



## **Környezetkímélő energetikai beruházások megtérülésének vizsgálata a Pannonhalmi Főapátságnál**

GOMBKÖTŐ NÓRA – HANCS HANNA

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Agrárökonómiai és Vidékfejlesztési Tanszék

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

A környezetszennyezés korunk egyik legnagyobb problémája, amelynek következtében a Föld természetes környezete jelentősen károsodik (talaj-, levegő-, vízszennyezés, fizikai rombolás, károsanyag-kibocsátás, stb.). A témával foglalkozó szakértők többsége azonban a legnagyobb szennyező hatást a mértéktelen villamosenergia használatnak tulajdonítja. Ma már – éppen a technika fejlődésének köszönhetően – az energia előállításához különböző környezetkímélő megoldások állnak rendelkezésre. Össztársadalmi érdek, hogy az ilyen típusú környezetkímélő energiatermelő források széles körben elterjedjenek, és valamennyi makrogazdasági szereplő (vállalatok, háztartások, állam, egyéb intézmények) által használatba kerüljenek. Az alternatív energiaforrást biztosító eszközök telepítéséhez mind Európai Unió, mind pedig állami szinten jelentős beruházási támogatás igényelhető, amely az eszközök magas beruházási értéke miatt indokolt. Az így előállított energia környezetkímélő tulajdonsága mellett lehetővé teszi a gazdasági szereplők villamosenergia költségének csökkentését is (ebben az esetben ugyanis csak a fenntartási költséggel kell számolnunk, amelynek fajlagos értéke lényegesen alacsonyabb, mint a villamosenergia ára). Ez a típusú beruházás tehát hosszú távon várhatóan megtérül.

Kutatásunkban egy köztudottan környezettudatos intézmény, a Pannonhalmi Főapátság energiatakarékos beruházásait (biomassza fűtőüzem, napelemek) tanulmányoztuk. A rendelkezésre álló adatokból megtérülési kalkulációkat végeztünk és

megbecsültük ezen beruházások hozzávetőleges megtérülési idejét. Elemzésünkkel azt vizsgáltuk meg, hogy vajon egy ilyen méretű közintézménynek hosszú távon érdemes-e ilyen típusú beruházásba kezdenie.

**Kulcsszavak:** környezettudatosság, biomassza, napenergia, megtakarítás, beruházás megtérülés

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A 21. század elején megfigyelhető óriási léptékű technikai/technológiai fejlődés mellett egyre nagyobb figyelem fordul a Földet és az emberiséget érintő olyan környezeti problémákra, mint például – a sokat emlegetett – globális felmelegedésre és annak egyik közvetlen kiváltó tényezőjére, a mértéktelen környezetszennyezésre. Ezek a jelenségek az emberiségre nézve hosszú távon rendkívül károsak. A környezetszennyezés rendkívül összetett fogalom. Szennyezésnek tekintünk minden olyan kibocsátást (emissziót), ami gyorsabb ütemben áramlik be a környezetbe, mint ahogy az azt képes lenne feldolgozni, asszimilálni (egy bizonyos szintig a természeti környezetnek is van hulladékfeldolgozó képessége). A környezetszennyezés magában foglalja a talaj legfelső – termékeny – rétegének károsítását (környezeti elemek által okozott talajerózió, mezőgazdasági termelés túlzott vegyszerhasználata, stb.), a Föld édesvíz készletének mennyiségi (pl. lecsapolás, túlhasználat) és/vagy minőségi (kémiai és fizikai vízszennyezés) rombolását, valamint a Föld teljes légkörének pusztítását. A levegőt szennyező anyagok rövid- és hosszútávon is kifejthetik hatásukat. Ez utóbbi esetben a szennyező anyagok egy évnél hosszabb ideig (akár évtizedekig vagy évszázadokig) is képesek a légkörben maradni, mivel nem reakcióképesek, emiatt nem is mérgezőek. Káros hatásukat elsősorban a légkör sugárzási egyensúlyának felborításán keresztül fejtik ki. Ezeknek a stabil gázoknak van idejük szétterjedni az egész földgolyó körül, általánosan mindenütt (globális) problémákat okozva. A két legismertebb és legjelentősebb ilyen probléma a globális felmelegedés (éghajlatváltozás), illetve az ózonréteg elvékonyodása (Kocsis 2008). A világban végbemenő káros folyamatok ütemének lassítására számos környezetvédelmi megoldás kínálkozik, ezek azonban mind a megelőzésen alapulnak. Ezek megvalósításához elengedhetetlen a

környezettudatos szemlélet, illetve cselekvés, amely azonban rendkívül összetett jelenség. *Fischer (1994)* szerint a környezettudatosság olyan cselekmények sorozata, amelyek a környezet, az élőhelyek, a sokféleség védelmében vállalt tudatos felelősségvállalást tartják szem előtt. *Maloney és Ward (1973)* vizsgálták és definiálták elsőként a környezeti tudatosságot. Megállapították, hogy a legtöbb ember ugyan elvileg elkötelezi magát a környezetvédelem ügye mellett, a többség azonban sem az ismereti, sem a magatartási jellemzői alapján nem tekinthető környezettudatosnak. A környezettudatos szemléletet és gondolkodásmódot ugyanis ki kell alakítani és fenn kell tartani. Magyarországon a környezettudatosság jegyében a Vidékfejlesztési Minisztérium 2013 októberében kiadott egy szakpolitikai stratégiai tervezetet 4. Nemzeti Környezetvédelmi Program 2014-2019 (NKP) néven, amelyben a környezettudatos szemléletformálás módjának az oktatást, a környezettudatos termelést és fenntartható fogyasztást, a környezeti információkhoz való hozzáférést, valamint a turizmus környezeti hatásainak felmérését és tudatosítását határozták meg.

Összességében tehát *Fischer (1994)* szerint a környezetre káros szokásokon kell változtatni, ami kezdetben lemondásokkal és adott esetben pénzügyi ráfordításokkal jár, hosszabb távon viszont megtérül. Úgy véli, hogy a környezettudatosság fogalma együtt jár a fenntarthatóságéval. Ez utóbbi – ma már széles körben elterjedt és használt – fogalmat *Brown (1981)* publikálta először, ezt követően világszerte elterjedt fogalomná és szemléletmóddá vált. Az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) a fenntarthatóság jegyében az 1992-es Rio de Janeiro-i Környezet és Fejlődés Világkonferenciáján több dokumentumot is elfogadott, majd 2002-ben Johannesburgban „Világtalálkozó a Fenntartható Fejlődésről” címmel már kizárólag a fenntarthatóságról szóló világkonferenciát szervezett (*Csete 2012*). *Kerekes (2008)* szerint a fenntarthatóság jegyében mindenképpen olyan fejlődési pályára kell törekedni, amelyik tartósan követhető, azaz amely mentén haladva a fejlődés során nem éljük fel a későbbi létezés tartalékait és lehetőségeit. A fenntartható fejlődéshez kapcsolódó három pillérnek (gazdaság, társadalom, környezet) az értéke egyenlő, és ennek az értéknek nem szabadna csökkennie.

*Kocsis (2008)* szerint a káros környezeti folyamatok megállításához, illetve a fenntarthatóság megvalósításához a Föld teljes energiagazdálkodásának új alapokra helyezésére lenne szükség. A megoldást elsősorban a fejlett országok energia

fogyasztásának visszafogásában látja. Bár a környezetszennyezés nem kizárólag az óriási mértékben megnövekedett energia felhasználásból adódik, ez utóbbi mégis jelentős mértékben járul hozzá. Ezért a légszennyezettség egy része csökkenthető lenne környezetbarát energia felhasználásával, ami jelentősen mérsékelné az energiapazarlást. Ez főként környezetbarát fűtési mód, valamint megújuló energiaforrás megválasztásával lehetséges. Magyarország az Új Magyarország Fejlesztési Tervbe (ÚMFT) (2007-2013) az úgynevezett Környezet és Energia Operatív Programot (KEOP), míg a Széchenyi 2020 (2014-2020) nemzeti fejlesztési tervbe a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Programot (KEHOP) építette be, amely számos jogcímen nyújt(ott) lehetőséget fűtéskorszerűsítésre, valamint energetikai fejlesztésre vállalkozások, magánszemélyek, költségvetési intézmények, állami intézmények, nonprofit szervezetek, stb. számára.

### ***A Pannonhalmi Főapátság***

Magyarország észak-nyugati térségében található Pannonhalma kiváló gazdasági és természeti környezetben fekszik. Elhelyezkedése megfelelő, közel a megyeszékhelyhez, a város körüli és városon belüli infrastruktúra teljes mértékben kiépített. A város vezetősége ezért kiemelten figyel a környezettudatos gondolkodásmód gyakorlására. A környezeti problémákat igyekeznek elkerülni, az esetlegesen meglévőket visszaszorítani. A város légszennyezettsége elenyésző, továbbá zaj- és rezgésterhelésnek sincs kitéve. Leghíresebb nevezetessége, a Pannonhalmi Főapátság turisztikai szempontból kiemelkedő helyszín. 1996-ban, alapításának ezredik évfordulóján felkerült az UNESCO Világörökségi Listájára. Évente több tízezer látogatót vonz. A Főapátság tudatosan tesz a környezet megóvásáért. Az energiafogyasztás szempontjából egyre inkább az önellátásra törekednek, ami a gáz tekintetében majdnem 100%-osan meg is valósult. 2011 szeptemberében az ombudsman szervezésében – a Vidékfejlesztési Minisztérium és a Pannonhalmi Főapátság támogatásával – a fenntartható vidékfejlesztés kérdéseiről rendeztek tanácskozást Győrben és Pannonhalmán. Ennek keretében a résztvevők elkészítették a konkrét feladatokat tartalmazó úgynevezett Pannonhalmi Nyilatkozatot, amelyben a fenntartható és környezettudatos erőforrás gazdálkodás első lépéseit határozták meg.

A Pannonhalmi Főapátság 2006-ban készített egy tanulmányt abból a célból, hogy találjon egy olyan fűtési alternatívát, amely az energetikai ellátás biztonságát javíthatja, valamint az önellátás mértékét növelheti. A tanulmány alapján kizárólag a napenergia és a biomassza, mint energiaforrás jöhetett számításba. (A többi alternatívát vagy a megvalósítás nehézségei, vagy tájképvédelmi okok zárták ki a választható lehetőségek közül. Utóbbi azért fontos szempont, mert a Főapátság és közvetlen természeti környezete 1996 óta a világörökség része, ezért megjelenését csak nagyon szigorúan korlátozott mértékben és módon lehet módosítani.)

### *A biomassza fűtőmű működése*

A biomassza nem más, mint biológiai eredetű szervesanyag-tömeg. Magában foglalja a szárazföldön és a vízben élő és nemrégiben elhalt szervezetek (növények, állatok, mikroorganizmusok) testtömegét, a biotechnológiai ipar termékeit és a különböző „transzformálók” (emberek, állatok, feldolgozó ipar stb.) összes biológiai eredetű termékét, hulladékát, melléktermékét. Az úgynevezett fitomassza növényi eredetű, míg a zoomassza állati eredetű biomasszát jelent. A termelési-felhasználási láncban elfoglalt helyük alapján elsődleges, másodlagos és harmadlagos biomasszát különböztetünk meg. Az elsődleges biomassza a természetes vegetációt, szántóföldi növényeket, erdőket, réteket, legelőket, kertészeti növényeket valamint a vízben élő növényeket foglalja magában. A másodlagos biomassza az állatvilág, gazdasági haszonállatok összessége, továbbá az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei, hulladékai. A harmadlagos biomassza közé sorolhatók a biológiai eredetű anyagokat felhasználó ipar termékei, melléktermékei, hulladékai, továbbá az egyes települések szerves eredetű hulladékai. A biomassza hasznosításának fő iránya az élelmiszertermelés, a takarmányozás, az energetikai hasznosítás és az agráripari termékek alapanyaggyártása. A biomasszát az elpusztult mikroszervezetek testtömege képezi, amit ülepítéssel vagy flotálással lehet eltávolítani (eleven-iszap). A biomassza-képződés oxigénmentes közegben anaerob mikroorganizmusok (anaerob szervezetek) révén is végbe mehet, de lényegesen kisebb sebességgel (Láng 1993).

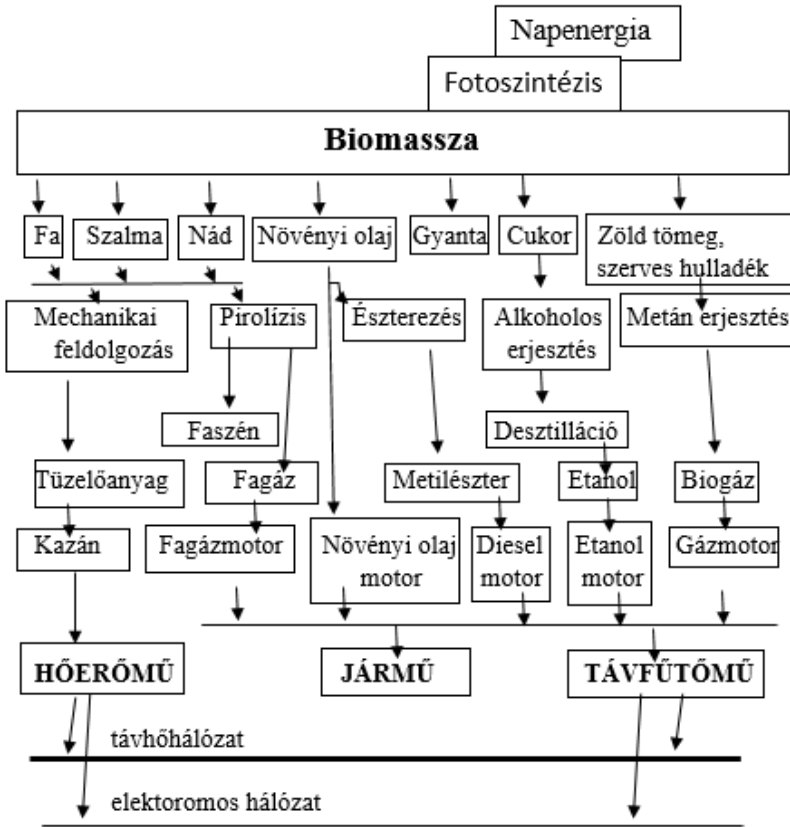
A biomassza energetikai célú hasznosítása során előnyökkel és hátrányokkal egyaránt számolni kell. Az ilyen típusú energiaellátás előnyei lehetnek az alábbiak:

- kén-dioxid kibocsátás csökkenése (a tüzelési célokra hasznosított biomassza kéntartalma minimális, általában 0,1% alatt van),
- kisebb mértékű korom kibocsátás,
- policiklikus aromás szénhidrogének kibocsátásának csökkenése,
- a szén-dioxid kibocsátás nullának tekinthető, hiszen az elégetett üzemanyag által az atmoszférába jutó szén-dioxid mennyiséget az előző évben kötötte meg fotoszintézise során a termesztett magas olajtartalmú haszonnövény. A termelés, begyűjtés, előkészítés, valamint a szállítás során van bizonyos mértékű szén-dioxid kibocsátás.

A biomassza energetikai célokra történő hasznosításának hátrányai között kell megemlíteni például, hogy

- a nitrogén-oxid kibocsátás jelentős (valószínűleg a levegő nitrogénjéből keletkezik a magasabb hőfokon történő égés következtében),
- az energetikai célú növénytermesztés termelői-társadalmi elfogadtatása nehézkes,
- a feldolgozó módszerek nehezen illeszthetők be a meglévő agrártechnológiákba,
- az átalakító berendezéseknek kicsi az energetikai hatásfoka,
- az átalakítás hatékonysága gyenge energetikai input/output,
- a biomassza hasznosításának nagy a beruházási igénye (*Kacz és Neményi 1998*).

A biomassza energetikai szempontból többféle módon is hasznosítható. Az *1. ábrán* a biomasszával történő energiatermelés lehetőségei láthatók.



Forrás: Tóth et al. 2011

1. ábra A biomassza energetikai célú hasznosítása

Figure 1. Energetic utilization of biomass

A biomassza energetikai hasznosításának legegyszerűbb módja a tüzelés. Az eltüzelés során nyert hőt rendszerint a hőellátásban (pl. biomassza falufűtőművek) értékesítik. A biomassza eredetű energiahordozók általában olcsó, decentralizált energiaforrások (Büki 2010). A száraz biomassza fűtőértéke közel áll a közepes minőségű barnaszén energiatartalmához. Az elmúlt évtizedekben fokozottan előtérbe kerültek a megújuló energiaforrásokat hasznosító technológiák fejlesztése, a világszerte egyre nagyobb gondot okozó környezetvédelmi problémák miatt. A biomassza világ negyedik legelterjedtebb energiaforrása a szén, a kőolaj és a földgáz után (Bohoczky 2001).

A biomassza tüzelőanyagként történő hasznosítása elsősorban ott kedvező, ahol az új típusú tüzelőberendezés beruházója, egyúttal a bioenergia-forrás tulajdonosa is jelen van, továbbá ott, ahol a biomassza keletkezik, és a közelben – 20-30 km-es körzeten belül – el is tüzelhető. Pannonhalmához közel található Ravazdon, a Kisalföld Erdőgazdasági Zrt. egyik telephelye, innen könnyen be lehet szerezni a faaprítékot. *Bai és Zsuffa (2011)* szerint a biomassza energetikai hasznosításának legfontosabb célja a nagyarányú földgáz-felhasználás csökkentése. A biomasszának, mint tüzelőanyagnak számos előnye van a hagyományos szénttüzeléssel szemben. Az egyik alapvető előnye, hogy megújuló energiaforrás. Emellett széndioxid kibocsátása a zárt ciklus miatt a környezetre nem káros, így az üvegházhatásra gyakorolt hatása kedvező. Mivel melléktermék, ezért előállítás nem igényel külön energiát (szemben a költséges és a környezetet terhelő szénbányászattal). Ezenkívül a bányáktól távol eső helyeken is sokkal egyenletesebb eloszlásban képződik, így szállítása kevésbé költséges. Fűtőértéke ugyanakkor megközelíti a barnaszénét, és meddőt nem tartalmaz. Hamutartalma 2-8 %, amely közvetlenül felhasználható talajjavításra. Homogén formában (brikett, pellett, faaprítók) komfortossága azonos a szénnel, de annál sokkal környezetkímélőbb, mert pora nem szennyező, kéntartalma alacsony, és nem tartalmaz egyéb környezetszennyező anyagot sem. Végül, de nem utolsósorban alkalmazásukkal elősegíthető a fenntartható fejlődés, és kímélhető a Föld fosszilis tüzelőanyag tartaléka (*Dinya 2010*).

A biomassza tüzelőberendezések legfontosabb részegységei az alábbiak:

- tüzelőanyag tároló a kitároló szerkezettel,
- tüzelőanyag szállító rendszer,
- tüzelőanyag és levegőadagoló rendszer,
- hőcserélő (kazán),
- hamu (salak) eltávolító berendezés,
- füstgázvezetés - kémény, továbbá
- szabályozó és védelmi berendezés (*McKendry, 2002*).

Ma Magyarországon a biomassza tüzelésű erőművekre vonatkozó levegő védelmi engedélyt az úgynevezett „LENG” engedélyt a 21/2001. kormányrendelet 4.1. melléklete alapján kell összeállítani. Az ide vonatkozó kibocsátásokat a 23/2001. KöM rendelet 1. melléklete tartalmazza (*Tóth et al. 2011*).



## *A napenergia hasznosítási módjai*

Az alternatív energiaforrások másik népszerű, és viszonylag könnyen kivitelezhető típusa a napenergia. A napenergia a napban lejátszódó magfúziós folyamatok során felszabaduló energia. A társadalom ezt a fajta energiaforrást jelenleg alig használja ki, pedig az alábbi kedvező tényezők mind az alkalmazása mellett szólnak:

- mindenki számára könnyen elérhető,
- tiszta, környezetkímélő energiaforrás,
- még sok millió évig rendelkezésre fog állni,
- kíméli a nyersanyagkészletet,
- kedvezően hat a helyi gazdaságra,
- nem kell szállítani, hozzájutásához nem kell költséges közműhálózat,
- átalakítási, felhasználási költségei minimálisak.

Azok a készülékek, amelyek a napenergiát képesek számunkra hatékony módon hasznosítani a napkollektorok és a napelemek (aktív napenergia hasznosítás). Közvetett módon a hőszivattyúk is a napenergiát hasznosítják, a talaj, a talajvíz, a levegő közvetíti a napenergiát, amit a hőszivattyú hasznosítani képes. Ezekkel a berendezésekkel a társadalom jelenlegi energiaszükségletének csupán 2 %-át, míg a fejlett ipari országokban is csupán 7 %-át fedezik (Swami, 2012).

A napenergia közvetlenül napelem segítségével alakul át villamos energiává. Az így kapott alacsony egyenfeszültséggel lehet a különböző eszközöket (pl. világítás, szellőztetés, stb.) működtetni. Szükség esetén 230V-os váltóáramú fogyasztók is működtethetők egy inverteres egység közbeiktatásával. Az összegyűjtött energiát kémiai úton akkumulátorokban vagy más módon, például víz helyzeti energiájaként tárolják, majd azt igény szerint használják fel. Számos esetben (pl. tanyáknál) olyan helyen kell energiaellátást biztosítani, ahol nem áll rendelkezésre kiépített energiaszolgáltató hálózat. Az energiaellátó hálózat kiépítésére viszont a magas bekerülési költség miatt általában nincs lehetőség.

A napenergia aktív és passzív módon hasznosítható. A passzív hasznosítás főként az épületekre és azok tájolására vonatkozik. Itt egy olyan energiahasznosításról beszélünk, amelynek során az épületek kialakítása teszi lehetővé a Nap sugárzásának és fényének felhasználását. Ebben az esetben tehát főleg az építőanyagok és az épület tájolása jelenti

a meghatározó tényezőket. Az aktív hasznosítás közé tartozik a napelemek és a napkollektorok használata. Mindkét eljárás megfelelő mód arra, hogy a napenergiát a társadalom javára fordítsák. A kettő között lényeges különbség, hogy a napelem elektromos energiát, a napkollektor pedig hőenergiát biztosít. A napelem tehát a napenergiát elektromos energiává alakítja át, az úgynevezett fotovoltaiikus rendszer segítségével. Egy francia fizikus készített először fotovoltaiikus elemet. A működési elv a következőn alapul: a napsugárzás érinti az egymáshoz kapcsolt és egymásra szabott paneleket vagy cellákat, majd annak függvényében, hogy milyen intenzitású fény vagy napenergia éri őket, elektromos áramot termelnek. Itt meg kell említeni az úgynevezett félvezetőket, mint például a magasabb árfekvésűnek számító szilíciumot, ugyanakkor ezek biztosítják a rendszer hiba nélküli működését, és a megfelelő mennyiségű energia átalakítását (*Razykov at al., 2011*). Ez az energiatakarékos berendezés nincs káros hatással a környezetre, nem szennyezi a légkört, hiszen nem szabadulnak fel káros anyagok a működése során. Ezzel szemben a napkollektor úgy hasznosítja a napenergiát, hogy levegőt vagy vizet tud fűteni, tehát itt már a hőenergia kerül a középpontba, az elektromos áram helyett. A napkollektorok is ugyanolyan energiatakarékosnak és környezetbarátnak számítanak, mint a napelemek, és az élettartamuk is hosszú. Ez a rendszer inkább kiegészítő fűtési eszközként szolgál, és leginkább tavasszal vagy ősszel érdemes használni. Ezzel nem válunk önálló energiaszolgáltatóvá, mint a napelemek esetében (*Horváth 2006, Bartholy et al. 2013*).

### ***Energetikai beruházások értékelése***

Beruházás során olyan tárgyi eszköz létesítése történik, amelynek célja a jövőbeni hozam (megtérülés) biztosítása. A jövőbeni megtérülés értékelése során figyelembe kell venni a beruházással kapcsolatban várhatóan felmerülő kiadásokat és bevételeket egyaránt. A kiadások a kezdeti létesítési költségen (bekerülési értéken) kívül magában foglalják a jövőbeni működési (üzemeltetési, fenntartási, amortizációs) költségeket is, míg a bevételek a jövőbeni pozitív irányú bruttó pénzáramlást jelentik. A beruházáshoz kapcsolódó várható kiadásokat és bevételeket (pénzáramlást), valamint a várható megtérülést már a beruházás tervezési szakaszában meg kell határozni. A beruházásokkal megvalósított létesítmények általában hosszú élettartamúak, ezért a

működésükkel kapcsolatos bevételek és kiadások is hosszú távon jelentkeznek (*Kovács et al. 2015*). Emiatt különösen fontos a működési pénzáramlások összetételének pontos és szakmailag megalapozott meghatározása. A pénzmozgások számbavételével kapcsolatos alapelvek szerint minden esetben figyelembe kell venni:

- azt, hogy a pénzáramlások becslése növekményi alapon történik, csak a beruházási projektből származó pénzáramlásokat lehet figyelembe venni;
- azt, hogy csak a beruházás megvalósítása során ténylegesen felmerülő költségek számolhatóak el (az elsüllyedt költségeket nem veszik figyelembe);
- az adó várható mértékét;
- a beruházási projekt valamennyi közvetett hatását;
- a források alternatív (használdozati) költségét;
- a beruházási projekt forgótőke szükségletét;
- az infláció hatását (*Farkas, 2006*).

Energiahatékonyság növelő beruházások értékelésére többféle módszer áll rendelkezésre. Amennyiben eltekintünk attól, hogy az ilyen típusú beruházásokat külön kezeljük, abban az esetben az egyéb beruházásoknál is használatos általános érvényű értékelési módszerek alkalmazhatók. Ezek egyik csoportja az úgynevezett statikus beruházás-gazdaságossági számítások (pl. költségek, nyereség összehasonlítása, megtérülési idő meghatározása, beruházás átlagos jövedelmezősége), amelyek nem veszik figyelembe a pénz időértékét, míg a másik csoportba tartozó úgynevezett dinamikus beruházás-gazdaságossági számítások (pl. nettó jelenérték számítása (NPV), belső megtérülési ráta (IRR), jövedelmezőségi index (PI)) a pénz időértékére alapozottak (*Brealey and Myers, 2003*). Ez utóbbiaknál azonban a tőke értéke a tőke alternatív (használdozati) költségének, azaz az elvárt hozamnak és/vagy a tényleges piaci kamatlábnak a „feltőkésítésével” (időbeli hatványozásával) kerül diszkontálásra, amely azonban nem feltétlenül tükrözi a tőke értékének tényleges növekedési ütemét, mivel az infláció mértékét figyelmen kívül hagyja. Másik hátrányuk, hogy csak olyan kalkulációknál alkalmazható, ahol a nettó pénzáramok a beruházás teljes üzemeltetési idejére (várható élettartamára) előre kiszámíthatóak (azonos nagyságúak, azonos ütemben változóak, vagy átlagolhatóak).

*Csermák (2017)* egy általa választott lakóingatlan energia- és környezettudatos felújítási lehetőségeit vizsgálta. Elemzéséhez az úgynevezett életciklus-költségelemzést

(LCC) használta, amely egy projekt minden egyes életfázisában megjelenő költséget és bevételt figyelembe vesz, ami által a megvalósítás gazdaságosságát és sikerességét képes előre jelezni. A teljes életciklus költség ismeretében – adott épületre fordítandó – éves költséghányadot számol, amelynek segítségével meghatározható az energiahatékonyságra, a megújuló energiákra és egyéb, megtakarítást eredményező intézkedésekre fordított források megtérülési ideje, ami kedvező esetben hosszabb a beruházás várható életciklusánál. Általános jelenség azonban, hogy a közvetlen energetikai beruházások (pl. passzívház) a megtérülést követően még hosszú ideig működnek, azaz a ráfordítások többszörösen megtérülnek. Az életciklus-költségelemzés hasonlóan az előző – dinamikus beruházás-gazdaságossági – számításokhoz szintén figyelembe veszi az időtényezőt, és az egyes költségeket azonos időszakokra diszkontálja. A módszer hátránya, hogy a költségek számbavételénél ez is egy előre meghatározott időplatformban (pl. 30 év), mint vizsgálati, elemzési időintervallumban gondolkodik. Abban az esetben tehát, ha nem ismerjük sem a beruházás várható élettartamát, sem a várható megtérülési idejét, akkor csak közelítő módszerrel tudjuk a várható megtérülést becsülni. A módszer előnye azonban, hogy az egyes költségcsoportok időszakonkénti nagyságának meghatározására referencia kérhető és/vagy katalógusadat használható, amennyiben nem áll rendelkezésre korábbi időszakra vonatkozó releváns adat. *Csermák (2017)* (30 éves életciklussal kalkulálva) többféle energiatakarékos és környezettudatos beruházási valamint épületfelújítási alternatívát vizsgált meg. Megállapította, hogy adott esetben optimális (viszonylag rövidebb idő alatt megtérülő) megoldást jelenthet az épület passzív hőszigetelése és nyílászáró cseréje, valamint a magas tetőn napelemek elhelyezése, amely a háztartások elektromos energia költségét jelentősen csökkentené. Ez utóbbi azonban csak jelentős állami támogatás mellett jelent térül meg. *Hackel (2014)* az energia előállításához épített hagyományos és alternatív (szél-, fotovoltaikus-, biomassza) erőmű beruházások hatásait vizsgálta szimulációs modell segítségével. Vizsgálataiban megállapítja, hogy ez utóbbiak kapacitása nagyobb mértékben bővül, mint a hagyományos kapacitások. A nukleáris kapacitások – ugyan nem olyan mértékben, mint a megújulók, de – bővülnek, a szén/lignit kapacitások stagnálnak, míg a hagyományos gáztüzelés hanyatló, elavult technológiának tekinthető, ami miatt a kapacitásuk a jövőben várhatóan csökkenni fog.

## CÉLKITŰZÉS

Kutatásunk célkitűzése, hogy megvizsgáljuk a Pannonhalmi Főapátság környezet megóvására irányuló pályázatait és a környezettudatos szemléletmódban eddig megvalósult projektek tényleges hatását, eredményességét, hatékonyságát. Munkánk során a megvalósult projektek számokkal alátámasztható mutatóit, valamint az így elkészült biomassza fűtőmű gázfelhasználását és a napelemmel megtermelt villamos energia mennyiségét tanulmányoztuk. Az energiahatékonyságra irányuló eszközök kiépítése speciális, az egyéb állóeszköz bővítésétől jelentősen eltérő beruházásnak minősül, mivel kivitelezési és üzembehelyezési költségük nagyon magas, létesítésükhöz részben állami támogatás igényelhető, megtérülési idejük hosszú (akár több évtized is lehet), és nem termelnek pénzben kifejezett profitot. Mivel nem jövedelemtermelő beruházásról van szó, ezért ebben az esetben nem beszélhetünk jövedelem-áramlásról, így ehelyett alternatív jövedelemnek a létesítésük által fel nem használt és ki nem fizetett vezetékes gáz, valamint villamos energia értékét tekintjük, azaz a megtakarítást. Emiatt ezen beruházások további sajátossága, hogy a jövedelem-áramlás nem kiegyenlített. A fenti feltételek figyelembevételével, elemzésünk célja egy olyan kalkulációs módszer alkalmazása, amelynek segítségével viszonylag nagy pontossággal megbecsülhető a speciálisan energiahatékonyságot növelő beruházások megtérülési ideje (akár több évtized távlatában is). Az erre a célra alkalmas módszerrel szemben támasztott további feltétel, hogy a beruházások pénzmozgásainak számbavételénél (az „Energetikai beruházások értékelése” című alfejezetben) ismertetett alapelveknek megfeleljen, különös tekintettel az infláció figyelembevételére.

## MÓDSZER

Megfigyeléseinkhez a primer adatokat a Pannonhalmi Főapátság gazdasági osztálya, valamint a biomassza fűtőműhöz tartozó gazdasági egység biztosították. Kutatási célkitűzésünk eléréséhez rendelkezésünkre bocsátották a „Biomassza fűtőmű létesítése a Pannonhalmi Főapátság hőellátására” pályázat támogatási szerződését (Azonosító szám: KEOP-4.1.0-2008-0042), a „A Pannonhalmi Főapátság biomassza fűtőművének bővítése a fosszilis energiahordozók kiváltására és az üzembiztonság növelésére”

pályázat támogatási szerződését (KEOP-4.10.0/B/12-2013-0047.) valamint a „Napenergia alapú villamosenergia termelés a Pannonhalmi Főapátság intézményei számára” támogatási szerződését, továbbá a gázfelhasználás és a felhasznált villamosenergia mennyiségi adatait. Az adatok segítségével a megvalósult projektek hatását és eredményeit egyszerű statisztikai módszerekkel (grafikus ábrázolás, viszonyszámok, szórás), míg azok megtérülését pénzügyi számítással (inflációval korrigált megtérülési idő (PB) kalkulációval) elemeztük. A megtérülési idő számításával megtudjuk, hogy hány év alatt kapjuk vissza a befektetett pénzt abból a pénzáramlásból, amely a beruházási projekt megvalósítása révén jött létre. A megtérülési idő *Farkas (2006)* alapján a következőképpen számolható ki:

$$t + \frac{b-c}{d-c}$$

ahol:

t = az utolsó teljes év, amelyben a halmozott jövedelem kisebb a kezdő befektetés összegénél

b = a kezdő befektetés összege

c = halmozott jövedelem t évig

d = halmozott jövedelem t+1 évig

A beruházás kezdő befektetési összegének (kezdő pénzáramának) az önrészt tekintettük, mivel jelen tanulmányban a Pannonhalmi Apátság szemszögéből vizsgáljuk azt, hogy érdemes volt-e megvalósítani a projektet. A kezdő pénzáram a beruházás bekerülési értéke, ami jelen esetben tartalmazza a telepítés- beüzemelés költségét is. A működő pénzáram a biomassza fűtőüzem esetében „bevételekből” és költségekből tevődik össze, míg a napelemek esetében csak „bevételekből”. Az előzőekben ismertetettek alapján „bevételnek” minden egyes évben a megtakarított vezetékes gáz és villamos energia inflációval korrigált értékét tekintjük. A biomassza fűtőmű – inflációval korrigált – költségét (üzemeltetési, biztosítási, karbantartási, stb.) a rendelkezésre álló adatok segítségével kalkuláltuk, amely magában foglalja a beruházás forgatóke igényét is. Az infláció számbavételénél a „bevételeket” a közüzemi szolgáltatások (vezetékes gáz és elektromos áram) árszínvonalának éves átlagos változásával, míg a költségeket az általános fogyasztói árszínvonal éves átlagos változásával korrigáltuk. Mivel mind a vezetékes gáz, mind pedig a villamos energia ára

Magyarországon központilag szabályozott, ezért nagyon nehéz előre meghatározni, hogy a jövőben hogyan fog alakulni az ára. Ennél a kalkulációnál további nehézséget jelentett, hogy vajon melyik időszak releváns az infláció éves átlagos növekedési ütemének meghatározására? Ennek megoldására három időszakra vonatkozóan készítettünk számításokat: a vizsgált időszakra (2009-től 2016-ig), egy tíz évet felölelő időszakra (2006-tól 2016-ig), és az ezredfordulótól napjainkig tartó időszakra (2000-től 2016-ig). A fogyasztói árindexek éves átlagos növekedési ütemét a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) fogyasztóiár-index adataiból súlyozott mértani átlaggal számoltuk ki (1. táblázat).

*1. táblázat* A fogyasztói árszínvonal éves átlagos növekedési üteme különböző időszakokban (%)

*Table 1.* Annual average growth rate of consumer price level for different periods (%)

<b>Időszak (1)</b>	<b>2009-2016</b>	<b>2006-2016</b>	<b>2000-2016</b>
<b>Termék csoport (2)</b>			
<b>Vezetékes gáz (3)</b>	101,28	107,09	107,37
<b>Elektromos energia (4)</b>	96,13	101,42	104,06
<b>Összes termék és szolgáltatás (5)</b>	102,54	103,47	104,54

Forrás: saját számítás a KSH adatai alapján

([https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_qsf005.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qsf005.html))

(1) periods (2) commodity groups (3) piped gas (4) electric energy (5) total products and services

Mivel a teljes megtérüléshez nem állnak rendelkezésre a későbbi évekből adataink, ezért a beruházás megtérülési idejét, és az ehhez szükséges valamennyi adatot csak becsülni tudjuk, az alábbi feltételek mellett: Állandó feltételek mellett (nem történik újabb épületbővítés, nem növelik a tüzelést (hőfokot, stb.)) az évenként megtakarított gáz és villamos energia mennyiségnek az átlagát vettük. Így minden évre kiszámoltuk a megtakarítás értékét. Az éves költségeket a 2009-2016 közötti időszakban érvényes inflációs ráta éves növekedési ütemével korrigáltuk (minden egyes évben).

A biomassza fűtőmű esetében tehát éves működési költséggel is számolnunk kell. Ha ezt minden egyes évben levonjuk a gázmeztakarításból származó összegből, akkor megkapjuk az évenkénti nettó megtakarítást, amely megmutatja, hogy a gázfelhasználás csökkenése miatt megtakarított pénzösszeg a beruházás bekerülési értékének mekkora

részét biztosítja az egyes években. A napelemek esetében a nettó megtakarítás megegyezik a ténylegesen megtakarított villamos energia értékével. Ezek halmozott összegéből láthatjuk azt, hogy egy adott évben az addigi megtakarítások összege a beruházás teljes értékéből mennyit fedez összesen. A beruházás abban az évben térül meg, amikor ez a szám pozitív előjelű lesz.

Vizsgálataink során két dimenzió mentén állítottunk fel különböző lehetséges kimeneteleket (forgatókönyveket). Az egyik szempont az infláció figyelembevételére irányult. Az *1. táblázatban* ismertetett lehetséges éves növekedési ütemek mellett a negyedik esetben figyelmen kívül hagytuk az inflációt. Másrészt a beruházás kezdő pénzáramának meghatározásakor két esetet különítettünk el: az elsőben csak a Pannonhalmi Főapátság által biztosított önerőt, míg a második esetben a beruházás teljes költségét tekintettük bekerülési értéknek.

## **EREDMÉNYEK**

### *Biomassza fűtőmű*

Közel 200 millió forintos európai uniós támogatással létesült biomassza fűtőmű a Pannonhalmi Főapátság hőellátására az Új Magyarország Fejlesztési Terv Környezet és Energia Operatív Program támogatásával 2009-ben. A „Biomassza fűtőmű létesítése a Pannonhalmi Főapátság hőellátására” (KEOP-4.1.0-2008-0042) projekt alapadatai a következők:

- Kedvezményezett: Magyar Bencés Kongregáció Pannonhalmi Főapátság
- A projekt kezdete: 2009. június 25.
- A projekt vége 2009. december 31.
- A megvalósítás helye: Nyugat-dunántúli Régió; Pannonhalma
- A teljes elszámolható költség: 366.389.070 Ft
- A támogatás összege: 183.194.535 Ft

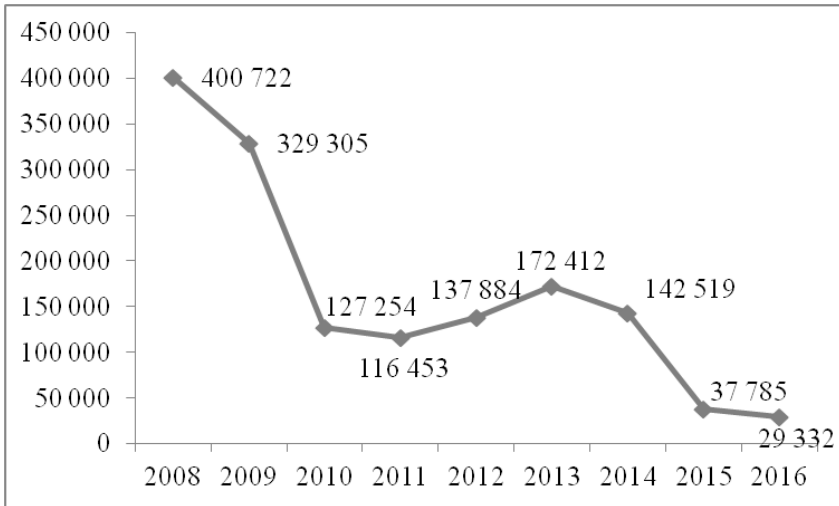
Az országosan is egyedülálló fűtőmű éves üzemeltetési költsége 11 millió forint, faapríték-igénye 1.100 tonna. A folyamatos ellátást az apátsági gazdaság szőlészetéből és levendulásából idekerülő venyige, levendulaszár, kertészeti hulladék teszi ki, valamint fanyesedék, amely a Pannonhalmához közel található Ravazdról, a Kisalföldi



Erdőgazdálkodás zrt. egyik telephelyéről érkezik. 2007-ben kötöttek velük 10 éves szerződést a faapríték átvételére, ugyanazon az áron. A szerződést a tárgyalások jelen állása szerint még 10 évvel meghosszabbítják. A hőtermelés közel 60 %-a helyeződött át megújuló energiaforrásra, azaz a fejlesztés eredményeként az eddigi kizárólagos fosszilis energiahordozó-felhasználás mennyisége és részesedése közel negyedére csökkent.

A fejlesztés második lépcsője egy újabb projektnek köszönhetően egy bővítés volt. „A Pannonhalmi Főapátság biomassza fűtőművének bővítése a fosszilis energiahordozók kiváltására és az üzembiztonság növelésére” című, KEOP-4.10.0/B/12-2013-0047 azonosítószámú projekt az Európai Unió és a Magyar Állam 115,66 millió forintos támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósult meg. A projekt összköltsége 192,77 millió forint volt. A megvalósítás után a vásárolt gázfelhasználás 10 %-ra csökkent. A két beruházást követően mindkét esetben drasztikusan visszaesett a gázfelhasználás. Az első esetben 2009 januárja és 2010 januárja között 74.161 köbméterről 10.171 köbméterre változott. Ez 13,71 %-a az előző évi gázfelhasználásnak. A második beruházás után pedig 2014 januárja és 2015 januárja között 17.380 köbméterről 3.830 köbméterre mérséklődött, ami az előzőnek csupán a 22 %-a. A 2009-es adathoz viszonyítva a 2015-ös adat 94,84 %-os csökkenést mutat.

Az összesített éves adatokat vizsgálva is egyértelműen megállapítható, hogy a két beruházást követően a gázfelhasználás drasztikusan visszaesett. A gázfogyasztás éves átlaga a 2015-ös évben a bázisévhez (2008) viszonyítva 91 %-kal csökkent (2. ábra).



Forrás: saját szerkesztés a Pannonhalmi Főapátság adatai alapján

2. ábra Éves gázfelhasználás a Pannonhalmi Főapátság intézményrendszerében (m<sup>3</sup>)

Figure 2. Annual gas consumption in the institutions of the Abbey of Pannonhalma (m<sup>3</sup>)

A 2012-es és a 2013-as évben megfigyelhető növekvő gázfelhasználás az intézményrendszer bővülésének a következménye. Ekkor ugyanis a gázzal ellátott épületek száma növekedett. A második projekt, a biomassza fűtőmű bővítése után azonban jól látszik a gázfogyasztásban bekövetkező visszaesés.

A berendezések hatásfoka széles határok (40–90%) között mozog a használt technológia, az alapanyag és az üzemeltetés szakszerűsége függvényében. A biomasszán alapuló rendszerek tervezésénél figyelembe kell venni a szállítási távolságok költségeit is. Ennek oka, hogy a biomassza feltételeken megújuló energiaforrás, ezért a biomasszára alapuló rendszerek csak fenntartható gazdálkodás esetén életképesek hosszú távon. Az erőműben keletkező hamu 100 %-a az apátság mezőgazdasági területeire kerül vissza.

A két projekt teljes beruházási értéke 564.159.070 forint volt, ebből az önrész összege 265.304.535 forint, a fennmaradó részt pedig az Európai Unió és a Magyar Állam finanszírozta, ami 298.854.535 forint. Az 2. táblázatban a projekt következtében 2009-től a fűtésben megtakarított gáz éves mennyisége és – a gáz fogyasztói átlagárát figyelembe véve – az ezzel megtakarított pénzösszeg látható.

2. táblázat A biomassza fűtőművel megtakarított gáz mennyisége és értéke a Pannonhalmi Főapátságnál

Table 2. The amount and value of the gas saved with the biomass heating-plant at the Abbey of Pannonhalma

Éves gázfelhasználás a kazánházban (m <sup>3</sup> ) (1)		Megtakarított gáz mennyisége a bázisévhez (2008) képest (m <sup>3</sup> ) (2)	Gáz fogyasztói átlagára (Ft/m <sup>3</sup> ) (3)	Megtakarított gáz értéke (Ft) (4)
<b>2008</b>	400 722			
<b>2009</b>	329 305	71 417	107	7 641 619
<b>2010</b>	127 254	273 468	115	31 448 820
<b>2011</b>	116 453	284 269	127	36 102 163
<b>2012</b>	137 884	262 838	136	35 745 968
<b>2013</b>	172 412	228 310	122	27 853 820
<b>2014</b>	142 519	258 203	104	26 853 112
<b>2015</b>	37 785	362 937	101	36 656 637
<b>2016</b>	29 332	371 390	101	37 510 390
			<b>Összesen:</b>	<b>239 812 529</b>

Forrás: saját számítás a Pannonhalmi főapátság és a KSH adatai alapján

(1) annual gas consumption at the boiler room (m<sup>3</sup>), (2) the amount of gas saved compared to the base year (2008) (m<sup>3</sup>), (3) average consumer price of the gas (HUF/m<sup>3</sup>), (4) the value of saved gas (HUF)

A megtakarított gáz mennyiségét a 2008-as bázisévhez viszonyítottuk, ami a projektek kivitelezése előtt az utolsó lezárt év volt. Az első fejlesztés 2009 októberére fejeződött be, ezért ebben évben nincs túl nagy különbség az előző évhez képest.

A 2015-ös évben az éves megtakarítás már több mint 36 millió forint volt. 2009 óta a 7 év alatt a megtakarított gáz összes értéke pedig 202.302.139 forint volt. Az összes önrésznek (265.304.535 Ft) ez a 76,25 %-a.

Az országosan is egyedülálló fűtőmű működése során azonban különböző költségek is felmerülnek. Éves üzemeltetési költsége a gazdasági osztály adatai alapján 11 millió forint (faapríték-igénye 1.100 tonna, a tüzelőanyag ára 10.000 Ft/tonna). A hat év alatt (2010-2015), amikor teljes évben üzemelt a fűtőmű, ez összesen 66 millió forint volt. A

biomassza kazánnak felmerül továbbá egy biztosítási költsége, ami a beruházási költség körülbelül 0,2 %-a vagyis 1.128.000 Ft évente. A hamu elszállítás költsége nem jelentkezik, mert saját területein használja fel a Főapátság. A fűtőmű karbantartási költsége a beruházási költség 1,5%-a, mely tartalmazza az 5 évente esedékes nagyjavítások költségeit is, ez éves szinten körülbelül 8.462.000 Ft. A biomassza fűtőmű éves működési költsége tehát összesen 20.590.000 Ft. Ha ezt minden egyes évben levonjuk a gázmegetakarításból származó összegből, akkor megkapjuk az évenkénti nettó megtakarítást, aminek a halmozott összegéből láthatjuk azt, hogy egy adott évben az addigi megtakarítások összege a beruházás teljes értékéből mennyit fedez összesen (3. táblázat).

3. táblázat A biomassza fűtőmű megtérülése a Pannonhalmi Apátságnál

Table 3. Return of the biomass heating-plant at the Abbey of Pannonhalma

Év (1)	Megtakarított gáz értéke (Ft) (2)	A biomassza fűtőmű éves költsége (Ft) (3)	Nettó megtakarí-tás (Ft) (4)	Kumulált nettó megtakarí-tás (Ft) (5)
<b>2009</b>	beruházás értéke/bekerülési érték: 265304535			
<b>2009</b>	7 641 619	20 590 000	-278 252 916	-278 252 916
<b>2010</b>	31 448 820	20 590 000	10 858 820	-267 394 096
<b>2011</b>	36 102 163	20 590 000	15 512 163	-251 881 933
<b>2012</b>	35 745 968	20 590 000	15 155 968	-236 725 965
<b>2013</b>	27 853 820	20 590 000	7 263 820	-229 462 145
<b>2014</b>	26 853 112	20 590 000	6 263 112	-223 199 033
<b>2015</b>	36 656 637	20 590 000	16 066 637	-207 132 396
<b>2016</b>	37 510 390	20 590 000	16 920 390	-190 212 006

Forrás: saját számítás a Pannonhalmi Főapátság és a KSH adatai alapján

(1) year, (2) value of saved gas (HUF), (3) annual cost of biomass heating-plant (HUF), (4) net saving (HUF), (5) cumulated net savin (HUF)

Látható, hogy eddig nem térült meg a beruházás, és annak megtérülési üteme is viszonylag lassú. Mivel a teljes megtérüléshez nem állnak rendelkezésre a későbbi

évekből adataink, ezért a beruházás megtérülési idejét a módszertan fejezetben ismertetett feltételek mentén készítettük el az összesen nyolc lehetséges kimenetelre (4. táblázat).

4. táblázat Biomassza fűtőmű beruházás megtérülési ideje különböző feltételek esetén (év)

Table 4. Payback time of investment of biomass heating plant under different conditions (years)

Infláció mértéke (1)	Infláció figyelmen kívül hagyása (2)	2009-2016 közötti időszak árszínvonal változásának üteme (3)	2006-2016 közötti időszak árszínvonal változásának üteme (4)	2000-2016 közötti időszak árszínvonal változásának üteme (5)
Kezdő pénzáram (6)				
A beruházás teljes költségének öneróból finanszírozott része (7)	29	nem térül meg	18	18
A beruházás teljes költsége (8)	63	nem térül meg	25	25

Forrás: saját számítás a Pannonhalmi Főapátság és a KSH adatai alapján

(1) level of inflation (2) ignoring inflation (3) annual growth rate of price level between 2009 and 2016 (4) annual growth rate of price level between 2006 and 2016 (5) annual growth rate of price level between 2000 and 2016 (6) initial cash flow (7) self-financed part of the total cost of the investment (8) total cost of the investment

Az így kiszámolt megtérülési idők alapján elmondható, hogy abban az esetben, ha nem vesszük figyelembe az infláció hatását, akkor a biomassza üzem beruházás megtérülési ideje többszöröse (akár kétszerese) is lehet az inflációval korrigált megtérülési időnek. Ennek oka, hogy ezen beruházások esetében „bevételek” az üzem

működtetése által megtakarított vezetékes gáz értékét tekintjük, amelynek ára infláció megléte esetén növekszik, azaz évről-évre egyre többet takarítunk meg, így a beruházás megtérülése is gyorsabb lesz. Ugyanezen okkal magyarázható, hogy a második esetben nem térül meg a beruházás. Ebben az időszakban ugyanis a vezetékes gáz árindexének évenkénti növekedési üteme kisebb volt, mint az összes termék árindexének növekedési üteme. Az üzem fenntartási költségeinél azonban ez utóbbit vettük figyelembe, tehát ennél a kalkulációnál a költségek az inflációt követve évről-évre egyre nagyobb mértékben, míg a „bevételek” egyre kisebb mértékben növekednek. A 2000-2016 valamint a 2006-2016 időszakok tekintetében nem érdemes külön inflációval kalkulálni, mivel az árindexek mindkét periódusban hasonlóan változtak. Érdemes továbbá megfigyelni, hogy amennyiben a hasonló beruházások létesítéséhez nem állna rendelkezésre állami támogatás (azaz a teljes összeget önerőből finanszíroznák), akkor a megtérülési idő több mint készterésére (63 év) növekedne az eredeti állapothoz (29 év) képest.

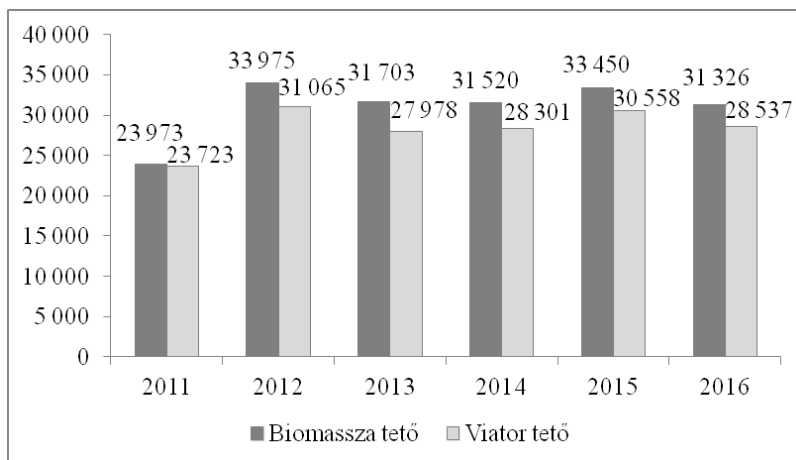
### *Napenergia*

A Pannonhalmi Főapátság energiaigényei kielégítésére előtérbe helyezi a megújuló energiaforrások hasznosítását. Ennek megfelelően épült meg a korábbi években a biomassza fűtőmű. A korszerű, megújuló energiatermelés munkába állításának következő lépése a zéró károsanyag kibocsátás mellett villamos energiát termelő fotovoltaikus elemek telepítése. Ezt a Főapátság két helyszínen tudta megvalósítani a műemlékileg kiemelten védett környezetben. Az egyik helyszín a biomassza fűtőmű tetőfelülete, a másik pedig a Látogatói épület – Viator Étterem és Borbár – tetőfelülete. A Pannonhalmi Főapátság környezettudatos szemléletének köszönhetően így egy helyen lehet a látogatókat megismertetni a biomassza, valamint a napenergia hasznosításának lehetőségeivel, valamint bemutatni egy új létesítmény környezetbarát üzemeltetését. Az elkészült két rendszer jelentősen megkönnyíti a Főapátság és intézményeinek villamos energia ellátását. A projektet 2010-ben a KEOP keretein belül valósították meg, a „Napenergia alapú villamosenergia termelés a Pannonhalmi Főapátság intézményei számára” címmel. A két rendszer együttesen a Pannonhalmi Főapátság éves villamos energia szükségletének a 10 %-át képes fedezni, 103.600 kWh várható éves termeléssel.

Projekt alapadatai az alábbiak:

- Projekt címe: Napenergia alapú villamosenergia termelés a Pannonhalmi Főapátság intézményei számára
- Kedvezményezett neve: Magyar Bencés Kongregáció Pannonhalmi Főapátság
- Pályázat azonosító száma: KEOP-4.4.0/A/09-2010-0005
- Kivitelezési munkák teljes befejezése, sikeres próbatüzemmel: 2011. június 29.
- A projekt teljes bekerülési összege: 70.881.405,- Ft
- Támogatás mértéke 60 %, amely összesen 42.528.843,- Ft

A 3. ábrán a napelemmel megtermelt villamos energia mennyisége látható. A két említett helyszínen eltérőek az energiatermelésre vonatkozó összesített adatok. Ennek oka, hogy eltérő számban telepítettek a helyszínekre a napelemekből. A 12×39 méteres területű biomassza fűtőmű tetőszerkezetére 30°-os dőlésszögben 141 db 1,0x1,5 méteres, összesen 212 m<sup>2</sup> felületű elemet létesítettek, míg a Viator Étterem és Borbár 9,5x46,5 alapterületű tetején 126 db 1,0x1,5 méteres elem található 12°-os dőlésszögben, összesen 189 m<sup>2</sup> felületen.



Forrás: saját szerkesztés a Pannonhalmi Főapátság adatai alapján

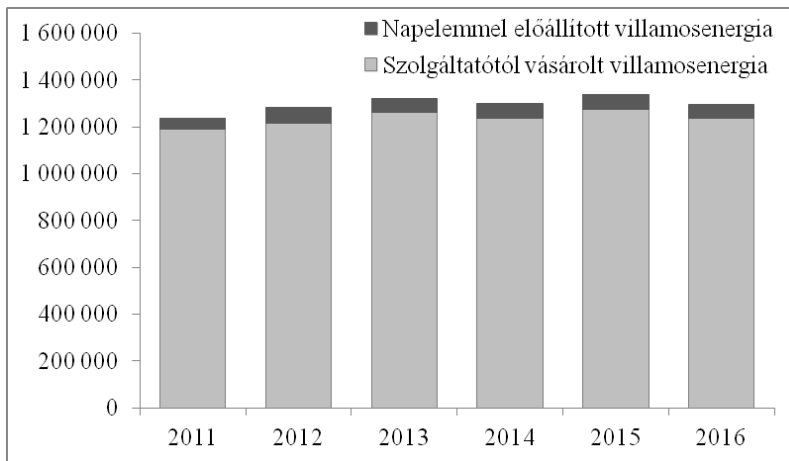
(1) roof of the biomass heating-plant, (2) roof of the Viator

3. ábra Napelemmel megtermelt villamos energia Pannonhalmán, 2011-2016 (kWh)

Figure 3. Electrical energy generated by solar power in Pannonhalma between 2011 and 2016 (kWh)

A változások az éves összesített adatokban természetesen, hiszen egy napelem hatékonysága függ a napsütéses órák számától. A napelemekből kinyerhető teljesítmény függ a fény beesési szögétől, a megvilágítás intenzitásától, és a napelemre csatolt terheléstől is. Magyarországon a legtöbb, 2000 óra feletti évi napsütés a déli, délkeleti országrészben jellemző, míg a legkevésbé napos területek az ország északi, északkeleti részében valamint az Alpokalján jelennek meg 1800 óránál is kevesebb évi napfényösszeggel.

A 4. ábrán a Főapátság által napelemmel megtermelt és az energiaszolgáltatótól vásárolt villamos energia nagysága látható.



Forrás: saját szerkesztés a Pannonhalmi Főapátság adatai alapján

(1) electrical energy produced by solar panels, (2) purchased electrical energy

4. ábra Napelemmel megtermelt és vásárolt villamos energia a Pannonhalmi Főapátságnál (kWh)

Figure 4. Purchased and produced electrical energy at the Abbey of Pannonhalma (kWh)

Látható, hogy a vásárolt villamos energia mennyisége nem csökkent, hanem nőtt a napelemek ellenére is. Ennek oka, hogy az apátsági épületek száma nőtt, új létesítményeket kezdtek el működtetni. Erre az időszakra tehető többek között a majorság épületének a felújítása és működésének elkezdése, illetve a gimnáziumhoz tartozó sportcsarnok építése, a gyógynövénykert, gyógynövényház megnyitása és a levendula lepárló felépítése, ahol a levendula olajat készítik.



2015-ben összesen 1.274.112 kWh energiát vásároltak, míg ugyanebben az évben 64.007 kWh energiát állítottak elő napelemekkel. Ez az összes fogyasztás a 4,7 %-a. A Főapátság épületegyütteseinek villamos energia fogyasztását tehát majdnem 5 %-ban fedezi megújuló energiaforrásból.

Az 5. táblázatban a projekt következtében 2011-től az energiaellátásban megtakarított villamos energia éves mennyisége és – a villamos energia éves átlagárát figyelembe véve – az ezzel megtakarított pénzösszeg látható. (A villamos energia áránál éves átlaggal számoltunk.)

5. táblázat A napelemmel megtakarított energia mennyisége és értéke a Pannonhalmi Apátságánál

Table 5. The amount and value of energy saved by solar panel at the Abbey of Pannonhalma

Év (1)	Napelemekkel megtermelt villamos energia (kWh) (2)	Villamos energia átlagára (Ft/kWh) (3)	A megtakarított villamos energia értéke (Ft) (4)
<b>2011</b>	47 696	46,8	2 232 173
<b>2012</b>	65 039	48,5	3 154 392
<b>2013</b>	59 681	43,7	2 608 060
<b>2014</b>	59 821	38,3	2 291 144
<b>2015</b>	64 007	36,6	2 342 656
<b>2016</b>	59 249	36,6	2 168 506
		Összesen:	<b>14 796 931</b>

Forrás: saját számítás a Pannonhalmi Főapátság és a KSH adatai alapján

(1) year, (2) electrical energy produced by solar panels (kWh), (3) average consumption price of electrical energy (HUF/kWh), (4) value of saved electrical energy (HUF)

A napelemek esetében is vizsgáltuk a projekt megtérülését (6. táblázat). A beruházás teljes bekerülési összege 70.881.405 Ft volt, amelyből a támogatás mértéke 60%, vagyis 42.528.843 Ft, az önrész pedig 28.352.562 Ft. Alternatív jövedelem-áramlásnak itt is a megtakarított villamos energia értékét tekintjük.

A hat év alatt a napelemekkel megtermelt villamos energiának köszönhetően a megtakarítás összege körülbelül 12.609.000 Ft volt. Ez a beruházás önrészre jutó költségének 44,47 %-a.

6. táblázat A napelemek megtérülése a Pannonhalmi Apátságnál

Table 6. Return of the solar panels at the Abbey of Pannonhalma

Év (1)	Nettó megtakarítás (Ft) (2)	Kumulált nettó megtakarítás (Ft) (3)
<b>2011</b>	Beruházás értéke/bekerülési érték: 28 352 562	
<b>2011</b>	2 232 173	-26 120 389
<b>2012</b>	3 154 392	-22 965 998
<b>2013</b>	2 608 060	-20 357 938
<b>2014</b>	2 291 144	-18 066 794
<b>2015</b>	2 342 656	-15 743 340
<b>2016</b>	2 168 506	-13 589 432

Forrás: saját számítás a Pannonhalmi Főapátság és a KSH adatai alapján

(1) year, (2) net saving (HUF), (3) cumulated net saving (HUF)

A napelemek megtérülésénél szintén a Pannonhalmi Főapátság által kifizetett önrészt tekintettük bekerülési értéknek. A nettó megtakarítások összegzéséből látható, hogy itt a megtérülés üteme gyorsabb, mint a biomassza fűtőműé. Ennek oka, hogy a napelemek esetében nincs fenntartási, üzemelési költség, azaz napelemmel 100 %-ban csökkenthető az energiaköltség. A megtérülési időt tekintve – a biomassza fűtőműéhez hasonlóan – itt is csak jövőbeni becslést tudtunk készíteni, amely a 7. táblázatban látható.

Az előrebecslés alapján is megállapítható, hogy a napelemek megtérülési ideje lényegesen rövidebb, mint a biomassza fűtőüzemé. Hasonlóan a biomassza üzemhez, a napelemek megtérülési ideje is jelentősen lerövidül az állami támogatások segítségével. Enélkül ugyanis csak 23-31 év alatt térülne meg teljesen, az eredeti 11-13 évhez képest. Az árindex növekedési ütemet tekintve ebben az esetben sincs jelentősége a 2000-2016 és 2006-2016 időszakok elkülönítésének. Különbség azonban a biomassza üzemhez képest, hogy itt a 2009-2016 időszak nem releváns, nem kapunk értékelhető adatokat,

mivel ebben az időszakban a villamos energia árszínvonal változási üteme csökkenő tendenciát mutatott. Amennyiben az árváltozás valóban ezt a trendet követné, akkor a villamos energia ára évről-évre csökkenne, egészen nulla értékig.

7. táblázat Napelem beruházás megtérülési ideje különböző feltételek esetén (év)

Table 7. Payback time of investment of solar panel under different conditions (years)

Infláció mértéke (1)	Infláció figyelmen kívül hagyása (2)	2009-2016 közötti időszak árszínvonal változásának üteme (3)	2006-2016 közötti időszak árszínvonal változásának üteme (4)	2000-2016 közötti időszak árszínvonal változásának üteme (5)
Kezdő pénzáram (6)				
A beruházás teljes költségének önerőből finanszírozott része (7)	12	13	11	11
A beruházás teljes költsége (8)	31	nem releváns	27	23

Forrás: saját számítás a Pannonhalmi Főapátság és a KSH adatai alapján

(1) level of inflation (2) ignoring inflation (3) annual growth rate of price level between 2009 and 2016 (4) annual growth rate of price level between 2006 and 2016 (5) annual growth rate of price level between 2000 and 2016 (6) initial cash flow (7) self-financed part of the total cost of the investment (8) total cost of the investment

## KÖVETKEZTETÉSEK

A megújuló energiaforrások használata nemcsak környezetvédelmi szempontból előnyös, de jelentős energiafogyasztási költséget takaríthatunk meg velük. A Pannonhalmi Főapátság a vásárolt gáz mennyiségét jelentősen, közel 9%-ra tudta csökkenteni és helyette a fűtést megújuló energiaforrásból oldják meg, így nincs káros anyag kibocsátás sem. A biomassza fűtőműnek köszönhetően körülbelül évi 30 millió

forintot és 36.000 köbméter gázt spórol magának. A napelemeknek köszönhetően a villamos energiafogyasztásuk 5%-át tudják fedezni, ezzel közel évi 2,2 millió forintot takarítanak meg. Ezeknek az alternatív energiaforrásoknak a létesítése azonban igen magas beruházási költséggel jár. Bár a legtöbb ilyen projekt jelentős EU-s és állami támogatással valósul meg, a beruházás megkezdése előtt érdemes mérlegelni, hogy az általunk elvart időn belül megtérül-e. Amennyiben a gazdaságban ún. előre látható és kiegyensúlyozott infláció van jelen, akkor viszonylag nagy pontossággal megbecsülhető, hogy az ilyen értékű beruházások hozzávetőleg hány év alatt térülnek meg. A megtérülés számításánál azonban fontos szempont a megfelelő módszer megválasztása, amely a jövőre nézve is valós becslést adhat. A szakirodalomban számos reális és megbízható beruházás megtérülési számítási módszer található, azonban kifejezetten az energiahatékonyság javítására irányuló beruházásokra alkalmazott nincs. Ezek az egyéb beruházásoktól több szempontból is különböznek (magas telepítési költség, nagy arányú állami támogatás igénybevételének lehetősége, hosszú megtérülési idő, alternatív bevétel termelés), ezért megtérülési kalkulációjuk során – a beruházásoktól általánosan elvart alapelvek mellett egyéb – speciális szempontokat is figyelembe kell venni. A Pannonhalmi Főapátság energetikai beruházásainak adatait többféle scenárióban vizsgálva megállapítottuk, hogy mind a biomassza fűtőüzem, mind pedig a napelem esetében az inflációs hatás figyelmen kívül hatása esetén a beruházás megtérülési ideje többszöröse is lehet az inflációval korrigált megtérülési időnek, továbbá amennyiben a vezetékes gáz és elektromos áram árindexének évenkénti növekedési üteme kisebb, mint az összes termék árindexének növekedési üteme, akkor a beruházás nem fog megtérülni. Ez különösen a 2009-2016 időszakra igaz, amikor a közüzemi díjak csökkentek. Az ezt megelőző időszakra egységes inflációs éves ütemet lehet számolni.

Ezen kalkulációk szerint alapján arra az eredményre jutottunk, hogy a Pannonhalmi Főapátság energetikai beruházásai esetében, kizárólag az önrészt tekintve a létesített biomassza fűtőüzem beruházási összege 18-29, míg a napelem telepítésé 11-13 év alatt térül meg. Amennyiben a teljes beruházási összeget (azaz az önrésznek az állami támogatással kiegészített részét is) figyelembe vesszük, akkor ezek a számok 25-63, valamint 23-31 évekre növekednek. Látható tehát, hogy a napelem esetében pontosabb becslést kaptunk a választott módszerrel. Megállapítható tehát, hogy egy ilyen méretű

közintézménynél az állami támogatások segítségével viszonylag rövid idő alatt megtérülnek az energia-hatékony beruházások. Ennek azonban az az egyik oka, hogy ezek a beruházások – különösen a napelem telepítések – terjedelmükben nem igazodnak az intézmény méretéhez, a kívánatosnál lényegesen kisebb egységeket telepítettek. (Ez – az előzőekben ismertetettekkel összhangban – abban jelenik meg, hogy a Főapátság még mindig jelentős mennyiségű földgázt és villamos energiát vásárol.)

#### *Javaslatok*

A Pannonhalmi Főapátságnak a hatékony működés érdekében érdemes lenne további tetőszerkezetekre is napelemeket telepíteni. Jelenleg futó pályázati lehetőség lenne például a KEHOP-5.2.3 - Egyházak épületenergetikai fejlesztései megújuló energiaforrás hasznosításának lehetőségével című pályázat, ahol a támogatás intenzitása 100%-os és vissza nem térítendő. Egy másik számításba vehető pályázat lehetne a VP3-4.2.2-16 - Borászat termékfejlesztésének és erőforrás-hatékonyságának támogatása nevű kiírás, ahol a támogatás mértéke 50%.

A fűtési rendszer további bővítésére és a fosszilis energiahordozók teljes kiváltására lenne egy további lehetőség egy hőszivattyús rendszer működtetése. A hőszivattyú rendszer környezetbarát módon állítja elő a hőenergiát, mely a fűtéshez vagy a meleg víz előállításához szükséges. A hőszivattyú kitűnő hatásfokú, gazdaságos és környezetkímélő alternatíva a fűtésre. Ez a megoldás sem rombolná a tájat és beleépülne a Főapátság környezettudatos gondolkodásába.

### **Return of the environmentally friendly energetical investments at the Abbey of Pannonhalma**

NÓRA GOMBKÖTŐ – HANNA HANCS

Széchenyi István University Faculty of Agricultural and Food Sciences Department of Agricultural and Rural Economics

#### **SUMMARY**

Environmental pollution is one of the most serious problem currently. However, the natural environment of the earth may be damaged in many ways (e.g. soil-, air-, and

water pollution, physical destruction, emissions), most experts attribute the largest polluting effect to the excessive using of electrical energy. Currently, many environmentally friendly solutions are available for energy production due to advances in technology. The long term aim is to be applicated and used these energy sources by all macroeconomic actors (companies, households, government and other institutions). In order to establish them, it can be applied for a considerable amount of investment subsidies at the level of EU and state as well. This may be necessary, because the investment of these assets is extremely valuable. However, this kind of energy is not only environmentally friendly, but saves considerable electrical energy costs (namely, in this case only the maintenance cost have to be paid of which value is significantly lower than the price of electrical energy). Therefore, this kind of investement is going to be return in long term.

In this study, it was examined the energy-saving investments (biomass heating-system and solar panels) of Pannonhalma, which is a well-known environmentally aware institution. From the available data, return calculation was carried out and the approximate time of return was estimated. Through this analysis, it was eximaned whether a public institution of this size would be worth investing in this type of investment in the long term.

**Keywords:** environmentally aware, biomass, solar energy, saving, return of investment

## **KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS**

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta

## **IRODALOMJEGYZÉK**

- Bai A. – Zsuffa L.* (2001): A biomassza tüzelési célú hasznosítása. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások, 4. évf. február
- Bartholy J. – Breuer H. – Pieczka I. – Pongrácz R. – Radics K.* (2013): Megújuló energiaforrások. Elektronikus könyv. Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/MegujuloEnergiaforrasok/book.pdf>

Letöltés: 2016. május 27.

*Bohoczky F.* (2001): Megújuló energiák alkalmazási lehetőségei és perspektívái. Fűtéstechika, megújuló energiaforrások, 4. évf. február

*Brealy, R. A. – Myers, S. C.* (2003): Principles of Corporate Finance. McGraw-Hill

*Brown, L., R.* (1981): Building a Sustainable Society. Worldwatch Institute book. W.W. Norton, New York, 1981.

*Büki G.* (2010): Biomassza, a megújuló hőforrás. Magyar Energetika, 17. évfolyam, 2. szám

*Csete M.* (2012): Regionális és környezetgazdaságtan. Edutus Főiskola, Budapest

*Csermák K.* (2017): Lakóépületek korszerűsítő felújításának költségelemzési és finanszírozási kérdései. Polgári szemle, 12. évfolyam, 4-6. szám

*Dinya L.* (2010): Biomassza alapú energiatermelés és fenntartható energiagazdálkodás. Magyar Tudomány, 8, 912-925 p.

*Farkas Sz.* (2006): A vállalati pénzügyek alapjai. Universitas-Győr Kht.

*Fischer Gy.* (1994): „Zöldülő Magyarország?” Környezeti attitűdök 1994 őszén. Magyar Gallup Intézet, Kézirat, Budapest

*Hackel K.* (2014): Erőmű-beruházások és hosszútávú hatásaik a hazai villamosenergia-piacra. IX. Energetikai Konferencia 2014 - Energiastratégiák, Budapest, 2014. november 11.

*Horváth Á.* (2006): A napenergia modern felhasználásai. Háztartástól naperőműig. Fizikai Szemle 2006/4 melléklete

*Kacz K. – Neményi M.* (1998): Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Agrárműszaki kiskönyvtár

*Kerekes S.* (2008): A gazdaság és a környezet. In: Baritz S. Laura – Fülep D. (szerk): "...hogy művelje és őrizze meg". Szent István Társulat, Budapest. 31-46 p.

*Kocsis T.* (2008): A környezeti problémákról közgazdasági-természettudományos közelítéssel. In: Baritz S. Laura – Fülep D. (szerk): "...hogy művelje és őrizze meg". Szent István Társulat, Budapest. 69-90 p.

*Kovács Á. E. – Szalay Zs. G. – Klárné Barta É.* (2015): Az időbeni pénzárakok kezelése a gazdasági számításokban. Studia Mundi – Economica, Vol. 2, No. 2, 93-106 p.

Láng I. (szerk.) (1993): Környezetvédelmi lexikon. Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat, Budapest

Maloney, M.P. – Ward, M.P. (1973): Ecology: Let's hear from the people. An objective scale for the measurement of ecological attitudes and knowledge. American Psychologist, Oxford, vol. 30, 787-790 p.

McKendry, P. (2002): Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology, 86 (2002), 37-46 p.

Razykov, T. M. – Ferekides C. S. – Morel D. – Stefanakos E. – Ullal H. S. – Upadhyaya H. M. (2011): Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. Solar Energy, Vol. 85, Issue 8, 1580-1608 p.

Swami, R. (2012): Solar cell. International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 2, Issue 7,

Tóth P. – Bulla M. – Nagy G. (2011): Energetika. Digitális Tankönyvtár. A TÁMOP 4.2.5 Pályázat könyvei

[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Energetika/ch04s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energetika/ch04s02.html)

Letöltés: 2016. szeptember 26.

*A szerzők levélcíme - Addresses of the authors:*

Gombkötő Nóra

Széchenyi István Egyetem

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

[gombkoto.nora@sze.hu](mailto:gombkoto.nora@sze.hu)