energiatermelő tetőfedés, összefüggő, megszakítás nélküli felület, hőhídmentes szerkezet (extra 3%-os teljesítménynövekedés), rézvezetékek a kollektorok belsejében, rendkívül hosszú élettartam, optimális Ft/kWh/év arány.

1 m² napkollektor évente 75 liter tüzelőolajat (HTO), 200 kg széndioxidot (CO₂), 2,5 kg kéndioxidot (SO₂) vált ki. A működtetési költségek minimálisak, hosszú távon üzemképesek javítás nélkül.

A napkollektorok, illetve napelemek által begyűjthető energia mennyisége nagyban függ a berendezések tájolásától és dőlésszögének beállításától. Tájolás tekintetében természetes, hogy a déli beállítás a legkedvezőbb. A dőlésszög optimális értéke az üzemeltetés időszakától függ. A Budapesten érvényes havi átlagos sugárzási adatokból számolva egész évi működtetés esetén a vízszintessel bezárt 43,5°-os dőlésszögű beállítás az optimális. Nyári hónapokra a jelentősen eltérő napmagasságok miatt ez az érték 18,5°-ra, a téli hónapok idejére pedig 76,2°-ra becsülhető. Általában 30–60°-os dőlésszöget szokás alkalmazni.

Napelemek

A napelemek, vagy más néven fotovillamos elemek a fotovillamos jelenséget hasznosítják. A Nap elektromágneses sugárzása a napelem alapanyagát képező félvezetőben szabad töltéshordozókat hoz létre, amelyek hatására a napelem fémelektrodáin feszültségkülönbség keletkezik. Ha a fémelektrodákat külső áramkörön keresztül összekapcsoljuk, akkor a napelem megvilágításának hatására a külső áramkörben azzal arányos mértékű egyenáram folyik. Az ily módon kapott 12 vagy 24 V-os egyenfeszültséggel közvetlenül lehet fogyasztókat (pl. világítás, szellőztetés) működtetni. Szükség esetén 220 V-os váltóáramú hálózati fogyasztók is működtethetők egy inverteres egység köz-

beiktatásával. A napelemek hatásfoka napjainkban 6–14% közötti, a legkorszerűbb – polikristályos – napelemek 20%-os hatásfoka már csúcsnak számít. Az áttörést itt is a nanotechnológiától remélik. A legújabb és legmodernebb napelemek nagy hatásfokúak (23–24%), stabilabbak – a szennyezőanyagok és a kémiai rétegek miatt – mint az előző évtizedben, s így egy sor új alkalmazási területe lett a napcelláknak (például gépkocsik tetőablakán, lakásablakon, irodaépületek ablakain, háztetőablakokon, üvegházaknál, naptetőknél, naptelepeknél, naperőműveknél).

A környezetvédelmi indokok a napelemek elterjedése mellett szólnak, hiszen a teljes életutat figyelembe véve környezetterhelésük – a többi energiaforráshoz képest – alacsony. A tapasztalatok szerint a legfontosabb felhasználási területek a következők:

- távközlés (pl. mikrohullámú berendezések, segélyhívók)
- mezőgazdaság (pl. villanypásztorok, szivattyúk, világítás),
- szezonális szükségletek kielégítésére (pl. hétvégi házakban),
- a hálózati termelés.

A napenergia hasznosításának néhány előnye

A napenergia gyakorlatilag bárhol korlátlanul áll rendelkezésre. Alkalmazásával a hagyományos, fosszilis energiahordozó készletek hosszabb ideig elegendőek lesznek olyan célokra, amelyekre más energiaforrások nem használhatók (vegyipar, műanyagipar, gyógyszeripar). A napenergia minél nagyobb téren történő felhasználása egyre gazdaságosabb, hosszú távon nagy piaci szegmensben alkalmazva egyértelműen olcsóbb a hagyományos energia-előállító technológiákhoz képest. Hosszú élettartamra lehet számítani, az elromlott eszközöket könnyen, gyorsan ki lehet cserélni, s újabb 20–25 évig használhatók.

A napenergia használatának elterjedésével például hazánkban 80 ezer tonna SO₂ nem kerülne ki a légterbe a füstgázokkal, ezáltal jelentősen csökkenne a képződött savas eső mennyisége.

A környezetszennyezés a lakosság egészségi állapotának javulását eredményezi, így csökkennek az egészségügyi kiadások.

Legfontosabb feladatok:

- Egyetemi szintű tudásközpontokban a napenergia hasznosítás lehetőségeinek és megoldásainak széleskörű oktatása és regionális tervek készítése;
- Környezetvédelmi szempontú tudatformálás a médiákban és az oktatási intézményekben;
- Innovációs, kutatás-fejlesztési feladatok meghatározása és kidolgozása;
- Egyszerűsített, alanyi jogú támogatási módok kidolgozása, banki konstrukciók kombinálásával, állami részvétellel;
- Esélyegyenlőség biztosítása, pl. tanyák villamosítása megújuló alapú áramtermeléssel;
- Támogatás megléte estén a passzív és aktív hasznosítási módok egyenrangú támogatása. Állami, önkormányzati tulajdonú épületek felmérése a napenergia hasznosítás érdekében és mintarendszereinek kialakítására.

Irodalom

- Bérces B. 2006: Energiatudatos építkezés – passzív napenergia-hasznosítás. – Ezeremester folyóirat. Októberi szám.
- Energia című folyóirat 1994. októberi száma, 1995. augusztusi száma.
- Energiagazdálkodás című folyóirat 1994. januári száma.
- Horánszky B. 2005: Egy lépés a fenntartható infrastruktúra felé – napelemekkel kombinált földgázellátó rendszer háztartási fogyasztóknál, kutatási anyag, Miskolc.
- Horváth Á. 2006: A napenergia modern felhasználási lehetőségei. Fizikai Szemle, 2006. 4. 144. p.
- Móczár G. – Farkas I.: Napenergia-hasznosítás. <http://www.okotaj.hu/szamok/22/mas4.html>.
- Sántha Attila 1996: Környezetgazdálkodás. Nemzeti Tankönyvkiadó 239–265. p.
http://www.okoszolgalat.hu/zold_praktikak/napenergia.

NAPENERGIA VILLAMOS HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI ÉS PROBLÉMÁI

Absztrakt

A világ energiafogyasztásának jelentős részét villamos energia formájában használjuk, amelyet szinte kizárólag fosszilis illetve nukleáris energiaforrásokból állítunk elő oly módon, hogy az energiahordozók belső vagy nukleáris energiáját köztes lépcsőben hővé alakítjuk, amelyet végül villamos energiává konvertálunk. A fosszilis energiahordozók rohamos fogyasztásával egyre nagyobb hangsúly fektetődik a megújuló energiaforrások hasznosítására. Az egyik legnagyobb potenciálú, és a föld egész területén elérhető energiaforrás a napsütés. A klasszikus erőművekkel szemben a napenergia villamos energiává alakítása történhet közvetlenül, hiszen a fényelektromos hatás kihasználásával nincs szükség a köztes hőenergiává alakításra. A napelemek előnyei közé tartozik az egyszerű felépítés, megbízható üzemelés valamint a széndioxid-semleges energiatermelés. A napelemek költségei azonban jelenleg igen magasak, és hatásfokuk is alacsonyabb, mint a legtöbb klasszikus erőművi energiaátalakítási ciklusnak. A jelenlegi fejlesztések az ár csökkenését illetve a hatásfok növelését célozzák, mindemellett folyamatosan születnek új koncepciók is, amelyek az ingadozások hatásait és az egyenetlen földrajzi eloszlást hivatottak kiküszöbölni. Minden hátránya ellenér a napenergia óriási potenciállal rendelkezik, és kellő műszaki fejlesztés esetén a jövő legszámottevőbb energiaforrásává válhat.

Kulcsszavak

Napenergia, napelemek, napelemforgatás, napenergia villamos hasznosítása

A napenergia elkerülhetetlen szerepe a jövő energiaellátásában

Manapság az emberiség energiaigényének túlnyomó részét fosszilis energiahordozókból fedezi, a megújuló energiaforrásokat és főként a napenergiát pedig a jövő ígéretes energiaforrásai közé sorolja. Az egyes megújuló energiaforrásokat (nap-, víz- és szélenergia, geotermikus energia vagy biomassza) továbbá gyakran egymás vetélytársaként is ábrázolják, különböző költségelemzéseket felállítva, amelyek hol az egyik, hol a másik megújuló energiaforrást hozzák ki győztesként, és a legtöbb esetben nem a napenergia kerül a legelőkelőbb helyekre. Pedig könnyű belátni, hogy a geotermikus energiaforrásokat kivéve bármely megújuló energiaforrás – sőt a fosszilis energiahordozók is – a naptól érkező energiát alakítja át, így a geotermia és a nukleáris energia kivételével mindenképp a nap által kisugárzott energiáját használjuk. Ezért egyértelmű, hogy a fosszilis energiahordozók kifogyásával az energiafelhasználás egyre jobban el kell, hogy toljódjon a szinte korlátlanul rendelkezésre álló napenergia közvetlen hasznosítása irányába.

¹ Tudományos segédmunkatárs, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Elektronikus Eszközök Tanszéke.

A napenergia villamos hasznosítása

Energiaszükségletünk egy részét villamos energia formájában használjuk fel. Magyarországon az összenergia-felhasználás kb. 11%-át (1999) teszi ki a villamos energia, Európa többi országában ez az arány valamivel magasabb, 12 és 16 % között mozog, ami jelentős energiamennyiséget jelent. Manapság a villamos energia legnagyobb része fosszilis energiaforrásokból vagy nukleáris energia hasznosításából származik, de a már korábban használt vízerőművek mellett egyre nagyobb teret hódítanak a szélerőművek, és elkezdtek terjedni a napenergiát hasznosító villamos erőművek is. A napenergia villamos hasznosításának két alapvető módját használják: az egyik esetben a napfényt koncentrálna hőt állítanak elő, amelyet a hagyományos erőművi technológiával, turbina-generátor együttesekkel alakítanak át először mozgási energiává, majd tovább villamos energiává, a másik esetben pedig napelemek alakítják közvetlenül villamos energiává a nap sugárzását. Az első megoldás az Egyesült Államokban elterjedtebb, míg Európa és Japán inkább a napelemeket alkalmazza.

A napelemek fényelektromos effektus segítségével a napsugárzást közvetlenül egyenárammá alakítják, így egyszerű felépítésű, statikus rendszereket lehet kialakítani, hiszen a villamos energia tényleges előállításához a napelemen kívül semmilyen eszköz nem szükséges. Természetesen a napelemek kiegészülhetnek egyéb berendezésekkel, amelyek pl. a hatásfok javítását (napkövető berendezés), a váltakozó feszültségű hálózathoz való illesztést (inverter) vagy az energia javítását teszik lehetővé, de maga az energiaátalakítás a viszonylag egyszerű felépítésű, félvezetőkből készült napelemcellákban történik.

Napelemek fejlődése és fajtái

Az 1953-ban készült első szilícium napelemcella óta a napelemek óriási fejlődésen mentek keresztül. Az elsőgenerációs, a félvezető ipar hulladékából készült cellákat felváltották a külön célra készített anyagból előállított, különböző technológiai trükkökkel növelt hatásfokú cellák, amelyek az erős költségsökkentésnek köszönhetően már nem csak űralkalmazásokra, hanem a hálózattól távol eső földi eszközök tápellátására is alkalmasak voltak. Az elsődleges alapanyag továbbra is a szilícium maradt, de az egyre nagyobb energiaigényű űrhajózás számára létrejöttek az újabb anyagokból (pl. gallium-arszenid) készült, többátmenetes nagy hatásfokú cellák is, igaz ezek ára nagyságrendekkel meghaladta a földi alkalmazásokban használt szilíciumból készült egyátmenetes cellákét.

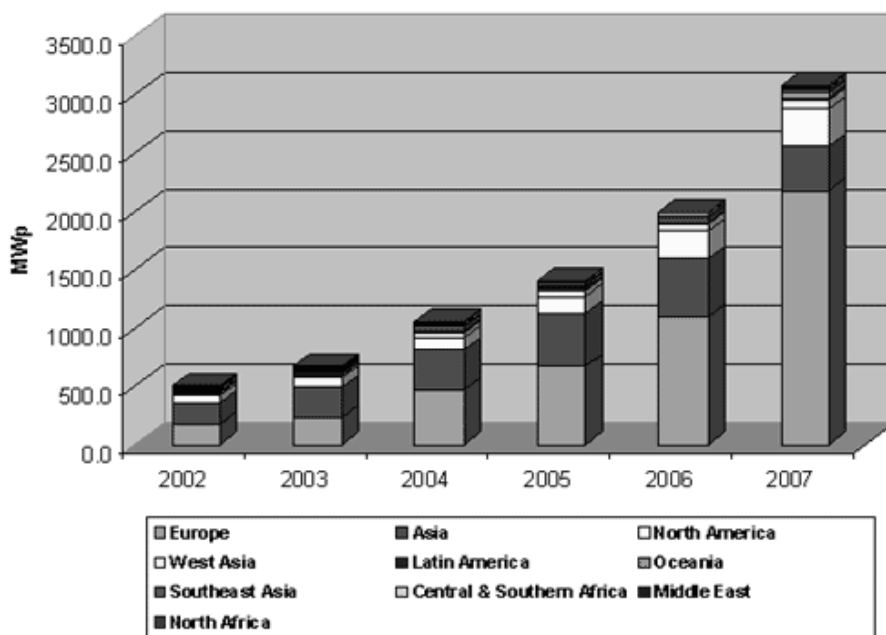
A 70-es években megjelentek az első amorf szilíciumból készült napelemek, amelyek olcsóbb technológiájuknak és alacsonyabb anyagigényüknek köszönhetően sokkal olcsóbb előállítási költségekkel rendelkeztek, igaz hatásfokuk is messze elmaradt az egykristályos szilíciumból készülttől, így sokáig a zsebszámológépekben és órákban találtak csak alkalmazásra, intenzív fejlesztéseknek köszönhetően azonban az elmúlt évtizedekben egyre jobban terjedtek.

A jelenlegi napelem piacot ma is a kristályos szilíciumból készült napelemek uralják kb. 90%-os piaci részesedéssel, de az egykristályos alapanyagot egyre gyakrabban váltja fel a jelentősen olcsóbb előállítási költségű, de hatásfokban nem túlságosan rosszabb multikristályos szilícium. A piac maradékát pedig gyakorlatilag az amorf szilíciumból

készült napelemek teszik ki, mivel az újabb fejlesztésű vékonyréteg (réz-indium-diszelenid, kadmium-tellurid) napelemek vagy a nagyhatásfokú vegyület-félvezetőkől készült napelemek újdonságuk vagy magas árak miatt csak elenyésző szerepet játszanak a világ összetermelésében.

A napelem-ipar napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő iparága. Az elmúlt harminc évben a napelem-ipar évente átlagosan 34%-kal növekedett, az elmúlt öt évben pedig több mint 44%-os éves átlagnövekedést tudott felmutatni (1. ábra). A telepítések terén a legnagyobb előrelépéseket Európa – élén Németországgal – tette: az elmúlt tíz évben több mint megtízszerezte a napelem-kapacitását. Világszerte Németország rendelkezik a legnagyobb telepített napelem-teljesítménnyel, ami nem kismértékben az erős állami támogatási rendszernek köszönhető. A német napelem-ipar így néhány év alatt a világranglista élére állt, és nagy gyártáskapacitási és technológiai előnyre tett szert.

1. ábra
Az elmúlt öt évben telepített napelemes létesítmények világszerte

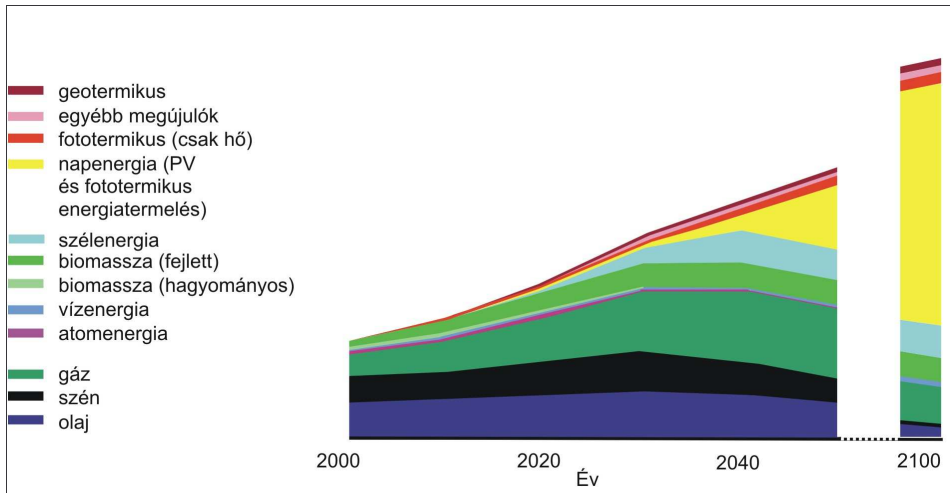


Forrás: Paula Mints: Photovoltaik-Industrie wächst stark, trotz aller Hindernisse, www.solarserver.de.

A szakemberek ahelyett, hogy a napelem-ipar eddigi töretlen exponenciális fejlődésének megtorpanására számítanának, úgy gondolják, hogy még mindig a fejlődés kezdeteinél tartunk. A német kormány globális környezeti változásokkal foglalkozó tudo-

mányos tanácsának 2003-ban készült előrejelzése (2. ábra) szerint az elkövetkezendő évszázadban a napenergia vezető energiaforrássá növi ki magát, és a XXI. század végére az összenergia-fogyasztás kétharmadát fogja fedezni. Ezt jelzi előre, hogy a jelenleg használt 60 és 100 MW közötti éves kapacitású gyártósorok helyett már megkezdődött az 1 GW-nyi éves gyártáskapacitású napelem-gyárak tervezése.

2. ábra
Az emberiség által felhasznált energiaforrások szerinti összetételének előrejelzése a XXI. századra



Forrás: German Advisory Council on Global Change, 2003, www.wbgu.de

A napelemek rendszerek előnyei és hátrányai

A napenergia egyik legnagyobb hátránya, hogy az általa leadott energia időben nem állandó. Az időjárás, a nap- és évszakok mind befolyásolják a napelem felületére érkező fény intenzitását és ezáltal a napelem leadott teljesítményét. Az ingadozásokat (3a és 3b ábra) – csakúgy mint a szélenergiánál – nem lehet kiküszöbölni, a folyamatos energia-ellátáshoz energiatárolásra van szükség. Fontos megjegyezni, hogy az egyes évszakok erős különbséget mutatnak, ami azt jelenti, hogy téli és a nyári hónapok között nagy mennyiségű energiát kell tárolni abban az esetben, ha kizárólag a napenergiát szeretnénk használni. Az egyes napszakok között szintén erős ingadozások figyelhetők meg, de itt kisebb mennyiségű energiát csak rövidebb távra – kedvezőtlen esetben is csak néhány napra – kell tárolni, ami akár akkumulátorokkal is megoldható.

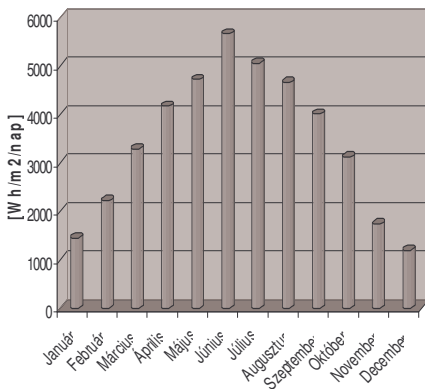
Az ingadozások kiküszöbölésére vagy csökkentésére megoldást jelenthet, ha a napelemek nem egymagukban, hanem más energiaforrásokkal együtt termelnek energiát. Például naperőműveket szélgenerátorokkal vegyesen telepítve csökkenthetők az ingadozások, hiszen két eltérő, egymástól függetlenül ingadozó energiaforrásnál kisebb lesz

az esélye annak, hogy mindkettő egyszerre ad kedvezőtlen viszonyokat. A rendszert egy további, folyamatosan rendelkezésre álló energiaforrással, mint például a geotermiával vagy biomasszával kiegészítve már teljesen kiküszöbölhetők az ingadozások.

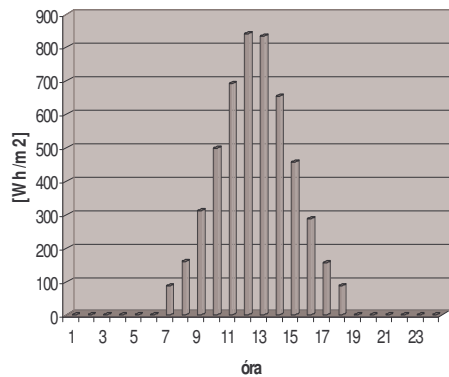
Az ingadozások csökkentését el lehet érni úgy is, hogy a jelenlegi kiépített villamoshálózatot arra használjuk, hogy az éppen kellően benapozott helyekről átszállítsuk az energiát a kevésbé napos helyekre, kihasználva az Európán és esetleg egyéb országokon belüli időeltolódásokat és az időjárás vándorlását.

3. ábra
Napenergia évszaktól és napszaktól függő ingadozásai
(45°-os déli lejtőn mért intenzitásadatok)

a)



b)



Forrás: A szerző szerkesztése.

A napenergia alacsony energiasűrűsége

Annak ellenére, hogy a napenergia óriási mennyiségekben érkezik a földre, energiasűrűség igen kicsi. Az európai viszonyok között uralkodó AM 1,5 besugárzás energiasűrűsége kb. 850 W/m^2 , ami azt jelenti, hogy egy átlagos jármű felületére napos időben kb. 6–8 kW teljesítményű fény érkezik be, amely még a napelem hatásfokát figyelmen kívül hagyva is messze elmarad a mai motorok teljesítményétől, azaz kijelenthető, hogy a napenergia nem alkalmas a mai közlekedési színvonal fenntartására. Magas energiasűrűségük a fosszilis energiahordozókat ideális üzemanyaggá teszik, amivel nehéz felvenni a versenyt.

Az energiaátalakító rendszerek legfontosabb szempontja a hatásfok. Szilíciumból készült egytámenetes napelemek esetén az elméleti hatásfok 28%, amelyet labori körülmények között 1-2 százalékponton meg is tudnak közelíteni. Ezt azonban igen kisméretű cellákon érik el, amelyeken a veszteségek minimálisak. A gyakorlatban a cellák sorba kapcsolásánál az egyes cellák összeadódó soros ellenállásain és a hozzávezetésekben létrejövő veszteségek miatt a legjobb, egykristályos modulok hatásfoka is 15–18 % között mozog. Az olcsóbb, vékonyréteg napelemek pedig ezeket az értékeket sem érik el.

További gondot jelent a napelemek melegedése. A villamos energiává át nem alakított fényenergia a napelemben elnyelődik és melegedéshez vezet, ami viszont csökkentti a napelem leadott feszültségét, és ezáltal teljesítményét is. A gyakorlatban épp ezért használnak napkollektorokkal kombinált rendszereket, ahol a napelemben hátoldali hűtéssel elvonják a fény abszorpciója során keletkező hőt, és ezt a hőt víz melegítésére használják.

Mint minden egyéb fosszilis energiahordozó vagy megújuló energiaforrás esetében, a napenergiánál sem egyenletes a földrajzi elosztás, ami a későbbi, nagymértékű felhasználás során hasonló konfliktusokhoz vezethet, mint amelyek az elmúlt években és évtizedekben az olaj és a földgáz körül bontakoztak ki, de ennek veszélye alacsonyabb, mint a jelenleg használt energiahordozók esetén, mivel a napenergia elosztása, ha nem is egyenletes, sokkal kiegyensúlyozottabb, mint például a kőolajé, és nem is véges, elfogyó energiakészletekről van szó. Okos és megfontolt energiapolitika mellett a napenergia ugyanúgy lehetőséget nyújt az energiaexportra vagy importra, már több tanulmány is foglalkozott például az Afrikai sivatagokban megtermelt energia Európába történő exportálásával. A javaslatok között megtalálhatók mind a hagyományos távvezetékek, mind a napenergiával szétbontott vízből előállított hidrogént szállító csővezetékek.

A napelemes rendszerek további gyenge pontja az előállítási költség. Az első, tiszta félvezető ipari technológiákkal előállított napelemek óta a költségek ugyan erősen csökkentek, de a napelemekkel előállított villamos energia még mindig drágább, mint a fosszilis vagy nukleáris energiahordozókból hagyományos erőművi technológiákkal előállított áram. A napelemes rendszerek telepítési költsége jelenleg 4 euró/Wp körül mozog, ami csak megfelelő szubvenciók mellett teszi lehetővé a nyereséges üzemeltetést. A villamos hálózattól néhány száz méterre fekvő fogyasztók esetén a napelemek már ma is olcsóbb megoldást jelentenek a villamos hálózat kiépítésénél.

Fejlődési irányok

A napelemek korábban említett hátrányainak csökkentése érdekében komoly fejlesztések folynak, amelyek kemény harcot jelentenek a hatásfok minden tized százalékaért vagy a költségek csökkentéséért. A napelem-fejlesztésben jelenleg két fő irányzat van, amelyeket lényegében az imént említett két tényező egyike határoz meg. Az egyik tábor a minél nagyobb hatásfok elérésében és koncentrátorok alkalmazásában látja a jövőt, a másik tábor pedig az előállítási költségek csökkentését tartja a legfontosabbnak. A magasabb hatásfok eléréséhez kizárólag az egykristályos, jó minőségű de magas előállítási költségű alapanyagok jöhetnek szóba, amíg az olcsó napelemek általában vékonyréteg-technológiával készülnek. Köztes irányt képviselnek a multikristályos napelemek, amelyek némi hatásfok csökkenés fejében az egykristályosnál jóval olcsóbban előállítható kristályos alapanyagból készülnek. Újabban elindult az ún. organikus napelemek fejlesztése is, amelyek szerves anyagokból készülnek, és még az amorf szilíciumból készült napelemeknél is alacsonyabb előállítási költségekkel kecsegtetnek.

A másik vita, amely megosztja szakembereket, az a napelemek forgatásának kérdése. A napelemek folyamatos optimális pozícióba történő forgatása kétség kívül növeli

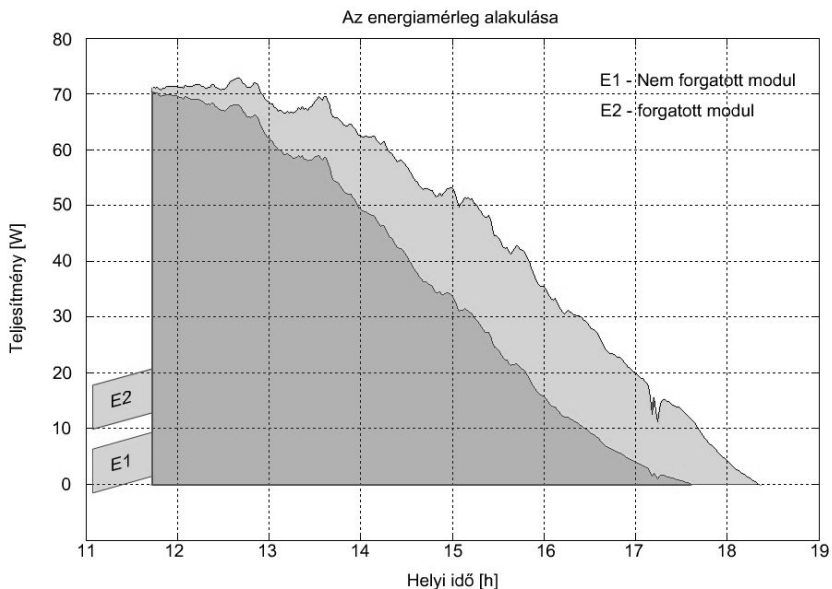
a megtermelhető energiát, a forgató berendezés azonban többletköltségeket okoz, és mozgó alkatrészeket tartalmaz, ami növeli a meghibásodás valószínűségét, valamint karbantartást is igényel. Saját elvégzett számításaink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a napelem-forgatással nyert többletenergia nem elhanyagolható (4. és 5. ábra), ezért tanszékünkön egy automata működésű, távvezérelhető kéttengelyes napelem-forgató berendezés tervezésébe kezdtünk.

Az elvégzett számítások eredményei azt mutatták, hogy a napelem-forgatással nyert többletenergia éves átlagban meghaladja a 30 %-ot. Amit fontos megjegyezni, hogy a napelem-forgatás nem növeli meg a napelem teljesítményét, hanem csak folyamatosan optimális fényviszonyokban üzemelteti, ezzel növelve a kihasználtságát. Ahogyan a 4. ábrán is látszik, a többletenergia főként akkor keletkezik, amikor a rögzített napelemre már alacsony szögben esnek be a fény, azaz a forgatás kiszűri a nap állásából adódó ingadozásokat.

Az elkészült berendezésen elvégzett mérések azt mutatták, hogy 4 db 50 W-os napelem-modullal felszerelve a forgatóberendezés éves átlagban a megtermelt többletenergia mindössze 4,5%-át használja fel üzemeltetésre, ami továbbra is 30% feletti többletenergiát eredményez.

4. ábra

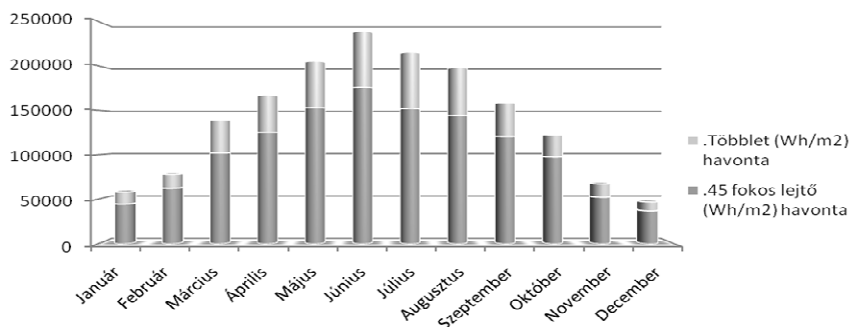
Napelem-forgatással kinyerhető többletenergia egy délután folyamán (2006. okt. 06., kéttengelyes forgatás összehasonlítva a 45°-os hajlásszögű, dél felé néző síkon rögzített napelemekkel)



Forrás: A szerző szerkesztése.

5. ábra

A napelem-forgatással kinyerhető éves többletenergia havi bontásban (kéttengelyes forgatás összehasonlítva a 45°-os hajlásszögű, dél felé néző síkon rögzített napelemekkel)



Forrás: A szerző szerkesztése.

A berendezés megépítése után elvégzett költség számításból továbbá arra következtetésre jutottunk, hogy 1 kWp-nyi napelem telepítése esetén a forgató berendezés megtérül a fixen rögzített szerkezethez képest, mivel az ekkora teljesítményű napelem-felületre méretezett forgatóberendezés bekerülési költsége alacsonyabb, mint az azonos többletenergiát szolgáltató napelemek költsége.

Konklúzió

A napelemek a villamos energiát közvetlenül villamos energiává alakítani képes eszközök. Mint más energiaforrások, a napelemek is rendelkeznek előnyökkel és hátrányokkal, amelyek közül a legmeghatározóbbak az energiateljesítmény ingadozásai és a magas költségek. A rohamosan fejlődő napelem-ipar gőzerővel dolgozik ezeknek a problémáknak a megoldásán, és folyamatos fejlesztéssel lépésről lépésre növeli termékei hatásfokát, illetve csökkenti az előállítás költségeit, aminek köszönhetően a napelemek fontos szerepet fognak játszani a világ villamos energiatermelésében.

Nagyon fontos kihangsúlyozni, hogy az egyes megújuló energiaforrásokat nem szabad egymással konkuráló megoldásokként felfogni, hanem együtt kell őket olyan rendszerekbe integrálni, amelyek egymást kiegészítő tulajdonságaikat kombinálják. A napenergia a jövő egyik legígéretesebb energiaforrása, de csak a többi szintén rendelkezésre álló energiaforrással együtt alkalmazva lesz képes arra, hogy elegendő energiát biztosítson mindenkinek, mindenhol és mindenkor.

Irodalom

www.solarserver.de
www.wbgu.de

A SZÉLENERGIA FELHASZNÁLÁSNAK TÖRTÉNETI ÉS FÖLDRAJZI JELLEGZETESSÉGEI MAGYARORSZÁGON

Absztrakt

Európában a szélenergia felhasználása hosszú múltra tekint vissza. A korai technológia már a XII. században ismert volt a Németalföldön, sőt még a Brit-szigeteken is. Ennek ellenére, a szélmal-
mok csak a XIX. században váltak jelentőssé a Kárpát-medencében, s földrajzilag is leginkább a Duna–Tisza közén terjedtek el. A gőzgépek térhódításával a szélmal-
mok felhasználása a Magyar Királyságban is a háttérbe szorult.

Kontinensünkön a XX. században a fosszilis energiaforrások használatának kockázatai, az alternatív energiaforrások felé irányították a figyelmet. Ennek kapcsán a szélenergia is bekerült a vizsgált lehetőségek közé, mivel dán és amerikai feltalálók a korábbi gabonaőrölő, vízpumpáló berendezésekből villamosenergia-termelő eszközöket fejlesztettek ki. Hosszú évtizedekig a szovjet blokkból nyert olcsó fosszilis energiaforrások miatt, majd a szerkezetváltás nehézsége okán az első szélerőmű csak 2000-ben érkezett meg Magyarországra. A nyugat-európaihoz képest alacsonyabb szélpotenciál és sok kisebb-nagyobb hazai energiatermelési probléma ellenére a „szél” kezdi megtalálni helyét a magyar gazdaságban.

Bevezetés

A szélenergia ősi, fizikai erő, amely mindennapjaink része. Egyszerűen definiálva, a légtömegek földfelszínnel párhuzamos mozgását nevezzük szélnek, amelyet légnyo-
máskülönbségek hoznak létre.

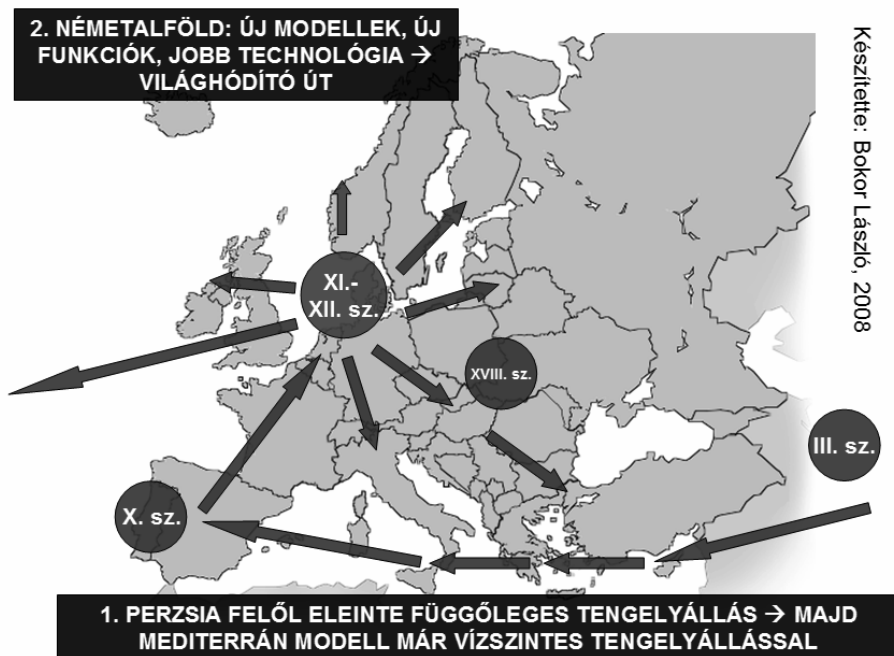
Egy térség szélviszonyainak kialakításában, így Magyarország esetében is az általános cirkuláció által meghatározott alapáramlás, a tengerektől, óceánoktól való távolság és a domborzat módosító hatása a meghatározó. Ezek hosszas vizsgálata alapján készült el – a Kárpát-medencét is részletesen bemutatva – Európa szélatlasa 1989-ben, a dán Risø Nemzeti Kutatólaboratórium kiadásában (Patay, 2003). Az utóbbi évek kutatásai nyomán – többek közt a szélerőművi telepítések miatt is – készült el Magyarország önálló szélterképe több magassági szintet alapul véve (*Szépszó–Horányi–Kertész–Lábó*, 2006). A szélerőművek telepítése során a mérési eredményeket különösen fontos ismerni a telepítendő szélerőmű tengelymagasságában (*Bíróné Kircsi–Tar*, 2007).

Abban szinte minden kutató egyetért, hogy a szélmal-
mok szülőföldje Ázsia, s feltehetően a keresztes hadjáratok idején kerültek Európába, a keresztes lovagok vagy éppen az arabok jóvoltából. Az első szélmal-
mok fejlettségi alapon Kínából származtathatóak. Az első függőleges tengelyállású modellek Perzsia vagy éppen Afganisztán területén jelentek meg Kr.u. a II–III. században, olyan területeken, ahol vízimalmok telepítésére nem volt lehetőség. Írásos bizonyítékok a Kr.u. 650–950 közötti időszakból maradtak fenn, ami azonban nem zárja ki a technológia korábbi megjelenését (*Hills*, 1996). A

¹ PhD-hallgató, Pécsi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskola.

szélmalmok későbbi gócpontja a XII. század után a Németalföldön alakult ki, ahol a technológia már változott. Ezután kerültek tovább a szélmalmok Kelet-Európa gabona-termesztő vidékeire kisebb nagyobb technológiamódosulásokkal a XVIII. században (1. ábra).

1. ábra
Szélmalmok terjedése a III. század és a XIX. század között Európában



Forrás: A szerző szerkesztése.

Az Ázsiában ismert függőleges tengelyállást Európában a jobb teljesítményű vízszintes tengelyállás váltotta fel. A kutatók körében még nem tisztázott, hogy az Európában elterjedt típus egyenes ágú leszármazottja volna-e a perzsa technológiának. Azaz a két tengelyállás-típus akár egymástól függetlenül is létrejöhetett Ázsiában, illetve Nyugat-Európában. Nem jelenthető ki egyértelműen, hogy a függőleges tengelyállású alaptípus megjelent-e valaha is az „Öreg Kontinensen”, bár feltételezhető, hogy a mai Szíria, Törökország felől a technológia elérte Ciprust, illetve Görögországot, ahol mindmáig megtalálhatók ősi szélmalmok romjai. Ezek többsége mára felismerhetetlen, így eldönteni annak típuseredetét nem lehet. Mindenesetre Cipruson pl. az Akaki-i szélmalom romjai már egy fejlettebb technológiára utalnak. Ez igaz egyben a Mediterráneumra is, hisz keletről nyugati irányban haladva a technológia egyre később s egyre jobb minőséget képviselve jelent meg. Eleinte Máltán, majd a Pireneusi-félszigeten. Spanyol for-

rásokra nem egyértelműen visszavezethető, hogy mediterrán típusú szélmalom már a X. században állt volna a félszigeten, bár időrendileg feltételezhető, hisz a németalföldi szélmalomok a XII. században a mediterrán technológia jegyeit mutatják. Lényeges, hogy ebben az időszakban a szélmalomok még nem voltak szélirányba állíthatók.

Biztosan állítható, hogy a szélmalomok modern változatai a Németalföldről származnak. Időrendileg először a bakos vagy pillérmalom jelent meg a XI–XVI. században. Ezt a már jóval érettebb és sokrétű felhasználást lehetővé tevő toronymalom követte a XIII–XIX. század között. A szélmalomtípusok időbeni megjelenéseiben ugyanakkor átfedések vannak, hisz egyértelmű, hogy ezek a technológiák „egymásból” fejlődtek ki. Nem volt ez másképp az utolsó generációs holland poldermalom vagy köpenymalom² esetében sem, amelyek a XVII–XX. században éltek virágkorukat (2. ábra).

2. ábra
A három legjellemzőbb szélmalom alaptípus



1. BAKOS MALOM

2. TORONYMALOM

3. KÖPENYMALOM

Forrás: A szerző szerkesztése.

A magyarországi szélmalomok története

A szélmalomok Magyarországon – Nyugat-Európához képest – mondhatni későn terjedtek el. Az országban hagyományosan az állati vagy az emberi energiát használták (ízomerő), majd a vízimalmok elterjedésével egyszerűsödött a munkavégzés a gabona-örlés és fűrészáruk készítése területén. A szélmalomok csak ezek után, a XVII–XIX. század között terjedtek el nagy mennyiségben, a XIX. század végére pedig jellegzetes

² A köpenymalom elnevezés a magyar szakirodalomban a holland malom név alatt bukkan fel. Bár a köpenymalom tipikusan holland malom, így éppen a hollandok tesznek különbséget a toronymalmokkal. Az angolul „smock mill”-nek hívott típus elsősorban gabonaörlő- és fűrészmalmokként funkcionált és jellegzetes nyolccoldalú modell. A poldermalom fő funkciója a vízpumpálás volt.

örlőberendezéssé nőtték ki magukat, s fontos részeivé lettek a magyar mezővárosoknak, falvaknak és tanyáknak egyaránt. Azt nem tudjuk bizonyosan, hogy a szélmalom Magyarországon mikor tűntek föl először, néhány neves kutatóknak köszönhetően azonban, mára már jobban ismerjük a szélmalom magyarországi megjelenési körülményeit. Magyar néprajzosok már korán foglalkoztak a hazai szélmalom eredetvizsgálatával, így mára ezek története alapos kutatás eredménye. Ennek úttörője volt Lambrecht Kálmán (1889–1936) paleontológus, ornitológus, etnográfus szakember, aki a XX. század elején kezdett foglalkozni a témakörrel. Az ismeretanyag többségében Lambrecht 1911-ben Budapesten megjelent „A magyar szélmalom”³ című munkájában olvasható.

Lambrecht kutatásai szerint maga a kifejezés „szélmalom” alakban bukkant föl először a XVI. században⁴ (*Lambrecht–Balázs*, 1999.). Ebből az időszakból még nincs írásos bizonyíték szélmalom létezésére a korabeli Magyarországon, bár Zoltai Lajos (1861–1939), debreceni helytörténész, muzeológus Lambrecht Kálmánnak személyesen elmondta, hogy Debrecenben 1720-ból ismert egy akkor már pusztulásban lévő szélmalom, amelyet a tanácsai jegyzőkönyv említ (*Lambrecht–Balázs*, 1999. p. 17). Típusa szerint bakos szélmalomról van szó, amely feltehetően az első magyarországi szélmalom közt említhető.

Végül is Lambrecht feltételezi a magyarországi szélmalom holland eredetét, s úgy gondolja, hogy korabeli magyar diákok hozták magukkal a technológiát a Németalföldről egyenesen Erdélybe (*Lambrecht–Balázs*, 1999. p. 14). Ugyanakkor a kritikus holland Jannis C. Notebaart szerint Lambrecht ezen eredménye önmagában nem bizonyíték a magyarországi szélmalom megjelenésére (*Notebaart*, 1972).

Kétségtelen, hogy az országban először a bakos szélmalom (2. ábra) jelent meg, amely típusból mára egyetlen példány sem maradt Magyarországon. Ennél a szerkezetnél az ún. „bakokra” felhelyezett teljes építményt lehetett szélirányba állítani. A szélmalom későbbi generációi közül a torony-, illetve a holland köpenymalom típusok terjedtek el (2. ábra). Utóbbi elnevezése onnan ered, hogy Hollandiában alakították ki, s a helyi molnármesterek különleges nyolcszögletű köpenye után kapta a köpenymalom nevet. Ez a típus – Notebaart szerint – a XVI. század dereka táján már létezett (*Notebaart*, 1972). Kisszántói Pethe Ferenc (1763–1832) és társai a XVIII. század legvégén és a XIX. század elején a holland köpenymalom típus meghonosításán fáradoztak, bár Gáthy János 1832-ben még a bakos szélmalom mellett nem tesz említést a holland köpenymalom magyarországi megjelenéséről (*Balázs*, 1998). Ezeknél a malomknál már csak a lapátszerkezetet tartó „süveget” kellett a megfelelő szélirányba elforgatni.

A termésátlagok növekedésével a gabonaőrlés igénye egyre több szélmalom épülését eredményezett Magyarországon. Korabeli statisztikákból ismert, hogy 1863-ban 475 darab, majd 1873-ra már 854 darab szélmalom állt, többségében a Duna-Tisza közén. 1885-ben 650, 1894-ben 712 és 1906-ban 691 szélmalom volt ismert hazánkban (A Magyar Királyság területén összesen 700) (*Lambrecht–Balázs*, 1999).

³ 1999-ben Balázs, Gy. szerkesztésében a kötet megjelent angolul is, melynek címe „The Hungarian Windmill”. A szerző ebben a dolgozatban erre az angol reprint kiadásra támaszkodott.

⁴ 1577-ben a Kolozsvári Glosszában (*Lambrecht–Balázs*, 1999. p. 13.).

Végezetül elmondható, hogy Magyarországon a szélmalomok a XVII. században már jelen voltak, amire kevés fizikai bizonyíték maradt fenn. A kevés írásos és a teljesen hiányzó építészeti emlékek ellenére feltételezhető, hogy a bakos malomok már léteztek a Kárpát-medencében, de a virágkorukat a XIX. században élték. Ezek elsősorban torony-, illetve köpenymalomok voltak. 1880 után egyre kevesebb szélmalomot regisztráltak hazánkban. Ez szoros összefüggésben állt a gőzmalom megjelenésével (*Lambrecht–Balázs, 1999*).

A szélmalomok az Alföld déli részén terjedtek leginkább. A Dunántúlon és a Tiszántúlon is működtek szélmalomok, de igazi hazájuk a Duna–Tisza köze volt. Ott épültek tömegével, ahol vízimalmokkal gabonaőrlésre nem volt lehetőség. Ezen a területen korábban főleg szárazmalomok működtek, amelyek száma az 1860-as évek elejétől egyre fogyott. Feltűnő, hogy a szélmalomok leginkább a Duna–Tisza közén települtek. Ennek oka a Kárpát-medence természetföldrajzában keresendő. A Kárpát-medence vízfolyásokban gazdag, ami már a korábbi évszázadokban is a vízimalmok működését segítette elő. Ez alól a két nagy folyó közti terület vízfolyásokban szegény területe jelent kivételt, ahol vízimalmok telepítésére nem volt mód, de a szélmalomoknak kiváló lehetőség nyílt a helyi tanyai települések gabonájának őrlésére. A XIX. század végén, illetve a XX. sz. elején az ország szélmalmainak több mint 95%-a az Alföldön helyezkedett el, ami önmagában is elegendő bizonyíték arra, hogy hazánkban ezen a táján is volt – így talán még van ma is – elegendő hasznosítható szélenergia (*Balázs, 1998*).

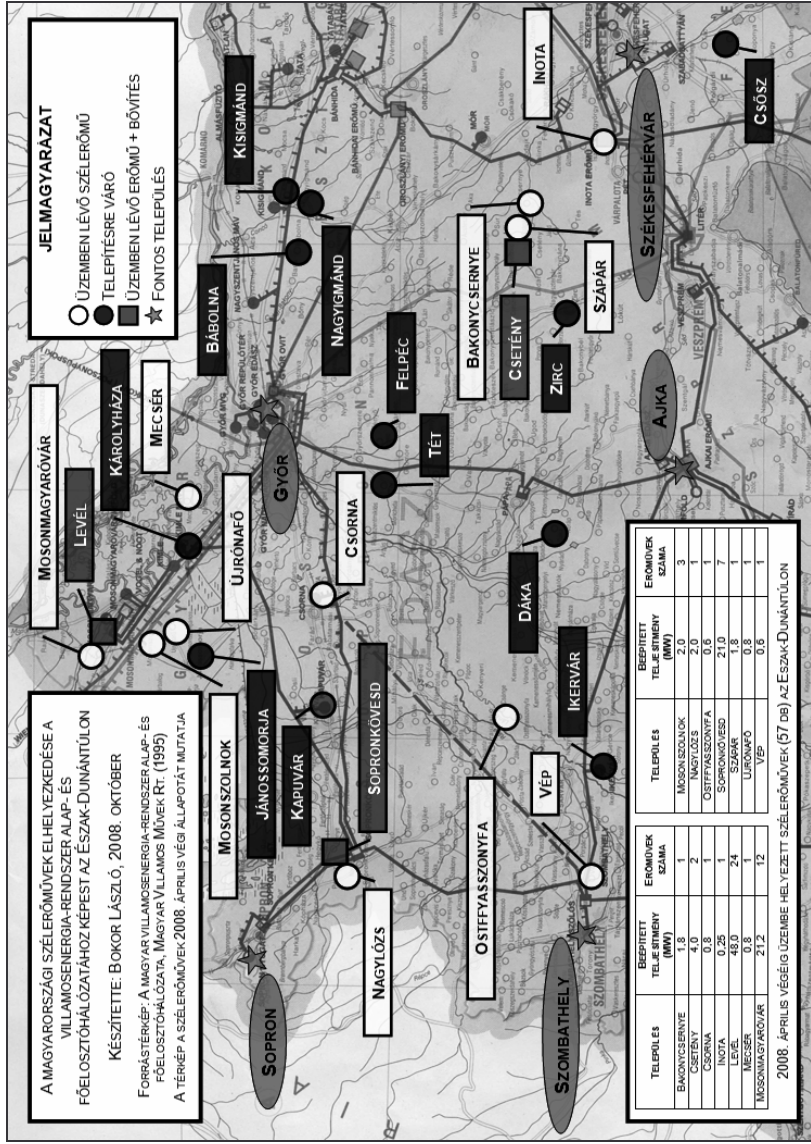
Szélérőművek Magyarországon

Míg a korábbi évszázadokban a szélmalomok sikeres felhasználása nem vitás, addig a szélérőművek telepítésének feltételei sokáig kedvezőtlenek voltak. Magyarország első korszerű szélérőműve is kísérleti jelleggel indult 2000-ben, Várpalotától nem messze Inotán. Ez egy 250 kW, közepes teljesítményű Nordex gyártmányú szélturbina a Bakonyi Erőmű Zrt. tulajdonában, amely az üzemi villamosenergia-igények kielégítésében játszik szerepet.

Magyarország első, áramszolgáltatói hálózatra integrált szélérőműve Kulcs község határában épült fel 2001 tavaszán. A 600 kW névleges teljesítményű Enercon E–40-es szélérőmű beruházást a Gazdasági Minisztérium és a Környezetvédelmi Minisztérium támogatása segítette elő, az Első Magyar Szélérőmű Kft. beruházásában. Rövid időn belül több szélérőmű is megépítésre került országszerte, elsősorban Északnyugat-Magyarországon. Időrendben az első Mosonszolnoknál épült (2002), majd Mosonmagyaróvár (2003) is hamarosan többszörös szélérőművi telephelyül szolgált. A keleti országrészben nagyobb kapacitással Bükkaranyos (2004) és Erk (2005) területén kezdte meg működését szélérőmű. Ezután ismét az északnyugati országrészben történt fejlesztések nyomán Újronafő (2005), Szápár (2005), Vép (2005) következtek. 2005-ben létesült az ország első szélérőmű parkja Mosonmagyaróváron, amely 5 darab 2 MW-os ENERCON E–70-es szélérőműből áll (3. ábra).

3. ábra

A magyar szélerőművek elhelyezkedése a villamosenergia-rendszer alap- és főelosztó-hálózatához képest az Észak-Dunántúlon



Forrás: A szerző szerkesztése.

A korábbi évekkel ellentétben 2006-ban már több installáció történt. Ebben az évben 18 MW-tal nőtt a beépített összteljesítmény, így a kapacitás 2007. év végére 65 MW-ra emelkedett. Ha 2008 áprilisáig számoljuk össze az újabb installációkat, a beépített összteljesítmény (a 21 MW-nyi Vestas V93–3MW sopronkövesdi, a nagylózi Vestas V90–2MW és a Levél községnél telepített 12 darab egyenként 2MW teljesítményű Repower szélerőműveivel), elmondható, hogy 63 szélerőmű 112 MW-nyi névleges teljesítménnyel működött Magyarországon.¹

Az ország földrajzi fekvése szerint távol helyezkedik el a tengerpartoktól, így az uralkodó szélrendszerek erős szelei kevésbé érvényesülnek. Magyarország szélpotenciálja² ezért nem említhető a legjobbak közt Európában. Magyarországon a szélfújás erőssége, intenzitása és iránya egyaránt változó, mindez azt is eredményezheti, hogy pl. a szélerőmű az alacsony szélesség mellett egyáltalán nem lép működésbe. Így az erőművek nem termelnének megfelelően, hisz a túl nagy sebességű szélben biztonsági okból eleve leállnak.³ Az áramellátás folyamatos fenntartása azért szükséges, mert a társadalomnak minden pillanatban van áramigénye. Ezt pedig önállóan szélerőművekkel eddig sehol sem oldották meg. Szélerőművek működtetése mellett támogató infrastruktúra megléte is szükséges villamos áram termelésére. Ez azt jelenti, hogy jó szél esetén is készenlétben kell tartani a „háttér-infrastruktúrát”, amit hagyományos erőművek biztosítanak. Ez megnöveli a környezetre gyakorolt károsanyag-kibocsátást (pl. CO₂), ami a szélerőművek ellenzőinek egyik legfontosabb érve!

A szélpotenciál megállapításánál figyelembe kell venni a táji jelleget, így a domborzati viszonyokat is. A legjobb szelekkel Északnyugat-Magyarország rendelkezik, de bizonyos magassági zónákban a Nagyalföld is kiváló lehetőségeket nyújt a szélerőművek telepítéséhez. Magyarországon a többségében alföldi jellegű táj akadálymentes utat biztosít az amúgy nem túl erős és nem folytonos irányú szeleknek.⁴ Megfelelő technológiai paraméterek mellett (pl. szélerőmű oszlopmagasságának növelésével) azonban ezek a területek is alkalmasak szélerőmű installációra (pl. Kulcs, Mezőtúr). Ehhez a jövőbeni szélpotenciál alapos felmérése szükséges a térségben.

2008 áprilisában 112 MW volt az ország beépített szélerőmű-teljesítménye, míg 2005-ben a Magyar Energetikai Hivatal asztalán 1687 MW összteljesítményű szélerőmű-beruházás várt engedélyezésre (Kriván, 2005). Ebből a Magyar Energetikai Hivatal (MEH) 20 beruházásnak adott engedélyt, amely keretében több mint 200 MW-os összteljesítménnyel valósulhat meg szélerőmű projekt. A 2008. január 1-jén hatályba lépett új áramtörvény szerint ugyanakkor az új szélerőművek engedélyeztetésére pályázatot kell kiírni, az áramtermelésben pedig menetrendtartás kötelező. A menetrendtartás könnyen bizonytalanná teheti a beruházókat szélerőművek projektjeik megvalósításában. Ez legutóbb megtörtént, mert a menetrendtartás feltételrendszere nem kellően átgondolt mó-

¹ 2008. április végéig, a Magyar Szélerőenergia Társaság adataira hivatkozva (www.msztet.hu)

² Például a 75m magasságban, 75m rotor átmérőjű szélerőművekkel technikailag kinyerhető szélenergia potenciál 56TWh/év nagyságrendű (Hunyár–Tar–Tóth, 2004).

³ A szélerőművek működéséhez 3 m/s erősségű, névleges teljesítményének eléréséhez 15 m/s erősségű szélre van szükség. 25 m/s fölött a rendszer biztonsági szempontból automatikusan leáll.

⁴ A Kisalföld esetében egyértelműen erősebb szelekről beszélhetünk 100 méteres magassági zóna alatt.

don került meghatározásra. A több mint fél éve folyó tárgyalások eredményeképpen a korrekció folyamatban van (*Rudlné Bank, 2008*).

Érdekes képet kapunk, ha megnézzük az eddig telepített szél erőművek, illetve a még telepítésre várók elhelyezkedését a villamosenergia-rendszer alap- és főelosztó hálózatahoz képest. A legtöbb szél erőmű Magyarország északnyugati országgrészében lett installálva, részben osztrák szél erőművek pozitív tapasztalatait követve. 2008 áprilisában az ország 63 szél erőművéből 57 az Észak-Dunántúlon helyezkedik el (*3. ábra*). Különösen jelentős Győr-Moson-Sopron megye, ahol a jó szélpotenciálra különösen eredményes a szél erőművek telepítése. Nem vitás, hogy az ország legjobb minőségű szelei az Észak-Dunántúlon találhatók, így a telepítésre váró szél erőművek többsége is ide összpontosul (pl. Sopronkövesd, Csetény, Mecser, Bábolna, Kisigmánd, Felpéc, Csösz, Dáka, Levél, Tét, Nagyigmánd, Ikervár, Károlyháza, Zirc, Jánossomorja, Kapuvár).

Szél erőműveket helyi energiafelhasználásra (szigetüzem), illetve hálózatra termelő formában telepíthetünk. Magyarországon a szigetüzemszerű megjelenés nagyberendezésekkel nem jellemző, míg a hálózatra termelő erőműveknek szükséges megteremteni a kapcsolódási pontját a villamosenergia-rendszerrel. Egyértelmű, hogy az engedélyre váró szél erőmű beruházások nagyban függenek a villamosenergia-rendszer kapcsolódási lehetőségeitől. A jövőben tehát elsősorban azok az engedélyezésre váró beruházások (települések) jutnak telepítési lehetőséghez (vagy eleve engedélyhez), amelyek a villamosenergia-rendszer kapcsolódási pontjaihoz közel esnek.

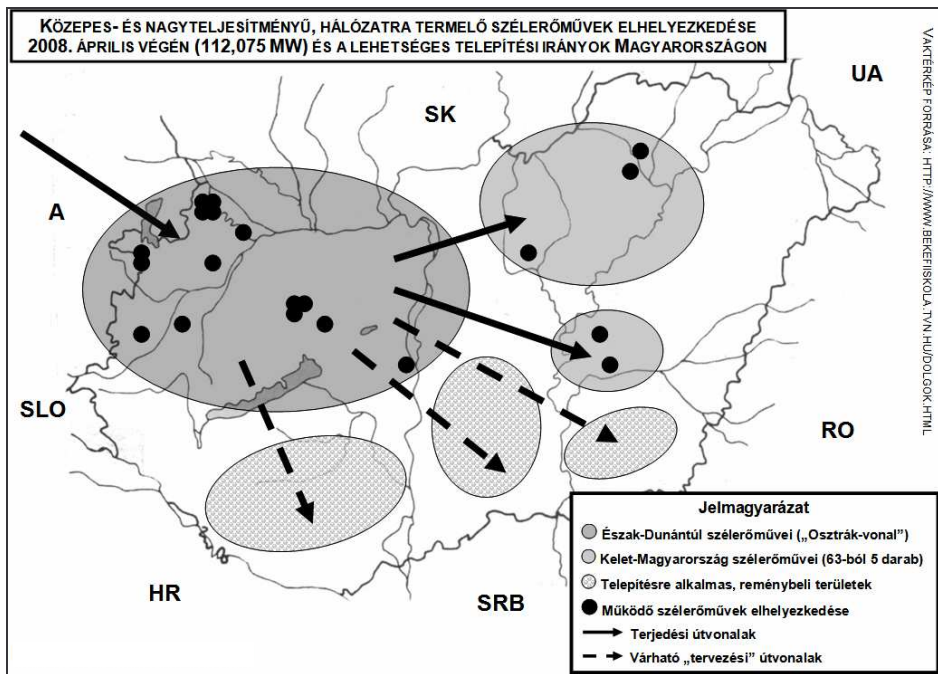
A szél erőművek telepítésének ellenzői – különösen Magyarországon – azzal is szoktak érvelni, hogy az ország széljárása nem megfelelő a szélenergia felhasználására. Ez részben igaz, azonban nem elfeledendő tény az sem, hogy a XX. század elején még több mint félezer szélmalom működött Magyarországon. Ezek száma az 1930-as évekre 250 darab alá csökkent, de az 1950-es években még létezett a szél energiáját felhasználó malomtechnológia a Duna–Tisza közén. Ezt a csökkenést nem a széljárás kedvezőtlené fordulása okozta, hanem többek közt pl. a gőzmalom megjelenése vagy éppen az 1920-as határmódosítások következtében külföldre került malmok elvesztése. A modern szélterképek vizsgálata alapján az Alföld térsége – megfelelő magassági zónákban, különösképpen a 75–120 méter közötti tartományban – még ma is alkalmas a szélenergia felhasználására, jó szélpotenciállal rendelkezik (*Szépszó–Horányi–Kertész–Lábó, 2006*). Míg a korábbi évszázadokban a mezőgazdasági termékek terménynövekedése indukálta a szélmalomok építését, addig mára a villamosenergia-termelés a szél erőműveket.⁵ Mivel a jelenlegi szél erőművek döntő hányada (63-ból 57), illetve az engedélyezett és egyben beépítésre váró erőművek többsége az Észak-Dunántúlra összpontosul, a térség esetében a fokozható nemzetközi kooperáció – elsősorban Ausztriával és Szlovákiával – lehet hosszú távon eredményre vezető megoldás (pl. villamosenergia-transzfer, hálózat korszerűsítés, nagyberuházások támogatása).

A közeljövő szél erőmű beruházásai többségében az Észak-Dunántúlra koncentrálnak (*4. ábra*), de a korábbi példa a szélmalom felhasználásával már jól mutatja,

⁵ Az első szél erőművek éppen szélmalom technikai átalakításával készültek az USA-ban és Dániában már a XIX. század végén. Tehát a szél erőművek a szélmalom leszármazottainak tekinthetők. Magyarországon a XX. század folyamán nem beszélhetünk a közepes- és nagyteljesítményű szél erőművek felhasználásáról.

hogy az Alföld is rendelkezik gazdaságosan kiaknázható szélforrással. Várhatóan az Észak-Dunántúl területe egyre jobban telítődni fog széltermelővel, így a Dunától keletre eső országrész szélerőforrásának felhasználása még jobban előtérbe kerülhet. Ehhez a már üzembe helyezett erki, bükkaranyosi és felsőzsolcai, illetve a török-szentmiklósi és mezőtúri széltermelő szolgáltathatnak gyakorlati tapasztalatokkal annak érdekében, hogy a jövőben az Alföld nagyobb volumenű bekapcsolódását is elősegítsék a szélerőforrások beruházásainak megteremtésében (4. ábra).

4. ábra
Közepes- és nagyteljesítményű, hálózatra termelő széltermelő elhelyezkedése és a jövőbeni terjedési lehetőségeik



Forrás: A szerző szerkesztése.

Irodalom

- Balázs Gy. 1998: A víz, az élet forrása - a vízi energia felhasználása. Történelemtanárók (8.) Országos Konferenciája, 1998. október 3. Budapest.
- Bíróné Kircsi A. – Tar K. 2007: Energetikai célú szélprofil vizsgálatok. ENERGOEXPO 2007 konferencia, Debrecen, pp. 259–261.
- Bokor L. 2008: A szélerőforrás felhasználásának története az Európai Unió tagországaiban. Szakdolgozat, PTE TTK, Pécs, pp. 27–29.

- Hills R. L. 1996: Power from Wind: A History of Windmill Technology. Cambridge University Press, 324 p.
- Hunyár M. – Tar K. – Tóth P. 2004: Magyarország szélenergia potenciálja 2. Energiagazdálkodás, 46. 1. pp. 24–26.
- Kriván B. 2005: 'Rendszerellenes' szél erőművek. Világgazdaság (2005.09.29).
- Lambrecht K. – Balázs Gy. 1999: The Hungarian Windmill. International Molinological Society, International Molinological Society, 58 p.
- Notebaart, J. C. 1972: Windmühlen: Der Stand der Forschung über das Vorkommen und den Ursprung. Mouton Verlag, 404 p.
- Patay, I. 2003: A szélenergia hasznosítása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 120 p.
- Roth G. D. 2000: Meteorológiáról mindenkinek. Magyar Könyvklub, Budapest, 295 p.
- Rudlné Bank K. 2008: A megújuló energiaforrások szerepének ártértékelődése Európában és Magyarországon – különös tekintettel a technikai innovációra és a gazdasági lehetőségekre. – drajzi Közlemények 1. 35–51. p.
- Szépszó G. – Horányi A. – Kertész S. – Lábó E. 2006: Magyarországi szélklimatológia előállítására globális mezők dinamikai leskalázásával. Országos Meteorológiai Szolgálat – kézirat: www.met.hu, Budapest, 10 p.

A KÖRNYEZETBARÁT FÖLDHŐBÁNYÁSZAT

Absztrakt

A hazánkéhoz hasonló, kedvező geotermikus adottságú területek hőárama helytől függően másfél-kétszerese a világátlagnak, területi értéke közel állandónak tekinthető. Kis- és közepes entalpiájú régióinkban jelenleg a termálvízhasználat jelenti a kizárólagos hasznosítást, sajnálatos módon túltermelve e rendszereket. Decentralizált területi eloszlás mellett a sekélyhőszondák, valamint a középmedly (2000–3000 m) és mély (3000–6000 m) zónák közvetítőközeges hőbányászata által a geotermikus potenciál mérsékelt és diffúz kiaknázása jelentősen növelhető. A középmedly és nagy mélységű zónák utánpótlódó hőkészletének megcsapolását kedvező adottságú régióinkban elektromos áram termelésre is alkalmasnak ítéljük. A fenntarthatóságot csupán az utánpótlódásnak megfelelő termelés biztosíthatja, ami körültekintő és szakszerű elővizsgálatokat és újszerű tervezési metódust kíván a regionális víz- és hőgazdálkodásban.

Kulcsszavak

Geotermikus potenciál, megújuló földhő, termálvíz-kitermelés, közvetítőközeges hőbányászat

Kiküszöbölhetők-e a hagyományos energiahordozók?

Egyik lehetséges válaszként kínálja magát a lehetőség, hogy a fosszilis energiahordozók termelését növeljük ugyan, a korábbinál több gondot fordítva ezek környezetkímélő technológiáinak alkalmazására és a korábbinál szigorúbb törvényi szabályozásra. Ilyen lehetőség a kén tartalom kivonása, a CO₂ semlegesítése, lekötése, biztonságos tárolókban való hosszú távú „elrejtése”, valamint a felszín alatti szél elgázosítás, amely főként légnemű gáztermékeket hoz felszínre. Történelmi jelentőségű bányavidékeken (pl. Szászország, Csehország, USA, Oroszország) több helyütt kísérleteztek az elgázosítással, illetve a CO₂-elhelyezéssel, valamint a zárt rendszerű feldolgozás különféle lehetőségeivel, amely kezelni képes a környezetre veszélyes melléktermékeket. Az eddigi tapasztalatok alapján az látszik valószínűnek, hogy az in situ telepégetéses módszerek nem teljesítik maradéktalanul a hozzájuk fűzött reményeket, s ha a telepek impermeábilis beágyazó közeg által nem kellően izoláltak, akkor e módszerek felszín alatti vízbázist veszélyeztethetik.

Hasonló a helyzet az uránércel és a hasadóanyagokon alapuló atomiparral, hiszen mind a szén-, mind az atomerőmű kulcsszerepet játszott és játszik az elektromosáram-előállításban. Gazdasági megfontolás kérdése, hogy a megfelelő környezetvédelmi módszerek kidolgozása, alkalmazása mellett is gazdaságosan üzemeltethető szén- és uránbázisú erőműrendszer milyen feltételek mellett működtethető. A rohamos áremelések következtében reálissá vált a hazai uránbányászat újraindítása, s ennek készletei mai ismereteink szerint hazai felhasználás esetén 30–50 évre elegendőek lehetnek. A Me-

¹ Tanársegéd, Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszék.

² Habil egy. docens, Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszék.

csek környezetében ausztrál–magyar összefogással indított újrakutatás ígéretesnek látszik, s a termelés és kinyerés terén is új technológia (a telep vizes átmosatása, kicsapás) meghonosítását tervezik, ami a korábbinál sokkal jobban kezelhető, környezet- és egészségvédelmi szempontból is.

Magyarország fekete- és barnaköszén készletei jelentős mennyiségben rendelkezésre állnak, egyes szénmezőinkben a földtani készlet több mint fele felszín alatt maradt. A földes-fás barnaköszén (lignit) jelenleg is az energiaszektor lényeges nyersanyagát jelent, s készletei a jelenlegi felhasználás mellett több mint kétszáz évre elegendők. A jobb minőségű barnaköszénknél s a kiváló minőségű mecseki feketeszénknél hasonló a helyzet. A szénbányászat talán átgondolatlanul gyors felszámolása azzal a veszéllyel fenyeget, hogy a kapcsolódó iparágak is elsorvadnak, elhal a szakképzés és elvész a több évtized alatt felhalmozódott szakmai tapasztalat.

A földtudományok irányából közelítve a hazai energetika lehetséges jövőjének körvonalazását, másik alternatív megoldás a reaktivált szénbányászat helyett vagy mellett mindenképpen a földhő nyújtotta potenciál korábbinál sokkal intenzívebb és korszerűbb kiaknázása. A kedvező geotermális adottságok hasznosítása főként a termálvíz-készlet közvetlen felhasználásán és kitermelésén alapul, s csak az elmúlt 5–8 évben kezdett elterjedni az egyes nyugati országokba már 15–20 éve tömegével alkalmazott sekély és kis mélységű hőszondák használata. Ezek azonban a jelen állás szerint áramtermelésre nem alkalmasak, tehát az országos energetikai gondok megoldásában csak helyi jelentőséggel vehetők figyelembe, főleg kisközpontok és melegvíz-előállítás területén.

Az Európai Unió felismerve a mind sürgetőbb megoldáskeresést, ajánlásszerűen javasolja az egyes országoknak egyedi adottságaikhoz igazított alternatív energiafelhasználásuk fejlesztését. Ebben különösképpen a biomassa és a geotermikus energia az a forrás, amelyre az elkövetkezendő 15–20 évben elsősorban számíthatunk. Kérdés, hogy ezen belül milyen alternatívák állnak rendelkezésre a földhő esetében, hogy a kitermelt energia megújuló legyen, környezetbarát módon kerüljön kinyerésre és felhasználásra, s bizonyos hányada alkalmas legyen az áramtermelésbe való bekapcsolásra is.

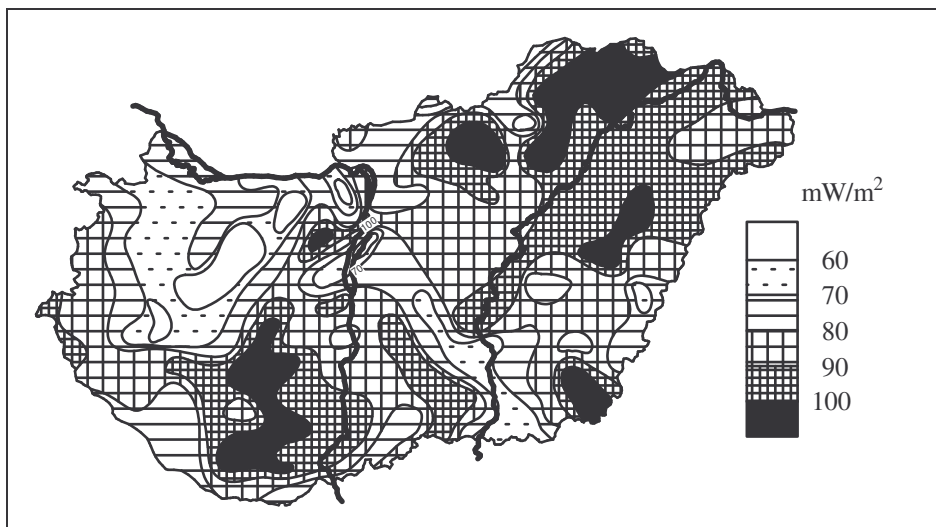
Magyarország geotermikus adottságai

Hazánkban a földi hőáram átlagát 90–100 mW/m² értékűnek határozták meg (*Dövényi–Horváth–Liebe–Gálfı–Erki*, 1983), amely a Föld átlagos hőáramának közel másfélszerese. A magas érték egyik oka a földkéreg kis vastagsága, azaz a nagy hőmérsékletű asztenoszféra viszonylagos közelsége. A hőterjedés szempontjából másrészt lényegesek az aljzat felszínközeli kiemelt pikkelyei, amelyek a mélyebb, melegebb kéregrészekkel tartanak kapcsolatot, valamint a medenceszerkezetet kitöltő, néhol több ezer méter vastag, jó vízáradékot is tartalmazó összletek, amelyek jelentős mennyiségű hévíz tárolására alkalmasak. A felszíni beszivárgásból utánpótlódó termokarsztos rendszerek felszálló ágai elsősorban a mészkőhegységeink peremi részein okoznak fontos geotermikus anomáliát.

A földtani adottságok tükrében a regionális hőáramok akár 20–30%-kal is eltérnek az országos átlagtól (*1. ábra*). Legjelentősebb negatív anomáliaként a Dunántúli-középhegység karsztos beszivárgási zónái jelennek meg, ezeken a területeken a hőáram 70

mW/m^2 alatti. A legnagyobb, 100 mW/m^2 nagyságú hőáramértékek a Dunántúli-domb-ság, a Mecsek, a Békési-süllyedék és Északkelet-Magyarország területét jellemzik. Hazánk felszínén 100 mW/m^2 -es átlagos hőárammal számolva a földhő 9300 MW_t teljesítménnyel áramlik át, ami évente közel 300 PJ energiát jelent.

1. ábra
Magyarország egyszerűsített hőáramtérképe



Forrás: Dövény–Horváth–Liebe–Gálfi–Erki, 1983.

Magyarországon az elmúlt évekig szinte kizárólagosan hévíz kitermelése segítségével hasznosították a geotermikus energiát. Ennek legjobb lehetőségei a mélyfúrású adatok alapján a Dél-Alföldön és az Észak-Alföldön találhatók, mivel ezeken a területeken mind a vízadók vastagsága, mind a telepélyése, s így a hőmérséklete nagy. A jó vízadó felső-pannon rétegek maximális hőmérséklete a Békési-süllyedék, Makói-árok területén regionálisan eléri a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot, így ezeken a területeken akár gőz halmazállapotú fluidum is kinyerhető. Az aljzat felszínén az Alföld legnagyobb részén, a Zalai-dombságon és a Kisalföldön a hőmérséklet legalább $150 \text{ }^\circ\text{C}$, a Dél-Alföld egyes részein akár a $200 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot is eléri (MBFH, 2007). Napjainkban egyre nagyobb számban építenek be hőszondákat a kis mélységből kiaknázható hőmennyiség kitermelésére. Ezek a rendszerek megfelelő méretezés mellett gyakorlatilag bárhol telepíthetők, de elsősorban azok a területek aknázhatók ki a legnagyobb szondasűrűséggel, ahol a besugárzási viszonyok mellett állandó feláramlási viszonyok is biztosítják a talajhőmérséklet állandóságát.

Hazai geotermikusenergia-használat

Magyarország éves becsült energiafelhasználása 2007-ben 1120 PJ (MVM, 2008), amelyből 52,9 PJ-nyi (4,7%) származott megújuló forrásból. Ezt 90%-ban tűzifa és szilárd hulladék elégetésével állították elő. A második legjelentősebb megújuló energiaforrás a földtani közeg, a magyar statisztikai adatok alapján 3,6 PJ energiafelhasználással (6,8%). *Árpási* (2005) jelentésében 2,9 PJ geotermikus energiafelhasználásról számol be, amelyből 1,5 PJ üvegházak, melegházak fűtésére, 1 PJ távhőszolgáltatásra és egyéb fűtésre, 0,4 PJ energia egyéb célokra fordítódott. Ezek mellé *Lund és munkatársai* (2005) a nemzetközi összegzésben további 5 PJ fürdőüzemi és balneoterápiás célú energiafelhasználást becsültek, így összesen kb. 8 PJ geotermikus eredetű energiafelhasználást tulajdonítanak Magyarországnak. Megjegyzendő azonban, hogy a fürdőüzemi használat esetén a hőbányászat nem elsősorban energetikai célú, valamint hazai összesítések a fürdőüzemi termálvízhez kapcsolható hőkitermelés értékét kb. 15 PJ-nak határozták meg, míg az ivóvíztermelés kapcsán felszínre kerülő víz hőtartalma további 11,4 PJ értékű (*MBFH*, 2007).

A teljes hazai termelés több mint 40%-a Csongrád és Jász-Nagykun-Szolnok megyében, valamint Budapesten történik (*MBFH*, 2007). Ennek oka elsősorban a dél-alföldi vízadók magas maximális hőmérséklete, valamint a mezőgazdasági hasznosítás lehetősége, Budapest esetében pedig a termokarszt feláramlási zónák és a nagyvárosi termáligények találkozása. 2007 elején Magyarországon 947 darab 30 °C-nál melegebb kifolyó vizű termelőkút működött (*Liebe*, 2007), ennek közel felét balneológiai célra használták, 23%-át a mezőgazdaság hasznosította, 20%-át vonták be a vízközműi szolgáltatásba.

A hévizek energetikai hasznosításának legjelentősebb hazai példái közé tartozik a szentesi többlépcsős rendszer, amelyben egészségügyi, wellness, távfűtés, melegházfűtés is szerepet kap, illetve a hódmezővásárhelyi távhőszolgáltatás. Ezek mellett egyre jelentősebb a fürdők azon törekvése, hogy a kinyert fluidum energiáját használati melegvíz előállítására vagy fűtésre használják (*Árpási*, 2002, 2005). A Debreceni Hőszolgáltató Rt. 1996-ban szintén megpróbálkozott a belvárosi távfűtési rendszer geotermális energiával történő részleges ellátásával, de a kezdeményezés a középmély (400–500 m) vízadók vízutánpótlódásának csekély mértéke (lencsehatás) miatt túlságosan kockázatosnak bizonyult (*Kozák–Püspöki–Pálfalvi*, 1996).

A hazai hőszonda-eladások rohamosan nőnek, de a beépítésükről, üzemelési tapasztalataikról kevés információ áll rendelkezésre, miként a megtérülési időre vonatkozó vélemények is eltérőek. Bár a kutatók egyetértenek abban, hogy a hőszonda-telepítéseket átfogó földtani, hidrogeológiai kutatásoknak kellene megelőznie, a megbízók az idő rövidsége miatt gyakran még az engedélyeztetési eljárás lefutásának idejétől is eltekintenének, így a hőszondák egy része nem csupán rosszul méretezett, de működése is illegális.

A fenntartható geotermikus hőbányászat

A geotermikus energia megújuló részét szűken értelmezve a természetes hőterjedés által felszínre hozott energia jelenti. Ennek kiaknázása a hagyományos értelemben nem lehetséges, így gyakori a kéregrészek lehűtésével történő energiakinyerés is. A fenntartható geotermikus energiatermeléssel kapcsolatos állásfoglalások eltérők, mivel nem állnak rendelkezésre megfelelő modellezési és mérési adatok annak megítéléséhez, hogy egy adott technika milyen mértékű hűlést okoz vagy igényel a kitermelő bázishelyen. Ahol a hővisszatöltődés még a gazdaságos üzemi állásidőn, váltott üzemű termelés esetén a pihenési időn belül megtörténik, ott a késleltetett visszatöltődést is nevezhetjük megújulóknak.

Természetesen a hosszú távú visszatöltődés is megújuló, de aligha lehet gazdaságos, s a mind nagyobb környezeti távolhatásnak beláthatatlan és káros következményei lehetnek más víz-, illetve hóadó bázisokra nézve. Az egyenetlen kitermelés helyi túlermeléshez, rétegtömörödéshez, elégtelen víz-, hő-, oldott anyag utánpótláshoz vezethet, amelyek csökkenthetik a rendszer hatékonyságát. A kitermelt anyag elhelyezése, esetleges visszasajtolása elsősorban az oldott anyag mennyiségétől, minőségétől és a fluidum ki nem nyert hőmennyiségétől függ. A fejlesztések egyik kiindulási pontja tehát annak eldöntése, hogy milyen idő- és térbeli távolhatás, illetve visszapótlódás esetén tekinthető a földhő bányászata fenntarthatónak.

Az MTA Energetikai Bizottságának Megújuló Energia Albizottsága által Magyarországra megállapított kb. 2800 PJ/év megújuló energiapotenciál 2%-át (63,5 PJ) kötik geotermikus készleteinkhez, amely az *Árpási* (2002) által meghatározott, visszasajtolással évente dinamikusan kitermelhető 380 millió m³ termálvíz 40 °C-kal történő lehűtése során nyerhető ki. A visszasajtolás a dinamikus vízutánpótlódás fenntarthatósága érdekében szükségszerű feltételként jelenik meg. A fenntartható vízkivétel többféle módon valósulhat meg. A vízkivételnek igazodnia kell a dinamikus utánpótláshoz nem csak egy-egy kút, illetve szűrőzött réteg esetén, hanem a környező területek teljes hidrodinamikai rendszerét figyelembe véve. A nagy vízhozamú kutakat a tetemes többletköltségek ellenére célszerű kiváltani néhány kisebb, kevesebb vizet termelő kúttal, hogy a rétegek terhelése egyenletesebb legyen. Másik lehetőség, hogy a vízkivétel negatív hatásait tompítani kell vízvisszasajtolással, amelynek törvényi szabályozása egyelőre nem egyértelmű, mivel az európai és a hazai jogi szabályozás eltérő. A visszasajtolási kísérletek egymástól jelentősen eltérő eredményei és a felmerülő költségek megosztják a geotermikában érintettek véleményét még a visszasajtolás létjogosultságáról is. A gyakorlati tapasztalatok azonban arra utalnak, hogy ezt a feltételt nehéz betartatni, részben technikai, részben gazdasági okokból, másrészt s jelenleg túlterhelt működő rendszerek esetében bizonytalan a várható hűtőhatás időbeli alakulása.

A hévíz bányászatára, kezelésére, felhasználására és a felszíni vagy felszín alatti környezetbe történő visszajuttatására vonatkozóan a különböző szinten érintett érdekközösségek (vízkutatók és fűrók, gépészeti üzemeltetők, fürdőüzemi felhasználók, önkormányzatok, befektetők, turisztikai, gyógyászati alkalmazók, kereskedelmi forgalmazók stb.) igényei egymástól lényegesen eltérőek. Különösen kritikus helyzet állhat elő a többletpecsős hasznosítású rendszereknél, ahol adott esetben ezek az érdekek ütköznek egymással. Emellett jelenik meg még az a termálvíz-gazdálkodásban gyakran elhallga-

tott kérdés, hogy a hő- és vízadórendszer működésének hosszú távú fenntarthatósága szempontjából a jelenleg működő rendszerek megfelelnek-e a szakmai elvárásoknak.

A talajszonda-telepítés optimális paramétereinek, elsősorban a szondasűrűségnek és a telepítés geometriai jellemzőinek hatása a szondák hosszú távú működésére nem tisztázott. Működési tapasztalatok azt mutatják, hogy a nem megfelelő méretezés a talaj túlűtését okozhatja, míg a csak fűtésre használt szondák esetén a napsugárzásból származó energia nem elég az eredeti talajhőmérsékletek visszaállítására. Ez a több éves működés során szükségszerűen teljesítménycsökkenéshez vezet. A jól tervezett telepítések esetében, amennyiben a rendszert fűtés mellett hűtésre is használják, lényegesen kedvezőbb a helyzet. A szondák távolhatásának vizsgálata rámutat arra is, hogy nem elég a tervezői gyakorlatban használt 5 méteres szondatávolság az egymásrahatások kiküszöbölésére. Nagyszámú szonda sűrű telepítésekor előfordulhat, hogy a belső szondák nem lesznek képesek megfelelő mennyiségű energiát kitermelni, így az egész rendszer eredő teljesítménye a tervezett érték alatt marad.

A geotermikusenergia-kinyerés fokozásának lehetőségei

A globális szélsőségek ellen nagyobb védeltséget élvező, független, önellátó hazai energiarendszerünk záloga lehet a megújulóok részarányának növelése, ami a geotermikus energiakészlet nagyobb mértékű kinyerése révén is megvalósulhat. A környezet- és energiapolitikai hozzáállás, a kutatás-fejlesztés, a helyi költséghatékonyság jelentősen meghatározza, hogy egy-egy régióban mely alternatív energiaforrások, mely hagyományos energiaforrások kerülhetnek előtérbe az energiagazdálkodáson belül.

A kis, közepes és nagy teljesítményű földhőforrások kiaknázásában egyaránt sürgető az energiahatékonyság növelése, a regionális adottságok párhuzamos és kapcsolt rendszerekben történő optimális tervezése, ami magában foglalja a túltermelések visszafogását, a környezeti károk megelőzését is. Ennek következtében a földhő helyi szinten az energiaigényeknek akár felét is kielégítheti, nagyobb területeken megfelelő fejlesztés és tervezés esetén a villamosáram-termelésnek akár 10–20%-át is biztosíthatja.

A kis mélységű hőszondák telepítésére az ország nagy része alkalmas, így a modellezéseken és monitoringon alapuló optimális szondasűrűség megállapítása után ezek telepítése fenntartható módon szolgálja majd az energiagazdaságot. A termokarsztokon kiaknázatlan lehetőségek kínálkoznak a hatékonyság növelésére. Ezek a termogravitatív vízkörforgalommal rendelkező, mélybesüllyedő karsztos töréslépcsőkhöz kötött rendszerek két helyen vannak megcsapolva. Egyik a feláramló vízöv felszínre bukkanási pontja, amelyre kitűnő példákat szolgáltat a budai termális vonal és Miskolc-Tapolca. A másik lehetőség a rendszer mélyebb szakaszának mélyfúrással történő megcsapolása (városligeti mélyfúrások, a miskolci vasútállomás közelében mélyült termálfúrással). Kiaknázatlan azonban az a hőtartalom, amit a föláramlási zónák a fölöttük húzódó rétegeknek átadnak, helyileg megnövelve a hőáramot. Hőtermelésbe való bevonásuk jelentős energiát szolgáltat, viszont megfelelő védőzónák kialakítása szükséges a természetes hévízforrások környezetében.

Perspektivikus lehetőség az improduktív vagy használaton kívül helyezett szénhidrogén-kutató mélyfúrások átalakítása hőszonda elven alapuló hőtermelés céljaira. Ilyen

kísérlet volt a Kiss István által szabadalmaztatott eljárás, amely a szolnoki Szabadság-telep fűtését segítette elő 1200 kg ammónia közvetítőközeg használatával 1301 méteres talpmélység mellett. A kinyerhető hő a gázüzemű fűtőmű vizének előfűtésére szolgált, amellyel csökkentette a fűtés önköltségét. E technika megújított, korszerűsített formában ígéretes lehet az egykori szénhidrogén-kutatások körzeteiben.

A nyugat-európai HDR kísérletek tapasztalatai azt igazolták, hogy ezek hosszú távú működtetése gazdaságosan aligha lehetséges, legfeljebb az ottaniaktól jelentősen eltérő, kedvezőbb körülmények között. A kevésbé konszolidált sziliciklasztos medenceüledékek eleve alkalmatlanok a rétegrepesztéses mesterséges porozitás fenntartására, az alaphegységből kimagasodó, főként metamorf „hőkupolák” pedig kompressziós feszültség-tér alatt állnak, feltolódásos, egymáson átlapolódó szerkezeteket alkotva, s így számos földtani kockázatot rejtenek a technikai megvalósításhoz (*Tester, 2006, Buday–Kozák, 2007*).

A 2000–3000 méteres középmély és a 3000–6000 méteres mély zóna fúrás technikailag ma már jól hozzáférhető. Egy új elv alapján működő magyar szabadalom készült (*Kovács–Kozák, 2007*) mindkét zóna hőkészleteinek megcsapolására olyan közvetítőközeges, zárt rendszerű kialakításban, amely nem érinti a meglévő vízkészletet, nem igényel visszasajtolást, s csupán a hőtanilag védett termálvíz tartók környezetében igényel specifikus telepítési tervezést. Egyaránt megvalósítható rétegvizes és vízmentes alaphegységi rétegsor harántolásával, bár e két alapeset a horizontális hőáramlás szempontjából eltérő hatásfokú. A tervszinten ismert elképzelés kiküszöböli a jelenlegi termálvíz-kiemelő rendszerek összes káros, veszélyes vagy gazdaságtalan következményeit, viszont kockázata, hogy előzmények nélküli terv, jelentős beruházásigényel.

A geotermikus energiafelhasználás jövője Magyarországon

Véleményünk szerint a geotermikus energia potenciáljának meghatározásakor nem elegendő csupán a hévízkitermeléssel lehetséges hőbányászatot figyelembe venni, így az energiatermelés akár megduplázható is lehet, ami kb. 120 PJ/év energiát jelent. Az ország területén kilépő kb. 250–300 PJ földhő kb. 20%-a megcsapolható lesz kis és közepes mélységű zónákban. Reálisnak tartjuk, hogy ugyanekkora mennyiségű energia lesz kinyerhető réteghűtéses technológiák által. E becsült érték hússzorosa a jelenlegi földhő-használatnak, aminek következtében a geotermikus energia jelentősége abszolút és relatív értelemben is megnő. A mélyebb zónákból történő hőbányászat lehetővé teheti majd az elektromosáram-termelést, amely elsősorban néhány MW elektromos teljesítményű kiserőművekben valósulhatna meg, a fluidumok többlépcsős hasznosítása révén viszonylag magas hatásfokkal.

A regionális és lokális adottságok jól átgondolt felmérése a mainál jelentősen árnyaltabbá teszi majd a geotermikus energiafelhasználás megoszlását. Véleményünk szerint a két legjelentősebb hőbányászati mód a helyi hőigényeket kiszolgáló sekély és középmély hőszondák, illetve az áramtermelésre is alkalmas mély hőszondák alkalmazása lehet (mindkettő 35–40%-át adhatja a teljes hőbányászatnak). A termálvíz-kitermelés csökkenése és egyenletesebb eloszlása a vízbázisvédelem érdekében kívánatos, így értékét a teljes geotermálisenergia-termelésben maximum 15%-os értékben határoz-

zuk meg. Az egyéb helyi megoldások további 10%-ot jelenthetnek, erősen egyenetlen területi eloszlásban.

A megújuló és hagyományos energiahordozók optimális arányának kialakulása nem képzelhető el új típusú, átfogó nemzeti energiastratégia kialakítása nélkül. Ennek kapcsolódnia kell a hasonló jellegű EU-s programokhoz, s tartalmaznia kell az egységesített regionális és helyi energiaipari lehetőségek előzetes becslését, modellezését. A belső tartalékokra való támaszkodás és a több lábbon állás érdekében – figyelembe véve a pozitív német, cseh stb. tapasztalatokat – racionálisan vissza kell állítani a rendszerbe az indokolatlanul felszámolt szénbányászati egységek művelését megújított technikával és technológiával. E két rendszer összehangolásával 15 éven belül elérhető egy külső hatásktól sokkal kevésbé függő, környezetbarát és hosszútávon fenntartható, önerőből fejlesztendő energiagazdálkodás.

Irodalom

- Árpási Miklós 2002: A termálvíz többcélú hasznosításának helyzete és lehetőségei Magyarországon, Kőolaj és Földgáz, OMBKE, 2002/9–10, 109–121. p.
- Árpási Miklós 2005: Geothermal Update of Hungary 2000–2004. Proceedings World Geothermal Congress <http://iga.igg.cnr.it/geoworld/pdf/WGC/2005/0127.pdf>
- Buday Tamás – Kozák Miklós 2007: Necessity, experiences and abilities of deep heat mining. Acta GGM Debrecina Geology, Geomorphology, Physical Geography Series Vol.: 2, 199–207. p.
- Dövényi Péter – Horváth Ferenc – Liebe Pál – Gálfi János – Erki Imre 1983: Geothermal conditions of Hungary. MÁELGI Geofizikai Közlemények, 29. évf., 3–114. p.
- Kovács Sándor – Kozák Miklós 2007: A new application of geothermal energy. ACTA GGM Debrecina, Geology, Geomorphology, Physical Geography Series Vol.:2, 209–216. p.
- Kozák Miklós – Püspöki Zoltán – Pálfalvi Ferenc 1996: Előzetes környezeti hatástanulmány a Debrecen Hőszolgáltató Rt. használati melegvíz ellátásához hévízkutakból – Debrecen, kézirat (DE Ásvány- és Földtani Tsz. adattára).
- Liebe Pál 2007: Felszín alatti vizeink, ásványvizeink, hévizeink. www.hidrotanszek.hu/avskonf/3_Liebe.pdf.
- Lund, John W. – Freeston, Derek H. – Boyd, Tonya L. 2005: Direct application of geothermal energy: 2005 Worldwide review. Geothermics, 34. évf., 691–727. p.
- MBFH 2007: Tájékoztató Magyarország ásványi nyersanyagvagyonáról (2007. január 1-i állapot). Budapest, MBFH.
- MVM 2008: A Magyar Villamosenergia-Rendszer 2007. évi statisztikai adatai. Budapest, MVM-MAVIR.
- Tester, Jefferson W. (szerk.) 2006: The Future of Geothermal Energy. Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century. Massachusetts Institute of Technology.

BIOENERGETIKAI BERUHÁZÁSOK VIDÉKFEJLESZTÉSI HATÁSVIZSGÁLATÁNAK SZEMPONTJAI³

Absztrakt

A vidékfejlesztési hatások vizsgálatának célja alapvetően, a beruházások szűkebb és tágabb környezetében jelentkező az ott élő társadalom egészére hatással bíró fejlődésnek, illetve ennek hiányának mérhetővé tétele volt. A hatásvizsgálat szempontjainak kidolgozásánál arra próbáltunk törekedni, hogy relatíve jól kalkulálhatóvá váljanak az energetikai célra hasznosítható biomasszára alapozott hőerőművek által indukált vidékfejlesztési hatások. Fontos azonban megemlíteni, hogy a hatásvizsgálat elméleti felépítése, a mutatórendszerek kialakítása nemcsak témaorientáltan, sokkal inkább globálisan ragadja meg az említett problémakört és az erre adható válaszokat. A vizsgálatban a 2006-ban kezdődött témaspecifikus kutatások eddigi eredményeit szintetizáltuk, a kutatások mintaterülete a gyöngyösi valamint a mátészalkai kistérség volt. A helyzetfeltárás elkészítése, az adatbázisok létrehozása valamint az empirikus felmérések eredményei és tapasztalatai egyaránt segítettek a munkát. Ezen kívül a háttér tanulmányok (nemzetközi tapasztalatok feltárása, jogi környezet vizsgálata stb.) és a 2007-ben újtárra indított társadalmi monitoring vizsgálatok is nagyban segítették a szempontrendszer kidolgozását.

Kulcsszavak

Bioenergetikai beruházás, biomassza, vidékfejlesztés, hatásvizsgálat

Bevezető

A biomassza mint gyűjtőfogalom a mezőgazdaságból, erdőgazdálkodásból és az ezekhez a tevékenységekhez közvetlenül kapcsolódó iparágakból származó termékek, hulladékok és maradékanyagok (a növényi és állati eredetűeket is beleértve), valamint az ipari és települési hulladékok biológiailag lebontható részét jelenti. A *fenntartható fejlődést* szolgáló energetikai célú biomassza termelés alapvető fontosságúvá vált a fosszilis energiahordozók készleteinek rohamos csökkenése és az egyre növekvő energiafüggőség révén. „A megújuló energiaforrások akkor fenntarthatóak, ha a rendszerből kivett energia mindig pótlódik természetes módon, és a kivonás és a pótlódás ugyanazon idősíkon történik” (Stefansson, 2003).

Az *energetikai célra* hasznosításba vonható *biomassza* a fenti definíciót alapul véve teljes mértékben megújuló energiaforrásnak tekinthető. Ma azonban hazánkban még kiaknázatlan lehetőségként tartható számon, mind az energia felhasználók, mind a mezőgazdaság részéről. Fontos tény, hogy Magyarország potenciális biomassza termelő

¹ Tudományos tanácsadó, MTA RKK Alföldi Tudományos Intézet Debreceni Osztály

² Tudományos segédmunkatárs, MTA RKK Alföldi Tudományos Intézet Debreceni Osztály.

³ A tanulmány a Bioenergetikai Innovációs Klaszter létrehozása és K+F programok megvalósítása a biomassza hasznosítása területén című, ún. BIOENKRF (2006–2009) kutatási program keretében készült az MTA Regionális Kutatások Központja Debreceni Osztályán, Baranyi Béla osztályvezető, az MTA doktora irányításával.

képessége párosul a magas színvonalú termelési színvonallal. Az ilyen jellegű *biomassza hőhasznosítását* célzó beruházások iránti igény – összhangban az Európai Unió's tendenciákkal – folyamatosan nő hazánkban is. A megtermelt energiára igen nagy igény mutatkozik mind a lakosság, mind a mezőgazdaság részéről. Az energetikai célú biomassza hasznosításhoz szükséges alapanyag megtermelése hazánk kedvező mezőgazdasági adottságainak köszönhetően nem jelent különösebb problémát. Mi több, az ágazat számára egyféle kilábalást jelenthet a rapszodikus jelentkező termékfeleslegek levezetésével (*Balcsók – Nagyné, 2008*).

A beruházások nem csak az energia ipar számára kecsegtetőek, hanem a beruházások szűkebb és tágabb környezetében is indukálhatnak gazdasági-társadalmi fejlődést. A gyöngyösi Károly Róbert Főiskolával közösen folytatott *Bioenergetikai Innovációs Klaszter létrehozása és K+F programok megvalósítása a biomassza hasznosítása területén* című, ún. *BIOENKRF program (2006–2009): A biomassza hőhasznosítás térszerkezeti hatásainak a vizsgálata, illesztése a vidék- és területfejlesztés jellemzőihez, sajátosságaihoz, hatása a vidék népességmegtartó képességének a növelésére* c. kutatás során többek közt arra is választ kerestünk, hogy a fentebb említett beruházások valóban indukálnak-e mérhető, kézzelfogható vidékfejlesztési hatásokat. Ahhoz, hogy a vidék számára is közvetlenül vagy közvetve realizálható „haszon” mérhetővé, hosszabb távon prognosztizálhatóvá váljon, ki kellet dolgoznunk a hatásvizsgálat szempont- és mutatórendszerét, valamint szükségesnek láttuk, hogy a vidékfejlesztésre gyakorolt esetleges hatásokat hosszabb távon is megpróbáljuk előrevetíteni. Ehhez a teljesség igénye nélkül, a két említett kistérségben végzett vizsgálatok eredményeire valamint a kistérségeket jellemző statisztikai adatokra támaszkodva alkottunk egy modellt. Fontos tényként kell megállapítani, hogy a modell gyakorlati alkalmazhatóságát erősen korlátozza, hogy a kidolgozásánál csak két kistérség adataira, a gyöngyösi és a mátészalkai kistérség, támaszkodtunk. A hatásvizsgálat és az abból nyerhető információk, eredmények reprezentativitása alacsony a kutatási terület és időintervallum szűkössege miatt. A jövőben remélhetőleg alkalmunk nyílik majd a kutatás folytatására, újabb mintatérsegek bevonásával (*Baranyi, 2007*).

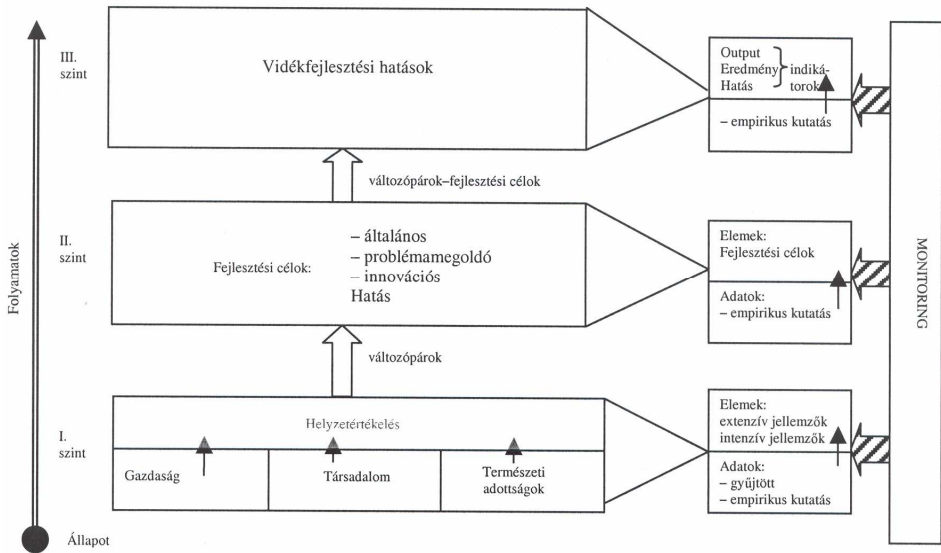
A hatásvizsgálat szempontrendszere, alkalmazhatóságának köre

Az ismert anyagi világunk működését leíró, a természettudomány által megfogalmazott, anyagi rendszerekre jellemző törvényszerűségektől és szabályoktól a társadalmi, gazdasági folyamatok sem függetleníthetőek. A vidékfejlesztés hatásfelmérésére alkotott modellünk követi a természettudományokban gyakorta használt modellalkotás alapvető szabályszerűségeit, folyamatait. A vidékfejlesztés a gazdasági-társadalmi és nem utolsó sorban a természeti környezet és az idő kölcsönhatásában alakult ki és működik. Éppen ezért egy olyan már régóta ismert természettudományos modell elméleti vonatkozásait vettük figyelembe és dolgoztuk fel, amelyet *Asszonyi Csaba* dolgozott ki gazdasági folyamatok ergonómiai kérdéseinek leírására. Alapvető modellalkotási szempont, hogy: *az egy szintes modell fikció, nem létezik*. Ezért a legegyszerűbb vizsgálatnak is legalább kétszintű modellfelvetéssel kell dolgoznia, úgymint a rendszerelemekkel és az elemekből felépülő rendszerrel. Érdemes figyelembe venni a vizsgált rendszerre vonatkozó külső hatásokat is. A külső hatásokat az egyes modellelemekre nézve is érdemes megvizsgálni, ezért a minimálisan szük-

séges két szint helyett a gyakorlatban a háromszintű modellben célravezető gondolkodni (1.ábra).

A jelen esetben vizsgált beruházás specifikumát is szem előtt tartva a harmadik modellezési szinten megjelennek a vidékfejlesztési hatások közvetlen mérésére alkalmas indikátorok.

1. ábra
A biomassza alapú hőhasznosítást célzó beruházások vidékfejlesztésre gyakorolt hatásainak elvi modellje



Forrás: A szerzők szerkesztése.

A tér-idő-állapotjellemzők lehatárolása

A vizsgálat körét képező folyamatok, jelenségek térben, időben és tulajdonságaikban elméletileg végtelenek. Ahhoz, hogy a kutatásaink célravezetők legyenek és a kutatás eredményeire alapozott modell leghűebben tükrözze a valóságot, az időt, a teret és a modell elemeinek tulajdonságát végezzé kell tennünk. A tudományos vizsgálódás során törekedni kell az objektivitásra.

A tér mint a vizsgálat közege a *környezet* és a *rendszer* fogalmának bevezetésével egyszerűen végezzé tehető. A végtelen térrészt leszűkítettük egy véges tartományra (rendszer), amely jelen esetben a vidékfejlesztést jelenti. A figyelmen kívül hagyott komplementer tartomány hatását tekintve mint *környezetet* modellezzük, ebben a modellben a kistérség, a megye, a régió vagy adott esetben az ország is lehet. Az általunk végzett kutatások és a vidékfejlesztést szolgáló programok alulról építkező (bottom up) rendszere alapján a környezetet a kistérség szintjére érdemes vetíteni. Emellett azt is

figyelembe kell vennünk, hogy a környezetet jellemző és leíró tulajdonságok száma exponenciálisan nő a vizsgált környezet nagyságával, és egyre bonyolultabbá teszi a modellalkotás folyamatát, amely során torzulhat a valóságról alkotott kép. Ahhoz tehát, hogy a valóságot hűen leképezhessük a modellel, a tér és a környezet minél szűkebb lehatárolása indokolt (Asszonyi, 1998). Nagy jelentősége van a rendszer határfelületének, amelyre a környezet (kistérségi) által indukált hatást mint kerületi feltételt illesztjük.

Az *idő* esetében az *állapot* és a *folyamat* fogalmainak bevezetése teszi lehetővé a véges intervallum felvételét. Jelen modellben az állapottal az egyes modellszinteket jellemezzük egy adott időpontra vonatkoztatva, az állapotok időbeli sorozata pedig a vidékfejlesztés folyamatát alkotja.

A *tulajdonságok* esetében az *állapotjelzők* – állapotjellemzők – bevezetésével véges számú jellemzővel írhatjuk le a rendszer végtelen sok tulajdonságát. Az állapotjellemzőkre *Fényes Imre* nyomán bevezettük az extenzív és intenzív állapotjellemzők fogalmát, ahol:

Extenzívek: nem a tér egyes pontjaihoz, hanem tartományaihoz rendelt jellemzők, additívek, a tartományok egyszerű összesítésével összeadhatóak (pl: területnagyság, lakosság száma, földterületek nagysága, megtermelt termények mennyisége, utak száma, hossza, vasútvonalak száma stb.).

Intenzívek: lokális jellegű, a tér egyes pontjaihoz rendelt jellemzők, amelyek fajlagos mennyiségek, tehát nem összegezhethők (pl.: népsűrűség, aranykorona érték, természetlag, egy főre jutó GDP stb.) (*Fényes*, 1981).

A modellszintek és határfelületük lehatárolásának elvei

A valóságot leképező modellek egyes elemei – szintjei – diszkontinuitások mentén válnak el egymástól. A tér–idő–tulajdonság három dimenziós terében a kontinuitás megszakadásával *szingularitás*, azaz ugrás jelentkezik (jelen esetben a szingularitás egy adott szintet képviselő modellelemlről magasabb szintű modellelemre történő ugrást fejezi ki, nem a klasszikus értelemben vett gravitációs vagy technológiai szingularitást),

- térben,
- időben
- és a tulajdonságokban.

A modell egyes szintjeit ezen ugrások mentén lehet elhatárolni. Az ugrásokat ebben a modellben bizonyos *folyamatok* jelenítik meg, amelyeket *extenzív-intenzív változó-párok* felállításával írhatunk le a legpontosabban. Minden folyamatnak van egy rá jellemző extenzív–intenzív változópárja, amelynél az extenzív paraméterek mutatnak az intenzív paraméterek irányába. A folyamatok mentén lehet az egyes modellszinteket egymástól elhatárolni. A határok ilyen módon történő meghatározása lehetővé teszi, hogy a valóságban meglévő különbségek tükröződjenek a modellben. Ebben a modellben a valóság minél hűebb leképezése érdekében a változó-párok képzése szintenként eltérő. Az első és második szint közötti szingularitás (ugrás) a helyzetértékelés adataiból képeződik. Azokat a folyamatokat írja le, amelyek a második szint fejlesztési céljait határozzák meg. Ezekre a célokra lehet aztán a vidékfejlesztési hatásokat közvetlenül reprezentáló indikátorokat felépíteni.

Mutatók és indikátorok

Az egyes szinteket jellemző és a határfelületet kialakító jellemzőket (extenzív, intenzív) a rendelkezésre álló statisztikai (KSH, TEIR, T-STAR), valamint az empirikus kutatások során nyert adatbázisok képezik. A háromlépcsős modell egyes szintjein belül az adott szintet alkotó elemekre extenzív, illetve intenzív jellemzőket alkottunk az adatbázisokból. A változópárokból pontosan lehet következtetni arra, hogy az ugrás hol és miért következik be. Így pontosan meghatározhatóak az egyes szintek közötti határfelületek. A változópárok képzésénél a vidékfejlesztést közvetve vagy közvetlenül befolyásoló hatások megismerésére koncentráltunk. A modell legmagasabb szintjét képező harmadik szinten olyan indikátorokat képeztünk, amelyek az adott beruházások közvetett és közvetlen hatását, az átfogó és konkrét célok megvalósulását mérik (1. táblázat).

1. táblázat

A vidékfejlesztési- és térszerkezeti hatások mérésére alkalmas indikátorok

Hatás indikátorok	Település	Kistérség	Megye	Régió
A lakosság gazdaságos, költségkímélő energia-ellátásának megvalósítása	x	x		
Közvetlenül és közvetetten a biohajtóanyag-előállító üzemek és hőerőművek által létrehozott új munkahelyek száma	x	x		
Migrációs tendenciák javítása	x	x		x
Környezetterhelés csökkentése – Hulladékhasznosítás	x	x		
Elmaradott periférikus jelleg csökkentése	x	x		x
Cél indikátorok				
A térség gazdasági fellendülése (1 főre jutó szja Ft)	x	x		
A térség gazdasági-társadalmi és környezeti potenciáljának környezetkímélő hasznosítása	x	x	x	x
Erőforrás hasznosítás:	x	x	x	
– természeti: kedvezőtlen termőhelyi adottságú területek hasznosítása				
– humán: átképzések, továbbképzések száma				
Technológiai színvonal javulása az ipari és mezőgazdasági szektoron belül	x	x		
Eredmény (output) indikátorok				
Többletforrások képződése (helyi adók) Ft	x			
Infrastrukturális ellátottság javulása	x	x		
Lakossági jövedelmek alakulása	x	x		x
Hozzáadott érték és a GDP növekedése		x		x
Mezőgazdasági termékfeleslegek levezetése	x	x		x
Bel- és külföldi tőkebefektetések növekedése	x	x		
Vonzáskörzetek, települési kapcsolatok bővítése, élénkítése	x	x		
Gazdaságélénkítés innovációk telepítésével	x	x		

Forrás: A szerzők szerkesztése.

Adatforrások, adatgyűjtés, kezelés

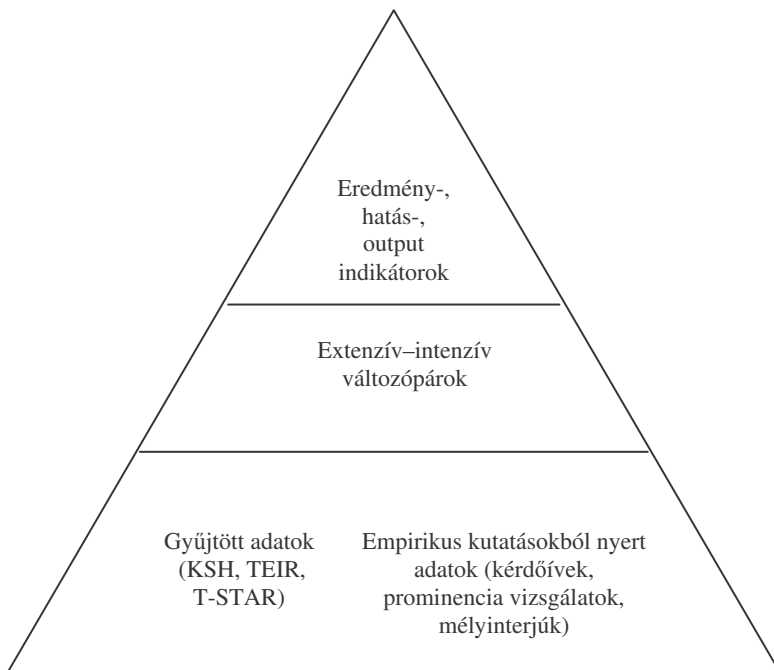
A modellalkotás alapját képező adatbázis szerkezetét tekintve két részre tagolódik. A gyűjtött adatok témaspecifikusan a modell végső célját, valamint a modell egyes szintjeit felépítő elemeket jellemzően kerülnek leválogatásra (2. ábra).

A modell *első szintje*, a vizsgált tér (település, kistérség, megye, régió ország) három nagyobb alkotóeleméből épül fel: gazdaság, társadalom, természeti környezet.

Az elemek jellemzőkkel való leírása tulajdonképpen egy *helyzetfeltárást* eredményez. A helyzetfeltárás orientált adatgyűjtést és helyzetértékelést jelent. A helyzetértékelést az alapadatok egyes elemeken belüli csoportosítása – extenzív és intenzív jellemzők – valamint ezek párba állítása – változópárok – adja. Az egyes elemekhez rendelt adatok tevékenység-specifikusak, azaz a tervezett beruházás jellegétől függenek. Az adott modellszint alapvető célja, hogy megállapítsa a térség erős és gyenge pontjait, feltárja a belső kapcsolatokat, feltárja a külső kapcsolati lehetőségeket, bemutassa a komparatív lehetőségeket. Az adatok struktúrája *G. Fekete* (1998) nyomán azt kiegészítve és témaorientáltan lett kidolgozva. Ezen a modellszinten az empirikus kutatásokból nyerhető eredmények közül csak a hiányzó adatok pótlása és az általános terepku-
tatást célzó adatgyűjtés során nyerhető nyers adatok használhatóak fel.

2. ábra

A hatásvizsgálat mutató- és indikátor-rendszerének felépítése



Forrás: A szerzők szerkesztése.

A *második modellszint* elemei a tervezett bioenergetikai beruházások által közvetlenül indukált folyamatokat írják le. A gyűjtött és rendelkezésre álló adatok mellett itt már szerepet kapnak az empirikus kutatások során gyűjtött adatok, illetve azok statisztikai elemzéséből nyert eredményei. Az üzemeket jellemző alapadatok – extenzív mutatók – (kapacitás, nyersanyag-igény, alapterület, energia igény, alkalmazottak száma, a megtermelt hőmennyiség stb.) mellett az üzemek fajlagos – intenzív mutatók – is szükségese-
sek, amelyek az alkalmazott technológiától és az üzem mértétől is függenek.

Az *empirikus kutatások* során egyrészt standardizált kérdőíveken keresztül, másrészt prominencia vizsgálatok segítségével tárjuk fel azokat a folyamatokat, amelyeket egy egyszerű statisztikai adatbázis nem képes leképezni. A modellt meghatározó, keretbe-foglaló tér a vidékfejlesztés rendszere, az időbeni korlát pedig a vidékfejlesztés folya-mata. Ahhoz, hogy a várt és valós folyamatokat le tudjuk írni az adott térben, alapvető fontosságú, hogy a megfigyelést és a mérést a társadalomtudományokban alkalmazott módszerekkel végezzük (Babbie, 2001).

Az empirikus kutatások során használható kérdőívek és interjúk konkrét kérdéseit a tervezett vagy már működő beruházások jellegére való tekintettel kell kidolgozni. A *második modell szinten* elsősorban a kérdőíves vizsgálatok dominálnak.

A változó párokat itt a *fejlesztési célok* jelentik, amelyeket részben az empirikus ku-tatások eredményei, részben a helyzetértékelésből felállított változó párok körvonalaz-zák, amelyek a harmadik modellszinten mérhetővé válnak majd. Ezek a célok típusait tekintve a következők:

- általános célok,
- problémamegoldó célok,
- innovációs célok.

A célok tényleges tartalma a beruházás jellegétől (hőhasznosítás), méretétől függ, ezekre vonatkoztatva kell megadni őket. A célok pontosan lefedik az adott modellszinten az extenzív és intenzív jellemzőket.

Indikátorok meghatározása

A modell legmagasabb hierarchia szintjén (III. szint) konkrétan a beruházások által indukált *vidékfejlesztési* hatásokat mérhetjük le. Az eredményességet indikátorok segít-ségével határozhatjuk meg:

- Output indikátor: szűkebb eredmények mérése
- Eredmény indikátor: konkrét célok megvalósulásának a mérése
- Hatás indikátor: átfogó célok mérése

Az indikátorok kritériumrendszerének meghatározása támaszkodik az általánosan használt *SMART* kritériumok rendszerére. Az általunk alkalmazott indikátorok

- S* – specifikusak
- M* – mérhetőek
- A* – elérhetőek, hozzáférhetőek az adatok
- R* – relevánsak
- T* – meghatározott időhöz kötöttek (time-bound)

Az indikátorok területi kiterjesztése a beruházás jellegét tekintve – biohajtóanyag előállítás, biomassa hőhasznosítás – változik. Ugyanis a hőtermelés során az output és eredmény indikátorok által mérhető vidékfejlesztési és térszerkezeti hatások kistérségi és települési szinten a hőhasznosítás esetében fokozottabban koncentrálnak területileg (lakóházak fűtését biztosító biogáz üzemű hőközpontok).

Ellenőrzés, monitoring

A modell a valóság leképezését szolgálja. Ahhoz azonban, hogy a lehető legpontosabban képet kapjunk mindenképpen be kell iktatnunk a *monitoringot*, azaz az eredmények és folyamatok térben és időben állandó vizsgálatát. Az ilyen jellegű információk gyűjtése és feldolgozása – amelyet a monitoring tevékenység ölel fel – alapvető fontosságú, a modellezett tevékenység eredményessége e nélkül kérdésessé válhat. A visszacsatolás során lehetőség nyílik arra, hogy a problémás pontokon és szakaszokon új és a folyamat egészét tekintve sikeresebb alternatívákat alkalmazzunk (Lukács, 2004).

Bár a monitoring tevékenység nem épül be szervesen a modellbe, de elemi fontosságú az adekvát mutatórendszer alkalmazása, értékelése és ezek alapján a visszacsatolás az adott szinteken. A mutatórendszer a fentiekben említettek miatt az indikátorok mutató rendszerével szükségszerűen átfedést mutat (2. táblázat).

Összefoglalás

A modell által mérhetővé tett vidékfejlesztési hatások illetve ezek hiánya alapvetően a két kistérség speciális adottságaitól függ. A változatos természeti adottságok és a települések közötti fejlettségi különbségek miatt a két mintaterületen jelentős különbségek érzékelhetőek a vidékfejlesztés legfontosabb feladatai között. A kistérségek legelmaradottabb településein a foglalkoztatási problémák mellett a lakosság jelentős részénél már a települési környezet minősége sem éri el a mai modern környezettudat által elfogadhatónak minősíthető szintet. Ezért jellemzően ezeknek a településeknek a lakói kisebb ellenállást fejtenek ki egy esetleges beruházás megvalósulása ellen, ez egyrészt erősen determinálhatja a várható eredményeket, másrészt felveti a települések kiszolgáltatottságának kérdéskörét is. Ez utóbbi kérdésessé teheti a valós vidékfejlesztési hatások megjelenését (Koncz, 2007).

A jövőben tehát mindenképpen szükséges az általunk vizsgált két mintaterülettől alapvetően eltérő gazdasági–társadalmi–természeti adottságokkal rendelkező térségekre is kiterjeszteni a kutatást, hogy a harmadik szinten jelentkező indikátorok a gyakorlatban is hasznosíthatóak legyenek.

2. táblázat
A monitoring tevékenység mutatói

Mutató	Település	Kistérség	Megye	Régió
Népességszám változás, be- és elvándorlás (fő)	x	x	x	x
Megszűnt, megőrzött és új munkahelyek száma, ezek egyenlege (db)	x	x	x	x
GDP, GNP változás (Ft)		x	x	x
Betelepült vállalkozások, vállalkozók száma (db, illetve fő)	x	x		
Betelepült szakképzett 30 év alattiak száma (fő)	x	x		
Helyi adóbevételek változása (ezer Ft)	x	x	x	
Új vállalkozások száma (helyiek és térségen kívüliek) (db)	x	x		
Betelepült külföldi vállalkozások száma (db) beinvestált tőke nagysága (Ft)	x	x		
Mortalitási arányszámok változása	x			
Épített új lakások száma (db)	x			
Ingatlanok árváltozása (összevetve hasonló adottságú településekkel, kistérségekkel) (Ft)	x			
Infrastrukturális ellátottság változása	x	x	x	
Települési zöldfelület változása (m ²)	x			
Kiskereskedelmi forgalom értékváltozása (Ft)	x			
Felsőfokú végzettségűek számának változása (fő)	x	x	x	
Képzési átképzésben résztvevők (fő)	x	x	x	
Új vagy felújított oktatási, szociális vagy kulturális, igazgatási intézmények (férőhely db)	x			

Forrás: A szerzők szerkesztése.

Irodalom

- Asszonyi C. 1998: Modellalkotás és a tudományos megismerés. (előadás). Tudományos Előadói Napok, Budapest. 1998. október 16.
- Balsók I. – Nagyné Demeter D. 2008: A „zöldenergia” téma margójára: empirikus kutatások eredményei a mátészalkai kistérségben. – Comitatus. 5. 44–59.p.
- Baranyi B. 2007: Bioenergetika és regionális tudomány – összefogás a vidéki Magyarország felzárkóztatásáért. In: Kovács T. (szerk.): A vidéki Magyarország az EU-s csatlakozás után. VII. Falukonferencia, MTA RKK, Pécs. pp. 249–256.
- Earl, B. 2001: A társadalomtudományi kutatás gyakorlata. Budapest, Balassi Kiadó.
- Fényes Imre 1971: Modern Fizikai kisenciklopédia. Gondolat Kiadó, Budapest.
- G. Fekete É. 1998: Bevezetés az alulról vezérelt (botton up) vidékfejlesztés elméletébe és módszertanába. Phare Program, Szolnok.
- Koncz G. 2007: A biomassza energetikai célú hasznosításának természeti, társadalmi és gazdasági feltételei a gyöngyösi kistérségben. In: Kovács T. (szerk.): A vidéki Magyarország az EU-s csatlakozás után. VII. Falukonferencia. Pécs, MTA RKK. pp. 273–279.
- Lukács G. S. 2004: A vidékfejlesztés kézikönyve. Budapest, Szaktudás Kiadó Ház.

IV. Tájhasznosítás – tájértékelés

HAZAI TÁJHASZNÁLATI ADATBÁZISOK (CORINE, MÉTA) FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI BIOMASSZA-ÜLTETVÉNYEK POTENCIÁLIS TERMŐTERÜLETEINEK MEGHATÁROZÁSÁBAN³

Absztrakt

A hazánkban létező két tájhasználati adatbázis, a CORINE és a MÉTA a tájhasználat más-más szegmensére összpontosít: a CORINE az antropogén táj- és területhasználati formákra, a MÉTA a természetes és természetközeli növénytakaróra. Az energiaültetvények potenciális területei részben az első (szántóföldek), részben a második (gyepterületek, ültetvények) adatbázisban jelennek meg pontosabban, ezért fenntartható, a táji szintű ökológiai értékeket minél kisebb mértékben károsító elhelyezésük megtervezésekor érdemes mindkét adatbázis információtartalmára támaszkodni. Ennek egy lehetséges általános algoritmusát mutatjuk be, amit konkrét feladat esetében a helyi sajátosságoknak megfelelően kell kibővíteni. A térinformatika adatbázisok lehetővé teszik az eredmények további használatát, pl. gazdasági, logisztikai modellekbe való beépítését.

Kulcsszavak

Fenntartható tájhasználat, tájökológia, ökológiai hálózat, CORINE, MÉTA, biomassza-ültetvények elhelyezése, természetvédelmi és gazdasági érdekek egyeztetése

Bevezetés

Az ültetvényszerűen termesztett energianövényekre alapozó megújulóenergia-termelés számos előnye mellett az energiaültetvények a következő egy-két évtizedben várható gyors térhódítása környezeti kockázatokat is rejt, mint azt az Európai Környezeti Ügynökség tanulmánya részletesen elemzi (Wiesenthal et al. 2006). E kockázatok egyike, hogy a nagy területet elfoglaló monokultúrák alapvetően megváltoztathatják egy-egy kis- vagy akár középtáj tájhasználatát, természetes, természetközeli és mesterséges ökoszisztémáinak arányát és térbeli elhelyezkedését, az ökológiai folyosók, ökológiai hálózatok rendszerét. A jelenleg intenzív szántóként használt területeken az extenzívebb, élő energiaültetvények az élőhely javulását eredményezhetik, vagy hozzájárulhatnak további elszegényesedéséhez (Pál–Csete, 2008); természetes vagy természetközeli élőhelyekre – pl. ösziepek vagy extenzíven használt gyepek, hagyományos, kisparcellás művelésű területek – telepítve a táji szintű biodiverzitást veszélyeztethetik.

A globális klímaváltozás elleni harc egyik lehetséges és egyre elterjedtebb módja a kibocsátott CO₂ egy részének lekötése szárazföldi, elsősorban erdei ökoszisztémákban vagy fás ültetvényekben. Az egykori erdős területek újraerdősítése vagy a mezőgazdasági területek beerdősítése egyaránt jelentős CO₂ beépítéssel jár a földfelszín feletti és

¹ Tudományos segédmunkatárs, PTE TTK Növényrendszertani és Geobotanikai Tanszék – PTE Biomassza Kutatócsoport.

² Egyetemi adjunktus, PTE TTK Általános és Alkalmazott Ökológia Tanszék.

³ Munkánkat az NKFP 3A/061/2004 sz. pályázat támogatta.

alatti fitomasszába, ami rendszerint a talaj szervesanyag-tartalmának növekedését is maga után vonja (Haripriya, 2003). Az újraerdősítés és az ültetvények létesítésének globális haszna azonban helyenként a helyi érdekek rovására mehet, ami miatt az erdők és ültetvények nagyarányú megjelenését eredményező tájhasználat-változás csak a fenntarthatóság elveivel összhangban képzelhető el. Ilyen elvárás a helyi biodiverzitás szinten tartása, a helyi lakosság szükségleteinek: élelmiszer, takarmány, hajtóanyag és fűtőanyag („food – feed – fuel”) helyi forrásokból történő biztosítása, és szabad területek megtartása a jövőben jelentkező esetleges egyéb tájhasználati igények kielégítésére. Ezen összetett szempontok azonban ritkán érvényesülnek a biomassza-ültetvények területi lokalizációja kapcsán. A befektető gazdaságilag jól megalapozott telephelyválasztása a táj már meglévő funkcióit, értékeit tekintve gyakran véletlenszerű, és rendszerint nélkülözi még az alapvető természettudományos – ökológiai megfontolásokat is. Így jósolhatatlan, hogy a tájszerkezet, a táji szintű diverzitás sérülése hol milyen mértékű lesz.

Általánosan elterjedt nézet, hogy az energiaültetvények terjedése alapvetően gyenge mezőgazdasági területek és elhagyott, un. roncsterületek rovására fog történni (Szarka, 2006; Antal–Grasselli, 2006). Nem zárható ki ugyanakkor, hogy legalább ilyen arányban kerülnek bevonásra kiváló szántóterületeink, vagy a művelésiág-változás révén egykori legelők, kaszálók, cserjésedő területek és már meglévő erdészeti ültetvények kerülnek ilyen formájú hasznosításra. Számolni kell azonban azzal, hogy a fenntarthatóság elveit szem előtt tartó területválasztás, amely a gyengébb minőségű termőterületeken és a felhagyott roncsterületeken képzelet el az energiaültetvények zömét, egy adott tüzelőanyag-mennyiség megtermelését csak másfél-kétszer nagyobb területről tudja biztosítani, mint az élelmiszer- vagy takarmánynövények számára is optimális termőhelyek. Mivel az ültetvények létesítésénél elsődlegesen kezelt gazdaságossági – logisztikai szempontok egyértelműen a kisebb területre kiterjedő integráció felé mutatnak, így várható, hogy az „előre rögzített” telephelyek körül – jórészt függetlenül minden termesztés-technológiai, ökológiai, természet- és tájvédelmi, tájhasználati megfontolástól – intenzív ültetvények jelennek meg nagy sűrűségben.

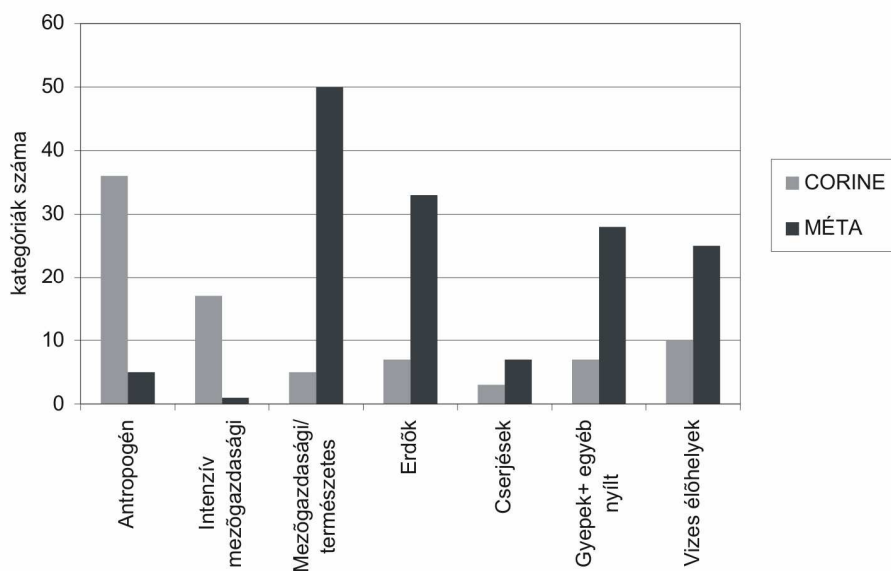
A természeti érték integrálását és kellős súllyal való szerepeltetését gazdasági döntéseinkben valamennyi fenntartható fejlődéssel kapcsolatos alapküldetés tartalmazza (1. ábra). Sajnálatos módon azonban a „természeti érték” definíciója és még inkább objektív alapokra helyezett becslési módszere a mai napig is csak esetleges, adott helyen és időben érvényes, lokális prioritásokra épül.

Egy új típusú döntéstámogatási rendszerrel szemben a következő elvárásokat fogalmazhatjuk meg: Minél nagyobb mértékben támaszkodjék valós és aktuális adatokra, és ne a biomassza-potenciál számításakor már megszokott nagy területre vonatkozó statisztikai adatok nehezen lehatárolható körére épüljön. Az adatok területi vonatkozása egyértelműen meghatározható legyen, az adott területi besorolások könnyen és viszonylag gyorsan aktualizálhatók legyenek. Technikailag egységes és közismert platformra települjön, amelyben a rendszer képes legyen egyenrangúan kezelni egyszerre sok, igen gyakran alapvetően eltérő szempontrendszer mint a természet- és tájvédelem, ökológia, termesztés-technológia és növénytermesztés, gazdaságosság és logisztika. A döntéstámogatási rendszernek bővíthetőnek kell lennie. Országosan egységes adatbázis-rendszerre épüljön, mely a helyi adottságokat is képes figyelembe venni. Vagyis kellően

robusztus egy országos szintű felméréshez, de ugyanakkor lokális szinten is érzékeny a fenntartható tájhasználat minden lényeges eleme iránt. Továbbá objektív legyen, vagyis a számítások, elemzések eredményét ne a felhasználók egyéni tapasztalata és értékrendszere határozza meg. Adott területre vonatkozó vizsgálatsorozatban jól artikulált, egymást követő választások, egyszerű, gyakran elemi döntések sorozata vigyen a végső konklúzió felé. Végül operatív legyen, vagyis minden olyan esetben, amikor minőségi alapon kell a döntéseket meghozni (pl. értékes–nem értékes tájhasználati mód, természeti értéket képviselő élőhely vagy roncsterület) egyértelmű definíciókat használjon és letisztult, kikristályosodott szempontrendszert alkalmazva a gyakorlati célokkal összhangban álló szemléletmódot képviseljen. Az elemzések kimenetele illeszkedjen a gyakorlati felhasználók kérdésfeltevéséhez és gondolatrendszeréhez. A módszer alkalmazása gyors, hatékony legyen, és egyértelmű kimenetekkel segítse az adott cél, vagyis a fenntartható tájgazdálkodás, a biodiverzitás megőrzése és a gazdaságos biomassza-előállítás együttes teljesülését.

1. ábra

A CORINE és MÉTA adatbázisok kategóriarendszerének összehasonlítása



Forrás: A szerzők szerkesztése.

Tanulmányunkban egy olyan, meglévő élőhelyi, tájhasználati és természetiérték-adatbázisok térinformatikai elemzésére alapuló módszert javaslunk, amely alkalmas lehet az energiaültetvények fenntartható vidékfejlesztési koncepciókba illeszkedő (Kiss, 2008), természet- és tájvédelmi szempontból optimális térbeli elhelyezésének megtervezésére, és további munkaszakaszokban kapcsolható a biomassza-termelés gazdasági, logisztikai elemzéseivel is.

Anyag és módszer

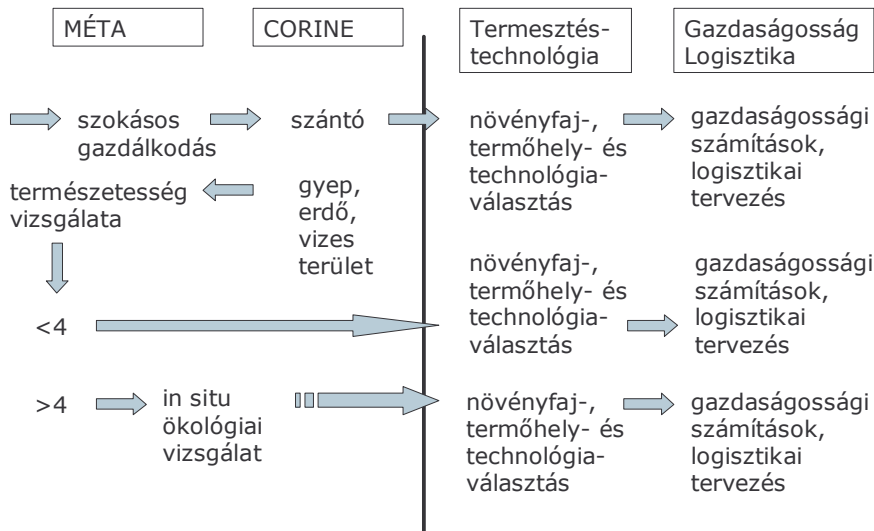
Az elemzésben felhasznált adatbázisok

Magyarország aktuális tájhasználatának jelenleg legpontosabb adatbázisa a CORINE Land Cover 1:50 000 (CLC50) adatbázis, amely 78 felszínborítási kategóriába osztva jeleníti meg Magyarország teljes területét 1:50 000 méretarányban. A legkisebb még térképezett folt 4 ha-os volt a szárazföldi borítás és 1 ha-os az állóvizek esetében. Az 1999 és 2003 között zajló térképezési munka eredményeként felálló adatbázis ürfelvétel-interpretáció és terepi ellenőrzések együttes alkalmazásával készült. A térképezéshez alapul szolgáló Landsat TM és SPOT4 Xi+M műholdképek 1998–1999-es állapotokat tükröztek, az elkészült tematikus beosztás tartalmi pontossága > 90% (Büttner Gy. et al. 2002).

A MÉTA adatbázis (2. ábra) a természetes és természetközeli növénytakaróról szintén az egész országra kiterjedően, a 2003–2006 közti időszakban, műholdfotókkal támogatott terepi adatfelvétel alapján készült. Természetességi és élőhely-dinamikai adatokat is tartalmaz a természetközeli élőhelyekre. A MÉTA adatbázis ismertetését lásd e kötetben (Ortmann-né-Horváth, 2008; Molnár et al. 2007).

2. ábra

A szokásos tájhasználatú területeken követendő döntéshozatal folyamata



Forrás: A szerzők szerkesztése.

A CORINE adatbázis hiányossága a fenntartható tájhasználat tervezése szempontjából, hogy kategóriarendszere nem tartalmaz explicit természetességi információt. Példaképpen megemlítjük, hogy a CLC 50 adatbázisban sok esetben nem különíthető el egymástól egy gyepterület, amely természetvédelmi szempontból jelentős értéket képviselő ösgyep és az olyan tönkrement, másodlagos terület, amelyre energiaültetvény telepítése élőhely-diverzitási szempontból vagy a táji konnektivitás javítása céljából kifejezetten javasolható. Ugyanígy az erdőknél sem különböztet meg természetvédelmi vagy akár minőségi fatermelési szempontból kímélendő állományokat és olyanokat, ahol a jelenlegi, tájidegen vagy inváziós veszélyt hordozó fafaj lecserélése egy energetikai szempontból kedvezőbbre növelheti a természetességet. A fenti információhiány pótolható a MÉTA adatbázis adatainak egyidejű figyelembevételével.

Mesterséges felszínek és intenzíven művelt mezőgazdasági területek esetében (szántók, évelő kultúrák, intenzív legelők) a CORINE lényegesen részletesebb felbontást ad. A MÉTÁ-ban ezen területek nem kerültek felmérésre, vagy másodlagos gyepek, telepített erdők kategóriájában szerepelnek. Természetvédelmi szempontból jelentős többlet a ritka fás legelők előfordulásának dokumentálása.

Különböző mezőgazdasági területek és természetes növényzeti foltok mozaikját – pl. a lokális természeti adottságokhoz szorosan illeszkedő tájhasználat által létrehozott, hagyományos kultúrtájak képét – a CORINE 5 kategóriával igyekszik megfogni; a MÉTA esetében megjelenhet kb. 50 – elsősorban gye- és vizes élőhely – kategória, de az apró foltok lokalizálásához a 35 ha-os területi egység túl durva. E területek komplexitásának pontos leírásához kiegészítő terepi vizsgálatokra van szükség.

Hazai természetközeli erdők esetében ötszörösen több a MÉTA kategóriáinak száma (5/26), amit tovább pontosítanak a természetesség, továbbá a veszélyeztetettség, regenerációs potenciál adatai is. A nálunk ritka fenyvesek, illetve az ültetvények esetén kisebb a két kategóriarendszer között fellelhető különbség. A *lombos erdő ültetvények* (3.1.1.5.) CORINE kategórián belül pl. természetvédelmi szempontból lényeges kérdés, hogy az ültetvényt hazai (RB, RC) vagy idegenhonos, nemegyszer inváziós fajok (pl. akác, bálványfa, zöld juhar) alkotják-e (RD).

A különbség a biomassza ültetvények szántóföldeken túli kiterjesztése szempontjából is kiemelt fontosságú cserjés és/vagy lágyszárú növényzet kategóriáiban a legnagyobb. A CORINE itt (3.2) két gye- és két cserjés kategóriát különböztet meg, és a logikailag ide kapcsolható 3.3.3. *Ritkás növényzet* (vegetációs szemlélettel: nyílt gyepek) kategóriában további hármat. Semmilyen lehetőség nincs e kategóriákkal megkülönböztetni egymástól a természetvédelmi szempontból is értékes pl. törpemandula-cserjéseket a kevésbé értékes kővény-galagonya-vadrózsa cserjésektől vagy a természetvédelmi szempontból kifejezetten hátrányos gyalogakácostól. A MÉTÁ-ban cserje nélküli gye-: 23 kategória (!), cserjésedő gye-: 7 kategória, „ritkás növényzet”: 7 kategória.

A vizes élőhelyek magas biodiverzitású, részben a globális felmelegedés miatt világszerte ritkuló, védendő élőhelyek. A CORINE adatbázisban „*vizenyős területek*” (4.) név alatt 4 kategória, a MÉTA adatbázisban 19; a CORINE ezen felül „*vizek*” (5.) név alatt tartalmaz további 6 kategóriát, ami számra megegyezik a MÉTA 6 nyíltvizes (Hí-nártársulások) kategóriájával, de azok tartalma teljesen más. CORINE-ben kiépítettség,

használat a fő szempont, (pl. természetes tavak, halastavak, csatornák), a MÉTA-ban pedig növényzeti egységek (pl. állóvízi, lápi vagy sziki hínár).

A fentiek szerint a CORINE kategóriákban az antropogén, a MÉTA kategóriákban a természetközeli élőhelyek reprezentáltsága a gazdagabb (1. ábra), ezért azok részben egymás kiegészítői, részben pedig meg is feleltethetők egymásnak.

A két adatbázis információtartalmának megfelelő algoritmus alapján történő összegzésével néhány hektáros pontosságú, kiegészítő terepi felméréssel igény szerinti pontosságú képet kaphatunk az energiaültetvény telepítésére természetvédelmi szempontból egyértelműen *ellenjavallt, kérdéses, lehetséges* (semleges) illetve *javasolt* területekről. Szélsőséges esetben így akár 4 ha-os pontossággal is megadható a leendő biomassza-ültetvények potenciális termőhelye, vagy azok az élőhelyfoltok, amelyeken ültetvény létesítése – fenntarthatósági szempontból – nem javasolt. Az így nyert térkép (*Potenciális Biomassza-ültetvény Térkép, PBT*) tartalmazza az összes, potenciálisan biomassza-ültetvény létrehozására alkalmas helyszínt, amelyen a további finomító értékelések a biomasszanövények termőhely-igénye alapján vagy gazdaságossági és logisztikai változók mentén már elvégezhetők.

A PBT logikus formája alapvetően a CORINE foltok rendszere, a MÉTA természetességi és élőhely-dinamikai adataival gazdagítva. Amennyiben egy feladat ennél részletesebb térbeli felbontást igényel, azt a MÉTA és CORINE módszertant ötvöző kiegészítő terepi felvételezéssel lehet/kell biztosítani.

A potenciális biomassza-ültetvény térkép elkészítésének algoritmus

A továbbiakban egy lehetséges általános algoritmust mutatunk be, amely konkrét feladat esetében a helyi sajátosságoknak megfelelően adaptálható.

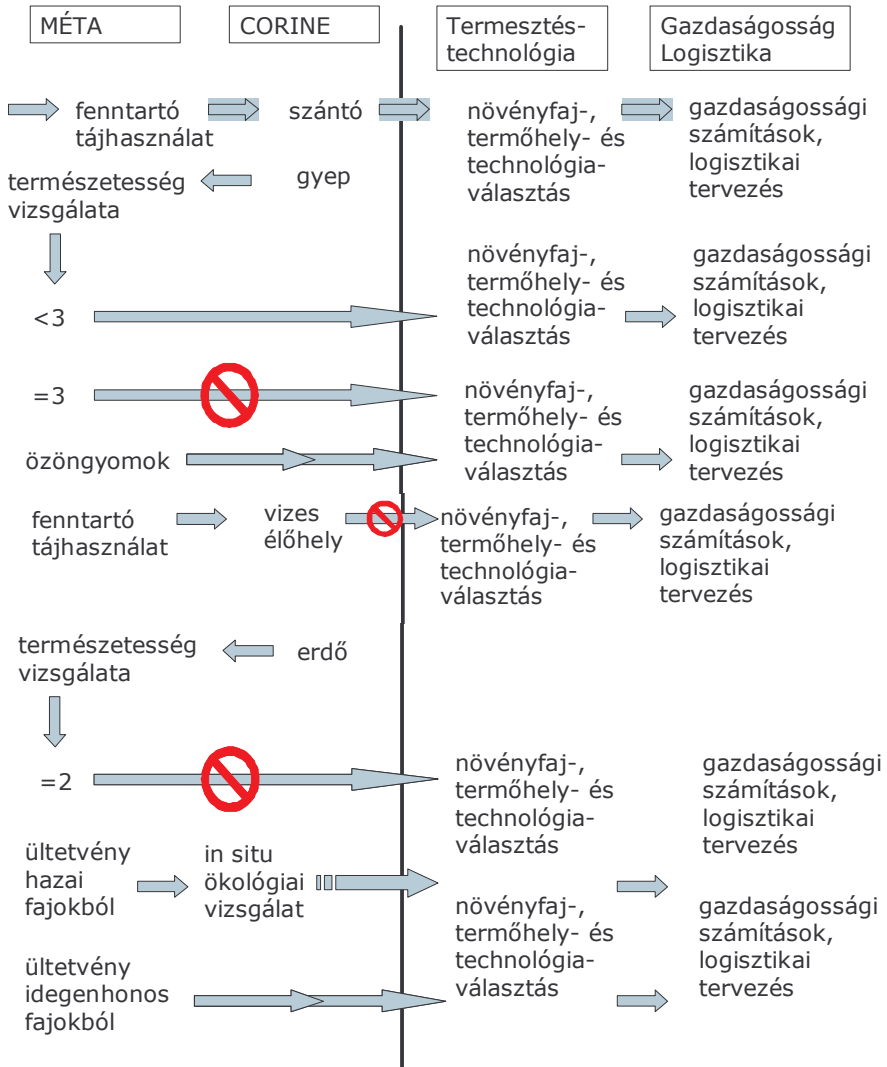
Kiindulásként a MÉTA adataiból kiszámított, ún. természeti tőke-érték alapján megrajzolt tájhasználati kategória térképet vettük figyelembe (*ten Brink, 2000; Czúcz et al. 2008; Ortmann-né-Horváth, 2008*), amelynek területi egységei a MÉTA 35 ha-os hatszögei. Tájhasználati kategóriák:

- A) Természetmegőrzés
- B) Fenntartható hasznosítás
- C) Szokásos tájhasználat: nagyüzemi mezőgazdálkodás, ültetvénylétesítés
- D) Természeti értékkel nem bíró, beépíthető terület

A második lépés a Potenciális biomassza-ültetvények lokalizációja a tájhasználati kategóriákon belül A *szokásos tájhasználat* (C) területei, ha a CORINE szerint szántók, alkalmasak az energiaültetvény telepítésére. Energiaültetvény – ha a szántónál extenzívebb művelésű – kimondottan javasolható a természetesebb A és B szomszédokkal határos területeken (pufferzóna) (d). Ha legalább 4-es természetességű gyeppel vagy erdőfoltokkal találhatók bennük, azok megítélése „kérdéses”, helyileg mérlegelendő, a fenntartó tájhasználat irányadó. A *fenntartó tájhasználat* (B) területein belül találhatók az energiaültetvények szántókon túli bővítésének potenciális területei (3. ábra). A B kategória szántóterületein és parlagjain (lokalizáció: CORINE) javasolt energiaültetvény létesítése. A B kategóriába tartozó területeken belül a gyeppel alakult területek a CORINE foltjai rajzolják ki. A foltokon belül a gyeppel természetessége az ide eső MÉTA hatszög adata alapján állapítható meg.

3. ábra

A fenntartó tájhasználatú területeken követendő döntéshozatal folyamata



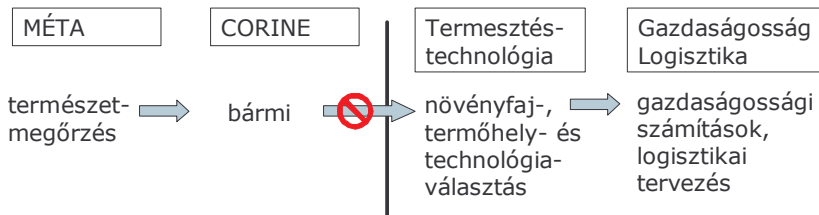
Forrás: A szerzők szerkesztése.

A 3-as vagy jobb természetességű gyepekre ültetvény telepítése nem javasolt, ez alatt tájhasználatról, dinamikai állapotról függően kérdéses (pl. legeltetik vagy van erre legalább esély, cserjésedik vagy nem), özöngyomosodás esetében javasolt. A szintén a CORINE alapján lokalizálható erdőfoltok esetében a MÉTA természetességi információtartalmát kell figyelembe venni, mert – bár a CORINE-ban is vannak „ültetvény” kategóriák – az erdők természetessége szélsőséges esetek, pl. fenyves vagy akácos ültetvény kivételével csak terepi felvételezéssel állapítható meg. Energiaültetvényre alakítás csak az idegenhonos, illetve hazai fajokból álló ültetvények (RD, RC) kategóriák, illetve 2-es és rosszabb természetesség alatt javasolt. Vizes élőhelyekre – azok világszerte észlelhető fogyatkozása, rendszerint magas természetessége és biodiverzitása, reliktum-jellege miatt – nem javasolt energiaültetvények telepítése. Lokalizációjuk többnyire kis kiterjedésük miatt automatikusan egyik adatbázisból sem kérdezhető le. A MÉTA hatszögös háttéradatbázisából lekérdezett vizesélőhely-adatok térképi helyét nagyfelbontású műhold- vagy légitfóval segített terepi bejárással kell meghatározni.

A természetmegőrzés területein (A) a természet megőrzése a prioritás, itt gazdálkodási tevékenység, így energiaültetvény-telepítés sem javasolt (4. ábra).

4. ábra

A természetmegőrzés tájhasználatú területeken követendő döntéshozatal folyamata



Forrás: A szerzők szerkesztése.

Összegzésképpen megállapítható, hogy a két adatbázis a tájhasználat más-más szegmensére összpontosít: a CORINE az antropogén táj- és területhasználati formákra, a MÉTA a természetes és természetközeli növénytakaróra. Az energiaültetvények potenciális területei részben az első (szántóföldek) részben a második (gyepterületek, ültetvények) adatbázisban jelennek meg pontosabban, ezért fenntartható, a táji szintű ökológiai értékeket minél kevésbé károsító elhelyezésük megtervezésekor mindkét adatbázis információtartalmát figyelembe kell venni. A fenti, általános algoritmust – elsősorban a „kérdéses” pontokon – a helyi sajátosságok figyelembevételével, esetenként aktuális terepi felmérésekkel kell kiegészíteni. A térinformatikai adatbázisok lehetővé teszik az eredmények további, pl. gazdasági, logisztikai modellekbe való beépítését.

Irodalom

- Antal J. – Grasselli G. 2006: Komplex biomassza hasznosítás lehetőségei az Erdőpuszták térségében „Via Futuri Fenntartható fejlődés a gyakorlatban” c. konferencia, Pécs, Konferenciakötet. pp. 111–119.
- Böloni J. – Kun A. – Molnár Zs. (szerk): Élőhelyismereti Útmutató. Kézirat, Vácrátót, MTA ÖBKI. pp. 157. www.novenyzetiterkep.hu
- Büttner, Gy. – Maucha, G. – Kosztra, B. 2002: Towards agri-environmental indicators using land cover changes derived from CORINE Land Cover data. In: Building Agro Environmental Indicators. European Commission. pp. 137–154
- Czúcz, B. – Molnár, Zs. – Horváth, F. – Botta-Dukát Z. – Török K. 2008: The vegetation-based natural capital index: a spatially scalable biodiversity indicator (in press).
- HariPriya, G. S. 2003: Carbon budget of Indian forest. – Climatic Change. 56. pp. 291–319.
- Kiss T. 2008: Kistérségi modellezés a Szentlőrinci kistérségben. In: „Via Futuri 2007 – Biomassza-alapú energiatermelés” c. konferencia, Interregionális Megújuló Energiaklaszter Egyesület, Pécs, Konferenciakötet.
- MÉTA adatbázis www.novenyzetiterkep.hu.
- Molnár, Zs. – Bartha, S. – T. Seregélyes, T. – Illyés, E. – Tímár, G. – Biró, M. – Botta-Dukát, Z. – Böloni, J. – Kun, A. – Bodoncz, L. – Deák, Á. J. – Fogarasi, P. – Horváth, A. – Horváth, F. – Isépy, I. – Karas, L. – Kecskés, F. – Molnár, Cs. – Ortmann-né Ajkai, A. – Révész, A. – Rév, Sz. 2007: Development and standardization of the actual ecological vegetation mapping of Hungary (MÉTA) Folia Geobotanica 42. pp. 225–247.
- Ortmann-né A. A. – Horváth F. 2008: Ökológiai tájhasználati térképek mint a fenntartható vidékfejlesztés döntéstámogató modellrendszerének elemei négy Dráva menti kistérség példáján. „A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében” c. konferencia, Pécs, Konferenciakötet (in press).
- Pál, R. – Csete, S. 2008: Comparative analysis of the weed composition of a new energy crop (*Elymus elongatus* ssp. *ponticus* (Podp.) Melderis cv. Szarvasi-1) in Hungary. Journal of Plant Diseases and Protection 21 pp. 215–220.
- Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future UN Document A/42/427 – <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- Szarka N. 2006: Erdészeti és mezőgazdasági eredetű biomassza potenciál Borsod megyében I. Ökoenergetikai és IX. Biomassza Konferencia, Sopron.
- ten Brink, B. 2000: Biodiversity indicators for the OECD Environmental Outlook and strategy – A feasibility study. RIVM Report 402001014. p. 52. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/402001014.pdf>.
- Wiesenthal, T. – Mourelatou, A. – Petersen, J-E. 2006: How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Reports 2006/7. www.novenyzetiterkep.hu

**ÖKOLÓGIAI TÁJHASZNÁLATI TÉRKÉPEK
MINT A FENNTARTHATÓ VIDÉKFEJLESZTÉS
DÖNTÉSTÁMOGATÓ MODELLRENDSZERÉNEK ELEMEI
NÉGY DRÁVA MENTI KISTÉRSÉG PÉLDÁJÁN³**

Absztrakt

A társadalmi és gazdasági rendszerek fejlődésének és fenntarthatóságának alapja a természeti rendszer, a természeti környezet. A három (természeti, társadalmi, gazdasági) rendszert együttesen kezelő kistérségi fejlesztési modellt egy ökológiai tájhasználati kategóriarendszer és ezek meghatározó táji mintázata köti össze, amely a MÉTA adatbázis alapján került kidolgozásra négy Dráva menti kistérség (Csurgói, Barcsi, Sellyei és Siklói) területére. A vegetációs alapú természeti tőke index alapján felállított tájhasználati kategóriák: természetmegőrzés, fenntartó tájhasználat, szokásos tájhasználat, beépíthető/lehetséges beruházási területek.

Kulcsszavak

MÉTA adatbázis, természeti tőke index (NCI), ökológiai hálózat, tájhasználati kategóriák, Dráva mente, Somogy, Villányi-hegység.

Bevezetés

A fenntartható fejlődés elméletének kialakulása óta jelentős átalakuláson ment keresztül. Az egyik olyan elem, amely határozottan fejlődésként értékelhető, a környezetvédelmi irányultság kiterjesztése a társadalmi és gazdasági oldal felé, felismerve, hogy a környezetet a másik két rendszer nélkül nem lehet megvédeni. A természeti, a társadalmi és a gazdasági hálózatok összefonódnak, egymásba ágyazódnak. A természeti hálózatra épülő társadalmi és gazdasági hálózatnak alkalmazkodnia kell a lehetőségekhez képest a természeti rendszerhez (Kiss, 2007). A gazdasági hálózat alapját is a természeti hálózat képezi mint azt a Szentlőrinci kistérség megújuló energetikai fejlesztésére kidolgozott modelljében Kiss (2008) kifejti.

Fogyó természeti értékeink gazdasági fejlődést alapozó adottságként, forrásként való szemlélete főleg az olyan területeken nyer egyre nagyobb fontosságot, ahol még fellelhető a természetközeli táj, a táji és biológiai sokféleség. Ilyen terület a Dráva mente, ahol a perifériális helyzet, a gazdasági elzártság és részben ezekből is adódó természeti-táji forrásokban való gazdagsága különösen fontossá teszi a helyi adottságokra építő fejlesztést. A helyi források közül a MÉTA adatbázis alapján tágan és komplex módon

¹PTE TTK Környezettudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Ökológia Tanszék.

²MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót.

³A MÉTA terepi felmérésében a cikkben érintett területeken a szerzőn kívül részt vettek: Börcsök Zoltán, Filotás Zoltán, Hagyó Andrea, Kovács Tibor, Lelkes András, Lőrincz Péter, Pál Róbert, Pfeiffer Norbert, Rudolf Kinga, Toldi Miklós, Wágner László.

értelmezett természeti, táji források figyelembevételével készítettük el a javasolt tájhasználat áttekintő térképét.

Módszer

A MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete által megvalósított MÉTA-program (Magyarország Élőhely-Térképezésének Adatbázisa, www.novenyzetiterkep.hu) célja a hazai növényzet mai állapotának felmérése, természetes növényzeti örökségünk tudományosabb védelme. Ezen tudás segítségével lehetővé válik természeti értékeink célirányosabb védelme, az optimális tájhasználat országos tervezése, az életminőséget növelő táji értékek védelme, az Európai Unióba vitt természeti hozományunk számszerűsítése.

A térképezés során az ország teljes területéről, aktuális terepi felmérés alapján készült dokumentáció. Az elkészülő térkép maradéktalanul lefedi a mai ország területét, így minden táj, minden egyes község határának növényzeti értékei reprezentálva vannak. A munka a botanikusok széles körű összefogásával valósult meg: 225 kutató több mint 7000 terepnapja kellett a felméréshez.

A térképezés egysége („kvadrát”) a közép-európai flóratérképezés (KEF) egynegyednyi hálóegysége, $5,5 \times 6,5$ km, vagyis 35 km. A vegetációtérképezés léptékének szabványosítása céljából elkészítettünk egy teljes országot lefedő, egymással érintkező, 35 hektáros szabályos hatszögekből álló hálót. Hozzávetőlegesen 100 hatszög esik egy kvadrátba. Az aktuális, illetve potenciális vegetáció és tájhasználat összegyűjtött és adatbázisba foglalt jellemzői pl. az élőhelyek típusa, kiterjedése, természetessége, jelenlegi használata, veszélyeztető tényezői, a potenciális vegetáció és a regenerációs képesség (Molnár et al. 2007, Horváth et al. 2008).

A vizsgált terület ökológiai tájhasználati kategória beosztása alapjául az élőhelyek természetességi értékéből és kiterjedéséből képzett természeti tőke index (Natural Capital Index) szolgált (Molnár–Horváth, 2008; Czúcz et al. 2008).

Alapja ten Brink (2000) egyszerű konceptuális modellje: $NCI = (\text{ökoszisztéma minőség}) \times (\text{ökoszisztéma mennyiség})$, ahol a minőséget és mennyiséget egyaránt az “érintetlen” növényzethez mint alapállapothoz viszonyítjuk. Az NCI azt összesíti, hogy egy táj mennyire őrizte meg eredeti (kiindulási) természeti tőkéjét. Az élőhely-minőséget és -mennyiséget egyetlen indikátorba sűrítő növényzet-alapú NCI azon a hipotézisen alapul, hogy egy kis területű, érintetlen tájrészlet/növényzeti folt ökológiai értéke meg egyezhet egy nagyobb, de zavart folt értékével. Az NCI-t jelen esetben a MÉTA adatbázis adataira alkalmaztuk. A MÉTA adatbázis hatszögadatai tartalmazzák az ott előforduló élőhelytípusokat (86 típus) kiterjedésükkel és természetességükkel mint attribútumokkal együtt. Az élőhely természetességét ötfokú ordinális skálán értelmeztük, számos jellemző (pl. bizonyos fajok és/vagy szerkezeti elemek jelenléte és/vagy tömegessége) és egy minden élőhelyre részletesen kidolgozott felvételi protokoll alapján. Az élőhely-minőség folytonos skálán történő meghatározására a kvázi-exponenciális súlyozást alkalmaztuk. A javasolt élőhely-minőségi súlyszámokat az adott élőhelytípusra a szakirodalomból legjobbnak tartott „ideális ökológiai állapotához” viszonyítva adtuk meg. A növényzeti alapú NCI index a következő képlettel számolható (Czúcz et al. 2008):

$$NCI = \frac{1}{A_r} \sum_{i \in S_r} A_i HQ_i$$

ahol: A_r : a MÉTA hatszög területe (hektárban)

S_r : az összes egyedi élőhelyfolt a MÉTA hatszögön belül

A_i : az élőhelyfolt becsült területe (hektárban)

HQ_i : az élőhelyfolt becsült minősége (természetessége) az alapállapot-érték %-ában

A MÉTA hatszögekre kapott aggregált növényzeti alapú NCI-k kistérségre vonatkozó eloszlása és a kistérségek természeti-élőhelyi értékeinek ismerete alapján NCI-tartományokat határoztunk meg a „természetmegőrzés”, „fenntartó tájhasználat”, „szokásos tájhasználat” és „beépíthető területek” tájhasználati, zónabeosztási kategóriák kialakításához.

Az így kapott zónabeosztást szükség esetén kibővítettük a vizsgált területen értékesnek tartott élőhelyek legjobb természetességű foltjaival, az Európai Unió védelem alatt álló NATURA 2000 területekkel, illetve a Páneurópai Ökológiai Hálózat részeként tervezés alatt álló Nemzeti Ökológiai Hálózatba javasolt területekkel (Ángyán, 2003).

A vizsgálati terület

Az elemzést négy Dráva menti kistérségre – siklói, sellyei, barcsi, csurgói – végeztük el.

Tájföldrajzi szempontból a vizsgált négy kistérség közül a két baranyai (siklói és sellyei) nagyjából a Dráva menti síkság középtáját fedi le: a Dráva-sík kistáját teljes egészében, a Fekete-víz síkját egy keskeny északi sáv kivételével, a Nyárad–Harkányi-síknak a nyugati felét. Északi részük a Dél-Baranyai-dombsághoz tartozik, a Siklói kistérség magában foglalja a Villányi-hegységet.

A két somogyi kistérség (Barcsi és Csurgói) Belső-Somogy középtáj része. Dráva menti sávjuk a Közép-Dráva-völgy, északi részük Kelet-, illetve Nyugat-Belső-Somogy kistájához tartozik (Marosi–Somogyi, 1990).

A Dráva menti síkság, síkvidéki táj létre kevéssé intenzíven hasznosított agrártáj, mint az Alföld legtöbb más része. A Fekete-víz síkja és részben a Nyárad–Harkányi-sík szántói között nagyterjedésű természetközeli erdőtümbök (növénytársulás szinten fokozott védelemre javasolt alföldi gyertyános-tölgyesek, mélyebb fekvésű részeken keményfás ligeterdők, itt-ott ex lege védelmet élvező égerlápokkal (pl. Kisszentmárton (O. Ajkai, 1997, 1998a), Hirics, Felsőszentmárton) található, több természetvédelmi területtel (Páprádi Bükkhát erdőrezervátum (O. Ajkai, 1998b), kisszentmártoni védett erdőrésztetek (bővítésre tervezve); továbbá fogyatkozásukban is nagy természeti értéket képviselő rétek (mocsárrétek, kaszálórétek, és a tájkép szempontjából is fontos egyedi természeti értéket képviselő fás legelők) amelyek fennmaradásának záloga a korábban e tájban lakók megélhetésében döntő szerepet játszó hagyományos legeltető állattartás feléléstése. A természeti értékek harmadik csoportja a – klímaváltozás (szárazodás) miatt világszerte egyre inkább veszélyeztetett, ezért kitüntetett figyelmet kapó – vizes élőhelyek: tavak, mocsarak, lápok, folyó menti ligeterdők (Dénes et al. 1998; O. Ajkai

2004). Legnagyobb kiterjedésben a folyót közvetlenül kísérő Dráva-síkon és (a Belső-Somogyhoz tartozó) Közép-Dráva-völgyben (Juhász, 2004) fordulnak elő, a Duna-Dráva Nemzeti Park területén, de kisebb állományaik a középtáj teljes területén fellelhetők, ezeket az intenzívebb hasznosításra engedélyezett 3. és 4. tájhasználati kategóriákban is óvni kell. Gazdag a holtágak hínárvegetációja, nádasai, magassásosai (köztük kis területű, ex lege védelmet élvező lápos élőhelyek, pl. zsombéksásosok). A Dráva mint utolsó szabályozatlan nagy folyó medrét több helyen folyó menti fűz- és nyárligetek szép állományai kísérik.

A Dél-Baranyai dombvidék vizsgált területre eső része sok szántóval jellemezhető agrártáj. Kevesebb a természetközeli erdő, több a tájidegen (főleg akác). Természeti értékek többnyire a völgyaljakban található vizes élőhelyek.

A vizsgálati terület másik dombvidéke a csapadékosabb klímája miatt erdősültebb és több vizes, lápos élőhelyet megőrző homoktájai: Nyugat- és Kelet-Belső-Somogy. Jellemző erdőtársulásai a változó vízgazdálkodású homokos termőhelyek cseres-kocsányos tölgyesei, a buckaközi mélyedések égerlápjai (pl. a darányi Nagyberek) és a patak völgyek égerligetei. Itt is sok az értékes mocsár- és kaszálórét és fáslegelő (pl. Csokonyavisonta). Legfontosabb védett területei a Barcsi borókás és a Baláta-tó (Iványi–Lehmann 2002).

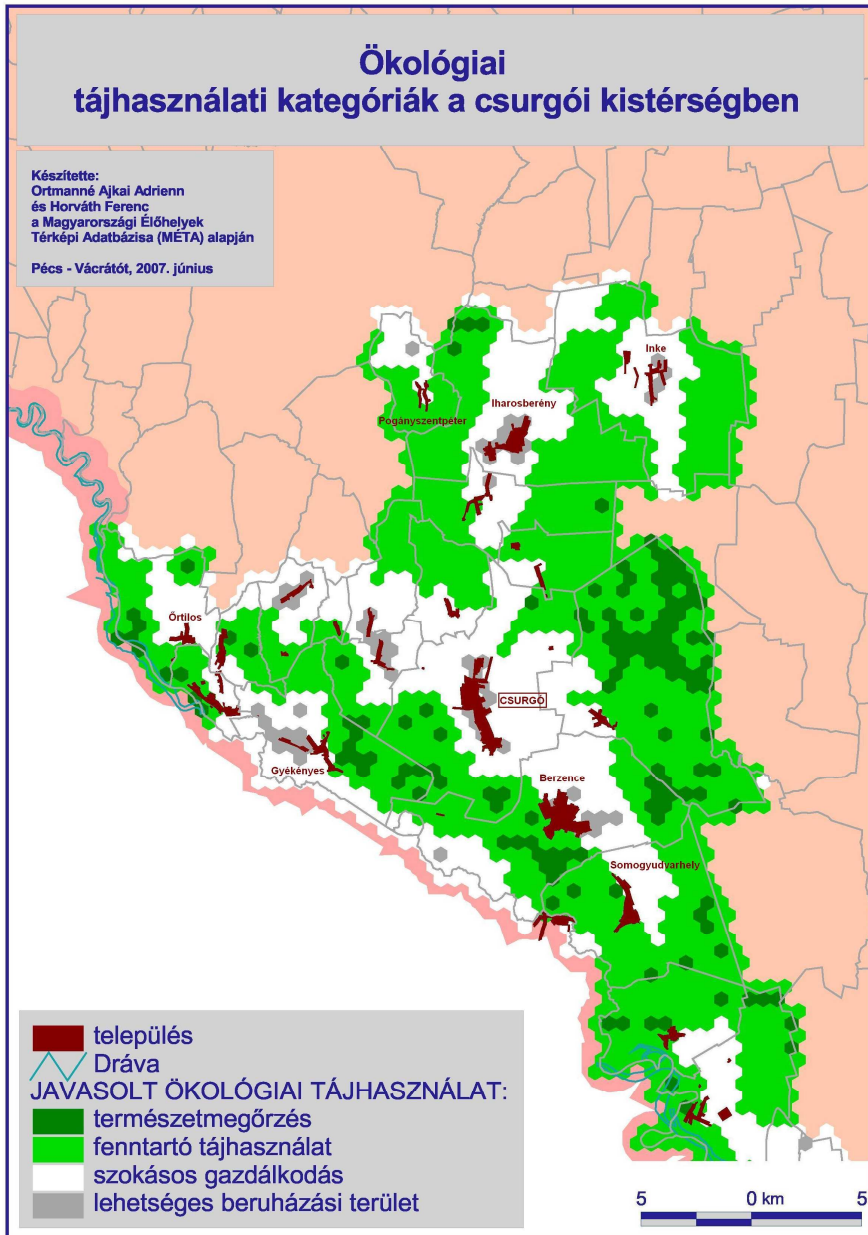
A déli lankáin a világhírű villányi borvidék szőlőit, meredek déli oldalain mediterrán jellegű, védett növényfajokban rendkívül gazdag sziklagyep-, lejtősztyep- és karsztbokorerdő-társulásokat, északi lejtőin ezüsthársas gyertyános-tölgyeseket hordozó Villányi-hegység (Dénes, 1994, 2000) különleges értékű táj, ahol a borkultúrára és a kapcsolódó kulturális és természeti-tájképi értékekre épülő turizmus (pl. Villány-Siklói borút) továbbfejlesztésének kell elsőbbséget kapnia.

Javasolt tájhasználati kategóriák

1. Természetmegőrzés. Az ebbe a kategóriába sorolt területeken az elsődleges feladat a természeti értékek megőrzése. Nagyobb részük természetvédelmi vagy NATURA 2000 területre esik. Megőrzésüket a jogi védelmen túl szükség esetén aktív természetvédelmi beavatkozásokkal (pl. vízellátás biztosítása, tájidegen fajok visszaszorítása, élőhelyfenntartó célú kaszálás, legeltetés) kell biztosítani. Hasznosításként csak mérsékelt, kiépitést nem igénylő ökoturizmus és tudományos kutatás megengedhető.

2. Fenntartó hasznosítás. A vizsgált terület nagyobb részét ebbe a kategóriába soroltuk. Ezek a helyi forrásokra alapozott fenntartható fejlesztés legfontosabb területei, ahol a természeti értékek (pl. őshonos fafajú gazdasági erdők, a természeti értékek óvását szem előtt tartó módon hasznosított horgászvizek, legelők, kaszálók, történelmi szőlővidék) fenntartása megengedi, sőt sok esetben (pl. rétek, legelők, kaszálók) megköveteli a hasznosítást az Érzékeny Természeti Területek és a NATURA 2000 formálódó vagy már meglévő előírásai szerint. A használati módok sokféleségéből adódóan is mozaikos, a biológiai sokféleség számos formáját (pl. fajok, élőhelyek, tájkép stb.) felmutató táj a mezőgazdasági és erdészeti hasznosításon túl az ökoturizmus fejlesztésének legfontosabb bázisterülete is.

1. ábra
Ökológiai tájhasználati kategóriák a Csurgói kistérségben



Forrás: A szerzők szerkesztése.

A szegélyhatás csökkentése érdekében nagyobb tömbökben kijelölt kategória „zárványként” vagy a Nemzeti Ökológiai Hálózat potenciális elemeként tartalmaz jelenleg gyengébb természetességű területeket is. A fenntartó hasznosítás (pl. felhagyott legelők, kaszálók újbóli használatba vétele, szántók legelővé alakítása, özöngyomok visszaszorítása, feltöltődő, kiszáradó vizes élőhelyek vízellátásának biztosítása, szántók, kevésbé értékes gyepterületek őshonos és tájbaillő fajokkal való erdősítése) sok esetben automatikusan magával hozza e területek javulását. Ezen felül az öko-szemléletet, értékrendet felvállaló fenntarthatóságot célzó programok táj- és élőhely-rehabilitációs, -rekonstrukciós projektjeinek itt vannak a legígéretesebb célterületei.

Az ökológiai fenntarthatóság szellemében, a NATURA 2000 előírásokhoz is illeszkedve, a terület jelenlegi természetessége nem csökkenhet, a fenti használati módok eredményeképpen várhatóan javul. Másfajta vagy intenzívebb hasznosítás nem javasolt.

3. *Szokásos tájhasználat.* Az ebbe a kategóriába sorolt terület – nagy vonalakban: a Siklósi és Sellyei kistérségekből a Dráva menti síkság keleti része és a Baranyai-dombvidék, a Barcsi és Csurgói kistérségekből a Drávától távolabb fekvő dombvidékek (Kélet-, illetve Nyugat-Belső-Somogy) intenzívebben használt részei – agrártáj. Jelentős részben foglal magába kis területű, változatos, a biológiai sokféleség fenntartása szempontjából fontos táji elemeket (mikroélőhelyek, zöldfolyosók), pl. fa- és cserjesorok, facsoportok, kis területű vizes élőhely-komplexek.

Ezen a területeken a térségben szokásos mező- és erdőgazdálkodás folytatása javasolt, a fenti táji elemek kíméletével, őrzésével.

4. *Beépíthető területek.* Természeti értékkel nem bírnak.

Eredmények

A Csurgói kistérség területén sok természetmegőrzésre javasolt terület található: a Zákány-Örtilosi dombsor illir gyertyános-tölgyesei és bükkösei, a Baláta-tó és környéke egyes részletei (láperdők, lápcserjések, zsombékosok, lápi hínártársulások, cseres és gyertyános-kocsányos tölgyes erdőrészek), a Lankóci-erdő (égerlápok, égerligetek, síkvidéki gyertyános-tölgyesek és keményfaligetek), és a berzencei mocsár- és kaszálórétek és ártéri erdők (Juhász, 2004). A fenntartó hasznosítású területek közül ki kell emelni a Dráva mentét (Duna–Dráva Nemzeti Park: ártéri vizes élőhelyek) és a nyugat-belső-somogyi kistáj erdős vidékét (égeresek, cseres-kocsányos tölgyesek).

A Barcsi kistérségben kevesebb természetmegőrzésre javasolt terület található: a drányi Nagyberék (égeres láperdők), a csokonyavisontai fás legelő és a Lugi-erdő (keményfaligetek és gyertyános-tölgyesek). A fenntartó használat területei közé tartoznak: a Dráva mente (Duna–Dráva Nemzeti Park: ártéri vizes élőhelyek), a barcsi borókás teljes területe (Juhász, 2004) és a hozzá északi és keleti irányban csatlakozó erdők (égeresek, cseres-kocsányos tölgyesek) és homoki gyepek.

A Sellyei kistérség természetmegőrzési területei: a páprádi Bükkhát erdőrezervátum, egyéb természetközeli erdők kiemelkedően értékes részletei (keményfaligetek és gyertyános-tölgyesek, pl. Borostyán, Szilas, Gesnye, Bogdásai-erdő), égerlápok (Kisszentmárton), puhafaligetek (pl. Drávasztára Nagy-Sziget), rétek (sellyei Kis-rét, dráva-

iványi rétek) és holtágak, pl. Zokoga (*Dénes et al.*) A fenntartó tájhasználatához tartoznak: Dráva mente (Duna–Dráva Nemzeti Park: ártéri vizes élőhelyek), az összes őshonos fafajú erdő, minden rét, legelő, holtág, nádas és mocsár. Lényegében a teljes terület a dél-baranyai dombvidék a Sellye–Vajszló kiemelkedés és a Lúzsok–Kemse–Piskó háromszög kivételével.

A Siklói kistérségben különösen értékes területek a Villányi-hegységhez tartozó Tenkes és Szársomlyó déli oldalának mediterrán jellegű sziklagyepjei, lejtősztyeppjei, karsztbokorerdői és melegkedvelő tölgyesei (*Dénes, 1994, 2000*). A fenntartó tájhasználatához tartoznak: a Dráva mente (Duna–Dráva Nemzeti Park: ártéri vizes élőhelyek), a Villányi-hegység szőlővidéke mint megőrzendő kultúrtáj, a Harkány–Siklós–Egyházasharaszti erdőtömb (részben síksági gyertyános-tölgyesek), a Kásádtól délre fekvő, mozaikos (rétek, erdők, vizes élőhelyek), kevésbé használt táj és egyéb legelők (pl. alsószentmártoni, kásádi).

Következtetések

A fentiekben példákkal igazoltuk, hogy a MÉTA adatbázisban, illetve más forrásokban rendelkezésünkre álló ökológiai, természetvédelmi, tájhasználati adatok alapján elkészíthető egy adott terület tájhasználati kategorizálása, amely megalapozhat és ökológiai szempontból fenntarthatóbb irányba terelhet fejlesztési elképzeléseket, terveket, csökkentve így a gazdasági és természetvédelmi érdekek ütközését.

Irodalom

- Ángyán J. 2003: Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda Kiadó. A Nemzeti Ökológiai Hálózat kategóriarendszere M = 1:500 000 térképlapon. <http://www.hik.hu/tankonyvtar/site/books/b10103/ch08s03s01s01.html>.
- Borhidi A. – Sánta A. 1999: Vörös Könyv Magyarország növénytaululásairól, I.–II. Budapest.
- Böloni J. – Kun A. – Molnár Zs. (szerk): Élőhelyismereti Útmutató. Vácrátót, MTA ÖBKI. pp. 157. (Kézirat). www.novenyzetiterkep.hu.
- ten Brink, B. 2000: Biodiversity indicators for the OECD Environmental Outlook and strategy – A feasibility study. RIVM Report 402001014. p. 52. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/402001014.pdf>.
- Czucz, B. – Molnár, Zs. – Horváth, F. – Botta-Dukát, Z. – Török, K. 2008: The vegetation-based natural capital index: a spatially scalable biodiversity indicator (in press).
- Dénes, A. 1994: A Mecsek és a Villányi-hegység karsztbokorerdői. – A Janus Pannonius Múzeum évkönyve. 39. évf. pp. 5–34.
- Dénes, A. 2000: A Villányi-hegység flóra- és vegetációkutatásának történe, különös tekintettel a védett és ritka fajok előfordulására. In: Uherkovich Á. (szerk): A Villányi-hegység botanikai és zoológiai alapfelmérése. Pécs, Janus Pannonius Múzeum.
- Dénes A. – Kevey B. – Ortman-né Ajkai A. – Pálfi L. 1997. A Dráva-sík védelmet érdemlő területei. – A Janus Pannonius Múzeum évkönyve. 41–42. évf. pp. 5–12.
- Horváth, F. – Zs. Molnár, J. Böloni, Zs. Pataki, L. Polgár, A. Révész, D. Krasser and E. Illyés 2008: Fact sheet of the MÉTA Database 1.2. Acta Bot. Hung. (in press)
- Iványi I. – Lehmann A. 2002: Duna–Dráva Nemzeti Park. Budapest, Mezőgazda Kiadó.

- Juhász M. 2004: A somogyi Dráva-ártér növényzete. In: Sallai Z. (szerk.): A drávai táj természeti értékei. Túrkeve, Nimfea Egyesület. pp. 20–28.
- Kiss T. 2007: A Dráva menti ökológiai régió térségi ökológiai hálózatának fejlesztése. Kézirat, Pécs.
- Kiss T. 2008: Természetvezérelt biomassza-hasznosítás, In: Via Futuri 2007 – Biomassza-alapú energiatermelés konferenciakötet. Pécs, Interregionális Megújuló Energiaklaszter Egyesület
- Kiss T. 2008: Kistérségi modellezés a Szentlőrinci kistérségben. In: Via Futuri 2007 – Biomassza-alapú energiatermelés konferenciakötet. Pécs, Interregionális Megújuló Energiaklaszter Egyesület
- Magyarország és a Páneurópai Ökológiai Hálózat www.kvvm.hu/cim/documents/1231_paneuropaimagyar_2_2.pdf.
- Marosi S., Somogyi S. (szerk.) 1990. Magyarország kistájainak katasztere I-II. Budapest. MÉTA adatbázis www.novenyzetiterkep.hu
- Molnár, Zs. – Bartha, S. – T. Seregélyes, T. – Illyés, E. – Tímár, G. – Biró, M. – Botta-Dukát, Z. – Bölöni, J. – Kun, A. – Bodonczai, L. – Deák, Á. J. – Fogarasi, P. – Horváth, A. – Horváth, F. – Isépy, I. – Karas, L. – Kecskés F. – Molnár, Cs. – Ortmann-né Ajkai, A. – Révész, A. – Rév, Sz. 2007: Development and standardization of the actual ecological vegetation mapping of Hungary (MÉTA). – *Folia Geobotanica*. 42. pp. 225–247.
- Molnár, Zs. – F. Horváth 2008: Natural vegetation based landscape indicators for Hungary I.: Critical review and the basic “MÉTA” indicators. – *Tájökológiai Lapok*. 1–2. pp. 61–75.
- NATURA 2000 területek <http://geo.kvvm.hu/tir/viewer.htm>
- Ortmann-né Ajkai A. 1997: Égerlápok Kísszentmárton határában. – *Kitaibelia*. 2. pp. 302–303.
- Ortmann-né Ajkai, A. 1998a: Vegetation mapping as a base of botanical GIS applications I: Vegetation map of Atak forest (SW Hungary). – *Acta Botanica Hungarica*. 1–4. pp.171–192.
- Ortmann-né Ajkai A. 1998b: Vegetation mapping as a base of botanical GIS applications II: Vegetation map of Vajszló forest (SW Hungary). – *Acta Botanica Hungarica*. 1–4. pp. 193–227.
- Ortmann-né Ajkai A. 2004: A baranyai Dráva-sík növényzete. In: Sallai Z. (szerk.): A drávai táj természeti értékei. Túrkeve, Nimfea Egyesület. pp. 8–19.

A FENNTARTHATÓ TÁJÉRTÉKELÉS LEHETŐSÉGEI MAGYARORSZÁGON

Absztrakt

A táj átalakításának hosszú, több ezer éves története van, a tájértékelés azonban legfeljebb 150 éves. A mezőgazdasági forradalmat követően kezdte az ember a tájat tudatosan átalakítani, és ennek üteme a nagy földrajzi felfedezéseket és ipari forradalmat követően nagyságrendekkel gyorsult. A Kárpát-medencében a legjelentősebb tájátalakítási tevékenységek a XIX. századi folyószabályozáshoz, lecsapolásokhoz, a népességrobbanáshoz köthető városodáshoz, az azt követő útpítkezésekhez, illetve a szocialista iparosodáshoz köthetőek.

A tájértékelés tudomány vizsgálódhat gazdasági és ökológiai megfontolásokból. A fenntartható tájértékelés szükségszerűen ökológiai alapú kell, hogy legyen, de ezen felül követnie kell az új tudományos eredményeket, az informatika fejlődését és a jogrendszert. A tájértékelésnek viszonylag nagy hagyományai vannak nálunk, azonban még nem sikerült a fentebb említett kritériumoknak megfelelő, teljes Magyarországot lefedő rendszert kialakítani, de tervek már vannak rá (INKA).

Tájak átalakításának rövid története

A tájak átalakításának története összefügg az emberi társadalom fejlődésének történetével. Tulajdonképpen a nagy történelmi korszakokat az ember és táj kapcsolat időszakainak is tekinthetjük. Az ókor kezdetén jelenik meg a bányászat, bár ez abban a korban még nem számított jelentős tájátalakításnak. Időszámításunk előtt kb. 1000 évvel terjedt el a kohászat. Ez a tevékenység már komolyabban igénybe vette a természeti környezetet (Kerényi, 2003). Az újkor hajnalán kialakult ipari forradalom az előzőekhez képest új minőségben kezdte átalakítani a tájat. Már nemcsak a táj színfoltját adó növényzetbe avatkozott be nagymértékben, hanem a hatalmas bányaterületek miatt a föld felszínét is letarolta. Az emberiség a tájakat birtokba vette az egész világon. Az európai civilizáció terjedésével az ember tájak és a természet fölötti uralkodásának vágya is elterjedt az egész világon. Miután az ipari termelés nagymértékben megnőtt, a bányavidékeken óriási mélyedések keletkeztek a felszínen. A városok és iparvidékek gyors terjeszkedésével soha nem látott mértékű területek váltak emberarcúvá. Az 1960-as évekre Európa már csak 30%-ban volt erdővel fedve, szemben a római kori 70%-os értékkel.

Az erdők védelmében már a XIV. században hoztak rendeleteket, persze nem tudatos természetvédelmi vagy tájvédelmi céllal, hanem azért, mert rájöttek, hogy a mezőgazdaságuknak és az iparuknak hosszú távon is szükségük lesz a fákra (Kerényi, 2003). A XIX. és a XX. században sok helyen felismerték, hogy a természet nem alakítható át a végtelenségig és az emberek számára is fontos, hogy megmaradjanak eredeti formájukban bizonyos tájegységek. Ezért a XIX. század végén nemzeti parkokat kezdtek ki-

¹ PhD-hallgató, PTE TTK Földrajzi Intézet Természetföldrajzi Tanszék.

alakítani (Yellowstone 1872, Yosemite 1890, Sarek 1909 stb.), és a XX. század második felétől elkezdtek a lepusztult ipari területeket rekultiválni (pl. Ruhr-vidék a hetvenes évek végétől).

Kárpát-medence tájainak átalakulása

A Kárpát-medence Kr. e. 1000 évvel még 75%-ban erdősült volt. Ezt követően az idetelepült kelták, szarmaták és főleg a rómaiak erdőirtása következtében a honfoglalás korára a táj 70–75%-ban sztyepp területté változott át (amelynek még jelentős része volt erdős sztyepp). A X. század elején Magyarország területének 12%-a volt ártér és mocsár. A X–XIII. századra kialakult a mezőgazdaság és ennek következtében az Alföld nagy része kultúrtájává vált (*Szeged*, 2002).

A bányászat már a bronzkorban megkezdődött. A kelták Selmecbánya környékén termeltek ki ezüstöt. Az Árpád-korban megjelent a bányáipar: a kohászat és a fémfeldolgozás. A XVI. századig Magyarországon a bányászat nemzetközi jelentőségű volt. Ez elsősorban a hegyvidéki területeken jelentett közepes mértékű tájátalakítást. Vasbányák (pl. Vasvár, Rudabánya), sóbányák (pl. Dés, Parajd), ércbányák (Gömör-Szepesi-érchegység), arany- és ezüstabányák voltak a vulkánikus hegységekben. A vasérc lelőhelyek közelében kb. 160 vasmű működött a XVI. században. Az elhagyott bányák helyén kisméretű (pár m²) mélyedések, horpák keletkeztek (*Szeged*, 2002). Nagyobb tájátalakításhoz vezettek a bányák működtetéséhez szükséges fakitermelések, illetve a várépítések miatt szükséges mészkő bányászat.

A török hódoltság idején elsősorban az elfoglalt alföldi területeken történt nagyobb tájátalakítás. Az emberek többsége a városokba költözött. A települések környékén jelentős volt az erdőpusztulás. A Kárpátokban a lejtős területeken megnőtt az erózió. A Szerémségből a bortermelési központ áttevődött a Tokaji-hegyvidékbe, Mátraaljába és Bükkaljába. A hegyek délies lankáit elfoglalták a szőlőültetvények. A XIV. század végére elfogytak a felszíni érckészletek, ezért tőke hiányában a bányászat előbb lassan hanyatlani kezdett, később a XV. és XVI. században, a török hódoltságot követően, rohamosan lecsökkent. A bányászati tevékenység jelentős mértékben a XVIII. században indult újra. A mélyművelésű bányák kialakításához vízelvezető rendszerekre volt szükség, amelyek komoly tájátalakítást eredményeztek (*Szegedi*, 2002). A XVIII. századra az erdőirtás olyan mértékűt öltött, hogy Mária Terézia 1769-ben erdőrendeletben rendelkezett a védelméről. Az erdőpusztulások következtében megnövekedtek az árvizek. Így az alföldi területek kétharmada vált vízjárta területté.

A XVIII. század végén és a XIX. század elején Magyarország addigi legjelentősebb környezet-átalakítására került sor: folyószabályozások, gátépítések, láp- és mocsárlecsapolások, ármentesítések, melioráció, a futóhomok megkötése, a Nagy- és a Kisalföld fásítása. A folyószabályozás és belvízcsatorna építések csak a Bácskában 70 ezer ha termőföld művelését tették lehetővé. A Kárpát-medencét átalakító másik jelentős tényező a vasútépítés volt. A XIX. század derekán megindult építkezések a kiegyezés utáni időszakban gyorsultak fel. 1867 és 1873 között 4100 km új vasút vonal épült. 1890-re pedig már 9000 km vasútpálya volt az országban. Fákkal ültették be az alföldi területeket. A tájidegen akácot ekkor terjesztették el. Elsősorban, azért, hogy megkössék a futóhomokot.

Ebben az időben született meg az első természetvédelmi törvény: az 1879. évi XXXI. tc. erdőtörvény (az 1872-es évi IV. tc. A vadászat szabályozásáról is tartalmazott ugyan természetvédelmi szempontokat, de ezeket az egyes tájak védelmére nehezen lehetett volna használni). A törvényben szerepel a véderdők-, az egyedi fák- és a földtani értékek védelme, így bizonyos értelemben ez az első tájvédelmi törvény is.

Trianon után kevés erdőterület maradt Magyarországon. 1926-ban létrehozták az Erdészeti Kutató Intézetet. 1926–1943-ig 63 000 ha erdőterületet ültettek az Alföldön. A folyószabályozás következtében az elmaradó árvizek és a csökkenő talajvízszint miatt az Alföld egyre nagyobb része aszályossá vált. Lecsökkent a vizes élőhelyek és a hozzájuk kötődő élővilág nagysága (Szege-di, 2002).

A huszadik század második felében a bányavidékek és az iparosítás miatt történt nagy tájalakítás. A tervgazdasághoz kötődő erőltetett termelés miatt semmit sem törődtek a táj vagy az ökológiai tényezőkkel. Felhagyott kőfejtők, lepusztult hegyoldalak, meddőhányók, zagyatározók és sosem látott méretű hulladéktelepek jelentek meg a tájban. Az iparvárosok környékét ellepték az özönfajok, még jobban kiszorítva az endemikusokat.

A rendszerváltás után sokat változott a természetvédelem helyzete. Egyre több nemzeti park létesült, ma már hazánk területének jelentős (10%-a) védett. Szigorúbb EU-s és hazai törvények születtek a tájrendezéssel kapcsolatban. Ezen túl a gazdaságtalan bányákat is be kellett zárni. Nemzeti parki igazgatóságok mellett környezetvédelmi felügyelőségek is alakultak, amelyek segítenek a törvények betartásában. A helyzet azonban továbbra sem tökéletes. A törvények ellenére a gazdasági szempontok sokkal fontosabbak a környezetvédelmi szempontoknál. Fontos, hogy a védett területek semmiképpen ne csökkenjenek, hanem inkább növekedjenek és valamilyen védelmi szintet fenn lehessen tartani mindenhol az élővilág érdekében.

A táj átalakítása nem elsősorban a látvány miatt okoz problémát. Az erdőknek nem csak a területük, hanem a diverzitásuk is jelentősen csökkent. A tarvágások fajok sokaságának kipusztulását eredményezték, és eredményezhetik a jövőben. Ugyanakkor adventív fajok terjedtek el, amelyek az aljnövényzetet veszélyeztetik (Kerényi, 2003). Emiatt bizonyos életközösségeknek megszűnik a létfeltétele, ritkább fajok eltűnnek, ami az emberi egészségre káros hatással van.

A fenntarthatóság kérdése a tájértékelésben

A tájértékelésnek alapvetően két irányvonala van. Az egyik a gazdasági megfontolásokon alapszik. Elsősorban a mezőgazdasági termelés optimalizálására használták és használják ma is. Ilyen rendszer az amerikai kategória rendszerű USDA LCC, a kanadai CLI, az angol MAFF ALC, a paraméter rendszerű Storie-index és a magyar aranykorona rendszer is. A gazdasági földértékelés vizsgálhatja még az ásványkincs potenciált, a vízpotenciált, vagy lehet mérnöki, rekreációs és esztétikai szempontú (Lóczy, 2002).

A fenntartható tájértékelés elsősorban ökológiai szempontból vizsgálódik, de megjelennek a gazdasági szempontok is, hiszen a föld túlzott használata rövid idő alatt a föld leromláshoz vezet (a FAO földértékelése elsősorban ilyen szempontokon nyugszik). Másrészt lehetnek tájvédelmi szempontúak, amelyek alkalmazásában csak az externáliá-

kon keresztül jelenik meg a pénz szerepe. Ezek a szigorú értelemben vett fenntartható tájértékelési eljárások nem túl régiek, és kevés valósult meg igazán belőlük. Bizonyos szempontból a Natura 2000 vagy PEEN (Pán-európai Ökológiai Hálózat) ilyen megvalósult tájértékelés, bár pontszámokat nem ad a területeknek.

Ahhoz, hogy a megváltozott tájunk újra egészséges szerkezetű legyen, szükség van a tájak tudományosan megalapozott védelmére. A tájértékelés fenntarthatósága elsősorban azt jelenti, hogy olyan értékelő rendszert kívánunk alkalmazni, melynek betartása esetén a tájak ökológiai szempontból sokáig fennmaradnak. Éppen ezért fontos, hogy a legújabb ökológiai eredményekre épüljön, magában foglalja az éppen fennálló jogrendszert és korszerű informatikai eszközökkel működtetessék.

Tájértékelést megalapozó nemzetközi, EU-s és hazai törvények

A fenntartható tájértékelés alapja a jogrendszer kell, hogy legyen. (Nem lehet védeni az élőhelyeket tudományosan megalapozottan, ha nincs mögötte a jogrendszerünk.)

A természet védelmével sok szervezet (IUCN, UNEP, UNESCO, WWF, EEA stb.), egyezmény (ramsari, bonni, berni, riói stb.), törvény és rendelet (természetvédelmi, környezetvédelmi, stb.) foglalkozik. Minden szervezetnek vannak előírásai és általuk elkészített egyezmények, amelyek a fenntartható tájhasználatra vonatkoznak.

Nemzetközi egyezmények

A nemzetközi egyezmények általában alapul szolgálnak az európai és a magyar természetvédelmi jogrendszernek (*1. táblázat*). Tájértékelés szempontjából fontos lehet, ha az egyezmény kijelöl védett területeket mint a Ramsari Egyezmény, vagy megalapoz egy értékelő eljárást mint a Bonni Egyezmény két függeléke (veszélyeztetett és fokozottan veszélyeztetett élőlények). Segíthet továbbá kulturális szempontokból való értékelésben, mint a Világörökség-díj.

1. táblázat

Fenntartható tájértékelés szempontjából jelentős nemzetközi egyezmények

Nemzetközi egyezmény	Év	Mo. csatl.	Területi lehet.	Term. ért.	Kult. ért.	Egyéb
Ramsari Egyezmény	1971	1979	csak biz. élőhelyre	gyengén	nem	
Világörökség Egyezmény	1972	több	igen	nem	igen	
Bonni Egyezmény	1979	1983	nem	jól	nem	
Riói Egyezmény	1992	1992	nem	nem	nem	NAKP, NKP, NTA, NBmR
Helsinki Egyezmény	1992	1992	igen	nem	nem	

Forrás: A szerző szerkesztése.

Vannak olyan egyezmények, amelyek közvetlenül nem használhatóak értékelésben, de olyan programokat indítottak el, amelyek nagy segítséget nyújtanak az értékelésben. Ilyen a Riói Biológiai Sokféleség Egyezmény és a hozzá tartozó programok: a Nemzeti Biodiverzitás Monitorozó Rendszer, a Nemzeti Természetvédelmi Alapterv, a Nemzeti Környezetvédelmi Program és a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program.

A nemzetközi egyezmények mellett fontosak az európai egyezmények, amelyek közül a tájértékelés szempontjából talán az Európai Táj Egyezmény a legfontosabb (bár konkrét értékelésre nem lehet használni). Az aláíró felek vállalták, hogy kutatásokat végeznek a tájakkal kapcsolatban, és hogy a tájpolitika belekerül minden olyan törvénybe, amely területi kérdéseket érint. A berni egyezmény függelékei kiválóan alkalmazhatók természetvédelmi értékelésre, a granadai és a valettai egyezmények pedig inkább kulturális értékelésére.

Fontos még megemlíteni az aarhusi egyezményt, amely nem konkrétan a természettel vagy a tájakkal, hanem a nyilvánosság szerepével foglalkozik a környezeti ügyekkel kapcsolatban. Ez a törvény útmutatót ad az értékelő eljárás elkészítéséhez. A Kárpátok Egyezmény Magyarországot is érintő regionális egyezmény. Területi lehatárolásra, természeti és kulturális értékelésre is többé-kevésbé használható (2. táblázat).

2. táblázat

Fenntartható tájértékelés szempontjából jelentős európai egyezmények

Európai egyezmények	Év	Területi lehat.	Term. ért.	Kult. ért	Egyéb
Berni Egyezmény	1979	nem	jól	nem	
Granadai Egyezmény	1985	nem	nem	igen	
Valettai Egyezmény	1992	nem	nem	igen	
Aarhusi Egyezmény	1998	nem	nem	nem	komm.
Európai Táj Egyezmény	2000	nem	nem	nem	tájpol, kut, info
Kárpátok Egyezmény	2003	igen	gyengén	igen	

Forrás: A szerző szerkesztése.

Az EU-s irányelvek betartását már szigorúbban ellenőrzik, mint a fentebb említett egyezményeket (3. táblázat). Ezek az egyezmények a 2004-es csatlakozásunk óta jogrendszerünkbe szervesen illeszkednek. Az Élőhelyek Irányelv két melléklete talán a legfontosabb jogszabálya a fenntartható tájértékelésnek. Az első melléklete tartalmazza a védendő élőhely típusokat, a második melléklete pedig a veszélyeztetett élőlényeket. Területi lehatárolás szempontjából is ez a legjelentősebb nemzetközi egyezmény, hiszen a 2. cikkében rögzítik az aláíró felek a különleges természet-megőrzési területek európai hálózatának létrehozását. Ez a hálózat később Natura 2000 néven létre is jött. Az 1979-es Madárvédelmi Irányelvben, csak a madarak és a madarak élőhelyei jelennek meg.

Gyakorlati tájértékelési szempontból a 85/337/EGK irányelvet kell kiemelni. A környezeti hatástanulmány direktíva, gyakorlatilag kötelezővé teszi a tájértékelést olyan jellegű munkálatoknál, amelyek védett területekre hatással lehetnek.

Az EIONET és az INSPIRE az EU számára egyre fontosabb környezeti kommunikációval és annak megjelenési formáival (plakátok, internet, térinformatika) ad útmu-

tatást a tájértékelési eljárásnak. Az akcióprogramokkal az Európai Unió felhívja a figyelmet azokra a környezeti területekre, témákra, amelyekre az országoknak, régióknak és a polgároknak több figyelmet kellene fordítaniuk. Az akcióprogramnak egyik célja a környezettudatos területhasználat. Ennek keretében az EU támogatja a tagállamaiban az optimális területhasználat tervezésének és megvalósításának folyamatát. Emellett hangsúlyozza a közvélemény környezeti tájékozottságának és képzési szintjének emelését, a környezeti tudatosság megerősítését.

3. táblázat
Fenntartható tájértékelés szempontjából jelentős EU-s irányelvek

EU-s irányelvek	Év	Területi lehat.	Term. ért.	Kult. ért	Egyéb
79/409/EGK	1979	nem	gyengén	igen	
85/337/EGK irányelv (97/11/EK)	1985, 1997	nem	gyengén	igen	tájpol.
Élőhelyek irányelv 92/43/EGK	1992	igen	jól	nem	Natura 2000
EIONET 933/1999/EK	1999	nem	nem	nem	komm.
6. Körny. Véd. Akcióprg.	2000– 2010	nem	nem	nem	komm.
INSPIRE 2007/2/EK	2007	nem	nem	nem	komm.

Forrás: A szerző szerkesztése.

Magyar jogszabályok és tájértékelő eljárások

A magyar jogszabályokat általában a nemzetközi egyezmény figyelembevételével alkották meg. A táji fenntarthatóság területi lehatárolásának alapja a nemzeti parki igazgatóságokhoz tartozó védett területek (Hortobágyi NP 1973, Kiskunsági NP 1975, Bükk NP 1976, Aggteleki NP 1978, Fertő-Hanság NP1994, Duna–Dráva NP 1996, Körös–Maros NP 1997, Duna–Ipoly NP 1997, Balaton-felvidéki NP 1997, Őrségi NP 2002). A nemzeti parkokat létrehozó törvényekben megtalálhatjuk a védelemre hivatott területeket (nemzeti parkok, természetvédelmi körzetek, természetvédelmi területek) és a védelemre jelölt élőlényeket is.

Az 1996. évi LIII-as természetvédelmi törvény általánosságban fogalmazza meg a védendő feladatokat. A törvény II. fejezetének 6. és 7. §-a foglalkozik a táj és az egyedi tájérték meghatározásával. Az 1995. évi LIII-as környezetvédelmi törvényben szintén megjelennek általánosan használható szempontok (pl. föld védelme), ezeken kívül a környezeti hatástanulmány magyarországi létrehozása és az Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer (OKIR) miatt jelentős (*Csősz–Duhay–Kincses*, 2007). Az OKIR természetvédelmi megfelelőjének, a TIR-nek a kialakítását a 13/1997 KTM rendelet írja elő. A fenntartható tájértékelés értékelő rendszerének kialakításához a legtöbb alapot két jogszabály – a 3/1997. KTM és a 2001. LXIV. tv. a kulturális örökség védelméről – nyújt. Ezekben a rendelkezésekben tételesen fel vannak sorolva, hogy mit kell védeni (4. táblázat).

4. táblázat

Fenntartható tájértékelés szempontjából jelentős magyar jogszabályok

Magyarországi törvények	Év	Területi lehat.	Term. ért.	Kult. ért.	Egyéb
NP-k, TVK-k stb.	több	igen	jól	igen	
Körny. véd. törv.	1995	nem	gyengén	igen	hatás tanulm., OKIR
Term. véd. törv.	1996	nem (de Nat 2000)	gyengén	igen	Táj érték
13/1997 KTM rendelet	1997	nem	nem	nem	TIR
Kult. örökség védelméről	2001	igen	nem	igen	
13/2001 KöM rendelet	2001	nem	jól	nem	

Forrás: A szerző szerkesztése.

Kifejezetten fenntartható tájértékelő eljárásra jelenleg nincsen megvalósult példa Magyarországon, illetve nincsen országos szinten használható, a legújabb természetvédelmi törvényeknek és ökológiai módszereknek megfelelő műszaki rendszer (szoftver, hardver, fejlesztő kapacitás). A megvalósult ökológiai tájértékelő rendszerek bár megfeleltek a természetvédelmi szükségleteknek, jogszabályi előírásoknak, azonban az elkészült elméleti munkákból nem készültek gyakorlatban is alkalmazható eljárások. Az eddigi próbálkozások, ha alkalmaztak is térinformatikai programokat, nem valósítottak meg térinformatikai rendszerfejlesztést.

Magyarország agroökológiai potenciálja, 1970–1979

A hetvenes években csaknem 50 kutatóműhely és 400 szakember együttműködésével elkészítették Magyarország agroökológiai körzeteit, talaj típusokra és klimatikus évtípusokra bontva, matematikai modellek segítségével. Ez a felmérés az egész ország területére elkészült, azonban csak gazdasági, nem pedig ökológiai szempontokat vizsgált.

Pest megye agroökológiai potenciál (PAP)

1981–1984 között Pest megye 683 ezer ha-os területére kísérletezték ki ezt a módszert. Ökotípusokat határoztak meg éghajlati, domborzati, talaj- és vízgazdálkodási jellemzők szerint homogénnek tekintett termőhelyeken. Összesen 382 ökotípust alakítottak ki. Ennek a módszernek az előnye volt, hogy már akkor számítógépes adatbázisra alapozták a vizsgálatot. Tájértékelés szempontjából hátránya volt, hogy elsősorban agrárjellegű kutatás volt.

Agroökológiai alkalmassági vizsgálat

Goczán L. és Lóczy D. által kidolgozott eljárást először Komárom-Esztergom megyében, később Pest és Bács-Kiskun megyében valósították meg. Egyes növények ökológiai alkalmasságát vizsgálták. A minősítéshez matematikai számításokat is felhasználtak. Pest és Bács-Kiskun megye vizsgálatához már használtak térinformatikai szoftvert is.

Geoökológiai térképezés a Mátrában

1997-ben a Kataréti-patak vígyűjtőjében Mezősi G. és Rakonczai J. GIS segítségével ökotópképző, eróziógátló és nehézfémzennyezést megkötő funkciókat, agroökológiai potenciált vizsgáltak. Az információs rendszer egy térképet állított elő, amelyen össze lehetett vetni, hogy mennyire képesek a mintaterület egyes részei betölteni ezeket a szerepköröket. Ez az eljárás már ökológiai jellegű volt és GIS segítségével valósult meg, azonban csak kis területet vizsgált, nem építette be az eljárásaiba a természetvédelmi előírásokat és nem hozott létre általánosan használható értékelő rendszert.

Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer, 1997-től

Általános élőhely osztályozást végzett, az ország egész területére elkészítették a rendszert. (A munkát biológus, és természetvédelmi szakemberek közösen végezték.) Az információkat széles körben gyűjtik össze, de nem tájjellegű vizsgálatot folytatnak, és szintén nem értékelő rendszer. A folyamatos monitorozó tevékenysége miatt hasznos lehetne más rendszerekkel való összekötésre.

A MÉTA-program (Magyarország Élőhely-Térképezésének Adatbázisa, 2002–2005) fő célja az ország nagyléptékű élőhely-térképének és élőhely-adatbázisának elkészítése volt. Felmérték a hazai növényzet mai állapotát és értékelték a természetes növényzeti örökségünket. Ez az adatbázis elkészült, de nem informatikai rendszer. Viszont ez a rendszer nem csak természetvédelmi szempontból gyűjti össze az adatokat, hanem ökológiailag is vizsgál. Amellett, hogy nem tájértékelő módszer, nagyon jó alapot nyújthat egy tájértékelő eljárás megírásához.

A KÉP-program (2003–2006) összegyűjtötte a tájértékeléshez fűződő legtöbb kutatási módszert és irányzatot. Ezek között az irányzatok között nem készített azonban rangsort, és nem készült tájértékelő algoritmus. Nem történtek a program keretében országos vagy területi vizsgálatok a gyakorlatban. Elméleti elgondolásaik nagyon sok hasznos információt nyújtanak egy tájértékelő algoritmus elkészítéséhez.

Egy tervezett fenntartható tájértékelő rendszer (INKA)

A Pécsi Tudományegyetem és a Pannon Egyetem munkatársai közösen tervezik egy tájértékelési információs rendszer, az Intelligens Környezeti Adatbank (INKA) kidolgozását. Az INKA a legkisebb lehatárolható ökológiai élettereket, az úgynevezett ökotópkat értékelné gazdasági, agrár-környezetvédelmi és természetvédelmi szempontból, majd a kapott értékszámokat társítaná a kataszteri térképek alapegységeihez, a földhivatali bejegyzéshez. A tájértékelési információs rendszer feladata továbbá, hogy a számított tájérték-számokat eltárolja és biztosítsa ennek lekérdezhetőségét mind alfanumerikus formában, mind térinformatikai felületen is.

Összegzés

Az emberiség az öt körülvevő tájakat már a mezőgazdasági forradalomtól kezdődően, a későbbiekhez képest lassú ütemben kezdte átalakítani, az ipari forradalom után azonban ez a folyamat nagy mértékben felgyorsult. A Kárpát-medencében a táj átalakítása meg-

kezdődött már rómaiakkal, és ennek üteme csak fokozódott a magyarok bejövetele után. A legnagyobb átalakítás a XIX. századi vízrendezésekhez és a XX. századi szocialista iparosításhoz köthető.

Ahhoz, hogy hatékonyan tudjuk védeni a tájainkat, tudományosan kialakított tájértékelő rendszerre van szükség, amely magában foglalja a törvényi háttérrel. Több tájértékelő eljárást próbáltak már Magyarországon kialakítani, de egyik sem felel meg a modern tudományos eredményeknek, az ökológiai szempontoknak és a jogrendszerünknek egyszerre. Ezt a hiányosságot akarja pótolni a Pannon Egyetem és a Pécsi Tudományegyetem közös tervezésében készülő INKA.

Irodalom

- Csőszi M. – Duhay G. – Kincses K. 2007: Tájvédelmi kézikönyv. Budapest, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természet- és Környezetmegőrzési Szakállamtitkárság. p. 87.
- Kerényi A. 2003: Európa természet- és környezetvédelme. Budapest, Nemzeti tankönyvkiadó. pp. 138, 240–251, 471–475.
- Lóczy D. 2002: Tájértékelés, földértékelés. Budapest–Pécs, Dialog–Campus Kiadó.
- Szegedi S. 2002: A környezet és a társadalom kölcsönhatása a Kárpát-medencében a honfoglalástól a XX. Századig. Debreceni Egyetem 70. p.
- Az Európai Parlament és a Tanács 2007/2/EK irányelve (2007. március 14.) téradat-infrastruktúra (INSPIRE) létrehozásáról az Európai Közösségben
- Az Európai Parlament és a Tanács 2003/4/EK irányelve (2003. január 28.) a környezeti információkhoz való nyilvános hozzáférésről és a 90/313/EGK irányelv hatályon kívül helyezéséről
- Az Európai Parlament és a Tanács 1600/2002/EK határozata (2002. július 22.) a hatodik közösségi környezetvédelmi cselekvési program megállapításáról.
2001. évi LXXXI. törvény a környezeti ügyekben az információhoz való hozzáférésről, a nyilvánosságban a döntéshozatalban történő részvételéről és az igazságszolgáltatáshoz való jog biztosításáról szóló, Aarhusban, 1998. június 25-én elfogadott egyezmény kihirdetéséről
- A Tanács 933/1999/EK rendelete (1999. április 29.) Az Európai Környezetvédelmi ügynökség és az európai környezeti információs és megfigyelő-hálózat létrehozásáról szóló 1210/90/EGK rendelet módosításáról.
- A Tanács 1992. május 21-i 92/43/EGK irányelve a természetes élőhelyek, valamint a vadon élő állatok és növények védelméről.
- A Tanács 1979. április 2-i 79/409/EGK irányelve a vadon élő madarak védelméről.
2001. évi LXIV. törvény a kulturális örökség védelméről.
- 13/2001. (V. 9.) KöM rendelet a védett és a fokozottan védett növény- és állatfajokról, a fokozottan védett barlangok köréről, valamint az Európai Közösségben természetvédelmi szempontból jelentős növény- és állatfajok közzétételéről.
- 14/1997. KTM rendelet a nemzeti parkok területének övezeti kategóriákba való besorolásáról.
- 13/1997. KTM rendelet a védett természeti területek és értékek nyilvántartásáról.
1996. évi LIII. törvény a természetvédelemről.
1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól.

V. Agrár-környezetvédelem

HITEK ÉS TÉVHITEK AZ AGRÁR-KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

Absztrakt

A modern gondolkodás alapvető feltétele a komplexitásra való törekvés, amelynek eredményeképpen minden döntésnek meg kell felelni a fenntarthatóság hármaskövetelményének a gazdasági, szociális és ökológiai szempontrendszernek. A hármaskövetelmény egyidejű figyelembevétele azonban mindig csak kompromisszumok árán valósítható meg, mert ideális helyzet általában nem létezik. Ennek következetes érvényesítését azonban megnehezíti az, hogy a komplex gondolkodás többirányú, alapos felkészültséget igényel és gyakran a döntéshozó egyéni és csoportérdekeinek korlátozását is jelenti. A fenntarthatóság követelményének megsértése elég általános a gazdálkodás területén, de nem csak ott, és erre szeretné a tanulmány felhívni a figyelmet.

Kulcsszavak

Fenntarthatóság, komplex gondolkodás, agrármodellek, természetvédelem, földvédelem, kistermelés, erdősítés

A fenntarthatóság komplex gondolkodást követel

Ahhoz, hogy egy terület, település, termelési ágazat helyzetét, fejlesztési lehetőségeit és irányait reálisan tudjuk meghatározni, komplex ismeretekre és szemléletre van szükség. Mivel ezzel a különböző szintű döntéshozók, de még a kutatók többsége sem rendelkezik, így születnek meg olyan döntések, amelyek vagy az emberek mindennapi érdekeit sértik, vagy a gazdasági követelményeket hagyják figyelmen kívül, vagy pedig az ökológiai értékeket veszélyeztetik. A fenntarthatóság követelményét figyelmen kívül hagyó döntések többsége eddig gazdasági jellegű volt, de egyre gyakrabban találkozunk más területen is olyan döntésekkel, amelyek a hármaskövetelményt figyelmen kívül hagyják.

Tévutakat jelentenek az egyoldalú természetvédelmi megközelítések, amelyeknek lényege, hogy minden maradjon úgy, ahogy van és az embereket rezervátumokba akarja zárni és a védett területek mindenáron való kiterjesztésére törekszik, függetlenül attól, hogy ezzel azt a gazdaságot bénítja meg, amely a védett területek fenntarthatóságának a gazdasági alapját biztosítani tudná. Nem kevésbé károsak az egyoldalú néprajzos megközelítések, amelyek nem a hagyományokban fellelhető értékek megőrzését, hanem a hagyományos életformát, termelési módokat misztifikálják, teljesen figyelmen kívül hagyva azt, hogy az emberek és főleg a fiatalok már nem tudnak és nem is akarnak úgy élni, és a termelés számára javasolt jövőképet gazdasági szempontból is teljesen életképtelen. Hasonló a helyzet azoknak a gazdaságtörténeti megközelítéseknek az esetében is, amelyek a múltból kívánják levezetni egy-egy termelési ágazat, térség, település jövőképét. Ennek a szemléletnek a káros következményeire jó példát szolgáltat rendszerváltozás után a magyar vidék és az agrárgazdaság sorsának alakulása. Érdekes módon a

¹Tanszékvezető egyetemi tanár, PTE Közgazdaságtudományi Kar Közgazdasági- és Regionális Tudományok Intézete.

természetvédelmi döntések gyakran ütköznek a környezetvédelmi-, de sokszor a természetvédelmi érdekekkel is. A hegyvidéki területek erózió elleni védelmének egyik legfőbb akadálya – lásd pl. a Balaton-felvidék – a természetvédelem, amely a gazdasági jelentőségüket veszített gyepes területek megőrzésére törekszik, és kizárja a feladatot megoldó erdőtelepítéseket. Ez azért is érdekes, mert miközben a természetvédelem sokszor teljesen egyoldalúan az őshonosnak tekintett fajokat, fajtákat favorizálja, aközben megakadályozza az adott területen őshonos erdei ökoszisztéma helyreállítását. Minél többet beszélünk a fenntarthatóságról, a környezetvédelemről, annál inkább elmentmondásos az elhanyagolt, rosszul művelt területek magas aránya, amelyek pollenjétől egy egész ország szenved, vagy az értékes földterületek gátlástalan beépítése, amely a nemzet jövőjét veszélyezteti.

Szükség van-e a mezőgazdaságra?

Magyarországon a rendszerváltás és az azt követő politikák úgy leértékelték a mezőgazdaságot, hogy az élelmiszer üzletek túlkínálatát látva sokakban az az érzés alakult ki, hogy lényegében nincs szükség mezőgazdaságra. Ez a leértékelés lényegében ideológiát teremt a termőföldek gátlástalan kivonására, holott a világszervezetek szerint – a csökkenő és leromló földterületek mellett – az emberiség egyik legfőbb gondját 2000–2025 között bekövetkező közel 3 milliárdos népességnövekedés élelmiszer-ellátása jelenti. Hazánkban a zavaros érdekrendszerek mellett a termőföld védelmét megnehezíti a természetvédelem agresszív területi terjeszkedése is, valamint az, hogy a fejlesztéseket a jó adottságú mezőgazdasági területekre tereli. Ez az unió támogatását is élvezzi, hiszen az Unió–15-nek nem kell egy újabb piaci konkurens, sokkal jobb, ha Kelet-Európa természet- és fajmegőrző, úgynevezett természetszerű terület marad.

Ezért mielőtt a környezetgazdasági vonatkozásokra kitérnénk, a világ és hazai demográfiai és szociális helyzet alapján választ kell adni arra az alapkérdésre, hogy szükséges-e a mezőgazdaság fejlesztése és annak milyen irányba lehet?

Szükség van-e több élelmiszerre? Igen. Az élelmiszerigényt fokozza:

- népességnövekedés,
- az állati termékek fogyasztásának növekedése – 1 kg hús = 4 kg gabona,
- gazdag országok pazarlása – az élelmiszer 20–30%-a hulladékba kerül,
- energiatermelés – bioenergia – várható, hogy az USA megszünteti a kukorica exportját,
- növekvő ipari felhasználás – pl. lebomló műanyagok.

Egyetlen rossz termésű év (2007) elég volt ahhoz, hogy a világon élelmiszerhiányt, egyes térségekben élelmezési válságot okozzon. Az élelmiszertermelés lényegében 2000-ig lépést tartott a népesség növekedésével, a gondot az elosztás kérdése és a fizetőképes kereslet jelentette. A fejlődést biztosító tényezők a genetikai előrehaladás – hibridizáció – a hozamfokozók (műtrágyák, nyomelemek, a hatékonyabb védekezés), a növényvédők szereke és a hatékonyabb talajművelés (mélyművelés, jobb magágy készítés) voltak.

Az elmúlt években a gabonatermelés növekedése lelassult. Újabb genetikai fordulat szükséges: genetikailag módosított szervezetek (GMO); precízebb termelési technológia: trágyázás, talajművelés, növényvédelem (Pprecíziós technológia).

Mezőgazdasági modellek

A világ élelmiszer-ellátása a jövőben is, és még a jelenleginél is jobban stratégiai kérdéssé válik. Kérdés az, hogy milyen jellegű mezőgazdaság tud ennek a követelménynek megfelelni. A választ megnehezít az, hogy a lehetséges fejlődési irányokat nagyon szélsőségesen ítélik meg. A zöld szervezetek az egyetlen lehetséges fejlődési iránynak a bio(öko)termelést tekintik, függetlenül attól, hogy az kb. 30%-os hozamcsökkenéssel és legalább 30–50%-kal magasabb termelési költségekkel és árakkal jár, és minden mást iparszerűnek, technokratának tekintenek, holott a fejlődés azon a szinten már lényegesen túllépett. Még szélesebb körű az a vita, amely a genetikailag módosított szervezetek mezőgazdasági alkalmazása körül folyik. A viták tisztázása érdekében érdemes áttekinteni az agrármodelleknek az elmúlt másfél évszázadban napjainkig végbement fejlődését.

Milyen módon történhet a mezőgazdaság fejlesztése?

Háromnyomásos gazdálkodás

A háromnyomásos gazdálkodás jellemzője, hogy külső erőforrásra nem támaszkodhat. A két fő ágazat egymásra nincs hatással – nincs erőforrás átadás. A növénytermesztés a talaj természetes tápanyagtökéjére támaszkodhat – trágyázás hiányában a tápanyagtöke fokozatosan kimerül, ami csökkenő hozamokat eredményez. Az állattenyésztés a természetes gyepekre támaszkodik (legelők, kaszálók), trágyázás hiányában a tápanyagtöke fokozatosan kimerül, ami szintén csökkenő hozamokhoz vezet. Ellensúlyként újabb területek termelésbe vonása alkalmazható.

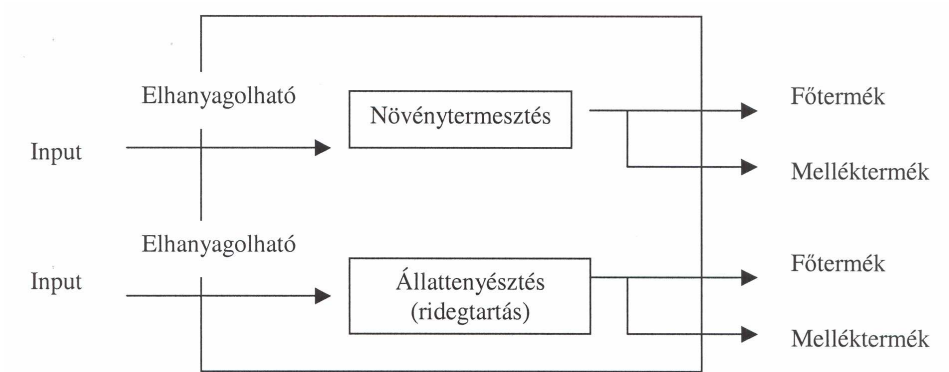
A háromnyomásos gazdálkodás hátránya a természetes folyamatoknak való kitettség (pl. aszály idején kiszűnnek a legelők, rossz makkhozam), a talaj tápanyagtökéjét felélése, valamint a fajlagos hozamok növelésére szinte nincs lehetőség és az élelmiszerszükséglet megoldása csak újabb területek művelésbe vonásával (erdőirtás) lehet (1. ábra).

Vetésforgón alapuló belterjes gazdálkodás

A belterjes gazdálkodás jellemzője, hogy a főágazati kapcsolatok kialakítása viszonylag zárt rendszerben történik, belső erőforrások teljeskörűen hasznosulnak. Nincs hulladék, a melléktermék takarmány, alom vagy tüzelőanyagként kerül felhasználásra.

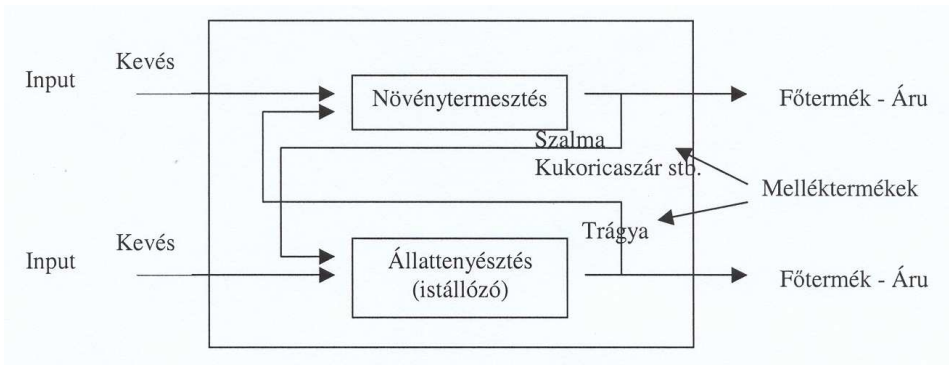
Hátránya, hogy a szinte kizárólag a belső erőforrásokra támaszkodás a hozamoknak csak nagyon lassú növelését tette lehetővé. Rendkívül munkaerő-igényes – az egész család dolgozik az ötéves gyerektől a vénekig. A talaj tápanyagtökéjét nem tudja fenntartani, és az állatállomány koncentrációja környezetszennyezéshez (trágya, légy, bűz) vezet (2. ábra).

1. ábra
A háromnyomásos gazdálkodás gazdasági modellje



Forrás: A szerző szerkesztése.

2. ábra
A belterjes gazdálkodás gazdasági modellje



Forrás: A szerző szerkesztése.

Iparszerű termelés

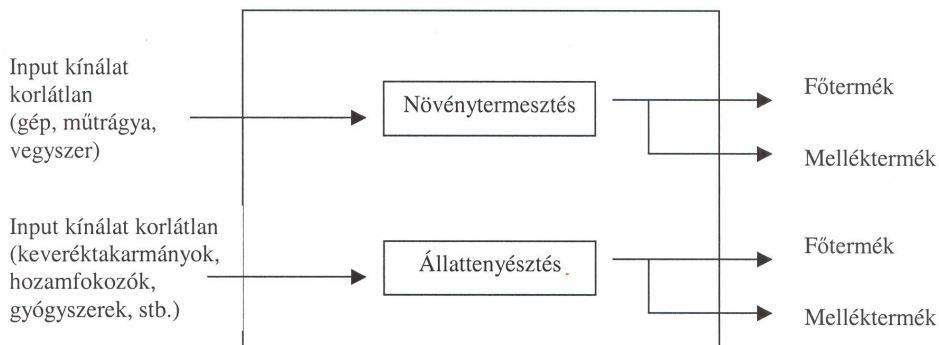
Alapja az olcsó olajra támaszkodó ipari fejlődés és a hibridizáció. Viszonylag nyitott rendszer (3. ábra).

Az iparszerű mezőgazdaság korlátlan és viszonylag olcsó ipari inputokon alapul. A külső erőforrások robbanásszerű hozamnövekedést tettek lehetővé (1 ha búza 2 t helyett 6 t hozam, 1 tehén tejhozama 2000–3000 l helyett 6000–8000 l). A gépesítés következtében csökkent a munkaerő-igény. Az iparszerű mezőgazdaság a melléktermékeket nem hasznosítja, az ágazati kapcsolatok szétszakadtak.

Hátrányai a külső erőforrástól való függősége, az anyag- és energiaigényesség, valamint, hogy a külső erőforrások ára meghatározza a termelés gazdaságosságát. Mindemmel fokozott környezeti terheléssel jár (műtrágya, növényvédőszer, talaj degradáció – túlművelés, porosítás, tömörítés, eketalp réteg –, levegő-, víz-, talajszennyezés, élővilág károsítása).

A megoldást az integrált termelés vagy a biotermelés jelenti.

3. ábra
Az iparszerű termelés gazdasági modellje



Forrás: A szerző szerkesztése.

Korszerű mezőgazdaság

Kérdés: Hogyan lehet lezárni a melléktermék-pályákat és csökkenteni a külső inputigényességet és ezzel az anyag- és energiaigényességet, valamint a környezeti terhelést?

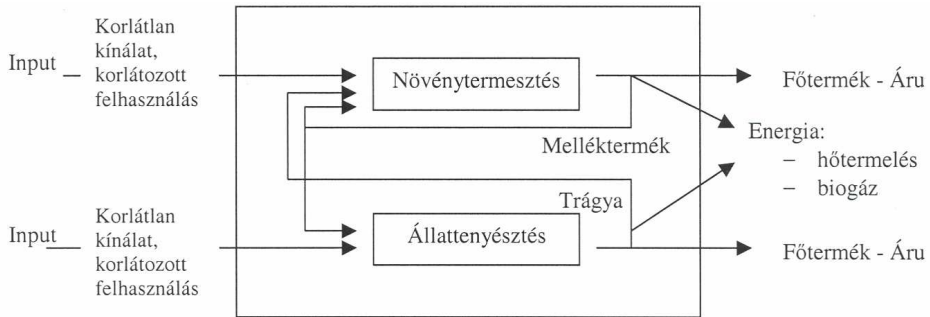
Korszerű mezőgazdaság: magas műszaki színvonalon, magas szakértelemmel folyó, a helyi adottságokhoz illeszkedő, a gazdasági (piaci), humán- és állategészségügyi, növény- és állatvédelmi, állatjóléti követelményeknek megfelelő, minden szakaszában ellenőrzött minőségi tömegtermelést jelent.

Integrált mezőgazdasági termelés: egy piacorientált, a műszaki fejlesztést követő termelési irányzat, amely a hagyományos, iparszerű és ökotermelés elemeit integráltan alkalmazza annak érdekében, hogy javítsa a termelés hatékonyságát, piaci versenyképességét úgy, hogy egyidejűleg minden tekintetben megfelel a humán- és állategészségügyi, környezetvédelmi, élelmiszerbiztonsági követelményeknek. Minden szakaszában ellenőrzött termelést jelent, technológiája a precíziós technológia (4. ábra).

Jellemzője az erőforrások (anyag, energia, gép) racionális felhasználása → mérésen alapuló precíziós technológia; korábbi gazdálkodási formákból technológiai elvek átvétele, pl. vetésváltás, elővetemény hatás, szerves trágyázás, szarvasmarhák karámos, kötetlen tartása; melléktermék felhasználását meg kívánja oldani → takarmány, alom, energiatermelés.

Nehézségét a beruházások költségessége és a magas szakértelemigény jelenti.

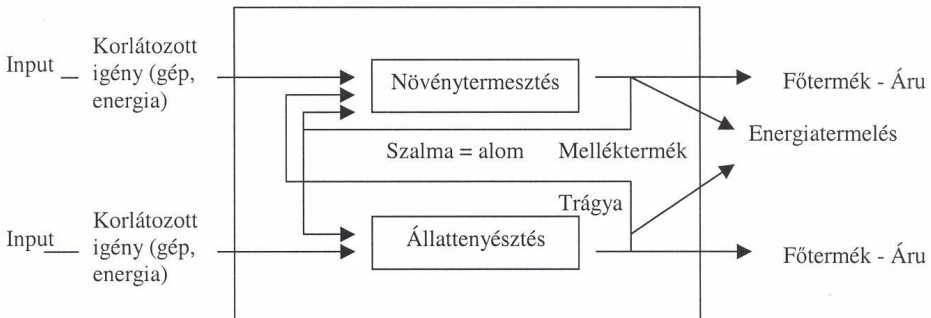
4. ábra
Az integrált termelés gazdasági modellje



Forrás: A szerző szerkesztése.

Bio(öko)termesztés: olyan termelési irányzat, amely elsősorban természeti folyamatokra, természetes anyagokra, főleg a mezőgazdasági üzem erőforrásaira támaszkodik és sajátos minőség előállítására törekszik, mindazok részére, akik a kisebb hozamból, egyenetlenebb minőségből és a nagyobb termelési kockázatból adódó többletköltségeket megfizetni tudják és hajlandók (5. ábra).

5. ábra
A biotermelés gazdasági modellje



Forrás: A szerző szerkesztése.

A biotermelés legfőbb jellemzője a kemikáliák felhasználásának korlátozása. Hátrányai a csökkenő hozam, a nagy termelési kockázat, az egészségügyi kockázatok (gombafertőzés) és a jelentős élők munkai igény. Előnye, hogy a termék kemikáliát nem tartalmaz és az új piaci rés növekedési lehetőséget biztosít.

A korszerű termelés (integrált és biotermesztés) közös jellemzője, hogy egyik sem nagy- vagy kisüzemi, egyik sem extenzív vagy intenzív, mindkettő ellenőrzött minőségű

tömegtermelés. A két irányzat nem mond ellent egymásnak, egymást kiegészíti, más fogyasztói igényeket szolgál.

A termelés fő iránya az integrált termelés (a fogyasztás 90–95%-a), a biotermelés kiegészítő, minőségi termelés (fogyasztás 5–10%-a).

A föld egy a termelőeszközök között?

A vidék gondját alapvetően az agrobusiness minden szakaszának privatizálása és az ebből adódó válság mélyítette el. Az állattenyésztés, a kertészet és a belső üzemi vertikumok (pl. keveréktakarmány-termelés, vetőmag-feldolgozás) leépülése következtében olyan munkahelyek szüntek meg, amelyeket egy versenyképes mezőgazdaság meg tudott volna őrizni. Az eredmény ismert: Magyarország több alapvető élelmiszerből, így tejből, sertéshúsból, gyümölcsből, cukorból importórré vált. A nagyüzemi rendszer és az ágazat korábbi szervezettségének a megszűnésével a mezőgazdaság politikai érdekérvényesítő képessége megszűnt, a mezőgazdaság politikai és gazdasági szempontból (GDP-hez való hozzájárulás, foglalkoztatás stb.) napjainkig folyamatosan marginalizálódik. Ennek a következményei súlyosan érintik a föld védelmét és használatát. A föld ma nem úgy szerepel a politikai-gazdasági gondolkodásban mint egy létfenntartó természeti elem, hanem mint a piacon szabadon fogatható termelőeszköz. Ennek a következménye, hogy

- nagymértékű az értékes termőterületek termelésből való kivonása és beépítése,
- nagymértékű a földspekuláció és a földek alacsony színvonalú hasznosítása, vagy egyszerűen minden gondozás nélküli tulajdonban tartása, főleg a kertek, gyeppek esetében, de a szántóknál is,
- a túlméretezett bérleti rendszer (mezőgazdasági terület kb. 60%-a) nem ösztönöz a talajvédelemre, a talajok termőképességének a hosszú távú megőrzésére,
- szinte teljesen megszűntek a talajjavító beruházások (pl. meszezés, vízrendezés, stb.),
- a mezőgazdasági területek talajpusztulása, erőteljes gyomosodása és tápanyag elszegényedése általános.

Következményként a hazai természeti erőforrásvagyon több mint 50%-át kitevő földvagyon csökkenése, az ország kultúrállapotának, tájképi értékének romlása, valamint növekvő környezeti terhelés: a tavak (pl. a Balaton) feliszapolódása, más népbetegséget kiváltó, fokozódó pollenszennyezés következett be.

A termőföld egy társadalom korlátozott erőforrása és ezért mindenütt fontosnak tartják az azzal való racionális gazdálkodást. Ezt az is indokolja, hogy szerepe nemcsak az élelmiszertermelésben van, de állapota egy ország képét is meghatározza. Az élelmiszertermelés terén is létrejött globális piaci verseny leértékeli a gyengébb termőképességű, nehezen művelhető földek agrárgazdasági jelentőségét, de ezzel együtt az urbanizált társadalomban megnő a természeti elemek (a víz, levegő, élővilág) megújulását, regenerálódását, valamint a városi környezetben elfáradt ember kikapcsolódását, felfrissülését, revitalizációját biztosító zöldfelületek jelentősége. Ez azzal jár, hogy miközben a mezőgazdasági termelés (főleg a szántó-, szőlő- és gyümölcsstermelés) a jobb adottságú területekre húzódik vissza, és folyamatosan jelentős területeket ad fel, miközben a

felszabadult területeken erdők telepítésével, tavak létesítésével meg lehet növelni az agrártérségek regeneráló és rekreációs potenciálját úgy, hogy az egyben jövőbeni gazdasági érdekeket (pl. faanyag növelése, halhús termelés fejlesztése, turisztikai vonzerő – horgászat, vadászat, kirándulás, lovas turizmus – megteremtése) szolgáljon. Ez azt jelenti, hogy nincs felesleges föld, legfeljebb az agrártérségek földhasznosításának a módja változik meg. Minden, ami ezt a racionális folyamatot akadályozza, a jövő szempontjából elfogadhatatlan. Így elfogadhatatlan az, hogy a védettséget mechanikusan olyan területekre is kiterjesztik, ahol annak nincs igazán indoka, és ezzel annak további racionális hasznosítását megakadályozzák. Ugyancsak elfogadhatatlan, hogy a társadalmi költséggel létrehozott kultúrterületeket ugyancsak társadalmi költséggel „visszavadítsák”.

Ahhoz, hogy a talajvédelem megvalósuljon, a tulajdonon túlmutató átfogó területi tervezésre és területrendezésre lenne szükség. Települési szinten kellene nyomon követni az egyes területek használati módját, és folyamatosan végre kellene hajtani a szükséges művelési ág változtatásokat. Erre a földtörvény már 1961 óta lehetőséget nyújtana a művelési kötelezettség betartásával. Másrészt sokkal nagyobb hangsúlyt kellene fordítani az erdőtelepítésekre. A sok elhanyagolt, leromlott terület kialakulásában jelentős szerepe volt annak, hogy az erdőtelepítés sohasem tartott lépést a mezőgazdasági területeken a művelés felhagyásának ütemével. Az agrárkormányzat az erdők telepítési kérdését csak a tervezés szintjén tartotta fontosnak, de ezeknek a terveknek mindig csak a töredéke teljesült. Jelenleg is ez a helyzet. Ahhoz, hogy az ország kultúrállapota javuljon, a jelenlegi 7–8000 ha-os telepítési ütem helyett évente legalább 20 000 ha-t kellene telepíteni. Ezzel egyidejűleg a kiemelkedő termőhelyeknek (szőlő- és gyümölcs-termő helyek) biztosítani kell a jogi védelmét a bármely célú kivonással szemben.

Az erdősítéssel kapcsolatos ellentmondást növeli az, hogy a természetvédelem elég agresszívan mindig csak a meglévő erdők védelmét hangsúlyozza és nem az erdőtelepítést, mert arra a célra gyakran a nem kellő indok alapján védelemben részesített területeken kerülhetne elsősorban sor.

Felmerülő kérdések és téves állítások

„Környezeti szempontból előnyös-e az alacsony színvonalú földvédelem és az alacsony színvonalú agrotechnika, az extenzívebb jellegű gazdálkodás?” Válasz: nem!

Az ember kultúrlény, és kulturált környezetben tud élni (pollenallergia). A területek elhanyagoltsága – rossz közérzet, rossz országimázs. Az agresszív, behurcolt fajok elterjedése, gradációja a természeti értékeket is veszélyezteti.

„*A kistermelés környezetkímélő!*” A mezőgazdasági termelés árutermelés – a XXI. században mérnöki tudomány. A kistermelésnél hiányzik a szakértelem, ami nagyon veszélyes a kemikáliák esetében. Hiányoznak az eszközök (pl. a növényvédelem, állattartás, trágyakezelés).

Külön kell választani az önellátó – munkaidő felhasználásra nem érzékeny –, a hobbi – a költségekre nem érzékeny és az árutermelő – költség- és árérzékeny – gazdaságokat.

Csak a kor színvonalán álló szakismerettel és technológiával lehet a legkisebb anyag- és energiafelhasználással és környezeti terheléssel termelni. Ezeknek a követelményeknek a kisgazdaságok csak a termelés integrációja esetén tudnak megfelelni.

„A kisparcella környezeti előnyökkel jár, mert biztosítja a nagyobb fajdiverzitást!” A nagyobb fajdiverzitást ugyan biztosítja, de milyen áron? A kis parcellákon elkerülhetetlen a kemikáliák elsodródása, és ezért a kemikáliákkal való szennyezettség mindig bizonytalan. A kisparcellák művelése akár 100%-kal is nagyobb gépidő- és üzemanyag felhasználással és költséggel oldható meg, és ennyivel nagyobb a légszennyezés, de több a talajtaposás is. Ezért mind a túl nagy, mind pedig a túl kis parcella (tábla) méretek gazdasági és környezeti hátrányt jelentenek (1. táblázat).

1. táblázat
A gépi költségek alakulása a táblaméretek függvényében

A tábla mérete (ha)	A költségek aránya (%)	
	0,5 ha = 100%	98,0 ha = 100%
0,5	100,0	271,4
2,0	59,8	162,2
4,5	49,6	134,6
18,0	42,2	114,5
50,0	39,0	105,9
98,0	26,8	100,0

Forrás: Csermely–Hajdú–Sörös, 1996. 179. p.

A tényleges helyzet az, hogy a szakszerűen művelt területek élővilága közel sem olyan szegényes, amint azt feltételezik, pl. egy intenzíven kezelt almásban több száz rovarfaj található.

Megoldás lehet a nagy táblák között és a környékén olyan erdőfoltok, erdősávok, fasorok, gyepszigetek kialakítása, amelyek a terület élővilágát gazdagítják.

„Az intenzív nagyüzemi mezőgazdaság felszámolta az élővilágot!” A nagyüzemi gazdaságok a nagyüzemileg nem hasznosítható területeket, (mély-, és meredek fekvésű gyepek, szántók, szőlők stb.) sorsukra hagyták, és az ott beindult szukcessziós folyamatok hatására olyan természetközeli állapotba lévő területek alakultak ki gazdag élővilággal, amelyeket folyamatosan, de főleg a rendszerváltás után rendre védetté nyilvánítottak.

A mezőgazdaságnak az őshonos, hagyományos fajtákat kell előnyben részesíteni! Ez a hazai ökoállattartásban elterjedt nézet nagy részben hozzájárul ahhoz, hogy a magyar ökoállattartás nemzetközileg versenyképtelen. A hagyományos fajták nagyobb ellenálló képessége sajnos nem ellensúlyozza azt a hátrányt, amely a kisebb hozamokból és a termékeik minőségének kedvezőtlen piaci megítéléséből adódik (pl. a mangalica sertés lassú fejlődésű, alacsony szaporaságú, túl zsíros húsu). A hagyományos fajták azért sem ideálisak az árutermelésben, mert az anyag- és energiamérlegük a korszerű fajtáknál lényegesen kedvezőtlenebb. Ezért nagyon nagy hiba, ha – akár az ökotermesztésben is –

a génmegőrzést, a hagyományok ápolását összekeverik a piaci árutermeléssel. Erre mutat be egy példát a 2. táblázat.

2. táblázat
Nagytestű (2004-es típus) pulykák és az őshonos hazai bronzpulykák teljesítményének különbsége (bakok)

Típus (1)	Élősúly 20. hetes korban, kg (2)	Takarmányértékesítés, kg tak./élősúly, kg (3)	Mellfilé súlya, kg (4)
BUT Big 6	18,2	2,9	5,09
Bronzpulyka (5)	6,4	3,3	0,83

Forrás: Horn, 2000, 399.p.

Összegzés

A rendszerváltás óta válsággal küzdő mezőgazdaság alapvető problémáit a szakértelmet nélkülöző politikai döntések okozták és az ebből adódó hátrányokat csak a fejlődést elősegítő újabb politikai döntések szüntethetik meg. Az agrárágazat lehetséges fejlődési irányával, technológiai megoldásaival kapcsolatos kérdéseket jó lenne, ha a piacokra érzékeny szakma döntené el, és a lényegről nem terelnék el a figyelmet olyan abszurd állítások, amelyek eldöntésére csak a tudomány eredményeire érzékeny szakma képes.

Irodalom

- Buday-Sántha Attila 2001: Agrárpolitika-Vidékpolitika. Budapest-Pécs, Dialóg Campus Kiadó.
Buday-Sántha Attila 2006: Környezetgazdálkodás (Általános rész). Budapest-Pécs Dialóg, Campus Kiadó.
Buday-Sántha Attila 2007: Balaton régió fejlesztése. Budapest, Saldo Kiadó.
Csermely Jenő – Hajdú József – Sörös István: A gabonabetakarítás, -tartósítás és -tárolás műszaki-technológiai fejlesztésének irányai.
A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának tájékoztatója (1995). Akadémiai Kiadó. Budapest, 1996.
Horn Péter 2000: Intenzív és extenzív állattenyésztés a fenntartható mezőgazdaságban. Állattenyésztés és Takarmányozás. 56. évf. 5. sz.

EGY AGRO-ÖKOLÓGIAI ALRENDSZER (NÖVÉNYTERMESZTÉS) TERMODINAMIKAI MODELLEZÉSÉNEK ELEMEI, AVAGY HOL A HATÁRA AZ ÉSSZERŰ BEAVATKOZÁSNAK

Absztrakt

Az energia nem csak a növények növekedésének és fejlődésének szükséges feltétele, de egyben az evolúciónak is a hajtómotorja. Az agro-ökológia ugyanúgy mint a természetes, „érintetlen” ökológiai rendszerek, komplex adaptív rendszer. Ez azonban nem klasszikus értelemben igaz, hiszen a komplexitás itt nem olyan mérvű diverzitást jelent, amely a természetes ökológiai rendszerekre jellemző. Másrészt az adaptív jelleg sem érvényesül ugyanúgy, hiszen a nemesítés éppen arra irányul, hogy egyes tulajdonságokat (hozam, rezisztencia, egy időben történő érés stb.) kiemeljék. Ez azonban az alkalmazkodó (adaptív) képesség csökkenését vonja maga után. Mindezen változásoknak termodinamikai következményei is vannak.

Termodinamikai szempontból az agro-ökológiai rendszer entrópiájának változását a növényekben és a talajban lejátszódó irreverzibilis állapotváltozások, valamint a rendszer és a környezete közötti entrópia csere jelenti. Az előadás elemzi az ökológiai alrendszerek termodinamikai modellezésének lehetőségeit és jellemzőit.

Kulcsszavak

Ökológia, agro-ökológia, termodinamika, technológiai energiaráfordítás.

Bevezetés

Ez a rövid előadás pusztán betekintést tud nyújtani abba a tudományterületbe (filozófiába), amely arra irányul, hogy a komplex adaptív rendszerekben lejátszódó állapotváltozásokat a termodinamika eszközeivel, törvényeivel írja le, modellezze. A kutatók folyamatosan keresik a kapcsolatot az élő rendszerek, az ökológia, a társadalmi közösségek stb. jellemzői és a termodinamika törvényszerűségei között. Ezt igazolja az is, hogy pl. a Google keresőbe beírva az *ecology and thermodynamics* kifejezéseket több mint 450 000 találatot kapunk 0.24 sec alatt, míg az *economics and thermodynamics* szavak begépelése után több mint 720 000 találat áll 0.2 másodperc alatt a rendelkezésünkre. Ha ezek az adatok nem is bizonyítják a kapcsolatrendszer a szóban forgó területek között, minden esetre utalnak arra, hogy a kutatók intenzíven foglalkoznak a kérdéskörrel.

A fent említett *komplex adaptív rendszerekre* a következő jellemző: Az *adaptivitás* azt jelenti, hogy a rendszer képes a környezetéből információkat gyűjteni, és azok alapján fejlődni, alkalmazkodni a megváltozott körülményekhez. A rendszer energiát, anyagot és információt cserél a környezetével, ha az intenzív állapotjelzők (hőmérséklet, nyomás, sűrűség, információs jellemző stb.) gradiense jön létre. Az adaptív rendszerek

¹Intézetigazgató, egyetemi tanár, NymE MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Mosonmagyaróvár.

képesek olyan struktúraváltozásra, amely az említett gradiensek nagyságát csökkenti. A komplexitás pedig nem más, mint a diverzitás. Nem nehéz belátni, hogy számos (élő, társadalmi, ökológiai, ökonómiai stb.) rendszer felel meg ezeknek a kritériumoknak. Ebből az is következik, hogy a természettudományok, a mérnöki, a matematikai és a társadalomtudományok egyaránt foglalkoznak a komplex adaptív rendszerek tanulmányozásával.

A következőkben elsősorban az agro-ökológiai rendszerekre összpontosítva szeretném bemutatni az ökológia és a termodinamika kapcsolatrendszerének elemeit. A felsorolt irodalmak közül három alapművet szeretnék kiemelni: *Ruth*, 1993; *Jørgensen*, 2001; *Jørgensen – Svirezhev*, 2004.

Mielőtt ennek az agro-ökológiai és a természetes ökológiai rendszerek különbözőségét, ill. kapcsolatrendszerét elemezném, legyen szabad arra utalnom, hogy az intenzív iparosítás előtt a talajban, a vízben és a levegőben lejátszódó állapotváltozások dinamikus egyensúlyban voltak. Ezt úgy is lehet fogalmazni, ahogy *Margulis* (2000) az együttélés bolygója című könyvében teszi: „Minden organizmusnak szüksége van táplálkozásra, foto- vagy kemoszintézis útján, akárhogy is létre kell hoznia táplálékát. Ezenkívül minden organizmus hulladékot termel. A termodinamika második törvénye világosan beszél erről: ahhoz, hogy egy test szerkezetét fenntartsuk, energiavesztésre van szükségünk, és ez rendszerint leadott hőben nyilvánul meg. Semmilyen organizmus nem táplálkozik a saját hulladékából. A Gaia, az élő Föld messze felülmúl minden organizmust, sőt populációt. Az egyik organizmus hulladéka a másik tápláléka....” A Gaia ezen tulajdonsága tartotta egyensúlyban a populációkat, meggátolva az egyes fajok túlszaporodását. A körülmények persze folyamatosan változtak. Ugyanakkor a Föld 4.6 milliárd éves történetében az utolsó évszázadban ez a változás nem természetes, hanem antropogén. Ami azért jelentős, mert a természet ilyen gyorsan nem tud választ adni ezekre a kihívásokra. Az alapvető probléma, hogy az ipari termelés, a közlekedés és az intenzív mezőgazdaság, valamint a fogyasztói társadalom (*vásárolj, dobd el a régit, vegyél újat, ha nem is feltétlenül szükséges, mert a régi is tökéletesen megfelelne*) szemlélet révén nagy mennyiségben jutnak a természetbe olyan anyagok, amelyek nagy energiájú kötésük miatt évek, évtizedek, esetleg évszázadok alatt bomlanak le, szennyezve a környezetet (elfoglalva az élőlények életterét), üvegház hatást okozva stb. (*Mueller*, 1971). Azt a tényt sem szabad ugyanakkor elhallgatni, hogy a föld területének 3–4 %-a alkalmas mezőgazdasági termelésre, és ennek egy jó részén nem intenzív beavatkozás történik. Magyarországon a téma fontosságát az bizonyítja, hogy a területünk kb. 50 %-án intenzív mezőgazdálkodás, kb. 20 %-án pedig erdőgazdálkodás folyik.

Termodinamikai alapfogalmak

Clausius a termodinamikai rendszereket, pl. a zárt térben a gázok állapotváltozásait vizsgálva vezette be az entrópia fogalmát. Ennek változását az adott abszolút hőmérsékleten közölt vagy elvont hő adja: $dS=dQ/T$. Az entrópia bevezetése lehetőséget adott a körfolyamatokban lejátszódó állapotváltozások tanulmányozására, különösen az irreverzibilis állapotváltozások tekintetében.

Majd „jött” *Boltmann*, aki az entrópiát a valószínűséggel hozta összefüggésbe, és ezáltal mérhetővé, számíthatóvá tette az adott állapot bekövetkezésének valószínűségét.

Az alábbi képlet a természettudomány alapvető összefüggéseihez tartozik:

$$S = k \ln W \quad (1)$$

Ahol S az entrópia, k a Boltzmann állandó, W pedig az adott körülmények mellett az egyedek elhelyezkedésének számát jelöli, ill. arra utal, hogy az adott energiaszinten lévő molekulák hányféle módon helyezkedhetnek el a körülhatárolt térben. Ez a biológiai rendszerek esetében a flóra és fauna fajok számát és azok populációját jelenti. A rendszer entrópiájának, adott állapota valószínűségének változását az adott hőmérsékleten közölt vagy elvont hővel (energiával) jellemezhetjük, számíthatjuk. Ez a megközelítés teljesen szinkronban van azzal az elmélettel, amely azt vallja, hogy az evolúció hajtóereje az energia.

Az evolúció energetikai megközelítése azt jelenti, hogy a természetes szelekció, legyen az természetbeni vagy kulturális, nem hajtóerő, hanem formáló erő, mialatt a rendszeren átáramló energia a fejlődés motorja (*Niele*, 2005). Valamennyi élő rendszer az energia áram szárnyai alatt tűnik fel. Az élő szervezetek, az ökológiai rendszer ill. a humán társadalmak energia-disszipációs struktúráként írhatók le az energetikai terminológiában. Ahogy már az előzőekben említettük, ezek komplex adaptív rendszerek. Vagyis – teszem hozzá – a szelekció, amely a diverzitásból fakad a faj fenntartására irányul, míg az energia annak fejlődést determinálja.

A természetes és az agro-ökológia alapvető különbözősége valamint az entrópia

A *természetes ökológiai rendszer* entrópiája (rendezetlensége, az ott lévő fajok diverzitása) az adott körülmények mellett maximális, míg az *agro-ökológiai rendszer* entrópiája a beavatkozás (mesterséges energiaközlés) mértékében csökken.

A *természetes ökológiai rendszer* résztvevőinek döntő többsége a természetes fejlődés és szelekció révén jött létre, míg az *agro-ökológiai rendszerben* a fajták nemesítés, illetve molekuláris biológiai beavatkozás eredményei. Ezzel általában csökkentjük az adott fajta alkalmazkodó, ill. kompetitív képességét. Ennek a kompenzálása pedig jelentős energia bevitelt (természetest és szellemit egyaránt) igényel.

A kérdés az, hogy ez a különbség hogyan fejezhető ki a termodinamika eszközeivel. Nyilvánvalóan nem úgy, hogy a rendszerrel a technológia végrehajtásakor közölt energiát ($E_{in,techn.}$), illetve annak hőegyenértékét vesszük alapul. Ez a beavatkozás ugyanakkor az energia bevitel mértékében csökkenti a rendszer diverzitását, vagyis annak valószínűségét, hogy egy rendszer magára hagyva ilyen állapotot vesz fel. Ha az adott körülmények közötti diverzitást, a flóra és a fauna sokféleségét egységnyinek vesszük, akkor ennek az adott technológiánál történő megváltozását számszerűsíteni tudjuk. A rendezetlenség ellentéte a rendezettség. Ilyen értelemben a technológia révén kiválasztott egyed (faj, illetve azon belül a fajta) „rendezett” körülmények között növekedhet, fejlődhet. Ez annyit jelent, hogy számára a legkedvezőbb körülményeket igyekezzünk biztosítani (pl. ideális talajállapotot és tápanyagot), a konkurensai (növények, kórokozók és

kártevők) fennmaradási lehetőségeit a lehető legkisebb szintre csökkentjük az adott területen.

Ha tehát W -vel jelöljük a természetes ökológia rendszer diverzitását és I -vel a rendeztség mértékét, akkor az (1) összefüggés a következőképpen módosul:

$$S = k \ln(W-I) \quad (2)$$

A kérdés az, hogy a „rendcsinálás” mértéke milyen legyen. Nyilvánvalóan addig szabad növelni a technológiai energiabevitelt, ameddig az a napenergia „felhasználás” hatékonyságát növeli.

Általános megjegyzések az ökológia és az agro-ökológia termodinamikájáról

Egy ökológiai rendszer entrópiája a következő alapegyenlettel írható le:

$$dS(t) = d_i S(t) + d_e S(t) \quad (3)$$

ahol $dS(t)$ a rendszer entrópiájának a változása; $d_i S(t)$ a rendszer entrópiájának változása az irreverzibilis folyamatok révén; $d_e S(t)$ a rendszer entrópia cseréje a környezettel; t az idő.

A teljes hőtermelés (entrópia \times abszolút hőmérséklet) a következő tagok összege: a metabolizáció hő kibocsátása ($R_v(t)$); a fogyasztó, a rendszer által a környezetbe jutott hő ($R_c(t)$); a szerves anyagok lebomlásakor keletkezett hő ($D(t)$). A valóságban $R_v(t) \gg R_c$.

A természetes ökológiai rendszer és a környezete közötti, biológiailag hasznosított entrópia csere a következő formában fogalmazható meg:

$$\partial_e S = \frac{E_{out}}{T} = \frac{1}{1-r} \frac{E_{out}^n}{T} \quad (4)$$

ahol E_{out} az összes bio-energia termelés, r a respirációs tényező, E_{out}^n a nettó bio-energia termelés, T a rendszer hőmérséklete (K).

A fenti $\partial_e S = \frac{E_{out}}{T}$ összefüggést *Svirezhev* (2000) *entrópia szivattyúnak* nevezi.

A biológiai, illetve ökológiai rendszerek egy jelentős része a fejlett országokban *antropogén nyomás* alatt van, ezt hívjuk agro-ökológiának. Ez azért van így, mert a mesterséges energia-befektetés hatására nő az energiahozam, ami azt jelenti, hogy így növekszik a napenergia hasznosítása. Magyarországon az évi napenergia „hozam” 4200–4800 MJ/m². Ennek ≈ 5 %-a hasznosítható a növények számára (*Bisio-Bisio*, 1998). A természetes ökológiai rendszerek évi száraz biomassa termelése 0.6–0.75 kg/m². Ez – 16.3MJ/kg átlagos bruttó energiatartalommal számolva – a napenergia 0.25 %-a. Ha a reálisan felhasználható napenergiával számolunk, vagyis az összes napenergia 5%-ával, akkor ez az arány 4.9 %.

Az intenzív termelési körülmények között a bio-energia hozam legyen $E_{out,tech}$. Ekkor az entrópia változás:

$$\partial_e^{techn.} S = \frac{1}{T} (E_{in,techn.} + E_{out,techn.}) \quad (5)$$

Ahol $E_{in,techn.}$ a felhasznált direkt (gázolaj, földgáz stb.) és indirekt (műtrágya, egyéb kemikáliák, gépek előállítás stb.) energiahordozók energiataralma. Azt feltételezzük, hogy ez az energia segíti a növényt, hogy a napenergia hasznosítása, a szén megkötésének mértéke nagyobb legyen. Elméletileg ez úgy fogható fel, mint a hőszivattyú. Hiszen ugyanúgy, ahogy a hőszivattyúnál: az egységnyi energia befektetéssel annak 4–5-szere-sét tudjuk egy hidegebb helyről egy melegebb helyre vinni, itt az egységnyi energia-befektetés 1.5–8 szoros növekedését jelentheti a napenergia hasznosulásának.

Másrészről a természetbe jutó entrópia többlet:

$$\partial_e^2 S = \delta = \partial_e^{techn.} S - \frac{E_{out}}{T} \quad (6)$$

Természetesen a $E_{out,techn.}$ a $E_{in,techn.}$ függvénye.

A (4)-ből kiindulva a természetbe jutó hő (energia) növekedés a technológiai energia befektetés miatt:

$$\delta T = E_{in,techn.} + E_{out,techn.} - E_{out} \quad (7)$$

Itt azonban meg kell jegyezni, hogy a fenti összefüggés felírásakor feltételeztük, hogy az $E_{in,techn.}$ fosszilis energiahordozókból tevődik össze.

Az ökológiai rendszer után nézzük meg, hogy a technológiai energia-bevitellel hogyan alakul a napenergia hasznosulása. Induljunk ki egy 10 t/ha száraz szemtermés hozamból és feltételezzük, hogy ugyanekkora a melléktermék hozam is. Ekkor 2 kg/m² a hozam, amely 33 MJ/m² bio-energia termelést jelent. Ez a hasznosítható napenergia 15 %-a. A kérdés: érdemes-e, illetve ha érdemes, akkor milyen mértékben érdemes növelni a hozamot a technológiai energia-bevitellel?

A magyar mezőgazdaság energiamérlege

A növénytermesztés energiamérlegének vizsgálata külön tudományág: 30–35 éve, az első olaj világválság idején jelentkezett először az igény az optimális energiateljesítmény meghatározására. Azóta sem vesztette időszerűségét ez a tudományterület, sőt a jelenlegi helyzet arra utal, hogy a jelentősége felerősödik.

A növénytermesztési technológiák révén az energia hozam függvény:

$$E_{out,techn.} (E_{in,techn.} E_s) \approx \left(\frac{\partial E_{out,techn.}}{\partial E_{in,techn.}} \right) E_{in,techn.} \quad (8)$$

ahol E_s a szoláris energia, amely adott területen állandónak vehető.

A $\left(\frac{\partial E_{out,techn.}}{\partial E_{in,tech.}} = e_r\right)$ szorzó tényező, differenciál hányados az ún. energiaráta

függvény.

Ez a függvény azonban a technológiai energiaráfordítás szempontjából nem optimalizálható. (Megjegyezzük: e_r függvény, az ún. energiaráta függvény folyamatosan csökken a technológiai energia-bevitel növelésekor. Vagyis egy alacsony technológia szintű országban 10 felett van, míg a fejlett technológiánál átlagosan 3–4) Sokkal kézenfekvőbb, ha a nettó technológiai energia különbség függvényt írjuk fel (Neményi, 1983):

$$E_{nettó,techn.} = E_{out,tech.} - E_{in,techn.} = \left(\frac{\partial E_{out,techn.}}{\partial E_{in,techn.}}\right) E_{in,techn.} - E_{in,techn.} \quad (9)$$

Az $E_{in,techn.}$ függvény a közvetlen és közvetett energiahordozók energiatartalmát, illetve előállításukhoz szükséges energiát leíró függvény. Pimental (1980) szerint az energiaráta lineáris függvény. Ez egyrészt a szerző tapasztalataival, kutatási eredményeivel, másrészt az irodalmi elemzések következtetéseivel ellentétes feltételezés.

Az $E_{nettó,techn.}$ függvénynek (ez általában parabola) van maximuma →

$$\frac{\partial E_{nettó,techn.}}{\partial E_{in,techn.}} = 0$$

Az ehhez az értékhez tartozó energiaráfordítás adja a legnagyobb energiahozam és technológiai energia-ráfordítás különbséget, vagyis ennél nagyobb technológiai energia-bevitel már csökkenti a napenergia nettó hasznosulását. Hangsúlyozni kell, hogy a $E_{nettó,techn.}$ függvény maximuma nem a $E_{out,tech.}$ függvény maximumához tartozó technológiai energia ráfordításnál van, hanem annál kisebb értéknél.

Több évtizedes búza kísérletek alapján Pepó (2004) az 1985 és 1996 közötti időszakra az

$$E_{out,tech.} = (-0,0459 M_{m.trágya}^2 + 17,14 M_{m.trágya} + 4546,9) \times 32,6 \quad \text{MJ/ha}$$

összefüggést adta meg. Ugyancsak Pepó adatait figyelembe véve a 1997 és 2003 közötti időszakra a következő összefüggés adódik:

$$E_{out,tech.} = (-0,22063 M_{m.trágya}^2 + 48 M_{m.trágya} + 4100) \times 32,6 \quad \text{MJ/ha}$$

Az előző esetben a legnagyobb energiakülönbség $E_{nettó,techn.,max.} = 189\,145$ MJ/ha, ami 11 604 kg/ha hozamkülönbséget jelent, míg az 1997 és 2003 közötti időszakra vonatkozó hozamkülönbség 11 159 kg/ha. Ezt lehet szembe állítani, összevetni azzal a hozammal, amely a parlagon hagyott területeken jelentkezik. Magyarországon ez az érték 6000 és 7500 kg/ha között adódik. Svirezhev (2000) Láng István akadémikus vé-

leményére alapozva az érintetlen, antropogén hatások nélküli területekre (pl. Hortobágy) 1.18×10^{11} J/ha energiatermelést (biomassza bruttó energiataralma) feltételez évente. Ez 16.3 MJ/kg átlagos termény energiataralommal számolva 7.24 t /év hektáronként. Energiamérleg szempontjából tehát nem lehet kérdéses a technológiai energia felhasználásának eredményessége.

Következtetések

A (2) összefüggés hasznossága abból adódik, hogy az adott területen lévő diverzitás (W : növény és állatfajok számát, illetve az adott faj populációjának mértékét) egységnek vehetjük. Az elméletileg megvalósítható 0 diverzitásnál pedig az I -t vehetjük egységnek. Másrésztől a legnagyobb nettó technológiai energiát eredményező energia-bevitelnél, amely a maximális ilyen értelmű ráfordítás, meghatározható a diverzitás mértéke. Ezen információk alapján egyértelműen számítható az ésszerű beavatkozásnál bekövetkező entrópia csökkenés. Az egy másik kérdés, hogy a két szélsőérték közötti energiaráfordítás mértékét ki dönti el. A legnagyobb nettó technológiát eredményező energiaráfordításnál a legnagyobb a biomassza termelés, míg a rendszer entrópiája a legkisebb, vagyis a legnagyobb mértékben csökkentjük a diverzitást. A másik eset, amikor természetes ökológiai rendszerről beszélünk, ekkor azonban a hozam lényegesen kisebb, nem beszélve arról, hogy annak felhasználása is nagyon heterogén lehetőségeket kínál. Hiszen a biomasszának csak nagyon kis része alkalmas emberi, illetve állati fogyasztásra, nagyobb része csak tüzelőanyagként hasznosítható. Arra a kérdésre, hogy a két szélsőérték között milyen mértékű energia ráfordítást alkalmazzunk, nehéz választ adni. Környezetvédelmi, természetvédelmi, népelelmezési, szociológiai, gazdasági, sőt politikai szempontok is közrejátszanak e kérdés megválaszolásánál.

A technológiai energiaráfordítás diverzitást csökkentő hatását a gyorsan fejlődő, úgynevezett precíziós növénytermesztés technológiák, illetve az azokat kiszolgáló, műholdakkal vezérelt technikák egyre jobban mérsékelik (Milics et al. 2006; Milics, 2007; Milics–Tamás, 2007; Milics, 2008; Milics et al. 2008; Szabó et al. 2007; Németh et al. 2007; Neményi – Milics 2007; Neményi et al., 2003; Neményi et al. 2006).

Irodalom

- Bisio, G. – Bisio, A. 1998: Some Thermodynamic Remarks on Photosynthetic Energy Conversion. Energy Convers. Mgmt. Vol. 39. No.8.
- Jørgensen, S. E. 2001: Thermodynamics and Ecological Modelling. CRC Press, pp. 373.
- Jørgensen, S. E. -Svirezhev, Y. M. 2004: Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems. Elsevier, pp. 366.
- Margulis, L. 2000: Az együttélés bolygója. Az evolúció új megközelítése. Vince Kiadó Kft, pp. 158. A mű eredeti címe: Symbiotic Planet. A New Look at Evolution. 1998. Sciencewriters.
- Milics G. 2007: Szenzortechnikai fejlesztések a kemikáliák precíziós-helyspecifikus kijuttatásához. In: Jávor A. – Kovács J. (szerk.): A korszerű tápanyaggazdálkodás műszaki feltételei, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen, 143–148 pp.

- Milics G. 2008: A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben, Ph.D. disszertáció, Pécsi Tudományegyetem, pp. 127
- Milics G. – Burai P. – Lénárt Cs. 2008: Pre-Harvest Prediction of spring barley nitrogen content using hyperspectral imaging. *Cereal Research Communications*, Akadémiai Kiadó, Volume 36, 1863–1866 p.
- Milics G. – Nagy, V. – Stekauerová, V. 2006: Application of GIS for evaluating, monitoring and presenting groundwater and soil moisture data. *Pollution and Water Resources Columbia University Seminar Proceedings*, Vol. XXXVI, in cooperation with Centre for Regional Studies – Transdanubial Research Institute, New York, USA pp. 69–75
- Milics G. – Tamás J. 2007: Helymeghatározás. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs.: A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 15–38.
- Mueller, R. F. 1971: Thermodynamics of Environmental Degradation. Presented at the Annual Meeting of the American Geophysical Union, Washington, D.S.
- Neményi M. 1983: A kukoricatermesztés energiamérlegének javítása, különös tekintettel a szemtermés mesterséges szárításának hőfelhasználását befolyásoló tényezőkre. Kandidátusi disszertáció. Mosonmagyaróvár, 156. p.
- Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Milics G. 2006: An Application of Tillage Force Mapping as a Cropping Management Tool. *Biosystems Engineering*, Academic Press, Elsevier Science Ltd. Vol. 94, Iss. 3, July 2006, pp. 351–357.
- Neményi M. – Milics G. 2007: Precision agriculture technology and diversity. *Cereal Research Communications*, Akadémiai Kiadó, Vol. 35, Nr. 2, 2007, pp. 829–832.
- Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Pecze Zs. – Stépán Zs. 2003: The role of GIS and GPS in precision farming.
- Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. 2007: A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, 239 p.
- Niele, F. 2005: *Energy, Engine of Revolution*. Elsevier, pp. 190.
- Pepó, P. 2004: Őszi búza tápanyag ellátottsága a Hajdúságban. MTA Doktori értekezés.
- Pimental, D. 1980: *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press, pp. 475.
- Ruth, M. 1993: *Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics*. Kluwer Academic Publishers, pp. 252.
- Svirezhev, Y.M. 2000: Thermodynamics and ecology. *Ecological modelling*. Volume 132. Issues 1–2.
- Szabó J. – Milics G. – Tamás J. – Pásztor L. 2007: Térinformatika a precíziós mezőgazdaságban. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs.: A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 39–62.

A GLOBÁLIS FELMELEGEDÉS VÁRHATÓ ENERGETIKAI KÖVETKEZMÉNYEI EGY LOKÁLIS PÉLDA ALAPJÁN

Absztrakt

A globális felmelegedés lokális hatásainak közelítéséhez a kukorica energia felhasználását, annak arány-módosulásait vizsgáltuk Keszthelyen. A jövőbeli változások megjelenítéséhez szimulációs modellel közelítettünk egy „átlagos júliusi” időjárású napot, amelynek növényi és talaj jellemzői is a sokéves átlag szerint alakultak. A kontrollt az 1961–1990-es évek jelentették, mint ahogyan azt az IPCC (2007) forgatókönyveiben is tapasztalhatjuk. A szokásostól eltérően a közelmúlt már bekövetkezett változásait az 1997–2006-os évtized futtatása alapján jelenítettük meg. További 6 scenáriót részben az IPCC (2007) Jelentés hazai leskálázásával (A2 és B2), részben extrém meleg időjárás figyelembevételével határoztunk meg. Meglepetésként szolgált, hogy a látens hő aránya kizárólag a CO₂ koncentráció megduplázásánál csökkent, s akkor is csupán 4,8%-kal. A legnagyobb változást az energia megoszlásban a legmagasabb felmelegedést és csapadékmegvonást tartalmazó futtatásnál tapasztaltuk, de ott is mindössze 8,8%-os arány-változást regisztrálhattunk.

Szemben az energia-aránynál tapasztaltakkal, a 6 °C-ot meghaladó extrém felmelegedést megjelenítő magasabb forgatókönyveknél statisztikailag igazolhatóan megemelkedett az alapfuttatáshoz viszonyított látens hő mennyisége, ami azt jelenti, hogy Keszthelyen átlagos júliust feltételezve még 6 °C-os hőmérséklet emelésnél is van némi talaj-nedvesség tartalék, amelyet a transzspirációjához felhasználhat.

Kulcsszavak

Szenzibilis és látens hő, szimulációs modellezés, kukorica

Bevezetés

A globális felmelegedés problémájának világméretű térhódításával az állományon belüli léghőmérséklet és várható változásainak előrejelzése a növények életfolyamataival foglalkozó kutatásoknál várhatóan ismételten előtérbe kerül (Anda 2006). Jelen vizsgálat célja a kukoricaállomány energetikai változásainak számszerű meghatározása volt lokális szinten, Keszthely területére prognosztizált eltérő jövőképek alapján. A téma aktualitását az IPCC 2007-es jelentésben közreadott legújabb éghajlati forgatókönyvek, s azok hazánk nagyobb térségeire leskálázott jövőképei adták (Bartholy et al. 2007). Nagy hangsúlyt fektettünk a szokásosnál melegebb időjárás megjelenítésére, s annak növényi hatás-elemzéseire. Vizsgálatunkban cél a „nagyobb léptékű” globális változások mikroklíma szinten fellépő módosulásainak bemutatása volt, amire meglehetősen kevés példát találhatunk a hazai szakirodalomban.

¹Tanszékvezető egyetemi tanár, Pannon Egyetem Georgikon Kar Meteorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék.

²Szakállamtitkár, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.

Anyag és módszer

A modell inputjai és paraméterei a keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomásról származnak, feladatuknak megfelelően a globális változás lokális hatásainak megjelenítését szolgálják. A bemenő meteorológiai elemeket a helybeli automata klímaállomás nyújtotta. A modell futtatásához 30 éves klímanormálokat alkalmaztunk (1961–90), mégpedig július hónapra, amikor a kukorica tesztnövényünk elérte a teljes fejlettségét, s a mikroklíma elemeinek megjelenítése is ekkor optimális. Az adott szcenárióhoz tartozó bemenő növényi adatok esetében az időjárási inputokhoz hasonlóan az analógia elvét alkalmaztuk. A növényi adatoknál a szimulálni kívánt időjárással analóg évjáratot – júliust – kerestünk, amelynek kukoricára és talajnedvességre vonatkozó adatai megegyeztek, vagy közel azonosak voltak a szimulálni kívánt évjárat értékeivel. Ehhez az állomáson mintegy három évtizeden át gyűjtött és regisztrált középkorai érésű kukoricára vonatkozó adatsor állt rendelkezésünkre.

A *Goudriaan* (1977) illetve *Goudriaan-van Laar* (1994) féle szimulációs modell (CMSM) szerint az állomány adott rétege által elnyelt sugárzási energia (S_i) más energia fajtákká, szenzibilis hővé (H) és látens hővé (λE) alakul. Az állomány i -edik rétegében a szenzibilis hőfluxus, a H_i :

$$H_i = \rho c_p \frac{T_{ci} - T_{ai}}{r_{aHi}} \quad (1)$$

ahol $T_{ci} - T_{ai}$: növény- és léghőmérsékleti differencia ($^{\circ}\text{C}$)

ρ : a levegő sűrűsége (kg m^{-3})

c_p : a levegő állandó nyomáson vett fajhője ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$).

A látens hőfluxus ugyanebben a rétegben:

$$\lambda E_i = \rho c_{p_i} \{q^*(T_{ci} - q)\} / [\gamma(r_{awi} + r_{ci})] \quad (2)$$

ahol $q^*(T_{ci}) - q$: adott levélhőmérséklethez tartozó telítési és a tényleges vízgőz koncentráció különbsége (hPa)

r_{ci} és r_{awi} : az állományra és a vízre vonatkozó aerodinamikai ellenállás (s m^{-1})

γ : pszichrometrikus konstans [hPa K^{-1}]

λ : a víz halmazállapot-változásához szükséges energia [J g^{-1}].

A modell alkalmazási köre széles, a mikroklíma elemeinek szimulációit éppúgy magában foglalja, mint a legfontosabb növényélettani folyamatok számítását. Szimulációs modellként lényeges átalakítást a hazai alkalmazása nem igényelt, bár tesztelése helybeli körülmények között korábban megtörtént (*Anda-Löke*, 2003). Részletesebb leírás a modellről többek között *Dióssy-Anda* (2008) publikációjában olvasható.

A modell eredményét teljesen kifejlett címerrel rendelkező növényre szemléltetjük, amely állapot Keszthelyen júliusban már biztosan bekövetkezik. A modell három rétege

közül a középső, cső szintit választottuk szemléltetésre, amely egyben a legintenzívebb életfolyamatok helye is.

A különböző jövőképek összehasonlításának időjárási alapját, a kontrollt (*első scenárió*) az IPCC 2007-es jelentésében közzétett forgatókönyvek alapjához hasonlóan az 1961–90-es évek átlagai képezték. A kontroll futtatásnál a bemenő CO₂ koncentráció meghatározásához felhasználtuk az 1980-as években helyben végzett CO₂ gáz koncentráció méréseket. Végül az alapfuttatás CO₂ koncentrációját 340 ppm-ben határoztuk meg.

A *második scenárió* a közelmúlt változásait hivatott megjeleníteni az 1997–2006-os évtized adatai alapján. Keszthelyen a nyár az utolsó klímanormál szerint 0,6°C-kal szignifikánsan magasabb léghőmérsékletű, mint az 1901–2000 adatsor júliusainak havi átlaga (*Kocsis-Anda* 2006a). A csapadék július havi összege bár statisztikailag nem igazolhatóan, de mintegy 10–15%-kal csökkent Keszthelyen (*Kocsis-Anda*, 2006b). A külső CO₂ koncentrációt a háttérszennyezés adatai alapján 380 ppm-re becsültük.

A *harmadik scenárió* a külső CO₂ koncentráció emelésének hatásait hivatott számszerűen megjeleníteni, ezért az alapfuttatás bemenő adataiból csak a CO₂ gáz koncentrációját dupláztuk (760 ppm) a meteorológiai inputok változatlanul hagyása mellett. Ezzel a várható változás időpontját is behatároltuk 2070–2100-ra.

A további jövőképekben a jelenlegi külső CO₂ szint megkétszerezése mellett (760 ppm) a léghőmérséklet értékeit az alapfuttatáshoz képest (1961–1990) fokozatosan emeltük, s vele együtt a csapadékot is módosítottuk. A *negyedik elképzelés* az IPCC 2007-es helyzetértékelő jelentésének B2 forgatókönyve alapján *Bartholy et al.* (2007) által hazánkra leskálázott és térképesen megjelenített meteorológiai elemeinek Keszthelyre vonatkozó nyári értékeit tartalmazta 2070–2100-as időszakra előre jelezve. Ebben az elképzelésben a nyári középhőmérséklet Keszthelyen 3,8 °C-kal emelkedni fog, amihez mintegy 15%-os csapadékcsökkenés társul. Az *ötödik scenárió* az A2 IPCC-SRES (2000) forgatókönyv szerinti, fenti módon hazánkra leskálázott nyári adatait használta, amely a korábbinál erőteljesebb felmelegedéssel számol (+4,8°C). Ehhez a hőmérsékletnövekedéshez 25%-os csapadék csökkenés társított. Itt jegyezzük meg, hogy a csapadék szórása mindkét forgatókönyvnél meglehetősen magas ($\pm 15\%$), ami erős bizonytalanságot sejtet.

A *hatodik forgatókönyvnél* a léghőmérséklet átlagát 6,0 °C-kal emeltük, 30%-os csapadékcsökkenéssel mellett. A 6 °C-os emelés az IPCC Negyedik Helyzetértékelő Jelentésében (2007) a felső, évi átlagban 6,4°C-os határértékhez közeli. Ez az érték globális szintű prognózis eredménye, amely *Mika* (2007) szerint hazánkban erőteljesebb lehet. Ezt szem előtt tartva a két utolsó elképzelésben a felmelegedés mértékét tovább emeltük, mégpedig a felső, 6,4 °C-os hőmérsékletnövekedés hazánkra vonatkoztatott, 1,4-szeres szorzatának (9 °C) bevonásával. A csapadékviszonyok előrejelzésének bizonytalanságát ismerve a 9°C-os felmelegedéshez kétféle csapadék ellátást társítottunk, amelyből a *hetedik forgatókönyv* alig tételez fel csapadékmódosulást (–10%-os változás), a *nyolcadik elképzelés* ennél jelentősebb szárazodással számol (30%-os csapadékcsökkenés). E két utolsó scenárió összehasonlítása a későbbiekben arra is lehetőséget adott, hogy az eltérő csapadékelletés növényre gyakorolt hatását számszerűen megjelentsük.

A modellfuttatások eredményeinek értékeléséhez párosított t-próbát alkalmaztunk, amelyet a STATA 5.0 (1996) programcsomag ingyenes verziója alapján végeztünk. Az eljárás a kétmintás t-próbát egymintásra vezet vissza, amire azért van szükség, mert a modell futtatásainál ismétlési lehetőségre, s ezzel szórászsámításra nincs lehetőség. A próba a minta átlagát egy elvárt átlaghoz hasonlítja. A null-hipotézis szerint ha a különbségek átlaga egyenlő 0-val, akkor a két minta statisztikailag egyezik. Ha a különbségek átlaga 0-tól eltérő, akkor a két minta szignifikánsan különbözik. Az eljárás során a szignifikancia szintet 5%-ban rögzítettük.

Eredmények

A növényállományok a sugárzás egy részének visszaverése és átérésztése után az adott növényrétegben maradó energiát különböző energiaigényes folyamatokban használják fel. A legnagyobb fogyasztó folyamat a párologtatás, amelyhez a szükséges energia összefoglaló neve látens hő. Ez az energiamennyiség nem korlátozott vízellátásnál az összes energia mintegy 2/3-át teheti ki. Ennél csekélyebb, közel 1/3-os részarányú a különböző felmelegítési folyamatokban felhasznált energia, a szenzibilis hő. A melegítés során felhasználóként nemcsak a levegő, hanem a növény és a talaj is fellép. Az állomány által visszatartott energiának töredékét kitevő fotoszintézisben megkötött energia csekély (1–2%), amely a szén-asszimiláció folyamatában szárazanyagként, a természetés céljaként jelenik meg.

A kontrollfuttatásként használt 1961–90-es évek júliusainak átlagában Keszthelyen a szenzibilis és a látens hő aránya 32:68 volt, amely nem tért el lényegesen a hazai éghajlati körülményekre megállapított 30:70-es klíma normáltól. Meglepetésként szolgált, hogy lényeges arányeltolódást az általunk alkalmazott többi forgatókönyv esetében sem tapasztaltunk. A legnagyobb változást a 30% csapadékmegvonású és 9 °C-os felmelegedést szimuláló futtatásnál tapasztaltuk, ahol a látens hő értéke 8,8%-kal nőtt a kontrollscenáriohoz képest. 9 °C-os felmelegedés melletti 10%-os vízellátás-csökkentésnél a változás iránya azonos maradt, értéke viszont azonnal a felére esett vissza (4,3%). A megkétszerezett CO₂ koncentráció a párologtatáshoz felhasznált energiát 4,8%-kal csökkentette. A többi futtatásnál a látens és szenzibilis hő arányai alig változtak (1–2%).

A szenzibilis hő alakulása

Ha csak a napi átlagot vesszük figyelembe, az elmúlt évtizedben az érzékelhető hő csupán 3,4%-kal nem szignifikánsan emelkedett az 1961–90-es évek értékéhez képest (*I. ábra*).

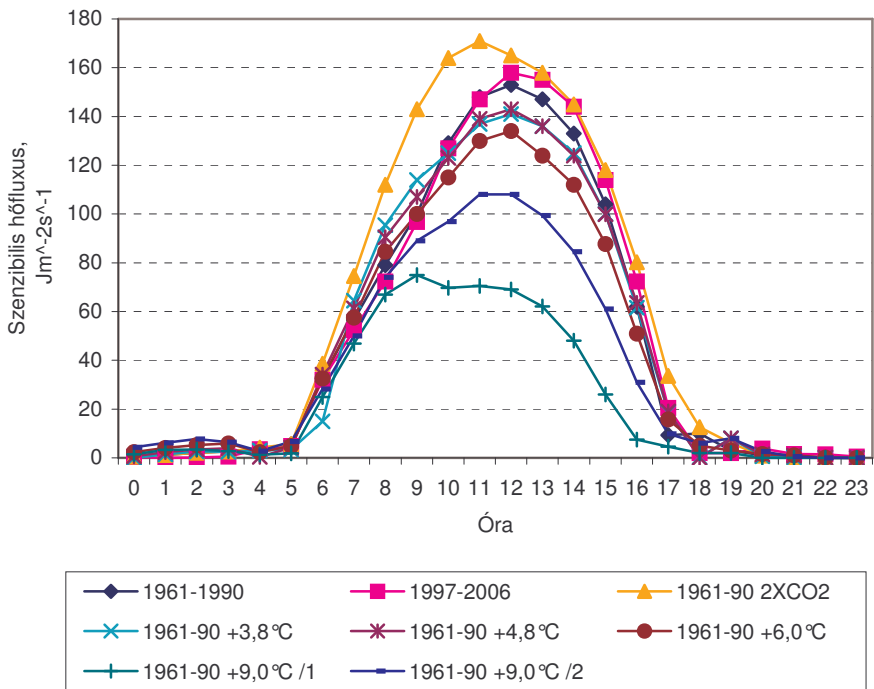
A különböző napmagasságok esetén fellépő eltérő irányú változás járult hozzá ahhoz, hogy a napi átlagos eltérés alacsony szinten állapodott meg. Délelőtt az elmúlt évtized szenzibilis hőmennyisége néhány százalékkal elmaradt a kontrollként alkalmazott 1961–1990-es évek szenzibilis hőjétől, majd délben az eltérés előjele megváltozott, s délutánra már 8,7%-kal meghaladta a közelmúlt évtizedre meghatározott szenzibilis hő az 1961–1990-es normál hőmennyiségét. Az ok valószínűleg az elmúlt évtized 0,6 °C-kal melegebb léghőmérsékletében és csökkent csapadékában keresendő, ami alacsony

napállásnál reggel még biztosított elegendő vizet a kukorica párologtatásához, délutánra viszont a megemelkedett hőmérséklet és a csökkent vízellátottság már akadályozhatta a növény transzspirációját. A kisebb transzspiráció kevesebb párologtatási energiafelhasználást tételez fel, s a hiányzó energiátöbblet a szenzibilis hő növelésére fordítható. Az elmúlt évtizedben a teljes nap átlagában a magas napállás (dél körül) és az azt követő időszak dominanciája érvényesült, ami végeredményben mindössze pár százalékos többlet szenzibilis hőt eredményezett a korábbi 30 év értékéhez képest.

A kétszeres CO₂ koncentráció a szenzibilis hő mennyiségét napi átlagban szignifikánsan, 19,6%-kal emelte. A jelenség a sztómák megemelt CO₂ koncentrációra fellépő szűkülésével, s ezzel a vízgőzkibocsátásuk mérséklésével hozható kapcsolatba. Sokan ezt a „víztakarékosságot” a globális felmelegedés pozitív hozadékaként kezelik. A kétszeres CO₂ koncentrációt tartalmazó scenárió esetén 1 órával korábban tevődött a szenzibilis hő maximumértékének megjelenése ideje (lásd. 1. ábra).

1. ábra

A szenzibilis hő alakulása Keszthelyen jövőképenként a kukorica cső-szintjére meghatározva egy átlagos júliusi napra vonatkozóan



Forrás: Modellfuttatások alapján a szerzők szerkesztése.

A hazai leskálázású scenárió (A2 és B2) értékei statisztikailag nem tértek el sem egymástól, sem a kontroll futtatás szenzibilis hőmennyiségétől. Ahogyan emelkedett a forgatókönyvek szerinti felmelegedés szimuláció, úgy csökkent a különböző scenáriók szenzibilis hőmennyiségeinek kontrollfuttatáshoz hasonlított értéke. A 6 °C-os melege­dést szimuláló kezelésnél napi átlagban a szenzibilis hő csökkenése 10,3% (5%-os szinten szignifikáns), ami arra utal, hogy a növényhűtéshez szükséges víz elpárologtatása ennél a scenáriónál több energiát igényelt, mint amennyi az 1961–90-es évek júliusaiban a megfelelő növényhőmérséklet beállításához szükséges volt. Fontos megjegyeznünk, hogy ennél a forgatókönyv­nél még volt elegendő többletvíz a talajban, amelyet a növény elpárologtatott, mert ellenkező esetben az energia a szenzibilis hőt emelte volna. Ezt a gondolatot erősíti a 9 °C-os léghőmérséklet-emelésnél a két eltérő vízellátás futtatásából adódó szenzibilis hő statisztikailag is igazolt eltérése is. A 10%-os csapadékcsökkenést bemutató forgatókönyv­nél az alapfuttatáshoz viszonyított szenzibilis hőmennyiség az összes elképzelésből a legjelentősebben, 68,1%-kal esett vissza, szemben a fokozottabb, 30%-os nedvességelvonásnál tapasztalt kontrollhoz képesti 32,7%-os érzékelhető hőcsökkenéssel. Mindkét kezelésnél nagyon magas a növényhűtésre fordítani kívánt energiaigény (9 °C-os felmelegedés feltétel!), amely már akkora vízigényt képvisel, amelynek kielégítését az állomány az alapfuttatáshoz történő hasonlításban részben a szenzibilis hő rovására képes csak megvalósítani. A csekélyebb vízmegvonású kezelésben több a növény számára rendelkezésre álló vízmennyiség, ami a szenzibilis hő növekedést a látens hőhöz képest visszaveti.

A látens hő alakulása forgatókönyvenként

A párologtatás a legmagasabb energiaigényű élettani folyamat a növények életében, ami akkor zavartalan, ha van elegendő víz a talajban a hűtéshez. Éghajlatunkon ez a legkritikusabb növényi növekedést, fejlődést gátló tényező, amelynek hiányával a globális felmelegedés hazai hatásainak elemzésekor nagy valószínűséggel szembesülnünk kell.

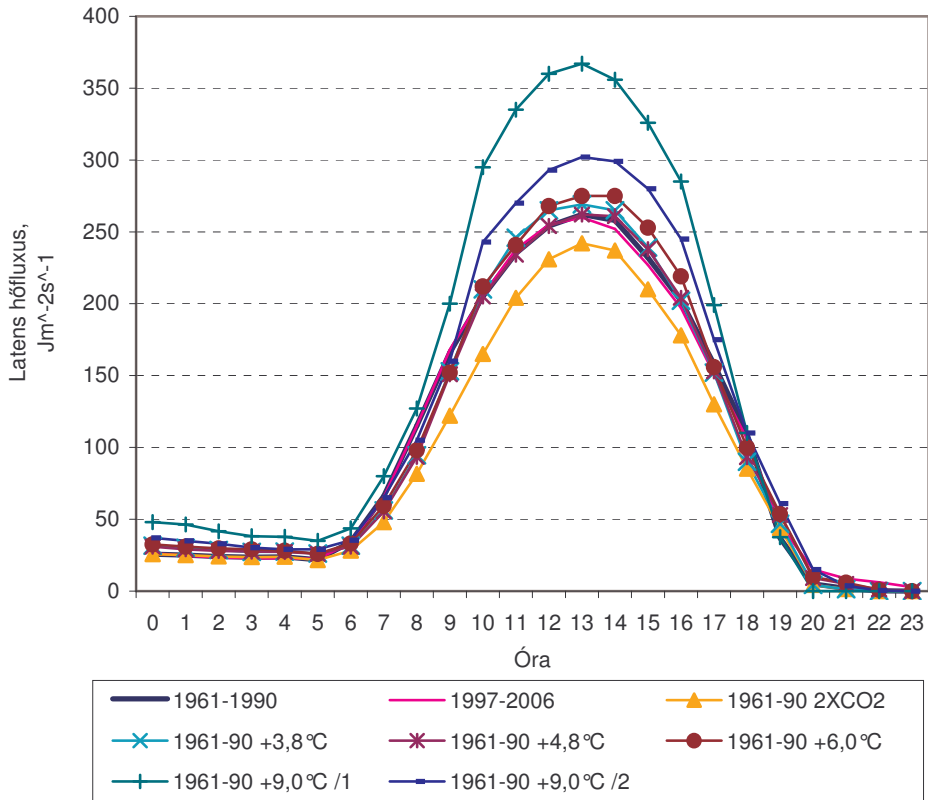
Futtatásaink közül a CO₂ szint megduplázásakor tapasztaltunk 14,2%-os szignifi­káns csökkenést a látens hő alakulásában (2. ábra). Ez az érték egyben a globális felmelegedés növény-vízháztartásra kifejtett, párologtatást mérsékelő hatásának energetikai alapokra helyezett számszerű megjelenítése.

A 6 °C-ot meghaladó mértékű felmelegedés minden forgatókönyvénél statisztikailag igazolhatóan megemelte az alapfuttatáshoz hasonlított látens hőt. Ez a mérsékeltőbb 6 °C-os léghőmérséklet növelésénél még csak 4,1%-os növekedést jelentett. A legnagyobb eltérést a 9 °C-os, s csekélyebb vízmegvonású scenáriónál tapasztaltuk (30,2%). Ennél a kezelésnél még mindig volt többletvíz a talajban, amelyet a kukorica el tudott párologtatni, s az energiafelhasználás mértéke ezzel mintegy harmadával meghaladta az 1961–1990-es években átlagosan transzspirációhoz „elhasznál” energia mennyiségét. A 30%-os csapadékmegvonásnál a szűkösebb vízellátás mérsékeltőbb látens hő felhasználási lehetőséget biztosított a kukoricának, s csupán 13,9%-kal haladta meg a látens hőenergia felhasználása a kontroll értékét. A látens hő csökkenés oka ebben a scená­rióban egyértelműen a korlátozottabb vízellátás volt. A végeredmény egyértelmű; a kisebb transzspiráció intenzitás nem teszi lehetővé a növényélettani folyamatokhoz optimális növényhőmérséklet kialakítását, aminek eredménye a biokémiai folyamatok sérülése, s a megtermelt szárazanyag mennyiségének depressziója. A vízellátás vizsgá-

latának fontosságát igazolta a két eltérő csapadékelátásnál végzett szimulációk látens hőjének 5%-os szinten igazolható eltérése is.

2. ábra

A látens hő alakulása Keszthelyen jövőképenként a kukorica cső-szintjére meghatározva egy átlagos júliusi napra vonatkozóan



Forrás: Modellfuttatások alapján a szerzők szerkesztése.

Következtetések

Az eltérő jövőképekben a két legnagyobb energiafelhasználó, a szenzibilis és a látens hő aránya a kukoricában átlagos júliust feltételezve nagymértékben nem változott. Ennek ellenére mégsem szabad lebecsülni a néhány százalékos módosulást sem, hiszen a fotoszintézis folyamatában éppen ekkora a teljes energiamegkötés értéke. A két energiafelhasználás egymástól nem független, így elemzésüknél a léghőmérséklet és a csapadék hatásait komplexen szükséges kezelni. Ezt igazolhatja a két 9°C-os hőmérséklet-emelésű futtatás szenzibilis hőjének összehasonlítása, amely szerint a kisebb nedvességel-

vonás (–10% csapadék) erőteljesebb szenzibilis hő megjelenést vont maga után, mint a fokozottabb nedvesség elvonású kezelés. A 30%-ra emelt vízmegvonás a növény víz-igényét adott környezeti feltételeknél fedezni már kevésbé volt képes, így a forgatókönyvben szimulált többletenergia (magasabb léghőmérséklet) egy része látens hőként nem tudott megjelenni, hanem a szenzibilis hő mennyiségét emelte. Az alapfuttatáshoz hasonlított csökkent szenzibilis hőmennyiség a 30%-os csapadékmegvonású kezelésben azt jelenti, hogy még e nehezebb környezeti feltételeknél is volt Keszthelyen némi nedvesség-tartalék, amellyel a növény a zordabb feltételekhez alkalmazkodni próbált (Dióssy-Anda, 2008). Nem biztos, hogy ez a lehetőség az ország bármely pontján rendelkezésre áll.

A globális felmelegedés egyik előidézője, a megemelt CO₂ koncentráció önmagában a szótoma réseket 14,3%-kal szűkítette, amely a globális felmelegedés növény párologtatására gyakorolt hatásának számszerűsített értéke Keszthelyre. A fenti hatás kizárólag a CO₂ koncentráció megkétszereződésekor s minden egyéb környezeti tényező változatlansága mellett jelentkezne, ami nem reális feltételezés. A várható módosulások teljesebb körét a többi scenárió (4. futtatástól felfelé) tartalmazza, a komplex hőmérséklet- és csapadékváltozásokat együttesen megjelenítve. A növény rendelkezésére álló vízmennyiség tűnik a jövő szűk keresztmetszetének, amely hiányára a gazdálkodóknak érdemes készülniük még akkor is, ha a csapadékváltozás előrejelzése napjainkban még mindig meglehetősen bizonytalan.

Irodalom

- Anda Angéla 2006: Modeling maize response to climate modification in Hungary. *Comm. Biometry Crop Sci.* 1. 2: 90–98.
- Anda Angéla és Lőke Zsuzsanna 2003: A kukorica párologását meghatározó tényezők, a szótoma ellenállás, a növényhőmérséklet, valamint a fotoszintézis intenzitás számítása szimulációs modellel. *Növénytermelés Tom.* 52. 3–4: 351–363.
- Bartholy, Judit, Pongrácz, Rita and Gelybó, György 2007: Regional climate change in Hungary for 2071–2100. *Applied Ecology and Environment Research* 5: 1–17.
- Dióssy, László and Anda, Angéla 2008: Energy-based approach of local influence of global climate change in maize stands. *Cereal Research Communications* 36. 4: 591–600.
- Goudriaan, J. 1977: *Crop micrometeorology: a simulation study. Simulation monographs*, Pudoc, Wageningen
- Goudriaan, J., van Laar, H.H. 1994: *Modelling potential crop growth processes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp 58–67.
- IPCC 2007: Summary for Policymakers. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor HL, Miller G (eds.), *Climate Change The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I. to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. Available online: www.ipcc.ch
- Kocsis Tímea és Anda Angéla 2006a: Keszthely léghőmérséklete a XX. században. *Léghő 51. évf.* 1: 21–24.
- Kocsis Tímea és Anda Angéla 2006b: A csapadék alakulása a keszthelyi hosszú idősoros meteorológiai megfigyelések alapján. *J. of Central Eur. Agric.* Vol. 7. No 4: 699–708.
- Mika János 2007: *Regionális éghajlati forgatókönyvek előkészítése statisztikus módszerekkel. Akadémiai Doktori Értekezés (DSc Thesis)*, Budapest.
- STATA 5.0 1996: Stata Corporation LP Texas, USA. Available online: www.stata.com.

A TERMŐFÖLD- ÉS VÍZTAKARÉKOSSÁG LEHETŐSÉGEI A SZÁNTÓFÖLDI BIOENERGIA TERMELÉSÉBEN A BIODIVERZITÁS FENNTARTÁSA MELLETT

Absztrakt

A tanulmány a cukorrépa példáján mutatja be az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás és a szántóföldi megújuló energia előállítás optimalizálásának lehetséges változatait. Külföldi és hazai tanulmányok alapján összehasonlító elemzéseket végez a különböző növényfajok bio-üzemanyag hozamait, vízigényét és a fenntartható mezőgazdálkodásban betöltött szerepét vizsgálva. Felhívja a figyelmet a cukorrépa biodiverzitás fenntartásában betöltött szerepére.

Kulcsszavak:

Bioenergia termelés, energiamérleg, széndioxid-kibocsátás, vízigény, biodiverzitás, cukorrépa, szántóföldi növények.

A szántóföldi bioenergia termelés jelentősége

A globális felmelegedés jeleit egyre gyakrabban észleljük a Kárpát-medence térségében, amit kutatások is megerősítenek.

Minden lehetőséget ki kell használniuk a negatív hatások csökkentésére. Mivel a globális felmelegedés leginkább a CO₂ kibocsátásnak köszönhető, ezért minden CO₂ kibocsátást mérséklő tevékenység fontos a klímaváltozás negatív hatásainak csökkentésében.

Magyarország földrajzi adottságainak köszönhetően jelentős mezőgazdasági területekkel rendelkezik, amelyek ésszerű hasznosítással energiatermelési célokat is szolgálhatnak. Ennek fontosabb pozitív hatásai a következők:

- mérsékeli hazánk és az EU az energiafüggését,
- az agrártámogatások csökkentése esetén alternatívát biztosít a termelők számára,
- elősegíti az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését.

A bioenergia-termelés legfontosabb *etikai alapelve*, hogy nem történhet az élelmi-szertermelés és a környezet rovására. Így az energetikai célú növénytermesztésnek csak akkor van létjogosultsága, ha termőföld vagy terményfelesleg van, és a termesztés figyelembe veszi a fenntarthatóság szempontjait, nem károsítja a környezetet és élővilágot, megőrzi, illetve növeli annak biodiverzitását. Tanulmányunkban a hazánkban nagy területeken termesztett szántóföldi növényeink bioenergia célú hasznosításának lehetőségeit vizsgáljuk. Összehasonlításokat végzünk az egységnyi területen elérhető energiahozamok, az ezekhez tartozó energiamérlegek és szén-dioxid kibocsátás csökkenések között. A környezeti tényezőket vizsgálva a vízhasznosítás alakulását is elemezzük, aminek egyre nagyobb lesz a jelentősége. Külön felhívjuk a figyelmet a cukorrépa vetésforgóban betöltött szerepére és jelentőségére.

¹ Ügyvezető igazgató, BETA KUTATÓ INTÉZET Nonprofit Kft.

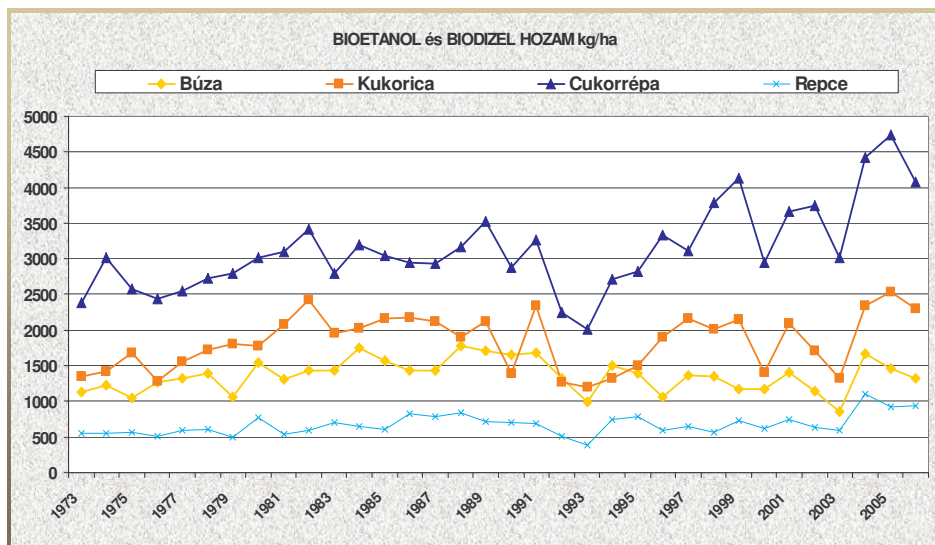
A szántóföldi növényekből történő energia előállítás lehetőségei

A szántóföldi növénytermesztésre alapozott bioenergia előállításnak jelenleg több formája ismert és kipróbált a nagyüzemi gyakorlatban is. Régóta alkalmazott a szántóföldön keletkezett biomassa (fő és melléktermékek) egyszerű begyűjtése és elégetése pl. gabona szalma, energia fű. A bio-hajtóanyagok területén Európában nagyon elterjedt a repcére alapozott biodiesel előállítás, míg az USA-ban a bioetanol gyártása kukoricából, Brazíliában cukornádból gyakori. Európában az utóbbi években egyre több bioetanol üzem létesül cukorgyárak mellett, a kvótán felüli répatermékek levezetésére. A szántóföldi biomassa biogáz célú felhasználása is jelentős. Az EU-ban Németországban és Ausztriában található sok üzem. Főterményként napjainkig elsősorban a silókukoricát használják, azonban jelenleg több nemesítő vállalat is dolgozik speciális energianövényfajták (pl. cukorcirok, silókukorica, cukorrépa, napraforgó, rozs) előállításával. Ezeken kívül a bio-hajtóanyagokat is elő lehet állítani BtL módszerrel, de ez még nem terjedt el olyan széles körben, mint az előzőek.

Az élelmiszertermelés területeinek fenntartása szempontjából az energetikai hasznosítás legfontosabb mutatója a hektáronként nyerhető bioenergia, illetve energiahordozó mennyisége. Az 1. ábrán a nagyobb területeken termesztett potenciális szántóföldi energianövények összehasonlítása látható.

1. ábra

A főbb magyarországi szántóföldi növények potenciális bio-üzemanyag hozamai a KSH terméssadatai alapján



Forrás: A szerző szerkesztése.

Jelenleg a repceből biodízelt, míg a búzából, kukoricából és cukorrépából bioetanolt állítanak elő, ezért ezek hozamadatait vizsgáltuk. Hazai viszonyaink között a repce és búza bio-üzemanyag hozamai a legkisebbek, és több év átlagában a cukorrépából kétszer annyi alkohol nyerhető ki hektáronként, mint a jelenleg erre a célra favorizált kukoricából. A répa további előnye, hogy szacharóz tartalma sokkal egyszerűbben és olcsóbban fermentálható bioalkohollá, mint a kukorica- vagy búzakeményítő.

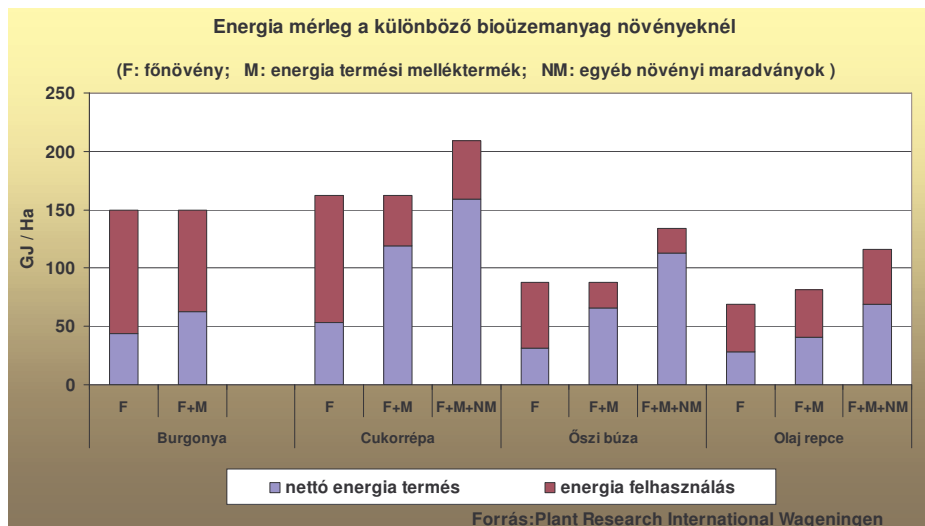
Az évjárat hatások figyelve a változások a különböző növényfajoknál közel párhuzamosan futnak, tehát a jó gabonatermés jó cukorrépa és repcetermés párosul és fordítva, a gyenge termések is együtt jelentkeznek.

Összességében megállapítható tehát, hogy a bioetanol célú cukorrépa-termesztés vonja el a legkevesebb területet az élelmiszer-előállításától. Ez a terület még csökken, ha figyelembe vesszük a répával együtt beszállított melléktermékek (elsősorban a cukorrépa szelet) és a jelenleg a szántóföldön maradó cukorrépa fej és levél energetikai (bio-gáz) potenciálját is.

A vizsgált növények közül ebben is a répának a legnagyobbak a lehetőségei (2.ábra).

2. ábra

Különböző szántóföldi növények energetikai célú hasznosításánál hektáronként nyerhető bioenergia a főnövény (F), a főnövény+melléktermék (F+M) és a teljes növény (F+M+NM) feldolgozása esetére, bruttó és nettó (feldolgozás energia igénnyel csökkentve)



Forrás: A szerző szerkesztése.

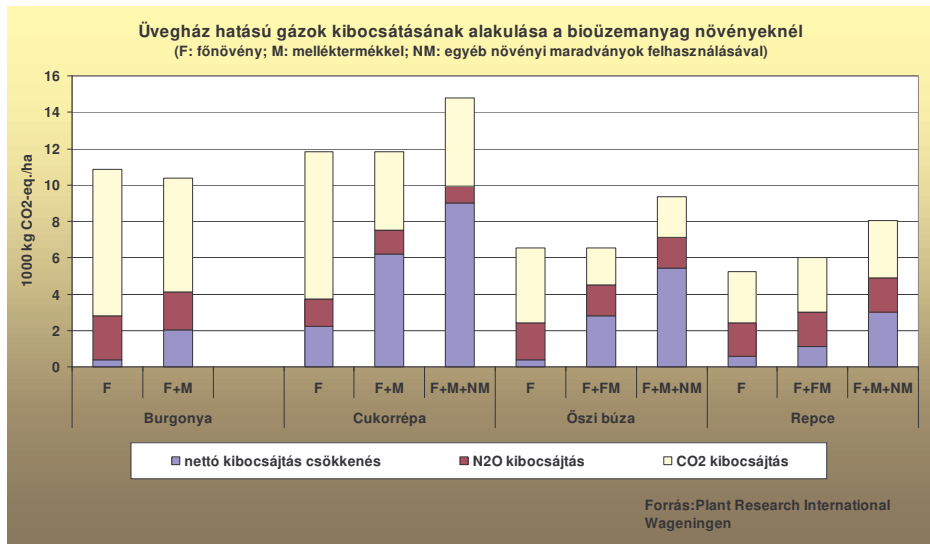
A 2. ábrán négy energianövény (burgonya, cukorrépa, őszi búza, olajrepcé) termésének hektáronkénti energiahozama (összes, illetve a feldolgozás energiaigényével csökkentett nettó érték) látható. Az ábra feltünteti a főtermék, főtermék+melléktermék és teljes növény (beleértve a szántóföldi növénymaradványokat is) hasznosításának értékeit is. A répa teljes feldolgozásával kinyerhető bioenergia nagyobb, mint a búzából, repceből vagy burgonyából nyerhető energia. A kukorica (bár nem szerepel a hollandok ábráján), energiamérlege a búzáéhoz hasonló.

A szántóföldi energianövények a klímaváltozás ellen

A klímaváltozás hatásainak csökkentése szempontjából a növények szén-dioxid-kibocsátás csökkentése fontos tény. Az alkalmazott termesztési technológia mellett az állomány fotoszintetikus aktivitásának, (ami a levélzet felületének nagyságával arányos), a vegetációs idő hosszának és a szénhidrát-akkumuláció mennyiségének van hatása. Mint a 3. ábrán látható, a répa nettó széndioxid mérlege (üvegházhatású gáz „ÜHG” csökkentése) nagyobb, mint a burgonyáé, repcéé és őszi búzáé (a kukoricát is beleértve). Sőt, a feldolgozási fokok növelésével is közel hasonlóan alakul a mérleg. A cukorrépa termesztése ezért a klímaváltozás elleni küzdelem céljait is szolgálja.

3. ábra

Szántóföldi növények hozzájárulása az atmoszférába jutó CO₂ csökkentéséhez



Forrás: A szerző szerkesztése.

A fenntartható növénytermesztés szempontjai a szántóföldi energia-előállításban

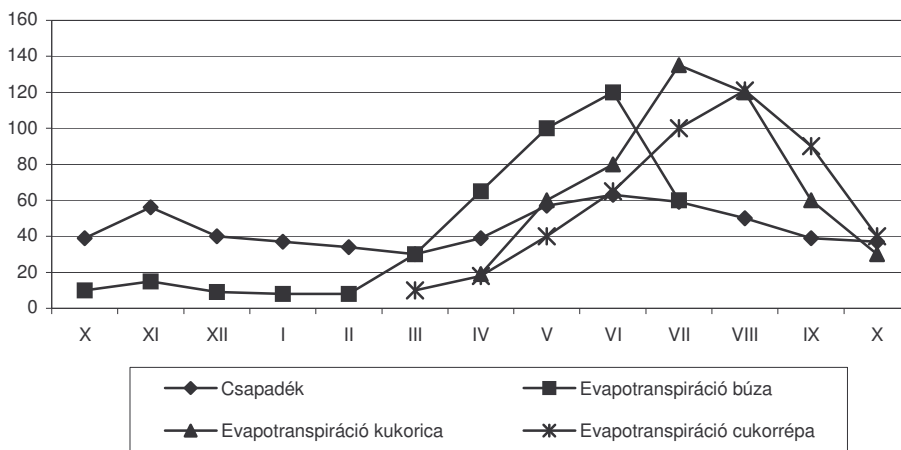
A vízhasznosítás az szántóföldi energianövényeknél

Az egységnyi szárazanyag-előállításához felhasznált vízmennyiség tekintetében a nagyobb hozamú növények előnyben vannak. A cukorrépa vízhasznosítása a legtöbb szántóföldi növénynél kedvezőbb a kukoricához és cirokhoz hasonló. A cukornádat is messze megelőzi ebben a tekintetben, ezért számos kevés vízzel rendelkező ország (pl. Marokkó, Egyiptom), ahol a cukornád is megterem, inkább cukorrépát termeszt és ebből nyeri a cukrot. Erre az irányzatra jellemző, hogy ebben az évben a Syngenta nemesítő vállalat trópusi cukorrépáját az ENSZ is díjazta, az indiai trópusi répatermesztést a fejlődő országok által követendő példának beállítva. Ezen az égövön a cukornádhoz hasonló energiahozamú répával évente két termést lehet betakarítani.

Hazai éghajlati körülmények között a 40 éves csapadék adatok és az evapotranspirációk összevetése alapján látható, hogy a búza tenyészidőszaki vízigénye kisebb, de a jó termésekhez a kukorica és cukorrépa közel azonos mennyiségű vizet igényel.

A cukorrépa előnye ebben a tekintetben a mélyre hatoló gyökérzet, amely által könnyebben átvészeli a szárazabb időszakokat.

4. ábra
A fontosabb szántóföldi növényeink evapotranspirációs vízmérlege



Forrás: Birkás et al, 2007.

A mélyre lehatoló gyökérzet javítja a talaj szerkezetét, víztartó képességét és fokozza termékenységét. A cukorrépa termesztés pozitív hatása jelentős a felszíni és felszínalatti vizek nitrát szennyezésére, ugyanis mélyről „kiveszi” a nitrogént a talajból. Számos tanulmány bizonyítja, hogy a cukorrépa tarlómaradványai sokkal kevésbé járulnak hozzá a nitrogén kimosódásához, mint a gabonaféléké. Ezt répánál kb. 30 kg/ha-ra becsülik, szemben a gabonáknál tapasztalt 60–70 kg/ha-os veszteséggel.

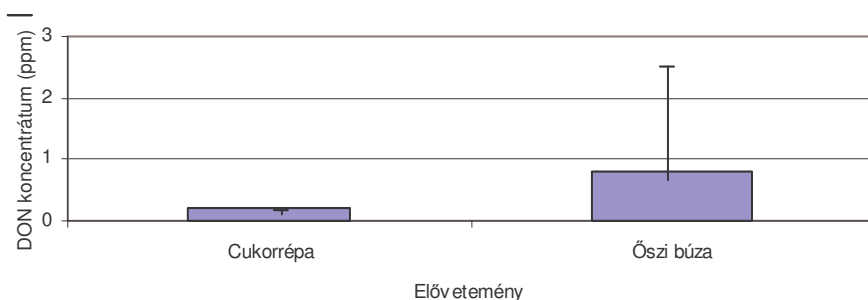
A vetésforgó a szántóföldi energianövényeknél

A vetésforgó a környezetet kímélő növénytermesztés egyik legfontosabb eszköze. Szakszerű alkalmazásával gazdasági előnyei is jelentősek. A hazai vetésforgós gazdálkodás bevezetése gyakorlatilag a cukorrépa-termesztés megjelenésével egyidejű.

A cukorrépa egyik fontos tagja a vetésforgónak. Mint raktározó gyökerű növénynek egész más az életciklusa, és más botanikai családnak tartozik, mint a kukorica és az őszi búza. A cukorrépa a gabonákra épülő vetésforgóban „gyógyító” előveteménnyel is tekinthető, mivel a cukorrépa után termesztett gabona nagyobb termést ad (egyúttal csekélyebb növényvédőszer-felhasználással és tápanyag-utánpótlással), mint amikor a gabona a vetésforgóban a gabona után következik. A búza termesztése búza után a búzaszemben deoxynivalenol toxin képződéséhez, illetve fuzáriummal való fertőzéshez vezethet, és így a termesztés során fungicid alkalmazása szükséges. A cukorrépa után termesztett búzaszemben a DON-koncentráció (deoxynivalenol) nagyon alacsony, sok esetben nem is mutatható ki, függetlenül a talaj előkészítéstől.

Ezért a cukorrépa után vetett búzában a fuzárium elleni küzdelemben a fungicidek alkalmazásától gyakran el is lehet tekinteni.

5. ábra
A DON-koncentráció a cukorrépa előveteménnyel és nélkül



Forrás: A szerző szerkesztése.

Sokféleség (biodiverzitás) a termesztés során

A monokultúrákat viszonylag alacsony szintű biodiverzitás jellemzi. Az áttelelő növények kevés alkalmas táplálékot és tartózkodási helyet biztosítanak más fajok számára. Ezeket korán betakarítják, így a madarak fészkeléséhez, a fiókák kikeléséhez és önállóvá válásához nem biztosítanak megfelelő élőhelyet. A védelem és a táplálék hiánya sok madár számára kritikus, különösen a mi ritka fajaink részére. A különböző növények felhasználása a vetésforgóban nagymértékben növeli a biodiverzitást. A cukorrépa és gabonafélék egyike azon egyszerű vetésforgóknak, amelyek változatos környezetet biztosítanak és elősegítik a flóra és fauna nagyobb fokú diverzitását.

Tavasszal a répa alacsony, nyílt levélzete tápláló és fészekrakó környezetet biztosít a mezei pacsirtáknak, foglyoknak, bibeceknek, citrom sármányoknak és ugartyúkoknak.

Ősszel a gyomok magvai mint a fehér libaparéj (*Chenopodium album*), szintén fontos táplálékforrásai a madaraknak, a foglyoknak, pintyökének és a sármánynak. Tavasztól ősziig a cukorrépatábla a kisemlősök otthona, amelyekre a madarak (pl. gyöngybagoly) is vadásznak, de védelmet nyújtanak a kis- és felnőtt nyulaknak is.

A répa betakarítása után a répafej és a gyökértöredékek szintén táplálékforrásai a madaraknak. A gerinctelen fajok a gyökérnövényekben kellően védve vannak, egy részük mégis a ragadozó kártevők zsákmánya lesz. A cukorrépa a táji diverzitás fontos eleme.

A szántóföldi növények energia célú termesztésének jelenlegi helyzete

A hazai szántóföldi növények közül jelenleg a kukorica az energiatermelés (bioetanol előállítás) fő alapanyaga. Ennek elsődleges oka az alacsony ár és a jó tárolhatóság. Bár az előzőekben ismertetett termőterület-gazdálkodási és környezetvédelmi szempontok alapján a cukorrépa lenne a legperspektivikusabb szántóföldi energinövényünk, azonban a gazdaságossági megfontolások már nem biztosítanak előnyt a számára. Egy tonna répából kb. 100 liter bioalkohol nyerhető, kukoricából viszont 300 liter. A jelenlegi árak mellett a kukorica olcsóbb alapanyag egységnyi bioetanol előállításához. Bár érdemes megjegyezni, hogy idén tavasszal, amikor a kukorica ára több mint háromszorosa volt a répának, a répából olcsóbban lehetett volna alkoholt nyerni. A répa másik hátránya, hogy éves tárolása jelenleg nehéz, jelentős beruházási költséggel járó előfeldolgozást igényel. Vannak próbálkozások az olcsó tárolás megoldására, ennek kidolgozásához Intézetünk is adott be pályázatot. A nyersanyagárak a piac volatilitása miatt évről évre nagy ingadozást mutatnak, ezért egy olcsóbb termesztési és feldolgozási technológia kidolgozása lenne indokolt. A cukorrépa alapú szántóföldi energiatermelés a bizonyított termőterület-megtartási és környezetvédelmi előnyei mellett ökonómia szempontból is gazdaságos lehet.

Az új energianövényeink mint a cukorcirok és csicsóka néhány fontos tényező (pl. biodiverzitás) alapján szintén elmaradnak a répa értékeitől. Mindezek az ökológiai és gazdaságossági tényezők indokolják, hogy a cukorrépa-termesztés és -feldolgozás racionális volumennel, új termékskálával, magas színvonalon *fenntaradjon Magyarországon is*.

Irodalom

- Birkás Márta – Jolánkai Márton – Szentpéteri Zsolt 2006: A klímaváltozás hatása a növénytermesztésre – alkalmazkodási lehetőségek. Poster a VAHAVA projekt zárókonferenciáján, 2006. március. http://www.vahava.hu/file/Novenytermesztes_2.pdf.
- Potyondi László, Kimmel János, Boros János 2007: A fenntarthatóság és környezetvédelem a cukorrépa termesztésében Cukoripar LIX. évfolyam, 4. szám, 86. p.
- Wim Corré and Sjaak Conijn, Bert Annevelink, Rob Bakker, Hans Langeveld 2008: Energy and greenhouse gas balances of *biofuel crops* http://www.biofuel2g.com/Ponencias/wim_corre.pdf.

VI. Fenntartható fejlődés és stratégia

A NEMZETI FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSI STRATÉGIA ELMÉLETI PROBLÉMÁI

Absztrakt

A fenntartható fejlődés koncepciója több évtizedes múltja ellenére is ellentmondásos. Az Agenda 21 (1992) kimondja, hogy „a fejlődés fogalma nem tisztázott,... szükség van holisztikus fejlődés-elméletre,... interdiszciplináris kutatóprogramok és különböző típusú demonstrációs modellek felállítására, a módszertan tanulmányozására és az irányelvek megfogalmazására...”

A tanulmány ennek szellemében röviden elemzi a fenntarthatóság lényegének elméleti kérdéseit, a fogalomrendszer problematikáját és felvázol egy rendszerszemléletű modellt. Ezen keresztül értékeli röviden a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia tartalmát, amely csak részben felel meg a paradigmaváltás követelményeinek. Hiányzik a rendszerszemlélet, a területi komplexitás, a terület- és településfejlesztés elmélete és gyakorlata, és ellentmondások az ágazati politikák.

Kulcsszavak

Paradigmaváltás, rendszerszemlélet, holisztikus fejlődésmodell, evolúciós szemlélet, bioszférikus törvények.

Bevezető

A fenntartható fejlődés modern megfogalmazása az emberiség örök vágyának: harmónia a külső világban – egyensúly a természet, a társadalom, a gazdaság között –, és harmónia az ember belső világában. Ez a bölcsesség által „arany középútnak” nevezett örök álom, amely folyamatosan gondolkodásra, cselekvésre motiválja az embert.

Seneca írja: „A gazdagság a természet törvénye szerint szabályozott szegénység – ezt gyakran mondja Epikurosz más-más módon, de sohasem hallhatjuk túl sokat, amit sohasem tanulhatunk meg eléggé”(Seneca, 2001). Ugyanezt Polányi Károly (1976) a következő módon fogalmazza meg: „A gazdaság helyét a társadalomban nem a társadalomnak és a kormánynak, hanem magának a Természetnek az ereje jelölte ki.”

A fenntartható fejlődés a természet, a társadalom és a gazdaság harmonikus, dinamikus egyensúlyi viszonyrendszere. A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia értékelésének ez a legfontosabb szempontja. Ehhez a fenntarthatóság fogalmkörének rövid elemzése indokolt.

A fenntartható fejlődés fogalmának problematikája

1987-ben az ENSZ Környezet és Fejlődés Bizottság jelentése (Közös Jövőnk címmel), valamint 1992-ben Rio de Janeiróban az ENSZ Környezet és Fejlődés Világkonferencia fogalmazta meg és fejtette ki a fenntartható fejlődés koncepcióját. A fenntartható fejlődés

¹ Tudományos munkatárs, PTE Természettudományi Kar Földrajzi Intézet.

dést mindkét definíció jövőbeli célként jelöli meg, amelynek megvalósítására az „olyan formában” és az „úgy kell érvényesíteni” mondatrészek vonatkoznak. Csak azt a célt fogalmazzák meg, hogy a jövő generációk fejlődési szükségletei biztosíthatók legyenek, a megvalósítás elméleti alapjait azonban nem tartalmazzák. A két dokumentum szöveganyaga megfogalmaz bizonyos irányelveket, megvalósítási programokat, ám a teljesség igénye, rendszerszemlélet nélkül.

Ugyanakkor az Agenda 21 kimondja, hogy „a fejlődés fogalma nem tisztázott,... szükség van holisztikus fejlődéstudományra... interdiszciplináris kutatóprogramok és különböző típusú demonstrációs modellek felállítására, a módszertan tanulmányozására és az irányelvek megfogalmazására... Növelni kell a fizikai, gazdasági és társadalomtudományok integrációját annak érdekében, hogy jobban meg lehessen érteni a gazdasági és társadalmi viselkedés környezetre gyakorolt hatásait, különösen mélyebben kell tanulmányozni az emberi viselkedést és viszonyulásokat, melyek mint hajtóerők központi szerepet játszanak a környezeti változás és az erőforrás felhasználás okainak és következményeinek jobb megértésében, és elő kell mozdítani a globális változásra adott emberi, gazdasági és társadalmi válaszok kutatását” (Agenda, 1992).

Az Agenda 21 alapvető ellentmondása, hogy megfogalmazta a fenntartható fejlődés definícióját, de nem tisztázta a fejlődés fogalmát. Számos kutatási program ellenére nem készült egy mindenre kiterjedő, rendszerszemléletű, interdiszciplináris, holisztikus fejlődéstudományi modell.

A politikai-diplomáciai alkuk eredményeképpen ezért a meghatározás elég nyitott ahhoz, hogy a hatalom szereplői érdekeik szerint értelmezzék.

Ráadásul a világgazdasági folyamatok megelőzték a fenntarthatóság elméleti és gyakorlati kibontakozását. 1994-ban Marrakeshben a világgazdaság főszereplői létrehozták a WTO szervezetét, amely egyértelműen a gazdasági növekedést, a régi paradigmák fennmaradását, megtartását akarja minden eszközzel megvalósítani. A WTO szellemisége, határozatai, jogszabályai szinte teljesen ellentétesek a fenntarthatóság eredeti koncepciójával (George, 2001).

Ennek oka elsősorban a hatalmi rendszerek érdekei, a politikai és gazdasági rendszerek mély összefonódásai, a globális tőke óriási hatalma.

A fenntartható fejlődés dokumentumaiban hiányzik annak a határozott kimondása, hogy a fenntartható fejlődés egy új világméretű, egy új paradigma. Ez meghatározóan fontos, mert a fogalmakat újra kell értékelni. A paradigmaváltás lényege éppen ebből áll: a régi fogalmak új tartalmat kapnak, illetve új fogalmak jelennek meg (Kuhn, 1984). A rendszerhibák – mint anomáliák – lényege az, hogy a fogalom és a valós tartalma, azaz megnyilvánulása elveszíti a kapcsolatot, nem fedik egymást. Einstein ezt a jelenséget így fogalmazza meg: “A fogalmak tartalmát csak azáltal nyernek, – ha akár csak közvetve is – az érzékelt élettellel vannak összefüggésben. Ezt a kapcsolatot azonban semmiféle logikai kutatás nem fedezheti fel, ezt csak átélni lehet – és mégis – éppen ez a kapcsolat határozza meg a fogalomrendszerek megismerési értékét” (Einstein, 2002).

A fenntartható fejlődés értelmezési problémája jóval bonyolultabb jelenség, mint általában gondoljuk. Mivel mindenkinek van elképzelése a jelentéstartalomról, ezért a régi értelmezés egyszerűen átkerül az új paradigmába, és ezzel a fenntarthatatlan fennmaradása kerül megvalósításra, hatékonyabb környezeti politika mellett.

A fogalom jelentését tehát paradigmatikusan kell átértelmezni, új tartalmi alapokra helyezni.

Az első lépés a fejlődés fogalmának teljes értelmezése, amely általánosan érvényes a természetben végbemenő fejlődésre és az emberi rendszerek fejlődésére egyaránt.

A fogalom általános jelentése szerint a fejlődés egy teljesebb, bonyolultabb, összetettebb rendű, magasabb minőségi állapot felé irányuló változás, kibontakozás, kiteljesedés, amely során általában bonyolultabb struktúrájú, változatosabb és differenciáltabb tulajdonságú rendszerek jönnek létre. A fejlődést olyan változások hordozzák, amelyek a tér és az idő szervezett struktúrájának kialakulásához és ismétlődéséhez vezetnek. A fejlődés törvényszerű, térben és időben egyenetlen, de folyamatos, meghatározott irányú, nem szükségszerűen lineáris jellegű, kaotikus folyamat, amely irreverzibilis.

Pontosabb és mélyebb képet alkothatunk a fejlődés természetéről, ha az evolúció fogalmának tartalmát elemezzük. Ez azért is logikus és nélkülözhetetlen, mivel az emberiség fejlődése a földi élet evolúciójának része.

A fejlődés fogalma azonos az „evolúció” fogalmával, amely a latin eredetű „evolvo = kiteljesedni” szóból származik, és a biológiai tudományok általánosan használják az élő szervezetek és a bioszféra kialakulására, fejlődésére.

Az élet fejlődése az univerzum része, tulajdonképpen annak kiteljesedését jelenti. Az evolúció folyamatában alakult ki a bioszféra, az egyre összetettebb rendszerek pedig „megteremtik” a folyamatosan fejlődő embert és annak létfeltételeit, társadalmi, gazdasági rendszereit, amelyek végső soron az emberi kiteljesedést szolgálják (Rees, 1999; Németh, 2003; Hawking, 2005).

A bioszféra önteremtő, önszabályozó rendszer, biodiverzitása ciklusosan teljeseedik ki. A fajok lokális térben, elsősorban kooperatív kapcsolatban állnak egymással, amely a rendszer komplexitását hordozza. A bioszféra anyagcseréje ciklusos, az energia áramlása lineáris pályán történik.

Az ember szempontjából az élő rendszerek evolúciójának legfontosabb tulajdonsága a koevolúció. Az élőlények alkalmazkodási folyamataik során az élő és élettelen környezetükkel kölcsönhatásban, együttesen fejlődnek. Az ember biológiai és társadalmi lényként ennek a rendszernek ko-evolváló részévé válik. A geo-bioszféra az a létfenntartó rendszer, amelytől az emberi élet és valamennyi, ember által létrehozott rendszer függ. A függő helyzet logikai következménye, hogy a társadalmi-gazdasági rendszerek csak alrendszerek lehetnek. A rendszerelmélet szerint az alrendszerek fejlődésére, szerveződésére és működésére lényegileg ugyanazok a törvények és elvek érvényesek, mint a létfenntartó főrendszerre. Az evolúció általános törvényszerűségei az emberi rendszerek fejlődésére is érvényesek (Juhász-Nagy, 1993).

Ezt az összefüggést Csányi Vilmos (2001) is bizonyítja, amikor az evolúciót definiálja: „Az evolúció egy önmagába visszacsatolt nagyrendszer, aminek a hajtóereje tulajdonképpen önmagában rejlik. Ez a hajtóerő az egyes evolúciós rendszerek olyan belső készítése, kényszere, hogy egyre tökéletesebben illeszkedjenek a nagyrendszer egészéhez, az evolúció egész folyamatához”. Csányi alapján a kompatibilis illeszkedés az a kapcsolati forma, amely a társadalmi-gazdasági rendszerek alárendelt helyzetét igazolja.

A fejlődés lényege a változások különböző ritmusú, de állandó megnyilvánulása, amelyek minőségi változást eredményeznek. Ez a folyamat mennyiségi változásokat,

növekedési jelenségeket is hordoz magában, de ezek is a minőségi változásokat szolgálják.

A szabályozatlan növekedés az élő rendszerekben exponenciális jellegű, amely összeomlásra van ítélve. Az összeomlás ugyanakkor önszabályozásnak értékelhető, amely a természetben „természetes”, az emberi rendszerekben azonban válságot, forradalmat, tragédiát jelent.

A civilizáció nyugati típusa az ipari forradalom óta olyan intenzív gazdasági tevékenységet folytat, amelyben a növekedés játszik meghatározó szerepet. Ez eredményez minőségi változásokat, valódi fejlődést is, de a szabályozatlan növekedés negatív következményei egyre súlyosabbak lesznek.

Ha a növekedés nem szolgálja a fejlődést, azaz öncélúvá válik a „nagyobbat, többet, gyorsabbat, újabbat, messzebbre” értékrend, akkor felborul az egyensúlyi állapot, és ez aláássa a fejlődést, mivel feléli az erőforrásokat és a valódi fejlődés számára nem lesz, vagy korlátozott lesz a lehetőség. Tulajdonképpen ez a globális krízis lényege, s napjainkra egy elmélyülő, komplex válság jött létre, amely várhatóan az emberiség történelmének legnagyobb fordulópontja lesz.

Az emberiség az Univerzum és a földi élet evolúciójának a része. Ezért fejlődésének kereteit a létfenntartó bioszféra fejlődési iránya és törvényei jelölik ki. Hasonlóan értékkel *Kiss Tibor*, amikor „természet-vezérelt” gazdaságról ír (*Kiss, 2005*).

A földi evolúció részeként, a bioszféra alrendszereként az emberiség úgy képes hosszú távon is biztonságosan, azaz „fenntarthatóan” fejlődni, ha a létfenntartó bioszféra fejlődési irányához és annak szerveződési és működési modelljéhez igazodva, azzal kompatibilisen fejlődik. Így a bolygó létfenntartó rendszerei nem károsodnak jelentős mértékben, és ezért a jövő generációk fejlődési igényei biztosíthatók lesznek.

A fenntartható fejlődés ökológiai alapelvei kiegészülnek a társadalmi együttélés morális szabályaival: méltányosság, szolidaritás, tisztelet és alapvető emberi jogok biztosítása minden ember számára.

A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia (NFFS) rövid története

A Környezet és Fejlődés ENSZ Konferencia Zárónyilatkozatát a Magyar Köztársaság nevében Göncz Árpád köztársasági elnök írta alá, amelyet a Parlament 1993-ban elfogadott. Az Európai Unió 2001-ben készítette el első fenntartható stratégiáját (Göteborg), majd az Európai Tanács 2006. június 16-i csúcstalálkozóján elfogadta az Unió megújított Fenntartható Fejlődési Stratégiáját. Ez a dokumentum a tagállamok számára előírta Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégiák elkészítését (egyedül hazánknak nem volt) illetve megújítását, valamint a kapcsolódó kétéves Akciótervek elkészítését. A NFFS az említett dokumentumok és a hazai korábbi fejlesztési tervek alapján készült el a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség valamint a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium tervezői munkacsoportja által. A társadalmi egyeztetés 2007. április 26. és május 31. között történt, szakmai, érdekképviseleti, társadalmi szervezet, a gazdasági, az önkormányzati és a civil szféra képviselői részéről (PTE: Kiss Tibor és Hajnal Klára). A Magyar Köztársaság Kormánya 2007. június 29-én elfogadta a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia társadalmi egyeztetés során módosított változatát és a hozzá kap-

csolódó tagállami jelentést az Európai Unió megújított fenntartható fejlődési stratégiájának végrehajtásáról. A Kormány, a dokumentumot az Európai Unió Bizottsága számára határidőre megküldte.

Az Országgyűlés múlt év novemberében döntött arról, hogy létrehozza a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanácsot, amelynek elnöke a Parlament mindenkori elnöke. A Tanács létszáma 32 fő, amelyben a kormány, a parlamenti frakciók képvisellete mellett helyet kapnak a tudomány, az egyházak, a szakszervezetek, a gazdasági kamarák, a munkaadói szervezetek, az önkormányzati szövetségek, a nemzeti- és etnikai kisebbségi és a civil szervezetek képviselői.

2008. október 10-én megalakult a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács, amely a jelenlegi világválság hatására kezdeményezni fogja a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia megújítását és döntést hozott, hogy jövő év őszére elkészíti Magyarország Fenntarthatósági Jelentését.

A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia kritikája

A stratégia címe önmagában következetlen: ugyan az eredeti angol „sustainable development” jelentése valóban „fenntartható fejlődés”, azonban a magyar nyelv határozott lehetőséget ad a természetes fejlődés, és az ember általi tudatos fejlesztés közötti választásra.

A fejlődés folyamatának korábban leírt jellemzőiből itt azt kell hangsúlyozni, hogy az evolúció a biológiai rendszerek változását, kibontakozását jelentő természetes folyamat. Az emberi beavatkozás nem képes tovább fejleszteni, azaz jobbitani, vagy gyorsítani. A természet önmagában tökéletes és állandóan változó, fejlődő rendszer, amelyet az emberi tökéletesítő szándék épp megfoszt attól a dinamizmustól és szerkezettől, amely a fejlődés feltétele. A fejlesztés ezzel szemben olyan tudatos, kizárólag emberi tevékenység, beavatkozás, amely valamely meghatározott cél érdekében történik. A „fejlesztés” mindig külső erőforrásokat használ fel információ és energia formájában, ezzel azonban megzavarja a rendszer természetes állapotát és fejlődésének irányát. A fejlesztés során a tudomány és a technika eredményeinek felhasználásával olyan tervszerű gazdasági, műszaki tevékenység valósul meg, amely mennyiségi és minőségi változást hoz a gazdaság és ezen keresztül a társadalom életébe. A fejlesztés erőforrásigényét a természet biztosítja. Az erőforrásokat a gazdasági tevékenység új, mesterséges rendszerben dolgozza fel. A természettel szemben a fejlesztett, mesterséges rendszer nem rendelkezik az eredeti önfenntartó és önszabályozó képességgel, tehát önállóságát, függetlenségét elveszítette. Ezt csak további külső információk kontrollal és energia-befektetéssel lehet biztosítani, amely viszont a természetes rendszer stabilitását kockáztatja. A fogalmi értelmezés eredménye szerint tehát a fenntartható fejlesztés elsősorban olyan szabályozó és ellenőrző tevékenység, amelynek célja a bolygó természetes rendszerei, és az emberi mesterséges rendszerek igényei közötti dinamikus egyensúly, tartós harmónia biztosítása.

A NFFS ugyan idézi az Agenda 21 definícióját, de egy bővebb értelmezésben: „A fenntartható fejlődés a társadalom életminőség javulását szolgálja, amely nem szűkíthető le az anyagi jólétre, hanem magában foglalja a környezet minőségét, a de-

mokratikus jogok érvényesülését, a természeti erőforrásokhoz valamint a társadalom nyújtotta szolgáltatásokhoz és intézményekhez való hozzáférést, a teljes testi, lelki egészséget, a szabadidőt, a biztonságot is. A társadalmi jólét a környezetminőség és a társadalmat alkotók életminőségének együttes megnyilvánulása.”

„A természeti erőforrásokkal való fenntartható gazdálkodásnak együtt kell érvényesülnie a jólét elérését, megtartását elősegítő gazdasági fejlődéssel és a társadalmi igazságossággal, esélyegyenlőséggel”.

A természeti erőforrások vonatkozásában ez azt jelenti, hogy hosszú távon a természeti környezet eltartó-képességével összhangban lehet csak a társadalom reális szükségleteinek a kielégítéséről gondoskodni; a környezet eltartó-képessége egyben az igények kielégítésének korlátja is. Ennek megfelelően van szükség a természeti erőforrások fenntartható használatára, aminek megvalósításához a társadalom környezet-tudatos és környezet-etikus magatartása szükséges. „A fenntarthatóság elvei szerint élő társadalomban többek között érvényesül a szociális igazságosság, amelynek az alapja a lehetőségekhez való hozzáférés esélyegyenlőségének biztosítása, és a társadalmi terhekből való közös részesedés; az életminőség folytonos javítására való törekvés. E cél elérése érdekében olyan erkölcsi normarendszert szükséges a társadalom tagjai felé közvetíteni, amely ezeket a folyamatokat támogatja, illetve elősegíti.”

„A jelenlegi társadalmi-gazdasági folyamatok, illetve hatásaik jelentős részben elmentések a fenntartható fejlődés követelményeivel. E trendek ismeretében elkerülhetetlen egy olyan fejlődési pályára való áttérés, amely hosszú távon biztosítja a társadalom és köztük a magyar társadalom fenntartható fejlődését.”

Az NFFS alapelvek megfogalmazásával a hagyományos ágazati szemléletben dolgozza fel a teendőket, amelyek „megfogalmazására, pontosítására és elfogadására a legmagasabb szinten került sor mind az ENSZ, mind az EU keretében.” Ezek az alapelvek azonban csak akkor kapnak valódi értelmet, ha az előző fejezetben felvázolt modellhez igazítjuk. Ráadásul a „hazai fontosságuk miatt” kiemelt alapelvek felsorolása nélkülözi a logikus sorrendet, összefüggésrendszereket. Hiányzik a szubszidiaritás elve, amely rendkívül fontos eleme a fenntarthatóságnak, súlyosan hiányos a *tartamosság elve*, a *helyi erőforrások hasznosításának elve*.

Az EU megújított stratégiája aktuális problémakörökre, azaz összefüggésrendszerekre építi a feladatokat, ezzel szemben a hazai stratégia a hagyományos ágazati szemléletet követve igyekszik kisebb-nagyobb hiányokat pótolni.

Az NFFS nem alkalmas a jelenlegi válság megoldására, és a hosszú távú fejlődés feltételeinek megteremtésére. Érintetlenül hagyja a lényegi struktúrát, és ugyanazzal az eszközökkel operál, amelyek ezt a válságot létrehozták. Nem az a feladat, hogy a problémákat kezeljük, hanem olyan változásokat kell végrehajtani, amelyek megakadályozzák ezen problémák további növekedését, ördögi körben történő újratermelődését.

A stratégia ugyan folyamatosan utal az értékrend megváltozására, ez azonban még az ágazati teendőkben sem nyilvánul meg megfelelő módon. Érintetlenül marad a társadalom és a gazdaság kapcsolatrendszer, és az ágazati prioritások sem változnak. A természeti erőforrások túlhasználata, az ökológiai lábnyom nem kap meghatározó szerepet.

Ez a stratégia nem rendszerszemléletű, és végképp nem holisztikus szemléletű. A NFFS átértékelése nélkülözhetetlen feladat előttünk. A jelenlegi válság radikális változtatásokat követel.

Összegzés

A jelenlegi válság egy olyan átmenet, amelynek történelmi előzményei a mezőgazdasági forradalom és az ipari forradalom voltak. A jelenlegi átmenet kezdetét az információs forradalom jelentette, azonban a hatékony hozzáférés az információhoz a növekedéselvével szolgált, és ez okozza a jelenlegi válságot. Valódi tudásra és bölcseségre van szükség ahhoz, hogy mély változásokat legyünk képesek megtenni. Ez lenne a feltétele a holisztikus szemléletű fejlődésmodellnek.

A változásokra minden lehetőség megvan, ráadásul a kaotikus rendszerekben a kaos határán a legnagyobb a kreativitás lehetősége (Hideg, 2001). „Perhaps the only limits on the human mind are those we believe in” (Institute of Noetic Sciences, Harman, 1993).

Irodalom

- Csányi Vilmos 2000: Az emberi természet. Vince Kiadó, Budapest.
- Einstein, Albert 2002: Hogyan látom a világot? Gladiátor Kiadó, Budapest.
- Feladatok a XXI. századra – Az ENSZ Környezet és Fejlődés Világkonferenciájának dokumentumai. Föld Napja Alapítvány, Budapest.
- George, Susan 2001: A WTO. Napvilág Kiadó, Budapest.
- Hajnal Klára 2006: A fenntartható fejlődés elméleti kérdései és alkalmazása a településfejlesztésben PhD-disszertáció, kézirat PTE Pécs. [www.http://foldrajz.ttk.pte.hu/index.php?d=tarsadalom/index.html](http://foldrajz.ttk.pte.hu/index.php?d=tarsadalom/index.html).
- Harman, Willis 1993: Institute of Noetic Sciences, San Francisco.
- Hawking, Stephen 2005: A mindenség elmélete. Kossuth Kiadó, Budapest.
- Hideg Éva (szerk.) 2001: Evolúciós modellek a jövőkutatásban. Aula Kiadó.
- Juhász- Nagy Pál 1993: Az eltűnő sokféleség. Scientia Kiadó, Budapest.
- Kiss Tibor 2004: A Nature Driven Economy through Sustainable Communities. World Future, 61.n. 8591–599, Taylor and Francis inc, ISSN 0260 427.
- Kuhn, Thomas 1984: A tudományos forradalmak szerkezete. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Meadows, Daniel – Meadows, Deonella – Randres, Jorgen – Behrens, W. W.illiam III. 1972: The Limits to Growth. A Potomac Ass. Book, London and Sydney,
- Németh Júlia 2003: A Világegyetem fejlődése. Magyar Tudomány, 2003. 10. szám, Budapest, 1248–1258 p.
- Polányi Károly 1997: A nagy átalakulás. Franklin Nyomda és Kiadó Kft., Budapest.
- Rees, Martin 1999: A kezdetek kezdete. Athenaeum Kiadó, Budapest.
- Seneca 2001: Erkölcsi levelek. Kossuth Kiadó, Budapest.
- Wackernagel, Mathias – Rees, W. Edward 2001: Ökológiai lábnyomunk. Föld Napja Alapítvány, Budapest.
- www.nfu.hu.

TERMÉSZETVEZÉRELTSÉG MINT RENDSZERSZEMLÉLETŰ MEGKÖZELÍTÉS A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN²

Absztrakt

A Kárpát-medence megóvásának érdekében nemzetközi összefogásra van szükség. Ennek az összefogásnak megfelelő alapja lehet, ha a Kárpát-medencét mint rendszert, annak működését állítjuk a középpontba. A Kárpát-medence önálló biogeográfiai régiót képez, ezért táj- és természetvédelmi rendszerre is fejleszhető. Ha mint rendszer, kezelhető a Kárpát-medence a területeinek és a benne zajló folyamatainak együtteseként, akkor megőrizhető, illetve újra kialakítható ennek a területnek azon rendszere, amely mint természeti erő, képes igen összetett szolgáltatások magas szintű biztosítására, amelyre az emberi civilizáció a maga technológiájával nem, vagy csak nagy erőfeszítések árán lenne képes. Így a rendszer követése, egyfajta természetvezéreltség elfogadása a jelenleg követett gyakorlatnál gazdaságosabb megoldásokat eredményezhet. Az ilyen magas szintű szolgáltatás-együttes a Kárpát-medence országai versenyképességének egyik legfontosabb eszköze lehet. A területnek mint rendszernek a megóvása, épségének a lehetőségek szerinti helyreállítása és támogatása ezért kiemelt fontosságú érdeke lehet minden érintett országnak, és ez teremtheti meg közöttük a tényleges együttműködés valódi esélyét.

Kulcsszavak

Természetvezéreltség, rendszerszemlélet, versenyképesség, környezetvédelem, fokgazdálkodás

Bevezetés

A Kárpát-medence mint összefüggő egész sorsával, a benne élők feladataival már sok irodalom, konferencia, civil szerveződések, és természetesen a politika is foglalkozik. A Kárpát-medence különösen értékes nagytáj, és a környezeti konfliktusok megoldása csak közös elhatározással és cselekvéssel képzelhető el, amely az érintett országok közös érdeke, és az Európai Unió környezetpolitikája és fenntartható stratégiája támogatja ezt az összefogást. Napjaink világgazdasága azonban olyan erős versenyhelyzet elé állítja az országokat, hogy még a saját környezetük állapotának megőrzését is csak addig tekinthetik fontosnak, amíg erre valamilyen szabályozás kényszeríti őket. Ez lehet európai uniós szabályozás (pl. a pályázatoknál az ún. horizontális elvek érvényesítése³), természeti védeltséget élvező területek létrehozásának szükségessége (pl. a Natura 2000 hálózat⁴), vagy a saját országuk környezeti szabályozása,⁵ amelyeket mintegy minimumfeltételként vesznek figyelembe a gazdaság működtetése során.

¹Egyetemi docens, PTE Közgazdaságtudományi Kar, Közgazdasági és Regionális Tudományok Intézete.

²A kutatást az OTKA T 048581 támogatta.

³Horizontális elvek érvényesítése pl. az AVOP-ban, Agrár és Vidékfejlesztési Operatív Program, Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, http://www.fvm.hu/doc/upload/200509/2.2_horizontalis.pdf (2008.11.15.).

⁴L. pl. http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm (2008.11.15.).

A tanulmány célja annak bizonyítása, hogy a Kárpát-medence országainak nem muszájból, a szabályozások betartása/betartatása, vagy a jószomszédi viszony fenntartása érdekében kell kezdeményezniük az együttműködést, hanem igen erős piaci érdekeltségük van ebben az együttműködésben, amely jelentősen javíthatja a versenyképességüket, és a jövőbeli gazdasági-társadalmi kilátásaikat is.

Ennek során először a Kárpát-medencét mint ökológiai egységet mutatjuk be röviden, majd rögzítjük a vizsgálati módszert, amely segítségével bizonyítani lehet a Kárpát-medence mint ökológiai egység gazdasági előnyeit.

A Kárpát-medence mint ökológiai egység

A Kárpát-medencét egyértelműen tekinthetjük ökológiai egységként, még úgy is, hogy a benne élők világlátásukból, gazdálkodási módjukból következően már több száz esztendeje nem tekintik ezt az ökológiai egységet megőrzendőnek, hanem mint nyersanyagforrást használják a környezetet. *Varga (2006)* szerint azonban az ökológiai egység még mindig fellelhető és őrizhető; így jellemzi a Kárpát-medence jelenlegi állapotát:

„A környezeti forrásaiknak csak mérsékelt kihasználására alkalmas, ugyanakkor felszíni és felszínalatti vízkészletekkel rendelkező, a természet közeli és fél-természetes élőhelyekre, a hagyományos hasznosítású, extenzív művelésű mozaiktájakra jellemző biológiai sokféleség magas szintjét őrző és átlag feletti erdősültséggel is bíró régiók jórészt gyűrűszerűen veszik körül a Kárpát-medence mélyebb fekvésű részeit. Ezáltal tervezhető meg egy olyan, a medence belső részeinek környezeti állapotát stabilizáló ökológiai védőgyűrű, amely szomszéd államaink bevonásával regionális táj- és természetvédelmi rendszerré fejleszthető” (*Varga, 2006*).

Az idézetnek megfelelően még nem vett el annak a lehetősége, hogy ezt az egységet valós ökológiai egységként kezeljük. Ez még akkor is így van, ha „... nincs akkora tér, hogy itt a természeti folyamatoknak szabad folyást engedjünk európai viszonyok között, ahol nincs őstermeszést” (*Varga, 2006*).

Amennyiben ökológiai egységként kezelhető a Kárpát-medence, úgy ebből következően természeti értelemben is kezelhető *rendszerként*, ahol a jól körülhatárolható ökológiai rendszer meghatározott rendszerelemekkel, alrendszerekkel rendelkezik. Az ebben a rendszerben történt fejlesztések eddig – a teljes rendszerként történő kezelés hiányában – általában a helyi – jobb esetben országos – elképzeléseknek megfelelően alakulnak, érthetően figyelmen kívül hagyva a teljes rendszer által lényeges elemeket. Ezeket a nem természetszerű fejlesztéseket néhány jelenlegi globális trend is erősíti mint pl. a biomasszából készült energia terjesztésének globális szabályozása a helyi körülmények figyelembe vétele nélkül.

A rendszer az ember nagyarányú fejlesztései nélkül meghatározott, viszonylag természetes úton működik, de az emberi tevékenység mindig is okozott a természetnek kedvezőtlen hatásokat.

⁵L. pl. az európai és hazai környezetjogról: *Bándi, 2006*.

Vizsgálati módszer

Elsősorban az előzőekben már tárgyalt vízgazdálkodás, folyószabályozás az, amire a jelen tanulmány fókuszál, és amelyen keresztül érzékelteti a természeti környezet mint rendszer figyelembe vételének szükségességét, hiszen igazán természetátalakító tevékenységek történtek ezen a területen magyarországi viszonylatban.

A természeti ökológiai környezet és az ember kapcsolata határozza meg, hogy a fejlődés milyen irányú. Az egyik szélsőséges nézet szerint a természet dolga az emberi igények maradéktalan kiszolgálása, a másik szerint az ember dolga a természet igényeinek maradéktalan teljesítése, minimális emberi beavatkozással. Napjainkban jelentősen eltolódott az emberek felfogása az első fajta nézet felé.

A jelen tanulmány vizsgálati módszere az, hogy kiindulása az előbbi: a természet rendeltetése az emberi igények maradéktalan kiszolgálása, és annak az elméleti vizsgálata, hogy az ember ezt a célt hogy tudja a lehető legnagyobb mértékben elérni. Továbbmenve, az is célul tűzhető ki, hogy ez a maximális kiszolgálás egyúttal jelentős gazdasági előnnyel is járjon, hiszen így biztosítható, hogy az országok már a jelen világgazdasági körülmények között is vállalják ezt a fajta alávetettséget. A rendszer vizsgálatához bevezetjük az *átalakító* és az *alkalmazkodó* fejlesztések fogalomkörét.

Átalakító vs. alkalmazkodó fejlesztés, természetvezéreltség

Átalakító fejlesztés alatt azt értjük, hogy a természet kezéből kivéve egy szolgáltatást, terméket, az ember maga akarja megoldani a szolgáltatás végzését, a természetre az eszköz, a nyersanyagellátó szerepkörét hagyva. Egy analógiával élve ezt úgy értelmezhetjük, mintha egy szakács helyett robotszakácsra bíznánk a főzést, mert az korszerűbb, nem kér fizetést, és ezzel feladjuk az igazi szakács kezdeményezőkézségét, tehetségét, de egyszerűsre kiküszöböljük az esetleges hibáit is. A példa – mint mindig – most sem tökéletes, hiszen az ember által készített – még csak nem is ember, hanem technológia-központú – megoldások hatékonysága a töredéke annak, amit egy robotszakács el tud érni egy igazi szakáccsal szemben. Példa erre egy autó elkészítése, amelynek a természetrongálása (szemdinamikai együttható segítségével kifejezve) mintegy kétszázszorosra annak, mintha a folyamatot a természetfogyasztás minimalizálására optimalizálnánk (Berry, 1972). És ez még csak az a szint, amikor elfogadjuk, hogy maga az autó mint technológiai elem, megfelelő, de ez távolról sincs így. Az energiahatékonysága az autónak 1% alatti, az energiának csupán 1%-át fordítják a hajtószervezet működtetésére, és az eléggé benzin által termelt energia 15–20%-a éri el a kereket (a többi elvész a motorban és a hajtóműben) (Lovins et al. 1999). Már maga a koncepció sem ideális, arról nem is beszélve, hogy a természet körfolyamatába történő visszaforgatást még figyelembe sem vettük. Egy igazán ökológiailag tudatos szemlélet szerint valószínűleg már a tervezési fázisban kihullana egy olyan termék mint az autó, jelen formájában. Ilyen átalakító fejlesztés a vegyszerek készítése-alkalmazása is. A napjaink fenntarthatósági szempontú vállalati fejlesztései sokszor az átalakító fejlesztések meglévő szükségleteinek nagymérvű beavatkozásait küszöböli ki. Erre példa a vegyiparban az oldószerek vizes alapúra történő cseréje, amivel a 3M is igen jelentős többletnyereséget realizált a bevezetésekor, mint ahogy azt tanulmányukban Porter és Linde (1995) még számos hasonló példa mellett kifejtette. Az átalakító fejlesztéseket nem sorolhatjuk a fenntarthatóságnak megfelelő fejlesztésnek, hiszen a természet nyilvánvalóan a meglévő szükségletek, ellentmondások feloldására törekszik. Ezek a módosítások – bár a környe-

zettudatosság irányába hatnak, a rendszer emberi mércével mért hatékonysága szempontjából is megkérdőjelezhetőek, és jellegében nem változtatják meg a fejlesztések átalakító mivoltát.

Az átalakító fejlesztések értékelésénél *Szlávik* (1998) álláspontja szerint akkor járunk el helyesen, ha a környezeti költségeket is figyelembe vesszük akkor, ha a termelékenységről beszélünk.

„Korunkban akkor értelmezzük helyesen a produktivitást, ha abba beleértjük a természeti javak, az emberi környezet védelmét és újratermelését is mint ami az ember létfeltételét biztosítja. Ebben az értelemben a környezetvédelmi ráfordítás a társadalmi újratermelés szempontjából is szükséges. A környezet védelmét szolgáló munka produktív munka. A kérdés pedig nem az, hogy kell-e környezetvédelmi tevékenységet folytatni vagy nem, hanem az, hogy közgazdaságilag sem az utólag ható környezet-helyreállítás a jó stratégia, hanem a természeti környezettel összhangban lévő társadalmi termelés kialakítása” (Szlávik, 1988).

A környezeti tényezők „beárazása” természetesen csak egy megoldási kísérlet, de az idézet második részében *Szlávik* is egyértelműen utal arra, hogy szükséges a természeti környezettel összhangban lévő termelés kialakítása. Ez vezet át az alkalmazkodó jellegű fejlesztésekhez (amelyek bizonyos mértékig természetesen átalakítóak, de lényegük szerint alkalmazkodóak).

Az alkalmazkodó jellegű fejlesztésekhez azokat soroljuk, amelyek a környezetet mint rendszert – rendszerelméleti megközelítéssel megismerve –, annak természetes működését használják ki, illetve fokozzák a nagyobb mértékű szolgáltatás érdekében. Ilyenek pl. a régi mezőgazdasági művelési módszerek, a paraszti bölcsesség, amelyek a természet erejét kihasználva kísérelték meg a gazdálkodást, az élelmiszerellátást. Ezek közé a módszerek közé tartozik a folyók szabályozására alkalmazott ártéri fogdázás is.

A természetvezéreltség a teljes rendszerből vezethető le. Az jelenti a természetvezéreltséget, hogy a teljes ökológiai rendszernek megfelelően cselekszünk (alkalmazkodó fejlesztés). Erre példaként a hajót hozzuk mint szintén nem tökéletes példát, de amely a természetvezéreltség lényegét jól érzékelteti. Amennyiben egy hajó használja a vitorláit, hogy a jó irányba fúvó szél energiáit kihasználja, az még nem jelent természetvezéreltséget, ez még attól lehet átalakító megoldás. Ez csak emberi értelemben vett ésszerűséget jelent, amelyről egyébként szintén leszoktunk, hiszen olyan technológiákat honosítottunk meg, amelyek nem is számítanak a természetre (itt a szél energiájára). Attól lesz alkalmazkodó fejlesztés, ha ismerjük az uralkodó széljárást, és a szállítási feladatainkat arra optimalizáljuk, hogy a szokásainkba, gazdasági életünkbe (logisztikai rendszereinkbe) beiktatott szállítások lehetőleg oda és akkor történjenek, amikor ezt a széljárást nagy valószínűséggel ki tudjuk használni.

Környezetvédelem

Ebből a szempontból érdemes megvizsgálni a környezetvédelem kérdését. A környezetvédelem az átalakító fejlesztésekkel együtt keletkezett fogalom, és így igen nagy szerepe van abban, hogy a természeti környezet legalábbis elfogadható állapotban maradjon. Az alkalmazkodó jellegű fejlesztések esetén a környezetvédelem mint fogalom és tevékenység szinte értelmezhetetlenné válhat, hiszen a támogatás válik a fő, alapértelmezett szemponttá, és a károsítás az emberek jól felfogott érdekében úgyszólván csak a

szükséges mértékű. Ebben az esetben a *környezetben élő, annak részeként működő* elemként azonosítja magát az ember, és – ismét egy analógiával élve – ha a szívünket, vagy a tüdönket akarjuk „védeni”, arról nem úgy beszélünk mint jelenleg a környezetvédelemről, ahol egyértelműen egy rajtunk kívül álló „dolgot” védünk. A környezet kívülről való szemlélése, kezelése az átalakító fejlesztéseknek is a sajátja.

Átalakító vs. alkalmazkodó fejlesztés az árvízvédelemben

Ugyanazt a problémát sokszor mindkétféleképpen, mind átalakító, mind alkalmazkodó fejlesztéssel meg lehet oldani. Egy példa erre a tiszai árvíz-aszály probléma, amit felerősítenek a rendszer figyelembe nem vétele következtében végrehajtott emberi tevékenységek.

Az átalakításos, össze nem hangolt fejlesztések váltak uralkodóvá ennek a problémának a kapcsán. Nyilván nem az árvizek megoldására indított fejlesztések voltak azok, amelyek egyszerű gazdasági szempontból a fakitermelést rendszerszemlélet nélkül, csak a helyi érdekek figyelembevételével folytatták. Ilyenek voltak pl. az erdőirtások, hiszen „az erdők rengeteg vizet tudnak visszatartani, raktározni – úgy működnek, akár egy nagy szivacs, és ezáltal késleltetik a csapadék bejutását a folyókba (Tóth, 2002). Így aztán a Kárpátok oldalán lezúduló víztömegek – amelyek a Kárpátok fenyeveseinek ritkítása miatt is sokkal jelentékenyebbek – gyakran okoznak árvizeket a kapcsolódó sík területeken (Dobák, 2006).

Az árvízi problémára hozott emberi fejlesztések a fentebb tárgyalt módon, gátak, töltések emelésével szintén nem tudták megfelelően kezelni a problémát, és rengeteg gondot okoztak. Ezt a helyzetet csak súlyosbította a természeti jelenségek változása mint pl. az időjárás- (klíma)-változás, amelynek hatása közismert.

A gátakkal, víztározókkal – emberi, átalakító fejlesztések – végrehajtott megoldási módszerek tökéletlenségét jól jellemzi, hogy a rendelkezésre álló hatalmas vízmennyiség rossz elosztása következtében az árvíz után a kiszáradás fenyegeti a területet egy-két hónap múlva. Példa erre a kukoricás a nagykörűi hullámtéren, 2000 nyarán. Azon a földön, ahol májusban még embernyi víz fedte a kukoricást, a csapadékhány miatt az áradástól megmentett oldalon ki sem kelt a tavaszi vetés (Balogh, 2001).

A századokkal korábbi (török hódoltság előtti) alkalmazkodó megoldás – az ártéri fokgazdálkodás – az árvíz-aszály problémát sokkal hatékonyabban tudta kezelni. Az áradásárasztásos mód (alkalmazkodó fejlesztés) esetén még szántóföldi művelés is folytatható, illetve csak ott folytatható, ahol az időjárás aszályos (Balogh, 2001). A tanulmány szerzője messze van attól, hogy e a terület szakértőjének mondhatná magát, de még azok között is, akik annak vallhatják magukat (pl. *Andrásfalvy*, 1973, 2007; *Lóczy*, 2001; *Deák*, 2005), viták folynak az ártéri gazdálkodás napjainkban történő alkalmazhatóságáról.⁶ Azt senki nem vonja kétségbe, hogy régen az ártéri fokgazdálkodás sokszor nagyon hasznos célokat szolgált. Egyik vélemény szerint:

„A Duna mellett élő ember megtelepülése óta ismeri a vizet, figyelte és figyeli állandó mozgását, csodálja harmóniáját, tiszteli erejét. Tudta, hiszen tapasztalta, hogy a víz, a nagy folyam – szűkebb és tágabb értelemben is – meghatározza életfeltételeit, adja lehetőségeit és korlátait. A természetes egyenlenségek, kilengések mellett barát-

⁶L. pl. <http://www.dunamuzeum.hu/modules.php?name=News&file=article&sid=35>, ahol Deák Antal András emel ki néhány vitatott pontot.

ságban élt együtt a nagy víz adta éltető-romboló, áldás-átok állapottal, alkalmazkodott azokhoz” (*Faludi–Kalocsa*, 2005).

„Az ártérben a természettel együtt élő ember megtelepülésének kezdetétől felismerte a természet létrehozta fokok szabályozó szerepét, és ahol annak megvolt a lehetősége, egyszerű eszközeivel, naturálisan formálta is azokat (mélyítés, szűkítés, elzárás, megnyitás stb.)” (*Faludi–Kalocsa*, 2005). A vita inkább arról folyik, hogy az sem volt tökéletes módszer, és igen sok hátrány is származott az alkalmazásából, és ezért célszerű-e alkalmazni ezt a módszert napjainkban? Annak a ténynek azonban egyik vélemény sem mondott ellent, hogy a természetet követő, ahhoz alkalmazkodó rendszereknek vannak jelentős előnyeik, és a hátrányok megfelelő kezelésével ezek az előnyök kihasználhatók. *Koncsos* (2006) tanulmányában kimutatta, hogy a védekezési alternatívákat összehasonlítva, figyelembe véve a hullámtéri feltöltődés folyamatát és a klímaváltozás feltételezett hatásait is, a legjobb megoldásnak a mélyártéri apasztás bizonyul fél méteres töltésmagassággal, és ez jelentősen kisebb költséggel járna mint a hagyományos, eddig folytatott védekezés (azaz a „nem cselekvés” költsége).

Az ártéri fokgazdálkodás mai viszonyokra adaptált változatát valósították meg a Borsodi Mezőség Tájvédelmi Körzetben („Kis-Hortobágy”), a Borsodi Mezőség-Mezőcsáti kistérség 35 ezer hektárjából 12 ezer hektáron 2003 és 2006 között. A projekt eddig sikeresnek bizonyult, bár évek kellenek az igazi előnyök megtapasztalásához, hogy a hasonló vízrajzi helyzetben lévő területekre is ajánlani lehessen (*Bodnár–Sárvári*, 2006).

Konklúzió

A fentiek alapján elmondható, hogy abban az esetben, amikor az emberek a természet oldaláról a maximális haszonra törekszenek, a legbiztosabb út a természet rendszer-szemléletű megközelítésének alkalmazása, annak belátása, hogy a természetes rendszer működésének követése nagyobb előnyökkel jár, mintha a saját átalakító rendszereinket valósítanánk meg. Másképpen: a természetvezéreltség megvalósítása végül gazdaságilag is nagyobb hasznot hoz az ember számára, mint az ember-társadalom-gazdaság-technológia általi vezéreltség. Így a tanulmány elején bevezetett vizsgálati módszer, miszerint a maximális emberi haszonra törekszünk, gyakorlatilag közel van ahhoz a megoldáshoz, miszerint a természet érdekeinek megfelelően cselekszünk, az emberi beavatkozás alkalmazkodásával.

Irodalom

- Allsopp MH, de Lange WJ, Veldtman R 2008: Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. *PLoS ONE* 3(9): e3128. doi:10.1371/journal.pone.0003128, <http://www.beesfordevelopment.org/info/bm~doc/valuing-insect-pollinatio.pdf> (2008.11.15).
- Andrásfalvy B. 1973: A Sárköz és a környező Duna-menti területek ősi ártéri gazdálkodása és vízhasználata a szabályozás előtt. – *VÍZDOK*, Budapest. 75 p. (Vízügyi Történeti Füzetek)
- Lóczy D. 2001: Geomorfológiai, tájökölógiai és természetvédelmi megfigyelések a Duna-ártér Mohács alatti (bédai) szakaszán, Földrajzi Konferencia, Szeged 2001.

- Andrásfalvy B. 2007: A Duna mente népének ártéri gazdálkodása, Ekvilibrium Kiadó.
- Balogh P. 2001: A korszerűsített ártéri gazdálkodás, mint a Tisza-vidék vidékfejlesztési koncepciója, Falu-Város-Régió 2001/4. pp. 34-38.
- Bándi Gyula 2006: Környezetjog 606.o. – Osiris Kiadó, Budapest, 2006.
- Bodnár A. – Sárvári A. 2006: Tájrehabilitáció a Dél-Borsodi Mezőségben, Kesztényen, letölthető: www.creo.hu/~sattila/Fokgazdalkodas.Tajrehabilitacio.Del.Borsod.doc (2008.11.15.).
- Daniel C. Esty, Michael E. Porter 1998: Industrial Ecology and Competitiveness, Journal of Industrial Ecology. Volume 2. Issue 1. Pages 35–43. 1998. Massachusetts Institute of Technology and Yale University.
- Deák Antal András 2001: Fokok és délibábok, Hidrológiai közlöny, 2001. 1. sz.
- Dobák Imre 2006: Természeti és mesterséges katasztrófák – példák a Kárpátok Eurorégió térségéből, Hadmérnök, I. Évfolyam 1. szám – 2006. június.
- Faludi G.- Kalocsa B. 2005: A fokok történetisége és funkciója – Adalékok egy vitához, <http://www.dunamuzeum.hu/modules.php?name=News&file=article&sid=37> (2008.11.15.).
- Gere Csaba 2007: A Vásárhelyi tervben foglalt Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei víztározók megépítésének következményei, 2007, előadás A Magyar Hidrológiai Társaság XXV. országos vándorgyűlésén.
- Koncos L. 2006: A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében, Magyar Természetvédők Szövetsége, letölthető a <http://mail.ktk.pte.hu/w?Nh.E0.DDDnQ.SUaLgtg.EBuEw.CJ0EgSQ.FT.E> weboldalról (2008.11.15.).
- Lóczy D. 2001: Geomorfológiai, tájökölógiai és természetvédelmi megfigyelések a Duna-ártér Mohács alatti (bédai) szakaszán, Földrajzi Konferencia, Szeged 2001.
- Lovins A.–Lovins L. H. – Hawken P. 1999: A Road Map for Natural Capitalism, Harvard Business Review, 1999. május-június.
- Porter, M.–Linde, C. 1995: Zöld és Versenyképes, Túl a holtponton, Harvard Business Review, 1995, Szeptember-Október.
- Szlávik János 1988: A környezetvédelem néhány közgazdasági összefüggése, Társadalmi Szemle 1988/5.
- Tóth J. 2002: A tiszai ciánszennyezés, rendszerszemléletű elemzés, Szeged, 2002.
- Ya T, Jia-sui X, Keming C 2003 Hand pollination of pears and its implications for biodiversity conservation and environmental protection – A case study from Hanyuan county, Sichuan province, China. College of the Environment, Sichuan University Sichuan, China. <http://193.43.36.103/ag/agp/AGPS/C-CAB/Castudies/pdf/6-005.pdf> (2008.11.15.)

A FENNTARTHATÓ ÉS BIZTONSÁGOS KISTÉRSÉGI ENERGIAGAZDÁLKODÁS VIZSGÁLATA AZ ENERGIATAKARÉKOSSÁG ÉS A MEGÚJULÓ ENERGIA HASZNOSÍTÁS OPTIMALIZÁLÁSÁVAL

Absztrakt

A takarékos, biztonságos és környezetkímélő energiagazdálkodás kialakítása a társadalmi jólét és a gazdasági versenyképesség javításának egyik megkerülhetetlen alapkérdése. Az energiagazdálkodási feladatok és lehetőségek azonban nemcsak a nemzetgazdaság szintjén jelentkeznek, hanem jellegzetes, de nem ismert földrajzi eloszlású energiagazdálkodási térben lépnek fel. E problémák elemzése céljából az NKTH támogatásával a szerzők kutatási projektet valósítanak meg, amelyek végső célkitűzése a magyarországi kistérségek energetikai helyzetének és kilátásainak feltárása, továbbá a kistérségek összehasonlító elemzése a fenntartható energiagazdálkodás különféle megvalósítási lehetőségei szempontjából. A dolgozat a kutatási projekt első munkaszakaszának eredményeit mutatja be, ezen belül a kistérségi szintű energiafelhasználás és megújuló energia potenciál meghatározásának lehetőségeit.

Kulcsszavak

Energiatakarékosság, megújuló energiahasznosítási potenciál, kistérségi energiagazdálkodás.

A projekt célja

Az energiagazdálkodás biztonsága és fenntarthatósága minden fejlett gazdaságú ország számára kiemelten fontos társadalmi és gazdasági tényező. Az energiaigények (pl. lakossági fűtés, ipari villamosenergia-felhasználás), illetve az energia előállításának lehetőségei (pl. diverzifikált, megújuló energiát előállító kiserőművek optimális kialakítása stb.) azonban nemcsak a nemzetgazdaság szintjén jelentkeznek, hanem jellegzetes, de nem ismert földrajzi eloszlású energiagazdálkodási térben lépnek fel. Az NKTH támogatásával létrejött kutatási projekt végső célkitűzése a 2004–2007 időszakban definiált 168 magyarországi kistérség energetikai helyzetének és jövőbeli energetikai kilátásainak feltárása, továbbá a kistérségek összehasonlító elemzése a fenntartható energiagazdálkodás különféle megvalósítási lehetőségei szempontjából. A kutatás specifikus céljai a következők:

¹ Projektvezető, CHIC Közép-magyarországi Innovációs Központ Kht. Megújuló Energia Kompetencia Központ vezető.

² Az MTA doktora, tanszékvezető, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan Tanszék.

³ Egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

⁴ Ügyvezető igazgató, Glia Kft.

- módszertan kifejlesztése a kistérségű szintű energiaigények meghatározására és jövőbeni alakulásuk előrebecslésére (szcenáriók a 2015-ig terjedő időszakra),
- energiahatékonyság-javítási lehetőségi földrajzi azonosítása a gazdaság főbb szektoraiban,
- a lakossági energiatakarékosági potenciál (villamos energia, fűtés és hűtés igény) meghatározása a kistérségek szintjén,
- a megújuló energiahordozó potenciál kistérségi felmérése: környezetkímélő és gazdaságosan alkalmazható energiatermelési módok feltárása, komplex gazdasági, társadalmi, környezeti szempontú vizsgálata a kistérségekben,
- az energiagazdálkodással kapcsolatos versenyképességi, foglalkoztatási, környezetvédelmi, fejlesztéspolitikai szempontok feltárása a kistérségek szintjén.

A megújuló energiahordozók vonatkozásában a kutatás egyik fő célkitűzése annak vizsgálata, hogy az egyes kistérségek szintjén milyen elérhető, kiaknázható természeti erőforrások állnak rendelkezésre, azok milyen mértékben képesek hozzájárulni a megújuló energiahordozók hazai elterjesztéséhez.

Elemzésünk nem terjed ki az országos szintű energiarendszerek vizsgálatára (mint a nagy erőművek korszerűsítésére visszavezethető hatékonyság javulás, kőolaj-finomítás, gázzsén-lepárlás, villamos és földgáz hálózatok energiahatékonysági problémái stb.), hiszen ezek a kérdések az országos energiapolitika részét képezik, és érdemi „befolyásolásuk” túlmutat a kistérségek tervezési lehetőségein. Másrészt – bár vizsgálni kívánjuk a „zöld üzemanyagok” kistérségi előállítási lehetőségeit – nem foglalkozunk a közlekedési energiaigények (azaz motor üzemanyagok) térképezésével és mérséklési lehetőségeivel, ugyanis megítélésünk szerint ez önálló kutatási témának tekinthető. Nem vizsgáljuk továbbá az ipari nagyüzemek energiagazdálkodási lehetőségeit sem, mivel ezek mindegyike speciális elemzési feladatot jelent, de nem tartozik a kistérségi energiagazdálkodás körébe.

A kutatás során tehát azt a tudományos hipotézist kívánjuk alátámasztani, hogy az energiagazdálkodási tér a kistérségek szintjén létezik és térképezhető, továbbá megismerése a gyakorlatban is hasznosítható elemzési háttérrel biztosíthat a térségi szintű fejlesztésekhez.

A fenti célok elérése érdekében a projekt két munkaszakaszból valósul meg, ebből az első eredményei kerülnek bemutatásra.

A kistérségi szintű energiaigény felmérése

Egységes módszertant dolgoztunk ki a kistérségi energiafelhasználás meghatározásához. Ehhez figyelembe kell venni a kistérségek szintjén rendelkezésre álló alapszintű információk jellegét, az adatok elérhetőségének lehetőségeit, az információk megbízhatóságát stb. Másik oldalról az országos energiastatisztikai adatok adnak megfelelő kereteket, figyelembe véve az energetika speciális statisztikai számbavételi rendszerét, amely a kistérségi és regionális határokon túlnyúló energiahasznosítási folyamatokhoz igazodik (energiatermelés, átalakítás, szállítás, elosztás, a végső felhasználás különböző jellegetes csoportjai, az energiaveszteségek meghatározásának módja stb.).

A reálisan hasznosítható kistérségi megújulóenergia-hasznosítási potenciál felmérése: A munkacsoport céljainak elérése érdekében két, egymásra épülő kutatási feladatot kell megoldani. Egyrészt a hasznosítható megújuló energiahordozó potenciál mint kistérségi indikátor kialakításához komplex gazdasági-társadalmi-környezeti kritériumrendszert kell kidolgozni, másrészt valamennyi kistérség szintjén vizsgálni kell a „zöldáram és zöld hő” termelésének lehetőségeit szilárd biomasszából, biogázból és depónia gázból, a biodízel- és bioetanol-alapú „zöld üzemanyagok” előállítási lehetőségeit, valamint a szélenergia, napenergia, geotermikus energia, hőszivattyú hasznosítás lehetséges módjait.

Horizontális teendők: adatbázis-fejlesztés, disszemináció és koordináció. A projekt folyamán létrehozandó adatbázisok alkalmasak az adatok és információk gyűjtésére, tárolására, feldolgozására, valamint az eredményekhez való széles körű hozzáférés biztosítására és az ezekkel kapcsolatos vélemények és kiegészítések rendszeres gyűjtésére és hasznosítására. A projekt részeként konferenciákon, egyéb rendezvényeken, a projekt saját honlapján és publikációk formájában is folyamatosan közzé tesszük az elért eredményeket.

A kistérségi energiaigények felmérése

Gyakori tapasztalat, hogy a területi tervezési munkák során – miközben a gazdasági és demográfiai helyzetkép, valamint a jövőre vonatkozó elképzelések a valóságot jól közelítő felmérésekre és nagyjából konzisztens információs alpra támaszkodnak – mind a jelen, mind a jövő területi energetikai feltérképezése rendkívül hézagos. Nem ritka, hogy alapvető fogalmi – tartalmi kérdésekben van zavar, önkényes elképzelések uralják már a kiinduló tényhelyzet felmérését is. Természetes, hogy ilyen esetekben a távlati koncepciók adatai, de főleg az ezekből levont következtetések módszertanilag és érdemben is kifogásolhatók.

Ennek általános oka talán az, hogy a feladat kijelölése legtöbbször az energetikán kívülről érkezik, és az energetika útvesztőjében kevésbé járatos – egyébként saját szakterületükön adott esetben kiváló – szakemberek fogalmazzák meg az energetikai adatigényeket. Az energiagazdászok gondjait tovább növeli az is, hogy a „külső” kérdező az energetikai folyamatokat túlzottan és tudatosan leegyszerűsíti a közérthetőség érdekében. A rosszul felfogott közérthetőség és egyszerűsítés ütközik az energetikai szakmai megközelítéssel, és ez többnyire klasszikus eseteket hoz létre. A leggyakoribb kérdésfelvetésre, hogy ti. „mennyi az Y területi egység energiafelhasználása és annak milyen az energiaszerkezete”, a külső kérdező általában értetlenül áll a válasszal szemben, és nem is hajlandó azt elfogadni, hogy egy közigazgatásilag körülhatárolt területi egység energiafelhasználását nem lehet egyetlen „bűvös” számmal jellemezni, és még inkább nem lehet sem az energiaszerkezetet, sem a felhasználás ágazati szerkezetét egyetlen kizárólagos érvényű adatsorral jellemezni.

Vagy a feladat megfogalmazása például gyakran úgy jelenik meg, hogy amennyiben az ország egészének összes energiafelhasználása X PJ, akkor ebből egy adott területi egység mennyi PJ-lal részesedik. Ezekre és más hasonló formában feltett kérdésekre csak abban az esetben lehet olyan választ adni, amely a küldő kérdező számára is értel-

mezhető, ha egyrészt bemutadjuk azokat a feltételeket és szakmai háttereket, amelyek a számítási eljárásokat megalapozzák, másrészt a közölt számszerű adatokhoz tartozó energetikai szakmai magyarázatokat is közöljük.

További problémát jelent, hogy bár módszertanilag valamennyi olyan kérdés tisztázható, amely a területi energiafelhasználás meghatározásához és értelmezéséhez szükséges, de sok esetben a hiteles, statisztikailag megbízható adatokhoz a gyakorlatban nem lehet hozzájutni, mivel az országos vagy területi energiastatisztikai adatgyűjtési rendszer nincs felkészítve a kistérségi szintű energiafelhasználási adatrendszerek, energiamérlegek alapadatokkal való ellátására.

Mindezen problémák átgondolásával a kistérségi energiatakarékossági és megújuló energia hasznosítási potenciál felmérésére irányuló projekthez olyan energiastatisztikai módszertant kellett kialakítani, amely

Alkalmas arra, hogy az országos energiastatisztikai adatgyűjtések adatainak segítségével egységes rendszerben mutassa be a kistérségek energiafelhasználását a szükséges metodikai megszorítások alkalmazásával és lehetőséget ad a kistérségi szakembereknek arra, hogy a régiójukban végzett kiegészítő energetikai adatgyűjtéssel az országos statisztikákból kigyűjthető információknál pontosabban tudják meghatározni a kistérségi energiafelhasználást, és ehhez a szükséges alapvető módszertani ismeretekkel rendelkezzenek.

Az energetikai folyamatok jellegzetessége, hogy a forrás oldalon rendelkezésre álló energiahordozók jelentős hányadát nem közvetlenül használják fel az úgynevezett végső fogyasztók, hanem előbb valamilyen átalakítási folyamat segítségével kell belőlük a fogyasztók számára szükséges energiahordozókat vagy energiafajtákat előállítani. Az energiaátalakítási folyamatok veszteséggel járnak, és a folyamatoknak segédüzemi és önfogyasztás jellegű energiárfordítása is van. Ezért az energiamérleg-számítások során el kell különíteni az átalakítási célú és a végső energiafelhasználásokat, a halmozott számbavétel elkerülése érdekében. Ennek alapján az országos energiamérleg minden egyes tételét külön-külön vizsgáltuk, és azokat ennek alapján két fő csoportba soroltuk:

- területi egységre nem bontható energiafelhasználások,
- területi egységre (kistérség, vagy legalább megye) felosztható energiafelhasználások.

A szakirodalmi áttekintés során számos olyan információforrást sikerült azonosítani, amelyek a projekt célok eléréséhez tartalmaznak kvalitatív és kvantitatív információkat. Ezeket strukturáltan csoportosítva rendszereztük, régióként, ezen belül megyénként, majd végül kistérségenként csoportosítva. A szakirodalom áttekintése során összegezve megállapítottuk, hogy mind megyei, mind kistérségi szinten nagyon kevés olyan forrásmunka áll rendelkezésre, amelyek segítségével a kistérségi múltbeli illetve jelenlegi energiafelhasználást, valamint az energiaigények rövid és középtávú alakulását befolyásoló fontosabb gazdasági és társadalmi folyamatokat megbízható adatokkal lehetne leírni, vagy elemzésekkel alátámasztani.

A kistérségi energiafelhasználás meghatározására kialakított módszertan a hazai energiamérleg-számításban is alkalmazott OECD-IEA rendszerű energiamérlegen alapul, és ennek keretében az energiamérleg-számítások szokásos top-down és bottom-up megközelítéseinek a kistérségekre való speciális alkalmazásával dolgoztuk ki a kistérségek energiafelhasználási adatrendszerét. Az energiafolyamatok részletes elemzésével

megállapítottuk, hogy az országos energiamérleg számos tétele nem osztható fel korrekt módon területi egységekre (pl. az országos energiahálózatok vesztesége, a nagy energiarendszerek energiaátalakítási veszteségei, a közlekedési célú energiafelhasználások). További problémát jelentett, hogy egyes statisztikai tételek esetében az egyedi adatok védelmére vonatkozó jogszabályi előírások betartása gátolta a megjelenítést.

A projekt keretében egy ötdimenziós adatstruktúrát hoztunk létre, amelynek célja, hogy a második munkaszakaszban elvégezhető legyenek azok az elemzések, amelyek segítségével kistérségi energiaigény-szenáriók készíthetők és energiatakarékosági lehetőségek határozhatók meg. Az adatstruktúra dimenziói az alábbiak: idő; területi egység; energiahordozó struktúra; ágazat, fogyasztói csoport; energia-felhasználási cél.

Az elkészült adatrendszert a 2005. évi adatokra vonatkozóan két táblatípusba rendezve jelenítettük meg a dokumentálás érdekében:

A kialakított hat energiahordozó-csoportra vonatkozóan elkészítettük az egyszerűsített ágazati felosztást valamennyi kistérség esetében.

Valamennyi kistérségre vonatkozóan előállítottuk a kistérség összevont energiafelhasználási táblázatát, amely energiahordozónként és főbb ágazatonként mutatja a felhasználási adatokat.

Mіндеzen megfontolások alapján a 2005. évi OECD-IEA rendszerű országos energiamérleg adataiból kiindulva elvégeztük a kistérségre felosztható energiafelhasználások adatainak számítását, amelynek eredményeit az *1. táblázat* mutatja be.

A 168 kistérségre vonatkozó energiafelhasználás elsősorban az így kapott statisztikai adatok segítségével elemezhető, amelyek területi elemzését leginkább a tematikus térképábrázolás segíti elő. A térképeken a statisztikai mutatók, komplex mutatók közötti különbségek osztályba sorolással (kategóriaképzéssel), átlaghoz való viszonyítással, fajlagos és abszolút értékek együttes vagy külön-külön történő ábrázolásával mutathatók ki és elemezhetők. Példaként az *1. ábrán* a földgáz felhasználás kistérségi adatainak térképes megjelenítését mutatjuk be.

A megújuló energiahordozók kistérségi szintű alkalmazási lehetőségei

Elsődlegesen a megújuló energiahordozók térben differenciált, kiaknázható potenciálját kívánjuk meghatározni. A kistérségekhez a megújuló energiahordozók előállítására alkalmas természeti erőforráskészleteket rendeljük. A módszertan első lépéseként a kistérségi megújuló energiahordozók potenciáljának fogalmi meghatározását végezzük el. Második lépéseként pedig két általános megközelítést határozzunk meg, amelyekkel számszerűsíthetjük a kistérségi szintű megújuló energiahordozókra vonatkozó kiaknázható potenciált.

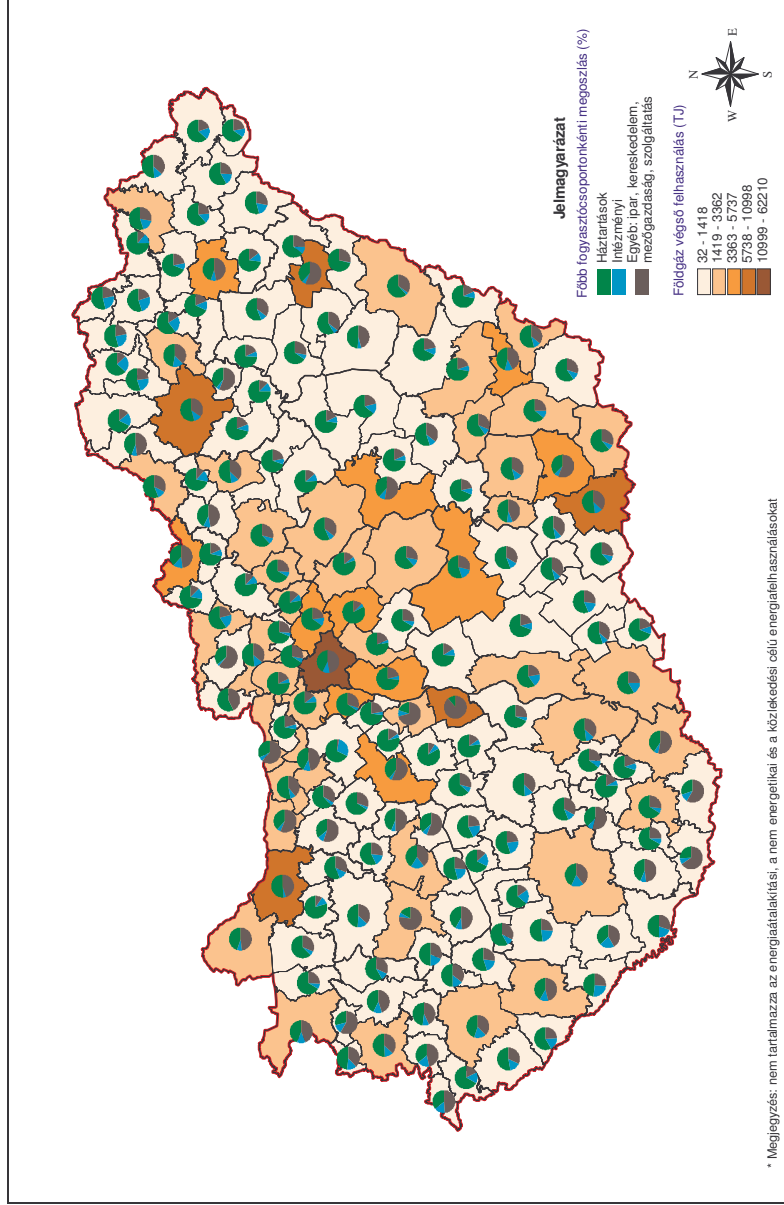
Alapvető jelentőségű, hogy megvizsgáljuk az egyes megújuló energiahordozók alkalmazásának kistérségi szintű kritériumait, feltételeit. E munkának nem az a célja, hogy minden egyes kistérségre konkrét alkalmazási kritériumokat dolgozzunk ki (valószínűleg ez a kutatás lehetőségeinken jócskán túlmutatna), hanem egyfajta útmutatót, segédletet adjon a kistérségi energiagazdálkodás tervezőinek, hogy milyen szempontokat érdemes figyelembe venni a megújuló energiahordozók alkalmazása során.

1. táblázat
A kistérségekre felhasználható energiafelhasználások (M.e.: TJ)

	Szén és egyéb szilárd	Olajtermék	Földgáz	Villamos energia	Távhő	Tűzifa	Egyéb	Összesen
Végző felhasználás	35 994	276 198	339 758	116 402	54 306	12 691	2 504	837 853
le: Anyagjellegű és nem energetikai felhasználás	1 447	73 223	15 055	0	0	0	0	89 725
le: Közlekedés	2	170 537	112	3 946	0	0	0	174 597
le: Egyedi adatok védelme miatt fel nem osztható	23 423	0	0	0	0	0	0	23 423
le: Adatgyűjtés hiányában fel nem osztható	0	0	0	0	0	0	2 504	2 504
Kistérsége felhasználó	11 122	32 438	324 591	112 456	54 306	12 691	0	547 604
Ebből: háztartások	10182	8142	164468	40014	29440	11429	0	263 675
intézményi, kereskedelem és szolgáltatás	306	2 842	95 551	36 187	9 270	62	0	144 218
ipar	23 861	10 515	55 368	32 925	15 586	0	0	138 255
mezőgazdaság	196	10 939	9 204	3 330	10	1 200	0	24 879

Forrás: A szerzők szerkesztése.

1. ábra
A földgáz felhasználás kistérségi adatai



Forrás: A szerzők szerkesztése.

A következő szempontokat célszerű vizsgálni a megújuló energiahordozók kistérségi szintű alkalmazása során:

- forrás feltételek,
- ökológiai, környezetvédelmi korlátok,
- gazdasági feltételek,
- társadalmi feltételek,
- jogi, szabályozási feltételek.

A kutatás keretében elvégzett szakirodalmi áttekintés két irányból közelítette meg a megújuló energiahordozókkal kapcsolatban fellelhető információkat.

A témakörrel kapcsolatos fontosabb tanulmányok feldolgozása (50 db megújuló energiahordozókkal kapcsolatos tanulmány feldolgozása)

A témakörrel kapcsolatos beruházások adatbázisa (A beruházási adatbázisból levonható egyik következtetés, hogy vannak olyan települések, kistérségek (pl. Medgyesegyháza, Mohács), amelyek – a rendelkezésre álló kiaknázható potenciáltól többé-kevésbé függetlenül – „vonzzák” a különböző megújuló beruházásokat.)

A kutatás egyik lényeges eleme, hogy az elért eredményeket egy nyílt, nyilvános és fejleszthető adatbázisba rögzítjük. Különösen fontos ez a megújuló energiahordozók esetében, ahol mind a kiaknázható potenciált, mind a 2020-ra várható hasznosítást számottevő bizonytalanságok terhelik.

A megújuló adatbázist egy háromdimenziós adatstruktúrával jellemezhetjük, melynek összetevői (dimenziói) a következők:

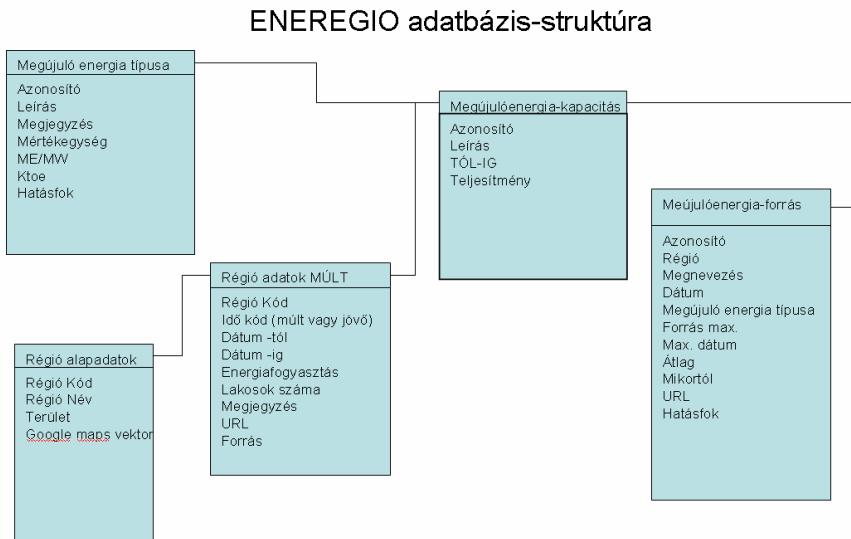
- dimenzió: kistérségek (168 kistérség; ezekhez rendeljük a másik 2 dimenzió információit),
- dimenzió: megújuló energiahordozók típusai (tűzifa, fanyesedék, kukorica, cukorrépa, repce, napraforgó, energiafű, energiaerdő, gabonaszalma, gyümölcs, szőlővenyige, biogáz, depónia gáz, geotermikus energia, szélenergia, vízenergia,
- dimenzió: idő: Három idő jellegű csoportosításban adjuk meg az adatokat: jelenlegi hasznosítás, kiaknázható potenciál, várható hasznosítás 2020-ra.

Az adatbázis struktúráját a 2. ábra mutatja be.

A megújulóenergia-felhasználás lehetőségeit nagymértékben meghatározzák az adott térség adottságai, melyben kiemelt hangsúly helyeződik a természetföldrajzi szituációra (pl. napsütéses órák száma, szélerősség és -intenzitás, geotermikus források, erdőterületek). A természeti adottságok mellett az adott téregység társadalmi-gazdasági struktúrája is befolyással bír a megújulóenergia-felhasználásra. A mező- és erdőgazdasági termelésből származó fő- és melléktermékek nagysága, szerkezete; az építőipari tevékenység során felszabaduló bontási fahulladék; az adott téregységben keletkező, vagy ott deponált illetve hasznosított hulladékok, melléktermék volumene stb. kisebb-nagyobb mértékben meghatározza a megújuló energiapotenciált. A kistérség fejlettsége szintén hatással van a megújulóenergia-felhasználásra, mivel a fejlettebb térségekben több forrás áll rendelkezésre az átállásra, a szükséges beruházások végrehajtására, amelyek általában drágábbak, mint a hagyományos energiahordozók esetén.

Az elkészült térképek közül példaként a repce energetikai potenciáljának területi megoszlását mutatjuk be a 3. ábrán.

2. ábra Adatbázis-struktúra



Forrás: A szerzők szerkesztése.

Konferencia

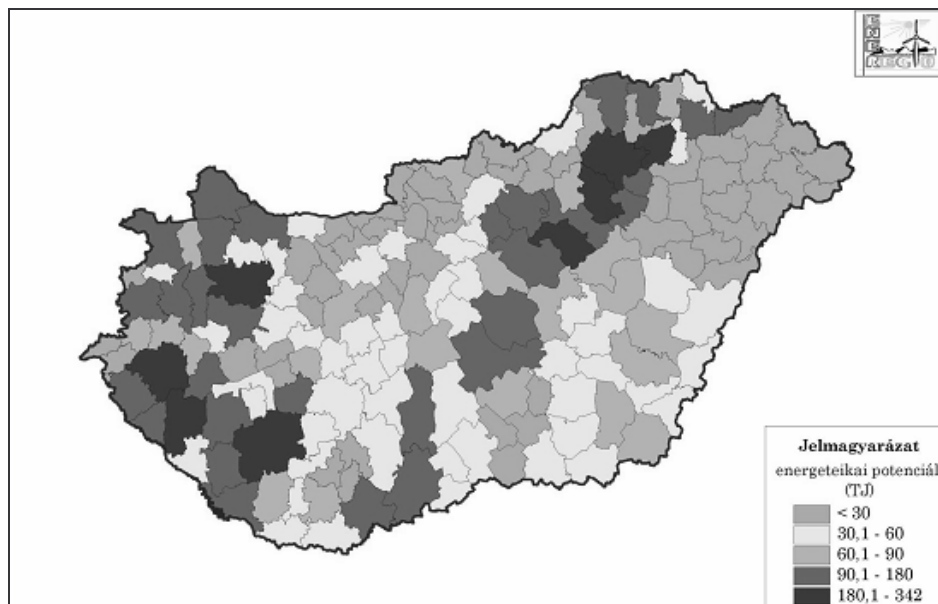
A projekt első rendezvényére 2008. június 10-én került sor „Kistérségi szintű energiaigény felmérése” címmel Budaörsön, a CHIC Közép-magyarországi Innovációs Központ Kht. rendezésében.

A második munkaszakasz keretében folyamatban lévő feladatok

A projekt két munkaszakaszból áll, ebből az első munkaszakasz befejeződött, eredményeit az előzőekben foglaltuk össze. A második munkaszakaszban elvégzendő feladatok és azok várható eredményei a következők:

Középtávú energiaigény-szenáriók a kistérségek szintjén. A kistérségi energiahatékonyság-növelés és a megújuló energiaforrások jövőbeli fokozottabb alkalmazása által elérhető kedvező hatások számszerűsítéséhez és elemzéséhez, a várható jövőbeli energiaigények alakulásának ismerete szükséges. E munkafázis általános célja a kistérségi energiaigény-becslési modell felállítása, szenáriók készítése és a középtávú igénybecslések elvégzése.

3. ábra
Repce, mint megújuló energiahordozó potenciál (2005)



Forrás: A szerzők szerkesztése.

Energiatakarékossági és energiahatékonyság-javítási lehetőségek feltárása a kistérségekben. E munkacso­mag keretében egyrészt képet kívánunk alkotni a háztartási és közületi energiatakarékosság lehetőségeiről, másrészt vizsgálni szándékoz­zuk a termelő és szolgáltató szektor energiafogyasztóinak (pl. ipari, kereskedelmi létesítmények) energiahatékonyság-javítási lehetőségeit.

Interdiszciplináris következtetések az önkormányzati alrendszerben. E munkacso­mag célja, hogy a megelőző munkacso­magok eredményeit felhasználva valamint egyéb háttérismeretekre támaszkodva megvizsgálja az önkormányzati alrendszer elemeinek (települések, kistérségek, megyék, régiók) fenntartható energiagazdálkodásához kap­csolódó területfejlesztési lehetőségeket és ágazati összefüggéseket.

Az eredményeket a projekt honlapján tesszük folyamatosan elérhetővé, a kutatási je­lentéseknek a megrendelő általi elfogadását követően. A honlap elérhetősége: www.eneregio.hu.

BunyevácZ József¹

A KÖRNYEZETI ÉRDEKEK ÉS ÉRVÉNYESÍTÉSÜK LEHETŐSÉGEI A DÖNTÉSI, TERVEZÉSI ÉS BERUHÁZÁSI FOLYAMATBAN

Absztrakt

Az EU országai és az egyes régiók meglévő energiaellátási, fogyasztási szerkezetében a megújuló természeti erőforrások szerepe, aránya erősen eltérő, a fejlesztések/beruházások gyakran csak elsősorban a gazdasági/gazdaságossági megfontolásokra alapozódnak. A kitűzött fejlesztések, beruházások megvalósításánál meghatározó szerepet kap a tervezés, annak rendszere és szemlélete. Ezért lényeges áttekinteni a rendszerek tervezésének/tervezhetőségének kérdéseit, feltételeit, az új és követendő szemléletmód jellemzőit, valamint alkalmazásuk módját és lehetőségeit a döntés, tervezés, engedélyezés és kivitelezés/megvalósítás átfogó, egymásra épülő rendszerében.

Kulcsszavak

Fenntarthatóság, rendszerszemlélet, tervezés/tervezhetőség, környezet- és energiapolitika, környezetvédelmi tervezés.

Kiindulási megfontolások

A megújuló természeti erőforrások növekvő hasznosítási igénye, a hatékony gyakorlati megoldások keresése és tényleges megvalósítása számos szempontból vizsgálható, értékelhető. A környezeti/környezetvédelmi, ökológiai, társadalmi és gazdasági összefüggések jelentőségének hangsúlyozása mellett kiemelendő a *tervezés, tervezhetőség* kérdése, amelynél a *környezettudatosság* és a *rendszerszemlélet* érdemel kitüntetett figyelmet. Ezt már megfogalmazta az az állásfoglalás is, amelyet a 2003-ban Pécsen megtartott I. Kárpát-medencei konferencia nemzetközi résztvevői fogadtak el ajánlasként² és irányadóként a további kutatásokhoz, fejlesztésekhez és gyakorlati együttműködéshez. Ennek értelmében a beruházások elhatározásánál, a döntések megalapozásánál és a tervezésénél fokozott jelentőséget kapnak a tudományosan is megalapozott fejlesztések, az alternatív lehetőségek, az Európai Unió környezetpolitikai célkitűzéseivel való összhang megteremtése a helyi, a regionális, az országos és a Kárpát-medencei szinteken.

¹ Ügyvezető igazgató, TOTAL Környezetvédelmi Tervező és Szolgáltató Kft., Pécs.

² Állásfoglalás: Egymást segítve, fenntartható módon együtt élni a Kárpát-medencében. I. Kárpát-medencei konferencia. Pécs, 2003. október 6–7.

A rendszerek tervezése, tervezhetősége

A tervezés szerepe, jelentősége. A fenntartható fejlődés elősegítése és a természeti erőforrások környezettudatos hasznosítása, használata nyilvánvalóan rendszerszemléletű megközelítést és tervezést igényel. A különféle térségi fejlesztések, beruházások megvalósítása, de a különféle környezeti problémák, konfliktusok hatékony megoldása is megfelelő tervek követel meg a döntések megalapozásához, a gyakorlati megvalósításhoz. A tervezés lényegében egy többfokozatú döntés, amelynek keretében számos tényezőt kell figyelembe venni, értékelni a problémafelvetéstől kezdve a megoldás kidolgozásáig. A tervezés keretében előállított dokumentum tartalma a probléma vagy feladat jellegétől, a megoldás elvi és gyakorlati lehetőségeitől, valamint a jogi szabályozási keretektől meghatározottan változik (pl. koncepció, program, terv, projekt). Az egyes dokumentumoknak megvannak a sajátos, előírt tartalmi és formai követelményei, amelyeknek eleget kell tenni. Emellett be kell illeszkedniük az adott probléma megoldását biztosító, meghatározott/előírt döntési-tervezési-kivitelezési folyamatba is.

A környezeti/környezetvédelmi szempontok/érdekek megfogalmazása, érvényesítése a különféle fejlesztési és műszaki tervekben a *környezetvédelmi tervezés* keretében valósítható meg. Ebbe beleértendő minden olyan tervezői tevékenység, amely önálló (pl. térségi és települési környezetvédelmi programok, környezeti hatásvizsgálatok stb.) vagy más (pl. területfejlesztési, területrendezési, beruházási stb.) programok, tervek környezetvédelmi munkarészeinek kidolgozásával jár. A környezetvédelmi tervezés jelentőségét kiemeli, hogy

számos fejlesztés, beruházás csak *környezetvédelmi engedély* és/vagy *egységes környezethasználati engedély* (EKHE) alapján valósítható meg és egyéb engedélyezési terveknek (pl. építési, vízjogi stb.) is kell tartalmazniuk környezetvédelmi fejezetet.

a különféle fejlesztések, beruházások finanszírozásához pályázni szükséges (hazai és EU pályázatok), amelyeknél a környezetvédelmi kritériumok betartásának igazolása, a hatásvizsgálatok elvégzése és az eredmények ismertetése, a környezetvédelmi és/vagy építési/létesítési engedélyek bemutatása elengedhetetlen.

Az Európai Unióhoz való csatlakozással (2004) egy más, a hazai gyakorlattól és elfogástól többé-kevésbé eltérő döntési, tervezési, engedélyezési és érdekeltségi rendszerben kell/lehet a környezetvédelmi követelményeket érvényre juttatni.

A tervezhetőség kérdése. Minden tervezési feladatnál felmerül az a kérdéscsoport, hogy *mit, miért, hogyan és kinek* kell megterveznie. A megújuló természeti források használatánál/hasznosításánál ez különösen fontos, amit a következők indokolnak:

A mit kell tervezni kérdése. Az Európai Unió elfogadott környezet-³ és energia-politikával⁴ rendelkezik, amelyek a feladatok és azok finanszírozásainak kiindulási alapjait jelentik az adott tervezési időszakokra. Az EU 6. környezetvédelmi programja

³Commission of the European Communities: Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: On the sixth environment action programme of the European Community 'Environment 2010: Our future, Our choice' – *The Sixth Environment Action Programme*. Brussels, 24.1.2001. COM (2001) 31 final.

⁴Az Európai Közösségek Bizottsága: Zöld Könyv; Európai stratégia az energiaellátás fenntarthatóságáért, versenyképességéért és biztonságáért. Brüsszel, 8.3.2006. COM (2006) 105 végleges.

2001–2010 közötti időszakra adja meg többek között az energiapolitika és gazdaságfejlesztés irányait, a felmelegedést okozó gázok kibocsátásának mérséklését, a fosszilis és megújítható energiaforrások felhasználásának irányelveit. Emellett elfogadásra kerültek a megújítható energiaforrások használatának dokumentumai⁵ is. Ugyanakkor még számos irányelv és direktíva határozza meg a természeti erőforrások fenntartható használatának módját, feltételeit.

Magyarországon a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium 2005-ben közzétette az új magyar energiapolitika téziseit⁶ a 2010–2030 közötti időszakra. A magyar kormány 2007 novemberében elfogadta a 2007–2020-as időszakra szóló új magyar energiapolitikai keretdokumentumot, amelynek legfontosabb alappillérei az ellátásbiztonság, a versenyképesség és a – környezeti értelemben vett – fenntarthatóság.

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium 2008-ban közzétett vitaanyagában⁷ megadta az energiagazdálkodás környezeti szempontjait is. Stratégiai célkitűzéseként jelölte meg – az EU céljaival összhangban – az energiafelhasználás csökkentését, az energiaigények fenntartható módon történő kielégítését az energiatakarékosság és hatékonyság javításával, valamint a megújuló energiaforrások felhasználásának növelésével. Ezzel mód nyílik a környezetkímélőbb energiaszerkezet kialakítására, így az energia-termelés és -felhasználás kedvezőtlen környezeti hatásainak mérséklésére.

Ezek a környezet- és energiapolitikai dokumentumok kiindulási alapjai az országokra, régiókra és térségekre kidolgozott koncepcióknak, programoknak, amelyek rögzítik a szükségessé/tervezett feladatokat is. Ezek között a legfontosabbak:

- az *energiatakarékosság* (a pazarlás megszüntetése),
- az *energiahatékonyság* (ugyanahhoz a feladathoz kevesebb energia),
- az *ún. energiamicx átalakítása* (a megújuló források részarányának növelése),
- az *üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése* (kyotói jegyzőkönyv szerint).

A *miért kell tervezni kérdése*. A fejlesztések, beruházások, intézkedések tervezésének, engedélyeztetésének hierarchikus rendszere magyarázza a megfelelő tervek kidolgozásának szükségességét. Az EU ún. zöld és fehér könyvei, tematikus stratégiái⁸ és cselekvési programjai⁹ kiindulási dokumentumai a tervezésnek, a megoldások keresésének, kidolgozásának. Ezek keretében lényeges:

⁵ European Commission: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan. Com(97)599 final (26/11/1997).

European Commission: Green Paper for a Community Strategy. Energy for the Future: Renewable Sources of Energy. COM(96)576.

⁶ Gazdasági és Közlekedési Minisztérium: Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006–2030 évek közötti időszakra. 2005. szeptember.

⁷ Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium: A környezetügy középtávú stratégiája. Vitaanyag, 2008.01.18.

⁸ A Bizottság Közleménye: Tematikus stratégia a természeti erőforrások fenntartható használatáról. Brüsszel, 2006. január 4. (01.13.). COM (2005) 670 végleges.

A Bizottság Közleménye: A bio-üzemanyagokra vonatkozó uniós stratégia. Brüsszel, 8.2.2006. COM(2006) 34 végleges.

⁹ Az Európai Közösségek Bizottsága: Energiahatékonysági cselekvési terv: a lehetőségek kihasználása. Brüsszel, 19.10.2006. COM (2006) 545 végleges.

- az energiahordozók importjától való függés mérséklése,
- az éghajlatváltozás kezelése, mérséklése,
- a növekvő fogyasztás és emelkedő árak mérséklése,
- a versenyképes energiaforrások alkalmazása és a piaci igények kielégítése,
- az energiaszerkezet/energiamix sokszínűsítése.

A hogyan kell tervezni kérdése. A megfelelő, engedélyezhető tervek, programok kidolgozásához elengedhetetlen az elfogadott energiapolitika (helyi, térségi, regionális, országos). Ez egyben meghatározza az energiatermelés szerkezetét, a felhasználás kereteit, rögzíti a hasznosítási, csökkentési célokat és módokat, így az intézményi hátteret (jogszabályok, adók és működési feltételek, irányelvek), a gazdasági hátteret (pályázatok, támogatások, átvételi feltételek, árak stb.).

A hatékony és felelősségteljes tervezéshez megfelelő módszerek rendelkezésre állása és alkalmazása is nélkülözhetetlen. Ezeknél szem előtt kell tartani a fogyasztási/fogyasztói szokásokat, igényeket (követés/alakítás), a megújuló energiaforrások fokozott használatát (biomassza, bio-üzemanyagok, hőszivattyúk, napenergia, szél stb.), az országos, a regionális és a helyi ellátó rendszerekhez való csatlakozási lehetőségeit.

A kinek kell tervezni kérdése. A fejlesztések, beruházások, intézkedések tervezése, engedélyeztetése hierarchikus rendszerének megfelelő és szakszerű, hatékony működtetéséhez állami, térségi és helyi szinteken is biztosítani kell a feltételeket. Így *állami feladat*:

- az egyértelmű, követhető/követendő környezeti- és energiapolitika kialakítása, elfogadtatása, valamint az erre épülő akcióprogramok, cselekvési tervek kidolgozása és közzé-, illetve elérhetővé tétele;
- a megfelelő és hatékony intézményi háttér kialakítása, működtetése (jogszabályok, adók, irányelvek stb.);
- a gazdasági háttér megteremtése (gazdasági környezet, támogatások, pályázatok, innováció stb.);
- kompetencia biztosítása (szakértelem, döntési, működtetési felelősség, anyagi háttér/fedezet a programokhoz, tervekhez, működtetéshez stb.).

Térségi és helyi feladatot jelent:

- a térségi és helyi energiakoncepciók, programok kidolgozása, elfogadtatása, végrehajtása,
- a megfelelő eljárások, módszerek és berendezések alkalmazása,
- cselekvési tervek, programok kidolgozása az energiahatékonyság növelésére, a felhasználás mérséklésére, a megújítható források fokozott használatára,
- a tervezéseknél a megfelelő feltételek biztosítása (adat, információ, együttműködés, idő és pénz a kidolgozáshoz stb.),
- a fejlesztéseknél, beruházásoknál a környezeti és a korszerű energiagazdálkodási szempontok, érdekek érvényesítése.

A bizottság közleménye: A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv. Brüsszel, 07.12.2005. COM (2005) 628.

Az új megközelítés igénye

A megújuló természeti energiaforrások fenntartható használatának/hasznosításának tervezéséhez, engedélyezéséhez, megvalósításához és működtetéséhez új szemléletmód kialakítása, követése szükséges a folyamatban résztvevőktől; az érdekeltektől és érintettektől. Ennek lényege a következőkben foglalható össze:

A *problémák etikus megközelítése*, ezen belül az érdekek és igények környezeti, környezetvédelmi, ökológiai jelentőségének mérlegelése, figyelembevétel.

A *rendszerelvű szemlélet*, amelynél előtérbe kerül a környezeti fenntarthatóság elsődlegessége és a komplex rendszerek kezelése szakszerű módozatainak, lehetőségeinek, feltételeinek és a beavatkozások következményeinek az ismerete.

A *fejlesztések megalapozása és felelős döntések* meghozatala, amelyeknél a környezeti, műszaki, gazdasági és környezeti következmények is feltárára, ismertetésre kerülnek. A kidolgozott tervek tényleges megvalósítása a gyakorlatban nem csak elhatározás, hanem jövőbeni lehetőségek, esetlegességek függvénye. A döntéshozók jórészt csak igényekről döntenek, és olyan programokról ritkábban, amelyek gazdasági forrásai, keretei ismertek, tisztázottak, támogatottak.

A *környezeti hatások vizsgálata* a fejlesztési terveknél, projekteknél, beruházási programoknál. Rendszerint ezek elvégzése csak olyan esetekben történik meg, amelyeknél a jogszabályok egyértelműen rendelkeznek a hatásvizsgálat elvégzésének szükségességéről.

A *közösségek bevonása, a nyilvánosság biztosítása* a lehető legkorábban, már a fejlesztési koncepciónál (szakmai és civil szervezetek, lakosság, hírközlő szervezetek).

Bár megvannak a jogi szabályozás keretei és a törekvések a szakmai és közösségi igények megismerésére és a közreműködők tervezési eljárásba való bevonására, a szakmai és lakossági tervismertetések, tájékoztatók számos megoldandó kérdést vetnek fel. Ilyen pl. a közérthetőség, a kompetencia és a vélemények megfogalmazásának, figyelembe vehetőségének témaköre.

Ennek az új, követendő szemléletnek megfelelően kiemelt figyelmet kell szentelni

- a fenntartható fejlesztés megítélésére.

A fenntarthatóság kérdése sokszor válik vita tárgyává a szakmai és a társadalmi fórumokon is. Gyakori kérdés, hogy az adott terv a fenntartható fejlesztés elveit miként tartalmazza, mitől fenntarthatók a javasolt megoldások. Ez felveti azt a dilemmát, hogy milyen ismérvek és mutatók alapján ítéltethető meg a fenntarthatóság kérdése, az elvek miként jeleníthetők meg a fejlesztési tervekben, beruházási programokban, projektekben;

- a *megfelelő módszerek, eszközök, modellek* alkalmazására.

Nem elég csupán a jogszabályoknak való megfelelés, azok csak alkalmas szemléleti (fejlesztési politikák) és intézményi rendszerben (döntési, tervezési, megvalósítási, ellenőrzési) működnek hatékonyan.

Következtetések, feladatok

A környezeti/környezetvédelmi érdekek, szempontok érvényesítésére a döntési, tervezési, engedélyezési és kivitelezési folyamat egymásra épülő, hierarchikus rendszerben számos lehetőség van. Az is nyilvánvaló, hogy a környezeti problémák között több olyan prioritás szerepel (l. az EU 6. környezetvédelmi programja 2001–2010), amelyek igazán csak helyi és/vagy regionális/országos keretek között érvényesíthetők. Ilyenek pl. az energiapolitika és gazdaságfejlesztés irányai, valamint a felmelegedést okozó gázok kibocsátásának mérséklése, a fosszilis és megújítható energiaforrások felhasználása stb. Ugyanakkor több helyi probléma ismert, de ez a sok lokális nehézség már regionális és/vagy országos szintű megoldáskeresést igényel (pl. térségi ellátó rendszerek a hulladékgazdálkodásra, az energiaellátásra, hasznosításra).

A problémák megoldásában a tervezésnek kiemelt szerepe van; a kidolgozott tervek, programok elengedhetetlen kellei a fejlesztéseket, beruházásokat megalapozó döntési, engedélyezési és megvalósítási folyamatnak. A tervezéssel szembeni elvárásoknak való megfelelés, a hatékony megoldások kidolgozása, megvalósítása nyilvánvalóvá teszi, hogy ezekhez megfelelő szakmai, jogi szabályozási, gazdasági és társadalmi háttér is szükséges. Ezek szükségszerűen megváltozó, megváltoztatandó elemei, rendszerei nem hagyhatják érintetlenül környezetvédelem és a megújuló természeti források környezettudatos, fenntartható használatát sem, amelynél érvényesülnie kell a környezetvédelem, környezetfejlesztés komplex igény- és érderendszerének is.

A rendszerszemléletű tervezés keretében a különböző céllal és más-más térségekre, időtávokra készülő fejlesztési, beruházási terveknel, programoknál, projekteknel világságá/egyértelművé kell tenni többek között, hogy

- melyek lehetnek/legyenek a tervezés kiinduló, figyelembe veendő előzményei (megalapozó anyagok, döntések, határozatok, megoldási változatok ...);
- melyek legyenek a kulcskérdések, ezekhez mit kell meghatározni és eldönteni (pl. környezetvédelmi program, energiakoncepció, a megújítható források használatára irányuló tervek megvalósítása ...);
- melyek az adott tervek érvényességi határai (idő, tartalom, kockázatok, szóba jöhető változatok, tervi/tervezési és döntési kötelezettségek és felelősség)
- a döntések előkészítéséhez, megalapozásához melyek a megvalósítás feltételei, követelményei és következményei, a javasolt megoldás(ok) előnyei és hátrányai.

A megújuló természeti erőforrások használatának tervezésénél a környezeti/környezetvédelmi érdekek érvényesítési lehetőségeit vázlatosan áttekintve megállapítható, hogy

- a tervezés, engedélyezés, megvalósítás átfogó, intézményesített rendszerében a környezet- és energiapolitikai elvek, dokumentumok *megfelelő háttérrel biztosítanak* a tervezéshez (prioritások, előírások és ellenőrzés, környezetszabályozás és irányítás; fenntarthatóság, éghajlatvédelem stb.);
- a környezeti/környezetvédelmi, az energiagazdálkodási, a gazdasági és társadalmi szempontok/igények *összehangolt kezelésére* van szükség a döntés-tervezés-engedélyezés-megvalósítás átfogó rendszerében;

- a programok/akcióprogramok, tervek kidolgozásának, elfogadásának és megvalósításának során érvényesíteni kell a döntési/tervi hierarchia követelményeit, biztosítani kell a kompetenciát (döntéshozás, tervezés, megvalósítás/kivitelezés) és átláthatóságot, felelősséget.

Irodalom

- Állásfoglalás: Egymást segítve, fenntartható módon együtt élni a Kárpát-medencében. I. Kárpát-medencei konferencia. Pécs, 2003. október 6–7.
- A Bizottság Közleménye: Tematikus stratégia a természeti erőforrások fenntartható használatáról. Brüsszel, 2006. január 4. (01.13.). COM (2005) 670 végleges.
- A Bizottság Közleménye: A bioüzemanyagokra vonatkozó uniós stratégia. Brüsszel, 8.2.2006. COM(2006) 34 végleges.
- A Bizottság Közleménye: A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv. Brüsszel, 07.12.2005. COM(2005)628.
- Az Európai Közösségek Bizottsága: Zöld Könyv; Európai stratégia az energiaellátás fenntarthatóságáért, versenyképességéért és biztonságáért. Brüsszel, 8.3.2006. COM(2006) 105 végleges
- Az Európai Közösségek Bizottsága: Energiahatékonysági cselekvési terv: a lehetőségek kihasználása. Brüsszel, 19.10.2006. COM(2006)545 végleges.
- Commission of the European Communities: Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: On the sixth environment action programme of the European Community 'Environment 2010: Our future, Our choice' – *The Sixth Environment Action Programme*. Brussels, 24.1.2001. COM (2001) 31 final.
- European Commission: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan. Com(97)599 final (26/11/1997).
- European Commission: Green Paper for a Community Strategy. Energy for the Future: Renewable Sources of Energy. COM(96)576.
- Gazdasági és Közlekedési Minisztérium: Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006–2030 évek közötti időszakra. 2005. szeptember.
- Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium: A környezetügy középtávú stratégiája. Vitaanyag, 2008.01.18.

A KÖRNYEZETI VIZSGÁLATOK JELENTŐSÉGE A KÁRPÁT-MEDENCE KÖRNYEZETVÉDELMÉBEN

Absztrakt

Az Európai Közösség az amerikai és európai környezetvédelmi mozgalmak hatására már az 1970-es évektől zászlajára tűzte a környezetvédelmi kérdések kiemelt kezelését. Az EK 1970-es kijelentését követően az 1973-as elfogadástól kezdődően Környezetvédelmi Akcióprogramok keretében fogalmazza meg az aktuális környezetvédelmi prioritásokat, majd az 1990-es évektől kezdődően a fejlesztéspolitikát is áthatja a környezeti és fenntarthatósági felelősség kérdése (pl. Lisszaboni és Göteborgi csúcs 2000, 2001). Az Európai Unió azonban nemcsak stratégia szinten, hanem rendeletekben, direktívákban és iránymutatásokban is kötelezi a tagországokat a fejlesztésekkel párhuzamosan a környezeti érdekek érvényesítésére. Ilyen a 2001-ben létrehozott, az egyes tervek és programok stratégiai környezeti vizsgálatáról (SKV) szóló direktíva (2001/42/EK). Jelen dolgozat és a hozzá kapcsolódó kutatások azt kívánják feltárni, hogy a fejlesztéspolitika új környezetvédelmi eszköze hogyan jelenik meg a magyar és a kárpát-medencei fejlesztéspolitikában.

Kulcsszavak

Stratégiai Környezeti Vizsgálat (SKV), környezetvédelem, Magyarország, fejlesztéspolitika, területfejlesztés.

Bevezetés

Az Európai Közösségben a környezetpolitika mint szakpolitika az 1970-es évektől nyert teret, és az amerikai, majd európai környezetvédelmi mozgalmak hatására egyre meghatározóbbá vált. A fenntartható fejlődés jelentőségének 1987-et követő felerősödése azonban már túlmutat a környezetvédelmi mozgalmakon, hiszen a fenntarthatóság ideájának transzparenciája mellett annak három pillére már a stratégiai tervezésben (pl. lisszaboni, göteborgi nyilatkozatok, 2000–2001), valamint a fejlesztéspolitika eszközei között is (pl. környezeti hatásvizsgálat eszköze) egyre erőteljesebben jelenik meg.

A környezetvédelmi törekvések nemcsak a környezet-specifikus fejlesztési programokban (pl. KEOP, települési környezetvédelmi programok) jelennek meg, hanem valamennyi fejlesztési politikát átszövik. Az uniós tervezésnek így elengedhetetlen eszköze az, hogy a fenntarthatóság elve horizontálisan is megjelenjen a fejlesztési programokban.

A Stratégiai Környezeti Vizsgálat

Mivel az Európai Közösség újraelosztási rendszere egyre nagyobb volumenű projektek és tervek kivitelezését tette lehetővé, ezért abban, és különösen az EU regionális politi-

¹ Tudományos segédmunkatárs, MTA RKK Dunántúli Tudományos Intézet, Pécs.

kájában az értékelés szerepe egyre jobban felértékelődött. Először azonban a Közösség hatékonysági politikájának követelménye, a strukturális alapok 1988. évi reformja során fogalmazódott meg, majd vált kötelezővé a regionális programok előzetes és közbenő (ex-ante és mid-term) értékelése. A környezeti kérdések előtérbe helyeződésével a hatásértékeléseknél már nem csak a gazdasági hatékonyság és racionalitás vált prioritássá. Bár a környezeti hatásvizsgálat intézményét az Európai Közösségek 85/337 számú direktívája vezette be, ez még „csak” a létesítmények természeti, táji, humán- valamint épített környezetre történő hatásának meghatározását, és leírásának szükségességét írta elő. A környezeti hatások és környezeti szempontok egyre határozottabban megfogalmazódó figyelembevételének igénye is egyre inkább arra sarkallta a politikusokat, hogy az eddigi hatásértékelések módszereiből és tapasztalataiból egy önálló, a leíró jellegű értékelésen túlmutató vizsgálati rendszert hozzanak létre (*Czira–Jusztin–Sóvágyó*, 2004). A COM/96/0511-es tanácsi irányelv egyes részeit, valamint korábbi tapasztalatokat figyelembe véve 2001. június 27-én határozta meg és hozta létre az Európai Parlament és a Tanács a Stratégiai Környezeti Vizsgálatot, mint önálló politikát.² Az irányelv arra kötelezte a tagországokat, hogy 2004. július 21-ét követően jogszabályban rögzítsék, majd alkalmazzák is a területi tervezésben az előzetes környezeti vizsgálatot. Ennek a követelménynek Magyarország végül a 2/2005. (I. 11.) kormányrendeletben tett eleget.

A stratégiai környezeti vizsgálat mint környezetpolitika tehát azt a célt szolgálja, hogy a területi tervezés, a területfejlesztés során olyan tervek, programok, fejlesztési elképzelések szülessenek, amelyekkel már magukba foglalják mindazokat a környezetvédelmi kritériumokat, amellyel a terv megvalósulása a lehető legkisebb környezeti kockázattal jár.

A stratégiai környezeti vizsgálat jelentősége abban rejlik, hogy optimális esetben már az átfogó fejlesztési terv során kiszűri azokat a környezeti rizikó-faktorokat, amelyek a majdan megvalósuló beruházások esetén csak a környezeti hatásvizsgálat (KHV) során kerülnének felszínre. Így elkerülhetőek az olyan szituációk, amikor például a munkagépet vissza kell hívni a munkaterületről a beruházás megkezdése előtt, mert csak akkor derül ki, hogy bizonyos környezetvédelmi kérdések miatt a beruházás nem, vagy nem abban a formában valósítható meg, ahogy az a tervekben szerepel.

Mindemellett a stratégiai környezeti vizsgálat olyan területeken is érvényesítheti a környezetvédelmi érdekeket, ahol a környezeti hatásvizsgálatnak nincs szerepe. Így például az olyan kis volumenű beruházásoknál, ahol a jogszabály nem írja elő a hatásvizsgálat készítését. Az Európai Unió alapjainak felhasználásakor ugyanis számos ilyen lehetőség kínálkozik. A kisvállalkozások fejlesztéseinek kivitelezésekor (így például egy varroda többmillió nagyságrendű szabásgépének cseréjekor) az előírások minimálisak, azonban a számtalan megvalósult fejlesztés összvolumene könnyen nagyobb környezeti hatást is kifejthet, mint egy-egy önálló nagyberuházás. Így például, mivel ezekre a kis volumenű fejlesztésekre nem vonatkozik környezeti hatásvizsgálat, így gyakorlatilag senki nem ellenőrzi, hogy a fejlesztéskor keletkező hulladéknak mi lesz a sorsa. A stratégiai környezeti vizsgálat azonban gazdaságfejlesztési terv szinten előírhatja a különböző környezetvédelmi indikátoroknak való megfelelést. Ezáltal csak azon

²2001/42/EK irányelve az „egyes tervek és programok környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatáról”.

szereplők pályázhatnak az egyes forrásokra, akik a pályázati anyagukban a környezeti terhelések kezelését is részletesen bemutatják.

Ahhoz azonban, hogy az SKV valóban elérje hatását, nem mindegy, hogy hogyan készül, a készítés folyamata hogyan integrálódik a tervezés és a döntéshozás folyamatába.

Ahogy a közösségi tervezéseknek, úgy a környezeti és a területi tervezésnek is van egy adminisztratív és egy politikai gyakorlata. Az adminisztratív rendszer az adott ország intézményi sajátosságaitól, struktúrájától, míg a szakmapolitikai gyakorlat az ország politikai hagyományaitól, annak gyakorlati megnyilvánulásaitól függ. A tervezés sikeréhez, az elképzelések megvalósításához azonban mindkét gyakorlat karakterisztikájához alkalmazkodni kell. Természetesen ez meglehetősen nehéz feladat, mindazonáltal az integrált tervezésnek alkalmaznia és számolnia kell mindkettővel. Ez azonban hátrálthatja is a hatékony területi tervezést. Jelen kérdésnek a Stratégiai Környezeti Vizsgálatoknál külön jelentősége van. A jogszabályi keretek ugyan meghatározzák, hogy az SKV-nak a tervvel együtt kell készülnie, de ez nyilvánvalóan a konzultációk iteratív jellegére, nem pedig a párhuzamosságra vonatkozik.

A vonatkozó kormányrendelet (2/2005), valamint az azzal összhangban lévő 1995. évi LIII. a környezet védelmének általános szabályairól szóló törvény (Ktv.) vonatkozó bekezdései lehatárolják azokat a programokat, terveket, koncepciókat, amelyekre vonatkoztatva a környezeti vizsgálatot végre kell hajtani. Ez (a teljesség igénye nélkül) különösen a nemzeti fejlesztési tervet és operatív programjait, a területi terveket (pl. megyei- és településrendezési tervek), a helyi építési szabályzatokat, a helyi szabályozási terveket, illetve az egyes ágazatokhoz tartozó (pl. hulladékgazdálkodás, vízgazdálkodás, idegenforgalom) terveket érinti, területi megkötéstől függetlenül. A fentiekén kívül minden olyan programot és tervet alá kell vetni a környezeti vizsgálatnak, amely jelentős hatással lehet a környezetre. A kormányrendelet azonban ad egy kis mozgásteret az önkormányzatoknak – amit, ahogy azt a kutatás mutatja, ki is használnak –, nevezetesen, hogy a helyi építési szabályzat és a szabályozási terv tekintetében, amennyiben annak kismértékű módosítása történik, és az nincs nagy hatással a környezetre, úgy abban az esetben a környezeti vizsgálatot elvégezni nem szükséges.

SKV a gyakorlatban

Jelen dolgozat keretében több szinten kívánom bemutatni a Stratégiai Környezeti Vizsgálatnak a Kárpát-medencében, elsősorban Magyarországon történő megvalósulását.

Egy európai uniós, 6. Kutatási Keretprogram³ keretében górcső alá vettük a magyar regionális operatív programok (később pedig azok első akciótervei) – különös tekintettel a Dél-dunántúli Operatív Program – stratégia környezeti vizsgálatának folyamatát, annak illeszkedését a program készítésébe.

2008-ban egy kérdőíves kutatás keretében felmértem a megyei és települési önkormányzatok 2005 januárját követő tervezési tevékenységéhez kapcsolódó SKV készítési folyamatokat. 2008 őszén pedig egy újabb kutatást indítottam arra vonatkozóan, hogy a

³G-Fors (Governance for Sustainability) 6. Kutatási Keretprogram által támogatott kutatás. Magyar partner: MTA RKK DTI, témavezető: Pálné Kovács Ilona. www.gfors.eu.

Kárpát-medence uniós tagállamaiban (Szlovákiában és Romániában) milyen lépések történtek az SKV készítések tekintetében.

SKV nemzeti és regionális szinten

A fent említett G-FORS 6. Kutatási Keretprogramban végzett kutatás egyik célja volt, hogy esettanulmányokon keresztül feltárja az egyes uniós tagországokban végbemenő, az új környezetpolitikákhoz – mint például a Stratégiai Környezeti Vizsgálat alkalmazásához – kapcsolódó döntéshozók (aktorok) arénáját, az egyes résztvevők (stakeholder-ek) szerepét, és a közöttük zajló irányítási (governance) és kommunikációs folyamatokat, a nemzetközi (metagovernance), nemzeti (second order governance), regionális, és helyi szinten (first order governance) egyaránt. A kutatás célja volt továbbá a releváns aktorok tudásformáinak feltárása, a folyamat során történő változások regisztrálása és elemzése. A kutatás a záró szakaszában tart, ahol a tagországok tapasztalatait összegezzük, és közös, a hatékonyabb szakpolitika érvényesülését eredményező konklúziók levonásán dolgozunk. Jelen tanulmányban a kutatás eredményei (*Pálné-Varjú, 2008*) közül elsősorban a folyamatban fellelhető anomáliákra kívánom felhívni a figyelmet.

A kutatás során esettanulmányként a Dél-dunántúli Operatív Program készítésének folyamatát tanulmányoztuk, a későbbiekben pedig ezt kiegészítettük az Akciótervek vizsgálatával annak érdekében, hogy az esetleges változásokat, tanulási folyamatokat is rögzíteni tudjuk. A kutatásban a tervezőkkel és az SKV készítőikkel készítettünk mély-interjúkat, valamint az SKV készítéséhez kapcsolódó dokumentumokat és újságcikkeket vettük tartalomelemzés alá.

Magyarország az EU által adott jogszabályi rendezési határidőt nem teljes mértékben tartotta be az SKV-val kapcsolatban. Bár az 1995. évi Ktv. módosítása megtörtént 2004. év közepére, a részletesen szabályozó kormányrendelet (2/2005) azonban csak 2005 elejére készült el.⁴ A környezetvédelmi érdekeket szem előtt tartó elhivatottakat azonban ez nem akadályozta, hiszen már 2003-ban Magyarország első uniós költségvetési ciklusához kapcsolódó Regionális Operatív Programokhoz elkészült egy, folyamatában és módszertanában hitelesnek és jó példának mondható környezeti vizsgálat (*Tombácz et al. 2003*).

Ha folyamatoldalról vizsgáljuk az eddigi országos szintű tapasztalatokat, különös figyelmet fordítva Magyarország második uniós költségvetési periódusára, akkor azt mondhatjuk, hogy a kép nem annyira pozitív, ahogy azt az említett előzetes tapasztalatok sugallnák. Kétségtelen, hogy a jelenlegi tervezési periódus (2007–2013) volt az első, ahol nagy volumenben történtek környezeti vizsgálatok. A felmerülő ellentmondások így a részbeni tapasztalatatlanságnak is betudhatóak, a kutatás azonban azt is megmutatja, hogy ebben szerepe van a túlzottan bürokratikus magyar intézményi rendszernek, valamint annak is, hogy a szakpolitikai elképzelések és a tervezés ugyan párhuzamosan, de gyakran különállóan, nem integrált módon történik.

Úgy tűnik tehát, hogy a túlzottan központosított, hierarchikus irányítási metódus Magyarországon nem szolgálja a környezeti érdekek érvényesülését. Ha a holland kör-

⁴ Az EU 2004. év közepéig adott határidőt a jogharmonizációra.

nyezetvédelmi értékelési modellt vizsgáljuk, akkor egy kicsit más a helyzet. Ez a rendszer is – részben „jogszabály-vezéreltségéből” is kifolyólag – hierarchikus irányítási elemekkel rendelkezik, és központosított abban a tekintetben, hogy a holland környezetvédelmi értékelési rendszerben minden környezeti hatásvizsgálatnak egy szakértői testülethez, a Holland Környezetértékelési Bizottsághoz kell kerülnie. Ugyanez vonatkozik kötelező jelleggel azokra a stratégiai környezeti vizsgálatokra, ahol a tervek védett területeket érintenek. A holland partner vizsgálata azonban arra is rámutat, hogy a gyakorlat szerint az „egyéb” környezeti vizsgálatok is a bizottság elé kerülnek önkéntes alapon, biztosítva így a szakmai felügyeletet (Coenen et al. 2008).

A kutatás eredményeiből leszűrhető tehát, hogy elsősorban a bürokratikus nehézségek miatt, néhány környezeti vizsgálat készítése során csak (a *Partidário-Voogd*, 2004 elmélet szerinti) „kapcsolt integráció” valósult meg. Előfordult ugyanis az, hogy a fejlesztési terv készítése már lezárult, a környezeti értékelés azonban még „javában zajlott” (erre utalnak az interjúalanyokon kívül a tervezési dokumentumok dátumai is). Mivel ekkor már nincs lehetőség arra, hogy a környezeti vizsgálatban megfogalmazottak érvényesüljenek a tervben, ezért az SKV csak egy – a jogszabályi kritériumoknak ugyan megfelelő – kötelező csatolmánya a területfejlesztési tervnek.

Helyi szint

Egy másik, saját kutatásban igyekeztem feltárni azt, hogy helyi szinten a törvény hatálybalépése óta milyen tapasztalatok szűrhetőek le a környezeti vizsgálat alkalmazását illetően a helyi területfejlesztési törekvésekkel kapcsolatban. Bár a kutatás még zajlik, az első eredmények azt sugallják, hogy a probléma teljesen más megközelítést igényel. A kutatás során kérdőívet küldtem valamennyi megyei önkormányzat részére, ahonnan eddig 7 megye küldte vissza azt kitöltve. Települési szinten ugyancsak teljes reprezentativásra törekedtem, így megkíséreltem fellelni az összes magyarországi település önkormányzatának e-mail címét. Itt azonban a 3152 (TEIR, 2007) településhez kapcsolódóan 2354 élő email címet találtam. Ennek megfelelően főként az 500 fő alatti települések voltak alulreprezentálva. A 2354 megkeresésre, amelyet 2008 májusa és októberé között, három lekérdezési kísérlettel végeztem, 399 válasz érkezett. A válaszok tekintetében elmondható, hogy az 1000 fő alatti települések alul-, míg az 5000 fő feletti települések túlreprezentáltak a válaszok tekintetében, ennek megfelelően a válaszok súlyozásra kerültek.

Ahogy a megyei szinten történt felmérésből kiderül, a válaszadók mindegyike halott már az SKV-ról. A választ adó megyei önkormányzatok több mint a felének a kérdezett időszaktól – a 2/2005 kormányrendelet 2005. januári hatálybalépésétől – volt már olyan rendezési, vagy egyéb ágazati terve, amelyre már alkalmazni kellett volna az említett környezeti vizsgálatot. Noha – ahogy a kérdőívből kiderül – mindegyik önkormányzat különösen fontosnak gondolta a környezeti kérdések figyelembevételét a fejlesztéseknél, a kérdéses terveknél SKV-t egyik önkormányzat sem végzett. A válaszokból az is kiderül, hogy sokszor nem egyértelmű a kormányrendelet valamint a környezeti vizsgálat értelmezése. A válaszadók közül többen úgy értelmezik a jogszabályt, hogy az a településekre vonatkozik elsősorban, hiszen a konkrét beruházások települési szinten valósulnak meg. Többen úgy értelmezik tehát az SKV-t, mintha az valójában

KHV lenne. A válaszadók még azt is megemlítik, hogy az SKV-val kapcsolatosan nem állnak rendelkezésükre gyakorlati tapasztalatok más önkormányzatoktól, nincsenek információk, hogy azt a gyakorlatban hogyan is kellene, vagy lehetne hatékonyan elvégezni. Úgy tűnik tehát, hogy a fentiekben tárgyalt környezeti vizsgálatok leginkább a megfelelő információk hiánya miatt szenvednek késedelmet.

A települési önkormányzatoktól visszaérkezett kérdőíveket megvizsgálva már nem ennyire egyértelmű a kép. Az alapvető probléma a települési szinttel az, hogy a válaszadók 45,1%-a nem is hallott az SKV-ról, és a válaszadók mindösszesen 11%-a készített ilyet. Ezt a 11%-ot azonban árnyalja az, hogy a vizsgált időszakban (2005. január és a válaszadás időpontja között) a válaszadó települések 73%-ában készült olyan terv, vagy annak módosítása, amelyre környezeti vizsgálatot kellett volna végezni. Azon településeknek, amelyek hallottak már az SKV-ról és volt is környezeti vizsgálat-köteles programjuk (a válaszadó települések 54%-a volt ilyen), már közel egyharmada (28%) készített is SKV-t. Ez azt jelenti, hogy a települések több mint kétharmada – ha kicsit sarkítva is fogalmazunk – tudatos módon mulasztásos törvénysértést követett el (ezt több önkormányzat egyébiránt fel is vállalta). Ennek okai nagyrészt az információ hiányában keresendők. Amellett, hogy a települések majdnem fele semmilyen információval nem rendelkezik a környezeti vizsgálatról, azok, akik rendelkeznek valamilyen tudással, jellemzően arra hivatkoznak, hogy egy információs hálózat megkönnyítené a tájékozódásukat ilyen és hasonló kérdésekben.

Kardinális kérdésként jelenik meg a forráshiány. Bár azok fele, akik készítették SKV-t, az adott terv készítőjére bízta annak végrehajtását, és a terv büdzséjébe építették bele a környezeti vizsgálat költségét, az SKV-zó települések másik fele addicionális pénzügyi forrásokat vett igénybe a környezeti vizsgálat elkészíttetéséhez. Azok, akik tudatosan nem készítették SKV-t, többnyire azzal indokolták ezt, hogy erre nincs is szükség, hiszen a környezeti érdekek érvényesítésére már eddig is létezett eszköz, nevezetesen a KHV. Többen azonosították az SKV-t a települések kötelezően elkészítendő környezetvédelmi programjával, ami valóban fontos, azonban nem azonos az SKV-val. A válaszadók indokai között megjelent a megyei szinten is tapasztalt, de ellentétes előjelű érv, miszerint az SKV-t nem települési, hanem magasabb, megyei vagy regionális szintű tervezéskor kell készíteni.

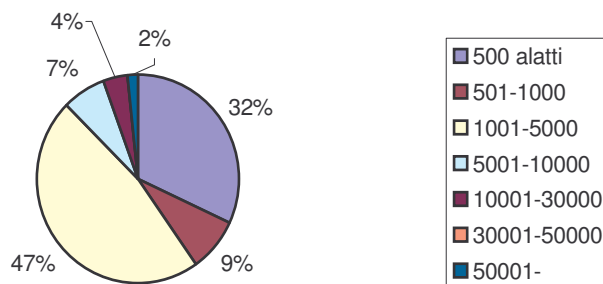
Ha településtípusok szerint vizsgáljuk a válaszokat, akkor azt láthatjuk, hogy súlyozás nélkül is – súlyozással pedig különösen – kirívó az, hogy elsősorban a kis lélekszámú települések azok, amelyek környezeti vizsgálatot végeztek terveikhez vagy azok módosításaihoz (*1. ábra*).

Az *1. ábra* alapján látható, hogy annak ellenére, hogy a kistelepülések alulreprezentáltak voltak a kérdőívek elérésének tekintetében (azaz sokuk nem rendelkezett élő e-mail címmel, ami jól jelzi, hogy az információktól jobban el vannak zárva, mint a nagyobb lélekszámú települések), a környezeti érdekeket jobban érvényesítik, arra érzékenyebbek. Nyilvánvaló, hogy ennek egyik legfontosabb oka a zártabb közösség, amely nagyobb egymásrataltságot követel, valamint jobban ki van téve, és érzékenyebb a természeti környezet változásaira. Ezt a trendet támasztja alá a kérdőívhez kapcsolódó attitűd vizsgálat is.

1. ábra

A szerző szerkesztése, KSH 2007 adatok alapján súlyozva.
Települések terveihez készített SKV-k, településtípusok szerint súlyozott adatok

SKV-k az összes SKV %-ában



Forrás: A szerző szerkesztése, KSH 2007 adatok alapján súlyozva.

Ha megpróbáljuk feltárni az SKV készítés területi különbségeit (2. ábra), szintén egyfajta természetikörnyezet-érzékenység figyelhető meg. Bár az ábra csak azt mutatja, hogy a vizsgált időszakban mely települések készítették el elsőként a környezeti vizsgálatot (idővel a térkép minden települést le fog fedni), a térkép összevetése a hazai védett területeket ábrázoló térképpel (3. ábra) érdekes képet ad. (A 2. ábra fehér területei közé nem csak az SKV-t nem készítők, hanem a választ nem adó települések is beletartoznak. Bár a szerző eddig településekről beszélt, a térkép [2. ábra] pedig kistérségi szintet ábrázol, ennek egyetlen, de annál kardinálisabb oka az, hogy a kutatás egy rendkívül kényes területet tár fel, és a kutatói etika megköveteli, hogy a válaszadó települések ne lehessenek beazonosíthatóak.)

A két térkép összevetéséből látható, hogy különösen azokon a területeken jelentek meg az első környezeti vizsgálatok, ahol valamilyen védett természeti érték – elsősorban országos jelentőségű védett terület (főként nemzeti park, vagy tájvédelmi körzet) – található (pl. Órség, Zselic, Nyugat-Mecsek, Duna–Dráva Nemzeti Park Duna menti területei, Mezőség, Kiskunság, Hortobágy, Bükk). A fenti, csak sejtethető korrelációt támasztja alá a kérdőívhez kapcsolódó attitűd-vizsgálat, amely azt mutatja, hogy azok a települések, ahol a közvetlen közelben, vagy a település közigazgatási területén védett természeti érték található, sokkal fogékonyabbak a környezetvédelmi tevékenységekre, hiszen közvetlen közlőrl tapasztalják a természeti környezet érzékenységét, és látják az ilyen jellegű intézkedések értelmét.

Ahogy az előzetes eredményekből látható, a jogszabályi keretek tekintetében határidőre teljesült a környezet vizsgálat (és más környezetvédelmi kérdések) jogi harmonizációja. A román fejlesztéspolitikában azonban egy érdekes véleményre lehetünk figyelmesek. A környezetvédelemért felelős tervező szakember úgy nyilatkozott, hogy a

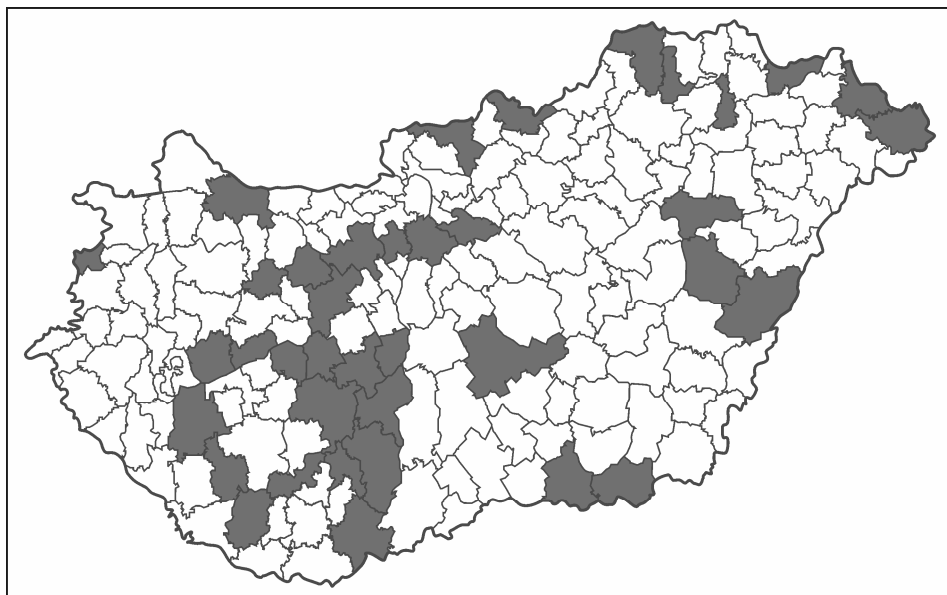
környezeti vizsgálat különös jelentőséggel bír Romániában, mivel ez egy objektív eszköz, és így erőteljesen hathat egy szegény országban (mint Románia) a gazdasági és politikai érdekek ellen.

Szlovákia környezetvédelmi szabályozás tekintetében némileg Magyarország előtt jár, hiszen ott már 2002-ben elkészült a Nemzeti Fenntartható Fejlesztési Stratégia (NFFS), amelyet az ezt követően elkészült ágazati stratégiáknak kötelességük volt figyelembe venni. A szlovák környezetvédelmi tudatosság ezredfordulón történő felfejlődésére fontos hatással volt a környezetvédelmi miniszter személye, és az a tény, hogy a minisztérium politika-független tudott maradni (Mezei, 2007). (Megjegyzendő, hogy Magyarország az Európai Unióban utolsóként fogadta el az NFFS-t, amely – ahogy a kutatásokból kiderült – különösen fontos szerepet tölthetett volna be a II. Nemzeti Fejlesztési Terv és operatív programjainak elkészítésekor, azok környezeti vizsgálatokor.)

A szlovák kutatások első eredményei a fentiek ellenére azonban – legalábbis települési szinten – hasonló képet mutatnak, mint a magyarországiak. Vannak települések, ahol nincsenek tisztában a környezeti vizsgálat fogalmával, vannak, ahol a fogalmak keverednek (KHV vs. SKV), illetve vannak olyan települések, ahol már készültek fejlesztési tervekhez környezeti vizsgálatok.

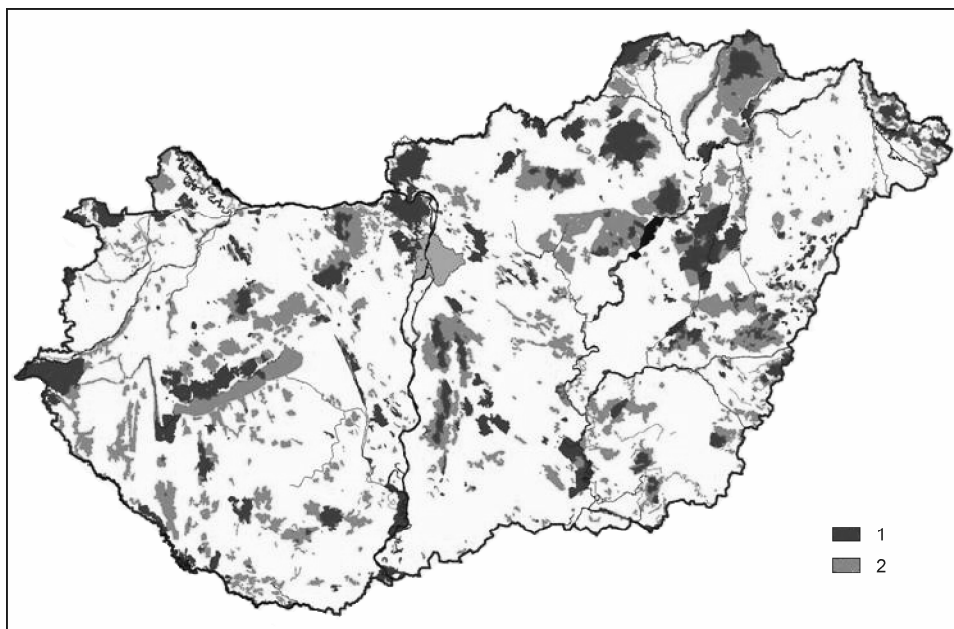
2. ábra

A vizsgált időszakban (2005. január – 2008. október) SKV-t készítő települések kistérségi besorolás alapján



Forrás: A szerző szerkesztése.

3. ábra
Országos jelentőségű védett természeti értékek és a Natura 2000 hálózat
Magyarországon (2004)



Jelmagyarázat: 1 – Országos jelentőségű védett természeti értékek; 2 – Natura 2000 területek.
Forrás: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.

Összegzés

Az ezredfordulót követően a magyar környezetvédelmi szabályozásra a jogharmonizációs feladatok tömege volt jellemző, ami azt eredményezte, hogy mára csak elvétve található olyan közösségi jogszabályt, amelynek nincs magyar megfelelője, és ez is jellemzően csak átmeneti állapot (Horváth et al. 2004). A stratégiai környezeti vizsgálattal kapcsolatos jogharmonizáció – bár némi csúszással – szintén beépült a magyar jogszabályok sorába. Ettől kezdve a tervezőkön, kidolgozókon a felelősség, hogy azt a megfelelő információk, tapasztalatok és ismeretek birtokában úgy alkalmazzák, hogy az valóban azt a célt szolgálja, amire a szakmapolitikai szándék létrehozta.

Ahogy a szakirodalom is megfogalmazza, a „területfejlesztés komplex tevékenység, melynek fő feladata az elmaradott térségek kialakulásának megelőzése, a fejletlenebb térségek fejlődési potenciáljának kiszugároztatása. Célja a helyi és térségi, társadalmi partnerségen alapuló gazdaságfejlesztési folyamatok beindítása, támogatása.” (László–Magay, 2005, 56 p.) Ahhoz azonban, hogy a területfejlesztés valóban elérje fenti célját, arra is szükség van, hogy a komplexitásba beletartozzon a stratégiai környezeti vizsgálá-

lat, amely nem csupán kötelező csatolmánya kell, hogy legyen a tervdokumentumoknak, hanem a tervezés során kellene érvényesülnie.

A kívánatos Stratégiai Környezeti Vizsgálat tehát feltételez egy széles információs hálózatot a különböző területi szinteken, és beépül a „napi” tervezési rutinba annak érdekében, hogy iterativitása kézzel fogható legyen. Megfontolandó ugyanakkor az, hogy a fentiekkel összhangban holland mintára létre lehetne hozni egy állandó, független szakmai szervezetet, amely biztosítja a környezeti vizsgálatok elkészültét, szakmai színvonalát, valamint a folyamat diszkurzív jellegét.

Irodalom

- Coenen Frans et al. 2008: G-fors Dutch national report. [online] http://www.gfors.eu/fileadmin/download/national_reports/Gfors_Dutch_national_report.pdf [cit.2008.11.17.] 100 p.
- Czira T. –Jusztin V. – Sóvágó K. 2004: A társadalmi-gazdasági és környezeti hatásértékelés szerepe a területi tervezésben. – Területi statisztika. 1. 3–20. pp.
- Horváth Zs. et al. 2004: Az Európai Unió környezetvédelmi szabályozása. KJK-Kerszöv Kft., Budapest.
- László M. – Magay M. 2005: A terület- és településfejlesztés szervezeti és intézményi rendszere. In: Pap N. – Tóth J.(szerk.) 2005: Terület- és Településfejlesztés I. Alexandra Kiadó, Pécs, pp. 27-68.
- Mezei István 2007: A környezetvédelem intézményrendszere Szlovákiában. Tér és Társadalom. XXI. évf. 3. sz. 197–215 pp.
- Pálné Kovács I. – Varjú V. (eds.) 2008: G-FORS Case Studies on SEA and ETS in Hungary. CRS HAS. [online] http://www.gfors.eu/fileadmin/download/national_reports/G-Fors_Hungarian_Cases_inal.pdf [cit. 2008.11.17.] 96 p.
- Partidário, M.–Voogd, H. 2004: An Endeavour at Integration in Environmental Analysis and Planning In: Miller, M. – De Roo, G. Integrating City Planning and Environmental Improvement. Practicable Strategies for Sustainable Urban Development. Ashgate, Aldershot, 285–294. pp.
- Tombácz E. et al. 2003: Stratégiai Környezeti Vizsgálat. Egy lehetséges módszertan a regionális operatív program környezeti szempontú ex-ante értékelésének megalapozásához. [online] 2003. február http://www.rec.hu/skv/doc/SKV_jelentes.pdf [cit. 2007.10.31]
- TEIR-KSH adatbázis, 2007.

**A PARTNERSÉG ELVE
CIVIL TERMÉSZET- ÉS KÖRNYEZETVÉDŐK RÉSZVÉTELE
AZ EURÓPAI ALAPOK MONITOROZÁSÁBAN: A KÖRNYEZETI
ÉRDEKEK ÉRVÉNYESÍTÉSÉNEK ESZKÖZE**

Absztrakt

A magyar civil természet- és környezetvédők legitim közössége számos képviselőjét delegálja nem kormányzati tagokat is fogadó bizottságokba, többek között az Európai Unió ESZA és ERFA típusú forrásainak felhasználását monitorozó bizottságokba. Itt európai ajánlások – például a környezeti fenntarthatóság, az esélyegyenlőség, a szubszidiaritás elve, újabban a klímavédelem, a partnerség és a területi kohézió – mentén dolgoznak. Már 2003-ban, európai csatlakozásunkat egy évvel megelőzve megkezdték működésüket. A partnerség gyakorlata finomodott az 1. és a 2. európai tervezési időszak között: több tapasztalat gyűlt össze a GO és az NGO oldalon egyaránt. A jól szervezett „zöld” civilek valamelyest nyitottak a többi NGO felé is. Civil szándék van az 1. tervezési időszak tapasztalatainak érvényesítésére a 2. időszakban. Az *Európa 2010: Partnerség Európa megújulásáért* című, 2005-ben született dokumentum újabb eszközöket, hivatkozási alapot nyújt – például kutatók, tervezők és civil környezetvédők – együttműködéséhez, nemcsak a nemzeti tervezés, hanem kisebb és nagyobb – határokon átnyúló – ökológiai egységek fenntarthatóságának védelméhez is. A konferencia kiváló kommunikációs csatorna volt e lehetőség felismeréséhez.

Kulcsszavak

Együttműködő tervezés, környezeti fenntarthatóság, megelőzés, környezeti tervezés, európai források felhasználása, civil monitoring.

Egy, a fenntartható fejlődéssel és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggéseivel foglalkozó, azokat a felismert ökológiai egységben, a Kárpát-medencében vizsgáló tanácskozás értelemszerűen foglalkozhat a különféle élettudományokban folyó alap kutatások eredményeinek ismertetésével, az eredményekre építő alkalmazott tudományok lehetőségeivel, analízissel és szintézissel egyaránt – mint azt tapasztalhatunk. Olyan fogalmi kerettel dolgozott ez a tanácskozás, amelyben semmilyen felismerés, semminő kapcsolat, egyetlen diszciplína vagy szektor munkája sem felesleges.

Látszólag távol van a hagyományos szaktudományoktól az a munka, amelyet – többszörös áttételeken keresztül – olyan magyar civil természet- és környezetvédők végeznek, akiket e civilek legitim közössége delegált számos, nem kormányzati tagokat fogadó bizottságba – például az Országos Környezetvédelmi Tanácsba, a Fenntartható Fejlődés Bizottságba, vagy a KÖVICE forrásaival gazdálkodóba. Hasonló mandátummal dolgoznak azok a civil természet- és környezetvédők, akik az Európai Unió ESZA

¹ Választmányi tag, Magyar Környezeti Nevelési Egyesület.

és ERFA típusú forrásainak felhasználását monitorozó bizottságokban dolgoznak európai ajánlások – például a környezeti fenntarthatóság, az esélyegyenlőség, a szubszidiaritás elve – mentén. Már 2003-ban, európai csatlakozásunkat egy évvel megelőzve megkezdték működésüket.

Partnerség Európában

Az az európai dokumentum, amelynek felismeréseit és célkitűzéseit a figyelmükbe ajánljuk mint a környezet és a fenntarthatóság védelmének eszközeit, csak 2005. január 16-án vált véglegessé. Az *Európa 2010: Partnerség Európa megújulásáért* c. dokumentum 2005–2009 között megvalósítandó stratégiai célkitűzésekkel foglalkozik: a fellendüléssel, a szolidaritással és a biztonsággal. Mindezek a célkitűzések szoros kapcsolatban vannak a Kárpát-medence legnagyobb részének ökológiai fenntarthatóságával, minőségi életre törekedésével is. Ezekre az elvekre és stratégiai célokra lehet hivatkoznunk, civileknek, a munkánk során, és ezek mentén válhatnak kutatók és nem kormányzati természet- és környezetvédők is partnerekké, egymás eredményeit felhasználva.

Az európai dokumentum felsorolja, mekkora *előrehaladást* tett az Európai Unió az elmúlt néhány év során a következők érdekében:

- az eddigi legnagyobb méretű bővítés révén kontinensünk túlnyomó része szabad Európává egyesül,
- az euró bevezetése, a pénzügyi stabilitás övezetének megszilárdítása,
- a bővített uniónak a tagállamok és azok állampolgárainak kettős legitimitásán alapuló
- szabályai korszerűsítése,
- a jog és a biztonság közös európai térségének megteremtése,
- az európai védelmi politika első szakaszainak kiépítése.

Másrészt azonban az európai eszme iránti közömbösség is általánosan elterjedt. A *bizalomcsökkenésnek* többféle oka van, amelyek között szerepel a gazdaság fejlődésének lassú üteme, a gazdasági és az egyéni bizonytalanságérzet növekedése, az identitás elvesztésétől való félelem, valamint egy sokkal általánosabb érzés, amely azt sugallja, hogy „nincs kapcsolat” a brüsszeli döntések és az emberek hétköznapi élete között. Rendkívül sürgető, hogy érthetőbben mutassuk fel az unió által biztosított értékeket.

Milyen célokat kell megvalósítani a következő öt év során?

- Vissza kell terelni Európát a hosszú távú fellendüléshez vezető útra.
- Fenn kell tartani és meg kell szilárdítani Európa szolidaritás és társadalmi igazságosság iránti elkötelezettségét annak érdekében, hogy a kibővített unió kohéziója erősödjön.
- Kézzelfogható gyakorlati előnyöket kell biztosítani az életminőség terén az európai állampolgároknak a biztonságuk növelését szolgáló új intézkedésekkel.
- Az unió vívjon ki nagyobb szerepet a nemzetközi politikában.

- Eredményes partnerségi kapcsolatot kell kiépíteni az unió szomszédos országaival.

Hogyan fog Európa megfelelni az említett elvárásoknak 2010-re?

A hatékonyság eléréséhez az Európai Uniónak világosan meg kell határoznia politikai prioritásait. Ezek a következők:

- Társadalmi szolidaritás az erőteljes gazdasági teljesítmény – növekedés és munkahelyteremtés – *alapján*, viszont
- szolidaritás és biztonság *nélkül nincs fellendülés*, a gazdaság hivatott az emberek érdekeit képviselni és nem fordítva.
- Európai összefogás a közös célokért, közös cselekvési programokért.
- Az összetett kihívásokkal csak partnerségben lehet megbirkózni.
- Valamennyi szereplőnek együtt kell működnie valamennyi szinten.

A versenyképességet, a növekedést és a munkahelyteremtést, a gazdasági és társadalmi kohéziót, valamint az egészséges környezetet elősegítő intézkedések felerősítik egymás hatását. Mindezek a fenntartható fejlődés mindent átfogó célkitűzésének lényeges összetevői, amelyeket teljesítenünk kell – a Kárpát-medencében is.

Ahhoz, hogy az egyes polgárok a partneri kapcsolat részeseivé váljanak, világossá kell tenni, hogy a partnerség felelősséggel is jár. Minden európai polgárnak van feladata az unió munkájában, és az európai polgárok felelőssége is, hogy közös céljaink megvalósuljanak. A partnerség megvalósítása érdekében az uniónak a végrehajtásban kell jeleskednie, és el kell jutnia minden európai emberhez. A jogszabályok betartása bizalomépítő. Minőségre, koherenciára, hatékonyságra és egyszerűsége törekvő jogalkotásra, alkotmányra, költségvetési fegyelemre, nyitottságra és elszámoltathatóságra van szükség.

Valamennyi európai intézménynek át kell vennie azt a gondolkodásmódot,

hogy a polgárok szolgálatában áll. A partnerség eszméjének elengedhetetlen része a konzultáció és a részvétel. A kezdeményezésekbe teljes mértékben be kell vonni a nemzeti parlamenteket, az összes hatóságot, a szociális partnereket, a civil társadalmat és valamennyi érdekeltet. A párbeszédnek túl kell lépnie a brüsszeli politikai vitákon és ki kell terjednie az európai közéletre, hogy megismerhessük egymás kultúráját, identitását és politikai gondolkodásmódját. Ez elősegíti majd az európai azonosságtudat kialakítását, különösen a fiatalok körében. Az uniónak az elvégzett munka tekintetében nyitottnak kell lennie a nyilvánosság általi ellenőrzésre, és elszámoltathatónak kell lennie.

Európa 2010: stratégiai célkitűzések

Fellendülés

Napjainkban az Európa előtt álló legégetőbb probléma a növekedés és a munkahelyteremtés. Ezek azok a kihívások, amelyekkel a 2000-ben elfogadott lisszaboni stratégia foglalkozik. A célok megvalósításától azonban még nagyon messze állunk, ezért határozott lendületre van szükség, hogy a stratégia végrehajtása a helyes irányt kövesse. A

fellendüléshez *vállalkozásbarát környezetre*, az innováció fellendítésére van szükség. A kutatás és fejlesztés, a modern technológia, a legmagasabb szakképzettség, a jól működő hálózatok lehetnek *befektetések a fellendülésért*. E célért szükség van a *változások elfogadására* is.

Szolidaritás

Az EU lényege a fenntartható fejlődés átfogó célkitűzésének megvalósítása. Közös projektünk azzal a felelősséggel jár, hogy egymásnak kölcsönös támogatást nyújtsunk, valamint a környezetvédelem és a környezetgazdálkodás feladatát együtt oldjuk meg. Az egészséges európai társadalom kialakítása ennek a közös projektnek az eredményes végrehajtásától függ.

A vidéki közösségek és a szélső peremterületek szintén különleges kihívásokkal szembesülnek a gazdasági fejlődés, a társadalmi kirekesztés és az elnéptelenedés miatt. *A következő nemzedékekkel való szolidaritás* kifejeződése a környezetvédelem, amely továbbra is kulcsfontosságú feladatunk marad a jövő generációi érdekében. Az *éghajlatváltozás* olyan fenyegetést jelent, amely a fizikai környezetünket, de a növekedést és a fellendülést is érinti. Európának továbbra is vezető szerepet kell vállalnia az okok megszüntetésében az *energiahatékonyság* javításával és annak felmutatásával, hogy gazdasági megoldások segítségével – például a közlekedési módok új egyensúlyának megteremtésével – is található alternatívák. Ösztönözni kell az *ökoinnovációt*, és elő kell segíteni az ökohatékonyságot: ezek hosszú távon ösztönző hatást gyakorolnak a környezetvédelmi technológia kulcsfontosságú ágazatának termelékenységére és innovációjára, amelyek hozzájárulhatnak az európai gazdaság versenyképességéhez.

A Közös felelősség a közös értékekért szintén a kohézió eszköze. Az európai kulturális sokszínűség védelme és előmozdítása az unió értékrendjének középpontjában áll. Javasolhatnánk itt még a közép- és kelet-európai társadalmakban élő, a fenntarthatóság előképeinek tekinthető agri-kulturális megoldások megosztását is, mint amilyen a „rendtartó székely falu”, a közbirtokosság erkölce és megoldásai, a takarékoság, az ártéri gazdálkodás a víz megtartásáért stb.

Biztonság és szabadság

Az európai intézményeknek foglalkozniuk kell a polgárok hétköznapi életében jelentkező kockázatokkal. Ez többek között természeti katasztrófák, környezeti és egészségügyi válsághelyzetek, valamint a közlekedési és energiaellátással kapcsolatos veszélyekre is vonatkozik. A *biztonság és igazságszolgáltatás* fejlesztése mellett a modern világban *kockázatkezelésre* van szükség. A környezeti és egészségügyi kockázatok, például az éghajlatváltozás miatti fokozott árvíz- és aszályveszély, az esetleges biológiai, vegyi vagy nukleáris támadások után visszamaradó szennyező anyagok, illetve a súlyos járványok az Unió egész területén azonnali következményekkel járnak. A megoldáshoz kétféle módszert kell alkalmazni: egyrészt a korai előrejelzéseket és az azonnali válaszlépéseket a válsághelyzetekben, másrészt a hosszú távú megelőzést. Európa külső olajkészletektől való függősége jelenleg 70%. A biztosabb energiaellátást az energiaszükséglet csökkentésére irányuló intenzív intézkedések, a fő kitermelőkkel és a

transzitországokkal való fokozott együttműködés, valamint a *megújuló energiaforrások* alkalmazásának hathatós támogatása révén lehetne biztosítani.

Európa – partner a világban

A globalizáció és a fokozódó kölcsönös függőség számos régi különbséget eltörölt a bel- és külpolitikai kihívások között. A dokumentum leszögezi, hogy a globalizáció a társadalmi igazságosság és a fenntarthatóság biztosítása mellett valósuljon meg. A környezetvédelemmel kapcsolatos legfontosabb célok eredményes megvalósítását is tervbe kell vennie, ez is a nemzetközi szolidaritás része. E célból Európának közösen kell vállalnia a felelősséget a legfontosabb partnerekkel.

Ezek azok a stratégiai célkitűzések, amelyeknek a megvalósítása a Bizottság szándékában áll a megbízatása alatt és amelyek stabil keretet fognak biztosítani az intézmények számára, hogy együtt dolgozzanak a közös célok megvalósítása és a tervezett partnerségben vállalt szerepük betöltése érdekében.

A partnerség elve (PE) Magyarországon

Kollaboratív tervezés?

A PE új, európai érvényesítése már európai csatlakozásunkat megelőzően, a tervezés és felkészülés időszakában megjelent. Korábban is hivatkoztunk hasonlóra: participáció, nyilvánosság bevonása, társadalmi részvétel vagy vita, önkéntes időadomány stb. volt az a kategória, amely alatt dolgoztunk. Jelenthette ez a kormányzat, a tervezők által nyújtott (olykor sok) információ egyoldalú fogadását, avagy a közösségek, a civil társadalom véleményének, ajánlásainak, kifogásainak kitartó (olykor kétségbeesett) becsatornázását, de vajmi ritkán azt a kívánatos interaktív, többszörös visszacsatolással dolgozó, a tervezés kezdetétől folyó munkát, amelyet kollaboratív, avagy együttműködő tervezésnek hívnak, és amely gazdaságilag végül – bizonyítottan – megtérül.

Civilek az 1. tervezési időszakban

A PE érvényre juttatása már 2003-ban, az 1. Nemzeti Fejlesztési Terv (NFT1), a 2004–2006-os tervezési időszak munkálatai, az egyes Operatív Programok (OP) kialakítása során megjelent. Az OP-k mellett már 2003-ban ideiglenesen felálltak a Monitoring Bizottságok (MB), tagjaik közé civileket is meghívva. Az OP-ok melletti MB-k még működnek a támogatások felhasználásának kifizetésére kidolgozott n+2 rendszerben. A civil jelenlét az egyes MB-kban aránytalanul kevés. 3-6 civil tag dolgozik a 30–50 fős bizottságokban. Két MB-ben nincs szavazás, csak „konszenzusra törekvés”, nagyon korlátos időkeretben. Más, korai technikák is kialakulnak a civil részvétel akadályozására.

„Zöld” delegáltak

A Környezet- és Természetvédő Szervezetek Országos Találkozója civil szakembereket küldött a már 2003-ban megalakult MB-kbe, az Irányító Hatóság (IH) elfogadta e delegáltakat azok mellett, akiket maga hívott be. Az egyes OP-kkal dolgozó MB-be delegált civil természet- és környezetvédők erős – mondhatni MB-közi – együttműködésben voltak a horizontális európai elvek, a környezeti fenntarthatóság és az esélyegyenlőség védelmében. Áttekintették az egyes MB-k szabályainak, munkájának, szektorális összetételének és a demokrácia deficienciáknak a helyzetét, és egymás között kommunikálták ezeket.

Civilek a 2. tervezési időszakban

A 2007–2013 közötti tervezési időszakra az MB-k működését magyar törvény egységesíti: mindenütt lehetséges szavazás, e-mailben is. Az MB tagok 50%-a nem kormányzati szervezetet képvisel (meghívtak és frissen alapítottak is vannak közöttük). Jó hozzáférést kapnak az EI-hez, ha gyakran utolsó pillanatban is érkeznek hatalmas anyagok („frissen”).

A „zöld” civil delegáltak közti együttműködés

A „zöld” civil delegáltak között jó az információcseré, a „Monbiz” levelezőlista működtetésével, annak gyakori használatával. Létezik – nehézkes, olykor kellenlenül fogadott – évközi visszacsatolás a delegáltak szakmai hátteréhez, spontán szakmai csoportosulásokhoz (pl. környezeti nevelőkhöz). A delegáltak évenként írásban és szóban beszámolnak munkájukról a Természet- és Környezetvédő Szervezetek Országos Találkozásán, kétévenként újraválasztják őket. Az Egyeztető Fórum valamennyi „zöld” delegált nyitott, negyedéves találkozója időközi problémák megbeszélésére. Külön egyeztetett munka folyik az MB-okba delegáltak között a horizontális elvek megvalósítása terén (környezeti fenntarthatóság, esélyegyenlőség, újabban partnerség, területi kohézió). Koordináló NGO a Magyar Természetvédők Szövetsége: tréningeket szervez, információt nyújt, felmérést készít, nyitni próbál a nem zöld civil részvétel felé.

Tipikus problémák

Az IH értelemszerűen konfliktuskerülő. Az európai források felhasználása terén mindenki időzavarban, folyamatos tanulás mellett dolgozik. A civileknek nincs információjuk az MB külső/sajtó kapcsolatairól. Sérülékenyek a kormányzati-civil kapcsolatok ágazaton belül (a tárcák képviselői gyakran cserélődnek, helyettesítődnek). Az egyes OP-k kommunikációs költségeit összevonják: tárgyszerű információ helyett híg kedélyjavító üzeneteket fizetünk. Az abszorpciók ráta, vagyis az egyes OP-k munkájával lehívható európai források aránya mint kockázat túl későn került elő szempontként (például sérülékeny, rászoruló célcsoportok rossz projektmenedzselési képessége). A korai tervezési, mentorálási, „pályázatdoktori” és egyéb civil ajánlások vonakodó fogadásával találkozunk.

(Civil) ajánlások a konferencia számára

Minden munkánkban tartsuk szem előtt a megelőzés és ha szükséges, a decentralizálás elvét és gyakorlatát mint a fenntarthatóság két jó eszközét. Szükség van a kis és nagy rendszerek közti párbeszédre, a kutatások, projektek, fejlesztések adekvát méretének keresésére. Számunkra most sok okból adekvát méret lehet a Kárpát-medence, mint ökológiai egység! Mivel szinte a teljes Kárpát-medence területe az EU-hoz tartozik, az együttműködés természeti tőkénk megőrzésére – többek között a civil monitoring is – azonos szabályok szerint folyhat közöttünk. A monitoringnak szakmai partnerekre van szüksége, a kutatási eredményekben az alkalmazhatóság felismerésére, más szintekhez való közvetítésére. A civileknek (többek között) tanulniuk kell, életfogytig erre ítéltettek. Legfontosabb feladatuk volt vétőjogot szerezni az ökológiailag fenntarthatatlan (egyébként eminens) beruházásokkal szemben. Az európai források felhasználása terén dolgozni nagyszerű, a legbővebb értelemben vett környezeti nevelési lehetőség az IH, a pályázók és a közreműködő szervezetek számára. Végző soron a fenntarthatóság etikai kérdés. Akár egyetlen – régi – vallási parancsba is belefér: ne ölj!

Irodalom

Európa 2010: Partnerség Európa megújulásáért. Stratégiai célkitűzések 2005–2009:

Fellendülés, szolidaritás és biztonság. EKB. Brüsszel, 26.1.2005 .

Partnerség a monitoringban. Környezetvédő civilek tapasztalatai az európai uniós alapok monitoring bizottságaiban. MTVSZ. Bp., 2008. 52 o. – www.mtvsz.hu.

Vásárhelyi, J. – Vári, A. 1999: Public Involvement in Local Environmental Planning: The Case of Sátoraljaújhely. = Vári, A. – Caddy, J. (ed) : Public Participation in Environmental Decisions.. Bp., Akadémiai Kiadó.

Vásárhelyi, J. 2006: Local Sustainability Based on Participation and Cross-Generational Education in the Dörögd Basin, Hungary = The Environment and Sustainable Development in Central and Eastern Europe. Minnesota Univ., Austrian Inst., Minneapolis.

Vásárhelyi, J. 2002: Közösségek identitása, autonómiája. – in: Vissza vagy hova? – Útkeresés a fenntarthatóság felé Magyarországon. Bp., Tertia Kiadó.

Vásárhelyi T. – Victor A. (szerk.) 2003: Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia. Magyar Környezeti Nevelési Egyesület. Bp., 1998, 2003.

VII. Intézményrendszer

HORVÁTORSZÁG KÖRNYEZETVÉDELMI INTÉZMÉNYRENDSZERE²

Absztrakt

Horvátországban – az EU-s előcsatlakozási folyamatban – komoly szerepet kell szánnia a környezetvédelemnek is, amit az EU környezetpolitikájának megvalósításával és megfelelő intézményrendszer kialakításával érhet csak el. E folyamat során a környezetvédelmi intézményrendszer jelentős változásokon megy át. A még központosított intézményrendszer későbbi decentralizációja egyre világosabb cél, a tervezési dokumentumok egy modern környezetpolitika megvalósításának alapját képezik.

A környezetvédelmi funkciókat ellátó minisztériumok

A Horvát Köztársaságban a környezetvédelem három minisztérium hatáskörébe tartozik. A környezeti elemek védelme, a hulladék és a zaj problémák a *Környezetvédelmi, Területfejlesztési és Építésügyi Minisztérium Hatáskörébe*, a természetvédelem a *Kulturális Örökség Minisztériuma*, a vízminőség-védelem pedig a *Regionális Fejlesztés, Vízgazdálkodási és Erdészeti Minisztérium* keretébe tartozik.

A *Környezetvédelmi, Területfejlesztési és Építésügyi Minisztérium* (a továbbiakban *Környezetvédelmi Minisztérium*) struktúrájában három hivatal (államtitkársági szint) foglalkozik közvetlen környezetvédelmi problémákkal: a környezetvédelmi hivatal, a környezetvédelmi, területfejlesztési és építésügyi főfelügyelet (környezetvédelmi felügyelet osztálya), valamint a környezet védelmének stratégiai és integrációs folyamatokat irányító hivatala.

A környezetvédelmi hivatal keretében a környezeti elemek állapotával és a környezetgazdálkodás egyes ágazataival kapcsolatos tevékenységek (levegőtisztaság-védelem, hulladékgazdálkodás stb.) a főosztályok hatáskörébe tartoznak.

Külön titkárság kezeli a hatósági jogköröket, amit a központi, összevont minisztériumi felügyelőség koordinál. A Kárpát-medencét érintő horvát területeket illetően ez a tevékenység a zsupánságokba telepített és minisztériumi hatáskörbe tartozó felügyelőségeken keresztül valósul meg.

A *környezetvédelmi hivatal* a levegőtisztaság-védelem, a hulladékgazdálkodás, az éghajlatvédelem, ózonréteg-védelem, a tengerpart és a tengervíz vízminőségvédelmét látja el (szárazföldről származó szennyezések tekintetében), valamint a talajvédelem területén lát el szakmai és koordinációs tevékenységet. A hivatal tehát a környezetet ért káros hatások elemzését végzi, a környezeti hatástanulmányokkal kapcsolatos intézkedések, intervenciók tervek elkészítésével kapcsolatos irányítási és szakmai ügyeket koordinál. A hivatal ellenőrzi a reá bízott hatáskörökre vonatkozó rendeletek maradék-

¹ Tudományos osztályvezető, MTA RKK Alföldi Tudományos Intézet Békéscsabai Osztály.

² A tanulmány az OTKA T-049067 sz. projekt keretében készült.

talán betartását is. Feladatai közé tartozik a hulladéklerakók használatának, a veszélyes hulladék szállításának és az üvegházhatást okozó gáz kibocsátások ellenőrzése illetve engedélyezése. A hivatal törvénytervezeteket, előírásokat, terveket készít és ellenőrzi azok betartását. Előkészíti a nyilvánosság számára közlendő információkat, megválaszolja a képviselői kérdéseket és megszervezi a nyilvánosság tájékoztatását. A környezetvédelmi hivatal főosztályai *a hulladékgazdálkodási és a levegőtisztaság-védelmi főosztály, a környezeti hatások felmérését és a környezet károsodásának megelőzését irányító főosztály, a tengerpart és a tengervízvédelmének főosztálya és a talajvédelmi főosztály.*

A környezet védelmének stratégiai és integrációs folyamatokat irányító hivatala kidolgozza a környezetvédelmi stratégiai dokumentumokat és felügyeli azok végrehajtását. A hivatal szorgalmazza a környezetvédelem terén történő együttműködést a szomszédos országokkal, valamint az EU-s csatlakozás környezetvédelmi feltételeinek biztosítását szervezi meg. Az intézmény a gazdasági szereplőkkel közösen végzi az integráció környezetvédelmet érintő azon gazdasági szempontú feladatainak megvalósítását, amelyek a minisztérium hatáskörébe tartoznak. A szervezet *a környezetvédelem stratégiai, a nemzetközi együttműködés, valamint az EU integrációs főosztályból áll.*

A környezetvédelem stratégiai főosztályát *a környezetvédelemmel és fenntartható fejlődéssel kapcsolatos stratégiai dokumentumok és a nyilvánosság tájékoztatási ügyeivel foglalkozó osztályok alkotják.*

A *környezetvédelmi* (területfejlesztési és építésügyi) *főfelügyelet* ellenőrzi a környezetvédelmi, területfejlesztési és építésügyi előírások végrehajtását, összehangolja a zsupánságok környezetvédelmi tevékenységeit a nemzetközi együttműködésekben előírt követelményekkel. A környezetvédelmi főfelügyelet hivatalát három osztály alkotja: *a hatósági felügyelet osztálya, a területi egységek (zsupánságok) környezetvédelmi felügyeleti tevékenységének fejlesztését koordináló osztály és a nemzetközi együttműködés osztálya.*

A környezetvédelmi főfelügyelet hatáskörébe tartozó 13 megyei (zsupánsági) összont³ megyei felügyelete a térség levegőtisztaság-védelmi, hulladékgazdálkodási (tengervíz- és tengerpart védelmi) rendeleteinek, továbbá a környezet védelmével kapcsolatos nemzetközi egyezmények és a felügyeleti eljárások betartásának ellenőrzését látja el (1. ábra).

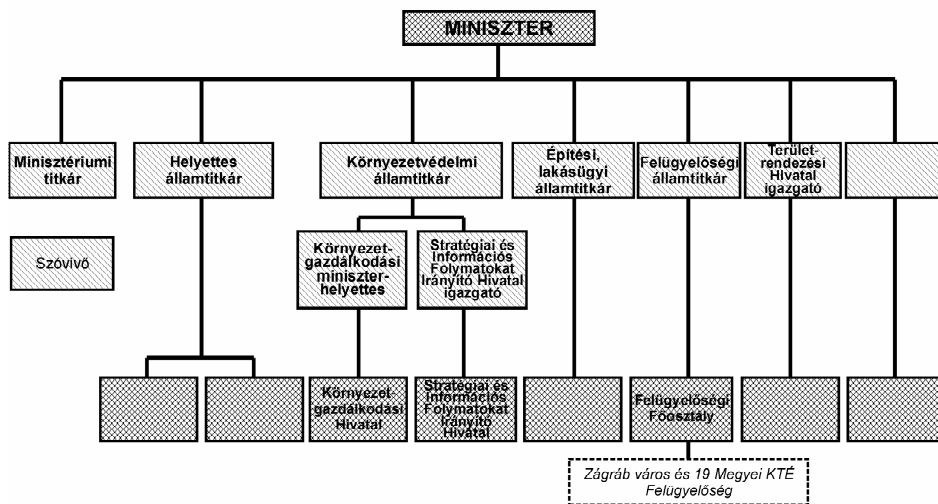
A *Kulturális Örökség Minisztérium a Természetvédelmi Hivatal* hatáskörében (más szakágazatok mellett) irányítási és egyéb feladatokat lát el, amelyek elsősorban a természeti örökség kutatására, feltárására, egyes természetföldrajzi folyamatok követésére, a természeti örökség objektumainak nyilvántartásba vételére vonatkoznak. Információs-dokumentációs feladatai között szerepel a védett és védendő területek sajátosságainak feltárása és értékelése. A minisztérium előírja a védett területek kezelésével kapcsolatos eljárásokat, meghatározza, összehangolja és felügyeli a természetvédelem finanszírozását Horvátország területén, felügyeli a természetvédelemmel foglalkozó hivatalokat; értékeli a természeti és jogi személyek munkájának feltételeit a természetvédelem során, ellenőrzi a természetvédelemben dolgozó szakemberek szakmai továbbképzésének körülményeit, a természetvédelmi területek felügyeletét.

³ Környezetvédelmi, területfejlesztési és építésügyi megyei felügyelet.

A védett területeket nemzetközi, nemzeti és helyi jellegű védett értékek csoportjába sorolják, amit a Minisztérium szakértői vélemény alapján állapít meg. A természetvédelmi területeknek 9 kategóriája van, amelyeket közhasznú társaságok irányítanak: szigorúan védett rezervátumok (2), a nemzeti parkok (8), különálló (különleges) rezervátumok (78), természeti parkok (11), regionális parkok (nincs), természeti emlékek (maradványok) (103), fontos kép-látványosságok (70), parkerdő (38), park-kertészeti emlék (135). Ezen kívül 1 védett terület áll preventív védelem alatt. A védett területek közül néhány nemzetközi védelem alatt áll (UNESCO, RAMSAR). A védett területek összterülete 5124,80 km² amely Horvátország területének 9,5%-a.

A nemzeti parkokat és természeti parkokat a Horvát Szábor, a szigorúan védett és különleges rezervátumokat pedig a kormány rendelettel nyilvánítja védetté a Minisztérium javaslatára.

1. ábra
Környezetvédelmi, Területfejlesztési és Építésügyi Minisztérium (KTÉM)
szervezeti vázlata*



*A szervezeti vázlaton csak a környezetvédelemmel kapcsolatos elemeket jelöltük.

A regionális parkokat, a jelentős tájértékeket és park-erdőket a megyei képviselőtestület (Zágráb város esetében a Zágráb város képviselő testülete) nyilvánítja védetté a Minisztérium és az Állami Mezőgazdasági és Erdészeti Hivatal szakvéleménye alapján. Az emlékparkokat és a kertépítészeti értékeket a megyei képviselőtestület nyilvánítja védetté a minisztérium javaslatára.

A természetvédelmi területek irányítását közhasznú társaságok (természetvédelmi parkokat és nemzeti parkokat irányító Kht.) végzik. Valamennyi közzállalatot a Horvát Kormány alapítja rendelettel Alaptevékenységük a védett területek fenntartása, védelme és fejlesztése annak érdekében, hogy megőrizték azok természetes (öshonos) állapotát,

a természeti elemek közti kapcsolat komplexitását és a természetes folyamatok fenntartását, valamint a természeti erőforrások fenntartható hasznosítását.

A nemzeti parkok és természeti parkokat irányító Kht.-kat a Horvát Köztársaság Kormánya rendelettel nevezi ki. A többi védett terület irányítását végző Kht.-t regionális vagy területi önkormányzati szervek a megyei önkormányzat határozatával választják meg.

A többi védett területet illetve védett természeti értéket irányító Kht. megalapítása a megyei önkormányzatok, illetve Zágráb város közgyűlése hatáskörébe tartozik. A Kht-t az igazgató tanács irányítja, meghozza a Kht. működési alapszabályát, évi tervét és az irányítás tervezetét.

A védett területek az országhatáron túli szomszédos állam védett területeivel is összekapcsolhatók úgy, hogy a védett területek gazdálkodási irányítási tervét együttműködés alapján a szomszédos államok erre jogosult szervei közösen állapítják meg.

A *Természetvédelmi Felügyelet* a Természetvédelmi Törvénnyel (NN br. 70/05) összhangban gyakorolja jogkörét. A Minisztérium Természetvédelmi Felügyeletének, tekintettel a szlavóniai védett területek alacsony számára és területére, csupán Djakovón (főfelügyelő) és Varazdon (főfelügyelő) van képviseltetve. A felügyelő ellenőrzi a természet (öshonos) állapotát; a védett és más természeti értékek (öshonos területi egységek) hasznosítását; a törvény által előírt természetvédelmi előírások alkalmazását a kompenzációs feltételek végrehajtását; a természeti értékekkel és erőforrásokkal történő gazdálkodással kapcsolatos tervek végrehajtását; a védett értékek védelmével, hasznosításával kapcsolatos programalkotási és irányítási tervek megvalósításának ellenőrzését; a természeti területek és védett területeken potenciálisan változást vagy kárt okozó tevékenységek szigorú ellenőrzését; biztosítja a védett területek közvetlen védelmét, megőrzését és hasznosítását; biztosítja a védelem alatt álló növényi fajok, gombák és állatfajok és egyéb védett értékek védelmét.

A Regionális Fejlesztés, Vízgazdálkodási és Erdészeti Minisztérium Vízgazdálkodási Hivatalának funkciói

A 2008-ban alakult minisztérium *Vízgazdálkodási*, valamint *Vízpolitika és Nemzetközi Projektek Irányító Hivatalába* a Mezőgazdasági Vízgazdálkodási és Erdészeti Minisztériumból kerültek át az újonnan alakult minisztérium belső szervezeti felépítésébe az újonnan alakult minisztérium szervezeti felépítését szabályozó rendelet alapján (NN 34/08).

Az Állami Vízügyi Hivatal hatáskörébe tartozik⁴ a víz- és öntözéskár elleni védelem szektor (azon belül a víztartalékok és vízkár elleni védelmi részleg valamint az öntözés és meliorációs belvízelvezetés részleg), a vízvédelem és vízfelhasználás szektor (amelyhez a vízminőség-védelmi részleg és a vízhasznosítási részleg tartozik), valamint az állami vízügyi és irányítási felügyelet és fellebbezési eljárások részlege

A *vízügyi problémák felügyeletének területi szerveződése* a vízgyűjtő elv alapján történik, így a Duna–Dráva, Száva és a két tengerparti vízgazdálkodási terület mellett

⁴Csak a környezet- és vízminőségvédelemmel kapcsolatos szervezeti egységek vannak megnevezve.

Zágráb város külön vízgazdálkodási egységet képez. A vízgazdálkodási körzetek, amelyeknek központja Zágrábban és Eszéken, illetve Fiumében és Splitben van, vízgazdálkodási képviselőkre differenciálódnak. A Duna–Dráva vízgazdálkodási körzetben 7, a Szávai körzetben pedig 12 képviseleti egység működik.

Az állami vízügyi felügyeletben 12 főfelügyelő működik, akik a vízügyi felügyelet regionális központjaiban, *Zágrábban, (Rijekában, Splitben), Eszéken, Varazsdon és Slavonbbródban* székelnek. Az állami vízügyi felügyelet felügyelői közel 1700 helyen végeznek felügyeletet a Horvát Köztársaság területén, és 3900 km hosszú folyószakaszon, illetve vízügyi építményen.

Az önkormányzatok környezetvédelmi hatásköre

A Megyei Önkormányzat Környezetvédelmi Hivatala a Környezetvédelmi törvény és a Helyi Önkormányzatokról szóló törvény alapján szerveződik. Élén a megyei előljáró áll, akit a Megyei Tanács a Megye Statútumával összhangban nevez ki. A Hivatal a környezetvédelmi tevékenységen kívül más tevékenységet is magába foglalhat, mint például a kommunális gazdálkodás, területrendezést stb., a zsupánságokon belül kialakított környezetvédelmi osztályok (*Upravni odjel*), a környezetvédelmi tevékenységgel összefüggő más osztályokat illetve tevékenységeket is egyesíthetnek

A helyi önkormányzatok mint helyi közhivatalok, környezetvédelemmel kapcsolatos terveket, programokat hagynak jóvá, megszervezik a hulladékgazdálkodást és a környezetvédelemmel kapcsolatos tevékenységek saját területükön történő megvalósítását. A helyi önkormányzatok kötelesek az infrastruktúrával kapcsolatos projekteket a környezetvédelmi követelményeknek megfelelően kiépíteni és azt a környezet védelmébe integrálni.

A főváros Zágráb Területrendezési, Környezetvédelmi, Városépítési, Építésügyi, Kommunális és Közlekedésügyi Hivatala ugyanolyan jogkörökkel bír, mint a megyei környezetvédelmi hivatalok (Megyei Területrendezési, Építésügyi és Környezetvédelmi hivatal), ugyanis a fővárosnak megyei hatásköre is van, s így gyakorlatilag Zágráb megyének és Zágráb városának azonos felhatalmazású és jogkörű környezetvédelmi hivatalai vannak. Egyedüli különbség közöttük, hogy Zágráb város hivatala helyi önkormányzati jogköröket is ellát.

A zsupánságok vízügyi felügyeleti szervei a zsupánságok önkormányzatának, illetve Zágráb város önkormányzatának rendeletei és a Vízügyi törvény alapján ellenőrzik azok maradéktalan betartását, azon vízügyi ügyekben, amelyekben az állami vízügyi felügyelet nem illetékes. A zsupánságok felügyelői az állami felügyelet zsupánsági kirendeltségeiben vannak hivatalban, akik közel 10000 helyen végeznek ellenőrzést az összes helyi jellegű vízügyi objektumokon.

Egyéb állami intézmények

A minisztériumokon kívül jelentős környezet- és természetvédelmi feladatokat látnak el még: az *Állami Természetvédelmi Intézet* a *Hidrometeorológiai Intézet*, a *Horvát Vizek Kht* és a *Környezetvédelmi Tanács*.

A *Környezetvédelmi Tanács* feladata, hogy véleményt alkosson az ország környezeti állapotáról, javaslatokat dolgozzon ki a környezetvédelem és a gazdasági fejlődés összehangoltságáról, értékelje és véleményezze a környezetvédelemmel kapcsolatos dokumentumokat, amelyeket a kormány és a Horvát Parlament hoz meg, annak érdekében, hogy ez az összehangoltság a nemzetközi környezetvédelmi jog, a szakmai tudományos ismeretek és alapelvek tiszteltetésében tartását figyelembe véve valósuljon meg.

Irodalom

Zakon o zaštiti prirode NN 162/03 (Természetvédelmi törvény).

Zakon o zaštiti okoliša (NN 82/94) (Környezetvédelmi törvény).

Zakon o otpadu (NN br. 178/04 i 111/06) (Hulladékkezelési törvény).

Zakon o vodama (NN 107/95) (Vízügyi törvény).

Zakon o zaštiti zraka (NN 178/04, 60/08) (Levegővédelmi törvény).

Mezei István¹

A KÖRNYEZETVÉDELEM INTÉZMÉNYRENDSZERE SZLOVÁKIÁBAN²

Absztrakt

Csehszlovákia függetlenné válásakor alakultak meg az első környezetvédelmi bizottságok. Szlovákia önállósodásával további lépések következtek a környezetvédelem intézményesülése ügyében, elsősorban az Európai Unióhoz való csatlakozás érdekében. Kialakult a törvényi háttér, ezzel párhuzamosan az intézményi szervezetrendszer. Az Európai Unióhoz való csatlakozás után mind a törvénykezés, mind a szervezetformálás a meglévő uniós jogszabályok alkalmazását hozta. Felgyorsult a törvénykezés üteme, uniós támogatásokkal nőttek a környezetvédelmi beruházások, újra szabályozták a környezetvédelmi igazgatást, kiigazították, megjavították a hivatalok, a felügyelőségek hatáskörét, alapszabályzatát, megszervezték a kerületi és a körzeti hivatalok új rendszerét.

Kulcsszavak

Szlovákia, környezetvédelem, közigazgatás, intézményrendszer.

Bevezetés

Szlovákia környezetvédelmet érintő törvénykezése és kiépülő intézményrendszere azért fontos Magyarország számára, mert a Kárpát-medence összefüggő földrajzi egység. A magas hegyekből álló kárpáti hegykoszorú éghajlat-befolyásoló hatása, valamint a vízfolyások délre tartó iránya miatt mondhatjuk, hogy ez a földrajzi táj a legközvetlenebb módon befolyásolja a hegykoszorú által körülölelt medence természeti életét. Tulajdonképpen a két állam osztozik egy földrajzilag összefüggő területen. Ennek különösen a környezetvédelemben és a környezeti egymásrautaltságban van kiemelt jelentősége, azzal a megjegyzéssel, hogy minden szempontból, így környezeti szempontból is a hegyvidéki ország van előnyben, és a medence-ország van hátrányban. Ezt legjobban a vizekkel lehet bizonyítani, mert a jelenkori Magyarország felszíni vizeinek 96%-a – az 1920-as területi rendezés óta – a határain kívül ered, tehát nincs érdemleges befolyása, csak közvetett (elsősorban politikai) befolyása az érkező vizek minőségére és mennyiségére.

¹Tudományos munkatárs, MTA RKK Közép- és Észak-magyarországi Tudományos Intézet Észak-magyarországi Osztály, Miskolc.

²Az előadás „A környezetvédelmi politikák és a környezetvédelmi intézményrendszer változása a Kárpát-medencében” című OTKA-kutatás keretében készült. Azonosítószám: 49067. Témavezető: Nagy Imre. MTA RKK Alföldi Tudományos Intézet Békéscsabai Osztály.

A jogalkotás lépései

A Szlovák Köztársaság Nemzeti Tanácsa 1993-ban hagyta jóvá a *Nemzeti környezetvédelmi politika stratégiája, elvei és prioritásai* című dokumentumot. Az ebben jóváhagyott kritériumok szerint a nemzeti környezetvédelmi politika a következő fontossági sorrendet állította fel:

- globális környezeti biztonság és a légkör védelme a szennyeződés ellen,
- megfelelő ivóvízrendszer létrehozása, a vízszennyezés csökkentése egy elfogadható/tűrhető szintre,
- talajvédelem, az élelmiszerek és más termékek tisztaságának biztosítása,
- a hulladék megfelelő elhelyezése vagy hasznosítása, valamint termelésének minimalizálása,
- az élővilág sokféleségének védelme, megőrzése, a természeti erőforrások ésszerű használata, a földhasználat megfelelő mértékének kialakítása.

A szlovákiai jogalkotást az európai uniós jogharmonizáció határozta meg az 1990-es évek közepe óta. Az első *Nemzeti környezetvédelmi cselekvési programot* (amely az említett környezetvédelmi politikai stratégiából következik) a Szlovák Köztársaság kormánya 1996 májusában fogadta el. Fő feladata az volt, hogy határozza meg a konkrét koncepcionális, törvényi, szervezeti, oktatási és befektetési intézkedéseket. A cselekvési program tíz témát jelölt meg és 1 356 intézkedést tartalmazott.

A szlovák alkotmány VI. fejezetében van szó az információhoz való jogról: „Mindен személynek joga van a környezet állapotáról teljes körűen tájékozódni és ennek az állapotnak az okairól és következményeiről tudni.” Ennek a törvénynek a végrehajtási feltételeit a Szlovák Nemzeti Tanács 171/1998-as törvénye alapozta meg. A környezetvédelmi információhoz jutásról szóló törvény rendelkezik a környezetvédelmi információk formájáról és tartalmáról. Környezetvédelmi információkat köteles szolgáltatni az állami és a települési adminisztráció, a környezetvédelmi jellegű tevékenységet folytató vállalkozások és azok a magáncégek, amelyek valamilyen környezetvédelmi tevékenységet érintően szerződéses viszonyban állnak velük.

1992 óta a környezetvédelmi minisztérium nyilvánosságra hozza jelentéseit a környezet állapotáról. Ezek rendelkezésre állnak nyomtatott és elektronikus formában is a *Szlovák Környezetvédelmi Ügynökség* honlapján. A szlovák statisztikai hivatal évente ad ki jelentéseket a szlovák környezet állapotáról és részletes elemzésekkel szolgál egyes kiválasztott környezeti eseményekről. Ezek szintén rendelkezésre állnak honlapjukon. A statisztikai hivatal támogat egy ELIS nevű elektronikus információs szolgáltatást, amely regisztrált felhasználók számára ad közvetlen hozzáférést statisztikai adatokhoz. A felhasználók egész évben használhatják a BBS (Bulletin Board) szolgáltatást és engedélyük van a statisztikai kiadványok elektronikus könyvtárába belépniük és onnan bármit letölteniük.

Szlovákia fölkészülését az európai uniós csatlakozásra nagyban megkönnyítette az, hogy a környezetvédelmi szakterületet egy nemzetközi hírvű professzor, Miklós László felügyelte miniszterként 1998-tól kezdve 2006-ig. Az ő munkássága mind a mai napig érezhető hatását.

A sokféle törvény közül kiemeljük a legjelentősebbet, a 391/2000. számú törvényt, amely minden komolyabb gazdasági és infrastrukturális beruházás megvalósítása előtt

kötelezővé tette a környezeti hatások vizsgálatát. A törvény hatálybalépése óta hatásvizsgálatot kell végezni a stratégiai jellegű ágazati koncepciók kidolgozása során is.

A Rio de Janeiroban elfogadott Agenda 21 akcióprogram bevezetésének keretében, több éves előkészítő munka után, 2002-ben fogadta el a parlament a *Fenntartható fejlődés nemzeti stratégiája* című dokumentumot. Ennek az a jelentősége, hogy társadalmi, kulturális, gazdasági, környezetvédelmi és szervezetépítési szempontból igyekszik befolyásolni az egyes ágazati stratégiák kidolgozását, a döntés-előkészítést és kiépíteni a fenntartható fejlődés alapelveinek bevezetését biztosító intézményrendszert. A környezetvédelem ezzel az ágazati stratégiák kidolgozásában, a döntések előkészítésében és megvalósításában, valamint az intézmények fejlesztésében meghatározó jelentőségű szemléletmóddá vált.

Ennek jegyében meghatározó lépések történtek a szlovák környezetvédelmi törvények európai harmonizációja érdekében. A legfontosabb lépés a 245/2003-as törvény alkalmazása volt, amely a környezeti szennyezés megelőzésére és ellenőrzésére vonatkozott. Ennek a törvénynek az volt a célja, hogy a környezet magas színvonalú védelmét biztosítsa a közigazgatás révén úgy, hogy támogassa a környezet minden elemének kiegyensúlyozott, integrált szemléletű ellenőrzését. Ebben kiemelt feladata lett a Szlovák Környezetvédelmi Felügyelőségnek.

Az új vízvédelmi törvényt a Szlovák Nemzeti Tanács 364/2004-es számmal fogadta el. Ezt követte az árvízvédelemről szóló törvény, valamint a 442/2002 törvény módosítása, amely az ivóvízellátásról és a szennyvízelvezető rendszerekről szólt. Napról napra tapasztalni lehetett, hogy a megelőző intézkedések megvalósítása és azok a beruházások, amelyek a múlt hibáit voltak hivatva kiigazítani, beleértve a környezeti terheket is, meglehetősen nagy összegeket igényelnek. Ezeket a beruházásokat az EU támogatásával valósították meg. Be kellett látni, hogy a környezet károsodásának megelőzése még mindig olcsóbb, mint a bekövetkezett károk helyreállítása.

Környezetvédelem az államigazgatásban

A csehszlovák rendszerváltás időszakában környezetvédelmi bizottságokat hoztak létre, amelyek központi államigazgatási hatáskörrel rendelkeztek. Ez alakult át 1993-ban, Szlovákia önállósulásával környezetvédelmi minisztériummá. A Szlovák Köztársaságban a közigazgatást a területi és a helyi közigazgatás rendszere határozza meg (*Mezei* 2004). Az állami hivatalok voltak felelősek 1998-ig területi és körzeti szinten az állami stratégia végrehajtásáért. A közigazgatás alsóbb szintjein, egészen a körzeti szintig, önálló környezetvédelmi hivatalokat hoztak létre. 1996-ban, a közigazgatási reform során ezeket megszüntették, hatáskörüket a belügyminisztériumhoz tartozó járási hivatalok vették át.

A környezetvédelmi ellenőrzési rendszert már az 1993-as létrehozásakor úgy tervezték, hogy nemzeti, területi/regionális és helyi ellenőrzésre legyen képes. A nemzeti környezetvédelmi ellenőrzés 12 komponensből áll: levegő, víz, talaj, erdő, geológiai tényezők, sugárzás és más fizikai tényezők, hulladék, lakókönyezet, talajhasználat/földhasználat, élelmiszer- és takarmányszennyeződés, a környezeti tényezők hatása a népességre, időjárás és éghajlat.

Ennek a rendszernek az a feladata, hogy gondoskodjon a környezet állapotát jellemző friss adatokról. Bizonyos ellenőrzési tevékenységeket önálló intézmények látnak el, ezek:

- Szlovák Vízügyi és Időjárási (Hidrometeorológiai) Intézet,
- Szlovák Környezetvédelmi Felügyelőség,
- Talajvédelmi Kutatóintézet,
- Állami Egészségügyi Intézet,
- Geológiai Intézet
- Erdőkutató Intézet.

Ezek közül kiemeljük a számunkra különösen fontos *Szlovák Vízügyi és Időjárási (Hidrometeorológiai) Intézetet*, amely intézet igazgatja a Nemzeti Vízügyi Ellenőrző Rendszert. 1996-ban a talajvíz minőségét 1874 ellenőrzőállomás, a felszíni vizeket 482 állomás segítségével mérték. Regionális/területi szinten az ellenőrző rendszer fő célja, hogy a vizsgálatokkal kövesse a környezetvédelem elért eredményeit és az emberi tevékenység hatását a területi környezetre (pl. bösi gát esetében).

A 2002-es reform során a hatáskörök nagy része az önkormányzatokhoz került. Emellett a környezetvédelem igazgatása szempontjából legfontosabb lépés az 525/2003-as számú törvény bevezetése volt, amely a környezetvédelem közigazgatását szabályozta. A törvény helyreállította a helyi környezetvédelmi igazgatás függetlenségét, amit 1996-ban szüntettek meg. 2004-től kezdve a megmaradt államigazgatási hatásköröket újra az önálló környezetvédelmi hivatalok hálózata gyakorolja. Emellett 1989 után kiépült a Szlovák Környezetvédelmi Ügynökség, a Szlovák Természetvédelmi Ügynökség és a Szlovák Környezetvédelmi Felügyelőség hálózata.

A *környezetvédelmi minisztériumot* 1992-ben hozták létre, elődje 1990-92 között a Szlovák Környezetvédelmi Bizottság volt. 2003-ban a szlovák parlament újraszabályozta a környezetvédelem igazgatását. A törvény szerint a környezetvédelmi igazgatás legfőbb irányító szerve a minisztérium.

A törvény szerint a közigazgatásban a következő szervek felelősek a környezetvédelemért:

- Környezetvédelmi Minisztérium
- Szlovák Környezetvédelmi Főfelügyelőség (*SIŽP*)
- Kerületi Környezetvédelmi Hivatalok
- Körzeti Környezetvédelmi Hivatalok

A felsorolt szervezetek hierarchikus viszonyban vannak egymással, közülük a minisztérium az, amelyik központi szervként irányítja és ellenőrzi a környezetvédelmi tevékenységeket. A kerületi környezetvédelmi hivatalok és a főfelügyelőség pedig végrehajtó szervekként funkcionál. Fölöttük a minisztérium állami felügyeletet lát el, felülvizsgálja az általuk közigazgatási eljárásban kiadott határozatokat. A minisztérium felelős a környezettel kapcsolatos tájékoztatásért.

A minisztérium után a legjelentősebb hivatal a *Szlovák Környezetvédelmi Felügyelőség* mint szakfelügyeletet ellátó szerv. 1991-ben jött létre két önálló szervezet, az Állami Vízgazdálkodási Intézet és az Állami Levegővédelmi Felügyelőség összevonásával. 1992-ben alakult meg a hulladékgazdálkodási osztály, 1995-ben pedig a másik alapvető osztály, a természetvédelmi felügyelőség. A csatlakozás közeledtével erősödött

meg az intézet, mind több hatáskörrel felruházva, és szélesedett a feladatköre is. 2003-ban két új osztály alakult meg. Az egyik a biológiai biztonság területén fejt ki tevékenységet, feladata a géntechnológia és a genetikailag módosított szervek használatának ellenőrzése. A másik osztály a szennyezések integrált megelőzését és ellenőrzését végzi.

A felügyelet központi és regionális felügyeletekre tagozódik. Tevékenységéért a vezérigazgató a felelős, akit a minisztérium nevez ki és hív vissza. A területi hivatalok vezetőit a vezérigazgató nevezi ki és hívja vissza. A kerületi és a körzeti környezetvédelmi hivatalok és felügyeletek feladataik ellátása során kölcsönösen együttműködnek egymással és más közigazgatási szervekkel, valamint a helyi önkormányzatokkal és a társadalmi szervezetekkel. A felügyelőség pozsonyi központja szakmai és módszertani támogatást ad a kerületi felügyelőségeknek, a nemzeti és a nemzetközi kapcsolatokat szervezi, a területi hatóságok első fokú döntéseinek fellebbviteli hatósága. A területi felügyelőségek legfontosabb feladata a törvényesség betartásának ellenőrzése a környezetvédelemben, a büntetések kiszabása és a javító intézkedések szorgalmazása.

A *Környezetvédelmi Alapot* mint a környezetvédelmi tevékenységek legfőbb támogatóját a szlovák parlament hozta létre törvény útján, 2004-ben. Az alap önálló jogi személyiségként működik, Pozsony székhellyel, fölöttes szerve a környezetvédelmi minisztérium. Abból a megfontolásból hozták létre, hogy legyen egy szervezet, amelynek kifejezetten az a feladata, hogy a környezetvédelmi politika céljai megvalósuljanak az országban. Fő tevékenysége közé tartozik a pénzügyi alap állami forrásainak és egyéb adományoknak a gondozása, pénzügyi kezelése, a vele kötött szerződések karbantartása. A szervezet ellenőrzi az alap törvény szerinti felhasználását, a szerződések végrehajtását. Kidolgozza az alap költségvetését, amit a miniszternek nyújt be, és kidolgozza a záró költségvetési beszámolót, jelentést téve ezzel az alap működéséről. Igény szerint tanácsadó, konzultációs lehetőséget biztosít a kedvezményezetteknek. Együttműködik a törvényi normák kialakításában.

A nyolc *kerületi környezetvédelmi hivatal* az 525/2003-as számú, a környezetvédelem államigazgatási szerveiről szóló törvény alapján hozták létre. Költségvetési szervek, felettes szervük a környezetvédelmi minisztérium, pénzügyileg is. Vezetőjüket, a minisztérium javaslatára a kormány nevezi ki és menti fel. A hivatalok székhelyei azonosak az államigazgatási kerületek székhelyeivel (Pozsony, Nagyszombat, Nyitra, Besztercebánya, Trencsén, Zsolna, Eperjes, Kassa).

A hivatalok tevékenységét külön rendelet szabályozza. Feladatuk a környezetvédelemmel kapcsolatos közigazgatási feladatok ellátása, a közigazgatási eljárásokban másodfokú szervként járnak el (az első fokot a körzeti hivatal képviseli). Feladatukat rendeletek útján látják el. Ellenőrzik és irányítják a körzeti hivatalok tevékenységét. A 205/2004-es törvény rendelkezik arról, hogy a kerületi hivatalok hogyan teljesítsék a környezettel kapcsolatos adatok összegyűjtését, megőrzését és terjesztését.

A 79 *körzeti környezetvédelmi hivatal* jelenti az első fokot a környezetvédelmi igazgatásban. Vezetőjüket a kerületi hivatal vezetője nevezi ki, a minisztérium jóváhagyásával. Tevékenységük pénzügyi fedezetét a kerületi hivatal biztosítja mint felettes szerv. Tevékenységük és hatáskörük a kerületekével azonos, szintén a maguk területén. Ezen kívül ellátnak olyan feladatokat is, amelyek a helyi önkormányzatok tevékenységét segítik.

Országos hatáskörű szervezetek

Az állami feladatok ellátására nyolc országos hatáskörrel felruházott költségvetési, illetve közhasznú szervezet jött létre:

- Szlovák Környezetvédelmi Ügynökség – (SAŽP), Besztercebánya/Banská Bystrica,
- Állami Környezetvédelemi Hivatal – (ŠOP), Besztercebánya/Banská Bystrica,
- Szlovák Vízügyi (Hidrológiai) és Időjárási (Meteorológiai) Intézet – (SHMÚ), Pozsony/Bratislava,
- Vízgazdálkodási Kutatóintézet – (VÚVH), Pozsony/Bratislava,
- Szlovák Barlangigazgatóság – (SSI), Liptószentmiklós/Liptovský Mikuláš,
- Természetvédelmi és Barlangászati Múzeum – (SMOPaJ), Liptószentmiklós/Liptovský Mikuláš,
- Szlovák Bányamúzeum – (SBM), Selmecebánya/Banská Štavnica,
- Bajmóci Állatkert (ZOO) – Bojnice.

A környezetvédelmi minisztérium szakmai szervezete a *Szlovák Környezetvédelmi Ügynökség (SAŽP)*. Létrehozásáról 1993-ban döntöttek, akkor a minisztérium költségvetéséből tartották fenn. 2001 óta változott a gazdálkodási rendje, mert a minisztérium csak az egyik támogatója lett a társasággá szervezett ügynökségnek. Az ügynökség 2005-ben ISO minősítést kapott; székhelye Besztercebánya.

Az *Állami Környezetvédelemi Hivatal (ŠOP)* elődjét 1995-ben alapította a minisztérium. A nemzeti parkok igazgatóságából alakították ki a környezetvédelmi hivatalt. 2005-ben kapott új alapító okiratot az intézmény a minisztériumtól, amelyben rögzítették a 2002-es természetvédelmi törvény alapján a változásokat. A szervezet központja Besztercebánya, hozzá tartozik kilenc nemzeti park (NP), 14 tájvédelmi körzet (CHKO) és két regionális központ: Pozsony és Eperjes. A hivatal költségvetési szervezet, közvetlenül a minisztérium felügyelete alá tartozik, vezetőjét a miniszter nevezi ki. A hivatal országos hatáskörű, a minisztérium általa biztosítja a környezetvédelmi feladatok szakszerű ellátását. A hivatal jogosult engedélyeket kiadni, ellenőrzést végezni, adatokat gyűjteni a környezet állapotáról, elemzést készíteni. Ellenőrzi a környezet rendjébe történő beavatkozásokat, felelős az ökológiai stabilitás fenntartásáért és a biológiai sokféleség védelméért. Az európai rendelkezések alapján megakadályozza a védett fajokkal történő üzletelést.

A *Szlovák Vízügyi (Hidrológiai) és Időjárási (Meteorológiai) Intézet (SHMÚ)* központja Pozsony, területi központjai: Besztercebánya, Zsolna és Kassa. Az intézet mérési központokat (obszervatóriumokat és meteorológiai állomásokat) működtet. A begyűjtött adatok alapján értékeli a légköri mennyiségi és minőségi szempontok alapján, értékeli a levegő szennyezettségi mutatóit. Feladatuk a vízkészlet mennyiségének és minőségének értékelése. Együttműködnek a vízügyi tervezés dokumentumainak előkészítésében, a felszíni és a felszín alatti vizek minőségének ellenőrzésében, a fogyasztás nyomon követésében. A nemzetközi együttműködés szervezése is hatáskörük. Figyelmet fordítanak a nemzetközi meteorológiai szervezettel való kapcsolatok ápolására, részt vesznek a Duna menti országok együttműködésében, és együtt dolgoznak a határ menti országok vízügyi szerveivel. Az *időjárási szolgálat* végzi a közvetlen méréseket a mérőhálózaton keresztül. 2005-ben 961 mérőállomás segítette munkájukat. A *vízügyi szolgálat* 1982

óta végzi a felszín alatti vizek minőségének ellenőrzését. Területi egységeit négy folyó (Duna, Garam, Vág és Hernád) vízgyűjtő területe alapján különítették el. 2002-ben 26 vízgazdálkodási szempontból jelentős területet vizsgáltak. A mintákat 215 kút, 33 használt és 18 nem használt vizsgálati kút, 47 használt és 23 nem használt forrás biztosította. A vizsgálati hálózaton belül önálló egységként szerepel a Csallóköz, és a Duna bal partja, mivel ezen a területen található Közép-Európa legnagyobb felszín alatti vízkészlete.

A *Vízgazdálkodási Kutatóintézet (VÚVH)* kormányzati költségvetésből gazdálkodó szervezet. Több alakulási fázis után 2004-ben fektették le az új alapító okiratát. A kutatóközpont feladata a vízügyi kutatások folytatása vízgazdálkodási és ökológiai témakörben, hogy ezáltal megalapozott szakmai véleményt nyújthasson a vízzel kapcsolatos tevékenységekben. Ez a központ látja el a nemzeti kutatólaboratórium feladatát. Egyedül ez a laboratórium rendelkezik jogosultsággal a vízmérő szervezetek hitelesítésére. A *vízgazdálkodási osztály* az összehangolója és módszertani értelemben kivitelezője az átfogó szlovák vízügyi stratégia elkészítésének, koncepciók és hosszú távú fejlesztési elképzelések kidolgozásának. A *vízminőségi osztály* előrejelzést készít a felszíni víz-áramlások és vízgyűjtők minőségéről, szabályozza a gazdasági vízhasználatot, kutatja a felszíni vízfolyások és vízgyűjtők öntisztuló képességét, elkészíti a vízrendszer matematikai modelljét, tanulmányozza a biológiai jelenségek hatását a vízkészletre, az ökológiai rendszerre, vizsgálja az üledékek hatását a vízminőségre, valamint a föld- és kőzetformációk mozgási dinamikájának jellemzőit a vízben.

1996-ban hozták létre a kutatóintézet egységeként a *nemzeti kutató laboratóriumot*. A fő cél az volt, hogy összhangba hozzák az európai gyakorlatot és az OECD által megfogalmazott szerepet a vízvizsgálati gyakorlatban. 1997-ben három minisztérium, a mezőgazdasági, a környezetvédelmi, és az egészségügyi minisztérium közreműködésével alakították ki a fő tevékenységi területeket. Konkrét feladata a szlovákiai vízügyi laboratóriumok minőségellenőrzése, minőségbiztosítása, szakmai felügyelete.

A *vízügyi és vízműtani* (hidrológiai és hidraulikai) *osztály* a folyóvölgyek vízügyi viszonyaival foglalkozik. Vizsgálják a felszín alatti víz, a talaj, a növényzet és a légtér rendszerében a vízügyi egyensúlyt, a szennyeződések terjedését a víz-talaj rendszerben, a jég hatását a víz áramlására és munkájára, a hőmérséklet hatását az áramlásokra. Ezekkel függ össze a vízfolyások hatásának vizsgálata a vízművekre, gátakra.

A *Szlovák Barlangigazgatóság (SSJ)* elődje 1970-ben alakult, amikor a barlangokat egy szervezetbe vonták. A szervezet megújítására 1990-ben került sor. Kezdetben a kulturális minisztérium felügyelte a barlangokat, ma a környezetvédelmi minisztériumhoz tartozik mint közvetlen felettes szervhez, működtetésük a minisztérium költségvetésébe tartozik. Az 1994-es törvény rendelkezése értelmében a barlangigazgatóság 44 szlovákiai barlang felügyeleti szerve, amely barlangok a nemzeti természetvédelmi emlékhelyek közé tartoznak, székhelyük Liptószentmiklós. Szlovákiában 2003. szeptember 30-ig 4550 barlangot írtak össze. A barlangok kezelése, fenntartása, védelme mellett kutatómunka is folyik a geológia, a geomorfológia, a hidrológia, a barlangi klíma, a barlangi környezet témaköreiben. A barlangok népszerűségét filmek és túrák segítségével kiadványok használják fel a környezeti nevelésre.

A *Természetvédelmi és Barlangászati Múzeum (SMOPaJ)* története 1904-ben kezdődött Liptószentmiklóson. A kis helyi múzeumból az évek során országos jelentőségű

természettudományos múzeum lett. Történeti jelentősége miatt lett a barlangászok és ezzel párhuzamosan a természettudományok központi intézménye, amikor 1970-ben központosították, egy szervezetbe vonták az addig külön álló barlangokat, természettudományi múzeumokat. 1981-től a kulturális minisztériumhoz tartozott, 1990-ben kapta mai nevét. 1999-ben vette át a környezetvédelmi minisztérium a múzeum kezelését.

A *Szlovák Bányamúzeum (SBM)* Selmecebányán található, mert a felvidéki bányászat a középkorban Európa-szerte ismert volt. A nemesfémek bányászata miatt sok kis bányászváros jött létre, benne német, magyar, szlovák, cseh, morva munkásokkal, szakemberekkel. Selmecebánya közülük oktatási szerepe miatt emelkedett ki, itt alapították az első állami irányítású bányászati akadémiát a 18. században. Így lett a bányászati tevékenységek, a bányász-örökség megőrzője a múzeum.

A *bajmóci állatkert* 1954-ben alakították. 1998-ban került közvetlen minisztériumi felügyelet alá. Az állatkert nem csak méretével, az ott bemutatott élővilág gazdagságával, hanem iskolájával is messze földön híres lett. A diákok helyben tanulhatják meg, ismerhetik meg az állatokkal kapcsolatos ismereteket, és még gyakorlati tapasztalatot is szerezhetnek az állatok gondozásával.

Irodalom

- Mezei, I. 2004: A közigazgatás intézményrendszere. In: Horváth Gy. (szerk.): Dél-Szlovákia. Budapest–Pécs, Dialóg Campus Kiadó.
- Mezei I. 2007: A környezetvédelem intézményrendszere Szlovákiában. Tér és Társadalom. 3. 197–215.pp.
- Tuba L. 2004: Környezetvédelem. In: Fazekas J. – Hunčík P. (szerk.): Magyarok Szlovákiában (1989–2004). Összefoglaló jelentés. A rendszerváltástól az európai uniós csatlakozásig. I. kötet. Fórum Kisebbségkutató Intézet – Lilium Aurum Könyvkiadó. Somorja–Dunaszerdahely.
- Koleszár, Krisztián (szerk) 2005: Magyar–szlovák határ menti környezetvédelmi hatóságok konferenciája. Kassa, 2005 08. 25–26. Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, Miskolc. Micropress Nyomda.
- <http://www.enviro.gov.sk> – Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (MŽPS)
- <http://www.sazp.sk> – Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP)
- <http://www.sizp.sk> – Slovenská inšpekcia životného prostredia (SIŽP)
- <http://www.sguds.sk> – Štátny geologický ústav Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ)
- <http://www.shmu.sk> – Slovenský hydrometeorologický ústav
- <http://www.muzeumbms.sk> – Slovenské banské múzeum (SBM)
- <http://www.sopsr.sk> – Štátna ochrana prírody SR Banská Bystrica (ŠOP SR)
- <http://www.ssj.sk> – Správa slovenských jaskýň (SSJ)
- <http://www.zoobojnice.sk> – Zoologická záhrada Bojnice (zoo)
- <http://www.envirofond.sk> – Environmentálny fond (EF)

ROMÁNIA KÖRNYEZETPOLITIKÁJA

Absztrakt

A jelen dolgozat alapját képező OTKA kutatási projekt (Nagy, 2004) célja a Kárpát-medence környezetvédelmi politikájának és intézményrendszerének komplex vizsgálatán keresztül meghatározni a Kárpát-medencében jelenlevő és annak környezetvédelmét irányító környezetpolitikák hatásait, összehasonlítani és tipizálni azok megvalósítására tett kísérleteket, továbbá annak megállapítása, hogy mennyiben uniformizálja az EU-s tagság az egyes államok környezetpolitikáját, környezetvédelmi intézményrendszerét és hogyan manifesztálódik az a Kárpát-medence térségében, a különböző fejlettségi szintű államokban, illetve a Kárpát-medencéhez tartozó régiókban. E kutatáshoz készült résztanulmány Románia környezetvédelmi intézményrendszerét és politikáját vizsgálja. A kérdéshez kapcsolódik a környezetvédelem területi szerveződésének hatósági és ágazati összehasonlítása: hogyan valósul meg a környezetvédelem területi szerveződése a különböző közigazgatási és ágazati szinteken, vagyis milyen regionális sajátosságai vannak a környezetvédelemnek Románia Kárpát-medencét érintő területein.

A kutatás várható elméleti és gyakorlati jelentősége, hogy feltárhatóvá válhat a Kárpát-medence környezetirányításának horizontális (régiók közötti, országok közötti) és vertikális kapcsolatrendszere egyaránt.

Kulcsszavak

Környezetvédelmi intézményrendszer, környezetpolitika

A környezetvédelem törvényi keretei és a környezetvédelmi politika céljai

Az új román törvényi rendszert az 1991-es alkotmány keretei között alakították ki. Az elsődleges törvényhozás folyamatába a különféle törvények és sürgős rendeletek tartoznak, a másodlagos törvényhozást az egyes minisztériumok illetve a felelős miniszterek által alkotott rendeletek képezik, és ebben a folyamatban kerülnek bevezetésre a törvények és a rendeletek. A kormánydöntéseket a miniszterelnöki hivatal hozza, amelyeket az összes minisztérium és kormányzati szerv felhasznál.

A környezetpolitikai célokat tartalmazó két legfontosabb dokumentum a kormányprogram és az EU csatlakozási partnerség. Az európai joganyag bevezetéséről szóló Nemzeti Program határozza meg a nemzeti prioritásokat, a Környezeti Akcióterv pedig a Nemzeti Környezetvédelmi Stratégia megállapításait ülteti a gyakorlatba. Ez utóbbiak rendszeresen felülvizsgálásra kerülnek.

Az 1995-ös környezetvédelmi törvény 64. bekezdés 1. szakasza szól a központi környezetvédelmi hatóságok felelősségi köréről, miszerint azok fő feladata a fenntartható fejlődés elveit figyelembe vevő nemzeti környezetvédelmi stratégia megvalósítása. Az ENSZ Fejlesztési Programja (UNDP) keretében az 1997-ben létrehozott Fenntartható Fejlesztések Nemzeti Központja dolgozta ki a Fenntartható Fejlődés Nemzeti Stratégiáját (FFNS), amely 2020-ig vázolja fel a fenntartható fejlődéshez szükséges poten-

¹ Tudományos segédmunkatárs, MTA RKK Alföldi Tudományos Intézet Békéscsabai Osztály.

ciális feladatokat és feltételeket. Románia Fenntartható Fejlődés Stratégiáját a 305/1999. sz. kormányhatározat szabályozza.

Az uniós csatlakozási folyamat keretében további, a környezetvédelemmel összefüggő stratégiák és cselekvési tervek születtek meg:

- Nemzeti Erdőigazgatási Stratégia;
- Levegőtisztaság és Klímaváltozás Stratégia (1999);
- Nemzeti Vízügyi Stratégia;
- Ipari Szennyezőanyagok Ellenőrzéséről szóló Stratégia (1999);
- Elsivatagosodás és Szárazodás elleni küzdelem középtávú Stratégiája (2000-2020);
- Biológiai Sokféleség Megőrzésének és ezek fenntartható hasznosításáról szóló Nemzeti Stratégia és Akcióterv;
- Duna Stratégia és Akcióterv (1994);
- A Duna-delta Igazgatási Terve (1994);
- Fekete-tenger Stratégia és Akcióterv (1996);
- Nemzeti Egészségügyi Akcióterv (1996).

Habár számos dokumentum reflektál az elkészült környezetvédelmi törvényekre, a különféle környezetvédelmi problémákra és konfliktusokra, hiányoznak a konkrét programok az anyagokban szereplő intézkedések bevezetésére, illetve az implementációs eljárások kidolgozására és a finanszírozási lehetőségekre. A meglévő stratégiák kivitelezéséhez szükséges nemzeti és helyi szintű problémaorientált programok szintén nincsenek meg.

EU-harmonizáció Románia környezetpolitikájában

Románia EU előcsatlakozási tárgyalásai egy új perspektívát jelentettek a környezetvédelmi harmonizáció erősítése terén. A környezeti politika szektorális integrációját valószínűsítették meg a Nemzeti Fejlesztési Terv és a Nemzeti Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Tervben egyaránt helyet kapó környezetvédelmi fejezetek. Mindezek eredményeképpen kapott Románia „zöld utat” az olyan Uniós programokban mint a PHARE, a SAPARD, az ISPA vagy az NPAA. 1999-ben a környezetvédelmi kérdések ágazati politikákba történő beintegrálásával és a nemzeti, illetve a feladatok bevezetéséhez kapcsolódó megfelelő nemzeti és helyi intézményrendszer kiépítésének szükségességével a csatlakozási folyamat felgyorsult. Olyan dokumentumok születtek meg ebben a folyamatban mint az 1999-es Nemzeti Program átdolgozott verziója, amely már tartalmazta az EU legfontosabb törvényeit (NPAA), vagy a 2000-es Nemzeti Középtávú Gazdaságfejlesztési Stratégia, amely speciális környezetvédelmi fejezetet is magában foglalt.

Több környezetvédelmi határértékekről szóló törvény és határozat is megszületett, olyan témákban, mint a levegőtisztaság és klímaváltozás, az ipari szennyezés ellenőrzése és kockázatbecslés, a vízminőség, a hulladékgazdálkodás, a vegyi anyagok és az ózon-fogyasztó anyagok mennyiségi kérdései, a természetes és genetikailag módosított szervezetek védelme, az erdészet valamint a zaj- és rezgés elleni védelem.

Az EU horizontális jogalkotási kritériumához illeszkedően a parlament által elfogadott 22/2001. sz. törvény rendelkezik az országhatárokon áterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló Egyezmény (Espoo Convention) ratifikálásáról, továbbá a Környezet Védelméről szóló 137/1995. sz. törvény a 97/11. EU direktívával módosított 85/337/EEC direktíva környezeti hatással járó tevékenységek listájával módosított verzióját fogadták el.

A végrehajtási és ellenőrzési feladatok esetében a fő cél az adminisztráció decentralizációja, illetve egy hatékony, helyi szinten is cselekvőképes struktúra biztosítása. Mindennek pedig egy hatékony környezetminőségi ellenőrzési rendszerrel kell párosulnia, beleértve a megfelelően felszerelt laboratóriumokat is.

A környezetvédelem intézményrendszere

Romániában 1990 óta működik önálló minisztériumként a környezetvédelmi tárca. A környezet védelméről szóló 137/1995. tv. 7 bekezdése rendelkezik a környezet védelméért felelős hatóságok szerepköreiről, feladatairól. E szerint a Környezetvédelmi és Fenntartható Fejlődés Minisztériuma (KFFM), a helyi Környezetvédelmi Ügynökségek (KÜ) és a Duna-Delta Bioszféra Rezervátum Igazgatósága (DR) központi hatóságoknak minősülnek. A KFFM három államtitkárságba rendezve működik és az általános környezetpolitikáért és törvényhozásért, valamint a környezetvédelmi és vízügyi végrehajtási tevékenységek ellenőrzéséért felelős, továbbá adatokat gyűjt és elérhetővé teszi a környezet állapotáról szóló adatokat.

Romániában decentralizált környezetvédelmi irányítási rendszer működik. A KFFM irányítása alatt 42 db helyi környezetvédelmi ügynökség (KÜ) működik. Ebből 41 tevékenykedik megyei és egy bukaresti közigazgatási területen. A Kárpát-medence területén mindebből három régiót és 16 megyét lefedő szervezeti struktúra található (*I. ábra*).

A KÜ-k számos, a környezetvédelmi törvényekkel kapcsolatos intézkedés és feladat felelősei. A fő funkcióik az alábbiakkal foglalhatók össze:

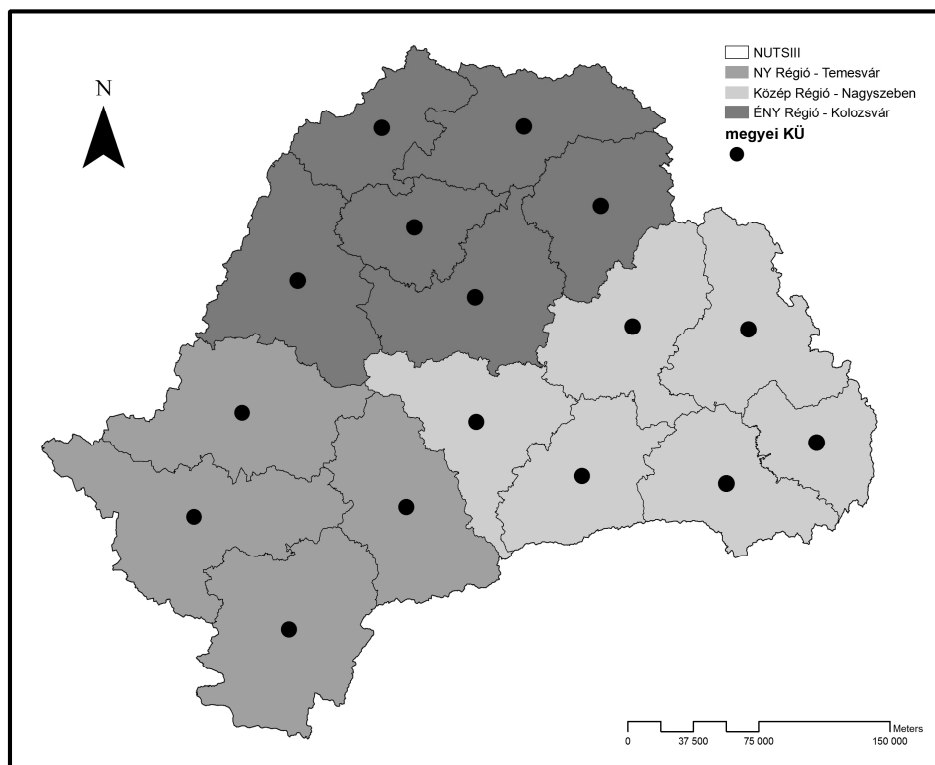
- A környezetre hatást gyakorló (listázott) tevékenységek engedélyeinek kibocsátása;
- Környezetvédelmi hatásvizsgálatok végrehajtása;
- Az illetékességi területek levegőminőség- és légszennyezés ellenőrzése;
- A KFFM részére időszakos jelentések készítése.

A 818/07.09.1999. sz. Miniszteri Rendelettel a KÜ-ket újraszervezték, aminek eredményeként minden Ügynökséghez egy-egy nemzetközi, lakossági és civil kapcsolatokkal foglalkozó osztály tartozik. Fő feladatuk az EU harmonizációs kapacitásfejlesztés. Továbbá minden egyes KÜ ellát természet- és biodiverzitás védelemmel kapcsolatos feladatokat is.

Az EU-s kritériumokhoz igazodóan 2005-től a 450/2005. sz. Kormányhatározattal egy Nemzeti Környezetvédelmi Ügynökséget (NKÜ) és 7 db Regionális Környezetvédelmi Ügynökséget (RKÜ) hoztak létre, utóbbiak fő feladata a megyei KÜ-k és az NKÜ, valamint a KTVM közti információáramlás biztosítása.

1. ábra

A kutatási terület regionális és megyei Környezetvédelmi Ügynökségei



Forrás: A szerző szerkesztése.

A környezetvédelmi törvénynek a kereskedelmi és ipari szektorokban történő alkalmazása a KFFM és a KÜ-k hatáskörébe tartozik. A helyi KÜ-k közvetlen felügyeleti szerve a Nemzeti Környezetvédelmi Ügynökség, amely együttműködik a többi minisztériummal. A helyi KÜ-k éves terveket készítenek az általuk végrehajtani intézkedésekről, továbbá negyedévente jelentést készítenek a megvalósult intézkedéseikről. Habár elméletileg ezek a jelentések a nagyközönség számára is hozzáférhetők, a gyakorlatban mégsem publikálják őket. A helyi KÜ-k a felelősek az ipari létesítmények, mezőgazdálkodási létesítmények, közmunkák és más egyéb szennyező tevékenység környezetvédelmi törvénynek való megfeleléseért.

A minisztérium és az ügynökségek egyaránt ellenőrizhetik a beruházásokat/tevékenységeket. A minisztérium felügyelői felelősek három vagy négy KÜ munkájának ellenőrzéséért, amelyet egy, ún. látogatási tervben meghatározott terepszemle alkalmával látnak el. Ezt követően tájékoztatják az Ügynökségek a Minisztérium Főfelügyelőjét. A KÜ-k felügyelői ellenőrzik a teljesítést, és tanácsot adnak az alkalmazottaknak az engedélyezési eljárással és a szabvány-használattal kapcsolatban.

Azok a beruházások/tevékenységek, amelyek nem felelnek meg a környezeti szabványoknak illetve az engedélyezési feltételeknek, első körben egy figyelmeztetést kapnak az Ügynökségtől. Ha a feltételeknek továbbra sem felelnek meg, törvény által szabályozott bírság szabható ki rájuk. Legvégső esetben bíróság dönt a büntetésről. A törvény értelmében a beruházónak magasabb minősítést kell teljesítenie, ami a gyakorlatban azonban általában nem teljesül és a folyamat megreked a bírságnál.

A Nemzeti Környezetvédelmi Gárda szintén a minisztérium irányítása alatt álló decentralizált környezetvédelmi intézmény, amely a vadászat, a környezetvédelem és az erdészet ágazatokban hozott törvényi szabályozásoknak való megfelelést ellenőrzi és a vétségek ügyében jár el. Területileg a KÜ-vel meggyezően mind a 8 régióban és a megyékben is rendelkezik képviseleti szervvel.

Az Eu-csatlakozási folyamatsorán a jogalkotásban bekövetkező dinamikus változások komplikálttá teszik a nemzeti intézmények (KFFM, NKKFI) feladatköréit, amelyeknek a KÜ-vel fenntartott információ- és kommunikációcseréje hatékonynak és jól szervezettnek mondható.

A fenti intézményeken kívül további struktúrákba szervezve folyik a környezet védelmével kapcsolatos tevékenység. Az *Országos Környezetvédelmi Kutatás-fejlesztési Intézet* (OKKFI) technológiailag jól felszerelt, akkreditált vízügyi, hulladék, levegő, zaj és rezgés, radioaktív, valamint geotechnológiával foglalkozó laboratóriumokkal rendelkezik. Jelentős feladatokat lát el a Duna Egyezményvel kapcsolatos védelmi tevékenységek terén, továbbá hasznos segítséget nyújt a KFFM-nek a nemzetközi együttműködések terén. Habár teljesíti egy nemzeti környezetvédelmi hatóság feladatköréit, az Intézetnek még sincs szabályozott állami költségvetésből származó bevétele. A bevételek 70%-a a különböző szerződéses feladatok ellátásából származik (külföldi finanszírozású környezeti hatásvizsgálatok, környezeti auditálások), 30%-át pedig a KFFM és az Oktatási és Kutatási Minisztérium adja.

Főbb feladatai az alábbiakban foglalható össze:

- Környezetvédelmi stratégiák és törvények szakmai előkészítése;
- Környezeti Állapotjelentések elkészítése;
- Környezeti monitoring;
- A helyi KÜ-ek által szolgáltatott adatok koordinálása;
- Víz, levegő, hulladék és technológia témákkal kapcsolatos elméleti és alkalmazott kutatások készítése;
- Nemzetközi egyezményekben való együttműködés.

1990-ben hozták létre a 6 000 000 ha területen elhelyezkedő *Duna-delta Bioszféra Rezervátum igazgatásával foglalkozó hatóságot*.

A KFFM alatt 2001 óta működő *Meteorológiai, Hidrológiai és Vízügyi Igazgatóság* a meteorológia, hidrológia (árvíz előrejelzés és Riasztó Központ) és vízi erőforrások területein végez alapkutatásokat, előrejelzéseket illetve monitoring feladatokat. Ezen kívül az ózonréteggel és szélsőségekkel kapcsolatos információkkal látja el a KFFM-t.

Vízügy

A mintegy négy évtizedes centralizált rendszer hagyományával szakítva Románia visszatért a helyhatósági rendszer elveihez, ezáltal a felelősségi köröket is leosztva a helyi adminisztrációnak. A 215/2001. sz. törvény, külön megemlíti a helyi közösségi adminisztráció szükségességét, a 326/2001. sz. tv pedig a közszolgáltatások ügyét és ezek kötelezettségét az adekvát és hatékony működés tekintetében.

A program másik kulcsfontosságú eleme, hogy különbséget tesz a helyhatóságok mint tulajdonosok és az üzemeltetők között. Ez a fajta viszony a szolgáltatásokról szóló szerződéseken alapszik (koncessziós szerződések) és nagymértékben függ a romániai törvényektől és az európai gyakorlattól. A szabályozó szerv az ANRSC (Települési Közszolgáltatások Nemzeti Szabályozó Hatósága), aki a mérete, szakmai és vezetői kapacitása, illetve technológiai és pénzügyi teljesítménye alapján adja az engedélyt a kiválasztott szolgáltatónak. Mindezek mellett jogában áll az árak és a szolgáltatási szint ellenőrzésére is. A szolgáltatók társaságokba is tömörülhetnek (Regionális Szolgáltató Társaság) és így szerződnek az önkormányzattal. A programban részt vevő települések létrehoznak egy Települési Társulást (TT) ezen belül pedig egy Igazgatási és Felügyeleti Egységet (IFE). Továbbá minden RSZT felállít egy Projekt Végrehajtási Egységet (PVE), amely a végrehajtásért felelős.

Románia vízügyi igazgatási rendszerét az 1996-os Víz törvény és az 1995-ös KV tv. szabályozza. E szerint három fő intézmény képezi a rendszer alapját: a KFFM, a „Román Vizek” Országos Igazgatósága (RVOI) a vízgyűjtő területekhez igazodó és kerületi irodákkal (2. ábra) és a helyi KÜ-k. Ezekon kívül az ivóvíz-minőség ellenőrzése terén az Egészségügyi és Családügyi Minisztériumnak, a vízi közlekedés és a kapcsolódó tevékenységek terén pedig a Munkaügyi, valamint a Közlekedési és Építésügyi Minisztériumoknak van felelősségi hatáskörük.

A KFFM a vízügyi igazgatás és vízvédelem témakörökben létrehozott egy nemzeti politikai stratégiát, amelynek keretében a Minisztérium az alábbi speciális funkciókat tölti be:

- stratégiai tervezés, beleértve a nemzeti vízügyi igazgatást és fejlesztési programokat;
- jogalkotási folyamatok;
- nemzeti költségvetés vízgazdálkodási és infrastrukturális tételeinek igazgatása;
- szabványok megalkotása és azok alkalmazásának ellenőrzése;
- a vízkészlet gazdálkodás szabályozásával kapcsolatos engedélyezési eljárások adminisztrációs feladatainak előkészítése;
- nemzetközi együttműködés és a határokon átnyúló vízbázisok terén való együttműködés.

A Minisztériumon belül az Állami Vízügyi Ügynökség felelős a törvények végrehajtásának ellenőrzéséért és felügyeletéért. A helyi KÜ-k felelősek az engedélyezési eljárásokért, valamint a vízminőség és a víztestekbe történő kibocsátások ellenőrzéséért, felügyeletéért.

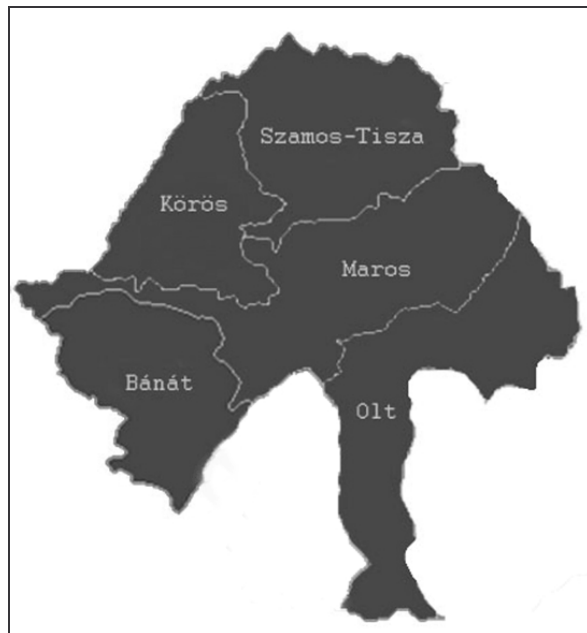
A „Román Vizek” Országos Igazgatósága felelős a nemzeti vízgazdálkodási stratégia végrehajtásáért. Az intézet egy részvénytársasági formában működik, amelynek 100%-os tulajdonosa az állam (KFFM). A társaság a 11 vízgyűjtőterületen lévő egység

és a helyi irodák igazgatásával foglalkozik. A társaság önfenntartó, a működési költségeket a vízbírságok fedezik.

Az ivóvíz-ellátásért, szennyvízkezelésért a helyi hatóságok a felelősek. A vízhasználók (lakosság és ipar) szükség esetén kötelezhetők egyedi kárelhárítási terv készítésére és alkalmazására, amennyiben tevékenységük ilyen jellegű problémával járna.

2. ábra

A Vízügyi Hatóság kutatási területet érintő részegységei



Forrás: A szerző szerkesztése.

Biodiverzitás és természetvédelem

Románia területén 52 öko-régió – amelyből 17 az összes európai ökoszisztémát magában foglalja –, 13 Nemzeti Park és szintén 13 Natúrpark, továbbá a „Duna-Delta” Bioszféra rezervátum található. Ezeknek az összes területe 1 687 512 ha (beleértve a 121 780 ha tengerparti területeket is), ami az ország területének 7%-ka. 180 000 ha-on további védettséget élvez 935 kutatási jelentőségű valamint természetvédelmi terület. Az így, mintegy 8%-os védett státusú térségek területének arányát 2013-ra 15%-ra kívánják növelni. A „Duna-Delta” Bioszféra Rezervátum Európa legnagyobb vizes élőhelye, egyszerre Ramsar terület, Bioszféra Rezervátum és a Világ Természeti és Kulturális Örökségének része is.

Az ország területének 47%-a félig természetes élőhely. 783 élőhely-típust különböztetnek meg 261 területen. További 44 IBA terület található az ország területének 3%-n. Romániában található a legtöbb veszélyeztetett faj az EU25-ök közül.

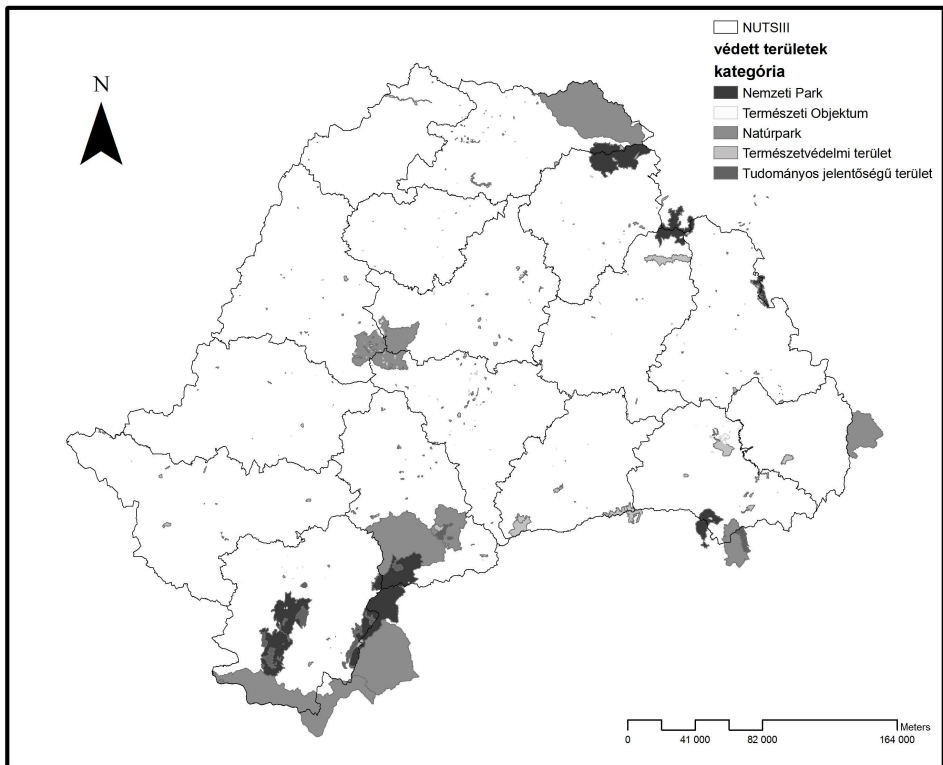
Az összes védettségi státuszú területek 72%-ka található a Kárpát-medence területén, azaz a vizsgálatba vont három régióban (3. ábra).

A természetvédelmi területek kezeléséért a KFFM felelős. Ezen kívül a minisztérium szerződéses kapcsolatban áll a legtöbb nemzeti parkkal és natúrparkokkal.

A nemzeti parkok és a védett területek az erdészetnek (ROMSILVA) vannak alárendelve, ami érdekellentét forrása azáltal, hogy így az erdészet olyan gazdasági tevékenység, amely részben természetvédelmi területeket érint. Az EU Románia csatlakozásakor kérte, hogy a román kormány hozza létre a Védett Természeti Övezeteket Kezelő Országos Ügynökséget. Ennek az elvárásnak azonban nem tettek eleget.

A Duna-Delta Bioszféra Rezervátumot közvetlenül a minisztérium irányítja. A Nemzeti Parkok és Natúrparkok hatáskörébe nem tartozó védett területeket természetes személyek, civil szervezetek és alapítványok kezelik.

3. ábra
A kutatási terület védett területei és objektumai



Forrás: A szerző szerkesztése.

Mindösszesen négy nemzeti park infrastruktúrája részesül jelentősebb anyagi támogatásban és csak három védett területnek van a KFFM által elfogadott rendezési terve.

A jelenlegi gazdasági nyomás és a hiányos igazgatási rendszer miatt a védett területeket az ellenőrizetlen idegenforgalmi környezeti terhelés, a természet kizsákmányolása jellemzi, ezáltal jelentős mértékben veszélyeztetve az ország biológiai sokféleségét.

Összefoglalás

A horizontális jogszabályok, a hulladékgazdálkodás és a vízminőség területein fejlődés történt. A jogszabályok átültetése és a szükséges végrehajtási lépések azonban továbbra is hiányosak. Ezekben az ágazatokban tovább kell erősíteni az igazgatási kapacitást, különösen a helyi/regionális szinten. Jelentős haladás történt az ipari szennyezés területén, az ez irányú erőfeszítéseket folytatni kell a megfelelő minőségű engedélyek kibocsátása és az igazgatási kapacitás erősítése érdekében. A Nemzeti Környezetvédelmi Örségnak megfelelően kell betartatnia a környezetvédelmi jogszabályokat. A természetvédelem területe romlott, és a közösségi vívmányoknak a csatlakozás időpontjától való teljes mértékű végrehajtását biztosítani kell. Különösen fontos az igazgatási kapacitások, az együttműködési és koordinációs mechanizmusok megerősítése, valamint a speciális természetvédelmi területekre való felkészülés elvégzése. Ezek a területek fokozott erőfeszítéseket és gyors fellépést igényelnek.

Irodalom

- Bizottsági munkadokumentum: Románia 2006. májusi monitoring jelentés EN (COM [2006] 214 végleges). Brüsszel, 16/05/2006 SEC (2006) 596.
- Environmental performance review of Romania Economic Commission for Europe, Committee on Environmental Policy UNITED NATIONS, New York and Geneva, 2001 - Environmental Performance Reviews Series No. 13 ©2001 United Nations Economic Commission for Europe.
- Implementation of the new water framework directive on pilot basins (WAFDIP) EuropeAid/114902/D/SV/RO RO.0107.15.02.01 FINAL REPORT (TR-28) 29 NOVEMBER 2003 - 28 SEPTEMBER 2005, ARCADIS Euroconsult (NL).
- Implementation Plan on the quality of waste landfill, 2004 October.
- Implementation Plan for Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment, October 2004.
- Implementation Plan for Directive 98/83/EC on the quality of water intended for water consumption, October 2004.
- Ministry of environment and water management: Managing Authority for Environment Operational Programme, Sectoral Operational Programme - Environment Romania, October 2006.
- Regional innovation strategy of west region Romania 2004-2008, Regional Development Agency - West Region.
- Nagy I. 2004: A környezetvédelmi politikák és a környezetvédelmi intézményrendszer változása a Kárpát-medencében OTKA kutatás, T 049067 FT2.
<http://www.apmar.ro/index.html>
<http://www.apm-bihor.ro/>

<http://www.apmcluj.ro/>
<http://www.arpmnv6.ro>
<http://www.arpmv5.ro/>
<http://www.grida.no/enrin/htmls/romania/soe2000/eng/index.htm>
<http://www.icim.ro/indexen.html>
<http://www.mappm.ro/>
<http://www.unep.net/>

VIII. Természetvédelem

ROMÁNIA ÉLŐVILÁGÁNAK ÉS TÁJAINAK SOKFÉLESÉGE – A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS ALAPJAI

Absztrakt

Egy ország határain belül a fenntartható fejlődés a helyi természeti adottságok figyelembe-vételével és a természeti erőforrásokkal összhangban történhet. A megújuló természetes erőforrások közé tartozik az illető ország növény- és állatfajainak, valamint tájainak a sokfélesége is. Ezek, használatuk ellenére, természetes úton újratermelődnék.

Románia földrajzi adottságai (Kárpátok lánca, a Fekete-tenger 228 km-es partszakasza, a Duna-delta, a síkságok, dombok és hegyvidék arányos eloszlása stb.), valamint mérsékelt szárazföldi klímája (szubmediterrán, illirikus, pannon, szarmáciai, irano-turánián, borealis, alpin stb. behatásokkal) visszatükröződik gazdag és változatos élővilágában, úgy genetikai, mint faji és ökoszisztéma szinten is.

Románia területének 39,2%-a szántóföld, 26,1%-át erdő borítja, így a mezőgazdaság és erdőgazdálkodás is hozzájárul a biodiverzitás sokrétegűségéhez. Románia területe 14%-ának van természetvédelmi státusa, magában foglalva 11 nemzeti és nemzetközi kategóriájú védett területet. 1998-ban létrehoztak 8 fejlesztési régiót, de ezeknek nincs sem adminisztratív, sem jogi személyiségük, és nincsenek információink a természetvédelmi tevékenységükről sem.

Kulcsszavak

Románia, fenntartható fejlődés, biodiverzitás, tájdiverzitás.

Bevezetés

A természeti erőforrások kétfélék lehetnek: a megújuló (megújítható) erőforrások használatuk ellenére, természetes úton újratermelődnék, felhasználásuk ellenére folyamatosan rendelkezésre állnak, illetve megújulnak. Ide soroljuk az élővilág sokféleségét (flóra, fauna, mikroorganizmusok, stb.), a talaj termőképességét, a mezőgazdasági termékeket, erdőket, felszín alatti vizeket, amelyek mind az ökológiai erőforrások csoportjába tartoznak. Megújulásuk biológiai folyamatokhoz és időhöz kötött, ezért túlhasználatuk, illetve helytelen használatuk azok végleges leromlását, pusztulását okozhatja (Láng, 2002).

A megújuló erőforrásokhoz tartoznak az energiahordozók csoportjából a nap-, szél- és vízenergia, valamint a geotermikus energia is.

A meg nem újuló erőforrások mennyisége véges, nem újíthatók meg, keletkezési idejük földtörténeti korokkal mérhető. Így ezek esetében csak a rendelkezésre álló készletekre számíthatunk, amelyek a felhasználás ütemétől függően, véglegesen kimerülnek (Láng, 2002). Ebbe a csoportba tartoznak a fosszilis energiaforrások: kőolaj, földgáz, szén és származékai, nukleáris energia stb., de sajnos a veszélyeztetett flóra és fauna is.

¹ Egyetemi docens, Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár.

Így érkezünk el dolgozatom témájához, a biodiverzitáshoz mint a megújuló természeti erőforrások alapjához.

Biodiverzitás alatt az élővilág sokféleségét értjük, amely magában foglalja úgy az élet minden megjelenési formáját (állatok, növények, gombák, mikroorganizmusok stb.), mint a hierarchikus biológiai szerveződés minden egyed feletti és -alatti szintjének a sokféleségét.

A biodiverzitás értelmezésében három szintet különböztetünk meg:

- genetikai diverzitást (intraspecifikus), amely a fajon vagy populáción belüli genetikai változatosságot jelenti;
- faj (taxon) diverzitást (interspecifikus), ez alatt valamely élőhely összes faját értjük, tehát a különböző életközösségek fajokban, nemzetségekben, családokban való gazdagságát jelenti;
- ökoszisztéma (ökológiai) diverzitást, amely a különböző életközösségek által hozott térbeli mintázatában megjelenő diverzitás mellett a strukturális és működési kapcsolatokot is magában foglalja (Bartók, 2006).

Románia élővilágának sokfélesége

Románia földrajzi elhelyezkedése, éghajlata, vegetációja

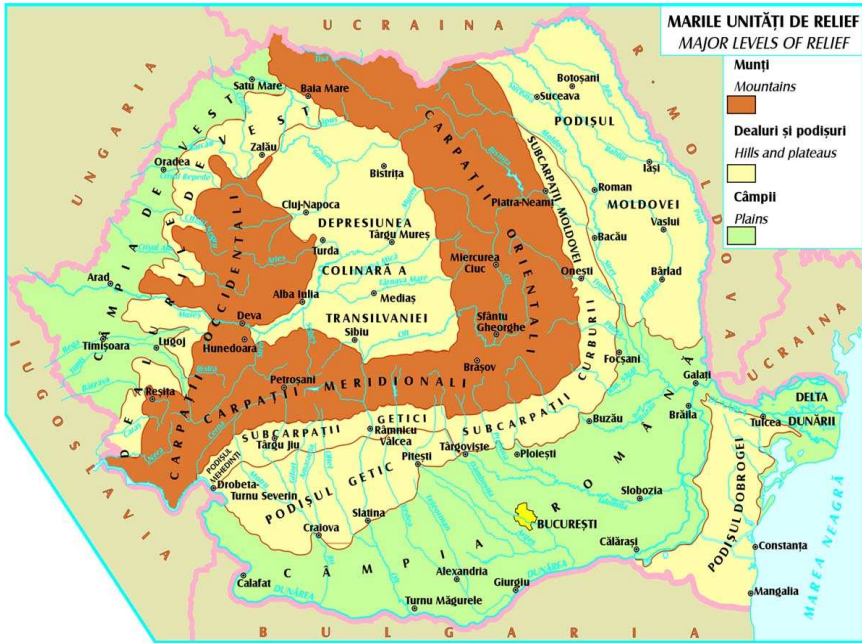
Románia Európa délkeleti részén, 23 839 100 ha-on terül el, egyenlő távolságra az Északi-sarktól, az Atlanti-óceántól és az Urál-hegységtől. Földrajzi jellemzőit a Kárpátok vonulata (Keleti-, Déli-Kárpátok, Erdélyi-szigethegység), a Duna alsó, 1074 km-es szakasza, valamint 228 km hosszan a Fekete-tenger határolta partszakasza a határozzák meg. Területének 1/3-a síkság, 1/3-a dombvidék, 1/3-a hegyvidék (1. ábra).

Románia 5 biogeográfiai régió találkozási helye: kontinentális (56%), pannon (6%), sztyeppe (17%), alpesi (23%) és fekete-tengeri (1%). Éghajlata mérsékelt szárazföldi, különböző behatásokkal, az évi középhőmérséklet 8-10 C°, az évi csapadék középértéke 400–600 mm.

Mindezek a földrajzi és éghajlati tényezők tükröződnek Románia gazdag és változatos élővilágában. Az ökoszisztémák 47%-a természetes vagy természetközeli, az ország területének 26,1%-a erdő (13% védett, 13% kitermelt), így Európában Romániának van a legnagyobb erdős területe. A sztyeppe a terület 16%-át foglalja el, a havasi-alhavas 1,2%, míg az ország 5,8%-a vizes ökoszisztéma és nedves terület (Bartók, 2006).

Romániában két biodiverzitás „forrópont” létezik: a Kárpátok lánca, amely még ma is nagyrészt erdőkkel borítva és a Duna-delta, amely a legnagyobb vizes ökoszisztéma és nedves terület, Románia területének 2,6%-a, 580 000 ha, amelyből 113 000 ha állandóan vízzel borított. Ez Románia egyetlen olyan része, amely hármas védeltséget élvez (bioszféra rezervátum, Ramsari terület, világörökség része).

1. ábra Románia térképe



Forrás: Bartók, 2008.

Románia genetikai diverzitása

Az élőhelyek változatossága nagy genetikai diverzitást eredményez. Így nagy számú genotípusa él itt a lucfenyőnek, bükknek, tölgynek, amelyek méreteikben és a betegségekkel szembeni ellenállásukban különböznek egymástól. Ezek kárpáti fajtái a *Picea abies*, *Larix decidua*, *Pinus nigra*-nak. A *Quercus robur* és *Picea abies* különböző klímátípusoknak megfelelő fajtái, illetve a *Q. robur*, *Q. petraea*, *Fraxinus excelsior* edafikus típusai élnek itt. A rovarok között is sok az intraspecifikus variáció.

Faj (taxon) diverzitás

Románia gazdag fajdiverzitású ország. *Növényvilága* 3450 virágos növény fajból áll (3868 idegenhonosokkal), amelyeknek 5%-a (172) endemikus faj. Az *Andryala levimentosa* például a Beszterce-hegységben, a *Dianthus callizonus* a Királykő sziklán, az *Astragalus péterfii* a Kolozsvár melletti Szénafüveken, a *Draba dorneri* a Retyezátban stb. A legnagyobb flóra diverzitás és a legtöbb endemizmus a következő hegyekben található: Radnai-havasok, Beszterce hegyei, Csalhó, Bucsecs, Királykő, Retyezat és a Godeanu hegyekben.

A másik veszélyeztetett csoport a reliktum (maradvány) növényeké, amelyből 75 faj van Romániában: a harmadkor meleg és nedves időszakából a *Nymphaea lotus* var. *thermalis*, a *Hepatica transsilvanica*, *Syringa josikaea*, xerotherm reliktum az *Ephedra distachya*, végül jégkori maradványok, amelyek az eutrof- és oligotrof tőzegmohalápokban maradtak meg, például a *Betula nana*, *B. humilis*, *Tofieldia calyculata*, *Eriophorum vaginatum* stb.

A talofiták csoportját 600 alga-, 1200 zuzmó-, 950 moha- és 8757 gombafaj alkotja.

Állatvilága: 34 000 fajból áll, ebből 2000 endemikus. Sok a veszélyeztetett és veszélyeztettség közeli állatfaj. A Kárpátokban előfordulnak olyan állatfajok, amelyek 150 éve eltűntek Európából.

A gerinceseket 707 faj képviseli (100 emlős, 400 madár, 23 hüllő, 19 kétéltű, 103 édesvízi hal, 62 tengeri halfaj), ebből 24 természeti emlék.

A veszélyeztetett ragadozók gyakoriak, a következő állományokkal reprezentálva barna medve (6000 egyed, 60%-a az európai állománynak), farkas (3000 egyed, 40%-a az európai állománynak), hiúz (1990), vaddisznó (36 820), őz (142 250), nyúl (1 069 000), szarvas (33 170), fácán (300 000), gímszarvas (5955), siketfajd (7800), zerge (7885), vadmacska (7865).

A gerinctelen állatok száma 33 085, ebből 227 barlanglakó (92 endemizmus).

A legnagyobb fauna diverzitás és legtöbb endemizmus a következő hegyekben található: Rarău-Giumalău, Nagybagymás, Fogaras, Pareng, Szemenik, Bihar és Domogled-Cserna völgye.

Ökoszisztéma diverzitás

Az ökoszisztémák gazdagságát befolyásolja, hogy a Kárpátok láncának 90%-a Romániában van, a gazdag vízhálózat, a Fekete tenger (228 km tengerpart), a Duna-delta, és Duna 1074 km-es jelenléte, valamint a nagy és kisebb folyók sokasága. Ezen kívül jelentős a vizes ökoszisztémák (folyók árterülete, tengerszemek, lápok, mocsarak, tőzegmohalápok, gleccsertavak stb.) nagy száma. Az ökoszisztémák diverzitásához hozzájárul még a több mint 8000 barlang is. Élőhely-típusok alapján megkülönböztetünk:

- 17 szárazföldi ökoszisztémát,
- 21 öko-régiót,
- 4 vegetáció régiót (kollinis, montán, alhavasi, havasi; a jellemző tölgy-, bükk-, fenyő-, törpefenyőerdőkkel és havasi legelőkkel, kb. 300-2200 m közötti tengerszint feletti magasságban),
- 3 vegetáció zónát (sztyeppe, szilvosztyepp, lombhullató erdő, 0-300 (400) m között),
- 6 természetes elsődleges élőhely-típus: tengerparti, tengeri és homokdűnék (15 altípus), édesvízi élőhely-típus (11 altípus), gyepek és cserjék (23 altípus), sziklás és barlangi (7 altípus), tőzegmohalápok és lápok (8 altípus), erdők (28 altípus).

Romániában tehát 91 habitáltípus található az európai 198-ból, ezek közül 24 elsődlegesnek tekinthető, ami azt jelenti, hogy olyan természetes területek, amelyek megőrzéséhez különleges területek kijelölése szükséges (Bartók, 2006).

Biológiai sokféleség a mezőgazdaságban

Románia területének 39,2%-a mezőgazdasági terület, termőföldjének csaknem fele kiváló minőségű. A nagymértékű emberi beavatkozások előtt az ország területének 77%-át erdő borította, 16%-át füves terület.

A román mezőgazdaság előtt a következő célok állnak:

- alkalmazkodó mezőgazdaság bevezetése
- biodiverzitás fenntartása
- környezettel harmonizáló gazdálkodás kialakítása
- helyi mezőgazdasági növényfajták (*Phaseolus coccineum*, *Solanum tuberosum*, *Triticum monococcum*) és helyi gyümölcsfajták megőrzése
- helyi állatfajták genetikai állományának megőrzése (czigaja-, curkana-, racka juh, kárpáti kecske, szürke marha, mangalica-, báznai disznó stb.).

Romániának az EU-s csatlakozáshoz eleget kellett tennie a mezőgazdasági elvárásoknak is. A mezőgazdasági termelés védelmében így jelentős helyet kapott az a tudományos kutatás, amely a különböző ökológiai körülmények között ajánlható, sajátos technológiát eredményezett a földművesek számára. A növénygenetikai anyag diverzifikálásához hozzájárultak a következő kutatások:

- A Fundulea-i Mezőgazdasági Kutatóállomáson 458 új varietást és hibridet állítottak elő (126 új gabona-, 123 kukorica-, 56 olajnövény-, 31 textilművelési- és 80 takarmánynövény fajtát);
- Pitești-Mărăceeni-i Kertészeti Kutatóállomáson 190 új gyümölcs és díszcserjefajtát;
- Valea Călugărească-i Szőlőkultúra és Borászati Állomáson 28 új szőlőfajtát;
- Vidra-i Zöltség és Virágtermesztő Állomáson 79 új nyári és őszi zöltségfajtát, 5 új tulipán-, 4 őszirózsza-, 6 rózsafajtát;
- Brassói Burgonya és Cukorrépa nemesítők 44 új burgonyafajtát homologáltak az utóbbi években.

Mindezen nemesítő munkához hozzájárult az 1990-ben Suceav-ban megalapított Növénygenetikai Magbank, amely a fitogenetikai erőforrások összegyűjtésével, regenerálásával, fenntartásával, szaporításával és konzerválásával foglalkozik (Hera, 2005).

Sajnos az Állati Gének Bankja finanszírozási problémák miatt beszüntette a tevékenységét, de a máramarosi, konstancai, balotesti, és bukaresti nemesítő állomások 1 szarvasmarha-, 8 juh-, 1 disznó-, 17 csirke- és 6 méhfajtát kísérleteztek ki.

Az 1989-es politikai változások után a következő negatív tendenciák figyelhetők meg a mezőgazdaságban:

- csökkent a gazdálkodás intenzitása, műtrágya és növényvédő szerek felhasználása
- növekedett a parlagon hagyott területek nagysága, a gyomok és kártevők száma
- a növénytársulások kedvezőtlen irányba fejlődtek

Természetvédelmi szempontból mindezek károsak. A gazdálkodók és természetvédők közötti konfliktusok fő forrásai a korlátozások miatti-jövedelem csökkenések, a kompenzációk elmaradása. Mindemellett hiányzik vagy nem eléggé hatékony a jogi szabályozás, a pénzügyi szabályozó rendszer, a nevelés, az ismeretterjesztés stb.

Az erdők biodiverzitása

Románia területének 26,1%-a erdő (6 233 000 ha). Növényzetét 3100 őshonos növényfaj, 60 őshonos fafaj, 10-féle természetes erdőformáció és 150-féle erdei ökoszisztéma alkotja.

A romániai erdők összetétele változatos: 31%-át fenyőerdő (23% luc-, 5% jegenyefenyő, 3% más fenyőféle), 31%-át bükkerdő, 18%-át tölgyerdő, 15%-át más lombhullató és 5%-át puhafaerdő képezi. A törzsnövekedés évi középértéke 215 m³/ha, a növekedés középértéke: 5.6 m³/ha évente. A kitermelt fa mennyisége: 1951-1976 között 24-27 millió m³ volt, 1987-ben 22 millió m³ és 1997-ben 14.8 millió m³, míg 1996-ban 1,100 ha erdőt telepítettek és 1997-ben 900 hektárnyit (*Borlea*, 1999; *Radu et al.* 2004).

A 2000-ben végzett egészségügyi vizsgálatok során megállapították, hogy a romániai erdők 85,7%-a egészséges és csak 14,3%-a károsodott.

A romániai erdőket a beavatkozások, bolygatások mértéke szerint a következőképpen osztályozhatjuk az 1995-ös Genfi Konferencia útmutatásai szerint.

Természetes állapotú erdei ökoszisztémák (őserdő, szűzerdő). Ebbe a kategóriába tartozik 12 őserdő (3866 ha, az erdőknek 5%-a,) valamint 3 kvázi szűz erdő (Például a Szörényi hegységi bükkös, Szinaja-i jegenyefenyő- és bükk erdő, Slătioara-i Évszázados erdő (jegenye-, lucfenyő, bükk keveréke), a Marosborsai- és Cozia- hegységbeli tölgyesek, Retyezát-hegységbeli cirbolyafenyvesek stb. (*Giurgiu et al.* 2001).

Természetszerű erdők, értékelésük elérhetőségük és elszigeteltségük szerint történik. Ha 2,1–5 km távolságra van az úttól, eléggé elszigeteltnek mondható (824 000 ha ilyen erdők van), ha pedig több mint 5 km-re van az úttól, akkor rossz hozzáférhetőségűnek. 126 000 ha területet borítanak ilyen erdők Romániában. A fenyő-, bükk-, elegendes (fenyő és bükk) erdők nagy része ebbe a kategóriába tartozik, ezeket magas stabilitás jellemzi. A tölgyerdőket érte a legnagyobb antropikus hatás, bár vannak természetes tölgy és elegendes tölgy erdők, ezek stabilitása alacsonyabb, viszont a tölgy hosszú életkora következtében van regenerációs lehetőségük. Ebbe a kategóriába sorolhatók még a szurdok-, a liget- és láperdők is. A nemzeti parkokban, tájvédelmi körzetekben, a Bioszfera Rezervátumokban található a természetközeli erdők legnagyobb része.

Mesterséges erdők (kultur-, ültetvényszerű erdők). Általában idegenhonos fajokból áll: akác, luc-, erdei-, douglas-, feketefenyő stb. valamint őshonos fajokból is létrehozott faállományok, természetes módon nem alakíthatók át.

A romániai erdővédelem célja az erdők hosszú távú fenntarthatósága. Eszközei az erdőtermelés mennyiségi korlátozása, őshonos fafajok és természetes felújítási módok előtérbe helyezése, a nagyvad-állomány korlátozása, az erdők elegységének és kor szerkezetének javítása, erdőrezervátum-hálózat létrehozása.

Románia védett területeinek sokfélesége

Románia területének 7,1%-a volt védett 2006-ig, ma a NATURA 2000 területekkel ez az arány 14%-ra emelkedett, így elérte az európai átlagot (2. ábra).

A védett területek hálózata a következő kategóriákból tevődik össze (*Bartók*, 2008).

Nemzeti kategóriák/számuk:

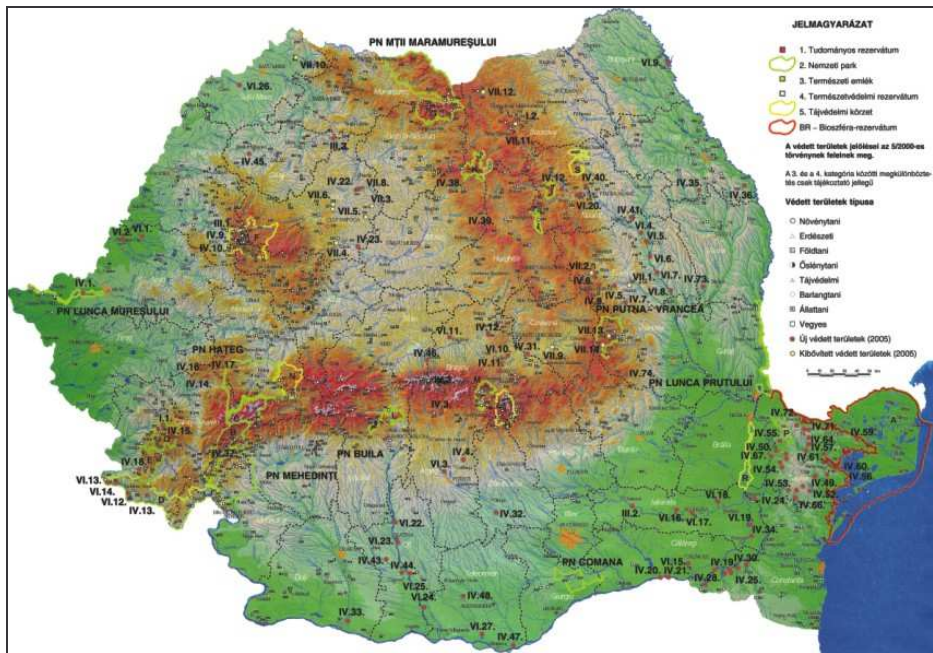
– tudományos rezervátum – 55

- nemzeti park – 13 (Békás-szoros-Hagymás, Beusnița-Néra szurdok, Buila-Vânturarița, Csalhó, Cozia, Domogled-Cserna völgye, Kelemen-havasok, Királykő, Măcin-hegység, Radnai-havasok, Retezat-hegység, Szörény-Krassó szurdok, Zsil-szoros, összesen 318 116 ha).
- tájvédelmi körzet – 13 (Balta Mică a Brăilei, Grădiștea Muncelului-Cioclovina, Erdélyi szigethegység, Vaskapu, Bucsecs, Văntători-Neamț, Máramarosi-havasok, Putna-Vrancea, Prut alsó folyása, Comana, Hátszegi Dinoszauruszpark, Mehedinti-fennsík, Maros-ártér, összesen 772 128 ha).
- természetvédelmi rezervátum – 621
- természeti emlék – 234.

Nemzetközi kategóriák/számuk:

- Bioszféra rezervátum – 3 (Duna-delta, Retezat, Radnai-havasok)
- Ramsari terület – 5 (Duna-delta, Balta Mică a Brăilei, Techerghiol, Maros-árterre, Dâmbovițai halastavak)
- Világörökség – 1 természeti (Duna-delta) és 672 kulturális érték
- Geopark – 2
- Különleges védelem alatt álló területek – 119
- Különleges madárvédelmi területek – 28.

2. ábra
Románia védett területei



Forrás: Bartók, 2006.

Konklúzió

Románia élővilága nagyon változatos, egyedülálló genetikai-, faji- és ökoszisztéma szinten is, részét képezve a Kárpát-medence és Európa természetes örökségének. A biodiverzitás megőrzése, fenntartható fejlesztése – mint megújuló természeti erőforrás – a jövő generációk számára létfontosságú.

Irodalom

- Bartók Katalin 2006: Az élő természet védelme, a biodiverzitás védelme Romániában, Kolozsvár, Ábel Kiadó.
- Bartók Katalin 2006: Biodiversity and nature conservation in Romania. In G.J. Halasi-Kun (Ed.): Proceedings seminar on pollution and water resources. XXXVI New York, Columbia University, 85–103. p.
- Bartók Katalin 2008: Biodiversity of Romania stressed by transgenic cultures? In F. Molfino, F. Zucco (Eds.): Women in Biotechnology. Creating Interfaces, Springer, 315-331.p.
- Borlea Gheorge 1999: Forest reserves and their research in Romania. In J. Diaci (Ed.): Virgin forests and forest reserves in Central and Eastern European Countries. Proceedings of invited lecturers' report presented at the COST E4 Management Committee and working groups meeting in Ljubljana, Slovenia, Ljubljana, 67-86.p.
- Giurgiu Victor – Doniță Nicolae – Bândiu Constantin – Radu Ștefan – Cenușă Radu Dissescu Radu – Stoiculescu Constantin – Biriș Ion 2001: Les forets vierges de Roumanie. Asbl Foret Wallonne, Louvain-la Neuve.
- Hera Cristian – Doucet Ilaria – Popescu Ana – Kleps Cristian 2005: The agriculture – environment – biodiversity relationship in Romanian agro-ecosystems and research strategy in the field of ecological technologies. In S. Mihăilescu (Ed.): Bioplatform-Romanian National Platform for Biodiversity, 2, Acad. Rom. Bucharest, 31-38.p.
- Láng István (Ed.) 2002: Környezet- és Természetvédelmi Lexikon, 1 köt. Akadémia Kiadó, Budapest.
- Probáld Ferenc 2006: Sustainable development: possibilities and constraints of geographical education. In G. J. Halasi-Kun (Ed.): Proceedings seminar on pollution and water resources. XXXVI New York, Columbia University, 52–59.p.
- Radu Ștefan – Bândiu Constantin – Coandă Cristian – Doniță Nicolae – Biriș Ion – Teodorescu Mihai 2004: Conservarea pădurilor virgine, GEEA, București.
- www.agrener.hu/megujuloenergiaforrasok.phyp
- www.apia.org.ro
- www.primariaonline.ro
- www.rkkstuff.extra.hu/does/term_eleje.pdf