

DIPLOMADOLGOZAT

Patkós Krisztina

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Műszaki Intézet

mesterképzési szak

**NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSÁNAK ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI
VIZSGÁLATA**

Belső konzulens:	Dr. Gergely Zoltán Albert Egyetemi adjunktus
Belső konzulens:	Műszaki Intézet
intézete/tanszéke:	Járműtechnika Tanszék
Külső konzulens:	Dr. Talamon Attila Ügyvezető, Winergy Kft.
Készítette:	Patkós Krisztina

Gödöllő

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
1.1. Energiahordozókról általában	4
1.2. Nemzetközi kitekintés	4
1.3. Magyarország	6
2. Célkitűzés	8
3. Szakirodalmi áttekintés	9
3.1. A napelemek általános bemutatása	9
3.2. A napelemek paramétereinek és vizsgálati eljárásának bemutatása:	11
3.2.1. Napelem élettartam (degradáció) kérdése	12
3.2.2. Hőfokfüggés problémája	13
3.2.3. Napelemek hatásfok számítása	14
3.2.4. Telepítési körülmények és tartószerkezet hatása: tájolás, dőlésszög, rögzítés, forgatás-állítás megvalósítása	15
4. Inverterek és jellemzőik (hatásfok)	16
5. Szolgáltatói, elosztóhálózati, környezetvédelmi, tűzvédelmi, túlfeszültség és villámvédelmi követelményekről	17
6. Elszámolási szabályok, jogi, egyéb szabályozási környezet (építési szabályzatok, önkormányzati, településképi szabályozások stb.)	18
7. A cég és a telephely	22
7.1. Energetikai korszerűsítés	22
8. A PPA modell vizsgálata	27
8.1. PPA modell általános elméleti vizsgálata	27
8.2. Virtuális PPA bemutatása	29
8.3. PPA szerződések kapcsán felmerülő jogi kérdések	31
9. Esettanulmány	32
9.1. A projekt leírása	32
9.2. Megvalósíthatósági lehetőségek	35
9.2.1. On-site PPA modell	35
9.2.2. Off-site PPA modell	36
9.2.3. Saját beruházás	36
9.2.4. Napelempark működtetése	36
9.2.5. A projekt vizsgálatának módszertana	39
9.3. A projekt jellemzői	39
9.3.1. A modell paramétereinek	39
9.3.2. PPA modell	42
9.3.3. Egyszeri beruházásra alapuló eset, azaz Capex Modell	49
9.3.4. Érzékenységvizsgálat	52
9.3.5. Alternatív megoldások bemutatása	54
9.3.5.1. Saját erőből történő beruházás	54
9.3.5.2. Off-site PPA	54
9.4. Esettanulmány összegzése	56
10. Összefoglalás	57
11. Irodalomjegyzék	59
12. Táblázatok és ábrák jegyzéke	62
12.1. Táblázat jegyzék	62

12.2. Ábrák jegyzéke.....	62
13. Melléklet	64

1.Bevezetés

1.1. Energiahordozókról általában

Az utóbbi évtizedek nagy kihívása a hagyományos energiahordozók mellett az ipari és lakossági energiaellátás kiegészítése más forrásból származó megoldásokkal. A gazdasági szereplők oldaláról, de a társadalmi elvárásokhoz igazodva elsősorban a nap-, a szél-, a víz, az atomenergia, illetve a biometán szerepel az alternatív energiaforrások között. Szintén a XXI. század mainstream gondolkodásának egyik fő eleme a környezetvédelem kérdése. Ennek megfelelően a fosszilis energiahordozók szükségességén túl a környezetünk fenntarthatósága is központi figyelmet kap az energiaellátás megtervezésében és fejlesztésében.

Megfigyelhető, hogy az atomenergia kivételével teljes a konszenzus az alternatív energiaforrások megítélésében. Ennek tükrében a megújuló energiahordozókra fókuszálunk, azon belül is a napenergia képezi a dolgozatom fő elemét. Ahhoz, hogy kontextusba tudjuk helyezni a napenergia hasznosításának körülményeit, annak hatékonyságát és felhasználási környezetét, érdemes áttekinteni a megújuló energiaszektor fejlődését, annak növekvő szerepét.

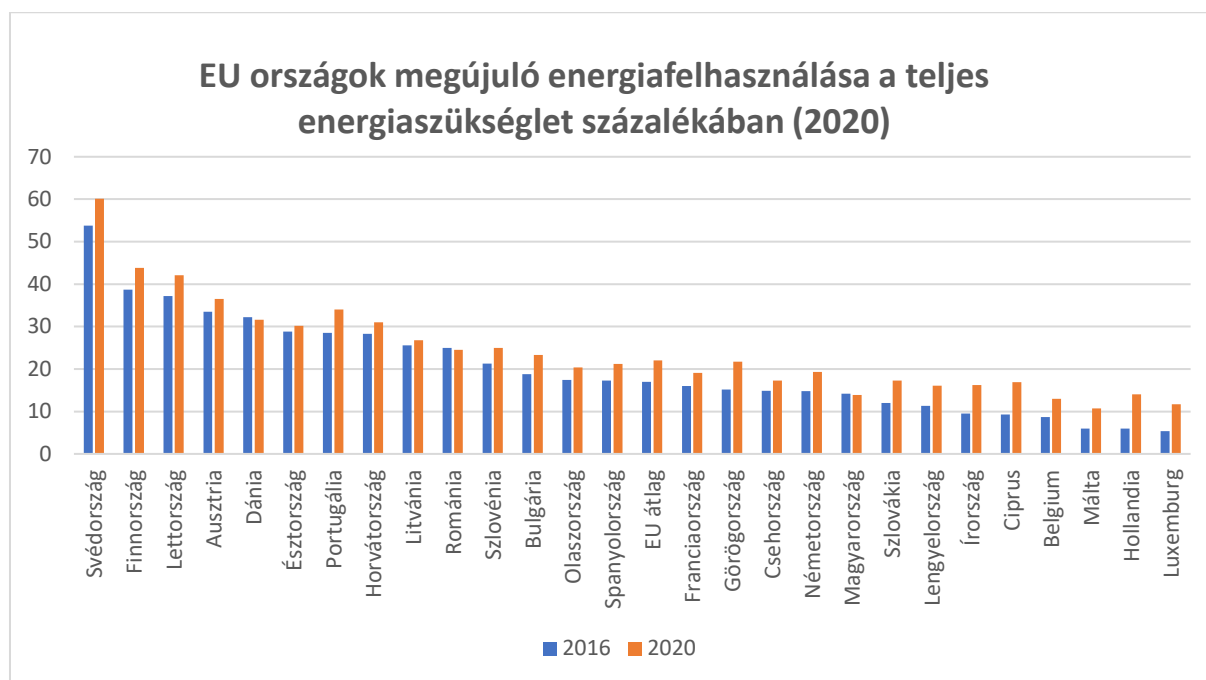
Geopolitikai érintettségünket figyelembe véve elsősorban Európára koncentrálok, de nem tudjuk figyelmen kívül hagyni az Egyesült Államok szerepét sem. Annak ellenére, hogy Kína is meghatározó szereplő, az ő szerepe külön tanulmányt érdemelne.

1.2. Nemzetközi kitekintés

2022-ben az Egyesült Államok energiaszükségleteinek 13 százalékát, elektromos energiaszükségleteinek 23 százaléka megújuló energiaforrással lett kielégítve. Ugyanakkor az országban megtermelt energia 40 százaléka karbonsemleges forrásból (szél, nap, víz, atom) származott. Tekintettel arra, hogy a víz- és az atomenergia részaránya nem nőtt, egyértelműen megállapítható a nap- és a szélenergia térnyerése. Ezek részaránya nőtt a legdinamikusabban az ország energiatermelésében. Az idei esztendőben látott napvilágot a kormányzat inflációcsökkentő csomagja, mely adójóváírásokkal segíti a megújuló energiák termelését. Ennek fényében valószínűsíthető, hogy a tendencia folytatódik és még nagyobb lesz a megújuló energiák részarány az Egyesült Államok energiatermelésében.

A teljes megújulóenergia felhasználás az utóbbi öt évben szinte minden EU tagállamban nőtt annak ellenére, hogy az energiafelhasználás maga is szignifikánsan megemelkedett. Az EU átlaga 2020-

ban 22 százalék volt, ami azt jelenti, hogy több mint ötöde származott megújuló energiaforrásból. (Euronews, 2023)



1. ábra: EU országok megújuló energiafelhasználás a teljes energiaszükséglete (saját szerkesztés, forrás: Eurostat)

Az Európa Parlament 2023 szeptemberében megszavazta azt a jogszabályt melynek értelmében az EU energiaszükségleteinek legalább 42,5 százalékát megújuló energiaforrásokból kell fedezni. Ez az arányszám a 2020-as értéknek közel kétszerese, és az Unió eltökéltségét bizonyítja, hogy - a korábban említett minimumszint mellett - a 45 százalékos résarány elérését tartja kívánatosnak és üdvöztetőnek. Ennek elérése érdekében a most elfogadott jogszabály(ok) egyszerűsítik a megújuló energiaforrások előállításának és felhasználásának engedélyezési és közigazgatási eljárásait. (Parlament, 2023.09.12) (Parlament, 2023.09.14)

Ez Európai Unióban (EU) 2022 volt az első év, amikor a szél- és napenergia több energiát biztosított az EU-ban, mint a földgáz. Az EU megújuló energiatermelő kapacitása 25 százalékkal nőtt az előző esztendőben és az elektromos áramtermelés több mint ötödét adta (22 %).

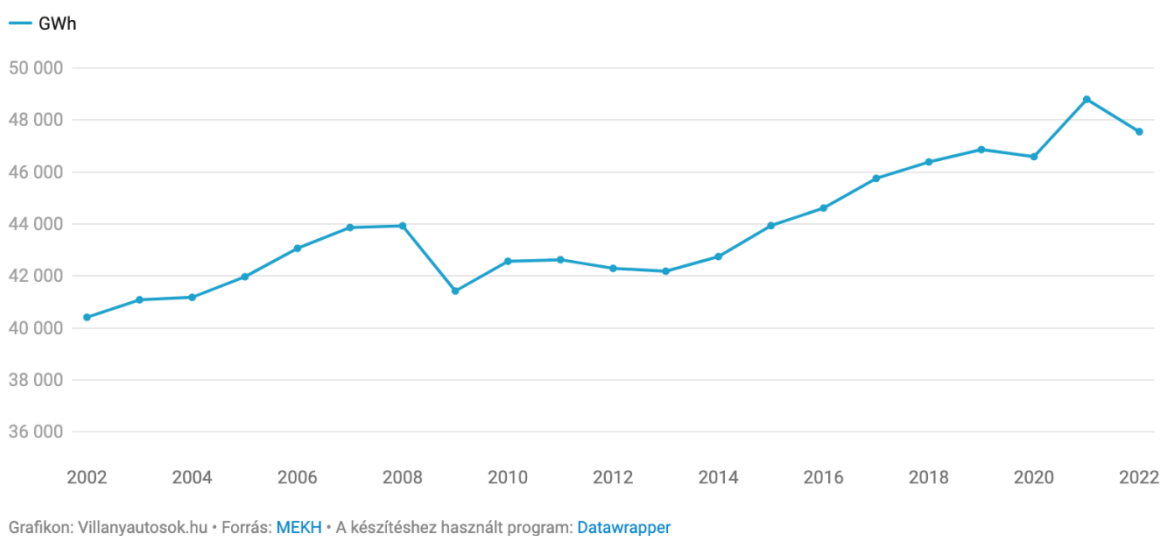
A SolarPower Europe jelentése szerint Európában az elmúlt évben leginkább a napenergia felhasználása nőtt, a szélenergiáé nem igazán: majdnem 50 százalékkal többet termeltek és fogyasztottak ebből a fajta tiszta energiából 2022-ben, mint 2021-ben.

Az EU 2022-ben rekordmennyiségű, 41,4 GW napenergia kinyeréséhez szükséges erőművet telepített - ez 12,4 millió háztartás fogyasztását fedezi - ami 47 százalékos emelkedés a 2021-ben mért 28,1 GW-hoz képest. (Euronews, 2023)

1.3. Magyarország

Magyarország villamosenergia felhasználása 2022-ben 47,55 GWh volt. Ez 2,5 százalékos csökkenés a 2021-es esztendőhöz képest, de így is több mint 17 százalékkal magasabb a 2002-es évhez képest. (Dr. Papp, 2023)

Magyarország áramfelhasználása (2002 - 2022)

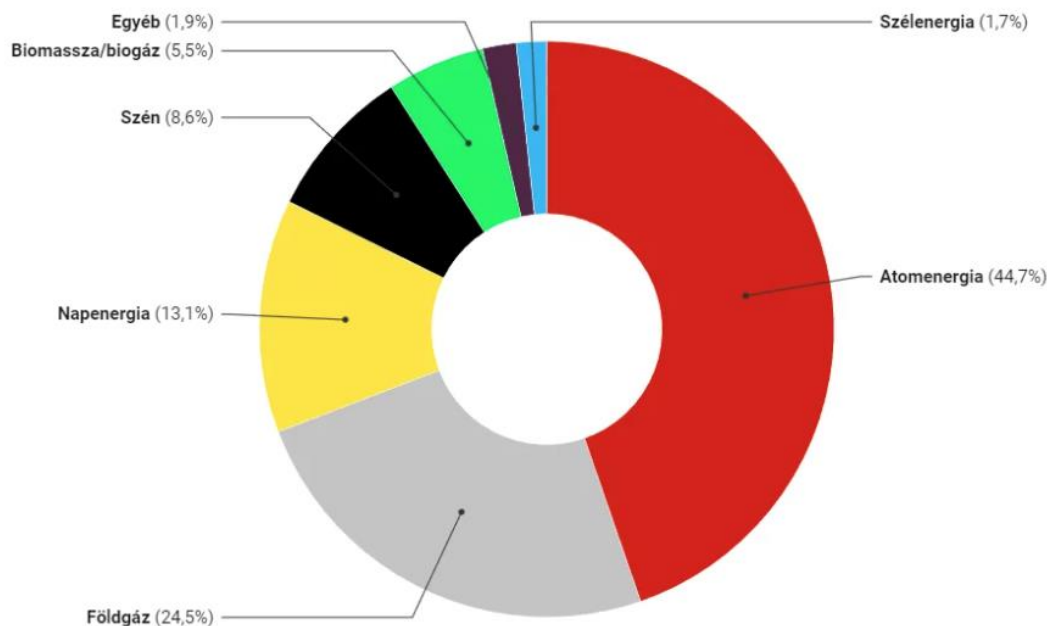


2. ábra: Magyarország áramfelhasználása 2002 és 2022 között (forrás: villanyautosok.hu/)

A villamosenergia termelés (35, 4 GWh) a felhasznált villamosenergiának közel 75 százalékát adta, a maradék 12,15 GWh (25,6 százalék) importból származott, melynek elsődleges forrása Szlovákia, Ausztria és Románia voltak. Ez a 2021-es esztendőhöz képest (26,3 százalék) minimális csökkenést jelent. (Dr. Papp, 2023)

A megtermelt villamosenergia összetétele 2022-ben az alábbiak szerint alakult.

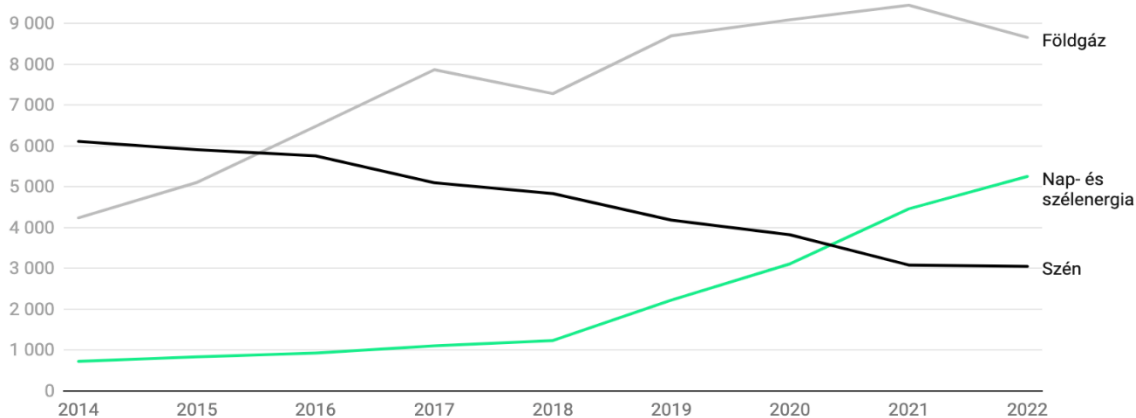
Magyarország villamosenergia-termelése 2022-ben



3. ábra: Magyarország villamosenergia-termelése 2022-es évben (forrás: villanyautósok.hu)

2022-ben az EU-ban a nap- és szélergia meghaladta a földgáz alapú villamosenergia termelést. Hazánkban ez az állapot még nem valósult meg, ugyanis a földgázból származó áramtermelés 8658 GWh még magasabb, mint a nap és szél által termelt 5254 GWh. Elnézve a tendenciát megállapítható, hogy pár esztendőn belül a hazai villamosenergia termelésben is a két alternatív energiaforrás megelőzi majd a földgáz segítségével előállított áramot. (Dr. Papp, 2023)

A földgázból, szénből és időjárásfüggő megújulókból előállított áram változása (GWh)



Grafikon: Villanyautósok.hu • Forrás: MEKH • Adatok letöltése • A készítéshez használt program: Datawrapper

4. ábra: A földgáz, szén, nap és szélergia vizsgálata megújulókból előállított áram változása esetében. (forrás: villanyautósok.hu)

2.Célkitűzés

Az általános energiahordozói körkép, illetve az alternatív energiaforrások elemzése után bemutatom, hogy dolgozatomban milyen célkitűzéseim vannak, milyen kérdésekre keresem a választ.

Tekintettel arra, hogy a dolgozatomnak a napenergia felhasználás gyakorlati megközelítése a célja, bemutatom általánosan a napelem rendszereket, ezek elemeit, működését és természetesen a felhasználás szabályozási oldalát. A rendszerek működését követően a felhasználás folyamatát, illetve ennek gyakorlati megközelítését elemzem. Ki és milyen konstrukcióban termelhet ma Magyarországon napenergia alapú elektromos áramot. Hogyan lehet hasznosítani, illetve milyen adminisztratív szabályokat kell betartani.

Bemutatom a PPA modellre épülő felhasználás elméleti hátterét, illetve azt, hogyan működnek az ilyen megállapodások a gyakorlatban.

Dolgozatomban egy termelő vállalat valós beruházási projektjén keresztül megvizsgálom, hogy:

- milyen PPA szerződési feltételekkel lehet egy ilyen projektet megvalósítani;
- milyen tényezőktől és milyen mértékben függ egy ilyen konstrukció eredményessége;
- saját beruházásként vagy egy PPA szerződés keretében érdemes-e megvalósítani a napenergiára való részleges átállást;
- milyen tényezőktől függ a beruházás sikeressége, megtérülése; milyen megtakarítással, illetve megtérüléssel számolhat a projekt megvalósítója;
- a megvalósítás során milyen üzemeltetési feladatokkal és milyen gyakorlatokkal kell szembenéznie a beruházóknak.

Előzetes feltételezés, saját beruházás bár gazdaságilag 7-12 év alatt megtérülést elérő projekt, a PPA keretein belül pedig megtakarítás érhető el, az így felhasznált zöld energia mértéke messze elmarad a 10%-os szinttől.

3.Szakirodalmi áttekintés

3.1. A napelemek általános bemutatása

A napelemek önálló rendszerekként is működhetnek, de gyakran részei egy nagyobb rendszernek, például egy összefüggő hálózatba kapcsolva. A napelemek többféle formában léteznek, beleértve a lapos táblás rendszereket, a koncentráló rendszereket és a szilárdtest-kristályos rendszereket. A napelemek úgy működnek, hogy a fotovoltaikus cellák a napfényt energiává alakítják, majd ezt az energiát inverter segítségével átalakítják árammá, amely használható az épületben vagy az elektromos hálózatba történő bekötéshez.

Ezen eszközök használata egyre népszerűbbé válik, mivel egyre több országban támogatják a megújuló energiaforrásokat, és a technológia is fejlődik, ami csökkenti az árakat. A napelemek által termelt elektromos energia környezetbarát és hozzájárul a fenntartható fejlődési célokhoz. (Energiahatalom, 2023.)

A napelemek hatékonyságának javításában mérföldkő volt, hogy a technológiai fejlődés, az egyre korszerűbb megoldások révén, azonos fizikai paraméterek mellett (az egyik legfontosabb tényező a rendelkezésre álló terület) képesek egyre több energiát termelni.

A termelt energia aránya (hány százalékot képesek átalakítani a beérkező napenergiából) jelentősen növekedett az elmúlt 5 évben, és egyre több gyártó kínál már 20-24% hatékonyságú napelemeket.

Az árak is jelentősen csökkent az elmúlt 5 évben, ami a használatuk növekedését eredményezte. Az alkalmazott technológia ára az elmúlt 5 évben több mint 50%-kal csökkent Európában, ami a napelem-rendszerek árának jelentős csökkenését eredményezte.

Az európai országokban az utóbbi években a napelemek rendszerének mérete is növekedett, ami a napelemerőművek összteljesítményének növekedését eredményezte egyben.

A napelem rendszerek mérete az elmúlt években megközelítette a több megawattos (MW) skálát, ami jelentősen növelte a termelt energia mennyiségét.

Az európai országokban az utóbbi években a napelem rendszerek konfigurációja is változott. A napelem rendszerek egyre gyakrabban használnak a különböző inverter típusok és a napkövető rendszerek közötti kombinációt, annak érdekében, hogy a lehető legjobb teljesítményt ériék el.

Az európai országokban az utóbbi években a napelem rendszerek környezetbarát jellege is igen jelentős átalakuláson, fejlődésen ment át. A napelem rendszerek egyre inkább használnak

újrahasznosított anyagokat és alacsonyabb környezeti hatású gyártási folyamatokat, hogy csökkentsék a környezeti terhelést. Emelet a rendszerek biztonsága is javult.

Egyre gyakrabban használnak biztonsági funkciókat, hogy csökkentsék a rendszerek kockázatát, mint például az áramszünet elleni védelem és az általános üzemeltetési biztonság kockázatait is csökkentsék.

Következésképpen intelligensen is működnek, ami azt jelenti, hogy képesek a rendszer teljesítményének nyomon követésére, hibaelhárításra és az optimalizálásra.

Általában távfelügyeleti rendszerekkel rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik a rendszer üzemeltetőjének, hogy valós időben ellenőrizze a rendszer teljesítményét és hibáit.

Ezen rendszerek összekapcsolhatók az intelligens hálózatokkal. Ez lehetővé teszi a rendszereknek, hogy automatikusan alkalmazkodjanak az adott hálózat igényeihez és csökkentsék az áramszolgáltatók által fizetendő kompenzációs díjat.

Az elmúlt 5 évben az európai országokban a napelem rendszerek méretének és hatékonyságának növekedése, az árak csökkenése, a környezetbarát gyártási folyamatok, valamint a biztonsági és intelligens funkciók jelentősen javították a napelem rendszerek hatékonyságát.

Itthon az elmúlt pár évben a napelemek használata folyamatosan növekedett, ami jelentős mértékben köszönhető az állami támogatásoknak és az ösztönző intézkedéseknek. A Magyar Államkincstár által központilag kezelt támogatási rendszer (Napelem Támogatási rendszer) segítette a lakossági és vállalati beruházásokat.

Az elmúlt pár évben országunkban az árak is jelentősen csökkent, ami tovább növelte a napelemekkel kapcsolatos beruházásokat.

A Magyarországon jelenleg folyó projektek és a jövőbeni tervek alapján a napenergia megtermelt teljesítménye tovább fog növekedni.

Az elmúlt pár évben itthon is jelentős volt a napelemek technológiai fejlődése. A napelemek hatékonysága javult, és a rendszerek mérete is növekedett, ami a napelemek által termelt energia mennyiségét növelte. Az inverter típusok közül is egyre több az eladott central inverter.



5. ábra: Egytengelyes napelem (Forrás: [KÉPEK \(alfanap.hu\)](http://KEPEK.alfanap.hu))

3.2. A napelemek paramétereinek és vizsgálati eljárásának bemutatása:

A napelemek paramétereinek vizsgálata elsősorban az adott rendszer teljesítményének mérésére és elemzésére irányul. A mérések általában a következő paramétereket vizsgálják:

- Teljesítmény: A napelemek által termelt áram mennyiségét mérik.
- Teljesítménytényező (PR): A napelemek által termelt áram és a beérkező napenergia arányát jelzi.
- Fill faktor (FF): A napelemek által termelt áram és a lehetséges legnagyobb áram arányát jelzi.
- Open-circuit feszültség (V_{oc}): A napelemek által termelt feszültség, amikor a napelemek nincsenek áramerősítő eszközzel kapcsolva.
- Short-circuit áram (I_{sc}): A napelemek által termelt áram, amikor a napelemek rövidzárral vannak kapcsolva. A névleges érték a napelemek teljesítményét jelzi,

amikor a beérkező napenergia fényereje 1000 W/m^2 és a cella hőmérséklete 25°C . A névleges értéket a gyártó általában a terméksomagolásban vagy a termék specifikációiban adja meg. (World, 2022)

Az elmúlt pár évben a napelemek rendszereinek telepítése jelentősen növekedett, főként a lakossági családi házaknál hazánkban, de egyre több vállalat és önkormányzat is választja ezen megújuló használatát, hogy csökkentse az üzemeltetési költségeit és a környezeti terhelést.

Továbbá elmondható az is, hogy a napelemek rendszerek konfigurációja is változott, egyre gyakrabban használnak kombinációt a különböző inverter típusok és a napkövető rendszerek között, hogy a lehető legjobb teljesítményt éri el.

A napelemek degradációja azt jelenti, hogy a napelemek hatékonysága idővel csökken. A napelemek degradációja általában az idő múlásával jár együtt, de más tényezők is hozzájárulhatnak a degradációhoz, mint például a környezeti tényezők, a mechanikai stressz és a termék minősége. A napelemek általános degradációja általában $0,5\text{-}1\%$ évente. Ez azt jelenti, hogy egy új napelem hatékonysága 10 év után általában $90\text{-}95\%$ -ra csökken az eredeti hatékonysághoz képest. Ennek ellenére, a napelemek általában $25\text{-}30$ évig is működnek, és a degradáció általában lassul az évek múlásával. (L. J. Piotrowski és F. A. Farret, 2022)

A környezeti tényezők, mint például a hőmérséklet, a napfény és a szennyeződés, is hozzájárulhatnak a napelemek degradációjához. A hőmérséklet például növelheti a napelemek termikus degradációját, ami csökkenti a napelemek hatékonyságát. A napfény és a szennyeződés pedig károsíthatja a napelemek üvegfelületét, ami csökkenti a napelemek hatékonyságát. (L. Guangzhi, et al., 2023)

3.2.1. Napelem élettartam (degradáció) kérdése

A napelemek általában $25\text{-}30$ éves élettartammal rendelkeznek. Megtérülés szempontjából fontos tudni, hogy az árak az elmúlt években jelentősen csökkent, így ma már sokkal könnyebb elérni azt, hogy megtérüljön a befektetést.

Az üzemeltetési költségek viszonylag alacsonyak, így a termelt áramot lehet használni, ami jelentősen csökkenti a villanyszámlát. A napenergia használata továbbá környezetbarát és fenntartható megoldás. (Energysage, 2022)

Az is fontos, hogy a napelemeket általában éves szinten kell karbantartani, így az üzemeltetési költségekkel is számolnunk kell a megtérülés számításakor.

3.2.2. Hőfokfüggés problémája

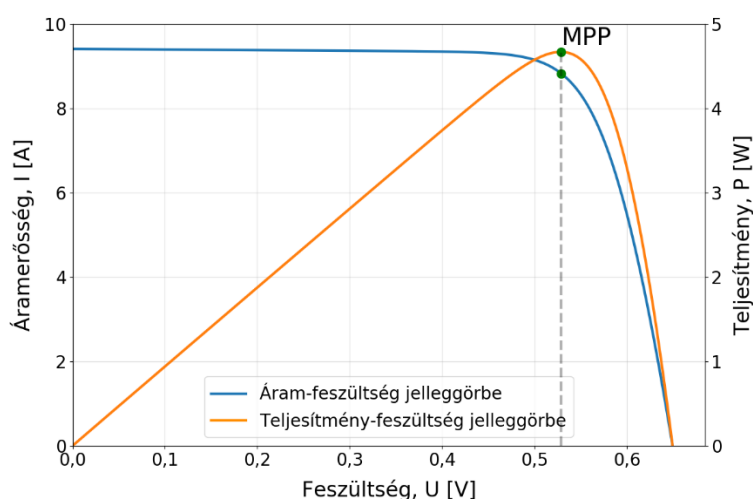
A hőfok függése a napelemek hatásfokának egy kritikus tényezője, mert a napelemek hatásfoka nő a hőmérséklet csökkenésével. A hatásfok általában 25 °C-on éri el a legmagasabb értéket, így a hőmérséklet emelkedése miatt a hatásfok egyre csökken. A hőfok függése általában 0,4-0,5% / °C, ami jelentősen befolyásolja a teljesítményüket. A napelemek jelleggörbéje a napelem által termelt áramerősség és a napelem visszatérhelésének függvénye. (World, 2022)

A jelleggörbe azt mutatja, hogy az adott napelem milyen áramerősséget termel a különböző visszatérhelési feltételek mellett. A jelleggörbe általában egy U alakú görbe, amelynek alja a napelem visszatérhelésének nulla pontja, amikor nem termelődik áram és a csúcsa a napelem teljesítményének maximuma.

A jelleggörbe alakja és a hőfok függése fontos tényezők a tervezés és üzemeltetés szempontjából. A jelleggörbe alakjának és a hőfok függésének figyelembevételével lehet optimalizálni a napelemek rendszereinek teljesítményét és hatékonyságát. (Solar, 2022)

Magyarországon előforduló napelem jelleggörbe típusok:

- Lineáris jelleggörbe: a lineáris jelleggörbe a napelem által termelt áram mennyisége és a fényerő aránya lineáris, azaz a fényerő növekedésével arányosan nő az áram termelése is.



6. ábra: Napelem áram-feszültség és teljesítmény-feszültség jelleggörbéje egy diagramon ábrázolva (Forrás: [Napelem jelleggörbék - SUNformation \(blog.hu\)](#))

- Saturált jelleggörbe: a saturált jelleggörbe a napelem által termelt áram mennyisége és a fényerő aránya eléri a maximumot.
- Vakkutató jelleggörbe: A vakkutató jelleggörbe a napelem rendszer által termelt áram mennyisége és a fényerő arányában a rendszer hatásfoka eléri a maximumot.
- MPPT (Maximum Power Point Tracking) jelleggörbe: A MPPT jelleggörbe a napelem rendszer által termelt áram mennyisége és a fényerő arányában a rendszer hatásfoka eléri a maximumot, és ezt az állapotot folyamatosan javítja a MPPT rendszer. (Mayer, 2020)

Magyarországon a napenergia térnyerése az utóbbi években jelentősen növekedett. Az országban jelenleg több mint 800 MW-nak megfelelő napelempark található, és az általánosan használt eszközök hatásfoka Magyarországon általában 15-20% között mozog.

A Magyar Állam által nyújtott támogatások közé tartozik a támogatott árak, a hitel támogatások, valamint a közvetlen beruházási támogatások. A Magyar Állam a napenergia használatát támogatja azzal is, hogy a felesleges áramot, amit a napelemek termelnek, visszaadhatja az áramszolgáltatóhoz a net metering rendszer használatával. Ez a rendszer lehetővé teszi, hogy a háztartások a saját áramszükségletüket fedezzék, és a felesleges áramot visszaadják az áramszolgáltatóhoz, ami általában annnyival járul hozzá a napelemek megtérülésének felgyorsításához.

Magyarországon a hőfok függvényében a gazdaságossági számítások alapján a legjobb megoldás a kombinált hő- és villamosenergia-termelés. Ennek oka, hogy hazánkban a hőigény nagyon magas, így a hőtermelő berendezések hatékonysága jelentősen javul, ha egyidejűleg villamosenergiát is termelnek. (Napelemrendszerinfo., 2021)

A két leggyakrabban használt hőtermelő berendezés a gázturbina és a kazán. A gázturbina magas hatásfokkal és alacsony üzemeltetési költséggel rendelkezik, míg a kazán alacsonyabb hatásfokkal és magasabb üzemeltetési költséggel rendelkezik. (Dr. Fazekas, 2005)

3.2.3. Napelemek hatásfok számítása

A napelemek hatásfoka azzal a mennyiséggel jellemezhető, amennyi napenergiát a napelem átalakít a használható árammá. A hatásfok százalékban jellemző, és általában 16-24 % között mozog. A napelemek hatásfoka a cella típusától, a cella méretétől, a kivitelezéstől és a környezeti tényezőktől is függ. A hatásfok számításához szükség van a napelem rendszer teljesítményére és a napenergia beadására.

A számítás képlete így néz ki: $\text{Hatásfok} = (\text{Teljesítmény (Watt)} / \text{Napenergia beadás (Watt)}) \times 100\%$. (N. DiOrio, et al., 2015.)

3.2.4. Telepítési körülmények és tartószerkezet hatása: tájolás, dőlésszög, rögzítés, forgatás-állítás megvalósítása

A rendszerek telepítési körülményei és a tartószerkezet hatása nagymértékben befolyásolhatja a teljesítményüket.

A telepítési körülmények közé tartozik a hely, ahol a rendszert telepítik, az időjárás, az árnyékolás és a tájolás. A tartószerkezet hatása az, hogy mennyire biztosítja a rendszer stabilitását és mennyire képes a rendszernek a napfényt követni. A legfontosabb tényező a telepítési körülmények közül a tájolás, mert ez határozza meg, hogy a rendszer mennyi napfényt kap.

A legjobb teljesítményt az adja, ha a napelemeket észak-déli irányban tájolják, így a rendszer követheti a nap mozgását, és minél több napfényt kap. Az észak-déli tájolás mellett, a rendszert meghatározott szögben kell elhelyezni, hogy a napfény maximálisan rá érjen a napkollektorra (Energysage, 2022)

A dőlésszög a napelemek esetén azt jelenti, hogy milyen szögben állnak a napfényt fogadó panelek a talajhoz képest. A legjobb hatásfokot akkor érhetjük el, ha a panelek a nap sugarainak merőlegesen állnak.

A dőlésszögnek azonban a helyi éghajlati viszonyoknak is megfelelően kell lennie. Például, ha a hely meleg és száraz, akkor a paneleket enyhébb dőlésre kell állítani, hogy a napfény ne túl erősen érje őket, míg hidegebb és esősebb területeken a paneleket megnövelt dőlésre kell állítani, hogy a napfény jobban elérhesse őket.

A napelemek rögzítésének módját a panelek típusától, a telepítés helyétől és az épület jellemzőitől függően választjuk meg. A leggyakoribb rögzítési módok közé tartozik a tetőre szerelt, állványra szerelt és falra szerelt rendszerek.

A tetőre szerelt rendszerek esetén a paneleket a tetőfedő anyaghoz rögzítjük, általában csavarokkal vagy ragasztóval. Fontos, hogy a rögzítési pontok megfelelően erősek legyenek, hogy a paneleket biztonságosan rögzítsük. Az állványra szerelt rendszerek esetén az állványokat általában a telepítési területen található talajra állítjuk és rögzítjük, majd a paneleket az állványokra erősítjük.

A falra szerelt rendszerek esetén a paneleket a falra szerelt állványokra rögzítjük, és a falakra szerelt állványokat a falakra rögzítjük. Minden esetben fontos, hogy a rögzítési pontok megfelelően erősek legyenek, és hogy a paneleket úgy rögzítsük, hogy azokat a nap folyamán a legoptimálisabb irányba tudjuk állítani. (Solutions, 2017)

A napelemek forgatási állítása azt jelenti, hogy a paneleket úgy állítjuk fel, hogy a nap folyamán a lehető legtöbb napenergiát kapják. A forgatási állítás az éghajlattól, az évszaktól és a telepítési helytől függ. Az egyik leggyakoribb forgatási állítás a déli irányú állítás, ahol a panelek délre vannak fordítva. Ez a legjobb állítás azokban az éghajlati zónákban, ahol a nap nyáron jelentősen magasabb állásban van, mint télen. (Solar, 2022)

A másik leggyakoribb forgatási állítás az állandó irányú állítás, ahol a paneleket az épület tetejére szereljük és állandó irányba fordítjuk. Ennek az állításnak az a hátránya, hogy a panelek nem kapnak annyi napenergiát, mint a déli állítás esetén, de a hátránya ellenére, ez a forgatási állítás azokban az éghajlati zónákban javasolt, ahol a nap nyáron és télen is alacsonyabban áll.

A harmadik leggyakoribb forgatási állítás az állandó forgatási állítás, ahol a paneleket állandóan forgatjuk, hogy a nap minden pillanatában a legjobb irányba legyenek fordítva. Ennek az állításnak a hátránya az, hogy a forgatás motorjának üzemeltetése költséges lehet

A napelemek forgatási állítása azt jelenti, hogy a paneleket úgy állítjuk el, hogy a nap folyamán a lehető legtöbb napenergiát kapják.

4. Inverterek és jellemzőik (hatásfok)

Az inverter a napelem rendszer része, amely a napenergia által termelt DC (direct current) áramot AC (alternating current) árammá alakítja, amelyet a háztartásban használható áramként használhatunk.

Az inverternek több jellemzője van, amelyek közül néhányat itt említek:

- **Teljesítmény:** Az inverter teljesítménye a rendszer teljesítményét jelzi, és azt határozza meg, hogy hány napelem panelre van szükség a rendszer működéséhez.
- **Frekvencia:** Az inverter frekvenciája meghatározza, hogy az általa termelt áram mennyire stabil. Minél alacsonyabb a frekvencia, annál stabilabb az áram.
- **Hatásfok:** az inverter hatásfoka azt jelzi, hogy az inverter által termelt áram mennyire hasonló az eredeti DC áramhoz. Minél magasabb az inverter hatásfoka, annál kevesebb az elvesztett energia.

- Méret: Az inverter mérete azt jelzi, hogy az inverter mennyi helyet foglal el. Minél kisebb az inverter, annál könnyebb elhelyezni.
- Biztonság: az inverternek rendelkeznie kell biztonsági jellemzőkkel, mint például védőfunkciók, hogy megvédje az invertert és a rendszert a túlterheléstől és a károsodástól. (Napelemrendszer.info, 2022. október)

Az inverteres gyártók között olyan világszerte ismert márkák találhatók, mint:

- SMA Solar Technology
- Fronius ABB
- Enphase Energy
- Sungrow
- Schneider Electric
- Huawei
- Solax
- Delta
- Electronics
- GoodWe

5. Szolgáltatói, elosztóhálózati, környezetvédelmi, tűzvédelmi, túlfeszültség és villámvédelmi követelményekről

Az elosztóhálózat szolgáltatói eltérő követelményeket állapíthatnak meg a napelemek csatlakoztatására vonatkozóan.

Az egyik legfontosabb követelmény a biztonság, amely azt jelenti, hogy a napelemek rendszereinek üzemeltetése során nem fenyegetheti a hálózatot vagy a hálózatot használók biztonságát.

Más követelmények lehetnek a csatlakoztatás módjával kapcsolatban, például a maximális teljesítmény, a hálózatba injektált áram minősége, vagy a rendszer mérete. (SEIA, 2022)

Az elosztóhálózat szolgáltatók általában rendelkeznek saját csatlakoztatási szabályzatokkal, amelyek részletesen leírják a napelemek csatlakoztatására vonatkozó követelményeket. Az országok, államok és városok is rendelkezhetnek saját szabályozással. (Wattler, 2022)

Hazánkban a napelemek csatlakoztatására vonatkozó követelményeket az energiaügyi szabályozó hatóság, a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) állapítja meg. A MEKH által kiadott "Napelemes rendszerek csatlakoztatásáról és üzemeltetéséről" című szabályzat tartalmazza a napelemek csatlakoztatására vonatkozó követelményeket.

A biztonság továbbra is az egyik legfontosabb követelmény, amelynek meg kell felelni a rendszerek üzemeltetése során. A szabályzat előírja, hogy a napelem rendszernek rendelkeznie kell egy rendszerszintű védelemmel, amely megakadályozza a hálózatot érintő veszélyeket.

A maximális teljesítmény is korlátozott Magyarországon, ami jelenleg 6MW. A környezetvédelmi és tűzvédelmi követelményeket a fent említett szabályzat tartalmazza (Belügyminisztérium, 2022)

További fontos környezetvédelmi követelmény, hogy a napelem rendszerek üzemeltetése során ne okozzanak kárt a természeti környezetben. A szabályzat előírja, hogy a napelem rendszereknek üzemeltetésük során nem szabad károsítaniuk a talajt, a vizeket, a levegőt, vagy a faunát és flórát.

A tűzvédelemre is kiemelten figyelnek: a rendszereknek rendelkezniük kell olyan védelemmel, amely megakadályozza a tüzeseteket. (MEKH, 2022) A túlfeszültség védelme érdekében a rendszereknek rendelkeznie kell olyan védelemmel, amely megakadályozza a túlfeszültség okozta károkat.

A szabályzat előírja, hogy a napelem rendszereknek rendelkeznie kell túlfeszültség-elnyelő készülékkel, amely megakadályozza a túlfeszültség káros hatásait.

A villámvédelemre is nagy hangsúlyt fektetnek: a rendszereknek rendelkezniük kell olyan védelemmel, amely megakadályozza a villámcsapásokat. A szabályzat előírja, hogy a napelem rendszereknek rendelkeznie kell villámcsapás-elnyelő készülékkel, amely megakadályozza a villámcsapások káros hatásait.

6. Elszámolási szabályok, jogi, egyéb szabályozási környezet (építési szabályzatok, önkormányzati, településképi szabályozások stb.)

Magyarországon a napelemek által termelt áram elszámolására vonatkozó szabályokat az energiaügyi szabályozó hatóság, a MEKH állapítja meg. Az elszámolási szabályok részleteiről

a MEKH által kiadott "Napelemes rendszerek csatlakoztatásáról és üzemeltetéséről" című szabályzat ad információt. (MEKH, 2022)

A napelemek jogi szabályozásáról az Európai Unió által meghatározott irányelvek és rendeletek szabályozzák. A Magyarországon alkalmazott jogszabályok közé tartozik a Paksi Atomerőmű fejlesztéséről szóló törvény, valamint az 2015. évi LVII. törvény az energiahatékonyságról.

A Magyarországon a napelemek üzemeltetésének támogatása a Magyar Villamosenergia-ipari Zrt. (MVH) által működtetett és a Magyar Államkincstár által finanszírozott rendszer keretében történik. Ennek célja a megújuló energiaforrások felhasználásának növelése és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése.

A Magyar Államkincstár által finanszírozott rendszer keretében a napelemek üzemeltetői által előállított áramszolgáltatásokért a Magyar Villamosenergia-ipari Zrt. kifizeti a támogatást, amely a rendszer elektronikus átjáróján keresztül történik. (Minisztérium, 2016)

A teljesség igénye nélkül meghatározható mely tényezők támasztják alá legfőképpen, a napenergia hasznosítás előnyeit:

- energiaköltség csökkentés;
- szinte korlátlanul áll rendelkezésre;
- környezetbarát technológia;
- CO₂ kibocsátás csökkentése;
- elenyésző a karbantartási igénye;
- költségtakarékos;
- jól tűri a szélsőséges időjárást is, jégesőnek és nagyon magas hőmérsékletnek is ellenáll;
- a szórt fény is jól hasznosítható.

Alább a napelemmel kapcsolatos villamosenergia hasznosításához kapcsolódó jogszabályokat mutatom be.

Villamosenergia engedélyek:

2007. évi LXXXVI. a villamos energiáról (Vet.), 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet (Vet. Vhr.), 382/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet a villamosenergiához kapcsolódó ipari és építésügyi hatóságokkal kapcsolatos engedélyezési eljárásokról. (Országgyűlés, 2007)

A hivatal engedélyezi a 0,5 vagy 50MW vagy az feletti kiserőműveket vagy erőműveket. Továbbá a villamos energia elosztását, a termelői és magánvezetékek építését, üzemeltetését. (Á. Dr Gajdics, 2021)

Környezetvédelmi engedélyek:

1995. évi LIII. törvény a környezet védelméről; 314/2005. (XII. 25.) Korm. Rendelet a létesítmények környezeti hatásvizsgálatáról és az egységes környezethasználati engedélyezésekről szóló eljárásokról. (Országgyűlés, 2007)

Ebben az előzetes vizsgálatokat és azok követelményeit szabályozza, továbbá hogy milyen jelentős környezeti hatások várhatók a megvalósulás után. Ha az eljárás során valamilyen előírásnak nem felel meg nem kaphat engedélyt a megrendelő. (Á. Dr Gajdics, 2021)

Építésügyi szabályozás:

1997. évi LXXVIII törvény az épített környezet alakításáról és védelméről (Étv.)

382/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet a villamosenergia-ipari építésügyi hatósági engedélyezési eljárásokról

253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről (OTÉK). (Á. Dr Gajdics, 2021)

Ezekben és a földrajzi terület szerinti helyi szakhatóságok engedélyezett hivatalaitól szintén szükséges az építések során engedély. Függően attól mekkora építéssel vagy átalakítással jár a napelemes rendszer kiépítése.

Fogyasztókat érintő szabályozás:

EU szabályozások melyek a villamos energia belső piacáról és a megújuló energiákkal előállítható termelés elősegítéséről szintén a (RED II) - **2007. évi LXXXVI.** a villamos energiáról (Vet.), 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet (Vet. Vhr.) (Á. Dr Gajdics, 2021)A fogyasztók tevékenységével kapcsolatos eljárásokat írja le.

A 99/2017. (X. 17.) Kormányrendelet a megújuló energiaforrásból termelt villamos energia kötelező átvételét szabályozza, mely 0,5 MW-nál kisebb rendszerek esetében kötelező átvenni. (Kormányrendelet, 2017)

Fontos megemlíteni, amennyiben a hálózatra visszatáplálás történik, úgy egy kétirányú mérőberendezés hivatott ennek mérésre. A KÁT (Kötelező átvételi tarifa) azonban nem egy állandó tarfia, hanem kategóriák és időszakok szerint kerül meghatározására. Az

esettanulmányomban nem vizsgálom ezen elszámolást, mivel a hálózatra nem kerül visszatáplálásra az energia. (Napelemespanyazatok, 2022)

A dolgozatomban olyan csatlakozási követelmény szerinti szabályozási környezetet feltételezek, mely 2022. december 17-ét követően hatályos. Ennek értelmében mind a hálózatra termelő, mind a visszawattos, időjárásfüggő termelőknek nem kell rendelkezniük kiegyenlítőenergia-szabályozási képességekkel. A beépített teljesítmény nem kell megfeleljen a korábban érvényes legalább 30%-os le-felszabályozási rendszerkapacitásról. (Wattler, 2022)

A magyar megújuló energiaszektorban az egyik legnagyobb gond, mind a kivitelezők mind a lakosság és egyéb megrendelők körében, hogy nincs egységes szabályozás. Szükség volna olyan átfogó rendeletekre, amelyek csak a megújuló energiaforrásokat és azok felhasználását szabályoznák, mint mondjuk egy megújuló energiatörvény. 2021-ben lépett hatályba a 2021. évi LV. törvény, célja a megújuló energiaforrásokból előállított bármely energia használatának szabályozott működtetése. De ez sem öleli fel egészében az összes területet.

A helyi önkormányzatok által meghatározott szabályozások közé tartozhatnak a napelemek telepítésének helyét, méretét szabályozó rendelkezések, illetve az épületre, vagy a környezetre gyakorolt hatásuk szerinti szabályok.

A településképi szabályozások a település arculatát és környezetét érintik, így a napelemek telepítésére vonatkozóan is alkalmazhatóak. A településképi szabályozások lehetnek előírások, melyek a napelemek formáját, színét, és az épülethez viszonyított elhelyezkedését is meghatározhatják.

A napelemek telepítéséhez kapcsolódó önkormányzati és településképi szabályozások eltérőek lehetnek a különböző településeken, ezért a telepítés előtt érdemes megvizsgálni a helyi rendeleteket és szabályozásokat.

Budapesten a napelemek telepítése szabályozott, és az építési, elektromos és környezetvédelmi szabályokat kell betartani. A napelemek telepítéséhez engedélyezési eljárást kell végrehajtani, amelyet az önkormányzatok és a Magyar Elektrotechnikai Testület (MET) végeznek.

A telepítéshez szükséges engedélyek között található az építési engedély, az elektromos berendezések telepítésének engedélye, valamint a környezetvédelmi engedély. Az engedélyek megszerzéséhez szükséges dokumentációt az önkormányzatok és a MET biztosítják.

A napelemek telepítése során figyelembe kell venni a Budapesten érvényes építési, elektromos és környezetvédelmi szabályokat, valamint a helyi adottságokat. A telepítési helynek

megfelelőnek kell lennie a napenergia gyűjtésére, valamint az épületek szerkezetét és az elektromos hálózatot is figyelembe kell venni.

Az engedélyek megszerzése után a telepítésre vonatkozó szabályokat betartva kell végrehajtani a telepítést, amihez szakképzett szakemberekre van szükség, hogy biztosítsák a rendszerek megfelelő működését és biztonságát.

7. A cég és a telephely

A cégcsoport a termelés, a kutatás és fejlesztés, valamint az adminisztráció területén működik 57 országban. Magyarországon hat gyárral, egy gumiabroncs kereskedelmi központtal és egy mesterséges intelligencia fejlesztési központtal van jelen és több mint nyolcezer munkavállalót foglalkoztat.

Az autóipar beszállítója, úgymint rendszer, részegység és alkatrész gyártó. A budapesti telephelye két üzletág részeként biztonsági és kényelmi funkciókat ellátó elektronikai és elektromechanikai egységeket, fékrendszereket, érzékelő és beavatkozó elemeket, valamint elektronikai feldolgozó és szabályzó egységeket gyárt, amelyeket részben az autógyáraknak, részben az autógyárak közvetlen beszállítóinak értékesít.

Vállalatunk magyar tulajdonú vállalat, mely energetikai fejlesztést tervez megvalósítani, ami teljes mértékben zöldenergia felhasználást eredményez. Ennek megvalósítása érdekében történt komplex energetikai felmérés és egy integrált saját költségvetésű projekt tervezése.

A napelem telepítésre szánt terület a 2019 és 2020 során újonnan épült, F1-F2-F3 gyártócsarnokok egybefüggő tetőfelülete. A használható terület $\sim 5.000\text{m}^2$, amelyet keleti oldalon egy zajgátló fal határol, ennek árnyékoló hatásával számolni szükséges.

7.1. Energetikai korszerűsítés

A telephelyet érintő projekt keretén belül történik meg a napenergia hasznosítására alkalmas rendszer kiépítése.

A tervezés első lépése szerint egy bejárás és az épület építészeti anyagának felülvizsgálata volt. Ennek alapján, a tervben szereplő adatok és építészeti kialakítás a jelen állapottal egyezik. A meglévő épület vasbeton és acél pillérvázaz teherhordó rendszerű. Határolásai, külső falazatai égetett kerámia falazóblokkal készültek. Jellemzően 10 és 12 cm vastag hőszigeteléssel, illetve szigetelés nélkül, melyre külső és belső oldalon hagyományos vakolat került felhordásra. A

nyílászárók régi rendszerű, kétrétegű üveggel vannak ellátva. A kapuk sima acél-kapuk, U értékük nem felel meg a korszerű követelményeknek.

Az ingatlan meglévő víz, szennyvíz és elektromos közműcsatlakozással rendelkezik. A közszolgáltatású csapadékvíz-elvezetés közterületi nyílt csapadécsatornában történik. A meglévő víz- és szennyvízvezeték rendszer változatlanul üzemel tovább.

Az épület energiaellátása meglévő elektromos csatlakozásról biztosított. A meglévő, épületen kívüli mérőóra-, kismegszakító- és elosztószekrény változatlanul üzemel.

A program szerint a meglévő vasbeton pillérváz, égetett agyagtégla falazatú, csarnoképület külső hőszigetelés nélküli falait hőszigetelik, a meglévő nyílászárókat korszerű ablakokra (nem jelentős a megtakarítás, nem javasolt) és korszerű, szigetelt szekcionált kapukra cserélik.

A tetőre fotovoltaikus (napelemes) rendszert telepítenek. A fűtési rendszert korszerűsítik. Ennek során a meglévő szilárd tüzelésű kazán helyett új, puffertartállyal szerelt kazánnal kombinált fűtési rendszerrel oldják meg az épület fűtését.

A külső homlokzati falak utólagos hőszigetelése 12cm PUR magos szendvicspanel rendszerrel a meglévő falazatra gyártói előírást betartva speciális rögzítő rendszerrel. ($U=0,17\text{W/m}^2\text{K}$). A meglévő tetőszerkezetre ugyanezen módon eljárva tetőre előírt rögzítőrendszerrel szendvicspanel kerül.

Az új külső kapuk szigetelt szekcionált hőhídmentes kapuk lesznek melyek a fűtött-fűtetlen teret elválasztó falakon kerülnek beépítésre. Az ablakok új 3 rétegű üvegezésű korszerű ablakokra cserélendők ($U= \min 1,15\text{W/m}^2\text{K}$). A földszigetelés vízszintes, illetve ferde felületen, padlástérben készül szálashőszigeteléssel, a tanúsításban az ablakcsere és a padlászőszigetelés (megfelel $U=0,16$), nem szerepel.

Az épület energiaellátása meglévő elektromos csatlakozásról biztosított. A meglévő, épületen kívüli mérőóra-, a kismegszakító- és elosztószekrény változatlanul üzemel tovább. A 8° -os hajlásszögű, délnyugati tájolású tetősíkokra fotovoltaikus áramtermelő rendszer kerül telepítésre, önálló tartószerkezettel.

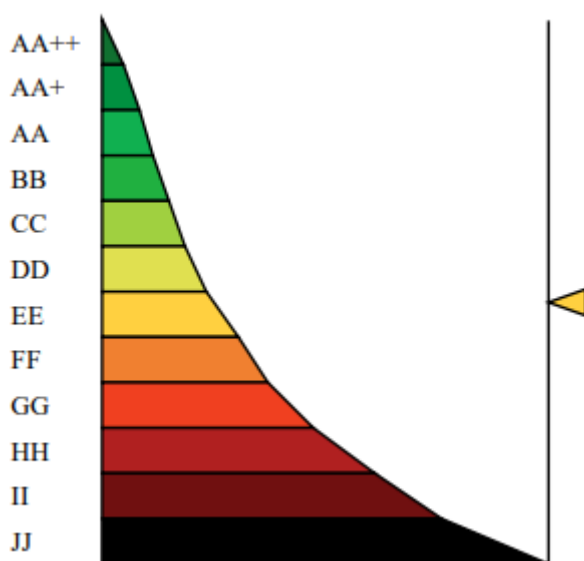
A tervezés során alkalmazott műszaki megoldások az OTÉK 50. § (3) bekezdésében meghatározott követelményeknek megfelelnek. A kivitelezés során a vonatkozó tűz- és balesetvédelmi előírásokat maradéktalanul be kell tartani! A betervezett szerkezetek csak akkor helyettesíthetők, ha a helyettesítő szerkezet a betervezettel legalább egyenértékű anyagjellemzőkkel bír. A tervezett korszerűsítés tervezésekor figyelembe vettük az

„Épületenergetikai felmérés” szakértői számításait, ajánlását, és egy lehetséges pályázati kiírás vonatkozó előírásait.

A megfelelés vizsgálatával egyidejűleg a vállalat műszaki szakmai vizsgálata is megkezdődött. Ehhez mind az építészeti mind pedig energetikai szempontból is vizsgálat történt. Az energetikai tervben pedig egy olyan vizsgálati mérési folyamatot kellett megvalósítani, ami megmutatja a vállalat jelenlegi állapotát majd a fejlesztés során a létrejött állapotot. Ebben a fejlesztések során beépítésre kerülő elemek által elért energetikai hatékonyságokat kell meghatározni.

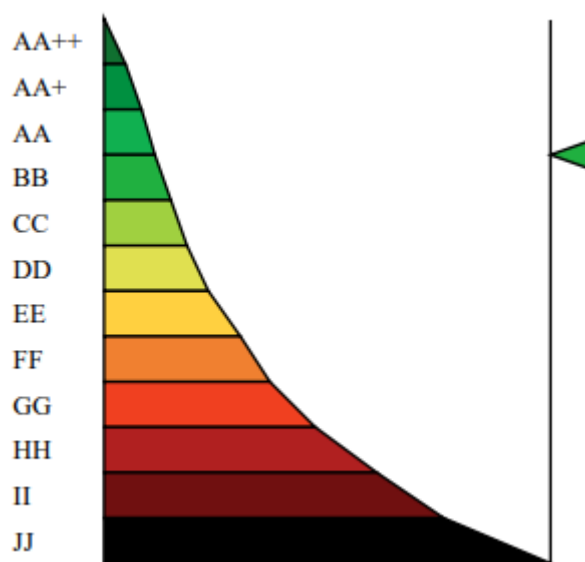
A meglévő állapot eredménye:

- Az épület(rész) fajlagos primer energiafogyasztása: 153.28 kWh/m² a
 - Követelményérték (viszonyítási alap): 90.00 kWh/m² a
 - Az épület(rész) energetikai jellemzője a követelményértékre vonatkoztatva: 170.30 %
- Energetikai minőség szerinti besorolás: EE (Átlagosnál jobb)



7. ábra: A vállalat energetikai tanúsítványán megjelölt besorolás a kezdeti állapotban (Forrás: vállalati adatok)

A végső állapot elérése nem csak társadalmi és erkölcsi megfelelés, hanem lehet a beruházást segítő pályázati megfelelés egyik indikátora is.



8. ábra: A vállalat energetikai tanúsítványán megjelölt besorolás a végső állapotban (Forrás: vállalati adatok)

Ennek elérése nélkül nem felel meg a vállalat a támogatási feltételeknek és előfordulhat, hogy a támogatás teljes összege visszafizetésre kell kerüljön. Így fontos a teljes megvalósulás és az elérendő célok betartása. A megvalósítás projektirányítása lehet a vállalatunknál és több építető és kivitelező irányítása szükséges. Az energiatanúsítványokban és a célzott tervekben meghatározottak szerint az energetikai felújításhoz műszaki leírás készült, pontosan meghatározva mely területeken milyen fejlesztés szükséges. A műszaki leírásban meghatározásra került a jelen állapot és a szükséges munkálatok.

A helyiségek természetes vagy meglévő gépi szellőzése biztosított. Az építészeti-műszaki dokumentáció elkészítése során történt egyeztetésen az érintett közműszolgáltatók nem írtak elő különleges vagy egyedi követelmény teljesítését, a terv ellenem emeltek kifogást. Az égéstermék-elvezetők megfelelnek az MSZ EN 13884 szabvány előírásainak. A Kémény Zrt. az égéstermék elvezetőrendszer szükség szerinti vizsgálatát végzi.

A műszaki leírás alapján az építés nem építészeti, szakhatósági engedélyezéshez kötött tevékenység.

Mivel az energetikai fejlesztés Pályázati forrás igénybevételével terveztük megvalósítani így a pályázati előírásoknak megfelelően további adatok megadása volt kötelező. Ilyen adatoknak számított az energetikai tanúsítvány és a műszaki leírás. Ezekhez kapcsolódóan szakértői nyilatkozatokat kellett írni melyben a felméréseket és a műszaki terveket is csak olyan szakember végezte, akinek ehhez megfelelő végzettsége és jogosultsága van. Ezzel az állam által kiírt pályázati előírások kiküszöbölhetik a veszélyes nem hivatalos munkavégzést és biztosítható a balesetmentes kivitelezés és eredmény.

Az energetikai felmérés és a műszaki tervdokumentáció birtokában megkezdődhet a kivitelezés elindítása. Ennek azonban az előzménye a felújításhoz szükséges árajánlatok bekérése. Pályázati kiírásnak megfelelően legalább három árajánlatadótól a legkedvezőbb árat választva. Ezeknek az adatoknak a segítségével kerül beadásra a támogatási igény a Palyazat.gov.hu felületén.

Az első szakaszban, mint azt az energetikai tanúsítvány is mutatta az épület szigetelése történik meg ez a szendvicspanelek felszerelésével és a fűtött fűtetlen teret elválasztó nyílászárók korszerűre cserélésével végződik. Az elért eredményeket szakmai szemmel egy műszaki ellenőr kell nyomon kövesse. Gazdasági megvalósulás és a határidők betartását pedig - mint projekt felelős - én ellenőrzöm. Ehhez a kivitelezés menetéről bizonyos a szerződésben előre meghatározott szakaszonként teljesítmény igazolást kérek be. Ennek szakmai részét természetesen a műszaki szakember hitelesíti.

A teljesítés igazolás tartalmazza szerződésben rögzített tartalmakat a teljesítés megvalósulását jóváhagyó megrendelő részvételét és a műszaki ellenőr jóváhagyását.

A projekt megvalósulásában érintett dolgozók a tervezési szakasztól látják a teljes folyamatot, mely során a szemléletformálás és környezettudatos edukáció is történik. A vezetőség számára fontos, hogy a dolgozók felismerjék mekkora hatással lehetnek a környezetükre.

A projekt során a napenergia hasznosításának két lehetősége kerül megvizsgálásra:

- A projekt a telephely beruházásaként valósul meg, minden vonatkozó feladat a tervezési, engedélyeztetési és kivitelezési tevékenységek során a beszállító felelősségi körébe tartoznak (CAPEX)
- A projekt energia-ellátási szerződési konstrukcióban: minden vonatkozó feladat a tervezési, engedélyeztetési és kivitelezési tevékenységek során a beszállító felelősségi körébe tartoznak, beleértve az üzemeltetést és karbantartást is (PPA)

Mielőtt a konkrét esettanulmány során kvantitatívan megvizsgáljuk az egyes megvalósíthatósági lehetőségek pénzügyi vonzatát, tekintsük át részletesen a PPA rendszerek sajátosságait, jellemzőit, illetve általában a gyakorlati megvalósulásuk körülményeit, nehézségeit.

8. A PPA modell vizsgálata

8.1. PPA modell általános elméleti vizsgálata

A PPA egy angol mozaikszó, ami a Power Purchase Agreement (zöldáram-vásárlási megállapodás) a rövidítése. Ez azt jelenti, hogy hosszú távra köthető villamosenergia adás-vételi szerződés, ami akár 15-20 év hosszú is lehet. Ez a szerződés közvetlenül jön létre az zöldenergiát termelő és a vállalat között, így a vállalat tőkebefektetés nélkül jut hozzá villamos áramhoz. A PPA célja, hogy mindkét fél a hagyományos megállapodások során az elérhetőnél jóval hosszabb időre rögzíthesse az árakat. Nagy előnye, hogy hozzájárul a megújuló energiatermelés fejlődéséhez, valamint a vállalatok fenntarthatósági céljai is könnyebben teljesíthetők így, hiszen a környezettudatos működés egyre komolyabb elvárás a befektetők részéről.

A PPA-k két fő típusa az on-site és az off-site konstrukció. Az első változatban a termelendő energia fogyasztójának telephelyén épül naperőmű, de nem a vállalat a beruházó, a projekt külső finanszírozásból valósul meg, a felhasználó pedig vállalja, hogy egy bizonyos áron veszi át az ott megtermelt villamos energiát. Az off-site verzió esetében nem a fogyasztási helyszínen létesül erőmű, hanem valahol máshol termel be a hálózatba, majd a villamos energia egy köztes szereplő segítségével jut el a fogyasztóhoz, ennek plusz költségével együtt. Első ránézésre ez egy igazi win-win megállapodás mind a felhasználó, mind a termelő számára, a gyakorlatban azonban számos tényező gátolja a PPA-k hazai elterjedését.

Sokáig problémát jelentett, hogy a magyar vállalatok még nem elég környezettudatosak és nem szívesen köteleződnek el hosszú távra fix áron, miközben az villamosáram ára akár csökkenhet is a piacon. A háború kitörése és a földgázárak növekedése óta azonban már a PPA-k esetlegesen magasabb ára is sokkal vonzóbb, mint a kiszámíthatatlan jövő. A másik korlátja az ilyen típusú megállapodások hazai terjedésének, hogy a villamosenergia-termelő elég jelentős finanszírozási kockázatot is vállal a PPA-k telepítésével, ezért csak a kiváló hitelminősítésű vállalatok jöhetnek szóba partnerként, ami erősen behatárolja a potenciális magyar vállalati felhasználók körét. De ez fordítva is igaz, hiszen a megbízhatóság és a hitelképesség termelői oldalon is lényeges szempont, egy nagyvállalat számára ugyanis az ellátásbiztonság kulcskérdés.

PPA szerződést jellemzően a nagy és a tőzsdén is jelen lévő vállalatok kötnek, amelyeknek rendkívül fontos, hogy környezettudatos céggént mutakozzanak a befektetők, illetve a fogyasztók előtt. Az utóbbi években tapasztalható emelkedő szabadpiaci villamosenergia-árak

azonban nagyon átalakították a PPA szerződések környezetét. Ennek következtében a témával Magyarországon is nagyon sokan foglalkoznak, és az emelkedő piaci villamosenergia árak mellett egyre jelentősebb kereslet érzékelhető iránta a fogyasztók részéről. Ezzel együtt a PPA-k ügye hazánkban még nagyon kezdeti fázisban van, és érdemben nem lehet találni róla szakirodalmat vagy gyakorlati tapasztalásokat, illetve nincsenek információk beruházások hazai megjelenéséről. Ennek következtében nem alakulhatott ki mindeddig még olyan tapasztalatokon alapuló, működő hazai rendszer, melyet elemezni lehetne. Bár PPA szerződések, illetve ilyen beruházások valójában Magyarországon is megvalósíthatók lennének, azonban jelenleg még több tényező is gátolja ennek a konstrukciónak a hazai elterjedését termelői, felhasználói és szabályozási oldalon egyaránt. Főként a folyamatosan emelkedő energiaárak miatt hazánkban is jelentősen növekszik azoknak a vállalatok száma, melyek az pár évre szóló áramvásárlási szerződésüket cserélnék le, vagy a magas árak kivédésére alternatívát keresnek. Tehát, hogy az energiafogyasztásban zölddé válást bizonyos esetekben nem az egyre szigorúbb környezetvédelmi- és ESG követelmények határoznak meg, hanem a kitermelhetetlenné vált energiaköltségek is előmozdítják.

Magyarországon már korábban is létezett hasonló szerződés, mely által egy ipari ügyfél megállapodást köt az energiatermelővel úgy, hogy a termelő csak az megrendelő igényeinek kielégítésére építsen erőművet, és azon például villamosenergiát állítson elő úgy, hogy egy előre egyeztetett fix áron kötnék megállapodást. Ami a régi nem megújuló PPA szerződésekhez képest újszerű, és amire Magyarországon egyelőre nem nagyon akad példa, hogy megújuló energiára vásárlási szerződés jöjjön létre.

Ha egy naperőművet fejlesztő cég az iparban nagyfogyasztókat akar megcélolni, akkor teljesen új feladatok fognak felmerülni. Ezek az alábbiak:

- értékesítési képességek kialakítása: ki kell alakítani az új értékesítési csatornákat és meg kell határozni a folyamatot, mely magában foglalja a potenciális fogyasztók megtalálását az ajánlatadás kezelését és ezeken keresztül a szerződéskötést;
- együttműködési képességek fejlesztése: egy naperőmű nem saját területen történő üzemeltetése kompromisszumképességet igényel, továbbá az üzemszünetek összehangolása, a partnerkockázat kezelése és az üzemeltetés is új feladatokat jelent a cégnek;
- PPA szerződéses konstrukció készítése megújuló energiára: a szerződéses keretrendszer jogszabályi háttere már kész volt, viszont most a naperőmű fejlesztő vállalkozások felelőssége más lesz egy olyan szerződéses keretrendszer kidolgozásával, ami biztosítja

majd a banki finanszírozhatóságot, a megrendelő és a szolgáltató közötti egyértelmű feladatok eloszlását, és a szerződő felek köz felmerülő kockázatok kezelését.

A PPA szerződéses konstrukcióra mindig külön megoldást kell kötni akár virtuális, akár fizikai PPA konstrukcióról van szó. Azonban mindegyikben közös elem, hogy az alábbi kérdéseket tudja kezelni:

- szerződéses etap: ami még az ipari nagyfogyasztónak mint megrendelőnek is átlátható időtáv, úgy, hogy a naperőmű építés banki finanszírozását sem kockáztatja;
- a felek kapcsolattartási folyamatai, felelősöknek és a jogi fórumainak a meghatározása;
- elkerülhetetlen kockázatok kezelése: például a megrendelő részéről a termelési kapacitás és az energiaigény esetleges csökkenésének, megoldása, kezelése, a szolgáltató részéről pedig az előre nem látható költségek, mint az ár kiegyenlítés költsége, a karbantartási vagy munkaerőköltség vagy az extra adó kezelése;
- biztosíték rendszer kialakítása, ami lehet például egy műszaki meghibásodás vagy egy nem várt csődhelyzet esete, amikor is biztosítja a másik fél számára az arányos megtérülést.

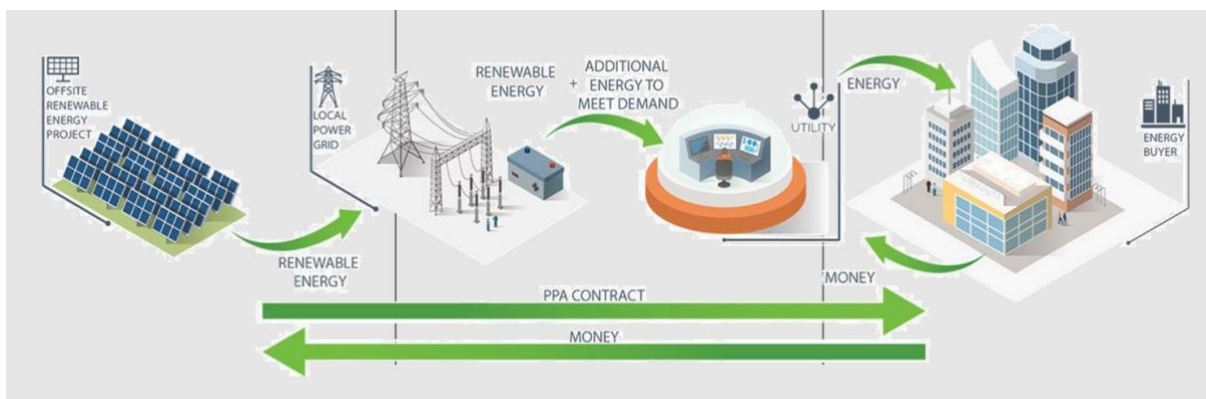
Az erőmű építők, fejlesztők számára a szabadpiaci értékesítés ezek által új kihívásokat állít, hiszen a megtermelt energiának mindenképpen vevőt kell találniuk, és ehhez kell kialakítani egy PPA szerződéses konstrukciót, mindkét fél kockázatvállalásával és mindkét fél számára előnyös biztosíték rendszerrel.

8.2. Virtuális PPA bemutatása

A virtuális PPA szerződések egyik lehetséges iránya, hogy a nagy cégek számára lehetővé teszik, hogy hosszú távon 10-15-20 évig, közvetlenül a megújulóenergia-előállítójától vásároljanak zöld áramot anélkül, hogy a villamosenergia előállítása és annak felhasználása egy telephelyen jöjjön létre. (GoldenPeaks, 2022)

A virtuális PPA szerint a villamosenergia előállító, termelő közvetve szolgáltató. A közmű szolgáltatónak adja el az általa megtermelt villamos energiát, és a vállalati fogyasztó pedig a közmű szolgáltatótól rendeli meg és vásárolja meg a működéséhez szükséges mennyiségű villamosenergiát. Így a szerződésekkel egyidőben futó, a villamosenergia előállítója és a nagyvállalati megrendelő közvetlen egymással köt egy úgynevezett virtuális PPA szerződést. A virtuális PPA, amelynek keretében a villamosenergia-termelője és a nagyvállalati fogyasztó állapodnak meg egy a vételi árban és a referencia árban, továbbá abban is, hogy a kötési ár és a

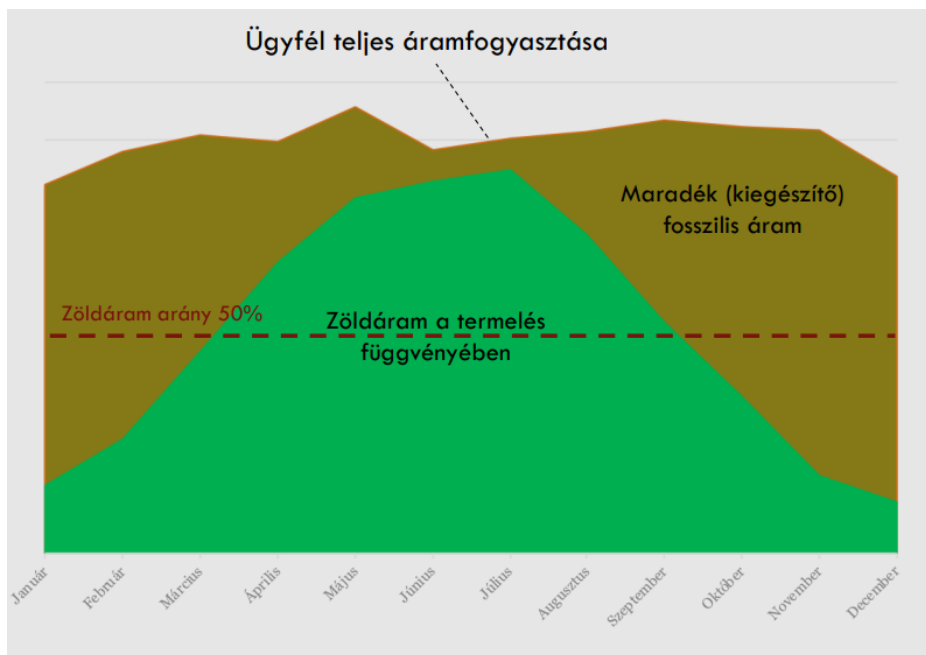
referenciaár között kialakuló különbözetet egymás között bizonyos időnként pénzügyileg rendezik. A legfőbb előnye ennek, az ár ingadozás kockázatának csökkentése. Emellett a virtuális PPA további előnye az is lehet, hogy alkalmazható abban az esetben is, ha a villamosenergia közvetlen fizikai szállítása nem lehetséges valamiért vagy a gazdaságosság nem megoldható. (EON, 2022)



9. ábra: A virtuális erőmű egyszerűsített ábrája (forrás: EON, Green Cloud szolgáltatás)

Alakultak tehát olyan együttműködések (projekttársaságok) a fent leírtak alapján, amelyek napenergiából állítanak elő a villamosenergiát, a projektek profitját virtuális PPA-k megkötésével akarják realizálni. A virtuális PPA szerződéseket túlnyomórészt 10, de inkább 20 éves időre kötik. Egy projekttársaság ilyenkor alapvetően egy szerződést köt egy vállalati megrendelővel, de az is elképzelhető, hogy a vállalati fogyasztók egy összefogó csoportja lesz a megrendelő, aki a virtuális PPA szerződést egy projekttársasággal megköti.

Cégünk energiakereskedőtől is kapott virtuális PPA szolgáltatásra ajánlatot. Ebben a megújuló energiaforrásból származó villamos energia mellett, részleges ellátási szerződés keretében biztosította a fogyasztás szerinti teljes árammennyiséget. A zöldenergia mértéke minimum 50 % -ot jelent egy ilyen szerződés esetében. A 10-es ábrán jól látható, hogy a részleges ellátási szerződés a téli időszakban magasabb, míg a nyári időszakban alacsonyabb. (EON, 2022)



10. ábra: Ellátás szerződés éves bontása a zöldáram termelés függvényében (forrás: EON, Green Cloud szolgáltatás)

Összeségében a virtuális PPA jó megoldást jelent hosszútávon, azonban ezen projektek inkább pilot projektek. A cégek többsége ilyen hosszú futamidejű és sok bizonytalan feltételezést tartalmazó megállapodást nehezen ír alá.

8.3. PPA szerződések kapcsán felmerülő jogi kérdések

1. Helyes-e, hogy ha úgy értelmezzük, hogy a Virtuális PPA szerződés a Projektársaság és a vállalati fogyasztó, mint megrendelő közt nem minősül a befektetési vállalkozásokról szóló és az árutőzsdei szolgáltatókról szóló, és az általuk végzett lehetséges tevékenységek szabályairól szóló 2007. évi CXXXVIII. törvény (Bszt.) 5. § 1 bekezdésében meghatározott befektetési szolgáltatásnak, továbbá a Bszt. 5. § 2 bekezdése szerinti kiegészítő befektetéseknek.
2. Amennyiben az Magyar Nemzeti Bank álláspontja szerinti az első kérdésre nemleges az adott válasz, akkor az a zöldenergia Projektársaság alkalmazhatja-e a Bszt. 2.§ f) vagy g) pontja szerinti mentességeket a Virtuális PPA szerződések megkötéséhez?
3. A Bszt. 2. § f) vagy g) pontja szerinti mentességeket megvizsgálva a Virtuális PPA szerződések megkötésére alkalmazhatóan, kezelheti-e a zöld energia előállító Projektársaság a Virtuális PPA szerződéseket, olyan meghatározott ügyletként, mely jelentősen csökkenti a kereskedelmi tevékenységhez vagy a likviditási finanszírozási tevékenységhez kapcsolódó kockázatokat?

4. A fenti kérdésekre tekintettel nehéz eldönteni, hogy a zöld energiát előállító Projektársaság a Magyar Nemzeti Bank engedélye nélkül megkötheti-e a Virtuális PPA szerződést?

Ezen kérdések megválaszolása egyrészt messze túlmutat dolgozatom keretein és célkitűzésein, másrészt komoly jogi munkát igényelne.

9. Esettanulmány

A dolgozatban szereplő esettanulmány olyan cégre vonatkozik, amelynek éves elektromos energia felhasználása közel 28 millió kWh. A beruházás/projekt 2021-ben - dolgozatom írásának elkezdésekor - volt aktuális 2022/2023-as tervezett megvalósítással. A gazdasági és politikai helyzet drasztikus megváltozása (háborúk, energiaválság, gazdasági lassulás, kamatkörnyezet megváltozása) még aktuálisabbá tette a vizsgálatot. A tőkeköltség emelkedése, az elektromos áram árának növekvő volatilitása, a gazdasági lassulás hatása a beruházó cég profitabilitására még izgalmasabbá tette a modell parametrizálását és még nagyobb kihívás elé állította a döntési szempontok vizsgálatát. Az esettanulmányban a gyakorlati alapokkal rendelkező projekt 2023-as elméleti megvalósítása és 2024-es beindulásával számolok.

9.1. A projekt leírása

A beruházó elektromos áram felhasználása éves szinten 27,8 millió kWh. A CO₂ kibocsátás csökkentése, az áramár változás kockázatának részleges fedezése, valamint a kitétségi viszonylag alacsony csökkentése érdekében a cég úgy döntött, hogy kihasználja a telephelye adta lehetőségeket és 1370 m²-en napelem parkot létesít. Ehhez meghívásos tendert írt ki, melyre négy pályázó ajánlata érkezett.

A cég telephelyén a tender kiírását megelőzően felmérésre kerültek az igények és a lehetőségek. A telephely felülnézeti ábrájából jól látszik mely területek teszik lehetővé napelemek telepítését és melyek nem.

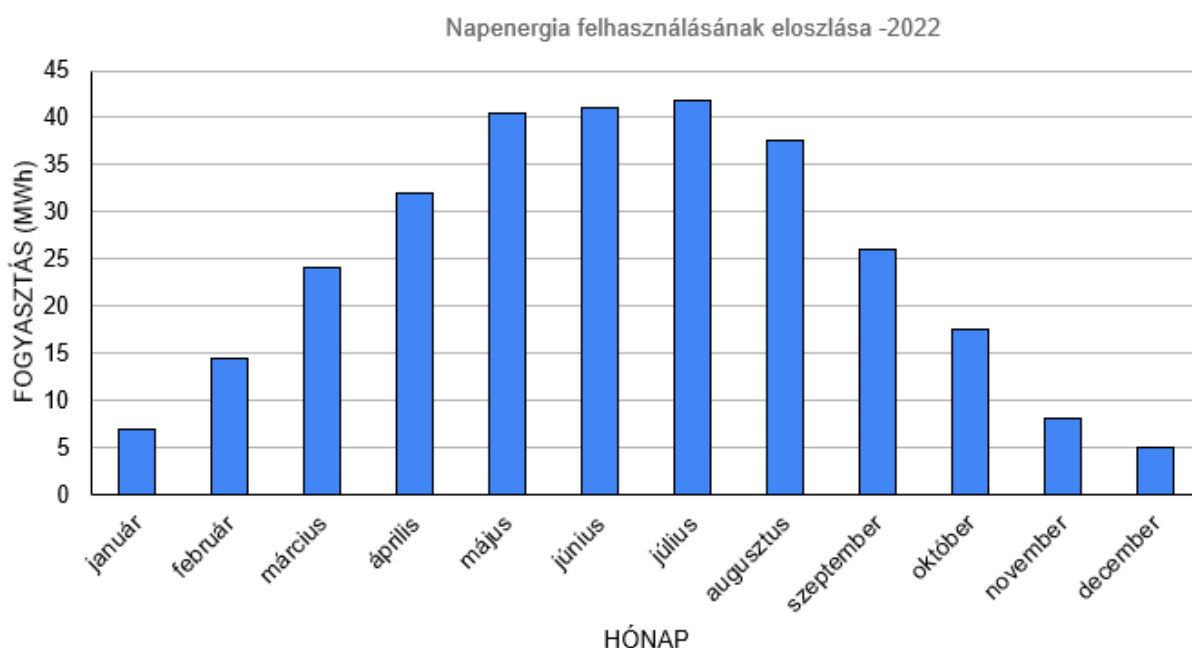


11. ábra: A telephely bemutatása (forrás: saját szerkesztés)

- a pirossal jelzett területekre tűzvédelmi okokból nem lehetséges napelemek telepítése;
- a feketével jelzett területeken a tető borítása miatt nem javasolt a napelemek telepítése;
- a zölddel jelzett területeket javasolja a megvalósíthatósági tanulmány a napelemek telepítésére.

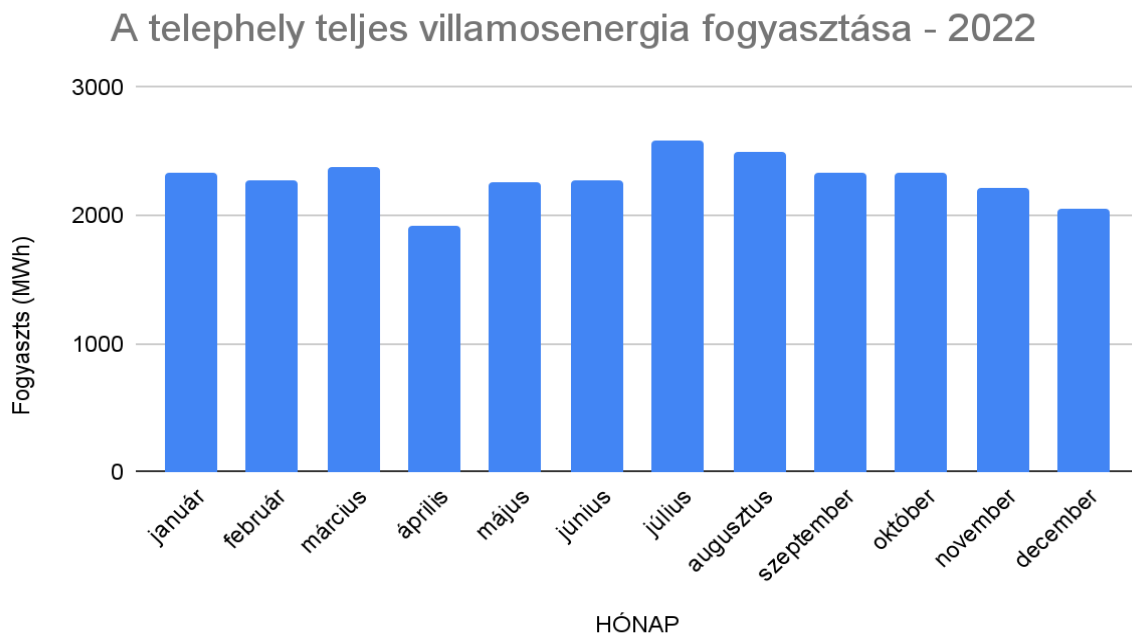
A cég hosszú távú célja, hogy a telephely fogyasztásának tíz százaléka származzon napenergiából. A telephely sajátosságai (szűk keresztmetszet a telepítésre alkalmas felület) miatt legjobb esetben is csak töredéke valósulhat meg. Az ajánlatok 280 és 520 MWh éves teljesítményt biztosítanak. Ez a teljes fogyasztás 1,01 és 1,89 százaléka között van.

A telephely földrajzi elhelyezkedéséből eredően a megtermelt (és egyben felhasznált) napenergia az alábbiak szerint oszlik meg havi bontásban az ajánlattevők becslése szerint.



12. ábra: A napenergia felhasználás eloszlása-2022 (forrás: vállalati forrás, saját szerkesztés)

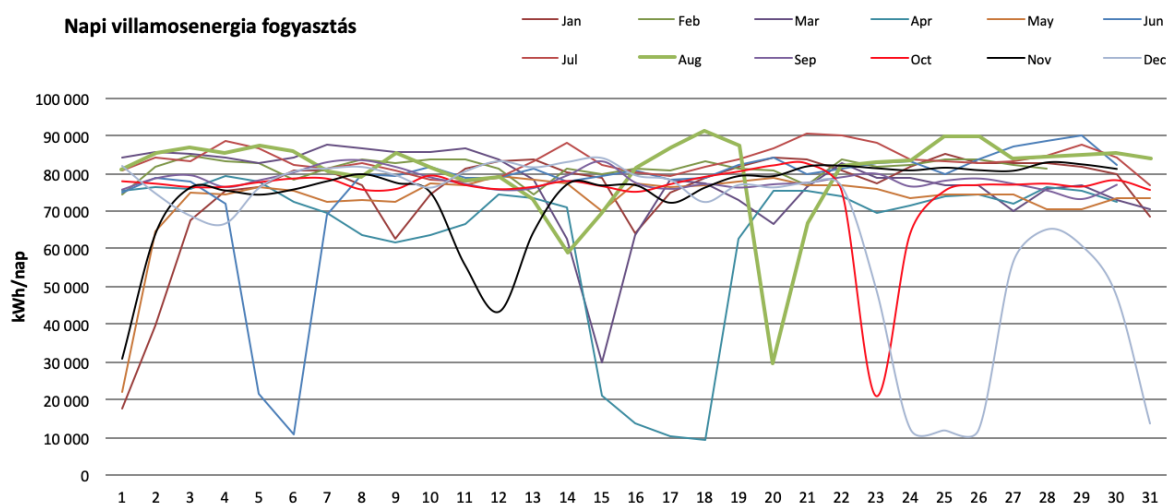
A cég havi energia felhasználása az alábbiak szerint alakul:



13. ábra: A telephely teljes villamosenergia fogyasztása-2022 (forrás: vállalati forrás, saját szerkesztés)

Az ábrákból látszik, hogy a napenergia szempontjából legjobban alakuló hónapok esetén is a kb. 40 MWh-s termelés is csak a havi 1,8 százalékát éri el (ezek az adatok a teljes fogyasztás 1,01 százalékát biztosító modellből származnak).

Az előző ábrából látszik, hogy a cég energiaszükséglete havi bontásban nagyon egyenletes, a szezonális nem jellemzi az elektromos energia felhasználását. Tekintettel arra, hogy a megtermelt napenergia “nincs tekintettel a munkaszüneti napokra”, érdemes megvizsgálni, hogy vannak-e olyan napok a termelő vállalat életében amikor a felhasznált energia ingadozásából előállhat olyan lehetőség, hogy nem tudja felhasználni a megtermelt napenergiát. A cég belső adatai alapján készült ábrán jól látszik napi bontásban a fogyasztás:



14. ábra: Napi villamosenergia fogyasztás (forrás: vállalati forrás, saját szerkesztés)

Látszik, hogy a legalacsonyabb fogyasztású napokon (jan. 1, Húsvét, május 1, Pünkösd, augusztus 20, Karácsony, dec. 31) sem csökken a napi fogyasztás 10 MWh alá. Így megállapítható, hogy - rendkívüli üzemzavar vagy a termelés leállást kizárva - nem fordulhat elő, hogy a megtermelt napenergiát ne tudná a cég felhasználni.

9.2. Megvalósíthatósági lehetőségek

Elméleti síkon három lehetőség kínálkozik a célok megvalósítására alkalmas modell kivitelezésére:

9.2.1. On-site PPA modell

Ennek lényege, hogy cég (Megbízó) megbíz egy kivitelezőt (Megbízott) aki a teljes napelemparkot feltelepíti a Megbízó ingatlanjaira. A napelempark a Megbízott tulajdona, de a Megbízó (jelen esetben a cégünk) a Bérelője ennek a rendszernek és egyben ő jogosult a teljes megtermelt áram felhasználására is. A szükséges engedélyek és hálózati csatlakozások, “a kapun kívüli” világhoz való csatlakozás és megfelelés a Megbízott feladata. Összefoglalva tehát a rendszer Bérelője, egyben a termelői engedélyes (a megtermelt elektromos áram felhasználására jogosult), de a Bérbeadó a beruházója és üzemeltetője a Bérelő telephelyén megvalósított Napelemes rendszernek. A Bérelő saját magának termel a rendszerrel, melyért fizet a Bérbeadónak.

9.2.2. Off-site PPA modell

Az off-site PPA modellben a napelempark nem a Megbízó telephelyén kerül kiépítésre, hanem egy külső helyszínen (másik telephely, erre a célra vásárolt terület, stb). Ebben az esetben - mely a konkrét esetben nem merült fel valós alternatívaként - a napelempark beruházási költségei fölött jelentkezhethet a földterület megvásárlásának vagy bérbevételének a költsége. Ez egy elméleti lehetőség, melynek megvalósíthatósági esetei messze túlmutatnak a dolgozatom kereteint.

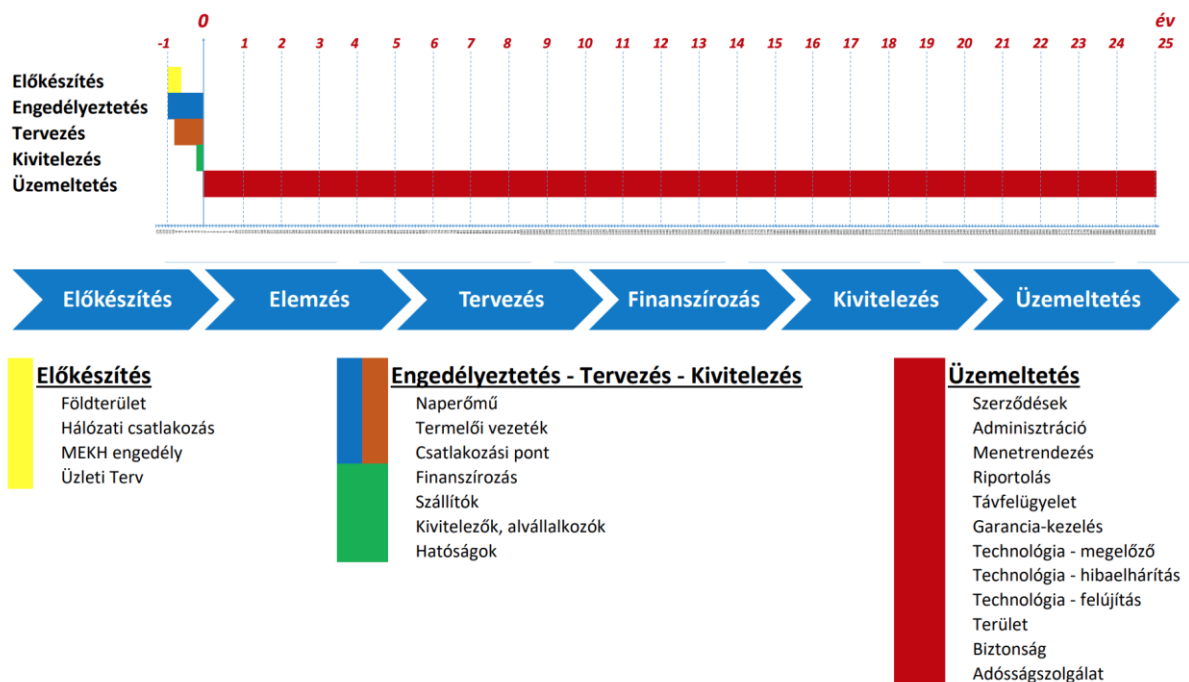
9.2.3. Saját beruházás

Mindkét esetben elképzelhető, hogy a Megbízó saját beruházást eszközöl. Ilyenkor a napelemparkot saját beruházásként kezelve a cég egyszeri beruházás keretében napelemeket helyez fel az ingatlan tetejére, vagy egy külső helyszínre (másik telephely vagy e célra vásárolt telekre) gondoskodik ennek bekábelezéséről, minden szükséges eszközről, engedélyekről, karbantartásról, hálózati csatlakozásról, meghibásodott elemek (inverter, transzformátor, kábelek, mérők) cseréjéről stb. Ebben az esetben a napelem park a cég tulajdonát képezi annak minden előnyével és hátrányával. Természetesen itt is igénybe veheti alvállalkozó segítségét, de ilyen beruházás esetében -főleg a finanszírozási módjától függően- csak a megtérülés számítását befolyásolja ez a kérdés.

9.2.4. Napelempark működtetése

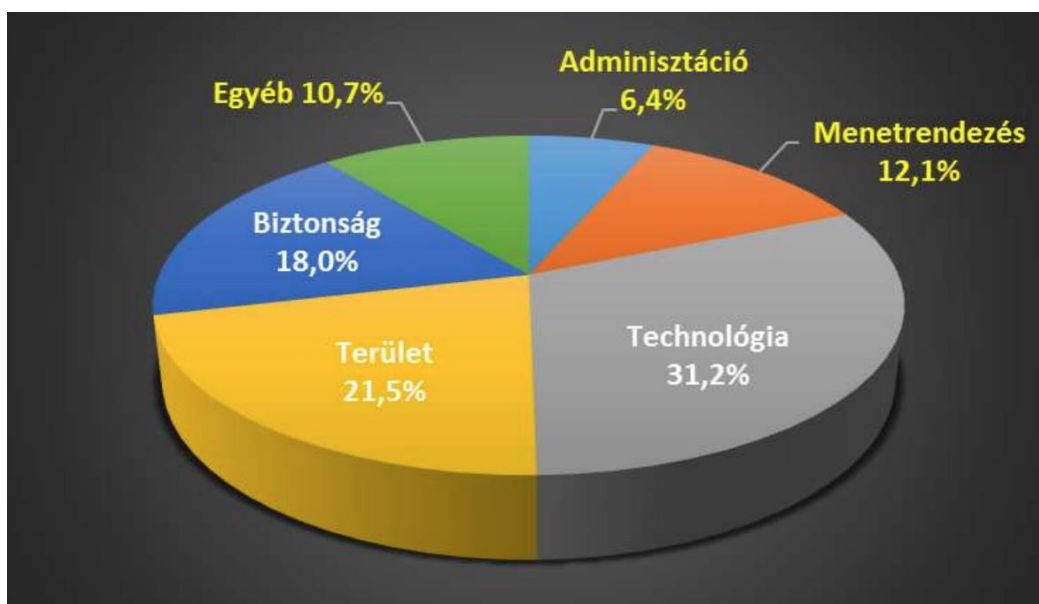
Annak érdekében, hogy egyértelmű képet kapjunk, milyen feladatok várnak a napelempark tulajdonosaira, érdemes megvizsgálni, hogy milyen feladatok várnak annak üzemeltetőjére, milyen szolgáltatásokat vállalnak a piaci szereplők, mire számíthatnak a beruházók.

Egy PPA modellre alapuló projektre igaz szokott lenni az az iparági 1/20-as vagy 1/25-ös ökölszabály, a megvalósítás és az üzemeltetés tekintetében.



15. ábra: A napelempark előkészítési és üzemeltetési feladatai (Forrás: VPP Solar Kft.-MNNSZ VII. Szolár Konferencia)

Ez azt jelenti, hogy általában egy napelempark előkészítési munkái (minden, ami a termelést megelőzi) egy évet vesznek igénybe, az üzemeltetés pedig 20/25 esztendeig tart majd. A 14 -es ábra az üzemeltetési oszlopa minden olyan szolgáltatást tartalmaz mely egy ilyen beruházás esetén szóba jöhet. Nézzük meg, hogy - szintén általános esetben - az üzemeltetési költségeknek mi a megoszlása teljes értéken belül, melyek a jelentősen költségszintet emelő részei.



16. ábra: Üzemeltetési költségek megoszlása. (Forrás: VPP Solar Kft.-MNNSZ VII. Szolár Konferencia)

Fontos hangsúlyozni, hogy a Megrendelő cég esetében ezen szolgáltatások egy része nem szükségesek egy on-site beruházás esetén, sőt a vizsgált esetről még kevesebb szolgáltatásra van szükség, hiszen jó részük teljesen irrelevánssá válik.

A mi esetünkben a “Terület”-tel kapcsolatos szolgáltatások maximum a napelemek tisztítására korlátozódnak, a “Biztonság”-gal kapcsolatos szolgáltatások pedig csak a biztosítási díjat tartalmazzák.

Az is neuralgikus kérdés, hogy a Megbízó és a Megbízott közötti megállapodás pontosan mit tartalmaz. tekintettel arra, hogy a beruházás a Megbízó tulajdonát képező ingatlanon valósul meg. Több fajta biztosítást különböztethetünk meg: a területre vonatkozó, a napelempark elemeire és tartozékaira vonatkozó biztosítást, vagy esetleg az esetleges kieső termelésre vonatkozó biztosítást. A biztosítások jellegéből eredő különbségek miatt ezek vagy a napelempark tulajdonosát, vagy az üzemeltetőjét érintik. Mivel ezen biztosítások jogszabályi háttere igen bonyolult, illetve gyakorlati megvalósulásukra is igen sokfajta megoldás létezik, dolgozatomban nem térek ki ezek részletes bemutatására.

A “Technológia” alatt értjük a megelőző, karbantartó és javító szolgáltatásokat. A menetrendezési költségek teljesen irrelevánsak a mi esetünkben és az adminisztrációs és egyéb költségek is minimálisak, elhanyagolhatók.

Összességében tehát megállapítható, hogy az üzemeltetést végző vállalkozók az alábbi szolgáltatásokat nyújtják a kialakított havidíjért:

- karbantartási szolgáltatások (inverterek, AC gyűjtőszekrény, transzformátorállomás, tartószerkezetek);
- rendszergazdai szolgáltatások;
- távfelügyeleti és vagyonvédelmi rendszer üzemeltetése (amennyiben a Bérlelővel ezt a szolgáltatást igényli);
- napelemekkel kapcsolatos teljesítményt garantáló szolgáltatások: felülvizsgálat, adatelemzés, hőkamerás bevizsgálás;
- adminisztrációs és adat alapú szolgáltatások.

Lényeges kérdés az üzemeltetés kapcsán, hogy minden esetben az esetleges meghibásodásból, amortizációból vagy egyéb okból bekövetkező rendszerelem (kábelek, transzformátor, inverter, stb) cseréje a napelempark tulajdonosának a feladata. PPA esetén a telepítő, saját beruházás esetén pedig a Megbízó feladata ezek cseréje. Saját beruházás esetében kivételt az az eset képezhet, ha a nem megfelelő üzemeltetés vagy karbantartás miatt szükséges az elem cseréje.

Amint az esetünkben is tapasztalható volt - és jellemző általában alvállalkozói üzemeltetés esetén - az üzemeltetési költségek éves szinten a beruházás kb. 0,5 százalékát teszik ki. Az off-site beruházások esetében ez az érték sokkal magasabb. Konkrét eseteket megvizsgálva megállapítható, hogy az üzemeltetési költségek ilyen esetekben a beruházás 1,5-3 százalékát is kiteszik a teljes beruházási költségnek. Amennyiben PPA modellre vetítjük ezeket a költségeket, úgy megállapítható, hogy a telepítők a bérleti díjba érvényesítik ezeknek a szolgáltatásoknak a költségeit.

9.2.5. A projekt vizsgálatának módszertana

Az esettanulmány során az 9.2.1. pontban vázolt modellben megvizsgálom az on-site PPA modell alapján megvalósuló projekt:

- jövedelmezőségét;
- elvégzem a eredményvizsgálat / megtérülésszámítás érzékenységvizsgálatát;
- saját beruházás esetén elvégzem a megtérülés számításokat;
- elméleti síkon összehasonlítom más megvalósítható modellekkel.

9.3. A projekt jellemzői

A beruházás megvalósítását egy meghívásos tender előzte meg. A résztvevők természetesen különböző konstrukciókat javasoltak. A számítás során az ajánlatok parametrizálását mixelem és a Megbízó érdekeinek legmegfelelőbb modell, illetve a gazdasági környezet legvalószínűbb és legéletszerűbb forgatókönyve szerinti esete(ke)t elemzem.

9.3.1. A modell paraméterei

Három épülettetőre összességében 1369,725 m²-en (kb. 571, 571, illetve 228 m²) telepítenek napelemeket.

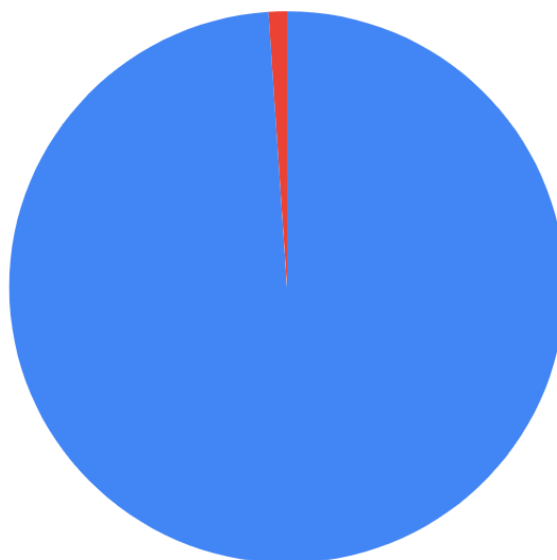
A vizsgálatban a teljes berendezés eredményességét elemzem. A napenergia fedezeti arány a teljes energiaszükséglet 1,01 százaléka.

A cég üzemi fogyasztása napelempark nélkül:	27 500 000 kWh/év
Napelem által fedezett	294 648 kWh/év
Hálózat által fedezett	27 205 352 kWh/év
Napenergia fedezeti hányad:	1,01%

1. táblázat: A cég üzemi fogyasztási adatai, (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok alapján)

A teljes elektromos energia felhasználás

● Hálózati fogyasztás ● Felhasznált napenergia



17. ábra: A teljes elektromos energia felhasználás (Forrás: Belső adatok alapján saját szerkesztés)

A napelempark teljesítményének jellemzői:

Összesített sugárzás a modulokon	1 245,56	kWh/m ²
Összes felület	1 369,73	m ²
Napelem - globális sugárzás	1 706 074,67	kWh
Modulok névleges hatásfoka	21,09%	
Napelemek névleges villamosenergia termelése	359 811,15	kWh
Napelemek villamosenergia termelése (egyenáram)	311 552,87	kWh
Napelemek villamosenergia termelése (váltóáram)	294 648,00	kWh
Saját fogyasztás	294 648,00	kWh

2. táblázat: A napelempark teljesítményének jellemzői (Forrás: A beruházó adatai, 2022-es adatok alapján)

A napelemek névleges villamosenergia termelése és a valós termelés közötti különbség okai:

- modul specifikus részárnyékolás;
- gyenge fény melletti teljesítmény;
- eltérés a modul hőmérséklettől;
- diódák vesztesége;
- mismatch,
- MPP- kiigazítás.

Az inverteren belüli veszteségek:

- egyenáram/váltóáram átváltás
- kábelvesztés

A rendszer által megtermelt és saját fogyasztású villamosenergia mennyisége tehát 294,648 MWh.

Érdemes két tényezőt figyelembe venni a megtermelt elektromos áram tekintetében. Egyrészt van egy amortizációs tényező (degradáció), melyet korábban már bemutattam. Ez a napelem erőművek esetén év/év alapon egy 0,5-0,6 százalékos hatékonyság csökkenés. Minden ajánlat

eme értékek valamelyikével számol, ennek megfelelően a modellben az éves 0,6 százalékos megtermelt elektromos áram mennyiség csökkenéssel kalkulálók.

Másrészről az ajánlattevők átlagértékei alapján 96-98 százalékos rendelkezésre állással érdemes a megtérülésszámítást elvégezni. A modell 95 százalékos rendelkezésre állással számol. Természetesen ez az érték lehet akár 100 százalék is, de az óvatosság elve alapján ez az értékek képezi a számítás alapját.

Tekintettel arra, hogy a cég elektromos energia ellátásának csupán 1,01 százaléka származik napenergiából, nem valós forgatókönyv annak vizsgálata, hogy nem tudja/akarja a teljes napenergiát felhasználni. Ha valamilyen rendkívüli helyzet adódik és a rendszer termelne, de mégis fogyasztás a Bérlőnek, úgy életbe lép az úgynevezett visszwatt védelem, amely le szabályozza a rendszert. A visszwatt védelem lényege, hogy a napelem rendszer – az inverter szabályozásával – csak annyi energiát termel, amennyit a fogyasztó adott pillanatban fel is használ. (Soler.hu, 2023)

Ennek megfelelően a modell úgy számol, hogy a teljes megtermelt villamos energiát felhasználja.

Az alvállalkozók a napelemek telepítését jellemzően két pénzügyi konstrukcióban javasolják megvalósítani (PPA, illetve saját beruházás). A telepített rendszer mindkét esetben azonos.

9.3.2. PPA modell

Az első szerint éves bérleti díjat kell a Megbízónak fizetni. Ez az éves díj egy előre kialakított fogyasztásra alapuló bérleti díj, mely a megtermelt (azaz felhasznált elektromos energia) mennyiségétől és az előre kialakított ártól függ.

$$\text{BÉRLETI DÍJ (EUR)} = \text{megtermelt energia (MWh)} \times \text{kialkudott egységár (EUR/MWh)}$$

A rendszer teljes termelését a Megbízó (a cég) használja fel, az éves bérleti díj pedig a megtermelt elektromos áram és az előre kialakított ár szorzata. A kivitelezők többsége 10/15/20 éves konstrukciót kínál. A futamidő függvényében változnak az árak. Az egységár fordítottan arányos a futamidővel. A 20 éves bérlet esetén - az elektromos áram hálózati árától függően - akár már az első esztendőől megtakarítást jelenthet a cégnek a felállított napelempark. A

különböző konstrukciók árának aránya tekintetében elmondható, hogy a 20 éves, illetve a 10 éves bérleti időszak közötti árak között kb kétszeres szorzó van.

Érdemes összehasonlítani az ajánlott egységárakat, hiszen ezek széles spektrumon mozognak:

	1. Alvállalkozó	2. Alvállalkozó	3. Alvállalkozó	4. Alvállalkozó
10 évre ajánlott ár	-	240 EUR/MWh	-	238 EUR/MWh
15 évre ajánlott ár	134 EUR/MWh	130 EUR/MWh	115,3 EUR/MWh	-
20 évre ajánlott ár	-	120 EUR/MWh	99,5 EUR/MWh	113 EUR/MWh

3. táblázat: A bérleti díjak alapját képező árak (Forrás: A pályázók adatai, 2022-es adatok alapján)

Ez a bérleti ár egy fiktív ár, hiszen a megtermelt energiát a cég 100 százalékban felhasználja, így valójában a Megbízó nem az áramért fizet, hanem a rendszerért, de ez a díj a megtermelt elektromos energia mennyiségének függvényében van megállapítva. A Bérbeadók ezzel akarják a cégeket a minél hosszabb bérleti szerződések irányába terelni. A vizsgált pénzügyi modellben a 10 éves bérlet díj alapja 238 EUR/MWh, mely évente az előző esztendő KSH által megállapított fogyasztói árindexével (CPI, azaz az infláció mértékével) nő. A 20 éves konstrukciónál ez az érték 113 EUR/MWh, mely ugyanúgy az infláció mértékével nő évről évre.

A cég oldaláról - tekintettel arra, hogy ebben az esetben a rendszer üzemeltetését (minden szempontból) a napelempark telepítését végző vállalkozó, azaz a Bérbeadó végzi - ebben a konstrukcióban semmilyen más költség nem merül fel.

Megtakarítási oldalon szerepel az a tétel amit nem kell a hálózati áramfogyasztással megoldjon, azaz a napenergia által kiváltott mennyiség ára, illetve az a CO₂ kibocsátás csökkenéséből eredő költségmegtakarítás - melyet a hálózati energia helyettesítése jelent.

$$S_{\text{napenergia}} = S_{\text{hálózati áram ára}} + S_{\text{elkerült CO}_2 \text{ kibocsátás}}$$

Az első tétel ($S_{\text{hálózati áram ára}}$) a megtermelt napenergia mennyisége és a villamos energia piaci árának a szorzata.

Az áram árának az előrejelzése kulcskérdés a modell pénzügyi elemzése tekintetében. Amennyiben a cégnek nincs hosszú távú elektromos áram beszerzési szerződése (és általában nincs, jellemzően maximum egy, vagy egy + egy esztendőre van), így csak becsléseket lehet használni az elemzésnél. Az első 5 évre a cég belső kutatásának eredményeként megbecsült energiaárakkal számolok, ezt követően pedig az inflációs várakozásokat veszem figyelembe. Jelenlegi a energiahordozók árának alakulása igen magas volatilitású. Ezért a megtérülés számítás legnagyobb kockázata a jó időben kötött és minél hosszabb távú áramszerződések realizálása. Ilyen időkben sokkal jobb optimális szinten rögzíteni a hálózati áram beszerzési árát, mint spekulatív stratégiával várni a kedvezőbb piaci árakra.

Fontos figyelembe venni, hogy kiadási oldalon - az Alvállalkozónak fizetett - bérleti díjak a KSH adatokkal számolt forint (azaz hazai) inflációs adatokkal kerülnek évről-évre korrigálásra (inflációval emelkednek). Az elektromos áram árának alakulásánál inkább egy világpiaci hatásoknak kitett tényező, ennek értelmében inkább az euró zóna inflációs várakozásait veszem figyelembe. Itt forrásként az eurózóna 10/20 éves kötvény hozamával számolok. Ennek megfelelően a HUF, illetve az EUR inflációkat az alábbi értékkel szerepeltetem a modellben.

	CPI	CPI
Év	(EUR)	(HUF)
2024	4,00%	7,00%
2025	3,00%	6,00%
2026	3,00%	5,00%
2027	3,00%	5,00%
2028	3,00%	5,00%
2029	2,00%	4,00%
2030	2,00%	4,00%
2031	2,00%	4,00%
2032	2,00%	4,00%
2033	2,00%	4,00%
2034	2,00%	4,00%
2035	2,00%	4,00%
2036	2,00%	3,00%
2037	2,00%	3,00%

	CPI	CPI
Év	(EUR)	(HUF)
2038	2,00%	3,00%
2039	2,00%	3,00%
2040	2,00%	3,00%
2041	2,00%	3,00%
2042	2,00%	3,00%
2043	2,00%	3,00%

4. táblázat: EUR/HUF Inflációs becslés (Forrás: Bloomberg elemzés)

A második tétel (**Selkerült CO₂ kibocsátás**) is számottevő mértékű megtakarítást jelent. A hálózati elektromos energia használat után (MWh-ként) egyfajta környezetvédelmi díjat kell fizetni. Ez a hálózati energia előállításakor kibocsátott CO₂ mennyiség becslésére alapul. Ez a díj 60 EUR/t. A kiküszöbölt CO₂ kibocsátás a vizsgált méretű napelempark esetén 60-70 tonna CO₂/év.

	CO ₂ kibocsátás csökkenés	Megtakarítás
Év	(t)	(EUR)
2024	71,89	4 313
2025	71,46	4 287
2026	71,03	4 262
2027	70,60	4 236
2028	70,18	4 211
2029	69,76	4 185
2030	69,34	4 160
2031	68,92	4 135
2032	68,51	4 111
2033	68,10	4 086
2034	67,69	4 061

2035	67,28	4 037
2036	66,88	4 013
2037	66,48	3 989
2038	66,08	3 965
2039	65,68	3 941
2040	65,29	3 917
2041	64,90	3 894
2042	64,51	3 870
2043	64,12	3 847

5. táblázat: CO₂ kibocsátás csökkenés 2024-2043 (Forrás: Saját számítás, céges adatok alapján)

A bérleti díjas on-site PPA modellben tehát, a megvalósítás annál jövedelmezőbb a cég számára, minél magasabb a villamosenergia piaci ára (mivel a napenergia fedezet igen alacsony ezért ez összességben nem annyira jó a cégnek), és minél alacsonyabb a hazai infláció alakulása. A jelenlegi magas inflációs környezet, illetve a közeljövő inflációs előrejelzései nem kedveznek a projekt megvalósításának, de összességében elmondható (1. melléklet), hogy az árak alkalmazott becslés szerinti alakulása esetén - a 20 éves bérleti szerződés esetén számolt bérleti díj mellett már az első esztendőben is megtakarítást tud elérni a cég.

Amennyiben az elektromos energia ára 2025-től jelentősen csökken, úgy a cég megtakarítása is sokkal kisebb mértékű (vagy akár teljesen eltűnik), de az alacsony (1,01 százalékos) napenergia fedezet miatt értelemszerűen a termelő cég jelentős eredmény növekedést ér el a fennmaradó, hálózati elektromos energia beszerzésen.

A projekt eredményességének másik kockázata az EUR és a HUF infláció közötti ollónak a kinyílása. Amennyiben a hazai (HUF) infláció és az eurózóna inflációja (EUR) jelentősen 4-5 százalékponttal eltér egymástól úgy a projekt eredményessége is veszélybe kerülhet. A jelenlegi tőkepiaci kamatkülönbségek alapján a 2-4 százalékpontos inflációs különbség valószínűsíthető, így az érzékenységvizsgálatnál érdemes ennek a paraméternek a vizsgálata is.

A modell számait optimalizálva (a valós bérleti számokat figyelembe véve) megállapítható:

- A 10 éves bérleti konstrukció csak szélsőséges elektromos áram és inflációs adatokkal számolva éri meg a cég számára. Ez általánosan az összes ajánlattevő esetén is tapasztalható, de ez érthető, hiszen a hosszabb futamidejű bérbeadás a Megbízottak érdeke.
- A 15 éves bérbeadás esetén már a futamidő egyes éveiben megtakarítást jelent a Megbízó számára. Itt is fontos megjegyezni, hogy a bemenő adatként szereplő árakra igen érzékeny (elsősorban a hálózati áram árára) a számítás, de a prognosztizált árak esetén akár jó konstrukciónak is tűnhet.
- A legkedvezőbb a 20 éves bérleti szerződés. Az ebben szereplő bérleti díjak úgy vannak meghatározva, hogy akár már a legelső években tapasztalható elektromos árak esetén is megtakarítást jelentsenek a cég számára.

	CPI	CPI	Hálózati áram ára	MEGTAKARÍTÁS (EUR)		
Év	(EUR)	(HUF)	(EUR/MWh)	10 éves bérlet	15 éves bérlet	20 éves bérlet
2024	4,00%	7,00%	155,00 €	-18 970	5 662	16 019
2025	3,00%	6,00%	140,00 €	-27 666	-1 467	9 549
2026	3,00%	5,00%	113,00 €	-38 488	-11 589	18
2027	3,00%	5,00%	142,00 €	-33 961	-5 885	6 228
2028	3,00%	5,00%	150,00 €	-35 407	-6 105	6 538
2029	2,00%	4,00%	154,50 €	-37 175	-7 393	5 802
2030	2,00%	4,00%	159,14 €	-39 012	-8 224	5 416
2031	2,00%	4,00%	163,91 €	-40 919	-9 092	5 009
2032	2,00%	4,00%	168,83 €	-42 900	-9 999	4 578
2033	2,00%	4,00%	173,89 €	-44 958	-10 946	4 124
2034	2,00%	4,00%	179,11 €		-11 934	3 644
2035	2,00%	4,00%	184,48 €		-12 966	3 138
2036	2,00%	3,00%	190,02 €		-14 043	2 605
2037	2,00%	3,00%	195,72 €		-14 496	2 549
2038	2,00%	3,00%	201,59 €		-14 958	2 492
2039	2,00%	3,00%	207,64 €			2 434
2040	2,00%	3,00%	213,86 €			2 376

2041	2,00%	3,00%	220,28 €			2 317
2042	2,00%	3,00%	226,89 €			2 258
2043	2,00%	3,00%	233,70 €			2 198

6. táblázat: PPA modell megtakarításai, 10,15,20-éves bérleti időszakra. (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok)

Később végzek részletes érzékenységvizsgálatot, de a modell és a projekt megvalósíthatóságának a legérzékenyebb pontja a 2028. évi áram árának a becslése. Nézzük meg, hogyan alakul a cég megtakarítása, ha a 2028-as elektromos áram ára 10 százalékkal magasabb, illetve alacsonyabb a modellben szereplő becslésnél.

Áram ára (2028-ban)	Megtakarítás (2029-2043)
(EUR)	(EUR)
135 (becslés -10%)	-23 949
150 (becslés)	51 546
165 (becslés + 10 %)	127 042

7. táblázat:2028-as áram ár becslésnek érzékenységvizsgálata (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok)

Ha a cash-flow elemeket nettó jelenértéken számolnánk, még drasztikusabb lenne a különbség a projekt jövedelmezősége tekintetében.

Kevésbé jelentős, de említésre érdemes annak az esetnek a vizsgálata, ha az EUR, illetve HUF adatok egy-egy százalékponttal alacsonyabbak, illetve magasabbak a modellben szereplő adatoknál (az EUR alacsonyabb, a HUF magasabb) - természetesen minden más értéket változatlanul hagyva. A számolás egyszerűsítése érdekében csak az első 3 esztendőben változtatom meg az értékeket.

Kamatkülönbség		Megtakarítás (2024-2043)
(százalékpont)		(EUR)
2024	3	90 354
2025	3	
2026	2	
2024	5	65 355
2025	5	
2026	4	

8. táblázat: EUR, HUF, inflációs becslések érzékenység vizsgálata (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok)

Az infláció alakulásának a meghatározása három (de akár öt esztendőre nézve) sokkal könnyebb, mint az elektromos áram árának 2028-as évi becslése. Az eltérések is jól mutatják, hogy a modell nem annyira érzékeny az inflációs adatok rossz becslésére, mint a 2028-as áram ára.

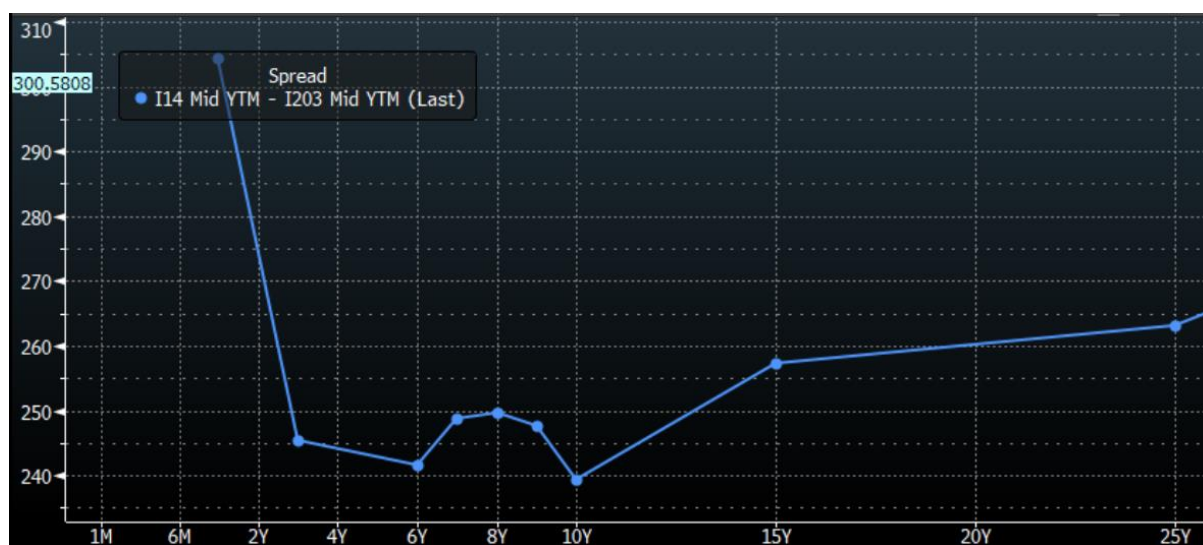
9.3.3. Egyszeri beruházásra alapuló eset, azaz Capex modell

A rendszer paraméterei teljesen azonosak a PPA modell esetén vázoltakkal, csak a pénzügyi rész változik, illetve az a tény, hogy a napelempark tulajdoni viszonyai hogyan alakulnak. Ebben az esetben egyösszegű kifizetés történik a Megbízott irányába és évente fix összeget fizet a megbízó a rendszer üzemeltetéséért (karbantartás, javítás, egyéb üzemeltetési feladatok stb). Ebben az esetben annak ellenére, hogy az alvállalkozó (a napelempark telepítője) ugyanaz, a rendszer paraméterei is azonosak, de a napelempark tulajdonsága más lesz. PPA esetében a kivitelező cég, míg ebben az esetben maga a Megbízó. Ennek eredményeként a napelempark működtetésével kapcsolatos feladatokat kiszervezheti egy üzemeltetőnek és ezért üzemeltetési díjat fizet, de ez a díj általában nem tartalmazza a cseréket, a biztosítási díjak egy részét stb.

A vizsgált cég esetében az ajánlattevők ajánlatai üzemeltetés tekintetében igen szűk intervallumban szóródnak. Az éves üzemeltetési díjra adott ajánlatok 1250-1800 EUR/év között vannak. Ez átlagosan az egyszeri beruházási költségnek 0,4-0,55 százaléka.

Megvizsgálva az iparági sztenderdeket megállapítható, hogy általában a telepített parkok esetében az üzemeltetési költségek a teljes beruházás 0,5 százaléka körül szóródnak.

Saját beruházások esetében pénzügyi szempontból egyetlen változó érték van a rendszerben, mégpedig a tőkeköltség. A jelenlegi magas kamatkörnyezetben a tőkeköltség nemcsak nominálisan emelkedik meg, hanem a kamatváltozás kockázata is igen magas. Akár hitelből, akár saját forrásból történik a beruházás, a cég tudja fedezni pozícióit és tudja csökkenteni a kamatok ingadozásából származó kockázatát. A modellben a korábban vázolt EUR kamatok szerepelnek (itt most eltekintek attól, hogy az eurózónában a várakozások kb 200-250 bázispontos reálhozamot jeleznek).



18. ábra: EUR reálhozam várakozások (forrás: Bloomberg)

A modell számszaki vizsgálata az alábbi eredményeket mutatja (az egyszeri beruházás összege 270.000 EUR, az éves fix üzemeltetési díj (megállapodás eredménye) pedig 1500 EUR/év):

Év	Mennyiség	Hálózati áram ára	CPI	Tőkeköltség	CO2 megtakarítás	Eredmény	Eredmény
	MWh	EUR/MWh	EUR	EUR	EUR	tőkeköltséggel	tőkeköltség nélkül
2023						-270 000	-270 000
2024	279,92	155,00 €	4,00%	18 900	4 263	-242 751	-223 851
2025	278,24	140,00 €	3,00%	20 034	4 237	-221 094	-182 160
2026	276,57	113,00 €	3,00%	21 036	4 212	-208 167	-148 197
2027	274,91	142,00 €	3,00%	22 087	4 186	-188 531	-106 474

2028	273,26	150,00 €	3,00%	23 192	4 161	-168 073	-62 824
2029	271,62	154,50 €	2,00%	24 120	4 136	-147 591	-18 223
2030	269,99	159,14 €	2,00%	25 084	4 111	-127 100	27 353
2031	268,37	163,91 €	2,00%	26 088	4 087	-106 612	73 928
2032	266,76	168,83 €	2,00%	27 131	4 062	-86 146	121 526
2033	265,16	173,89 €	2,00%	28 216	4 038	-65 716	170 173
2034	263,57	179,11 €	2,00%	29 345	4 014	-45 340	219 893
2035	261,99	184,48 €	2,00%	30 519	3 990	-25 038	270 714
2036	260,41	190,02 €	2,00%	31 434	3 966	-4 525	322 662
2037	258,85	195,72 €	2,00%	32 378	3 942	16 201	375 765
2038	257,30	201,59 €	2,00%	33 349	3 918	37 138	430 051
2039	255,75	207,64 €	2,00%	34 349	3 895	58 287	485 550
2040	254,22	213,86 €	2,00%	35 380	3 871	79 647	542 289
2041	252,69	220,28 €	2,00%	36 441	3 848	101 218	600 301
2042	251,18	226,89 €	2,00%	37 534	3 825	122 998	659 615
2043	249,67	233,70 €	2,00%	38 660	3 802	144 986	720 264

9. táblázat: CAPEX modell megtérülése tőkekölség figyelembe vételével, illetve anélkül. (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok alapján)

Fontos módszertani megjegyzés a megtérülési időszak kiszámításánál, hogy figyelembe vesszük-e a tőkekölséget vagy sem. Amennyiben pusztán pénzügyi szemlélettel vizsgáljuk a projektet, úgy elkerülhetetlen, hogy figyelembe vegyük (különösen igaz ez abban az esetben, ha hitelből finanszírozza a cég a projektet). Ugyanakkor el kell fogadnunk, hogy a reál szférában sok cég nem veszi figyelembe a tőkekölséget és az átlagos inflációs adatokat is hajlamos leegyszerűsítve állandónak kezelni. Ennek megfelelően a fenti táblázatban is mindkét esetet megvizsgálom és a megtérülés számítását mindkét esetre elvégzem.

Az adatokból jól látszik, hogy abban az esetben, ha figyelembe vesszük a tőkekölséget akkor csak a 14. évtől válik nyereségessé a beruházás. Amennyiben eltekintünk a tőkekölségtől, úgy már a hatodik esztendő után megtérül a beruházásunk.

Joggal merül fel a kérdés, hogy ebben az esetben érdemes-e beruházni/érdemes-e ezt a konstrukciót választani. Számszakilag az az álláspontom, hogy igen, hiszen egyértelműen megtakarít a cég a 20 éves futamidő alatt, még úgy is, hogy a modell számol a tőkeköltséggel. Szintén a megvalósítás mellett szól, hogy a beruházással a cég egyrészt diverzifikálja az energiaforrásait, másrészt az is fontos szempont, hogy összhangban a cég környezettudatos hozzáállásával összességében a 20 év alatt több mint 1,2 millió tonnával csökkenti a CO₂ kibocsátását. Azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a 20 éves futamidőt követően a megbízó egy működő napelempark tulajdonosa lehet.

9.3.4. Érzékenységvizsgálat

Amint fent is bemutatam a projekt eredményességének elemzése sok tényezőtől jelentős mértékben változik. A leginkább a hálózati áram árából függ az eredmény, de jelentős mértékben befolyásolja az eredményességet az EUR-HUF kamatkülönbözet. Ez utóbbinak a változása túlmutat ennek a dolgozatnak a keretein és célkitűzésein, így csak az áram árát vizsgálom ceteris paribus.

Mindvégig az 1. melléklet bemenő paramétereit vizsgálom és a legvalószínűbb forgatókönyvek mellett megvizsgálom egy optimista, egy pesszimista és két extrém ár alakulású forgatókönyv szerinti eredményességet.

A legvalószínűbb forgatókönyv szerinti árak mellett nézzünk egy olyat, amelyben az árak kevésbé csökkennek, illetve jobban csökkennek az elkövetkező 5 esztendőben (ezt követően minden esetben EUR inflációval növelem az árakat). A két extrém forgatókönyv szerint az árak nagyon beesnek, illetve a jelenleginél jelentősen magasabb szinteken lesznek.

A PPA modell esetében a legalacsonyabb (20 esztendő) bérleti díjakkal számolok.

ÉV	Áram ára	Eredmény	Áram ára	Eredmény	Áram ára	Eredmény	Áram ára	Eredmény	Áram ára	Eredmény
2024	155	16 210	120	6 296	180	23 291	200	28 956	130	9 128
2025	140	9 662	100	-1 600	170	18 108	220	32 186	100	-1 600
2026	113	18	90	-6 419	170	15 970	230	32 761	80	-9 217
2027	135	4 355	80	-10 945	170	14 091	230	30 782	100	-5 381

2028	150	6 616	70	-15 505	170	12 146	220	25 971	100	-7 210
2029	155	5 871	72	-16 776	175	11 533	227	25 688	103	-8 284
2030	159	5 481	74	-17 706	180	11 278	233	25 769	106	-9 011
2031	164	5 068	76	-18 671	186	11 003	240	25 840	109	-9 769
2032	169	4 633	79	-19 672	191	10 709	248	25 899	113	-10 558
2033	174	4 173	81	-20 711	197	10 393	255	25 946	116	-11 380
2034	179	3 687	84	-21 789	203	10 056	263	25 979	119	-12 236
2035	184	3 175	86	-22 908	209	9 696	271	25 998	123	-13 127
2036	190	2 636	89	-24 069	215	9 312	279	26 002	127	-14 054
2037	196	2 579	91	-24 762	222	9 414	287	26 502	130	-14 509
2038	202	2 522	94	-25 470	228	9 520	296	27 015	134	-14 973
2039	208	2 999	97	-25 659	235	10 164	305	28 076	138	-14 912
2040	214	3 497	100	-25 844	242	10 832	314	29 171	143	-14 841
2041	220	4 014	103	-26 026	250	11 524	323	30 300	147	-14 761
2042	227	4 553	106	-26 203	257	12 242	333	31 464	151	-14 670
2043	234	5 112	109	-26 376	265	12 984	343	32 664	156	-14 568

10. táblázat: PPA modell megtakarításai különböző áramára esetében (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok alapján)

A PPA modellek sajátossága, hogy a telepített napelemek mindvégig a Megbízott tulajdonát képezik. A bérleti időszak lejártát követően három folytatása lehet az együttműködésnek:

- A napelemeket az alvállalkozó lebontja és elszállítja, ezzel visszaáll a beruházást megelőző állapot. Ez talán csak a hálózati árak drasztikus csökkenése és/vagy a környezetvédelmi szempontok háttérbe szorulása esetén érdeke a Megbízónak. Az alvállalkozó szempontjából ez a legkevésbé preferált forgatókönyv.
- A Megbízó és a Megbízott megállapodnak a folytatásban. Ez új bérleti díjat és futamidőt jelent.

- A Megbízó megvásárolja a napelemparkot és saját üzemeltetésben folytatja a napenergia termelést.

9.3.5. Alternatív megoldások bemutatása

9.3.5.1. Saját erőből történő beruházás

A bemutatott modellek alternatívája, amikor nem alvállalkozóval telepíti a napelemparkot a Megbízó, hanem saját erőből, saját apparátussal. Ebben az esetben ő lesz a napelempark tulajdonosa, nem kell bérleti díjat fizessen és az üzemeltetési feladatok is rá hárulnak. Fontos szempont, hogy ebben az esetben (eltekintve az éves szinten bekövetkező 0,5 százalékos hatékonyság csökkenéstől) nem 10 vagy 20 évre tud tervezni (PPA), nem függ az üzemeltetési szerződésektől (CAPEX), hanem egy sokkal hosszabb távú pozitív cash-flow-val kalkulálhat. Így anélkül élvezheti a napelem előállításán elért megtakarításokat, hogy bérleti díjat fizet. Annak ellenére, hogy számszakilag ez jóval kecsgetetőbb beruházás az on-site PPA modellnél, és bizonyos esetekben a CAPEX modellnél, mégsem életszerű. Egyrészt az üzemeltetést önerőből elvégezni, sokkal költségesebb, mint éves üzemeltetési díjat fizetni, másrésztől termelő vállalatról lévén szó, hiányzik az a kapun belüli szakértelem, amely elengedhetetlen a napelempark telepítéséhez és fenntartásához.

Mindent összevetve, nem kizárt az üzemeltető alvállalkozók kihagyása a projektből, azaz a mindent saját erőből történő üzemeltetés, mégsem jellemző. Azokban az esetben támaszthatják jobban alá a számok ezt a stratégiát és növelik a kivitelezhetőség életszerűségének esélyeit, ha nagyobb területről van szó és ezáltal sokkal jelentősebb napenergia termelést tud a cég megvalósítani. Ebben az esetben a megfelelő mennyiségű és minőségű szakértői (mérnöki és karbantartói) gárda foglalkoztatása sokkal jövedelmezőbbé teszi a projektet.

9.3.5.2. Off-site PPA

A másik lehetőség az off-site beruházás vizsgálata PPA modell keretében vagy saját beruházásként. Tekintettel arra, hogy ebben a konstrukcióban a beruházás (akár a cég részéről történik, akár alvállalkozó segítségével) sokkal komplexebb, teljesen más paramétereket is meg kell vizsgálni a beruházás jövedelmezőségének vizsgálatakor.

Az off-site PPA projekt sajátosságainak és megvalósíthatóságának vizsgálata túlmutat a dolgozat keretein, de érdemes áttekinteni, hogy amennyiben nem a cég telephelyén valósul meg a beruházás, milyen szabályozási és engedélyezési folyamatnak néz elébe a beruházó.

Amennyiben zöldmezős beruházásról beszélünk szinte az első lépések egyike a megfelelő terület kiválasztása, ahol a megfelelő teljesítményű napelemes kiserőmű fog üzemszerűen villamos energiát termelni.

Ökölszabályként elmondható, hogy egy darab 500 kVA AC teljesítményű kiserőmű rendszer 1 hektár területet igényel. Ekkora méretű és lehetőleg sík fekvésű területek leginkább városhatárokon kívül, mezőgazdasági területeken találhatóak, ezért fontos, hogy áttekintsük a mezőgazdasági területek más célú felhasználásának lehetőségét. A mezőgazdasági területek felhasználási és átminősítési lehetőségeit a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXIX. törvény szabályozza. Fontos megjegyezni, hogy nem minősül a termőföld más célú hasznosításának, ha a napelemes kiserőmű úgynevezett agrofotovoltaikus rendszer, vagyis nem akadályozza az alatta fekvő területnek a törvény 2. § 19. pontjában megjelölt valamely művelési ág szerint termőföldként történő hasznosítását. Ennek megfelelően szabályozói oldalról könnyítési szándék mutatkozik a termőterületek - bizonyos feltételek melletti - napenergia termelésére történő hasznosítására. (Kiss, 2022.)

A zöldmezős beruházás megfelelő helyszínének kiválasztásán túl még megannyi szabályozási és engedélyeztetési feladat vár a beruházás megvalósítójára:

- terület megfelelő minősítésének a megszerzése (adott esetben átminősítés)
- a kiserőmű engedélyezési folyamatának a lebonyolítása
- a megtermelt villamosenergia értékesítési csatornáinak vizsgálata:
 - megújuló támogatási rendszer (METÁR)
 - tisztán piaci értékesítés

Valós alternatíva lehet ilyen esetekben napelemes kiserőművek vásárlása is. A piac kínálata igen szegényes és az utóbbi esztendőkből jelentősen megdrágult. Ilyen esetekben vagy a cég építés alatt és/vagy bekapcsolás előtt álló kiserőműveket vásárolna. Így ebben az esetben is magára vállal bizonyos engedélyezési, illetve megvalósítási feladatokat. Megfelelő lokációval és megfelelő értékesítési megállapodásokkal ez a konstrukció igen kecsegtető tud lenni, amennyiben a cég kellő mértékben elkötelezett az ilyen típusú beruházások iránt. (Kiss, 2022.)

9.4.Esettanulmány összegzése

A Megbízó szempontjából a legfontosabb kérdés annak eldöntése, hogy hosszú távon a napenergia hasznosítása megtérülő beruházás-e a cég szempontjából.

A dolgozatban áttekintett szempontok és lehetőségek alapján egyértelműen megállapítható - amennyiben az előrejelzések helyesnek bizonyulnak- megéri a projekt megvalósítása. Nem csak pénzügyi szempontok játszanak szerepet a döntésben, hanem egyéb üzletpolitikai hatások is. Ezek mind a beruházás megvalósítása irányába mutatnak:

1. A napenergia hasznosítása révén bizonyos mértékben csökkenteni tudja hálózati áramtól való függőségét és azáltal csökkenti annak árának való kitettségét. Egy természetes fedezeti pozíciót is épít egyben, hiszen amennyiben a hálózati áram ára jelentősen növekszik, úgy is megtakarítást ér el a napenergia fedezeti hányadon.
2. A projekt megvalósításával csökkenteni tudja a CO₂ kibocsátást és ezáltal eleget tesz azoknak a klímavédelmi célkitűzéseinek, melyeket megjelölt a hosszú távú stratégiai céljai között.
3. Megéri a megvalósítás, mert olyan belső és külső kommunikációs lehetőségekre tesz szert mellyel a cég reputációját javítani tudja és olyan nem monetizálható piaci előnyhöz jut amely hosszú távon segíti a működését.
4. Pénzügyileg is kecsegtető lehetőséget biztosít számára a napenergiára való részleges átállás. Láttuk, hogy akár PPA keretében, akár a saját beruházást választja a cég megtakarítást ér el, illetve megtérül a beruházása. A megtakarítás mértéke, illetve a beruházás megtérülése jelentősen függ az elektromos áram hálózati árától (lásd érzékenységvizsgálat). Amennyiben elfogadjuk, hogy az áram ára nem lesz huzamosabb ideig, jelentősen a modellben szereplő árak alatt (és az előrejelzések ezt mutatják) egyértelmű, hogy mindkét lehetőség megéri a cég szempontjából. A két eset közül számszakilag egyértelműen a saját beruházás éri meg jobban, de ennek megvalósíthatósága jelentősen függ a rendelkezésre álló pénzeszközöktől/hitellehetőségektől.
5. Sikeres pilot projektként kezelve, a megvalósítás ösztönzőleg hathat az újabb alternatív energiaforrások hasznosítása irányába.

10. Összefoglalás

Dolgozatomban megvizsgáltam minden a témához kapcsolódó szakirodalmat, jogi szabályozást és iránymutatást. Ennek alapján megállapítottam, hogy minden műszaki technológiai fejlesztés nyomon követése és a jogszabályoknak való megfelelés rendkívül hosszadalmas és összetett procedúra. Cserébe ennek betartásáért, egy jól működő struktúra és egy - akár államilag támogatott - napelemes rendszer lesz az eredménye, mely akár hamar hasznot termelhet a megvalósítója számára. Legyen ez lakossági vagy vállalati napelemes rendszer.

Megvizsgáltam, a napenergia milyen lehetőséget hordoz magában milyen előnyei és hátrányai vannak. Azt a következtetést vontam le, hogy a mai technológiai fejlettség mellett a napelemes rendszerek a legkönnyebben elérhető, hatékony és forrását tekintve kimeríthetetlenek. Ennek kapcsán a felhasználás és a gyártás során folyamatos, nagy erővel történő kutatások folynak, hogy minél kevesebb környezetre káros anyag kerüljön ki a környezetbe. Mivel az energiák összehasonlítása során a napelem volt a legismertebb és legkedveltebb technológia ezzel foglalkoztam a dolgozatomban.

A vállalatnál történt beruházási terv végig kísérése és a szakirodalom megismerése és a vállalat vezetői által megvalósított szemléletformáló program kapcsán az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- Villamos energia ár változása emelkedő költségeit, milyen módon lehet csökkenteni úgy, hogy a környezetvédelmi szempontokat is figyelembe veszik, azaz olyan megoldást választanak, amely a környezetre a lehető legkevesebb terhelést jelenti.
- Jelen szabályozási környezet bemutatása mellett, a napelemek telepítése nehézségeinek bemutatása egy budapesti zsúfolt csaptelep összeszerelő üzem telephelyen.

A beruházások vizsgálata során arra a megállapításra jutottam, hogy a megújuló energiák közül a napenergia az, amely hazánk területén a legjobban hasznosítható, akár saját beruházással akár PPA modell keretein belül kerül megvalósításra. Magyarországon ez az energia mely a legkisebb beruházási költséget igényel és a legfenntarthatóbb a komplex műszaki megvalósítás. Így a Vállalat költségeinek csökkentésére - a valamilyen módon - alkalmazott napelemes rendszerek lehetnek a legjobb megoldás. Ez azonban nem csak a költségek csökkentésére

megfelelő megoldás, hanem társadalmi jelentősége is magas. Azok a vállalatok melyek megújuló energiát alkalmaznak mindenki számára pozitív példával járnak, legyen az egy partner vagy akár a dolgozók és a mikro, illetve makro környezet.

A szabályozási rendszer vizsgálata során arra jutottam, hogy a mai szabályozás még nem ad egyértelmű választ a nagyvállalatoknak és nincs még kellő precedens, amiből a jó és rossz tapasztalatokat le lehetne szűrni. Így a lehetséges szabályozás áttekintése során bármely vállalkozás számára megvalósíthatónak tartom a PPA szerződések megkötését egy megújuló energiaszolgáltatóval, ha van kellő forrása és biztosítéka mely szükséges a közös kockázatvállaláshoz. Ezért is említi több helyen a szakirodalom, hogy elsősorban azokat a vállalatokat fogja érinteni ez a lehetőség, akik elég nagyok és van kellő pénzügyi hátterük, továbbá akik mind a megrendelők és mind a társadalom szempontjából is központi helyzetben vannak és példaértékű a munkájuk. Hiszen hozzájuk kapcsolódóan kialakul a társadalmi elvárás és bizalom.

Megvizsgáltam a vállalat saját erőből vagy pályázati forrásból támogatott energetikai megújulási lehetőségeit. Ennek eredménye, hogy nagyon sok projektmenedzsment munkával jár és olyan képességeket is igényel mely nem tartoznak elsődlegesen a cég jelenlegi igényei közé. Amiből az következik, hogy túl nagy erőforrást von el a kivitelezési folyamat. Ezért vagy további forrás igénybevételével, külsős céggel kell ezt is megvalósítani, vagy olyan erőforrásokat kell biztosítani házon belül melyet nem minden cég engedhet meg magának. A PPA szerződések azonban ennél kisebb ráfordítással valósíthatók meg, hiszen nem kell feltétlen a saját telephelyen erőművet építeni és ezt nem is a vállalatnak kell biztosítani.

További hátrányok a saját beruházással kapcsolatban, hogy nem lehet akkora teljesítményű energiatermelő napelem parkot megvalósítani, mely a teljes igényelt alternatív energiából származó villamosáram igényt fedezné. Így komplex energetikai felújítás szükséges, ami további forrásokat igényel, annak érdekében, hogy a megtérülés ideje rövidebb legyen. A PPA szerződések ettől függetlenek és nem igényli a vállalatától, hogy egyszerre hajtsa végre a fejlesztéseket.

Így a vizsgálataim eredménye azt mutatja a PPA szerződés kicsit magasabb árakkal, de kevesebb befektetéssel és nagyobb biztonsággal kecsegtethet, a megvalósításhoz nincs kellő háttér még hazánkban így, ha ennek a megvalósítása mellett dönt a vállalat vezetése még sok ismeretlen problémával kell majd szembenéznie, de a végeredmény hosszú időre maximális biztonságot nyújthat a vállalat számára.

11. Irodalomjegyzék

Á. Dr Gajdics, 2021. *A napelem-beruházások jogi háttere*. [Online]

Available at:

https://budapest.hu/Documents/nappal_hajtva/3_EMLA_Nappal%20hajtva_Bp%20projekt_vegleges.pdf,2021.

Belügyminisztérium, 2022. [Online]

Available at: [54/2014. \(XII. 5.\) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. Forrás: Nemzeti Jogszabálytár: https://njt.hu/jogszabaly/2014-54-20-0A](https://njt.hu/jogszabaly/2014-54-20-0A)

Dr. Fazekas, A. I., 2005. *Villamosenergia-termelési technológiák összehasonlítása*. Budapest: Magyar Atomfórum Egyesület.. Budapest: Budapest: Magyar Atomfórum Egyesület.

Dr. Papp, L., 2023. [Online]

Available at: <https://villanyautosok.hu/2023/02/18/igy-termelt-aramot-magyarorszag-2022-ben/>

Energiahatalom, 2023.. <https://www.energiacentrum.hu>. [Online]

Available at: <https://www.energiacentrum.hu/napelem>. [Hozzáférés dátuma: 2023].

Energysage, 2022. [Online]

Available at: [Forrás: Go solar with confidence.: https://www.energysage.com/market-intro/](https://www.energysage.com/market-intro/)

EON, 2022. *Green Cloud*. [Online]

Available at: <https://www.eon.hu/hu/uzleti-es-kozisagzatasi/termek/energetikai-megoldasok/green-cloud.html>

Euronews, 2023. *Soha nem látott mértékben termeltek megújuló energiát az Egyesült Államokban az elmúlt évben*. [Online]

Available at: <https://hu.euronews.com/2023/03/06/soha-nem-latott-mertekben-termeltek-megujulo-energiat-az-egyesult-allamokban-az-elmult-evb>

GoldenPeaks, 2022. *GoldenPeaks Capital:Company presentation*. [Online]

Available at: <https://goldenpeakscapital.com/>

Kiss, C., 2022.. *Napelem tanulmány*, Continental Automotive Hungary Kft. kérése, belső tanulmány. Írta: Globe Energy Kft.: s.n.

Kormányrendelet, 2017. [Online]

Available at: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1700299.kor>

L. Guangzhi, W. Dong, Ziyue, W. & Fu, F., 2023. *Distribution based PV module degradation model*, <https://www.researchgate.net/>, 2023. [Online].

https://www.researchgate.net/publication/367468781_Distribution_based_PV_module_degradation_model.: s.n.

L. J. Piotrowski és F. A. Farret, 2022. A napenergia-követés és a rögzített topológiák megvalósíthatósága, figyelembe véve a fotovoltaiikus panelek becsült romlását és teljesítményé. *Sciencedirect*, , Volume 1. kötet,2244. évfolyam, p. 244.

Mayer, M. J., 2020. *Napelem jelleggörbék*. [Online]

Available at: https://sunformation.blog.hu/2020/02/14/napelem_jelleggorbek_938

MEKH, 2022. *Tiszta energia, fenntartható környezet*. [Online]

Available at: [Magyar Energetikai és Közmű-Szabályozási Hivatal, 2022.](https://mekh.hu)

https://www.mekh.hu/sites/default/files/kozigazgas/energia/szabalyzatok/napelemes_rendszerek_csatlakoztatasarol_es_uzemelteteser

Minisztérium, N. f., 2016. [Online]

Available at: [55/2016. \(XII. 21.\) NFM rendelet. Forrás: Netjogtár: https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600055.nfm](https://www.mekh.hu/sites/default/files/kozigazgas/energia/szabalyzatok/napelemes_rendszerek_csatlakoztatasarol_es_uzemelteteser)

N. DiOrio, Dobos, A. & Janzou, S., 2015.. [Online]

Available at: [Economic Analysis Case Studies of Battery Energy Storage with SAM. www.nrel.gov, 15013 Denver West Parkway.](https://www.nrel.gov/15013-Denver-West-Parkway)

Napelemespanyazatok, 2022. *Így számol el az áramszolgáltató a megtermelt árammal.* [Online]

Available at: <https://www.napelemespanyazatok.hu/igy-sazmol-el-az-aramszolgáltato-a-megtermelt-arammal/>

Napelemrendszer.info, 2022. október. *Ezért csökken folyamatosan a napelem rendszerek ára.* [Online]

Available at: <https://napelemrendszer.info/csokken-folyamatosan-a-napelem-rendszerek-ara.html>

Napelemrendszerinfo., 2021. <https://napelemrendszer.info>. [Online]

Available at: <https://napelemrendszer.info/napelemek-magyarorszag.html>

Országgyűlés, 2007. 2007. évi LXXXVI. törvény. [Online]

Available at: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv>, 2007.

Parlament, E., 2023.09.12. *Új jogszabállyal könnyíti a megújuló energiaforrások felhasználását a Parlament.* [Online]

Available at: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/press-room/20230911IPR04926/uj-jogszaballyal-konnyiti-a-megujulo-energiaforrasok-felhasznalasat-a-parlament>

Parlament, E., 2023.09.14. *Megújuló energia: ambiciózus célok Európa számára.* [Online]

Available at: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/economy/20171124STO88813/megujulo-energia-ambiciozus-celok-europa-szamara>

SEIA, 2022. www.seia.org.. [Online]

Available at: <https://www.seia.org/initiatives/interconnection-standards>

Solar, W., 2022. Wagnersolar.hu. [Online]

Available at: [Napelem teljesítmény, https://wagnersolar.hu/napelemek-teljesitmenye-es-eves-termelese/](https://wagnersolar.hu/napelemek-teljesitmenye-es-eves-termelese/)

Soler.hu, 2023. *viszwatt-vedelem.* [Online]

Available at: <https://soler.hu/viszwatt-vedelem/>

Solutions, A., 2017. www.napelemek-napelemek.hu.. [Online]

Available at: [A NAPELEM MŰKÖDÉSE ÉS A NAPELEM FAJTÁK ISMERTETÉSE: https://www.napelemek-napelemek.hu/magazin/napenergia/a-napelem-mukodese/](https://www.napelemek-napelemek.hu/magazin/napenergia/a-napelem-mukodese/)

Wattler, 2022. <https://wattler.eu>. [Online]

Available at: [Napelemtelepítés új szabályai \(viszwattos vagy hálózatra termelő, nem-HMKE\): https://wattler.eu/2022/08/napelem-szabalyok/](https://wattler.eu/2022/08/napelem-szabalyok/)

Wattler, 2022. *Napelemtelepítés új szabályai (viszwattos vagy hálózatra termelő, nem-HMKE).* [Online]

Available at: <https://wattler.eu/2022/08/napelem-szabalyok/>

World, S. P., 2022. *www.solarpowerworldonline.com*. [Online]

Available at: 2022 legjobb napelemek: <https://www.solarpowerworldonline.com/2022-top-solar-panel-products/>.

12. Táblázatok és ábrák jegyzéke

12.1. Táblázat jegyzék

1. táblázat: A cég üzemi fogyasztási adatai, (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok alapján).....	40
2. táblázat: A napelempark teljesítményének jellemzői (Forrás: A beruházó adatai, 2022-es adatok alapján)	41
3. táblázat: A bérleti díjak alapját képező árak (Forrás: A pályázók adatai, 2022-es adatok alapján) ..	43
4. táblázat: EUR/HUF Inflációs becslés (Forrás: Bloomberg elemzés).....	45
5. táblázat: CO ₂ kibocsátás csökkenés 2024-2043 (Forrás: Saját számítás, céges adatok alapján)	46
6. táblázat: PPA modell megtakarításai, 10,15,20-éves bérleti időszakra. (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok)	48
7. táblázat: 2028-as áram ár becslésnek érzékenységvizsgálata (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok).....	48
8. táblázat: EUR, HUF, inflációs becslések érzékenység vizsgálata (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok)	49
9. táblázat: CAPEX modell megtérülése tőkekötség figyelembe vételével, illetve anélkül. (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok alapján).....	51
10. táblázat: PPA modell megtakarításai különböző áramára esetében (Forrás: Saját szerkesztés, céges adatok alapján).....	53

12.2. Ábrák jegyzéke

1. ábra: EU országok megújuló energiafelhasználás a teljes energiaszükséglete (saját szerkesztés, forrás: Eurostat)	5
2. ábra: Magyarország áramfelhasználása 2002 és 2022 között (forrás: villanyautosok.hu/)	6
3. ábra: Magyarország villamosenergia-termelése 2022-es évben (forrás: villanyautosok.hu)	7
4. ábra: A földgáz, szén, nap és szélenergia vizsgálata megújulókból előállított áram változása esetében. (forrás: villanyautosok.hu).....	7
5. ábra: Egytengelyes napelem (Forrás: KÉPEK (alfanap.hu)	11
6. ábra: Napelem áram-feszültség és teljesítmény-feszültség jelleggörbéje egy diagramon ábrázolva (Forrás: Napelem jelleggörbék - SUNformation (blog.hu).....	13
7. ábra: A vállalat energetikai tanúsítványán megjelölt besorolás a kezdeti állapotban (Forrás: vállalati adatok)	24
8. ábra: A vállalat energetikai tanúsítványán megjelölt besorolás a végső állapotban (Forrás: vállalati adatok)	25
9. ábra: A virtuális erőmű egyszerűsített ábrája (forrás: EON, Green Cloud szolgáltatás)	30
10. ábra: Ellátás szerződés éves bontása a zöldáram termelés függvényében (forrás: EON, Green Cloud szolgáltatás).....	31
11. ábra: A telephely bemutatása (forrás: saját szerkesztés)	33
12. ábra: A napenergia felhasználás eloszlása-2022 (forrás: vállalati forrás, saját szerkesztés)	33
13. ábra: A telephely teljes villamosenergia fogyasztása-2022 (forrás: vállalati forrás, saját szerkesztés)	34
14. ábra: Napi villamosenergia fogyasztás (forrás: vállalati forrás, saját szerkesztés).....	35
15. ábra: A napelempark előkészítési és üzemeltetési feladatai (Forrás: VPP Solar Kft.-MNNSZ VII. Szolár Konferencia).....	37

16. ábra: Üzemeltetési költségek megosztása. (Forrás: VPP Solar Kft.-MNNSZ VII. Szolár Konferencia)	37
17. ábra: A teljes elektromos energia felhasználás (Forrás: Belső adatok alapján saját szerkesztés) ..	40
18. ábra: EUR reálhozam várakozások (forrás: Bloomberg).....	50

13.Melléklet

13.1. Összesítő táblázat az esettanulmányról

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
Hálózati áram ára(EUR/kWh)	200	155,00 €	140,00 €	113,00 €	142,00 €	150,00 €	154,50 €	159,14 €	163,91 €	168,83 €	173,89 €	179,11 €	184,48 €	190,02 €	195,72 €	201,59 €	207,64 €	213,86 €	220,28 €	226,89 €	233,70 €
CPI - HUF		7,00%	6,00%	5,00%	5,00%	5,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
kumulált CPI - HUF		7,00%	7,42%	7,79%	8,18%	8,59%	8,93%	9,29%	9,66%	10,05%	10,45%	10,87%	11,30%	11,64%	11,99%	12,35%	12,72%	13,10%	13,50%	13,90%	14,32%
CPI - EUR		4,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
kumulált CPI - EUR		4,00%	4,12%	4,24%	4,37%	4,50%	4,59%	4,68%	4,78%	4,87%	4,97%	5,07%	5,17%	5,27%	5,38%	5,49%	5,60%	5,71%	5,82%	5,94%	6,06%
PPA díj - 10 évre (EUR/MWh)		238,00	254,66	267,39	280,76	294,80	306,59	318,86	331,61	344,88	358,67										
PPA díj - 15 évre (EUR/MWh)		150	160,50	170,13	178,64	187,57	196,95	204,82	213,02	221,54	230,40	239,62	249,20	259,17	266,94	274,95					
PPA díj - 20 évre (EUR/MWh)		113,00	120,91	128,16	134,57	141,30	148,37	154,30	160,47	166,89	173,57	180,51	187,73	195,24	201,10	207,13	213,34	219,74	226,34	233,13	240,12
Rendelkezésre állás (%)		95,00%	95,00%	95,00%	95,00%	95,00%	95,00%	95,00%	95,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%
Felhasználható mennyiség (MWh)		279,92	278,24	276,57	274,91	273,26	271,62	269,99	268,37	266,76	265,16	263,57	261,99	260,41	258,85	257,30	255,75	254,22	252,69	251,18	249,67
Fizetendő PPA díj - 10 éves szerz. esetén (EUR)		66 620	70 856	73 952	77 184	80 557	83 276	86 088	88 994	91 998	95 104										
Fizetendő PPA díj - 15 éves szerződés esetén (EUR)		41 987	44 657	47 052	49 108	51 255	53 494	55 300	57 167	59 097	61 092	63 155	65 287	67 491	69 099	70 745					
Fizetendő PPA díj - 20 éves szerződés esetén (EUR)		31 630	33 642	35 446	36 995	38 612	40 299	41 660	43 066	44 520	46 023	47 577	49 183	50 843	52 054	53 294	54 564	55 863	57 194	58 556	59 951
Elkerült CO2 kibocsátás (t)		71,04	70,62	70,19	69,77	69,35	68,94	68,52	68,11	67,70	67,30	66,89	66,49	66,09	65,70	65,30	64,91	64,52	64,13	63,75	63,37
CO2 kibocsátás csökkenés megtakarítása (EUR)		4 263	4 237	4 212	4 186	4 161	4 136	4 111	4 087	4 062	4 038	4 014	3 990	3 966	3 942	3 918	3 895	3 871	3 848	3 825	3 802
Hálózati áram ennyibe kerülne (EUR)		43 387	38 953	31 252	39 037	40 989	41 965	42 965	43 988	45 036	46 109	47 207	48 331	49 483	50 661	51 868	53 104	54 368	55 664	56 989	58 347
Megtakarítás - 10 éves szerződés esetén (EUR)		-18 970	-27 666	-38 488	-33 961	-35 407	-37 175	-39 012	-40 919	-42 900	-44 958										
Megtakarítás - 15 éves szerződés esetén (EUR)		5 662	-1 467	-11 589	-5 885	-6 105	-7 393	-8 224	-9 092	-9 999	-10 946	-11 934	-12 966	-14 043	-14 496	-14 958					
Megtakarítás - 20 éves szerződés esetén (EUR)		16 019	9 549	18	6 228	6 538	5 802	5 416	5 009	4 578	4 124	3 644	3 138	2 605	2 549	2 492	2 434	2 376	2 317	2 258	2 198

CAPEX (EUR)	270 000																				
Tőkeköltség (EUR)	0	18 900	20 034	21 036	22 087	23 192	24 120	25 084	26 088	27 131	28 216	29 345	30 519	31 434	32 378	33 349	34 349	35 380	36 441	37 534	38 660
Eredményesség (EUR)		-242	-221	-208	-188	-168	-147	-127	-106	-86	-65	-45	-25						101	122	144
		751	094	167	531	073	591	100	612	146	716	340	038	-4 525	16 201	37 138	58 287	79 647	218	998	986

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Patkós Krisztina
A Hallgató Neptun kódja: K4223Z
A dolgozat címe: Napenergia hasznosításának elméleti és gyakorlati vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Járműtechnika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2023. év 11. hó 04. nap



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Patkós Krisztina (hallgató Neptun azonosítója: K4223Z) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023 év 11 hó 04 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.