

**NAPELEMES ÁRAMTERMELŐ RENDSZEREK AKTUÁLIS ÖKONÓMIAI ÉS
KÖRNYEZTI SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSE**
CURRENT ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EVALUATION OF SOLAR POWER
SYSTEMS

Hollósy Zsolt¹, Kiss Lívia Benita², Juhász Zita³

¹egyetemi docens,²tanszéki mérnök,³egyetemi adjunktus

^{1,2} Szent István Egyetem, Georgikon Kar, Gazdasági, Társadalomtudományi és
Vidékfejlesztési Tanszék

³Eötvös Loránd Tudományegyetem, Társadalomtudományi Kar, Savaria
Gazdálkodástudományi Tanszék

E-mail: Hollosoy.Zsolt.Istvan@szie.hu¹, Kiss.Livia.Benita@szie.hu², Juhasz.Zita@sek.elte.hu³

Összefoglalás

A beruházási döntések gazdaságossági számításokkal történő megalapozása összetettségük és a jövőre való jelentős hatásuk miatt alapvetően fontos. A rendelkezésre álló statikus és dinamikus mutatók közül a nettó jelenérték (NPV), a dinamikus megtérülési forgó (DCF), és a diszkontált megtérülési idő (DPP) számítása elősegíti a beruházási változatok közti választást. A 6 kW-os napelemes rendszer értékelése során a CO₂ kibocsátás árazása is megtörtént. A számviteli és adózást érintő vonatkozások is figyelembevételre kerültek. Megállapítható: 2016-ról 2020-ra jelentősen csökkent a rendszer fajlagos beruházási költsége, javultak a vizsgált mutatók. Azok további javulását okozza a telepítés helyszínének előnyös megválasztása. A telepített rendszerekkel elérhető CO₂ kibocsátás csökkenés jelentősen függ az adott ország energiamixétől.

Abstract

Investment decisions should be based on economic calculations because of their complexity and significant effect on the future. From the available and presented static and dynamic indicators calculation of the Net Present Value (NPV), the Discounted Cash Flow (DCF) as well as the Discounted Payback Period (DPP) made the choice between the different varieties easier. Subsidies and carbon price were taken into consideration and the equipment investment was evaluated in itself and its accounting and taxation relations as well. From 2016 to 2020, the unit's specific investment cost decreased significantly, and the examined indicators improved. They are further improvement by the advantageous location of installation. The reduction in CO₂ emissions, that can be achieved with installed systems, depends significantly on the energy mix of the given country.

Kulcsszavak: *dinamikus mutatók, CO₂ kibocsátás, fajlagos költség, alternatív befektetés, energiamix*

JEL besorolás: *M21, Q42*

LCC: *TD 878-894, TD 169-171.8, TD 172-193.5*

Bevezetés

Jelen cikkben egyrészt áttekintjük, hogy változott a napelemes áramtermelő rendszerek beruházási költsége a 2010-es évek óta, másrészt az áramtermelés CO₂ kibocsátására koncentrálnak. Elméleti kérdéseket is érintünk a számításainkban alkalmazott diszkonttényezővel kapcsolatban. A napelemes áramtermelő rendszerek jelentősége többrétű.

Szerepük van a globális felmelegedést okozó CO₂ kibocsátás mérséklésében, ami az EU célkitűzéseiben is prioritást élvez (The European Green Deal, COM(2019) 640 final). Vállalati gazdálkodást érintő megközelítésben az beruházásnak tekinthető, a hozzá kapcsolódó döntést gazdaságossági számításokkal célszerű alátámasztani. A napelemes beruházások során is nagy értékű, eszközök keletkeznek. Mivel a várható használati idő különösen hosszú, ezért kiemelten fontos a körültekintő döntés, a költségek időbeli változásának, valamint, az időzítés miatt, az ártendenciák nyomon követése.

Anyag és módszer

A gazdaságossági számítások során számos módszert alkalmaznak a vállalati gyakorlatban. Statikus és dinamikus szemléletet, illetve mutatókat különböztetünk meg (Szűcsné, 2012; Daróczi, 2004; Brealey – Myers, 2011; Bálint et al., 2001; Szűcs – Szöllősi, 2008). Az előbbinél nem vesszük figyelembe az időt, mint számszerűsíthető tényezőt, a különböző időpontokban esedékes pénzáramokat korrekció nélkül vetjük össze, az utóbbinál figyelembe vesszük a pénzmozgások időbeliségét, alkalmazzuk az időpreferencia elvét.

Vizsgálataink során dinamikus mutatókat alkalmaztunk:

- A nettó jelenérték (Net Present Value) (NPV) megmutatja, hogy mennyi a jövedelem és a beruházott összeg jelenértékének különbözete. Az elfogadható határérték nulla, vagyis csak olyan beruházásokat érdemes elindítani, amelyek pozitív nettó jelenértéket ígérnek. Két azonos jellegű beruházás közül az a kedvezőbb, amelyiknek a számított nettó jelenértéke magasabb.
- A jövedelmezőségi index (vagy dinamikus megtérülési forgó) (Profitability Index) (PI) / (Discounted Cash Flow) (DCF) a jelenértékre számított jövedelmek és a beruházási költség arányának mérőszáma. A mutató arra a kérdésre ad választ, hogy hányszor térül meg a fejlesztéssel kapcsolatos egyszeri ráfordítás a hozamok diszkontált összegéből. Értéke csak 1,0 felett minősíthető elfogadhatónak.

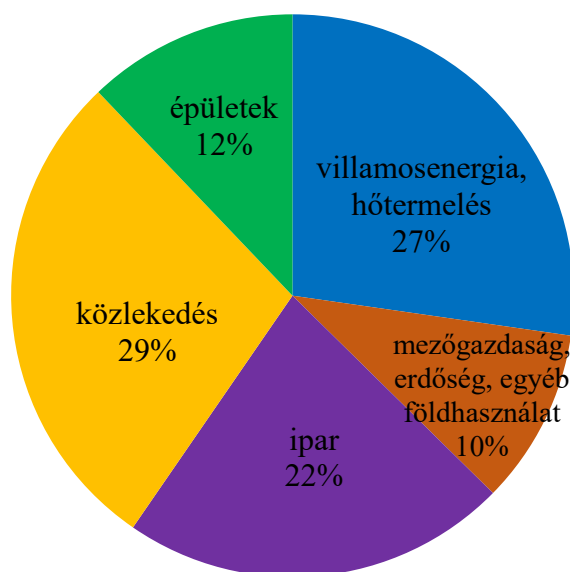
Diszkontált megtérülési idő (Discounted Payback Period) (DPP) számítása hasonló a statikus megtérülési időhöz, azzal a különbséggel, hogy mind a beruházott összegnek, mind az átlagos jövedelemnek a jelenértéke van kiszámítva.

Eredmények

Általános áttekintés

Az éghajlatváltozás az egyik legsúlyosabb probléma, amellyel szembe kell néznünk a jelen korban. Bolygónkon jelentős és egyre gyorsabb ütemű éghajlatváltozás figyelhető meg, amely több mint egy évszázada kezdődött. A klímaváltozást a Föld hőmérsékletének növekedése okozza, mivel az üvegházhatású gázok a természetesnél gyorsabb ütemben kerülnek a légkörbe. Az üvegházhatású gázok főként a fosszilis üzemanyagoknak az energiatermelési folyamatok során történő égetéséből, továbbá más emberi tevékenységekből, így az esőerdők kiirtásából, a mezőgazdaságból, az állattartásból és a kémiai anyagok előállításából származik. (Európai Bizottság, 2018). Az okok között tehát kiemelten kell megemlíteni az emberi tevékenységet, hiszen az elmúlt 150 évben az üvegházhatású gázok növekedésért szinte teljes mértékben az emberi tevékenység a felelős. Arányaiban a széndioxid (CO₂) (81%) a legfontosabb, azonban hatásintenzitásában a metán (CH₄) (10%) és a különböző klór-fluor-karbon vegyületek (CFC-k) (közel 10%) is jelentősek. A kibocsátásban a közlekedés, szállítás a meghatározó, azt követi az áram és a hőenergia termelés, jelentős az ipar részesedése is (1. ábra) (internet 1). A szállításból származó üvegházhatású gázok kibocsátása elsősorban a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből

származik, annak több mint 90%-a kőolaj-alapú. Az elektromosság körülbelül 63%-a fosszilis tüzelőanyagok, főleg szén és földgáz égetéséből származik. Jelen publikációban az áramtermeléshez kapcsolódó, kibocsátás csökkentést érintő beruházások gazdasági számításokkal történő megalapozásával foglalkozunk, tényadatok alapján.



1. ábra: Gazdasági szektorok üvegházhatású gáz kibocsájtása

Forrás: internet 1 alapján saját szerkesztés (2020)

Napelemes rendszerek telepítésével az áramtermelésben csökkenthető a hagyományos, fosszilis energiahordozók felhasználása, mérsékelhető a CO₂ kibocsátás. Nagy teljesítményű napelemes kapacitások áramellátó rendszerekbe integrálása egyelőre problémás, mivel a termelésük ingadozik, a megtermelt áram tárolása pedig nehézkes. Létezik többféle megoldás, például "fordított" vízerőművek, vízbontás a többlettárral és a keletkező hidrogén felhasználása üzemanyagcellában. Az akkumulátortechnológia fejlődése, elektromos autók illetve a háztartási méretű kiserőművek (HMK) kiegészítése tárolókapacitással, valamint az ahhoz kapcsolódó atomizált áramtőzsdé többféle megoldást kínálhat. A nemzetközi szakirodalomban az okosváros-koncepció különféle modelljeivel is találkozunk (Cohen, 2014; Deakin, 2013, Čeryová et al. 2020). E különféle modellek a célokat és szempontokat különbözően rendszerezik, az alkalmazási területek különféle szerkezetű csoportosítását, felosztását alkalmazzák. A következő kulcsterületek azonban jellemzően mindegyikben fellelhetőek: smart/okos-városigazgatás, városi környezet, energetika, közlekedés, életvitel, infokommunikációs (infokom) infrastruktúra, mint az előző kulcsterületek közös technológiai háttere (Bakonyi et al, 2016). Az okos energetikai hálózat (smart grid) komplex rendszer, amelynek különböző elemei – az okos mérők, az okos elektromos berendezések, a megújuló energiaforrások és a kétirányú áramszolgáltatás – mind a rendszer hatékonyságát és hosszú távú fenntarthatóságát szándékoznak növelni. A smart grid hálózatnak az első hivatalos definícióját 2007-ben az Egyesült Államok kongresszusa fogadta el az EISA 2007 (Energy Independence and Security Act) törvény részeként (US EPA, 2007). A törvény tíz pontban határozta meg az okos energiahálózattal szemben támasztott követelményeket, elvárásokat. Azok közül a legfontosabbak:

- a digitális információs és ellenőrzési technológiák széles körű használata az elektromos hálózat megbízhatóságának, biztonságának és hatékonyságának növelésére;
- a hálózat működésének és erőforrásainak dinamikus optimalizálása a teljes körű kiberbiztonság biztosítása mellett;

- elosztott energiaforrások integrálása a rendszerbe, beleértve a megújuló energiaforrásokat is;
- a felhasználói oldalon megjelenő igények adaptálása a rendelkezésre álló erőforrásokhoz, illetve a felhasználó oldali erőforrások hatékony integrálása;
- okos felhasználói végberendezések, és hatékony energiatároló megoldások integrálása;
- az elektromos hálózatba kötött berendezések kommunikációjának és együttműködését biztosító szabványok kidolgozása.

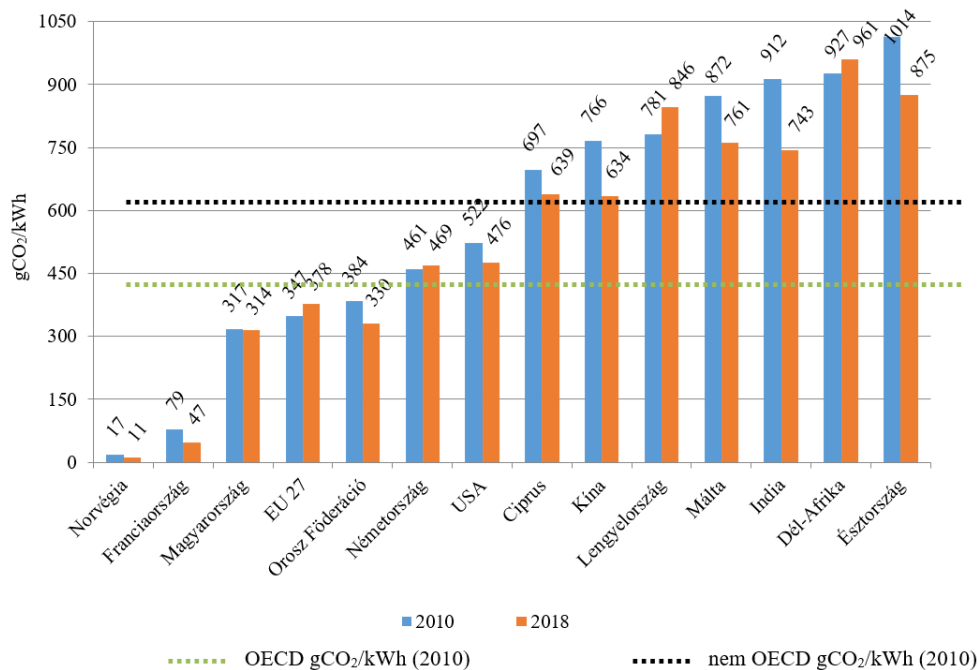
Bakonyi is hangsúlyozza, az okos városok egyik alapeleme az okos elektromos hálózat. Az egyre növekvő városok számára kulcsfontosságú a rendelkezésre álló energetikai erőforrások hatékony felhasználása és az energiatárolás csökkentése (Bakonyi et al., 2018).

A fentebb említett üzemanyagcella egy olyan energiaforrás, amely redoxi reakción keresztül kémiai energiából elektromos áramot állítanak elő. Alkalmazásának előnyei már a 60-as években megmutatkoztak a NASA Apollo-programjának keretein belül. Az üzemanyagcellának számos fajtája, típusa van. Ezek a különböző típusú üzemanyagcellák más és más felhasználási területre alkalmasak. Miután az űrkutatás, űrhajózás területén alapvető és jól bevált berendezéssé nőttek ki magukat, egyre inkább kezdenek megjelenni a mindennapokban is. A technológia fejlődésével egyre szélesebb körben alkalmazott energiatermelő egységgé válhat. Legfontosabb alkalmazási területe a környezetvédelem szempontjából a járműipar, de a hordozható és a helyhez kötött energiatermelésben is elterjedhet felhasználása. Az üzemanyagcellák használatának számos előnye van a környezetterhelés csökkentése szempontjából, például az előállított elektromos árammal táplálhatunk szinte bármilyen villamos fogyasztót. A fenntartása költséghatékony, mivel nem tartalmaz mozgó alkatrészeket. Amennyiben az atom-, nap-, szél-, hullám-, árapály-, biomassza- és vízenergia segítségével állítunk elő hidrogént, akkor az üzemanyag-cella elterjedése fokozódhat. Az üzemanyagcellák tökéletesítése érdekében jelenleg is folynak kutatások. Számos pozitív tulajdonsága mellett a negatívumokkal is számolni kell. Működéséhez a hidrogén biztosítása a lényeges kérdés, hiszen az oxigén a légkörből bárhol elérhető. A hidrogén előállítási folyamatnak a kritikus pontja a reakció során keletkező szén-dioxid kezelése. Ugyanis a szén-dioxid környezetbe történő kijuttatása indirekt módon, de megfosztaná a hidrogént használó járműveket a környezetkímélő besorolásától. A hidrogén előállítása során elméletileg lehetőség van a szén-dioxid szeparálására, a szén-dioxid olaj- vagy gáztárolókba történő injektálására. Egyelőre ez a széntárolási eljárás nem terjedt el, de folynak a kutatások ezen a téren. Eddig nem megoldott:

- a méret és a tömegcsökkenés, ugyanakkora teljesítmény és energia esetén, ami maga után vonja a jobb hatásfokot;
- a cellatelep gyártási költségek csökkenése;
- a cella gyorsabb beindulása és gyorsabb válasza a dinamikus változó erőforrás-szükségletre;
- a megbízhatóság és a tartósság kiterjesztése extrém környezeti feltételekre;
- a hidrogén előállítási folyamat hatásfokának növelése (Kőfalusi et al., 2014).

Az elektromos áram tárolását, mint kritikus tényezőt illetően a Tesla cég vezető, az ipari célú berendezések méretét illetően, céljuk, hogy már 2020 végére elkészüljön a világ legnagyobb energiatároló akkumulátor-erőműve, ami egyidejűleg a világ egyik legnagyobb léptékű energetikai célú karbon-semlegesítési projektje is lehet. A tervek szerint összesen 1,2 GWh méretű energiatároló kapacitás kerül telepítésre a tiszta és megújuló energia tárolására, ami körülbelül tízszer akkora teljesítményű lesz, mint a Tesla Hornsdale (jelenleg a világ

legnagyobb lítium-ion akkumulátora) (Klender, 2020). Az áramtermelés környezeti szempontú megközelítésében lényeges, hogy a világ különböző országaiban az egységnyi elektromos áram termelésével kibocsátott CO₂ jelentősen eltér (internet 2). Mértékét befolyásolja az energiamix összetétele, ahol nagyobb az atomenergia, illetve a megújuló energiák aránya, ott kisebb az emisszió. Értelemszerűen, a különböző helyekre telepített napelemes rendszerrel megtakarítható kibocsátásban is igen jelentős eltérést mutat (2. ábra). Például Franciaországban, (v.ö internet 4), ahol az atomenergia részesedése az áramtermelésben 75%-os, 1 kWh áram előállítása 79g CO₂ kibocsátást jelentett 2010-ben, 47g CO₂ kibocsátást 2018-ban; Indiában ugyanez az érték 912g volt, tehát több mint 11-szeres volt az eltérés (a rendszer hatásfokból adódó eltérések számszerűsítése nélkül). Jelentős eltéréseket láthattunk az Európai Unió tagországai között is 2018-ban. A globális emisszió csökkentés hatékonyságának növelése érdekében oda célszerű napelemes rendszereket telepíteni, ahol a legnagyobb az egységnyi rendszer csökkentő hatása. Megemlítendő, a széntüzelésű erőművek kapacitásának csökkentésével önmagában is csökkenthető a CO₂ kibocsátás. Az eredmény fokozottan jelentkezik, amennyiben azok megújulókkal kerülnek kiváltásra. Nem szabad azonban megfeledkezni a kapcsolódó tevékenységekre gyakorolt gazdasági és társadalmi hatásról, pl. bányászat, erőművi gépgyártás. Célszerű az átállásban fokozatosságot követni, nevezetesen, a széntüzelésű erőművek ciklusidejének lejártával a kieső áramtermelést kisebb kibocsátású kapacitásokkal pótolni. A döntésben az egyes országok energiafüggetlenségre törekvése, illetve a források diverzifikációja is jelentős tényező. Az egyes országokban leépített és más országba áttelepített energiaigényes iparágak csak látszatz megoldást jelentenek. Globális szinten ezt csak akkor tekintjük megoldásnak, ha az áttelepítés után azonos termékmennyiség előállítása globális kibocsátás csökkenést eredményez. Figyelembe kell venni, hogy járulékos kibocsátás növekedéssel jár az előállított termékekhez kapcsolódó logisztika (helyi előállítás esetén gyakorlatilag nincs logisztikai emisszió) (v.ö 1. ábra). A költségcsökkentésre, illetve profitmaximalizálásra koncentráló megközelítést javasolt módosítani. A termékek előállításában költségkategóriának kellene tekinteni a környezetterhelést, legalább a CO₂ kibocsátást kellene árazni. Az általunk végzett számításokban ez utóbbit megtettük.

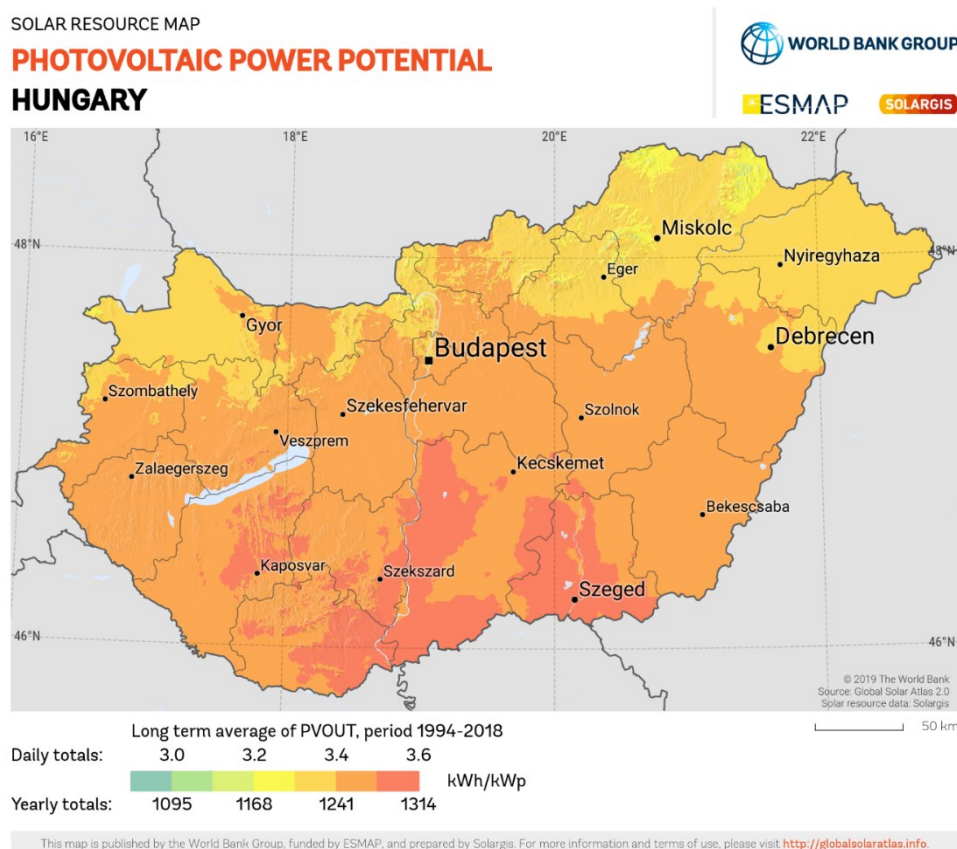


2. ábra: Néhány ország 1 kWh villamos energia előállítása során (együttes hőtermeléssel) keletkező CO₂ kibocsátása

Forrás: internet 2 és internet 3 alapján saját szerkesztés (2020)

Vizsgálatok

Jelen elemzésben meghatározott kapacitású háztartási méretű kiserőművek (HMKE) beruházás-gazdaságosságát vizsgáljuk 2020-as tényadatok alapján, valamint 2006-os adatokkal hasonlítjuk össze azokat. A HMKE a lakosság illetve kisebb áramfogyasztású vállalkozások számára nyújtanak megoldást a "zöld" energiatermelésre. Beruházásuk hozzájárul a Magyarország által vállalt CO₂ kibocsátás-csökkentéshez, különösen akkor, ha a széntüzelésű erőművek kapacitását váltja ki. Az értékelés során árnyékolásmentes D-i tájolású 35 fokos tetőre szerelt 6 kW teljesítményű rendszert vizsgáltunk. A 6 kW-os rendszerrel feltételeztük, hogy részben fűtésre illetve a nyári időszakban hűtésre is használnak villamos energiát. Itt jegyezzük meg, a szélsőségesé váló nyári időjárás nagyobb és szélsőségesebb áramfogyasztást fog várhatóan eredményezni Magyarországon. Feltételezhető a hűtési igény fokozódása (mintegy mellékhatása a globális felmelegedésnek, a téli időszakban, a megszokottnál kisebb mértékű a lehűlés, ekkor a fűtés intenzitása és így a CO₂ kibocsátása is csökken). Visszatérve a nyári szélsőséges időjárásra, a napelemes rendszerek előnye, hogy akkor termelnek nagyobb intenzitással, amikor nagyobb a hűtési igény, így a kiugró áramigényt mérsékelhetik, mintegy kisimítják a csúcsoakat. Számításainkban az 1 kW kiépített kapacitással megtermelhető éves árammennyiséget 1241 kWh-nak vettük, mivel az ország nagy részén annyi a reálisan várható termelés (3. ábra). A legnagyobb kapacitással rendelkező területeken 5,9%-al nagyobb termelés lehetséges, ami kedvezően hat a rendszer megtérülésére.



3. ábra: Magyarországon 1 kW napelemes rendszerrel megtermelhető napi (daily) illetve éves (yearly) villamos energia mennyisége (kWh) 1994-2018-as adatok alapján
 Forrás: internet 5 (2020)

Vizsgálatainkban a dinamikus mutatókat alkalmaztuk, mivel azok a beruházási döntések gazdasági megalapozásában a statikus mutatóknál részletesebb eredményt adnak. A HMKE

kivitelezésének fő költségösszetevői a következők: napelem, inverter, tartószerkezet, szállítási és szerelési költség, engedélyeztetés költsége, garancia. Az alábbiakban (1. táblázat) a 6 kW-os rendszer jellemző árait hasonlítjuk össze ugyanattól a cégtől beszerzett 2016-os, illetve 2020-as árak alapján.

1. táblázat: 6kW-os rendszer fő adatai

	2016-os ár	2020-as ár
Napelem teljesítmény W/db	250	273
db	24	23
m ²	40	38
összes költsége E Ft	1128	675 ¹
Garancia a napelemre év	12	12
Inverter E Ft	399	290
Garancia az inverterre év	5	5
Tartószerkezet E Ft	162	159,2 ¹
Szállítási és szerelési költség (anyaggal) E Ft	282	280 ¹
Engedélyeztetés költsége E Ft	50	50 ¹
Összes költség E Ft *	2021,5	1454,2
Fajlagos költség E Ft/kW	336,9	242,4

* az összes költség rendszerre adott árengedményt tartalmaz, 2020-as árak 6,00 kW-os rendszerre korrigáltak, az Általános Forgalmi Adót nem tartalmazzák

¹ becslés

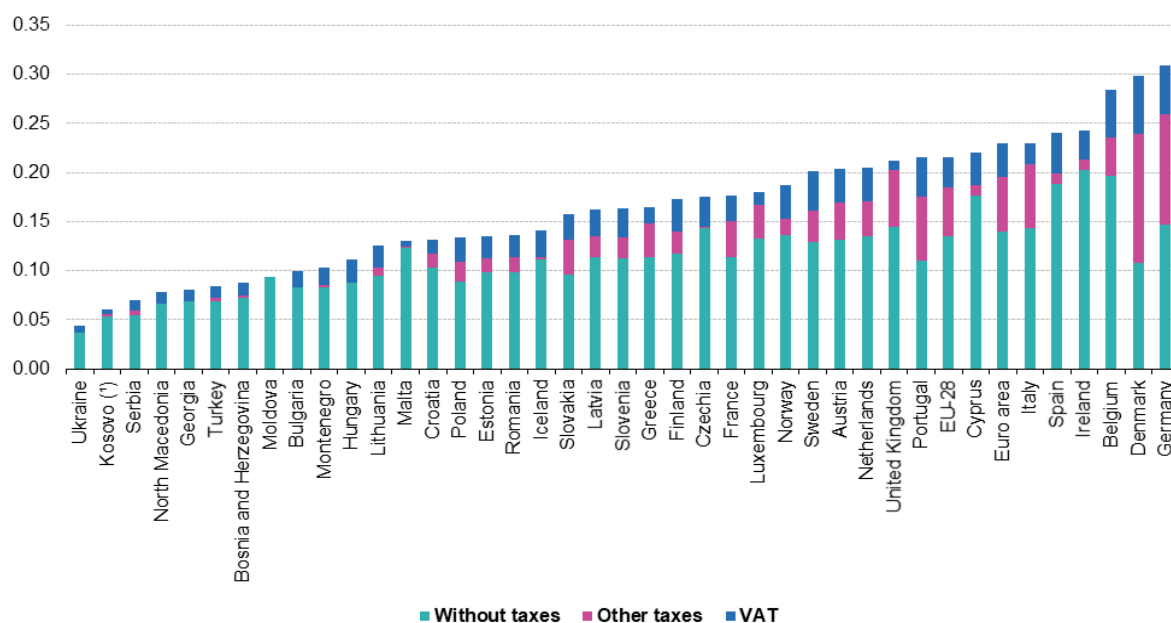
Forrás: internet 6 alapján saját számítás és szerkesztés (2020)

Számításaink során áraztuk a CO₂-t, bár az nehézkes, mivel jelentős eltérések vannak a való kereskedési árban, de még inkább az adóztatásában. A legmagasabb a svéd adó 127 USD/t-val, a másik véglet az 1 USD alatti lengyel, ukrán és mexikói adó. A megítélést torzítják az adóztatás alóli kivételek (World Bank Group, 2019). A számításokban a dán 26 USD/t adót alkalmaztuk, mivel a 13-31-es sávban szóródik számos fejlett ország adata. A Lengyelország által alkalmazott érték nem tekinthető mérvadónak, a jelentős kibocsátás és az ismert széntüzelésű erőművi kapacitások okán. A széndioxid-adó jelentőségét tekintve egyre több ország – éghajlati ígéreteiknek megfelelően – tervezi bevezetni azt, vagy a kibocsátás-kereskedelmi rendszert. A széndioxid-árképzés hatékony módja a kibocsátás csökkentésének. 2018-ban megközelítőleg 44 milliárd dollár széndioxidhoz kapcsolódó árbevétel több mint fele a széndioxid-adókból származott. Ez közel 11 milliárd dollár növekedést jelent az előző évhez képest, aminek nagy részét az Európai Unió magasabb kibocsátási egységeinek ára okozta (World Bank Group, 2019). Az Európai Bizottság egyértelmű képet alkotott arról, hogyan lehet 2050-ig elérni az éghajlat-semlegességet. Az EU megkezdte a gazdaság modernizálását és átalakítását az éghajlat-semlegesség érdekében. 1990 és 2018 között 23%-kal csökkentette az üvegházhatású gázok kibocsátását. A jelenlegi intézkedések 2050-ig 60%-kal csökkentik az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását. Azok további csökkentése érdekében a Bizottság felülvizsgálja és szükség esetén javaslatot tesz további intézkedésekre, például a földhasználatra, a földhasználat megváltoztatására és az erdőszetre vonatkozó rendeletek formájában. A Bizottság javasolni fogja az éghajlatváltozási-törvény módosítását is. A Bizottság javaslatot tesz az energiaadó-irányelv felülvizsgálatára is, amely a környezetvédelmi kérdésekre összpontosít. Az energiarendszer további széndioxid-mentesítését kulcsfontosságúnak tekintik a 2030-as és 2050-es éghajlati célkitűzések eléréséhez. Az éghajlat-semlegességre való áttéréshez intelligens infrastruktúrára is szükség van. A szabályozási kereteknek elő kell mozdítania az innovatív technológiákat, például az intelligens

hálózatokat, a hidrogénhálózatok vagy a szén-dioxid-leválasztás, tárolás és felhasználás bevezetését, továbbá az energiatárolást, lehetővé téve az ágazati integrációt is (The European Green Deal, COM (2019) 640 final). 15 és 30 éves élettartamra végeztünk kalkulációkat. Az utóbbinál áraztuk az inverter cseréjét, figyelembe vettük a napelemek teljesítményének csökkenését. Az előbbi ára Ft-ban 15 év múlva ugyan annyi, mint ma (adott évi folyó áron). Az utóbbit az árajánlatokban szereplő, a kivitelező által garantált adatok alapján számszerűsítettük, nevezetesen a 10.-évig az előző évihez képest 0,75%-os csökkenéssel számoltunk, a 11. évtől pedig 0,62%-vel. A beruházás gazdaságosságára jelentős hatást gyakorol a beruházási költség, az élettartam, az élettartam alatt várható áramtermelés és az áram ára. Az Általános Forgalmi Adót nem tartalmazó ár Magyarországon is jelentősen eltér a háztartási és ipari fogyasztók között, e mellett azt a fogyasztási cél és profil is jelentősen befolyásolja (internet 7). Az EU egyes tagállamai között is jelentősek az eltérések, ahogy azt a 4. ábra is mutatja. Számításaink során az áram árát nettó 48,12 Ft/kWh-nak vettük (internet 8) gyakorlatilag megfelel az EU 28, 2019, I. félévi nettó lakossági átlagárának. Azt, valamint az egyes országokban alkalmazott árakat, azok összetevőit szemlélteti a 4. ábra. Látható, hogy az árak és azok adó tartalma is jelentős eltérést mutat. Az említett árral számoltunk, hiszen a vizsgált beruházás HMKE.

Electricity prices for household consumers, first half 2019

(EUR per kWh)



(*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo Declaration of Independence.

Source: Eurostat (online data codes: nrg_pc_204)

eurostat

4. ábra: A háztartási áram ára és összetevői az EU egyes tagországaiban

Forrás: internet 9 (2020)

Az idősorok előrevetítése illetve a diszkontálás során az áram árának növekedését az infláció (MNB cél 3% (internet 10) felett 1% / évnél vettük. Figyelemmel voltunk az áram árának 2014 és 2019 közti emelkedésére (internet 11). 5%-os diszkontrátát alkalmaztunk. A hatályos adótörvény szerint 7 éves amortizációval számoltunk (internet 12). A jelenérték számítás során alkalmazott diszkontrátát számos tényező indokolja, hatással van arra, hogy a befektetők világszerte lassuló, mérsékelt tőkepiaci hozamokkal számolnak hosszú távon (OECD; Williamson, 2019). A globalizáció kiteljesedésének következtében, a világgazdaság különböző

okú és háttérű gazdasági válságok áterjedésének és felerősödésének terepe. Ezek a folyamatok a reálhozamokra és az inflációs rátára is hatással vannak. A válságok mögött meghúzódó okok függvényében ezek jobbra az inflációs ráta csökkenésével, esetleges deflációs trendek kialakulásával járnak együtt. Ha az általánosan alkalmazott diszkontálási szabályokat alkalmazzuk és nominális pénzáramot, nominális diszkontrátát feltételezünk, ez is az alkalmazandó diszkontráta csökkenésének irányába hat. A Nemzeti Energiastratégia fő dokumentuma 2030-ig tervez, 2040-ig történő kitekintéssel. Ez a dokumentum a villamos áramtermelés tekintetében 5%-os diszkontrátát alkalmaz (Nemzeti Energiastratégia 2030.).

Fentebbi diszkontráta alkalmazása a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) korábbi számításainak figyelembevételével történt. A klímaterv elkészítéséhez a magyar TIMES modellt használták fel. Azonban az is igaz, hogy a 2020-as tervben felhasznált 5%-os érték a 2016-ban alkalmazottal megegyezik, 2016 óta a gazdaság globális lassulását további fejlemények is befolyásolják, amelyek közül nem csak aktuálisan, hanem összességében is nagy jelentőségűek lehetnek a koronavírus járvány gazdasági következményei. Ha ezt tartjuk szem előtt, a további számításokat érdemes volna elvégezni akár 5% alatti rátával is. Az energiapiacra árszabályozással és egyéb piaci beavatkozással találkozhatunk, az ezen a területen tevékenykedő vállalatok jövedelmeit, pénzáramait nem tekinthetjük csak a hazai és nemzetközi energiapiaci folyamatok következményének. Rivalizálás, kizárás lehetséges, ezért ezek a javak tiszta magánjóságokként is kezelhetők, azaz piaci alapon is nyújthatóak a szolgáltatások: mivel azonban többnyire nemzetgazdasági, -stratégiai érdekek fűződnek megfelelő mennyiségben és minőségben való rendelkezésre állásukhoz, és mert természetes monopóliumokról van szó, nemzetstratégiai és fogyasztóvédelmi okokból szabályozott piacról beszélünk. A profitmaximalizáló vállalkozásokra elvégezhető vizsgálat eredménye ezért csak korlátozottan vehető igénybe. Számításunk Juhász Lajos ágazati összetőkearányos EBIT ráta alapú diszkontrátájából indult ki (Juhász, 2013). Három jelentős magyarországi szereplő az elmúlt 5 évben összeállított beszámolóit alapján látható, hogy az EBIT ráta, de a ROA sem esik messze az 5 %-os diszkontrátától. Az ágazati kockázat becslésének erőfeszítéseit azonban a külső, piacon kívüli tényezők miatt nem láttuk kifizetődőnek. Az áramszolgáltatást nagymértékben képviselő EON Hungaria Energetikai Zrt. EBIT rátái negatívak, a ROA figyelembevételével a medián 5, az átlag 6 % közeli. Csökkenő vagy növekvő tendencia nem látszik. A 2019-ben NKM Energia Zrt.-ként egyesült az NKM Áramszolgáltató Kft. és az NKM Földgázszolgáltató Zrt. Az elmúlt öt évi adatait vizsgálva láthatjuk, hogy az áramszolgáltató általában ennél alacsonyabb rátákat tud felmutatni az elmúlt öt évben, az NKM gázszolgáltató viszont magasabbakat, a kettő átlaga szintén az előbb említett 5%-os érték körül alakul. Mivel a referenciahozamok (3 hónapos DKJ) az elmúlt 5 év viszonylatában évi 2% körül mozogtak, így megállapítható, hogy az ágazatnak becsülhető vállalkozói nyereségigénye van, amely, 3% körüli. A ráták változatlan konjunktúra, technológia, szabályozás és alapjaiban változatlan fogyasztói szokások esetén hasonló mértékűnek becsülhetőek. Így a kellő óvatosságot szem előtt tartva 2020-ban is elfogadhatónak tekintjük az 5%-os diszkontrátát, ha a világgazdasági lassulást legalább ellensúlyozza a szektor folyamatos technológiai fejlődése.

Vizsgálati eredmények

Az 1. táblázatból kitűnik: az egységnyi napelem felület teljesítményének növekedése, ami a technológia fejlődésére utal. Annak járulékos hatása, adott kapacitás beépítése egyre kisebb felületet igényel, kevesebb tartószerkezet, kiegészítő anyag kell és a telepítés fajlagos munkaráfordítása is csökken. Vizsgálatunk alapján megállapítható, 2016-ról 2020-ra jelentősen, 28,11%-al, csökkent a beruházás folyó áron számolva. Mindez visszatükröződik a 2. táblázatban is. A 2016-ra vonatkozó adatok feldolgozásánál a beruházási költség kivételével a számítás menete, a felhasznált adatok megegyeznek a 2020-as kalkulációnál

alkalmazottakkal, így a beruházási költség változásának mutatókra gyakorolt hatását tudtuk számszerűsíteni. Azok jelentősen javultak. Azok 9-25%-al kedvezőbbek 2020-ban, mint a 2016-os beruházási költség esetén. A 30 éves időszakra számított mutatók esetén kiemelendő, hogy a megtérülési idő kedvezőtlenebb, mint a 15 éves változatoknál, ennek oka a 15 év után tervezett inverter csere. A hosszabb élettartamnál azonban jobb a jövedelmezőségi index. A számítás során a beruházási költséget korrigáltuk az amortizáció és a termelt áram értékéből számolt adóhatással. 9%-os társasági adóval kalkuláltunk. "Jövedelemnek" az áram értékét tekintettük, valamint CO₂-t is áraztuk egyik változatban.

2. táblázat: Beruházás-gazdaságossági mutatók, és változásuk összefoglaló táblázata, 6 kW-os rendszer

15 éves élettartam	2020 CO ₂ árazva	2020 CO ₂ nincs árazva	2016 CO ₂ nincs árazva	% 2020/2016
NPV	3.234.354	2.919.481	2.667.098	109
DCF	2,84	2,66	2,15	124
DPP	5,27	5,63	6,98	81
30 éves élettartam	2020 CO ₂ árazva	2020 CO ₂ nincs árazva	2016 CO ₂ nincs árazva	% 2020/2016
NPV	6.606.863	6.009.905	5.442.649	110
DCF	3,90	3,64	2,92	125
DPP	7,68	8,24	10,29	80

Megjegyzés: NPV értéke Ft-ban van kifejezve.

Forrás: Saját kutatás alapján saját szerkesztés (2020)

Következtetések

- 2016-ról 2020-ra jelentősen csökkent a napelemes rendszerek beruházási költsége.
- Jelenleg Magyarországon a kockázatmentes befektetések éves hozama alacsony. A szabad pénzeszközzel, bankbetéttel, állampapír megtakarítással rendelkező vállalkozásoknak és magánszemélyeknek a gazdasági hatékonyság szempontjából is javasolt beruházni napelembe.
- Jelentősen befolyásolhatja a megtérülést az alkalmazott értékcsökkenési leírás mértéke.
- A környezetvédelmi szempontok figyelembevétele, a CO₂ árazása, még kedvezőbbé teszi e beruházások megítélését.
- A Diszkontált megtérülési idő szempontjából az inverter csere miatt a 30 évre tervezett rendszer kedvezőtlenebb a 15 évesnél. Azt azonban ellensúlyozza a magasabb élettartam.
- A beruházási döntések megalapozásánál célszerű a döntéshozóknak ismerni a fajlagos költség nagyságrendjét. Lényeges a több árajánlat bekérése, és azokban a vállalt garanciára, a napelem mellett az inverterre vonatkozóra is különös hangsúlyt fektetni.
- A kivitelezés helyszínének ideális tájolású, árnyékmentes felület választása fontos szempont a fixen telepített, panel teljesítmény-optimalizáló nélküli rendszereknél.
- A nem megfelelő tájolás illetve az árnyékolás két számjegyű veszteséget okozhat, ami jelentősen rontja a rendszer gazdaságosságát.
- A napelemes beruházások piaca kínálati, kisebb mértékű további árcsökkenést feltételezünk, ugyanakkor a kedvező beruházás gazdaságossági mutatók alapján a beruházást tervezőknek a mielőbbi megvalósítást javasoljuk.

- Az ajánlati árakat befolyásolja a HUF/EUR illetve HUF/USD árfolyama, annak változása (Ft gyengülés) jelentős kockázati tényező.
- A vizsgált 6 kW-os rendszerrel a széndioxid kibocsátás csökkenése éves szinten, a magyar energiamixet figyelembe véve kb. 2,6 tonna. Összehasonlításképpen annak értéke pl. Dél-Afrikában körülbelül háromszoros lenne. (v.ö. 2. ábra).

Köszönetnyilvánítás

Publikációnk elkészítésével kapcsolatban köszönettel tartozunk az EFOP-3.6.1-16-2016-00015 projekt anyagi támogatásáért.

Irodalomjegyzék

1. Bálint, J. et al. (2001): Beruházások gazdasági értékelése. SZIE-KTK, Menedzsment és Marketing Tanszék, Gödöllő
2. Bakonyi, P. et al. (2016): Smart City megoldások hat kulcsterületről. Szerk.: Sallai Gyula. Budapest, BME EIT. http://smartpolis.eit.bme.hu/sites/default/files/dokumentumok/BME-EIT%20Smart_City%20megolda%CC%81sok%20hat%20kulcsteru%CC%881etro%CC%8B1%202016%20A4.pdf
3. Bakonyi, P. et al. (2018): Az okos város (Smart City). Szerk.: Sallai Gyula. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, ISBN 978-615-5920-22-6
4. Brealey, R. A. – Myers, S. C. (2011): Modern vállalati pénzügyek. Budapest, Panem Kft., ISBN 9789635455287
5. Čeryová, D. -- Bullová, T. -- Turčeková, N. -- Aamičková, I. -- Moravčíková, D. -- Bielik, P. (2020): Assessment of the Renewable Energy Sector Performance Using Selected Indicators in European Union Countries. In *Resources*. 9, 102 (2020), s. 2020. ISSN 2079-9276.
6. Čeryová, D. -- Bullová T. -- Adamičková, I. -- Turčeková, N. -- Bielik, P. (2020): Potential of investments into renewable energy sources. In: *Problems and Perspectives in Management*. 18, 2 (2020), s. 57--63. ISSN 1727-7051.
7. Cohen, B. (2014): The Smartest Cities In The World 2015: Methodology. Fast Company, 11. 20. 2014. <http://www.fastcoexist.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015- methodology>
8. Daróczi, M. (2004): Mezőgazdasági beruházások komplex döntés-előkészítése. Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő
9. Deakin, M. (2013): Smart Cities: Governing, Modelling and Analyzing the Transition. London, Routledge, ISBN 9781138932722
10. European Commission (2019): The European Green Deal. Brussels, 11.12.2019 COM(2019) 640 final. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf
11. Európai Bizottság (2018): Bolygónk a jövőnk. Harcoljunk együtt az éghajlatváltozás ellen! Az Európai Unió Kiadóhivatala. 2018. https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/youth/docs/youth_magazine_hu.pdf
12. Juhász, L. (2013): A tőkemegtérülés vizsgálata a megtérülési követelményből levezetett indikátos-mutatók segítségével, *Gazdaság és Társadalom*, 5. évf. 1. szám.
13. Klender, J. (2020): Tesla and PG&E eye massive 1GWh Megapack project involving wind and solar. TESLARATI, Energy, February 27, 2020. <https://www.teslarati.com/tesla-megapack-pge-moss-landing/>
14. Kőfalusi, P. et al. (2014): Járműfedélzeti elektronika. BME MOGI

15. Magyarország Kormánya (2020): Nemzeti Energiastratégia 2030. <https://www.kormany.hu/hu/dok?page=2&source=11&type=402#!DocumentBrowse>
16. OECD (2020): Oecd datas, Long-term interests rates, oecd.org <https://data.oecd.org/interest/long-term-interest-rates-forecast.htm>
17. Szűcs, I. – Szöllősi, L. (2008): A beruházások ökonómiai megítélése. In: Nábrádi A., Pupos T., Takácsné Gy. K. (szerk.) Üzemtan I., Budapest, Szaktudás Kiadó Ház, ISBN 978-963-9732-70-4
18. Szűcsné, M.K. (2012): A beruházásgazdálkodási számítások gyakorlatban alkalmazott módszerei In: Vezetéstudomány XLIII évfolyam 2012. különszám, pp. 97-107.
19. Williamson, S.D. (2019): Low real interest rates and the zero lower bound Review of Economic Dynamics, Volume 31, January 2019, pp. 36-62. DOI: 10.1016/j.red.2018.12.003
20. US EPA (2007): Summary of the Energy Independence and Security Act, Public Law 110–140., United States Environmental Protection Agency, 2007. <https://www.epa.gov/lawsregulations/summary-energy-independence-and-security-act>
21. World Bank Group (2019): State and Trends of Carbon Pricing 2019 (June). Washington, DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/191801559846379845/pdf/State-and-Trends-of-Carbon-Pricing-2019.pdf>

Internetes hivatkozások:

1. <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks>
2. <https://www.sunearthtools.com/tools/CO2-emissions-calculator.php>
3. https://www.carbonfootprint.com/docs/2019_06_emissions_factors_sources_for_2019_electricity.pdf
4. <http://www.energiacentrum.com/atomenergia/igazi-europai-atomenergia-nagyhatalmak/>
5. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/hungary>
6. <http://www.solarenergy.hu/index.php?p=rendszer&id=5>
7. <https://www.edfdemasz.hu/pages/aloldal.jsp?id=862>
8. https://www.eon.hu/hu/uzleti/aram/arak-tarifadijak.html#Egyetemes_szolg_ltat_sz
9. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Electricity_prices_for_household_consumers_first_half_2019_\(EUR_per_kWh\)F1.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Electricity_prices_for_household_consumers_first_half_2019_(EUR_per_kWh)F1.png)
10. <https://www.mnb.hu/letoltes/hun-ir-21.pdf>
11. <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
12. <https://adoklub.eu/cikk/ertekcsokkenesi-leirasi-kulcsok>