



Budapesti Corvinus Egyetem  
Tudományos Diákköri Konferencia  
2023

Lakossági napelemes rendszerek gazdasági megtérülésének  
vizsgálata az új jogszabályi környezetben

Research on economic return of residential solar systems in the new  
legislative environment

Doszpod Mátyás József  
Gazdaság- és pénzügy-matematikai elemzés MSc  
III. évfolyam

Horváth Bendegúz Győző  
Gazdaság- és pénzügy-matematikai elemzés MSc  
III. évfolyam

Témavezető: Madari Zoltán

## Absztrakt

2022 őszén jelentős, a háztartási méretű elektromos kiserőműveket érintő jogszabály-módosítások léptek érvénybe. A szaldó elszámolási rendszer megszűnése felvetette a kérdést, hogy fennmarad-e a háztartási napelemes rendszerek vonzó megtérülése azoknak, akik a beruházást fontolgatják, illetve akik már meg is valósították a beruházást. Kutatásunkban nettó jelenérték, diszkontált megtérülési idő, valamint belső megtérülési ráta és érzékenységvizsgálat használatával, 2014-től kezdve 2023-as évi telepítési időig keressük a választ ezekre a kérdésekre. A megtérülést három elszámolási móddal vizsgáljuk, amelyek lehetséges alternatívái az éves szaldó elszámolásnak, havi és éves bruttó, illetve havi szaldó elszámolással, figyelembe véve, hogy a telepítést követően 10 évig még az éves szaldó elszámolás áll fenn. A modellezés során egy összetett keretrendszert állítunk fel, amely azt a célt szolgálja, hogy eredményeink reális képet tudjanak adni a háztartási méretű kiserőművek reálértékű, valamint referenciahozamokkal diszkontált megtérüléséről. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy jelentős szerepe van a fogyasztásnak a megtérülésben, a magasabb fogyasztás minden esetben rövidebb diszkontált megtérülési időt és magasabb nettó jelenértéket eredményez. Az alternatív elszámolási módok közül a havi szaldó biztosítja a legjobb megtérülést, a havi és éves bruttó elszámolás között nincsen szignifikáns különbség.

Kulcsszavak: megtérülés, napelem, nettó jelenérték, érzékenységvizsgálat

JEL klasszifikáció: Q42, G11, G51

# Tartalomjegyzék

I. Bevezető.....	1
II. Jogszabályi környezet.....	2
II.1. HMKE jogszabályi környezete módosítás előtt.....	2
II.2. Jogszabály-módosítás .....	4
II.3. Villamos energia árát érintő jogszabályok.....	5
II.3.1. Rezsicsökkentés .....	6
III. Napelem működése és típusai .....	6
III.1. Besugárzástól a váltóáramig.....	6
III.2. A kristályos napelemek jellemzői.....	7
IV. Termelési számítások.....	8
IV.1. Napelemek hatékonysága .....	8
IV.2. Besugárzás szerepe a termelésben.....	9
IV.3. Termelést csökkentő további tényezők .....	9
V. Napelemes beruházások támogatása .....	11
V.1. Állami támogatások típusai .....	11
VI. Módszertani ismertető.....	12
VI.1. Statikus mutatószámok.....	12
VI.2. Dinamikus mutatószámok .....	13
VII. A modell keretrendszere .....	15
VII.1. Elszámolási módok .....	15
VII.1.1. Havi szaldó .....	15
VII.1.2. Havi bruttó.....	16
VII.1.3. Éves bruttó.....	16
VII.2. Napelem ára .....	17
VII.3. Termelés.....	18
VII.4. Fogyasztás.....	20
VII.5. Áram ára.....	21
VII.6. Diszkontok .....	22
VIII. Eredmények.....	22
VIII.1. A modell felépítése .....	23
VIII.2. Eredmények inflációval diszkontálva.....	23
VIII.2.1. A nettó jelenérték érzékenységvizsgálata .....	23

VIII.2.2. Mutatószámok fix fogyasztás mellett .....	26
VIII.3. Eredmények referenciahozamokkal diszkontálva .....	28
VIII.4. Modell korlátai.....	30
IX. Konklúzió.....	31
X. Irodalomjegyzék.....	I

## Ábrajegyzék

1. ábra: 3, 5 és 8 kWp-es rendszerek évenkénti átlagos bruttó árának alakulása 2014 és 2023 között.....	17
2. ábra: 3, 5 és 8 kWp-es rendszerek évenkénti fajlagos költségének alakulása 2014 és 2023 között.....	18
3. ábra: 3, 5 és 8 kWp-es rendszerek havi becsült termelése .....	19
4. ábra: Rendszerhasználati díj, szolgáltatási ár, tartalmazott ÁFA alakulása évi 2523 kWh fogyasztás mellett.....	21
5. ábra: 3 kWp-es rendszer NPV érzékenységvizsgálata havi bruttó (balra), éves bruttó (jobbra) és havi szaldó (lent) esetén .....	24
6. ábra: 5 kWp-es rendszer NPV érzékenységvizsgálata havi bruttó (balra), éves bruttó (jobbra) és havi szaldó (lent) esetén .....	25
7. ábra: 8 kWp-es rendszer NPV érzékenységvizsgálata havi bruttó (balra), éves bruttó (jobbra) és havi szaldó (lent) esetén .....	25

## Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: 3, 5 és 8 kWp-es rendszerek havi becsült termelése.....	19
2. táblázat: Áramfogyasztás jelleggörbéje.....	20
3. táblázat: Önfogyasztás és megtermelt áram aránya havi szinten .....	21
4. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett havi bruttó elszámolással, inflációval diszkontálva.....	27
5. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett éves bruttó elszámolással inflációval diszkontálva.....	27
6. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett havi szaldó elszámolással inflációval diszkontálva.....	28
7. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett havi szaldó elszámolással referenciahozamos diszkontálással.....	29

8. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett éves bruttó elszámolással referenciahozamos diszkontálással.....	29
9. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett havi bruttó elszámolással referenciahozamos diszkontálással.....	30

# I. Bevezető

A napenergia, és napelem technológia napjainkban folyamatos szóbeszéd tárgya. A csillagról érkező energiát az emberiség évezredek óta felhasználja, életünk elképzelhetetlen lenne nélküle. Egyre nagyobb szerepet kap a tudományos életben és a köztudatban a fenntartható fejlődés, mely megvalósításának egyik legfontosabb eleme a megújuló energia széles körben való terjesztése, ezzel a környezetbe jutó hulladék csökkentése (Darvay, Nemcsók, Ferenczy, 2016).

Magyarország az Európai Unióval egyetemben vállalta a Párizsi Megállapodásban megfogalmazottakat, ami szerint 2050-re klímasemlegessé kell váljon az ország (Az Európai Unió Tanácsa, 2023). Az egyezményt 2015-ben írta alá, melyet 195 ország fogadott el, és legfőbb célja a globális felmelegedés csökkentése, 2050-ig az átlaghőmérséklet emelkedésének  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  alá korlátozása. Magyarország energiatermelése folyamatos változáson megy keresztül, 2021-ben a napenergia termelés a teljes energia mixben 10,6%-kal harmadik helyet foglalta el, az atomenergia (44,7%) és földgáz (26,4%) után (Hajas, 2022). Ennek a számnak legnagyobb érdeme viszont, a növekedési ütem, hiszen egy év alatt plusz 54%-os változáson ment át, 2020-ban a napelemek által termelt energia mindössze az energiamix 6,9%-át tette ki. A nagy léptékű fejlődés egyik oka, hogy az ország adottságai megfelelőek a technológia kihasználására, éves szinten a napsütéses órák száma meghaladja a 2000 órát (Solar Experts, 2021). Nem elhanyagolható azonban a kormány által bevezetett támogatási rendszer sem, melynek részletesebb kifejtése a tanulmány egy későbbi fejezetében történik.

A kutatást számos oldalról relevánsnak tartjuk, mind gazdasági és társadalmi, mind pedig egyéni befektetési oldalról. A fentebb említett jó adottságok lehetőséget nyújtanak az ország számára energia függetlenedésre, továbbá a technológia fejlődésével újabb iparágakba való beszállásba. Ez gazdasági oldalról jelenthet új munkahelyek létrejöttét, nemzetgazdasági szinten pedig az energiainport csökkenését. Nem utolsó sorban pedig választ kaphatunk arra, hogy a kormány által a lakosság felé nyújtott támogatások és hitelek valóban megtették-e hatásukat.

Társadalmilag fontos lehet a kutatás, hiszen az energiafüggőség csökkenése a lakosság bizonytalanságát is redukálhatja. Továbbá jelentős egészségügyi vonatkozása van a témának, a megújuló energiaforrások használata csökkenti a környezetbe kerülő fosszilis anyagok mértékét

(Makó, 2014). Nem csak a mennyiségi változás jelentős, de a koncentráció is. A nagyobb települések esetén nincs lehetősége a levegőbe került káros anyagoknak távozni, ami az ember életciklusának rövidüléséhez vezethet (European Environmental Agency, 2020).

Nem utolsó sorban pedig a tanulmány jelentősége a lakossági befektetők oldaláról lehet hasznos. Elsősorban a megtérülési szempontból, de mind alternatív befektetés is lehet vizsgálni a témát. A kutatás vizsgálja, mennyire érheti meg a zöld beruházást választani, milyen anyagi többlet hasznot jelenthet a kényelmi funkciókon és társadalmi felelősségvállaláson túl. Továbbá érdekes lehet, hogy Magyarországon a jogszabály rendszer milyen módon befolyásolja a napelem megtérülését, ez alapján mennyire bizonytalan a piac és megérheti-e invesztálni a rendszerre.

A dolgozat legfőbb kérdése, hogy Magyarországon a napelem, mint befektetési forma reálértéken megtérül-e, illetve hozamot előtérbe helyezve tekinthető-e alternatív befektetésnek az állampapírokhoz képest? Arra a kérdésre keressük a választ, hogy lakossági oldalon 2014-től 2023-ig hogyan változott a beruházás megtérülése, figyelembe véve a 2022-ben bejelentett jogszabály-módosítást.

Tanulmányunk során először ismertetjük a jogszabályi környezetet, melyet két részre bontottunk. Először a 2022 novemberi módosítás előtti érvényesrendszert mutatjuk be, majd kitérünk külön a jogszabály változtatásra. Ez tartalmazza az elszámolási mód és áram árának alakítását. A következő fejezetben a napelem működését és típusait vesszük górcső alá, bemutatva hatékonyságuk és termelésük számítását. Ezután bemutatjuk a módszertani részben a megtérülési mutatószámokat, amikkel dolgozunk, és keretrendszert szabunk a modell köré. Ismertetjük eredményeinket, melyben pontos leírást adunk a modell felépítéséről, és következtetéseinkről. Végül pedig ismertetjük kutatásunk korlátait és összegzését.

## II. Jogszabályi környezet

### II.1. HMKE jogszabályi környezete módosítás előtt

A téma háttérében legfontosabb rendelkezés a 2007. évi LXXXVI. törvény (továbbiakban VET), mely a gazdasági versenyképesség és egyéb villamosenergia-piaci kereten túl, kitűzött célja a megújuló energiaforrásból termelt energia elősegítése. Nem csak magának az infrastruktúrának a létesítése, de az „új termelő kapacitások és piacra lépő

szereplők megjelenésének elősegítése”. (2007, 1.g) Mivel kutatásunk a lakossági piacra összpontosul ezért fontos leszűkíteni a napelemek teljesítményét arra a szintre, amire a jogszabályi módosítás koncentrálódik. A 2007. évi LXXXVI. törvény szerint (3.24) „háztartási kiserőműnek minősül olyan, a kiefeszűtsűgű hálózatra nem csatlakozó kiserőmű, mely csatlakozási teljesítménye csatlakozási ponton nem haladja meg az 50kVA-t.” A továbbiakban HMKE alatt a jogszabályban definiált háztartási kiserőműveket értjük.

A termelő erőművek létesítésének léteznek mind műszaki, mind pénzügyi vonzatai. Fontos kiemelni, hogy a 7.1-es bekezdés szerint üzleti kockázat vállalása mellett bárki létesíthet napelemet, ha műszaki feltételeknek megfelel. A 76/2011. (XII. 21.) NFM (jelenleg már nem hatályos) rendelet tér ki a csatlakozási díjak részletezésére. Az 1. bekezdés a) pontja szerint a díjmeghatározás nemzetgazdasági okok miatt a legkisebb költségek elvén kell, hogy alapuljon, mely meghatározásának célja, hogy rendszer felhasználójának és a hálózat engedélyesének ráfordítása a lehető legkisebb legyen. Közép és kiefeszűtsűgű közcélú hálózatra csatlakozás esetén a csatlakozási díj három tényezőből áll: csatlakozási alapidíj, közcélúvezeték-létesítési díja és csatlakozóvezeték-létesítési díja. Utolsó azonban csak kiefeszűtsűgű hálózat esetén felszámolandó. A 8.1. bekezdés szerint csatlakozási díjnak fedeznie kell az adminisztrációs, tervezési, engedélyeztetési, közmű-egyeztetési költségeket. Ezen kiadás alól mentesül, aki megfelel a 8.2. bekezdés valamely alpontjának.

A napelem és más megújuló energia létesítés esetén a felhasználó további költségei a rendszerhasználatból és az elszámolás típusától függhetnek. A VET 9. alapján a környezet és természet védelme, a felhasználók ellátása és a megújuló energia felhasználásának támogatása érdekében a törvény kötelező átvételi rendszert biztosít, és ösztönzési céllal prémium támogatási rendszert létesít. Az átvételi rendszer szabályozásáról szóló 10. bekezdés szerint a szisztémának biztosítania kell a hosszú távú kiszámíthatóságot és az összhangot az energiapolitikai elvekkel. Fontos, hogy a piaci verseny miatt prémium támogatási rendszert kell alkalmazni, ahol csak lehet, illetve, hogy a költséghatékonyságnak való megfelelés érdekében a prémium támogatást pályázat benyújtása esetén lehessen elnyerni. Az átvétel mértékegysége minden esetben Ft/kWh-ban értelmezendő (11.4).

A 4/2013. (X. 16.) MEKH rendelet 8. bekezdése szerint a rendszerhasználati díjat belföldön csatlakozási pontra kell fizetni. Napelem telepítés esetén, ha rendszerbe való visszatáplálás is megjelenik, akkor kétirányú mérésről beszélünk. Erre az elszámolási struktúra irányonként és forgalomarányosan történik. A VET 99/C. (7.) pontja szerint az elszámolás



időszaka lehet havi, féléves vagy éves, melyet az minden periódus során köteles az átadó megjeleníteni. (Ez rendszer éves szaldó választása esetén tulajdonképpen akkumulátorént funkcionál, mely 1 éves időtávon maximális 100% hatásfokon és korlátlan kapacitáson működik.)

## II.2. Jogszabály-módosítás

A lakossági napelemeket érintő első jogszabály-módosítást 2022. október 26-án hozta meg Magyarország Kormánya. A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvényhez kapcsolódó 273/2007. (X. 19.) Korm. rendeletet módosították. 413/2022. (X. 26.) Korm. rendelet alapján veszélyhelyzetre hivatkozva ideiglenesen felfüggesztették az üzembe helyezett háztartási méretű kiserőművek közcélú használatba való feltáplálás lehetőségét. Vagyis megszűnt annak a lehetősége, hogy a napelemekkel megtermelt, de nem elfogyasztott áramot az áramszolgáltató átvegye. A rendelet alól kivételt képeznek azok az igénybejelentések alapján megvalósított kiserőművek, amelyeket 2022. október 31-ig jelentettek be. Így a rendelet csak azokat a lakossági fogyasztókat érinti, akik telepítési vagy bővítési igényüket a megadott határidő után adják le.

Mivel a magyarországi szaldó elszámolási rendszer nem felelt meg az EU-s irányelveknek, így idő kérdése volt, hogy mikor változtatják meg az elszámolási rendszert érintő jogszabályokat. A 2022. október 18-án megjelent 13/2022. (XI. 18.) MEKH rendelet értelmében az újonnan épült HMKE rendszerek esetén megszüntették a szaldó elszámolást. A rendelet szerint a HMKE tulajdonosok a csatlakozást követő 10 évig élvezhetik a szaldó elszámolási rendszert, abban az esetben, ha rendszerük kivitelezése és központi hálózatra való csatlakozása 2024. január 1. előtt megvalósul. Vagyis a 2022. október 31-ig bejelentett és 2023. december 31-ig csatlakoztatott HMKE rendszereknek még 10 évig fennmarad a szaldó elszámolás, azaz akár 2033. december 31-ig. A szaldó elszámolásra nem jogosultaknak bruttó elszámolást kell alkalmazni, vagyis rendszerhasználati díjakat az adott elszámolási időszakban az irányonként elkülönített és összegzett villamosenergia-mennyiségek alapján, irányonként kell elszámolni és megfizetni (2.§). A rendelet nem tér ki arra, hogy a bruttó elszámolás esetén havi vagy éves elszámolási időszakot kell figyelembe venni.

A következő jogszabály-módosítás 2023. március 31-én történt meg. Ez várható volt, mivel az Európai Bizottság javaslata alapján Magyarország Kormányának eddig az időpontig kell reformot végrehajtania a megújuló energiaforrás-beruházások engedélyeztetési eljárásnak

kapcsán. A Bizottság A TANÁCS VÉGREHAJTÁSI HATÁROZATA Magyarország helyreállítási és rezilienciaépítési terve értékelésének jóváhagyásáról javaslatának C6.R3 pontjában előírja, hogy a 413/2022. (X. 26.) Korm. rendeletet legkésőbb 2024. december 31-ig helyezték hatályon kívül. A kormány a 112/2023. (III. 31.) Korm. rendeletben tett kísérletet a javaslatnak való megfelelésre. A rendelet alapján a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal 2023. augusztus 31-ig javaslatot tesz a kormány felé a csatlakozási korlátozás részleges, akár teljes feloldásáról a villamoshálózat alapos felmérése után. A kormány majd a javaslat alapján dönti el, hogy hol oldja fel és hol tartja fenn továbbra is a korlátozást. A rendelet 7. és 8. paragrafusában tartalmazza azt is, hogy a 413/2022. (X. 26.) rendelet 2024. december 31-én hatályát veszti, vagyis a kormány a teljes feloldást eddig az időpontig meg akarja valósítani.

## II.3. Villamos energia árát érintő jogszabályok

A modellünkben kizárólag A1 tarifás díjszabással számolunk, így az ahhoz kapcsolódó jogszabályok bemutatása következik. Az A1 tarifa a lakossági fogyasztók esetén leggyakrabban használt díjszabási módszer, amely egy zónaidős, azaz egy naptári napon belül a szolgáltató azonos, zónaidőtől független árszabást határoz meg (4/2011. (I. 31.) NFM rendelet a villamos energia egyetemes szolgáltatás árképzéséről). Az A1 árszabásnál a fogyasztó által fizetett díj három részből tevődik össze. Egyetemes szolgáltatási díjből, azaz az energia termékárából és rendszerhasználati díjből, amely tartalmaz elosztói alapidíjat, illetve forgalomarányos rendszerhasználati díjat. Ezek összege adja meg az áram nettó árát, amit 2012-től 27%-os ÁFA terhel. A HMKE rendszer által termelt többlet áramot a VET 11. alapján a szolgáltató az egyetemes szolgáltatási díjon veszi át, amely nem tartalmazza a rendszerhasználati díjakat, se az ÁFA-t, így kevesebb, mint a fogyasztói ár.

Az áramszámla elszámolására a fogyasztónak két lehetősége van. Havi elszámolás esetén a fogyasztónak a szolgáltató minden hónapban a tényleges fogyasztása alapján állít ki számlát. Éves elszámoláskor a fogyasztó az előző évi éves fogyasztása alapján számolt átlagos havi fogyasztásra kap részszámlát, majd az adott év végén elszámoló számla alapján egyenlíti ki a valós fogyasztás és a befizetett összeg szerinti fogyasztás közötti különbséget. Természetesen ezek az elszámolási módok teljesen megegyeznek a fentebb leírt kétirányú elszámolási módok havi és éves változatával (MVM, 2023).

### II.3.1. Rezsicsökkentés

Válaszul az indokolatlanul magas lakossági közműszolgáltatási terhekre, Magyarország Kormánya a 4/2011. (I. 31.) NFM rendeletben határozta meg a fent említett A1 tarifát is tartalmazó árszabásokat, illetve az egyetemes szolgáltatási árakat. Vagyis az értékesített villamos energia egységára elosztói területenként, árszabásonként és fogyasztói típusonként hatóságilag lett szabályozva. Az A1 árszabásra vonatkozó szabályozás alapján, az A1 árszabás kettő tömb alapján történik. A fogyasztó évi 1320 kWh fogyasztásig kedvezményes tarifát kapnak, az e feletti fogyasztásra magasabb díjszabás történik.

Az egyetemes szolgáltatási árakat az évek során többször, összesen 11-szer módosították, legutóbb 2022. július 21-én a 259/2022. (VII. 21.) Korm. rendeletben. Az A1 árszabáshoz hasonlóan 2022. augusztus 1-től, a fogyasztók évi 2523 kWh fogyasztásig a 2022. július 21-ig hatályban lévő egyetemes szolgáltatási áron (az A1 árszabás esetén ez a kedvezményes árat jelöli) tud villamos energiához jutni, az e feletti fogyasztásra a MEKH által meghatározott piaci áron tud vételezni. A jelenlegi (2023) piaci egyetemes szolgáltatási ár 31,8 Ft. Modellünkben azzal a feltételezéssel élünk, hogy a vizsgált időszak végéig (2042) az áram árára vonatkozó jelenleg hatályban lévő jogszabályok módosítás nélkül maradnak érvényben.

## III. Napelem működése és típusai

A termelés kiszámolásához és a termelést befolyásoló tényezőkhez fontos megérteni a fotovoltaikus (továbbiakban PV) cellák működését és típusait, ezért ezek bemutatása az alábbi szakaszban következik.

### III.1. Besugárzástól a váltóáramig

Alapvetően a napelemes cellák működésének lényege a Napból érkező fénysugárzás villamos árammá való transzformálása a fényelektromos hatás elvét követve (Gáspár, 2019). Tulajdonképpen a fotovoltaikus (PV) rendszer működésének alapja, hogy a napfényt felhasználva egyenáramból, a háztartások számára megfelelő váltóáramot képezzen. A napelem rendszer felépítését tekintve közel sem csak a háztetőre felszerelt panelekből áll. A rendszer másik fontos eleme az inverter, mely összeköttetésben áll a PV cellákkal, a háztartással és a hálózattal, és célja, hogy a PV cellákból érkező egyenáramot (DC) váltóárammá (AC) alakítsa, és a háztartás, illetve a hálózat felé továbbítsa azt.

Működésüket tekintve, a napjainkban elérhető megoldások közel azonosan működnek. Globális szinten a legelterjedtebb a kristályos szilícium alapú panelek, megbízhatóságuk és hosszú élettartanuk miatt (Földváry-Bándy, 2015). Ezeket a szilíciumból készült félvezetőket úgynevezett szennyezésekkel kezelik, melyek hatására létrejön egy n-típusú (negatív) és egy p-típusú (pozitív) oldal. A gyakorlatban a negatív oldal eléréséhez foszfort, míg a pozitívhoz bórt használnak. Erre azért van szükség, mert így az n-oldali rész elektron többlettel fog rendelkezni, a p-oldalon pedig elektron hiány keletkezik. Erre úgy tekinthetünk, mintha a pozitív rész lyukas lenne, amittől pozitív félvezető lesz. Ez alapján a rendszerben az ellentétes töltésű oldalak semlegesítik egymást egészen addig, amíg a napfényben található fotonok be nem kerülnek a szisztémába.

Ha a stabil rendszerbe fénysugár csapódik be, bekövetkezik a fényelnyelés jelensége, mely hatására a fotonok gerjesztik az elektronokat. Ekkor a már említett lyukak a negatív, míg a többlet elektronok a pozitív irányba indulnak el. Az inverter arra szolgál, hogy a két oldal összekötése esetén az egyenáramból váltóáramot képezzen, mely már hasznosítható a háztartás számára.

## III.2. A kristályos napelemek jellemzői

Napjainkban a napelemeket típus szerint négy nagyobb csoportra bonthatjuk. Léteznek a már említett kristályos szilícium cellák, melyben megkülönböztetünk monokristályos és polikristályos verziókat, a vékonyréteg, vagy vékonyfilm cellás és hibrid cellás megoldások.

A monokristályos cellák esetében a vágás során minimalizálják a hulladékot, ezzel növelve a hatékonyságot. Legfőbb előnyük a 18-20%-os hatásfok. Hátránya viszont a költség oldalon jelenik meg, előállításuk költségesebb a polikristályos megoldásnál. A polikristályos vagy többkristályos típus esetén a szilícium több kristályban dermed meg, így a cellák szemcsehatárokkal rendelkeznek. Ennek következtében hatékonysága valamivel alacsonyabb, mint a monokristályosé, optimális esetben 15% körül ingadozik (Gáspár, 2019). A vékonyrétegű napelemeket, másnéven másodík generációs napelemek készítése vékony film rétegre készítik, ennek következtében egy rugalmasabb, könnyebb megoldást állítanak elő. Ennek következtében több felületre felvihető, akár üvegre is. Hatékonyságuk 6-12% környékén mozognak, hátrányuk azonban az amortizáció, mely jelentősen magasabb, mint a kristályos megoldások esetén. (Lipták, Bodnár, 2020).

Negyedik változat a hibrid megoldás, mely esetében két vékony film közé egy kristályos cellát illesztenek be. Ez a technológia hatásfoka 19% körül mozog, előállítások azonban jelentős költséget jelent. (Lipták, Bodnár, 2020) A technika még inkább kutatási formában létezik, a gyakorlatban nem figyelhető meg jelentős piaci szerepe.

## IV. Termelési számítások

Az alábbiakban szeretnénk betekintést nyújtani a PV cellák termelési számításairól, illetve olyan faktorokról, amelyek hatással vannak a valós elektromos energiatermelésre.

### IV.1. Napelemek hatékonysága

A napelem cellák hatékonysága számos tényezőtől függhet, melyek figyelembevétele nem elhanyagolható a telepítésük során. Számolásaink során optimális állapotot felételezünk, ezért a következőkben áttekintjük azokat a feltételeket, melyek befolyásolhatják a napelemek hatékonyságát. Kutatások bizonyítják, hogy a PV cellák energia termelésére számos külső tényező gyakorol hatást. Ezek közül legfontosabb a hőmérséklet, a besugárzás mennyisége és a megvilágítás. Ezen felül szerepet játszhat még a légkör összetétele, abban lévő szennyeződés mértéke, a páratartalom, illetve a levegő mozgási sebessége (Mekhilef, Rahman, Masoud, 2012).

A lakosság számára elérhető napelemek hatékonysága 12-19% körül mozog. Ennek kiszámításához tulajdonképpen egy arányt adunk meg, amely a rendszerbe való bemenő és kimenő energia közti hányados. A szakirodalomban van egy elfogadott számítási módszer, melynek rövid bemutatása következik. A napelem hatékonyság képlete:

$$\eta = \frac{P_{\max}}{EA_c}$$

ahol  $P_{\max}$  a PV cella maximális energiatermelése és  $EAc$  az inverter által a hálózatra visszaadott teljesítmény.

A PV cella maximális energiatermelése az a mennyiség, amit a cella képes termelni sztenderd laborkörülmények között, vagyis konstans 1000W/m<sup>2</sup> sugárzás és 25 C° környezeti hőmérséklet mellett. Ezt a mennyiséget kWp (kilowatt-peak) mértékegységben adják meg (European Commission, 2022). A PV cella maximális energiatermelése megegyezik a

rövidzárlati áram (ISC) és az üresjáratú feszültség (VOC) szorzatával. Persze valós használat közben a körülmények eltérnek a laboratóriumi sztenderdektől, ami jelentősen meg tudja változtatni a PV cella valós termelését. Így szükséges korrekciós számításokat is figyelembe venni, hogy a valósághoz közeli eredményt kaphassunk.

## IV.2. Besugárzás szerepe a termelésben

Természetesen a legfontosabb faktor, ami a megtermelt mennyiséget befolyásolja, az a PV cellára érkező besugárzás. A napból érkező sugárzás az atmoszférán keresztülhaladva számos ellenállásba ütközik, elnyelődik, szétszóródik, aminek következtében a földre érkező sugárzás energiája csökkenhet. A földet elérő sugárzás három komponensből tevődik össze. A napból közvetlenül, bármilyen hatástól mentes sugárzás, az atmoszférában szétszóródott sugárzás, ami így nem közvetlenül, egy irányból éri a földet, hanem az egész égboltból érkezik, illetve a földfelszínről vagy közeli objektumokról visszatükröződő sugárzás (European Commission, 2022).

A földre érkező besugárzást földi műszerekkel és műholdakkal is lehet mérni. A valós termelés kiszámításánál az általunk használt program (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM) műholdas alapú megközelítést használ, azonban annak pontos módszertanának ismertetése meghaladja ezen kutatás kereteit. A számítások során figyelembe vették adott területre az átlagos felhőzetet és az abból visszaverődő sugárzást, a földrajzi elhelyezkedésből adódó sugárzás hajlásszögét, valamint a terület domborzatából adódó árnyékoltságot (Amillo, Huld, Müller, 2014). Szintén szerepet játszik, hogy a PV cellák típustól függően különböző hullámhosszú fényre érzékenyek. A kristály szilíciumos cellák például a látható és az infravörös sugárzásra is érzékenyek, míg más típusok inkább a látható hullámhossz-tartományon belüli sugárzásra. A fény hullámhossza napszaktól és időjárástól függően is változik, így ennek hatását is figyelembe kell venni (European Commission, 2022). Ennek kifejezésére szolgál az úgy nevezett spektrális hatás, amely a fény hullámhossz változásából következő teljesítménycsökkenést mutatja meg (Huld, Gracia Amillo, 2015).

## IV.3. Termelést csökkentő további tényezők

A téma szempontjából fontos megemlíteni még a hőmérséklet-korrekciós tényezőt, melyet a napelem teljesítményének pontosabb meghatározására használhatunk. A hőmérséklet növekedésével az üresjáratú feszültség (VOC) csökkent, ami hatékonyság veszteséghez vezet

(Radziemska, 2003). A korrekciós képlet alapján a környezet hőmérsékletének növekedése emelni fogja a modul hőjét, ami negatív hatást ér el a termelékenységen. Ez alapján kijelenthető, hogy ceteris paribus a klíma csökkenésével növekszik a produktivitás. A besugárzás növelését a napelem felszerelésekor a dőlésszöggel lehet befolyásolni, ennek Magyarországon az optimális értéke 30 és 40 fok között van, helytől és átlaghőmérséklettől függően (Ferge, 2020).

Amikor a fény eléri a PV cellát, nem fog teljes mértékben elnyelődni, egy része visszaverődik a cella felületéről. Ennek aránya a fény beesési szögétől függ, minél élesebben esik rá a cellára, annál nagyobb része fog visszaverődni. Ez a hatás körülbelül 2-4% veszteséget okoz, földrajzi elhelyezkedéstől függően (Martin & Ruiz, 2001).

A levegőben keringő szennyeződés is hatással van a termelékenységre, hiszen mind a légköri por, mind a napelemre kerülő lepedék csökkenti a napelem energiatermelését. Itt újra figyelembe kell venni a háztető, illetve napelem dőlésének szögét, hiszen kisebb dőlés esetén nagyobb felület marad szennyeződés alatt. Tanulmányok szerint az Amerikai Egyesült Államokban 4,7%-os degradáció volt megfigyelhető két hónap alatt (Hottel, Woertz, 1942), míg Szaúd-Arábiában ez az érték 40% hat hónap elteltével (Nimmo, Said, 1981). A levegő páratartalmának két hatása lehet. Egyik formája a légkörben, másik ennek a panelen való lecsapódása. Belátható, hogy a nagyobb páratartalom csökkenti a hatékonyságot, hiszen a fény útjába kerülő víz megtöri vagy akár vissza is veri a sugárzás egy részét, ezzel csökkentve a besugárzást. A szélnek azonban fordított hatása van a relatív páratartalomra, így ennek növekedése esetén hatékonyabb működést érhetünk el (Gwandu, Creasey, 1995).

Az sem elhanyagolható, hogy a PV cellák teljesítménye fokozatosan romlik. Egy használatban lévő év alatt átlagosan 0,5%-át veszti el a teljesítményének, ami azt jelenti, hogy a 20 év alatt, ami cellák tipikus élettartama, a teljesítményük 10%-át elvesztik, vagyis átlagos teljesítményük csak 95% (Jordan, Kurtz, 2013). A fent említett hatások csak a PV cella termelő teljesítményére hatnak, azonban a megtermelt elektromos egyenáramot váltóárammá alakító inverterben, majd a továbbításra használt vezetékben is fellép energiaveszteség (European Commission, 2022).

Összességében sok külső hatást kell figyelembe venni a napelem felszerelésekor, hogy legnagyobb hatékonyságát ki tudjuk használni. Számításaink során magyarországi adatokkal fogunk dolgozni, így a termelés során felmerülő adatokat magyar paraméterekkel látjuk el.

## V. Napelemes beruházások támogatása

2014-től kezdve számos támogatás indult országos szinten, mely a lakossági napenergia elterjedését ösztönözte. Mind állami, mind banki támogatások is indultak. A kormányzat számára fontos volt a technológia felkarolása, hiszen a lakossági napelem nagy részben hozzájárul a megújuló energiaforrásokhoz Magyarországon, mely egyes kutatások szerint a gazdasági fejlődéshez is vezethet (Banász, 2014). A tanulmányok vegyes eredményeket mutatnak. Egyesek szerint jelentős kapcsolat van egy ország villamos energia fogyasztása, és a GDP-je között, azonban léteznek kutatások, melyek ezzel ellentétben nem vélnek felfedezni egyértelmű kapcsolatot (Ozturk, 2010). Ha a rövidtávú céloktól eltekintünk, hosszabb távon sok előnye van a napelem technológiának a kormányzat számára. Környezetvédelmi oldalról csökkenti a légszennyezést, gazdasági oldalról pedig segítik az ipar fejlődését, mely új munkahelyekhez vezethet. A hosszútávú célok közé tartozhat a költséghatékonyság kérdése, hiszen a napelemek élettartama generációkon átívelő, 20-25 éves élekciklussal számol a szakirodalom (European Commission, 2022). Nem utolsó sorban energiafüggetlenségi okai is vannak, mely Magyarország számára jelen állás szerint nem kecsegtető. 2014-ben a felhasznált energia 60%-a importon keresztül érkezett az országba, mely 2019-ben közel 69%-ra ugrott fel (Központi Statisztikai Hivatal, 2021).

### V.1. Állami támogatások típusai

Első napelemes rendszer támogatás az ÚSZT lakossági napkollektoros pályázat volt, mely 2011 októberében indult, és 2012 májusában le is zárult. Ugyan kiesik az időszak támogatás a vizsgált időszakunkból, fontos megjegyezni, hogy a technológia terjesztése 2014 előtt is szem előtt volt. Ezt a pályázatot lakosság igényelhetette, maximális 800 000 forintot utólagos finanszírozással (Naplopó Kft., 2012).

Az Otthon Melege Programot (OMP) 2014-ben indították, célja pedig a lakóépületek és háztartások energiahatékonyságának fejlesztése volt. Az elmúlt 9 évben közel 34 milliárd forint vissza nem térítendő hitelhez jutott a lakosság (Otthon Melege, 2023). Ugyan a támogatást számos célból meg lehetett igényelni, a napelemekre 45%-os támogatást, maximum 1,5 millió forintot lehetett elnyerni. A pályázaton belül, 2021-ben jelent meg az új Otthonfelújítási Program, mely célja az otthonok korszerűsítése, főleg olyan lakóingatlanok támogatása, melyek energetikai besorolása C vagy annál rosszabb. A kormányzat által kiadott hozzájárulást fel lehet



használni fűtési rendszer korszerűsítésére, hőszigetelésre, energetikai beruházásra vagy akár napelem telepítésre. A támogatás összege a 3 millió forintot nem haladhatja meg, de legfeljebb a teljes összeg 50%-a finanszírozható a pályázatból (Magyarország Kormánya, 2020).

Egy további támogatás a Magyar Fejlesztési Bank (MFB) kamatmentes napelem hitelprogramja, mely a megújuló energiaforrások használatának ösztönzése érdekében indult el. 2019-ben 1 milliárd forintos keretösszeggel indították el, melyet a napelem rendszerek telepítésére is igénybe lehetett venni. Élő személyek esetén 5-10 millió forintot vehettek fel, a fedezet függvényében. A hitelen 0% kamatot számoltak fel, a futamidőt pedig maximum 20 évben határozták meg (Magyar Fejlesztési Bank, 2021).

## VI. Módszertani ismertető

A napelemes rendszer beruházása tőkelekötésen keresztül megy végbe, ezért érdemes a beruházásra befektetés formájában tekinteni. Kutatásunk során több megtérülési mutatószámot használunk, melyek egyes esetekben eredményezhetnek azonos kimenetelt, használatukat fontosnak tartjuk a többszemponútú megközelítés miatt. A modellünk során statikus és dinamikus mutatószámokat számolunk, jövedelmezőségi indexet (PI), átlagos jövedelmezőséget, belső megtérülési rátát (IRR), megtérülési időt (PP), diszkontált megtérülési időt (DPP), forgási sebességet, illetve nettó jelenértéket (NPV).

A kutatás során úgy véltük, a nettó jelenérték számítás a legmegfelelőbb a téma bemutatására, így a többi megtérülési mutató mellett ezt fejtjük ki bővebben. Érzékenységvizsgálatunk során a nettó jelenérték lesz a fókuszban, aminek oka, hogy ez a mutató összetettebb, legtöbb esetben azonos információt tartalmaz a többivel és befektetési szempontból ez a lakosság által legtöbbször vizsgált a bemutatottak közül. Módszertani bemutatás során a két jól elkülönülő csoportra osztható mutatószámokat egyesével kifejtjük. Erre azért van szükség, mert a statikus változatok nem veszik figyelembe a pénz időbeni mozgását, míg dinamikus esetben a diszkontálás és korrekció is a kalkuláció része (Bálint, Juhász, & Papp, 2001).

### VI.1. Statikus mutatószámok

Befektetési szempontból sokak számára első elvárás, hogy a beruházás adott időn belül megtérüljön. Ugyan a statikus megtérülési idő a szakirodalom ajánlásokkal számtalanszor

szembe megy, a brit vállalatoknál például majdnem minden esetben számolnak vele (Szűcsné Markovics, 2012). Előnye, hogy egyszerűen értelmezhető, gyorsan számítható és ha a megtérülés miatt a befektetés életképtelen, akkor nem érdemes dinamikus számítást végezni. A megtérülési idő számítása az alábbi módon történik:

$$PP = \frac{CF_0}{AVG_{CF_t}} \quad t = 1, 2, \dots, n$$

ahol PP a megtérülési idő (évben),  $CF_0$  a kezdeti befektetés,  $AVG_{CF_t}$  az átlagos éves hozam és n a futamidő (Brealey, Myers, Allen, & Krishnan, 2006).

A forgási sebesség azt adja meg nekünk, a befektetés hányszor térül meg a beruházás időtartama alatt. Azt mutatja meg, mennyire hatékony a beruházás, számítása a következő:

$$\text{forgási sebesség} = \frac{T}{PP}$$

ahol T a befektetés futamideje, PP pedig a megtérülési idő (Béhm, Bárczi, Zéman, 2016).

Az átlagos jövedelmezőség azt mutatja meg, mekkora nyereséget érünk el átlagosan a befektetett tőkén. A számítása során megnézzük beruházás pénzáramlásainak átlagát, majd ezt arányosítjuk a kezdeti investáláshoz, így százalékos formában fejezi ki a beruházás hatékonyságát:

$$AVG_{PI} = \frac{AVG(CF_t)}{I_0} \quad t = 1, 2, \dots, n$$

ahol  $AVG(CF_t)$  az átlagos pénzáramlás és  $I_0$  a kezdeti befektetés (Kosztópulosz, 2018).

## VI.2. Dinamikus mutatószámok

A nettó jelenérték (NPV) a leggyakrabban használt dinamikus mutatószám, amely alkalmas beruházások megtérülésének összehasonlítására. A nettó jelenérték, a beruházás teljes időszaka alatti pénzáramlások jelenértékének összege, képlete

$$NPV = CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{\prod_{i=1}^t (1 + r_i)}$$

ahol  $CF$  a pénzáramlások,  $r_i$  az egyidőszaki forward diszkontráta,  $n$  a beruházás élettartama. A 0-ik időszaki  $CF$  általában a kezdeti beruházást jelöli, vagyis negatív pénzáramlás. 0 nettó jelenértékű beruházás azt mutatja meg, hogy az alternatív befektetéshez képest nem biztosít magasabb hozamot, pozitív nettó jelenérték esetén a beruházás többlethozamot eredményez. Így azokat a beruházásokat érdemes elfogadni, amelyeknek pozitív a nettó jelenértéke (Brealey, Myers, Allen, & Krishnan, 2006).

A jövedelmezőségi index úgy definiálható, mint a beruházás jövőbeli pénzáramlásainak jelenértékének és a kezdeti beruházás értékének hányadosa:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{\prod_{i=1}^t (1 + r_i)}}{CF_0}$$

A képlet jelölései teljesen analógok a nettó jelenérték jelöléseivel. A jövedelmezőségi index azt mutatja meg, hogy hányszorosát biztosítja a jövőbeli pénzáramlások jelenértékeinek összege a kezdeti beruházásnak a beruházás élettartama alatt. Ha a jelenérték pozitív és a jövedelmezőségi index 1-nél nagyobb, akkor a beruházás nettó jelenértéke is pozitív (Brealey, Myers, Allen, & Krishnan, 2006).

A belső megtérülési ráta (IRR) az a diszkontráta, amely mellett a beruházás nettó jelenértéke éppen 0. Az IRR meghatározásához a következő egyenletet kell megoldani (Brealey, Myers, Allen, & Krishnan, 2006):

$$0 = CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t}$$

Másképpen az IRR azt a maximális diszkontrátát adja meg, amely mellett a beruházás jelenértéken megtérül. A belső megtérülési rátára alapuló szabály az, hogy akkor fogadjunk el beruházást, ha a tőke alternatívaköltsége, vagyis a nettó jelenérték esetén használt diszkontfaktor kisebb, mint a beruházás belső megtérülési rátája, beruházások összehasonlításakor meg a magasabb belső megtérülési rátával rendelkezőt érdemes választani (Brealey, Myers, Allen, Krishnan, 2006). A belső megtérülési ráta a nettó jelenérték melletti leggyakrabban használt dinamikus megtérülési mutatószám.

A diszkontált megtérülési idő, a megtérülési időhöz hasonlóan azt vizsgálja, hogy milyen hosszúnak kell lennie a beruházás élettartamának, hogy jelenértéken megtérüljön. Azaz, a megtérülési idővel ellentétben a diszkontált megtérülési idő figyelembe veszi a pénz időértékét is. Számítása a megtérülési időhöz hasonlóan és azonos jelölésekkel (Brealy, Myers):

$$DPP = \frac{CF_0}{AVG \frac{CF_t}{\prod_{i=1}^t (1+r_i)}} \quad t = 1, 2, \dots, n$$

## VII. A modell keretrendszere

Az alábbiakban bemutatjuk a modell keretrendszerét, a feltételezéseket, illetve a modellben használt adatokat. Modellünkben 3, 5 és 8 kWp-es HMKE rendszereket vizsgálunk. Ennek az az oka, hogy a három méret termelést tekintve tulajdonképpen lefedi a kis, közép és nagyobb háztartásokat. Az egyes méretű rendszerek megtérülését 2014-ig visszamenőleg, évenként vizsgáljuk, azzal a feltételezéssel, hogy a napelemes rendszer hálózatra való csatlakoztatása adott év január 1-én történik meg, vagyis minden egyes év teljesen figyelembe van véve a számolás során.

### VII.1. Elszámolási módok

A következőkben bemutatjuk milyen elszámolási formák jönnek szóba, melyek a jogszabály-módosítás esetén hatályba léphetnek. A 2022 novemberi rendelkezést követően, melyben szerepel, hogy 2024-től megszűnik az éves szaldó, három elszámolási módszer került előtérbe. Havi szaldó, éves bruttó, illetve havi bruttó elszámolás.

#### VII.1.1. Havi szaldó

A havi szaldó elszámolás tulajdonképpen a bruttó és az éves közötti átmenet. Az éves szaldónál a hálózaton tulajdonképpen a szolgáltató nem csinált mást, mint tárolta a nyáron megtermelt többletet a fogyasztó számára. Ezt szünteti meg a havi rendszer, melyben nem vihető át a kiegyenlítés kevésbé kedvező időszakokra. Az éves elszámoláshoz képest annyi a különbség, hogy minden hónap végén van egy záró elszámolás (MVM, 2023). Ha a termelés magasabb volt a fogyasztásnál, a szolgáltató megveszi adott áron, fordított esetben pedig a háztartás köteles magasabb áron megvásárolni a különbözetet.

A modellünkben a havi szaldó számítása a következő módon történik. Éves szinten havi bontást veszünk, erre pedig azt vizsgáljuk, egyes esetekben túltermeltünk-e, vagy a fogyasztásunk volt magasabb. Fontos kiemelni, hogy az önfogyasztás jellege nem szól bele a számolásba, mert amikor azt akarjuk eldönteni befizetők vagyunk-e, a feltöltés és a valós fogyasztás különbségét kell venni. A feltöltés a termelés mínusz önfogyasztás, míg a valós fogyasztás nem más, mint a fogyasztás és önfogyasztás különbsége. A két művelet egymásból való kivonása esetén kiesik az önfogyasztás. A számla kiszámolása során pedig attól függően, hogy melyik státuszba kerülünk, megszorozzuk a termelést/fogyasztást a megfelelő árral.

### VII.1.2. Havi bruttó

A HMKE havi bruttó elszámolási rendszere nagyban hasonlít az éves elszámolási módszerhez, különbség az, hogy az elszámolás nem éves, hanem havi szinten történik. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy a többlet termelést havi szinten kifizeti a háztartásoknak a szolgáltató. Fordított esetben, túlfogyasztás esetén ugyanez történik, ekkor viszont nem az átvételi áron, hanem a piacon meghatározott áron történik a kereskedelem. Összességében tehát az éves bruttó és a havi szaldó elszámolások keveréke. A lakosság számára ez azt jelenti, hogy mivel termelés alacsonyabb a téli hónapokban, az önfogyasztás pedig magasabb, ezért várhatóan magasabb költségeket rejt (Major, 2022).

A havi bruttó elszámolást a modell felépítése során a következő módon vittük véghez. A vizsgált időszakra (2014-2043) havi bontásban vizsgáltuk a számlákat. Minden periódusra kiszámoltuk a rendszerbe való feltöltött áram mennyiségét, mely a termelés és az önfogyasztás különbsége, és ezt szoroztuk be az áram átvételi árával. A rendszerben való ellentétes irányba folyó áramot pedig a fogyasztás és az önfogyasztás különbségeként határoztuk meg. Ezt az értéket szoroztuk az áram árával. Végül éves szinten aggregáltunk, így kaptuk meg az éves számlát.

### VII.1.3. Éves bruttó

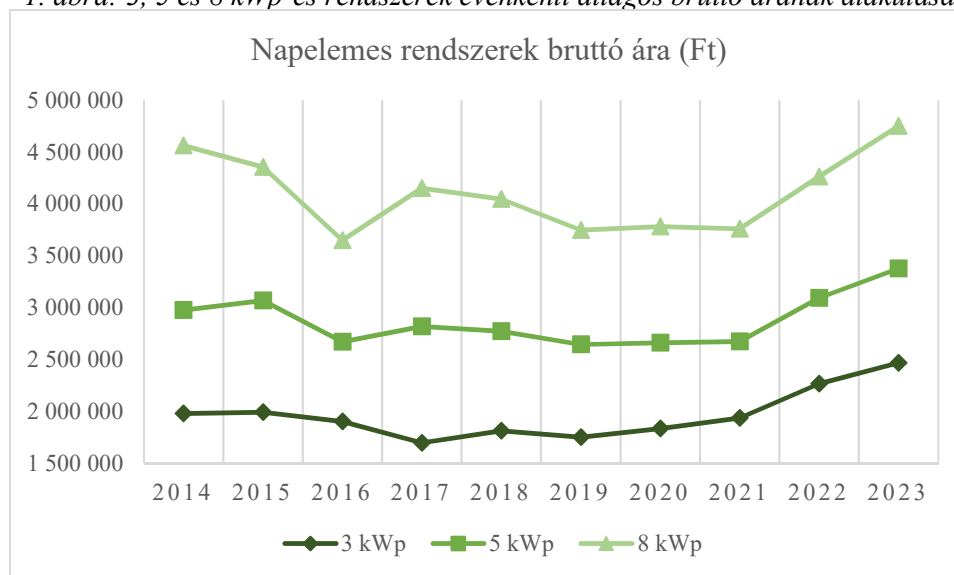
Az éves bruttó elszámolás lényege, hogy a megtermelt villamos energiát, melyet nem fogyasztunk el, és betáplálásra kerül a rendszerbe, adott áron a szolgáltató megvásárolja, majd a hálózatról lehívott mennyiséget eltérő áron számolja fel. Nem képeznek szaldót, tehát ebben az esetben olyan, mintha folyamatosan kereskednénk a szolgáltatóval, míg az éves szaldónál tulajdonképpen egy akkumulátorként használtuk a hálózatot, ahol tároltuk a felesleget, és pluszban vételeztünk, ha szükséges volt (Major, Csiki, 2022).

A modellben a bruttó éves elszámolást a következőképpen számoljuk. Éves szinten aggregáljuk fogyasztást, melyből kivonjuk az önfogyasztás jelleggörbe alapján aggregált önfogyasztást. Ez adja meg, mekkora rész az, amit a hálózatról lehívunk az A1-es áron. Ehhez adjuk hozzá az éves szinten feltöltött mennyiséget az átvételi árral szorozva. Természetesen figyelembe vesszük az árváltozást, ilyenkor éven belüli összesítést végzünk majd ezeket a részeket összeadva kapjuk az éves bruttó pénzmozgást.

## VII.2. Napelem ára

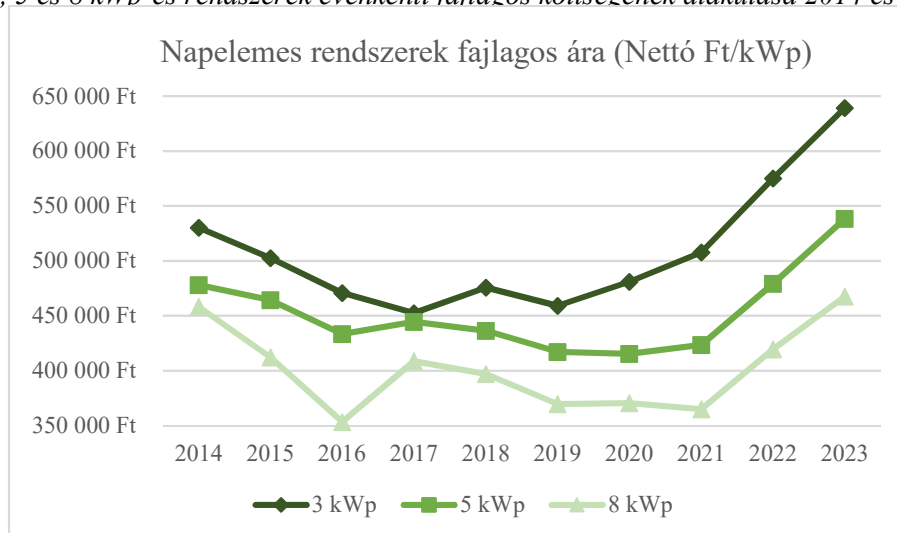
Megtörve a hosszútávú trendet, 2021 közepétől kezdve a napelemes rendszerek árai jelentős mértékben emelkedtek. Az emelkedésben szilíciumhiány, és a koronavírus-járvány következtében fellépő ellátási láncot érintő problémák is szerepet játszottak (Major, 2021). Azaz az egyszerre fellépő alapanyaghiány és kapacitásproblémák megnövelték a beruházási költséget, ami így annak megtérülését rontja. Az 1. és 2. ábrán látható a 3, 5 és 8 kWp-es HMKE rendszerek bruttó árának és fajlagos költségének alakulása 2014 és 2023 között. Az adatok éves átlagos értékeket tartalmaznak. 2021-ig az 5 és 8 kWp-es rendszerek bruttó és nettó fajlagos árban trendszerű csökkenés látható, a 3 kWp-es rendszer esetén ez a csökkenés azonban csak 2017-ig tartott. Azonban az említett problémák miatt 2021-től drasztikus emelkedés következett be a bruttó árban. Nettó fajlagos ár tekintetében legalább 100 000 forintos emelkedés történt, legnagyobb mértékben a 3 kWp-es rendszer nettó fajlagos ára nőtt. A modellünkben használt árazási adatokat a Naplopó Kft. szolgáltatatta, más cégek árazásai ettől eltérhetnek.

1. ábra: 3, 5 és 8 kWp-es rendszerek évenkénti átlagos bruttó árának alakulása



Forrás: Naplopó Kft., saját számítás

2. ábra: 3, 5 és 8 kWp-es rendszerek évenkénti fajlagos költségének alakulása 2014 és 2023 között



Forrás: Naplopó Kft., saját számítás

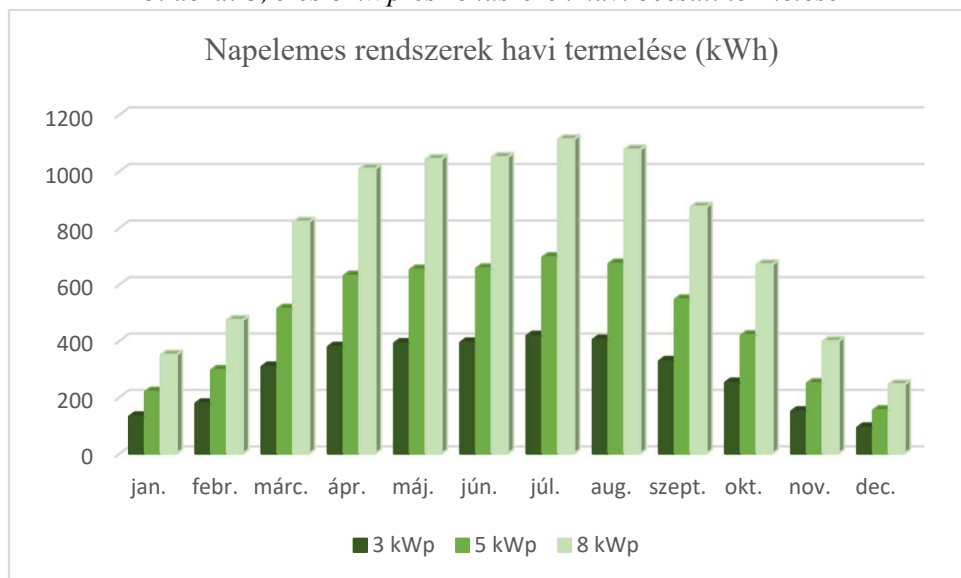
### VII.3. Termelés

A napelemes rendszerek termelékenységére számos paramétertől függhet, ahogy azt a korábbiakban kifejtettük. A feladat komplexitása miatt korlátokat kellett szabnunk, és eldönteni mi az a paraméter együttes, mellyel a modellezhetőséget elősegítjük. Végül az egységes számolás okán választottuk a European Commission hivatalos honlapján található PVGIS-SARAH2 adatbázist, melynek interaktív adatlekérője segítette munkánkat. Előre meghatározott paraméterek mellett, mint a napelem típusa és dőlésszöge, rendszer teljesítménye, elhelyezkedés koordinátái, kiszámítja az éves termelés mennyiségét, mégpedig havi jellegzőgörbével.

A tanulmány számításai során fontos kiemelni az alábbi tényezőket. Kristályos technológiát veszünk, elhelyezkedését tekintve pedig a budapesti nullás kilométerkö koordinátáit állítottuk be (47.498, 19.041). A napelem felszerelés beállításait háztetőre integráltnak választottuk, mely várhatóan hatékonyság veszteséget fog magával hordozni, a nehezebb hűlés miatt. Optimalizált dőlésszöggel számoltunk, ami Budapest esetében 36°-ot jelent. Fontos kiemelni, hogy a termelés nem súrlódásmentes, a termelési számításokban leírtak miatt -14%-os veszteséget állítottunk be. Ez azonban nem végleges, a további veszteség jelenik meg a napsugárzás besugárzási szögén (-2,66%), a hőmérsékleten és sugárzás mennyiségén (-10,72%). Pozitív hatás (1,32%) azonban az úgynevezett „spektrális hatás” mely a napsugárzás spektrumának eltérő hullámhosszainak átalakításából származik. Ebből számolva a termelés

során felmerülő teljes veszteség -24,27%. A pontos termelési adatokat, melyekkel dolgoztunk az 1. táblázat tartalmazza, valamint a 3. ábra szemlélteti.

3. ábra: 3, 5 és 8 kWp-es rendszerek havi becsült termelése



Forrás: PVGIS

1. táblázat: 3, 5 és 8 kWp-es rendszerek havi becsült termelése

	3 kWp	5 kWp	8 kWp
január	131,3	218,8	350,0
február	177,5	295,8	473,3
március	307,8	513,0	820,8
április	378,2	630,3	1008,5
május	391,1	651,8	1042,8
június	393,6	656,0	1049,6
július	417,2	695,3	1112,5
augusztus	403,6	672,6	1076,2
szeptember	327,8	546,3	874,1
október	251,4	419,0	670,4
november	149,4	248,9	398,3
december	91,9	153,1	245,0
Összesen	3420,6	5701,0	9121,5

Forrás: PVGIS



## VII.4. Fogyasztás

Témánkat tekintve a termelés, az áram ára és a diszkontok mellett, a fogyasztás modellünk egyik sarokköve. Fontos kiemelni, hogy bizonyos korlátokkal éltünk a számítások során. Egyik ilyen, hogy a fogyasztás meghatározásánál azt tettük fel, mintha a lakás teljes energiaellátása villamosenergiából származna.

Ennek fontos szerepe lesz a megtérülések számításánál, más energiahordozók a lakóhelyiségbe való bekötését nem vettük figyelembe. Így tehát a valóságba való implementáció esetén szem előtt kell tartani, hogy egy háztartás jelenlegi villamosenergia fogyasztása vélhetően alacsonyabb, mint a modellel párhuzamba hozható házvezetése, hiszen mi a teljes energiaellátást villamossággal fedoznénk az alternatívaköltségek számításánál. Továbbá nagyon jelentős szerepet játszik a fogyasztás jelleggörbéje. Ennek meghatározásához a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal oldalán talált adatokkal dolgoztunk (Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal, 2023). Az adatbázisban 2016 és 2022 között jelentettek meg számszerű információt, így ezekre számoltuk ki havi bontásba a fogyasztás mértékét százalékos formában. A hét évet vizsgálva havi szinten átlagot vettünk, és ezt tekintettük az éves fogyasztás jelleggörbéjének.

2. táblázat: Áramfogyasztás jelleggörbéje

jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
9,2%	8,3%	8,7%	7,8%	7,9%	8,0%	8,3%	8,1%	7,9%	8,4%	8,5%	8,8%

*Forrás: saját számítás a MEKH országos villamosenergia-ellátás havi adatbázisa alapján*

A fogyasztáson belül nagy szerepet játszik az önfogyasztás jelensége. Ez tulajdonképpen nem jelent mást, mint azt a hányadot, melyet a megtermelt energiából azonnali felhasználásra fordítunk vagy tárolunk, míg szükség esetén saját fogyasztásunkra nem alkalmazzuk. Ha a napelem termel, és valamilyen fogyasztó működésbe lép a háztartásban, akkor nem töltjük fel a rendszerbe az előállított energiát, de nincs is szükségünk megvásárolni azt a hálózatról. Számításaink alapját a Naplopó Kft. által biztosított önfogyasztási adatbázis adta. A szakirodalom által nincs elfogadva egy bizonyos önfogyasztási szint, mely általánosan kimutatott lenne, Quasay Hassan szerint ez 44-53% között mozog, akkumulátoros technológia nélkül (Hassan, 2022), míg Rasmus Luthander és szerzőtársai szerint ez mindössze 24%-ot ér el (Luthander, Widén, Nilsson, Palm, 2015).

3. táblázat: Önfogyasztás és megtermelt áram aránya havi szinten

jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
56,3%	40,1%	31,9%	22,6%	28,0%	22,5%	32,9%	27,9%	29,2%	33,0%	47,3%	57,2%

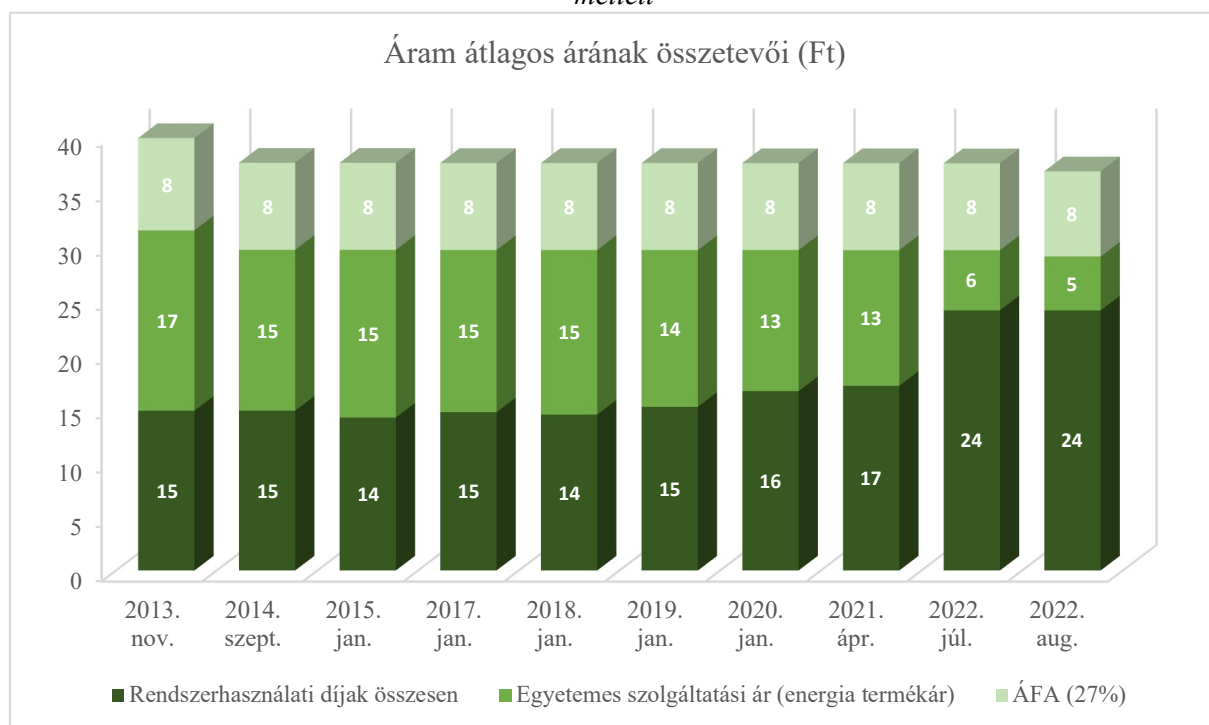
Forrás: Naplopó Kft.

## VII.5. Áram ára

Megtérülés szempontjából kritikus az áram fogyasztói és átvételi ára, és a kettő közötti különbség, mivel magasabb átvételi ár mellett jobban megéri a napelemes rendszerrel megtermelt mennyiséget elfogyasztani, mint feltölteni az elektromos hálózatba. Ez a tény általánosságban is fennáll, mivel ahogy azt korábban láthattuk, az átvételi ár mindig alacsonyabb, mint a fogyasztói ár.

A modellünkben használt árakat a Magyar Energia- és Közműszolgáltatási Hivatal A1 árszabáshoz való számoló táblázata tartalmazza. A táblázat éves kWh fogyasztás megadásával kiszámolja 2013. novemberétől kezdve az egyes áramszolgáltatóknál (MVM DÉMÁSZ, EON, ELMŰ, MVM ÉMÁSZ, és ezek jogelődjei) az áram átlagos fajlagos árát, figyelembe véve az áram hatósági árára vonatkozó jogszabályokat. A 4. ábra évi 2523 kWh fogyasztás mellett tartalmazza a szolgáltatók árainak átlagát, rendszerhasználati díj, szolgáltatási ár, és tartalmazott ÁFA szerint. Az egyes időpontok azokat a módosításokat jelölik, amik hatással voltak az áram árára, az időponthoz tartozó oszlopok a módosított, új árat.

4. ábra: Rendszerhasználati díj, szolgáltatási ár, tartalmazott ÁFA alakulása évi 2523 kWh fogyasztás mellett



Forrás: saját számítás a MEKH A1 árszámoló táblázata alapján

Ahogy megfigyelhető, a rezsicsökkentés fenntartásának köszönhetően az áram fajlagos bruttó ára közel ugyanaz maradt. Azonban a módosítások során folyamatosan csökkent a szolgáltatási ár, ezzel együtt nőttek rendszerhasználati díjak. Ez is maga után vonja, hogy a HMKE rendszerrel megtermelt áramot a kötelező átvételi rendszer szerint is alacsonyabb áron veszi át a szolgáltató, vagyis a rendszer megtérülését egyértelműen rontja.

## VII.6. Diszkontok

A modellben dinamikus mutatószámokat használunk, ezért szükséges a diszkont meghatározása. A modell felépítése során kettő féle megközelítés alkalmaztunk. Elsősorban inflációval diszkontáltuk a pénzáramlásokat, vagyis a reálértékű megtérülést vizsgáltuk. Majd a modellt elkészítettük referenciahozamos diszkontálással is, azaz azt vizsgáltuk, hogy a magyar államkötvényekhez képest mekkora pénzügyi többletet tudunk elérni a beruházáson.

Az infláció alapú historikus diszkontokat a Központi Statisztikai Hivatal fogyasztói-árindex adattáblája (Központi Statisztikai Hivatal, 2021) alapján határoztuk meg 2014-től 2022-ig, amely a fogyasztói árszínvonalat az előző évhez képest adja meg. Az infláció jövőbeli alakulását 2023-tól 2042-ig pedig az Magyar Nemzeti Bank 2023-as márciusi inflációs jelentésére alapoztuk (Magyar Nemzeti Bank, 2023 március), amely 2025-ig tartalmaz az inflációra vonatkozó előrejelzést. A jelentésben megadott évekre az előrejelzési sáv középértékét vettük, és azt állapítottuk meg adott évi diszkontrátának. A 2025-től kezdődő időszakra a diszkontrátának pedig a 3%-os inflációs célt vettük alapul (Magyar Nemzeti Bank, 2005).

Mivel a lakosság legnépszerűbb befektetési formája az államkötvény (Magyar Nemzeti Bank, 2023), ezért érdemes összevetni ezt a napelemes beruházással, mint befektetéssel. Ennek érdekében 2014-től 2022-ig diszkontrátának az egy éves diszkontkincstárjegy adott évi átlagos hozamát vettük. Mivel a kötvényhozamok predikciója túlmutatna a kutatás keretein, ezért a diszkontfaktor a 2023-2042 időszakra 20 éves referenciahozam, mivel a modellben a napelemes beruházás élettartama is 20 év.

## VIII. Eredmények

## VIII.1. A modell felépítése

A modell szempontjából a legfontosabb kérdés, hogy a napelemes rendszerek esetén mi alapján kalkuláljuk a pénzáramlásokat. A modellünkben a pénzáramlás megtakarításnak feleltethető meg, amely lényegében azt a pénzüsszeget jelenti, amit a fogyasztó a HMKE használatával nem költ el áramszámlára az adott évben (Fekete, 2000). Lényeges pont, hogy az alternatív számla arra az esetre van számolva, amikor a fogyasztó nem rendelkezik HMKE rendszerrel, és az éves fogyasztása változatlan, így a fogyasztott áram ára magasabb lesz. Vagyis adott évi pénzáramlást a valós, azaz HMKE-vel rendelkező esetben fellépő számla, illetve az alternatív számla különbsége adja meg.

Továbbá fontos megjegyezni, hogy a fent ismertetett lehetséges elszámolási módok a HMKE telepítésétől függetlenül a jogszabály-módosítás szakasz alapján csak 10 év után lépnek érvénybe, ami azt jelenti, hogy a 20 éves élettartam mellett, a pénzáramlások 10 év szaldó elszámolás, 10 év másik lehetséges elszámolási mód alapján van kalkulálva. Mivel jogszabály nincsen arra vonatkozóan, hogy melyik lehetséges elszámolási módot kell alkalmazni, ezért a beruházás megtérülésének vizsgálatát mindhárom elszámolási móddal elvégeztük, és a vizsgálatokat tovább bővítettük érzékenységvizsgálattal is.

## VIII.2. Eredmények inflációval diszkontálva

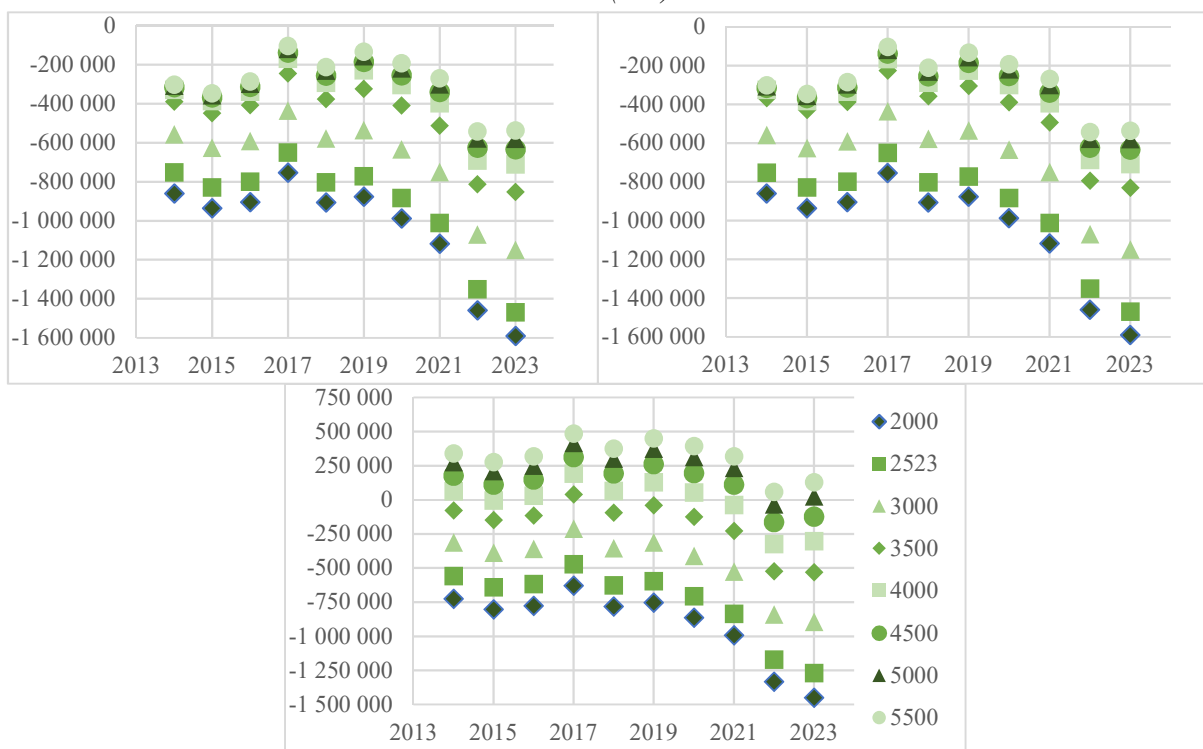
A modell eredményeiként bemutatjuk a diszkontált megtérülési időt, a belső megtérülési rátát, valamint a nettó jelenértéket, amelyre érzékenységvizsgálatot is elvégeztünk. A napelemes rendszerek tervezése legtöbbször egyedileg történik, adott háztartásra szabva. A rendszer megfelelő méretezése kritikus a megtérülés szempontjából, így ezek tervezését általában energetikus végzi. Az iparági közvélekedés az, hogy a HMKE éves termelése közel azonos legyen a háztartás fogyasztásával, hiszen ez alatt magasabb áramszámlát kell fizetni, felette azonban felesleges termelési kapacitás keletkezik, ami drágítja a beruházás költségét (MVM, 2021). Így a diszkontált megtérülési idő és a belső megtérülési ráta esetén olyan eredményeket mutatunk be, ahol az éves fogyasztás megegyezik a rendszer éves termelésével.

### VIII.2.1. A nettó jelenérték érzékenységvizsgálata

Az 5., 6. és 7. ábrákon a nettó jelenérték érzékenységvizsgálata látható a három méretű HMKE, és három elszámolási mód esetén. A legfontosabb ténymegállapítás, hogy a magasabb fogyasztás minden esetben magasabb nettó jelenértéket eredményez. Vagyis azonos feltételek mellett, elszámolási módtól függetlenül, a fogyasztás növekedésével az alternatív számla nagyobb mértékben növekszik, mint a valós számla. Ez alapján alátámasztható, hogy megtérülés szempontjából a napelemes rendszer felesleges termelőkapacitása sokkal nagyobb probléma, mint a rendszer alulméretezése. Ez alapvetően teljesen logikus, hiszen a szolgáltató sokkal magasabb áron adja el az áramot, mint amennyiért átveszi, ezért az alacsonyabb fogyasztás magasabb alternatívaköltséget eredményez, ami kisebb NPV-ben nyilvánul meg.

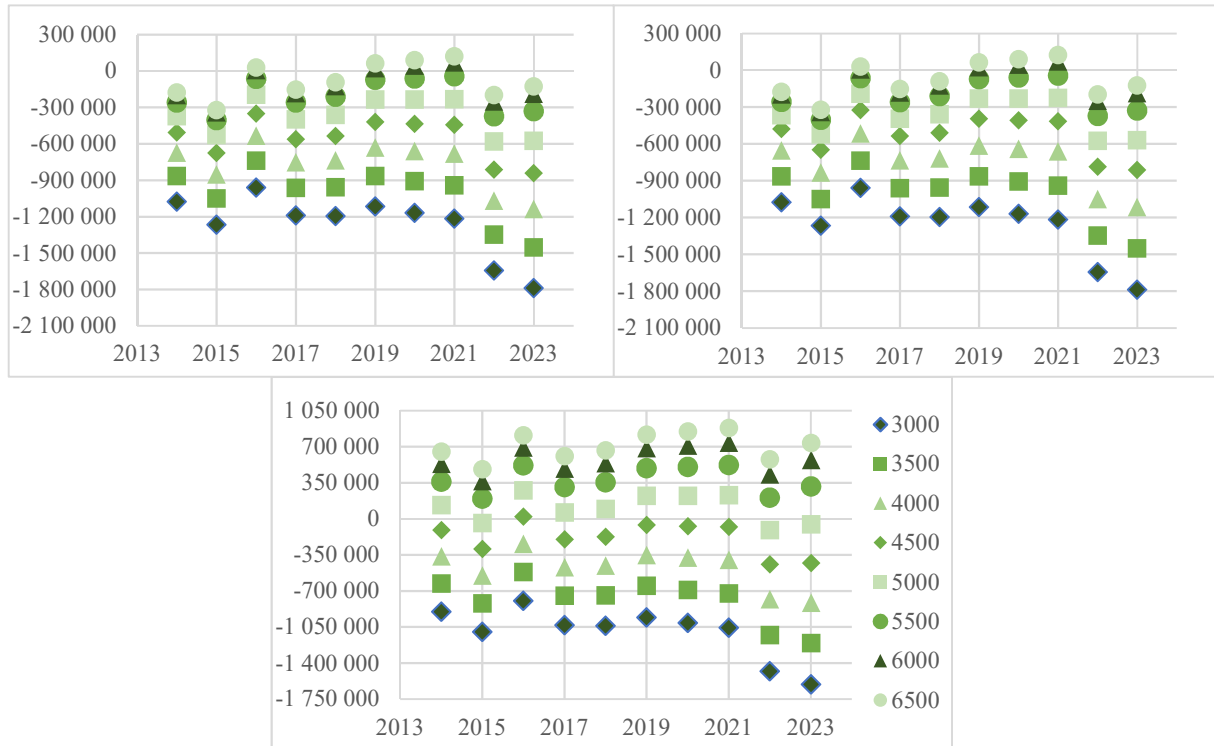
Ami még észrevehető, hogy az NPV jelentősen függ a napelemes rendszerek áralakulásától, egyes fogyasztáshoz tartozó értékek ellentétes irányú mozgást végeznek az áralakulástól képest. Az NPV esetén is megfigyelhető 5 és 8 kWp-es esetén 2021-ig, 3 kWp-es rendszer esetén 2017-ig emelkedés a megtérülésben, majd utána drasztikus csökkenés következett. Azonban hiába növekedett jelentősen az ár 2022-ről 2023-ra, az ábrákon magasabb fogyasztás mellett az NPV-ben ez a különbség nem arányos az árnövekedéssel, sőt még magasabb NPV is elérhető. Ennek oka egészen triviális, a magasabb fogyasztás a rezsicsökkentés korlátozása miatt magasabb alternatív számlát eredményez, ami a definíciónkból adódóan növeli a 2022 utáni pénzáramlásokat.

5. ábra: 3 kWp-es rendszer NPV érzékenységvizsgálata havi bruttó (balra), éves bruttó (jobbra) és havi szaldó (lent) esetén



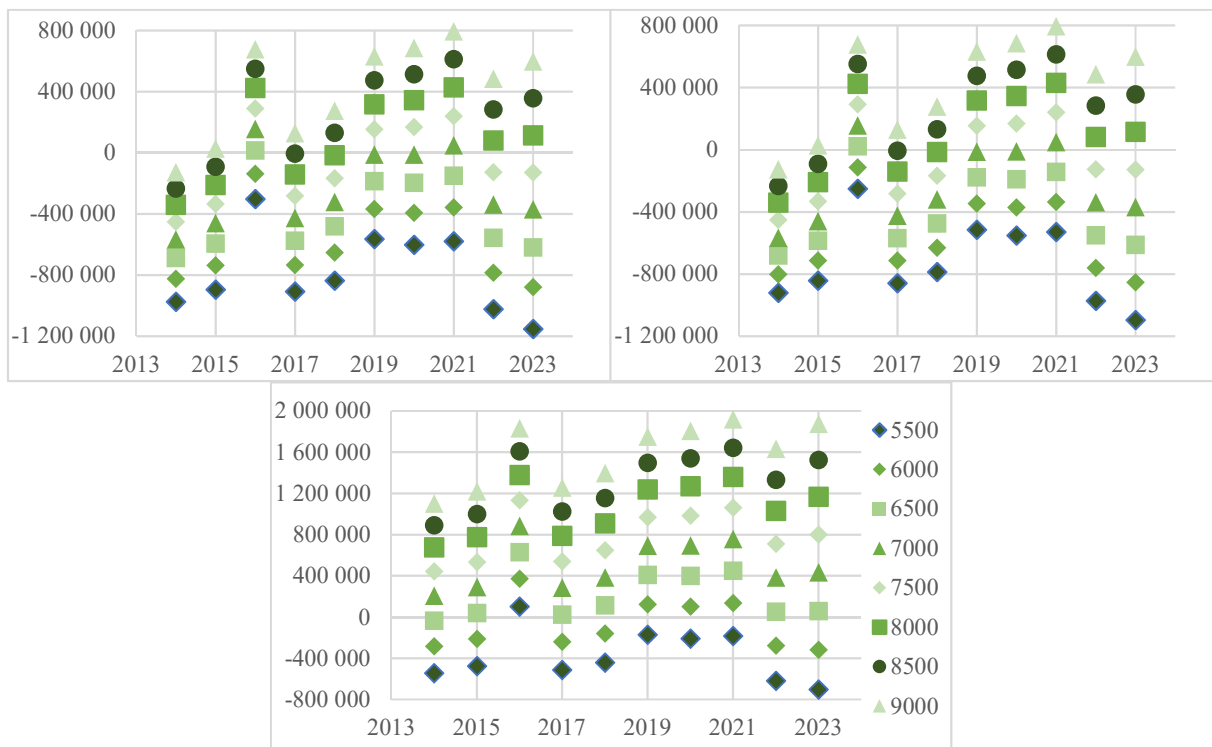
Forrás: saját számítás

6. ábra: 5 kWp-es rendszer NPV érzékenységvizsgálata havi bruttó (balra), éves bruttó (jobbra) és havi szaldó (lent) esetén



Forrás: saját számítás

7. ábra: 8 kWp-es rendszer NPV érzékenységvizsgálata havi bruttó (balra), éves bruttó (jobbra) és havi szaldó (lent) esetén



Forrás: saját számítás

Mindegyik ábrán látható a jelenség, hogy az évek előrehaladtával az adatpontok tartománya széthúzódik, vagyis az NPV-re nagyobb hatással van a fogyasztás mértéke. Egyes években az adatpontok nem egyenletesen oszlanak el, a magasabb fogyasztáshoz tartozó pontok összetömörülnek. Ez azt jelenti, hogy alacsonyabb fogyasztás esetén marginális fogyasztásnövekedés nagyobb mértékben növeli az NPV-t, mint magasabb fogyasztásnál. Ebből következően túlméretezés esetén mindenképpen megéri növelni a fogyasztást elektromos fűtésre váltással, elektromos autó otthoni töltésével, de az eredményekből ítélve a megtérülés növekedésének van egy felső határa. Ez a jelenség a 8 kWp-es rendszernél nem áll fenn, az adatpontok közel egyenletesen oszlanak el.

Összehasonlítva az elszámolási módokat, fogyasztástól függetlenül a legmagasabb NPV-t a havi szaldó elszámolás biztosítja. A bruttó elszámolásokhoz képest már alacsonyabb fogyasztás mellett megtérül reálértéken a beruházás. A bruttó elszámolások között nincsen számottevő különbség, bár az éves szaldó elszámolás jobb NPV-vel rendelkezik minden esetben. A legszembetűnőbb különbség az elszámolási módok között az, hogy a 3 kWp-es rendszer egyik bruttó elszámolással sem térül meg reálértéken, havi szaldó esetén azonban már évi 5000 kWh-s fogyasztással pozitív lesz az NPV. Így elmondható, hogy ha a reálértékű megtérülést vesszük alapul, akkor a HMKE tulajdonosok akkor járnának a legjobban, ha az éves szaldó elszámolás eltörlése után a havi szaldót vezetnék be.

Érdemes megjegyezni azt is, hogy az éves szaldó eltörlése oly mértékben változtatta meg a megtérüléseket, hogy az éveken át biztosan nyereségesnek mondott napelemes beruházás már 9 évvel ezelőtti telepítés esetén is csak bizonyos esetekben térül meg (Major, 2022).

## VIII.2.2. Mutatószámok fix fogyasztás mellett

Ha azt az esetet vizsgáljuk, amikor az éves fogyasztás megegyezik az éves termeléssel, a kapott eredmények nem mondanak teljesen ellen az NPV általi eredményeknek. A havi és éves bruttó elszámolás között diszkontált megtérülési idő és belső megtérülési ráta alapján sincsen jelentős különbség. Mindkét táblázatban megfigyelhető az áralakulás folyamata, amely 2022 és 2023-ban jelentősen megnövelte a megtérülési időt, az IRR-t jelentősen lecsökkentette.

4. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett havi bruttó elszámolással, inflációval diszkontálva

	3 kWp (3400 kWh)			5 kWp (5700 kWh)			8 kWp (9100 kWh)		
év	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR
2014	- 410 533	25	0,5%	- 216 175	22	2,4%	- 107 234	20	3,0%
2015	- 470 367	26	0,6%	- 357 647	23	2,4%	50 093	20	4,0%
2016	- 430 782	26	1,3%	- 13 645	20	4,4%	700 969	17	6,8%
2017	- 270 212	24	2,8%	- 205 256	22	4,1%	154 756	19	5,6%
2018	- 404 300	26	2,1%	- 152 639	21	4,6%	304 492	19	6,4%
2019	- 352 974	25	2,7%	- 8 396	20	5,7%	662 619	17	8,1%
2020	- 440 624	26	2,3%	7 979	20	6,0%	717 896	17	8,6%
2021	- 547 301	28	1,8%	29 693	20	6,4%	829 777	16	9,4%
2022	- 849 542	32	0,2%	- 291 937	22	4,8%	523 941	18	8,1%
2023	- 893 860	31	-0,7%	- 232 817	21	3,9%	645 950	18	6,9%

Forrás: saját számítás

Míg ezekénél az elszámolási módoknál a 8 kWp-es rendszer megtérülési ideje minden esetben benne van a feltételezett élettartamban, addig a 3 és 5 kWp-es rendszereknél nem, vagy csak éppen megtérül a beruházás. A 3 kWp-es rendszer esetén a megtérülési idő több, mint másfélszerese is lehet a feltételezett élettartamnak, ami egy jelentős érték egy beruházási döntéshozatalkor.

5. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett éves bruttó elszámolással inflációval diszkontálva

	3 kWp (3400 kWh)			5 kWp (5700 kWh)			8 kWp (9100 kWh)		
év	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR
2014	- 396 157	25	0,7%	- 215 531	22	2,4%	- 106 589	20	3,0%
2015	- 456 437	26	0,7%	- 357 023	23	2,4%	50 718	20	4,0%
2016	- 417 272	26	1,4%	- 13 040	20	4,4%	701 575	17	6,8%
2017	- 257 043	24	2,9%	- 204 666	22	4,1%	155 347	19	5,6%
2018	- 391 207	26	2,2%	- 152 052	21	4,6%	305 079	19	6,4%
2019	- 339 907	25	2,8%	- 7 810	20	5,7%	663 205	17	8,1%
2020	- 427 506	26	2,4%	8 567	20	6,0%	718 484	17	8,6%
2021	- 534 145	28	1,9%	30 283	20	6,4%	830 367	16	9,4%
2022	- 836 118	32	0,3%	- 291 335	22	4,8%	524 543	18	8,1%
2023	- 878 937	31	-0,6%	- 232 147	21	3,9%	646 619	18	6,9%

Forrás: saját számítás

A havi szaldós elszámolás, mint ahogy az NPV esetén is, sokkal jobb megtérülést biztosít. Ebben az esetben az 5 és 8 kWp-es rendszereknél a diszkontált megtérülési idő az élettartamon belül van, mindeközben a belső megtérülési ráta alapján sokkal magasabb hozamot



biztosít, mint a bruttó elszámolásoknál. Azonban a 3 kWp-es rendszer esetén a megtérülési idő a havi szaldónál is többnyire bőven meghaladja az élettartamot.

6. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett havi szaldó elszámolással inflációval diszkontálva

	3 kWp (3400 kWh)			5 kWp (5700 kWh)			8 kWp (9100 kWh)		
év	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR
2014	- 116 691	21	2,8%	450 824	17	5,1%	1 143 901	16	6,0%
2015	- 185 654	22	2,9%	288 630	18	5,0%	1 262 357	16	6,9%
2016	- 154 638	22	3,5%	613 181	16	6,9%	1 876 748	13	9,4%
2017	- 1 039	20	4,9%	405 747	17	6,5%	1 300 855	15	8,2%
2018	- 136 695	22	4,3%	454 805	17	7,0%	1 443 914	15	8,9%
2019	- 85 888	21	4,8%	597 869	16	7,9%	1 799 829	14	10,4%
2020	- 172 500	22	4,4%	616 598	16	8,2%	1 859 523	13	10,9%
2021	- 278 397	23	4,0%	640 085	16	8,6%	1 974 728	13	11,6%
2022	- 575 156	27	2,4%	330 900	18	7,1%	1 692 237	14	10,4%
2023	- 588 838	26	1,5%	459 560	18	6,2%	1 944 686	14	9,2%

Forrás: saját számítás

### VIII.3. Eredmények referenciahozamokkal diszkontálva

A modellünk másik megtérülési vizsgálata a referenciahozamokhoz mérten vizsgálja a kérdést. A diszkontált megtérülési időt, belső megtérülési rátát és nettó jelenértéket erre a változatra is megvizsgáltuk. Ezt a modell típust azért tartjuk fontosnak, mert a reál megtérüléstől eltérően, sokkal inkább befektetési szemszögből közelíthető a téma. Fontos kiemelni, hogy a megtérülés számításánál a különböző rendszer méretek esetén eltérő fogyasztással számoltunk. A 3 kWp-es rendszernél ez éves szinten 3400 kWh, 5 kWp-nél 5700 kWh, 8 kWp-es esetben pedig 9100 kWh. Ezeket az értékeket azért választottuk ennyinek, mert az egyes rendszerek a termelési számításaink szerint ekkora mennyiséget képesek megtermelni.

Az 7. táblázatban a havi szaldó bevezetése esetén kialakuló eredményeket láthatjuk. Látható, hogy a rendszer méretének növekedésével egyre inkább megéri a telepítés, tulajdonképpen mind a három mutató szerint. Az NPV jelentése ebben az esetben azt jelenti, hogy a diszkontkincstárjegyen elérhető hozamon felül, mekkora pénzbeli profitot érünk el. Ennek oka megegyezik az inflációval számolt esetével, a magas fogyasztás arányaiban jelentősen megnövekedett alternatív költséget hordozna magával. Ebben az esetben megfigyelhető továbbá, hogy a telepítési költségek erősen befolyásolják a megtérülést, ha nő az ár, csökkent a megtérülés. Ez azonban nem magyarázza teljes mértékben azt, hogy az évek elteltével 2019-től csökkenő trend figyelhető meg. További ok lehet a magas kamatkörnyezet,

mely 2022-ben jelentős emelkedésen ment át. Ez növeli a diszkont mértékét, ami a nettó jelenérték csökkenéséhez vezet.

7. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett havi szaldó elszámolással referenciahozamos diszkontálással

	3 kWp (3400kWh)			5 kWp (5700 kWh)			8 kWp (9100kWh)		
év	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR
2014	-54 981	21	11,7%	569 480	17	14,4%	1 346 412	15	15,5%
2015	-86 084	21	11,8%	475 350	17	14,3%	1 578 542	15	16,8%
2016	-43 094	20	12,7%	820 355	15	17,0%	2 227 109	12	20,7%
2017	103 707	19	14,8%	598 164	16	16,5%	1 625 996	14	18,8%
2018	-87 883	21	13,9%	538 625	17	17,4%	1 584 467	14	20,0%
2019	-99 589	21	14,7%	559 050	17	18,9%	1 730 634	14	22,4%
2020	-264 467	23	14,2%	423 032	17	19,5%	1 524 359	14	23,4%
2021	-443 682	26	13,6%	299 875	18	20,4%	1 386 132	15	25,0%
2022	-836 545	32	11,4%	-203 011	21	18,5%	767 548	17	23,8%
2023	-1 004 338	34	10,3%	-387 671	23	17,5%	474 625	18	22,5%

Forrás: saját számítás

A következőkben az előző eredményekhez képest az a változtatás, hogy a 10 év éves szaldó elszámolás után éves bruttó elszámolás lép életbe. Az látható, hogy a megtérülések csökkentek, 2023-ban már a 8 kWp-es rendszer sem hoz többelhozamot a referenciahozamokkal diszkontálva. Ennek oka az inflációs modellhez hasonlóan keletkezhet abból, hogy a hálózatba betermelt energiát a szolgáltató jóval alacsonyabb áron veszi át, mint azt mi megvásároljuk tőle.

8. táblázat: Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett éves bruttó elszámolással referenciahozamos diszkontálással

	3 kWp (3400kWh)			5 kWp (5700 kWh)			8 kWp (9100kWh)		
év	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR
2014	-338 111	24	9,9%	-105 613	21	12,2%	79 526	20	13,1%
2015	-354 535	24	10,0%	-164 742	21	12,2%	377 338	18	14,6%
2016	-294 785	24	11,0%	220 226	18	15,2%	1 100 900	15	18,8%
2017	-131 352	22	13,2%	37 691	20	14,7%	574 206	18	16,8%
2018	-306 024	24	12,3%	18 493	20	15,6%	608 380	17	18,2%
2019	-302 407	24	13,2%	75 454	19	17,3%	823 112	16	20,9%
2020	-452 783	27	12,7%	-25 985	20	18,0%	681 729	17	21,9%
2021	-619 257	29	12,1%	-118 763	21	18,9%	600 511	17	23,7%
2022	-1 001 466	36	9,8%	-596 246	25	17,0%	29 597	20	22,5%
2023	-1 171 106	38	8,6%	-785 310	26	15,9%	-271 590	21	21,1%

Forrás: saját számítás

Utolsóként a havi bruttó elszámolás bevezetését szemléltetjük. Ebben az esetben lesz a megtérülés a legalacsonyabb a három elszámolási mód közül. Ki kell emelni azonban, hogy nagy eltérés a havi és az éves bruttó között nincsen. Ennek az az oka, hogy mivel éven belül nem figyelhető meg drasztikus árváltozás, és ami van az is relatíve ritka. Így tehát aggregáláskor nincs nagy eltérés abban, hogy éves szinten, vagy havi osztásban fizetjük a számlát.

9. táblázat: *Megtérülési mutatószámok évenként fix fogyasztás mellett havi bruttó elszámolással referenciahozamos diszkontálással*

év	3 kWp (3400kWh)			5 kWp (5700 kWh)			8 kWp (9100kWh)		
	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR	NPV	DPP	IRR
2014	-352 676	24	9,8%	-106 266	21	12,2%	78 873	20	13,1%
2015	-368 344	25	9,9%	-165 361	21	12,2%	376 719	18	14,6%
2016	-307 732	24	10,9%	219 645	18	15,2%	1 100 320	15	18,8%
2017	-143 444	22	13,1%	37 149	20	14,7%	573 664	18	16,8%
2018	-317 246	24	12,2%	17 990	20	15,6%	607 877	17	18,2%
2019	-312 840	24	13,1%	74 986	19	17,3%	822 644	16	20,9%
2020	-462 470	27	12,6%	-26 419	20	18,0%	681 295	17	21,9%
2021	-628 289	30	12,0%	-119 168	21	18,9%	600 106	17	23,7%
2022	-1 009 950	36	9,7%	-596 627	25	17,0%	29 217	20	22,5%
2023	-1 179 685	38	8,5%	-785 695	26	15,9%	-271 974	21	21,1%

*Forrás: saját számítás*

Összehasonlítva a három elszámolási módszert a havi szaldó a legkedvezőbb, majd az éves bruttó, végül pedig a havi bruttó következik. A nettó jelenértéket vizsgálva nagy eltérés a havi szaldó és éves bruttó között van, ennek legfőbb oka az áram átvételi és piaci ára közti különbség, mely az éves bruttó esetében lép fel veszteséggént. Az inflációs eredményekhez hasonlóan a 3 kWp-es rendszer egyik bruttó elszámolás esetén sem térül meg. Ez alapján a következtetés megegyezik a korábbi modellével, a lakosság számára az éri meg legjobban, ha a havi szaldó elszámolás kerül bevezetésre a jogszabály-módosítás után.

#### VIII.4. Modell korlátai

Tanulmányunk során számos esetben korlátokba ütköztünk, melyek további feltérképezése további kutatást igényel. Első és talán egyik legfontosabb, az árazási adatok megválasztása, melyet a Naplopó Kft biztosított számunkra. Ez természetesen nem fedi le a piac egészét, így más és más cégek esetén a modell eredményei eltérhetnek. Továbbá fontos kiemelni, hogy nem számoltunk állami támogatással, így eredményeink nem tartalmazzák a kormányzat nyújtotta lakossági juttatásokat. Ki kell hangsúlyozni, hogy abban az esetben, ha a

finanszírozást bele vesszük a kalkulációba az általunk vizsgált rendszerek többsége megtérül, más és más mértékben.

A modell korlátaihoz tartoznak a jelleggörbék. A fogyasztás esetében nem találtunk csak lakosságra vonatkozó adatot, így a vállalati szektor is benne van a görbében. Az önfogyasztás számítását pedig a Naplopó Kft. által meghatározott mennyiségekkel végeztük, mely eltérhet a valós értékektől. Ki kell emelni még a fogyasztás, termelés, illetve az áram árának változatlanságát, melyek miatt a modellünk hosszú távon nem feltétlen állja meg a helyét. Ehhez hasonlóan elképzeléseink szerint a rezsicsökkentés jelenlegi állapotában marad az elkövetkezendő 20 évben, és az infláció az MNB által előre jelzett 3%-os szinten marad.

## IX. Konklúzió

Ezen kutatásban 2014 és 2023 közötti telepítéssel vizsgáltuk a HMKE rendszerek megtérülését, nettó jelenérték, diszkontált megtérülési idő és belső megtérülési ráta alapján. Megvizsgáltuk a téma jogszabályi környezetét, hogyan változik az elszámolási rendszer, illetve külön kitértünk a villamosenergia árát érintő rendeletre és a rezsicsökkentés megváltozására. Ezután rövid technikai rész következett, melyben bemutattuk a napelem működését, típusait és hatékonyságukat. Láthattuk, hogy termelésük esetén számos tényező felléphet, mely csökkenti hatékonyságukat, például a kedvezőtlen időjárás, a lerakódás, illetve a magas hőmérséklet. Betekintést nyújtottunk az állam által biztosított támogatási rendszerbe, ezen belül az ÚSZT lakossági napkollektoros pályázat, Otthon Melege Program, Otthonfelújítási program és a Magyar Fejlesztési Bank kamatmentes napelem hitelprogramja kapott fő szerepet. Ezután a módszertani részben ismertetésre kerültek a statikus és dinamikus mutatók, melyek a napelem megtérülésének kiszámítására szolgálhatnak. A modell keretrendszerében ismertetjük az elszámolási módokat, illetve adatokat, melyek a számítás során hasznunkra lesznek. A napelem telepítési árát a Naplopó Kft. biztosította, termelési, fogyasztási értékeket a MEKH honlapján találtunk.

Eredményeink között két diszkontálási formát mutatunk be, egy inflációs és egy referenciahozamos modellt. Mind a két esetben a nettó jelenérték, diszkontált megtérülési ráta és belső megtérülési ráta kerül bemutatásra, ezek közül is az NPV volt a modellezésünk fókusz. Fontos következtetésünk, hogy a magasabb fogyasztás minden esetben, jobb megtérülést eredményez, valamint annak szempontjából a haviszaldó elszámolás a

legkedvezőbb, a bruttó elszámolások jelentősen rosszabb megtérülést tudnak biztosítani. A havi és éves bruttó elszámolások között nincsen szignifikáns különbség. Továbbá érzékenységvizsgálatot végeztünk a nettó jelenérték mutatóra, melyben a fogyasztás függvényében vizsgáltuk a megtérülést a 3, 5 és 8 kWp-es rendszerekre, az egyes elszámolási módokat különválasztva. Ez alapján azt láthattuk, hogy a 3 és 5 kWp-es rendszer esetén alacsonyabb fogyasztás mellett marginális fogyasztásnövekedés nagyobb NPV növekedést eredményez, vagyis a napelemes rendszer túlméretezése esetén érdemes további fejlesztési beruházásokat tenni, amivel magasabb fogyasztás elérhető, például villanyfűtésre való átállás. Továbbá a napelemes rendszerek drágulása ellenére, magasabb fogyasztás mellett jobb megtérülés is elérhető, mint előző évben, mivel a HMKE általi pénzmegtakarítás meghaladja az árnövekedést a rezsicsökkentés korlátozása miatt.

Az inflációs modell mellett bemutatásra került a referenciahozamokkal diszkontált számítás is, mely eredményének értelmezésekor hasonló konklúziót vonhattunk le, mint a korábbi esetben. A nagy fogyasztók számára megérheti a napelemes rendszer feltéve, hogy a háztartás energiafelhasználása villamosenergiára csoportosul át. Végezetül pedig megfogalmazzuk a modell korlátait, mely tartalmazza azokat a feltevéseket és tényezőket melyekkel a kutatás kibővíthető, hosszabb tanulmány esetén pontosítható.

## X. Irodalomjegyzék

- Amillo, A. G., Huld, T., & Müller, R. (2014. 08. 6.). A New Database of Global and Direct Solar Radiation Using the Eastern Meteosat Satellite, Models and Validation. *remote sensing*, 6(9), 8165-8189.
- Bálint, J., Juhász, M., & Papp, J. (2001). *Beruházások gazdasági értékelése*. Gödöllő: Szent István Egyetem.
- Banász, Z. (2014). *A napelemek elterjedésének makro- és mikroszintű elemzése*. Veszprém: Pannon Egyetem.
- Béhm, I., Bárczi, J., & Zéman, Z. (2016). A vállalkozási teljesítmény. *Controller Info*, 4(3).
- Brealey, R. A., Myers, S. C., Allen, F., & Krishnan, V. S. (2006). *Corporate finance* (8. kiad.) Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- Darvai, S., Nemcsók, J., & Ferenczy, Á. (2016). Fenntartható fejlődés. *POLGÁRI SZEMLE: GAZDASÁGI ÉS TÁRSADALMI FOLYÓIRAT*, 12(4-6), 88-104.
- Fekete, I. (2000). *A kockázatelemzés szerepe a beruházások pénzáramlásának*. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- Földváry-Bándy, E. (2015). *Félig átlátszó egykristályos szilícium alapú napelem cella technológiája és vizsgálata*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- Gáspár, C. Á. (2019). *Napelemek működésének vizsgálata különböző felületi szennyeződések esetén*. Miskolci Egyetem.
- Gwandu, B. A., & Creasey, D. J. (1995). Humidity: a factor in the appropriate positioning of a photovoltaic power station. *Renewable Energy*, 6(3), 313-316.
- Hassan, Q. (2022). Evaluate the adequacy of self-consumption for sizing photovoltaic system. *Energy Reports*, 8, 239-254.
- Hottel, H. C., & Woertz, B. B. (1942). The performance of flat-plate solar-heat collectors. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, 64(2), 91-103.
- Jordan, D. C., & Kurtz, S. R. (2013). Photovoltaic degradation rates—an analytical review. *Progress in photovoltaics: Research and Applications*, 21(1), 12-29.
- Kosztópulosz, A. (2018). 5. lecke A beruházási döntések. A beruházás gazdaságossági számítások és döntési kritériumok: statikus mutatók.
- Lipták, R., & Bodnár, I. (2020). Napelemes villamosenergia-termelő rendszerek. *Multidiszciplináris Tudományok*, 10(4), 434-443.
- Luthander, R., Widén, J., Nilsson, D., & Palm, J. (2015). Photovoltaic self-consumption in buildings: A review. *Applied energy*, 142, 80-94.

- Magyar Nemzeti Bank (2005). Közlemény a középtávú inflációs cél kitűzéséről. *Magyar Nemzeti Bank*. Budapest: Monetáris Tanács.
- Magyar Nemzeti Bank (2023 március). *Inflációs jelentés*. Budapest: Magyar Nemzeti Bank.
- Makó, C. L. (2014). *Környezetkímélő technológiák költség-haszon*. Szegedi Tudományegyetem.
- Martin, N., & Ruiz, J. M. (2001). Calculation of the PV modules angular losses under field conditions by means of an analytical model. *Solar energy materials and solar cells*, 70(1), 25-38.
- Mekhilef, S., Rahman, S., & Masoud, K. (2012). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2920-2925.
- Nimmo, B. R., Said, S. A. (1981). Effects of dust on the performance of thermal and photovoltaic flat plate collectors in Saudi Arabia: preliminary results. *Altern. Energy Sources*, 1(CONF-791204-).
- Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy–growth nexus. *Energy policy*, 38(1), 340-349.
- Radziemska, E. (2003). The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells. *Renewable Energy*, 28(1), 1-12.
- Szücsné Markovics, K. (2012). A beruházás-gazdaságossági számítások gyakorlatban alkalmazott módszerei. *VEZETÉSTUDOMÁNY*, 18(Különszám), 97-107.
- Huld, T., & Gracia Amillo, A. M. (2015). Estimating PV module performance over large geographical regions: The role of irradiance, air temperature, wind speed and solar spectrum. *Energies*, 8(6), 5159-5181.

## Internetes források

- Az Európai Unió Tanácsa (2023). *Légszennyezés*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 14., forrás: <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/climate-change/paris-agreement/>
- European Commission (2022). *PVGIS user manual*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 02., forrás: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool/getting-started-pvgis/pvgis-user-manual\\_en#ref-4-calculating-grid-connected-pv-system-performance](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool/getting-started-pvgis/pvgis-user-manual_en#ref-4-calculating-grid-connected-pv-system-performance)
- European Environmental Agency (2020). *Légszennyezés*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 14., forrás: <https://www.eea.europa.eu/hu/themes/air/intro>
- Ferge, B. (2020. 01. 03). *Napelem ideális dőlésszöge*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 10., forrás: Magyar Napelem Napkollektor Szövetség: <https://www.mnnsz.hu/napelem-idealisdoleyszoge/>
- Hajas, B. G. (2022). *greendex*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 13., forrás: <https://greendex.hu/keszmi-a-jo-az-elszabadulo-gazarokban-igy-all-helyt-magyarorszag-az-energiavalsagban/>
- Magyar Fejlesztési Bank (2021). *LAKOSSÁGI ENERGIAHATÉKONYSÁGI HITELPROGRAM*. Letöltés dátuma: 2023. 03. 26., forrás:

<https://www.mfb.hu/maganszemelyek/lakossagi-energiahatekonysagi-hitelprogram-t32-p32>

Magyarország Kormánya (2020. 11. 18.). EZEK AZ OTTHONFELÚJÍTÁSI TÁMOGATÁS FELTÉTELEI. Letöltés dátuma: 2023. 03. 26., forrás: <https://kormany.hu/hirek/ezek-az-otthonfelujitasi-tamogatas-feltetelei>

Major, A. (2021. 09. 16.). Napelemes rendszerek: elkerülhetetlen az újabb drágulás. *Portfolio*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 12., forrás: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210916/napelemes-rendszerek-elkerulhetetlen-az-ujabb-dragulas-500754>

Major, A. (2022. 11. 29.). Kivégzik a napelemeket: hamarosan mindenki rosszul jár, aki felszereltette. *Portfolio*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 05., forrás: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20221129/kivegzik-a-napelemeket-hamarosan-mindenki-rosszul-jar-aki-felszereltette-582002>

Major, A. (2022. 08. 15.). Lakossági napelem: öt év alá csökkenhet a megtérülési idő. *Portfolio*. Letöltés dátuma: 2023. 03. 28.

Major, A., & Csiki, G. (2022. 10. 28.). Napelemek: vizslát, szaldó elszámolás - De mi jöhet a kormány beavatkozása után? *Portfolio*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 05., forrás: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20221014/napelemek-vizslat-szaldo-elszamolas-de-mi-johet-a-kormany-beavatkozasa-utan-572813>

MVM (2023. 04. 7.). *Elszámolási módok*. Letöltés dátuma: 2023. 03. 28., forrás: Magyar Villamos Művek: <https://www.mvmnext.hu/ee/egyetemes-szolgáltatatas/ugyintezes/szamlazas-fizetes/elszamolasi-modok>

MVM (2021. 11. 24.). *Hogyan döntünk el, hogy mekkora rendszerre van szükségünk? – A napelemes rendszerek méretezése*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 13., forrás: <https://mvmo optimum.hu/blog/napelem/a-napelemes-rendszerek-meretezese/>

Naplopó Kft. (2012). *ÚSZT Lakossági napkollektoros pályázat*. Letöltés dátuma: 2023. 03. 24., forrás: <https://www.naplopo.hu/miert-napenergia/allami-tamogatas-palyazatok/lakossagi-palyazatok/lakossagi-palyazatok-archiv/uszt-zbr-nap-2011>

Otthon Melege (2023). *Otthon Melege Program 2023*. Letöltés dátuma: 2023. 03. 26., forrás: <https://www.otthonmelege.hu/otthon-melege-program>

Solar Experts (2021). *Napsütéses órák száma Magyarországon*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 14., forrás: <https://solarexperts.hu/blog/napsuteses-orak-szama-magyarorszagon>

## Adatok

European Commission (2022). *PVGIS*. Letöltés dátuma: 2023. 03. 14., forrás: PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)



- European Comission (2022). *PVGIS data sources & calculation methods*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 03., forrás: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool/getting-started-pvgis/pvgis-data-sources-calculation-methods\\_en#references](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool/getting-started-pvgis/pvgis-data-sources-calculation-methods_en#references)
- Központi Statisztikai Hivatal (2021. 10.). 3.35. *Energiainport-függőség*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 08., forrás: FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS INDIKÁTORAI: <https://www.ksh.hu/ffi/3-35.html>
- Központi Statisztikai Hivatal (2021. 04. 06.). 3.6.I. *A fogyasztói árindex*. Letöltés dátuma: 2023. 4. 8., forrás: [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_qsf001.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qsf001.html)
- Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (2023. 04. 11.). *Havi adatok*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 12., forrás: Tiszta energia, fenntartható környezet: [http://mekh.hu/havi-adatok?fbclid=IwAR3jgXOtQrN5QqjXITKDOiDSCmke8k2BYX\\_4T9G6cRFhfIUzrqPrf3bmXbU](http://mekh.hu/havi-adatok?fbclid=IwAR3jgXOtQrN5QqjXITKDOiDSCmke8k2BYX_4T9G6cRFhfIUzrqPrf3bmXbU)
- Magyar Nemzeti Bank (2023. 04. 5.). *Allampapírpiazi referenciahozamok*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 08., forrás: [https://statisztika.mnb.hu/publikacios-temak/kamatlabak\\_-penz-es-tokepiaci-adatok/allampapirpiaci-referenciahozamok/allampapirpiaci-referenciahozamok](https://statisztika.mnb.hu/publikacios-temak/kamatlabak_-penz-es-tokepiaci-adatok/allampapirpiaci-referenciahozamok/allampapirpiaci-referenciahozamok)

## Hivatkozott jogszabályok

2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról
- 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról
- 4/2011. (I. 31.) NFM rendelet a villamos energia egyetemes szolgáltatás árképzéséről
- 76/2011. (XII. 21.) NFM rendelet a közcélú villamos hálózatra csatlakozás pénzügyi és műszaki feltételeiről
- 4/2013. (X. 16.) MEKH rendelet a villamos energia rendszerhasználati díjakról és alkalmazásuk szabályairól
- 259/2022. (VII. 21.) Korm. rendelet egyes egyetemes szolgáltatási árszabások meghatározásáról
- 413/2022. (X. 26.) Korm. rendelet a veszélyhelyzet idején a háztartási méretű kiserőművek közcélú hálózatba történő feltáplálásának kérdéseiről
- 13/2022. (XI. 18.) MEKH rendelet a villamos energia rendszerhasználati díjak, csatlakozási díjak és különdíjak alkalmazási szabályairól szóló 10/2016. (XI. 14.) MEKH rendelet és a villamos energia rendszerhasználati díjak, csatlakozási díjak és különdíjak meghatározásának a 2021. április 1. napjával induló árszabályozási ciklusra vonatkozó keretszabályairól szóló 12/2020. (XII. 14.) MEKH rendelet módosításáról

112/2023. (III. 31.) Korm. rendelet a veszélyhelyzet idején a háztartási méretű kiserőművek  
közcélu hálózatba történő feltáplálásának kérdéseiről szóló 413/2022. (X. 26.) Korm.  
rendelet végrehajtásának szabályairól

Európai Bizottság (2022): A Tanács végrehajtási határozata Magyarország helyreállítási és  
rezilienciaépítési terve értékelésének jóváhagyásáról