

során (gáz, kőszén, olaj) az adott országban, hiszen annak szennyező mértéke eltérő (SMA, 2014). Ezért ennek az értéknek a meghatározása országonként eltér.

A CO_2 emissziós faktor (mértékegysége: kg/kWh) megmutatja, mennyi széndioxid keletkezik egy kilowatt óra elektromos áram termelésekor egy adott országban. A technológia és hatékonyság függvényében a CO_2 faktor változhat a különböző energiaszolgáltató cégeknél (SMA, 2014).

CO₂ megtakarítás számítása:

Az emissziós faktor általános becsléséhez a publikált emissziós faktorok használata többnyire elegendő. Ha pontosabb, hely specifikus értékelésre van szükség, a berendezés gyártótól, mérnöki számításokból, vizsgálati eredményekből lehet emissziós faktort számolni (Wilde, 2003). A hazai irodalom tehát 0,35 és 0,603 kg/kWh (EMVA, 2014; Bódi, 2010) közötti értékeket határoz meg, míg az európai becslések 0,5 és 0,62 kg/kWh (Wilde, 2003; SMA, 2014; Energia a napból, 2014; MTA, 2008) között szóródnak. Jelen projekt első (még nem teljes évet lefedő) mérési eredményei azt mutatják, hogy a horvát oldalon felszerelt napelemrendszer CO_2 megtakarítása 0,558 kg/kWh. Így a további számításoknál, összhangban az EMVA (2014) által használt emissziós faktort 0,56 kg/kWh-t vesszünk alapul.

Területi vonatkozás

A Sellyei naperőmű éves szinten 800 000 kWh elektromos áramot termel Magyarországon, melyet, ha beszorzunk 0,56 kg/kWh emissziós faktorról (lásd a fent említett képletet), megkapjuk, hogy 448 000 kg, azaz 448 t széndioxidot takarítunk meg évente.

Orahovica településén Horvátországban telepítettek egy 0,5 MW-os napelem parkot, mely hasonlóan 800 000 kWh-t termel évente, mint a Sellyei nappark. Következésképp évi 448 tonna szén-dioxidot. Sellye lakossága 2009-ben 2 873 fő volt (KSH, 2011). Patocska (2013) tanulmányából megtudhatjuk, hogy Magyarországon egy lakos 2009-ben 1 461,1 kg CO_2 kibocsátáshoz járul hozzá áramfogyasztásával évente. A kettő szorzataként azt kapjuk, hogy a település CO_2 kibocsátása 4 197 740 kg/ CO_2 /év. Ha ebből kivonjuk a sellyei nappark üzemelése során megtakarított széndioxid mennyiséget, akkor 3 749 740 kg-ot kapunk. Hasonlóképpen kiszámíthatjuk az Orahovica (5304 fő) (DZS, 2011) nappark széndioxid csökkentő hatását. A magyar 1 főre jutó CO_2 kibocsátással számolva 7 749 674 kg/ CO_2 /év-et kapunk. Kivonjuk a nappark telepítése során megtakarított széndioxid mennyiséget, a településen összesen 7 301 674 kg CO_2 kibocsátás várható évente.

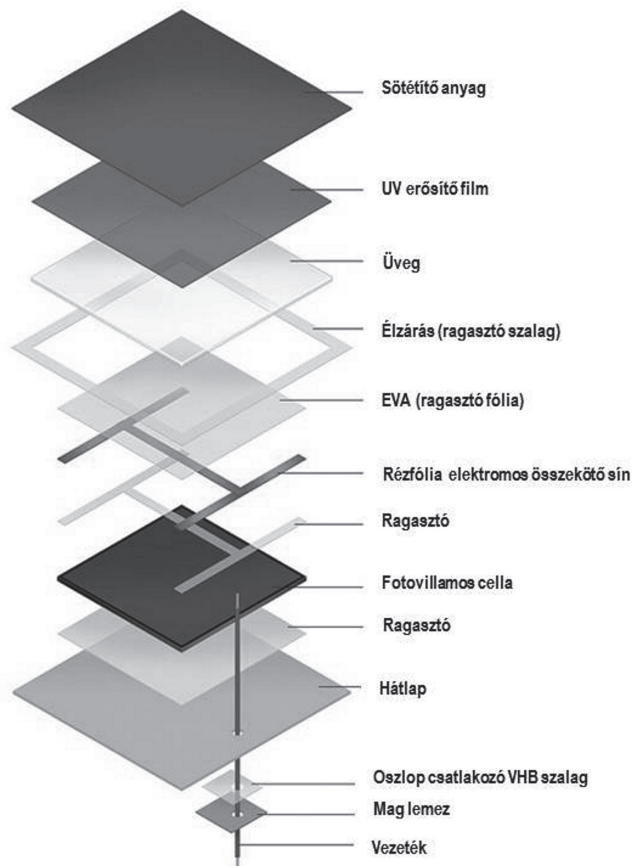
A számításokból az látszik, hogy egy kistelepülésen a lakossági villamosenergia fogyasztás tekintetében egyetlen kisteljesítményű naperőművel akár 11%-os CO_2 kibocsátás is megtakarítható. Ez a naperőmű Sellye közel 1/5-ének a villamosenergia igényét elégíti ki (csak a háztartási fogyasztást figyelembe véve).

HU_12.5. A napelemes energiatermelés életciklusának vége – A leszerelési költségek, a hulladék elhelyezés és az újrahasznosíthatóság kérdései

Az alternatív energiák közül a legelterjedtebb és legkönnyebben hasznosítható a nap energiája. A napkollektorok, napelemes rendszerek használata mellett számos érv támasztható, melyek közül a legfontosabbnak tekinthető a hosszú élettartam és a csekély veszélyes anyag felhasználása (arzen, ólom, kadmium) az elkészítésüknél. Néhány cikk (pl. www.nkek.

hu-n vagy www.mnnsz.hu-n találhatóak) a csekély jelzöt nem szívesen használja, hiszen a napelem-táblák előállításánál ritka fémek kerülnek felhasználásra, mint pl. az előbb felsoroltakon kívül a higany. Ezért az elhasznált napelem éppúgy veszélyes hulladéknak tekinthető, mint az akkumulátorok. De veszélyes hulladéknak tekinthető az elektronika és az esetlegesen felhasznált akkumulátorok is. Jogosnak tekinthető a kérdés, hogy ezen veszélyes anyagokkal mégis mi történik, mikor a napelemes rendszer eléri élettartama végét?

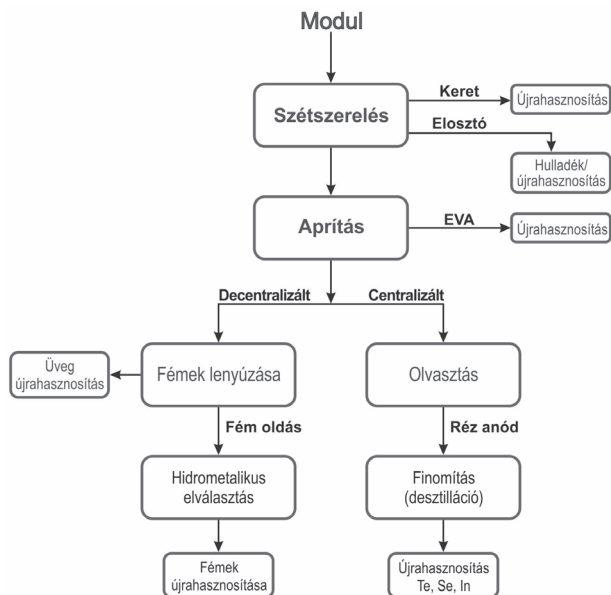
A napelemes rendszerek élettartama három nagyobb részre bontható: termelés fázisa, használat fázisa és az élettartam vége (Shibasaki et al., 2006). A napelemek élettartama végesnek tekinthető, egyrészt 25-30 év után „elkopnak” az egyes összetartó elemek. A leggyakoribb modulhibák: üvegtörés, hibás laminálás, elektromos hibák, veszélyes beépítés, rossz építési technológia (57. ábra). Másrészt a folyamatos továbbfejlesztés következtében lecserélik a jelenlegi rendszereket jobb hatásfokú és jobb hőhasznosítási paraméterekkel rendelkező elemekre. Emiatt a forgalmazó leszereli a napelemeket; visszakerülnek a gyárakba javításra vagy a nyersanyagok visszaforgatásával újrahasznosítják őket.



57. ábra: A napelemek kibontott nézete

Forrás: Weadock, 2011 1. ábra

A napelemes rendszerek javításával kapcsolatban számos probléma jelentkezhet. A gyártó a garanciális javítások keretében visszaszállítja a rossz, elhasznált napelemeket; de mivel a legtöbb panelt Kínában gyártják, ez a módszer rendkívül gazdaságtalan és környezetkímélő (Müller et al, 2006). Ebből kifolyólag a javítás során a fogyasztó új elemeket kap és hulladék keletkezik a leromlott napelemes panelekből. Hazánkban nem foglalkoznak jelenleg a hibás panelek javításával, ezért szükséges lehet a jövőben egy begyűjtő szervezet. Ez a szervezet koordinálhatná a panelek, napelemek begyűjtését, szétszerelését, a hulladékok szelektálását, a termelésbe való visszaforgatást. De a gazdaságossági szempontokat szem előtt kell tartani, hiszen piacgazdaságban élünk, ezért ha egy panel nem javítható, akkor megoldottnak kell lennie az elemeire bontott részeknek a termelésbe való újonnan bekapcsolásának. Az alternatívenergia.hu számításai alapján az újrahasznosított anyagokból való termeléssel a napelemek anyagainak gyártására fordított energia 80-90 %-a megtakarítható. A vízfelhasználás és a szén-dioxid kibocsátás vonatkozásában is hasonló arányokkal kalkulálhatunk. Ecker (2012) számításai alapján az újrahasznosított anyagok felhasználása során a vákuumcsövek szelektív gyűjtése nagyon fontos, hiszen alkálifém-oxidot tartalmaznak, amelynek jóval alacsonyabb az olvasztási hőmérséklete; így kevesebb energia befektetéssel és széndioxid-kibocsátással lehet új üvegeket készíteni. Így az üvegyárok technológiai folyamataiban tovább csökken a környezetterhelés. Valamint ezek a fotoelektromos eszközök számos értékes, ritka anyagot is tartalmaznak (pl. ólom, króm, szilícium, tűzgátló anyagok), amelyek visszanyerése, valóságos „kincsbányának” tekinthető (Zimler, 2010). A 2000-es évek elején, még csak mint távoli lehetőség jelentkezett a PV modulok, mint hulladékok hasznosításának, újrahasznosításának esélye. Fthenakis (2000) tanulmányában részletesen ismerteti a PV részek és modulok általa újrahasznosíthatónak vélt elemeinek utóéletét. Az 58. ábra a fejezet összefoglalásának is tekinthető, hiszen a teljes végfolyamatot foglalja keretbe.



58. ábra: A PV elemek és modulok újrahasznosításának lehetősége

Forrás: Fthenakis, 2000 1056. p.

A napelemek hulladékkezelésével kapcsolatban a cikkek, tanulmányok többsége nem tesz különbséget, mégis a hulladék keletkezése szempontjából el kell különítenünk három csoportot. A napelemek előállítási technológiájuk szempontjából lehetnek: monokristályos, polikristályos és amorf modulok. Az amorf modulok hatásfoka és élettartama kisebb, mint a kristályos moduloké. A gyári garancia ezekben az esetekben 10 év, a hasznos élettartamuk 15 év. A mono- és a polikristályos modulok hatásfoka 13-18%, az átlagos élettartama 20-25 év. Az eltérő élettartamból adódó különbségek elsősorban a megtérülés vizsgálatakor fontosak, hiszen a hulladékgazdálkodás során az amorf panelek esetében más megtérülési rátával szokás számolni, a kockázati tényezők szerepeltetése is gyakoribb. Az amorf panelek előnyének számít pénzügyi szempontból, hogy a kristályos panelek ára és költsége másfélszer magasabb, mint az amorfé.

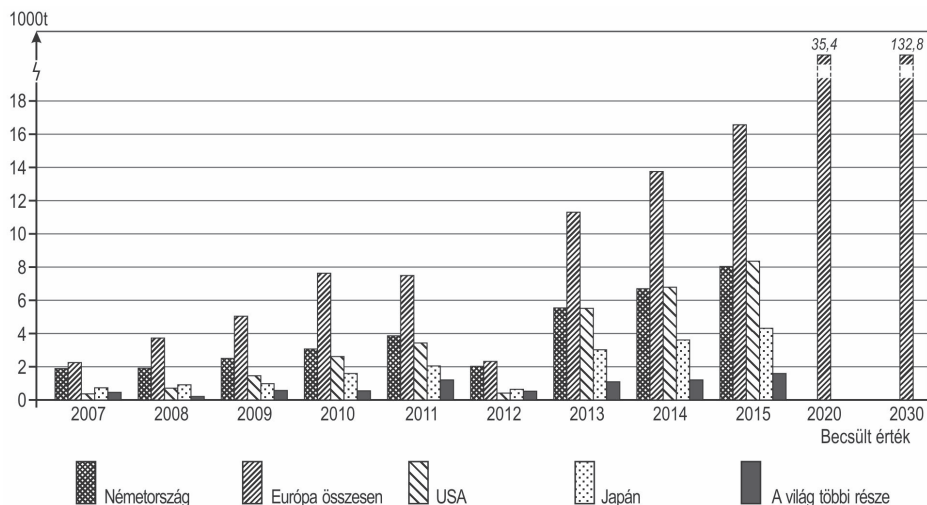
A polikristályos panelek is igen népszerűek és elterjedtek, köszönhetően annak, hogy a gyártási költségük az elmúlt három-öt évben jelentősen csökkent. Az ololanc.hu ismertetésében úgy szerepel, hogy ezek a modulok már nem tartalmaznak mérgező anyagokat. Az újrahasznosítás ebből kifolyólag a következő módon zajlik: elsőként magukat a modulokat szerelik, bontják szét, majd eltávolítják, szelektálják az üvegeket és a fém kereteket. Ezek az anyagok anyagukban újra-feldolgozhatóként kerülnek ki. A cellákban mintegy „szendvicsszerűen” elhelyezkedő műanyag fóliák között lévő szilícium kinyerése termikus eljárás keretében valósul meg. A laminátumot egy 450 fokos, folyékony halmazállapotú homokágyba helyezik, elégetik a műanyag rétegeket (az etilén-vinil-acetát-ot) és lemaratják a szilícium ostyákról a bevonati rétegeket. A műanyag rétegek elégetése során mérgező gázok keletkeznek³⁵. A cellákban lévő szilícium alapanyagot így már megtisztulva és elkülönítve adják tovább az újabb panelek gyártásához. Ezen eljárás alapján a műanyag fóliák nem kerülnek újrahasznosításra, a többi elem anyagában kerül a további gyártás során felhasználásra.

A napelemek közül a szilícium kristályos modulok élettartamuk lejártá után is üzemképesek maradnak, hiszen az időjárási körülmények miatt elsőként a szigetelőanyagok, a modul elő- és hátlapja, az elektromos érintkezők és a kábelek használnak el, tudjuk meg Szalontai (2012) válaszaiból. A napelemből vagy az előbb említett módon vagy a vékony-réteg modulok esetében egy egyszerűbb eljárással nyerhetők ki az újrahasznosítható alapanyagok. Ezen modulok fő összetevői az üveg és a műanyag, ezért az amorf szilícium közvetlenül elégethető és az üveg visszanyerhető. Más vékonyréteges technológiák esetében (CdTe vagy CIS modulok) már a bennük lévő, kémiaiilag kötött nehézfémek miatt egy ellenőrzöttebb életpálya és hulladékkezelési folyamat szükséges.

Újrahasznosítás (recycling) egy fotovoltaikus modul tekintetében 96%-ban megvalósulhat. 2004 óta Freiburgban működik a világ első szilíciumkristályos napelemeket újrahasznosító üze me, amely a modulban lévő műanyagok elégetésével foglalkozik. A visszamaradó üveget, fémeket, fém törmelékét újrahasznosító üzemeknek adja tovább. A megmaradó szolár cellákat további kémiai eljárásnak vetik alá, ahol a letisztított szilíciumot további cellák előállítására használják.

A feldolgozásra váró hulladék mennyiségéről a Solar World készített kimutatásokat, melyeket Zimler (2010) dolgozott fel tanulmányában. 2009 és 2012 között a PV modulok iránti heti kereslet meghaladta a 100 000 modult. Ezen mennyiség 0,5-1%-a gyártási selejtnak tekinthető és/vagy a szállítás, szerelés során szenved sérülést. Évente a legnagyobb felhasználó és hulladék-termelő ebből a szempontból Európa (59. ábra). Az Egyesült Államok hasonló értékkel rendelkezik, mint Németország.

³⁵ A mérgező gázokkal kapcsolatos kezelési módokra vonatkozó adatokat nem találtam.



59. ábra: A napelem hulladék mennyiségének várható alakulása (ezer tonna)

Forrás: Hulladéksors, XI. évf. 2010. jún. 38-39. old.

A napelemes rendszerek egyre szélesebb terjedésével fontossá vált nemcsak a telepítés – beszerelés – használat szabályozása, hanem a hulladékgazdálkodás kérdésköre is. Európai viszonylatban az első fontos lépésnek a 2010-ben összehívásra kerülő nemzetközi PV modul újrahasonosítás konferencia volt, Berlinben. Az eseményen a napelemek újrahasonosításával és környezetbarát megsemmisítésével foglalkoztak. Az EPIA (European Photovoltaic Industry Association) ettől az évtől kezdve felügyelte és irányította az EU-tagállamok esetében az európai elektronikai hulladékok jogszabályainak betartását. 2012-től alkalmazható a WEEE-jogszabály (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive), azaz az elromlott, kiöregedett napelemes modulok átvétele a gyártók felelőssége. Az intézkedések nem minden esetben egyértelműek, az egészségre és a környezetre egyaránt káros anyagok szállítására vonatkozó szabályozások nem megfelelőek.

HU_13. KONKLÚZIÓ – A KUTATÁSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE ÉS AZ OPTIMÁLIS PV RENDSZER KIVÁLASZTÁSA

Jelen fejezet egy összehasonlítással kezdődik, amely a különböző megújuló energiatermelő erőműveket hasonlítja össze, elhelyezve a napelemes energiatermelést a többi között. Ezt követően a kutatás során készített interjúk alapján összefoglalást adunk a társadalmi feltételekről a határ két oldalán. Annak érdekében, hogy azonosítani tudjuk az optimális fotovoltaiikus rendszert, adaptálva a régió sajátosságaihoz, három megközelítéssel kell figyelembe vennünk. Elsőként a technikai megközelítést, amely öt különböző technológia sajátosságait veszi figyelembe. A modulok összehasonlítása a standard teszt feltételek, valamint a PVGIS adatainak figyelembe vételével történt, amely összevetésre került az Eszéki Műszaki Kar Megújuló Energetikai Laboratóriumának mérési adataival. A második megközelítés a közgazdasági szempontokat veszi figyelembe. A költség-haszon elemzés két tipikus