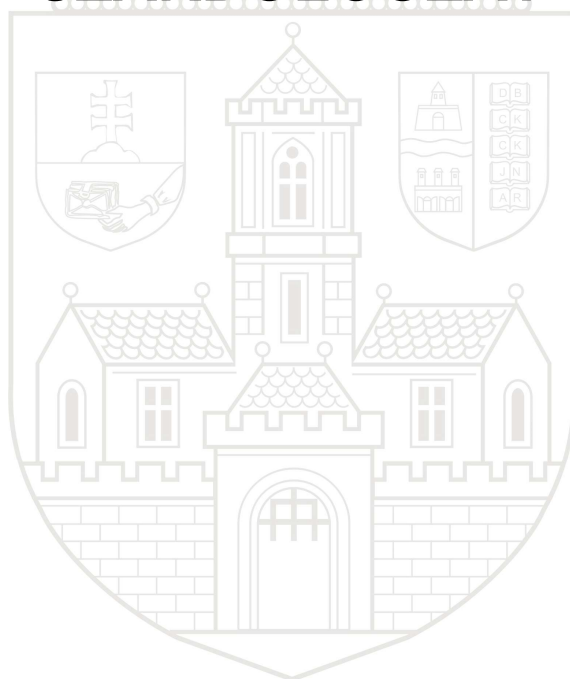




ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve:

Dobai Roland

2022.

Hallgató törzskönyvi száma:

T007191/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Dobai Roland

Szakedolgozat száma: SZD21090213456223

Törzskönyvi száma: T007191/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Családi ház villamos energia szükségleteinek kiváltása napelembes rendszer alkalmazásával

A dolgozat címe angolul: Supplying the electric power needs of a family house with the usage of solar panels

A feladat részletezése: 1. Szakirodalmi kutatás (termékkatalógusok, szabványok, folyóirat cikkek):

hazai és nemzetközi trendek, berendezései, áramszolgáltatói elvárások

2. Berendezések kiválasztása, méretezése

3. Kiviteli terv elkészítése

4. Költségek és megtérülési idő számítása

Intézményi konzulens neve: Dr. Holcsik Péter

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2022. 05. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 04. 22.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022. 05. 10.

Dobai Roland

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS.....	3
2	NAPELEM ELMÉLETI RÉSZ BEMUTATÁSA	4
2.1	Működés.....	4
2.2	Telepítések	5
2.2.1	Sziget üzemű rendszer	5
2.2.2	Hálózatra kapcsolt rendszer.....	6
2.2.3	Vegyes üzemű rendszer.....	7
2.3	Elszámolás.....	9
2.3.1	Szaldó elszámolás	9
2.3.2	Bruttó elszámolás	10
3	HELYSZÍN ADOTTSÁGAI	11
3.1	Ház villamosenergia fogyasztása	11
3.2	Helyszín bemutatása	12
3.3	Éves napfény besugárzás	13
4	KIVITELEZÉSI JAVASLAT	15
4.1	Tájolás és dőlésszög.....	15
4.2	Telepítés választása	16
4.3	Telepíthető maximális teljesítmény, szükséges teljesítmény	17
4.3.1	Méret optimalizált.....	17
4.3.2	Termelés optimalizált.....	17
5	NAPELEM TÍPUSOK	20
5.1	Monokristályos	20
5.2	Polikristályos	21
5.3	Amorf	21
5.4	Perovszkit (Perovskite) napelem.....	22
6	NAPELEM TÍPUS VÁLASZTÁS	25
6.1	HiKu CS3W-400p („A” eset).....	25
6.1.1	Megfelelt szabványok.....	26
6.1.2	Katalógusból leolvasható fontosabb adatok	27
6.2	HiKu CS3W-450MS („B” eset).....	29
6.2.1	Megfelelt szabványok.....	30
6.2.2	Katalógusból leolvasható fontosabb adatok	31

6.3	Inverter	32
6.4	FRONIUS SYMO 10.0-3-M	33
6.4.1	Katalógusból leolvasható fontosabb adatok	35
6.4.2	Megfelelt szabványok.....	36
6.5	Sztring adatok kiszámolása és kiértékelése	36
6.5.1	Sztring méretezése az „A” esethez.....	37
6.5.2	Sztring méretezése az „B” esethez	39
6.5.3	Sztring adatok ellenőrzése.....	40
6.6	Védelmek kiválasztása	44
6.6.1	DC oldali védelmi készülékek kiválasztása	45
6.6.2	AC oldali védelmi készülékek kiválasztása	46
6.7	Kábelek választása	50
6.7.1	Egyenáramú kábel számításai.....	51
6.7.2	Váltóáramú kábel választás	54
6.7.3	EPH kábel választás.....	55
6.8	Rögzítés	56
6.9	Villámvédelem	56
7	ÖSSZEHASONLÍTÁS	57
7.1	Rendszer hozama	57
7.2	Beruházott összeg megtérülése.....	58
7.3	Ökológiai lábnyom	59
7.4	A polikristályos és a monokristályos eset összehasonlítása.....	59
8	ÖSSZEFOGLALÁS.....	62
9	SUMMARY	63
10	IRODALOMJEGYZÉK.....	64
11	ÁBRAJEGYZÉK.....	68
12	TÁBLÁZAT JEGYZÉK.....	69
13	MELLÉKLETEK.....	70

1 BEVEZETÉS

A szakdolgozat elkészítése során először röviden bemutatásra kerül a napelemek működése egyszerűen, majd a napelemes rendszerek telepítéseiről és ezeknek a rendszereknek az előnyeit és hátrányait tömören bemutatásra kerülnek. Ezeket az elszámolandó elszámolástípusokról egyszerű és rövid leírása követi.

Ezek után a választott háztulajdonságai kerülnek be mutatasra, itt olyanokra gondolva, mint a ház éves villamos energiafogyasztása, a ház tetőjének olyan paramétereivel, mint a tető hossza, a padlástér magassága, tető területe és dőlésszöge. Továbbá az éghajlati viszonyokról is röviden a sajátosságokat bemutatva.

Végül, de nem utolsó sorban található egy segédlet az esetleges napelemes rendszer telepítéséhez ezen a területen. Itt összehasonlítva kétfajta napelemtípust és hozzájuk invertert, védelmi készülékeket és kábelek kiválasztásra kerülnek. Telepítési mód is kiválasztásra kerül, majd ez döntéseit megindokolva. Itt még található egy rövid szakasz a rendszer tájolásáról és a panelek szükséges dőlésszögéről, rögzítéséről védelmi és leválasztási javaslatokkal.

Végezetül a napelemes rendszer telepítési költségeinek megtérüléséről néhány számolás, továbbá a ház saját fogyasztásának megtérüléséről néhány szó. Itt még található egy programjavaslat egy ugyan ilyen adottságú házra egy webes felületről és ennek az összehasonlítása a szakdolgozat konklúziójaként levont eredményekkel.

2 NAPELEM ELMÉLETI RÉSZ BEMUTATÁSA

2.1 Működés

A napenergia felhasználás létezik három módszer, amik bár ugyan azt az energiatípust használják fel, nem egyeznek meg egymással. Ilyen a naphőerőmű, napkollektor és a napelem.

A naphőerőmű (Concentrated Solar Power – CSP) a nap hőjével fejleszt forró gőzt vagy gázt és ezt például turbinák segítségével alakítja elektromos árammá.

A napkollektor (solar thermal collector - STC) a napenergia felhasználásával közvetlenül állít elő fűtésre, vízmelegítésre használható hőenergiát.

A napelem (PhotoVoltaics – PV) pedig a napfényből származó energiát közvetlenül villamos energiává alakítja.

Ebben a témakörben a későbbiekben a napelemekről lesz szó.

A napelemek alapvető anyaga a félvezető. Az energiaátalakítás folyamata a félvezetőn belül megy végbe. A fotoelektromos napelemek a beérkező napsugárzás bizonyos hullámhosszú fotonjainak hatására töltésszétválasztást végeznek. Ez a szétválasztás egyenesen arányos a beérkező sugárzás intenzitásával, erősen függ viszont a hőmérséklettől is. A napelemre érkező fotonok energiája a félvezetőnek a szabad elektronjait készteti munkára, amikor a nyugalmi helyzetükből ezeket kilöki. Ha a szétválasztott töltések fogyasztón keresztül a félvezető eredeti oldalára (katód) áramlanak, így áram folyik. A leadott teljesítmény függ a feszültségtől és aktuális áramtól.

A hőmérsékletfüggés oka, hogy a félvezetőben a nagyobb hőmérsékleten a spontán rekombináció nagyobb, azaz az egységnyi sugárzás által szétválasztott elektronok ismét visszahullnak eredeti pályájukra.

A hőmérsékletemelkedés nem befolyásolja jelentősen a leadott áramot, viszont a feszültsége kb. 25°C emelkedés mintegy 20%-al csökkenti. Mindez azért is jelentős, mert

az erős napsugárzásban, főképp nyáron, a környező levegő hőmérséklete is felmehet 35-45°C-ra, sőt a napelem hőmérséklete akár 70-80 °C-ra is. Éppen ezért a nyári teljesítménycsúcs 21-31%-al is elmaradhat a névlegestől.

[1] [34]

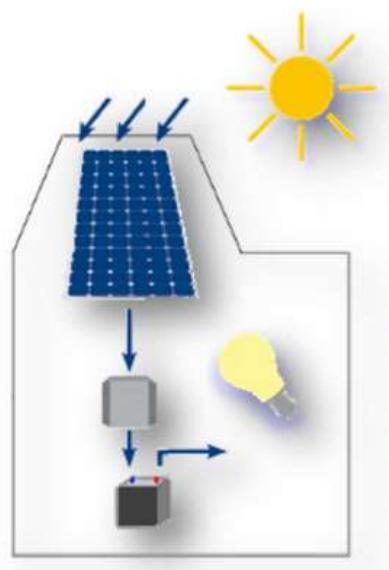
2.2 Telepítések

2.2.1 Sziget üzemű rendszer

Idegen szóval: off-grid

Főbb elemei a napelem, akkumulátor töltő, akkumulátor, inverter

A sziget üzemű rendszerek a közcélú villamos hálózattól teljesen elszigeteltek, önálló energiatároló eszközzel végeznek automatikus működést. Célszerűbb olyan helyekre telepíteni, ami elszigetelt a közcélú villamos hálózattól. Ez a fajta telepítés esetén az előállított áram, ha nem kerül azonnali felhasználásra, akkor a többlet akkumulátorban kerül tárolásra. Hiány esetén a szükséges és a termelt áram különbségét az előzőleg akkumulátorokban eltárolt energiából vételezzük. Inverter nélkül is megvalósítható, de ilyenkor csak egyenáramú felhasználás lehetséges.



1.ábra Sziget üzemű rendszer [3]

Előnyök:

1. Lehetővé teszik a villamos energiatermelést olyan területeken, ahol a villamos energia másképpen nem lenne elérhető
2. Energiatárolási lehetőség
3. Nincsen a közcélú hálózatnak ráhatása
4. Engedélyeztetésre nincsen szükség

Hátrányok:

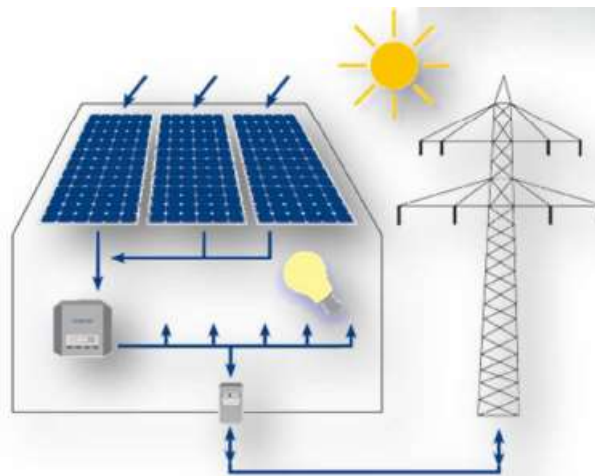
1. Csak annyi villamos energiát lehet felhasználni, amennyit éppen termel a rendszer
 2. Az akkumulátorokra külön oda kell figyelni
 3. Drága akkumulátorok
 4. Drágább, mint a hálózatra csatlakozó napelemes rendszer
 5. Lassabb költségbeli megtérülés a hálózatra csatlakozó napelemes rendszerhez képest
 6. Az évszakfüggéstől a téli időszakban a termelt energia mennyisége lecsökken, amíg az igény megnőhet rá és a különbség az akkumulátorokból nem biztos, hogy vételezhető
- [3] [5] [6] [7]

2.2.2 Hálózatra kapcsolt rendszer

Idegen szavakkal: on-grid, grid paralell

Főbb elemei a napelem, kétirányú mérőóra (ad-vesz mérő), inverter

Hálózatra kapcsolt telepítés esetén az előállított áramot a rendszer azonnal felhasználja, vagy a többletet a hálózatba beletáplálja. Az el nem fogyasztott pillanatnyi villamos energiát az áramszolgáltató megvásárolja. Viszont, ha valamilyen okból kifolyólag a pillanatnyilag igényelt energia több, mint a megtermelt, akkor a különbséget a rendszer a hálózatról veszi fel a hagyományos módon. A kétirányú mérőóra szükséges, hogy lehessen mérni a hálózatba táplált és a hálózatról vételezett energiát is.



2.ábra Hálózatra kapcsolt rendszer [3]

Előnyök:

1. A szolgáltató a többletet megveszi
2. Olcsóbb megvalósítás a szigetüzeművel szemben
3. Nagyobb energiaigény esetén a szolgáltató biztosítja a különbséget

Hátrányok:

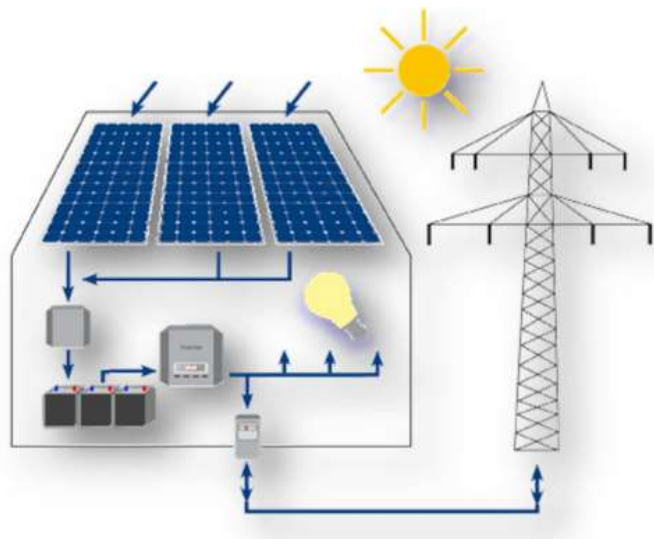
1. Több hálózati megkötés
2. Engedélyköteles

[3] [7]

2.2.3 Vegyes üzemű rendszer

Idegen szóval: bimodal

Gyakorlatilag a hálózatra kapcsolt és a szigetüzemű rendszereknek a keverése. A napelemek által megtermelt egyenáramot – mint sziget üzem esetén – eltároljuk akkumulátorokban, majd egy inverteren keresztül előállítjuk a kívánt feszültséget a fogyasztóinkhoz és a többlet/hiány egy kétirányú mérőórán keresztül a hálózatra tápláljuk/vesszük.



3.ábra Vegyes üzemű rendszer [3]

Előnyök:

1. Energiatárolási lehetőség
2. Több fogyasztás, mint termelés esetén eldönthető, hogy az akkumulátorokból vagy a hálózatról vételezzük a különbséget
3. Az akkumulátorok tölthetők a hálózatról és a napelemekről is egyaránt
4. Üzemeltethető csak szigetüzemben és csak hálózatra kapcsolt rendszerként is
5. A többletet a szolgáltató megveszi

Hátrányok:

1. Engedélyköteles
2. Drága akkumulátorok
3. Az akkumulátorokra itt is külön oda kell figyelni

[3] [7]

2.3 Elszámolás

Elszámolás értelemszerűen csak a hálózatra kapcsolt vagy vegyes üzemű telepítések esetén van. Sziget üzemű telepítés esetén a hálózat felé a hálózati kapcsolódás hiányában nincsen mit elszámolni a szolgáltatóval. A másik két esetben létezik kétféle elszámolás. A napelemek egyenletlen, időjárástól függő terhelésük miatt adódnak olyan esetek amikor a napelemes rendszer semennyit sem termel, termel valamennyit, éppen annyit termel amennyire szükség van, vagy éppen olyan sokat termel, hogy amire nincsen szükség azt a villamos hálózatra rátáplálja a kétirányú mérőórán keresztül. A többlet termelést a szolgáltató megveszi. Amikor viszont vételezni kell a szolgáltatótól az energiát akkor az eladott többletet vásároljuk vissza, a villamos hálózatot a többlet eltárolására használva. A kétféle elszámolás az ennek az elszámolása, hogy a szolgáltató milyen árban veszi meg a napelemes rendszer által megtermelt többlet energiát.

A villanyszámlán az, hogy milyen árban veszi a lakosság az áramot több dologból adódik össze. Az összetevői az áramdíj + rendszerhasználati díj + ÁFA mértéke. Ennek az értéke $\approx 35 \text{ Ft/kWh}$.

Magyarországon 2021. július 1-től megkötött szerződések már csak bruttó elszámolásban lettek volna lehetségesek, de június 30-án hatályon kívül helyezték ennek a bevezetését. Viszont 2024-től az Európai Unió területén mindenhol csak a bruttós elszámolással lehet szerződést kötni.

2.3.1 Szaldó elszámolás

Szaldó elszámolás esetén alapvetően háromféle módon járhatunk el a megtermelt többlettel. Az első eset az az, hogy a lakossági felhasználó kérvényezi a szolgáltatótól, hogy a megtermelt többletet fizesse ki. Második esetben ki lehet számlázni a többletet a szolgáltatónak, de ebben az esetben a visszaigénylő felé egy adóki fizetési kötelesség áll fent. A harmadik eset, amikor a többletet átvisszük a következő évre, mert az elszámoló számla kitöltésétől kettő éven belül kell csak azt kifizetni.

Ez a típusú elszámolás a kedvezőbb a felhasználóknak, amiért az elszámolás során a szolgáltató által vételezett villamos energia ára megegyezik azzal, amit a felhasználó fizetne, amennyiben ő vételezné az áramot a hálózatról. Ez által a szolgáltató lényegében az általa birtokolt rendszerhasználati díjat is fizetve, amikor a hálózatra táplál a napelem.

A szaldó szó maga olasz eredetű és a Magyar Értelmező Kéziszótárban található jelentése az egyenleg, számlának, tartozásnak a kifizetése; szaldírozás. Ezzel is utalva arra, hogy az elszámolás során a felhasználó és a szolgáltató ugyan olyan összegért veszik az áramot egymástól és az éves elszámolás végén a kétirányú mérőórán a hálózatra táplált és a hálózatról fogyasztott értékek közötti különbség alapján fizet az egyik fél a másiknak.

Megtérülés szempontjából látható, hogy ez a kedvezőbb elszámolás, hiszen a lakossági ügyfelek jelenlegi, legfrissebb (2021.04.01-től) szolgáltatói árak alapján a rendszerhasználati díj nettó értéke 16,39Ft/kWh.

[4]

2.3.2 Bruttó elszámolás

Bruttó elszámolás esetén a szolgáltató által a felhasználótól vételezett energia árának összetevői csupán az áramdíj és az ÁFA. Ugyanis a szolgáltató a saját hálózatát használja, amiért magának fizetné a rendszerhasználati díjat.

Ez a fajta elszámolás esetén lehet annyit termelni pont amennyi éppen szükséges, vagy pedig a többletet a szolgáltató már kedvezőtlenebbül veszi meg, mint a szaldó elszámolás esetén. Továbbá a többlet energia eltárolása is indokoltabbá válik.

3 HELYSZÍN ADOTTSÁGAI

3.1 Ház villamosenergia fogyasztása

A ház 2020-as évi villamosenergia fogyasztása 8287kWh. Mivel a háztartások energiaigénye egyre inkább csak növekszik, az újabb és újabb termékektől így a továbbiakban egy nagyobb, 9000kWh-s értékkel foglalkoznék.

A ház egy olyan speciális eset, hogy egy hosszú parasztház, ami három darab különböző lakórészre van tagolva és emellett egy műhely is van.

Ezekből adódóan a nagyobb teljesítményű fogyasztók közé olyan dolgok tartoznak, mint bojler, klímák, mosógépek, szárítógépek, hajszárítók, mikrohullámú sütők, hűtőgépek, mosogatógépek. A kisebb teljesítményű fogyasztók közé olyan dolgok tartoznak, mint televíziós készülékek, beltéri egységek, számítógép, a számítógéphez használt monitor, teleföntöltők, laptoptöltők és egyéb elektronikai berendezések. Továbbá a világításhoz használt izzók.

A fűtés nem elektromos, hanem fa tüzelésű, így az nem okoz villamos energia terhelést.

Az éves elszámoláshoz tartozó villanyszámlából egy részletet bemutatnék szemléltetésképpen.

SZÁMLARÉSZLETEZŐ							
Fogyasztás összesen: A1: 8 287 kWh B: 0 kWh							
Árszabás: Villamosenergia-ipari kedvezményes							
Mérési pont azonosító: HU000120-11-S00000000000001570506							
Elosztói engedélyes: E.ON Dél-Dunántúli Áramhálózati Zártkörűen Működő Részvénytársaság							
Mérő gyártási száma	Elszámolási időszak	Induló mérőállás	Záró mérőállás	LM	Fogyasztás (kWh)	Szorzó	Mennyiség
1108959763/001	2020.01.01 - 2020.12.31	71 140	79 427	Leol	8 287	1,000000	8 287,000 kWh
1108959764/001	2020.01.01 - 2020.12.31	159	159	Leol	0	1,000000	0,000 kWh

4.ábra Sziget üzemű rendszer [szerkesztő által készítve]

3.2 Helyszín bemutatása

A választott helyszín Pakson található. Egy nem olyan régen felújított és kibővített hosszabb parasztház. A tető eredeti építése alapján egy nyeregtető, de a felújítás során át lett építve. Így a tetőn több jellegzetesség is megtalálható, mint a kontytető jellegzetes kontya, az utca felőli oldalon pedig csonkatető.

A felhasznált tető az a ház udvarán levő tetőrész és a tetőnek ezen a szakaszon lévő nyeregtető szakasza.

A tető déli tájolású. Ez a későbbiekben hasznos is és fontos is lesz.

Hossza 21m, magassága 3,03m ez felezi az alapot, aminek a fele 3,2m. Ezek az értékek mérve lettek. Az átfogó számolva, ami pedig 4,4m hosszú.



5.ábra Tető [szerkesztő által készítve]

$$c = \sqrt{3,03^2 + 3,2^2} \approx 4,4m$$

A tető dőlésszöge szintén számolva lett, ami $43,437^\circ$.

$$\beta = \arcsin \frac{3,03}{4,4} = 43,437^\circ.$$

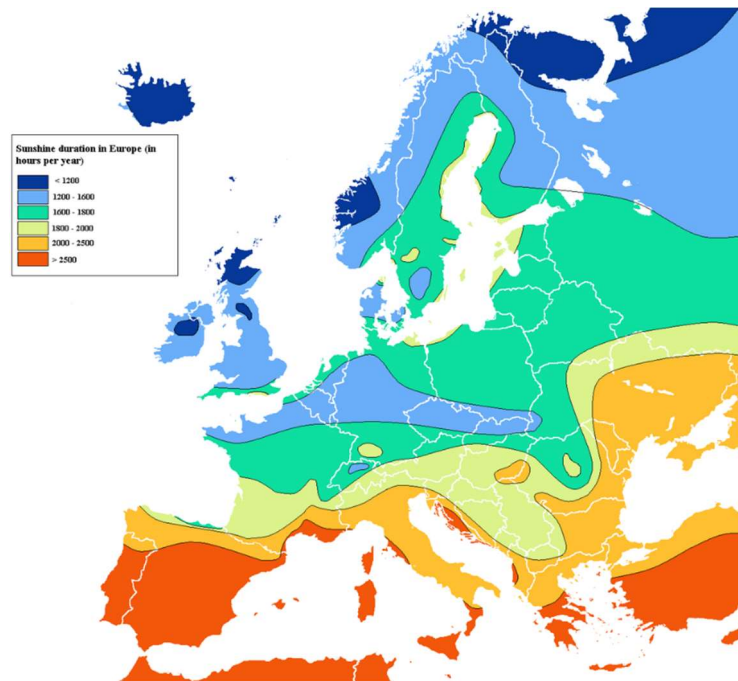
$$4,4m \cdot 21m = 92,4m^2.$$

Az épület villanyórája a kapun belépve 1 méterrel a bal oldalon található. Ez nem olyan régen lett kicserélve, de a napelemes rendszer telepítésével ennek a cseréje szükséges egy kétirányú mérőóra, hogy lehessen mérni a hálózatról vételezett energiát és a napelem által a hálózatra táplált fel nem használt villamos energiát.

3.3 Éves napfény besugárzás

A napelemes paneleket mivel olyan helyekre szokták telepíteni, ami a környezeti hatásoknak igen nagy mértékben kiteszi az időjárásnak. A panelek feszültsége fordítottan arányos a hőmérséklettel, tehát a nagyobb hőmérséklethez kisebb

b feszültség tartozik. Az áram értéke a hőmérséklettel együtt növekszik, de nem olyan jelentős értékbéli változást hoz létre.



6.ábra EU éves napfénybesugárzás [41]

A napsütéses órák száma éves összegben nálunk a 2021-es évben 2440, az éves középhőmérséklet pedig 12,2°C. Egy olyan területen, ahol az éves átlaghőmérséklet ~8°C-al nagyobb, mint nálunk, Görögországban ott az évi napsütéses órák számának eltérése ~1000 a Magyarországi adatokhoz képest.

A napsütéses órák száma - más névvel napfénytartam – azt az időtartamot értjük amíg a napfény a föld felszínét közvetlenül éri. Ezt az értéket befolyásolja a domborzati elemek, valamint a felhőzet.

Magyarország területén a domborzat nagy mértékében lapos terület és mivel a Kárpát-medencének a közepén található a „Belső Kárpát-medencében”, ami egy alföldi rész benne. Ennek köszönhetően jellemzően sok a napsütéses órák száma és a magas éves középhőmérséklet. A széljárás a medence miatt nem túl erős.

A Földnek a Nap körüli pályájából eredően az évszakokban a napsütéses órák száma változik és a Földről megfigyelve az égbolton a Nap nem ugyanazon pályát járja be az évszakokban. A nyári időszakban hosszabbak a nappalok, így a napsütéses órák száma, télen pedig rövidebben a napsütéses órák és ezzel a nappalok is.

4 KIVITELEZÉSI JAVASLAT

4.1 Tájolás és dőlésszög

A tájolás és a dőlésszög a napelempanellek beállításánál a legfontosabb tényezők. A legnagyobb hatásfokkal a napelemek a felületre eső merőleges napsugarakat tudják hasznosítani. A föld északi féltekéjén a legtöbb napfény délről érkezik. A tájolást nevezik még Azimutnak is, amihez tartozik egy szög, ez a szög mutatja meg, hogy milyen mértékben ideális a beállított tájolás. Ideális esetben déli tájolóshoz ez a szög 0° értékű. Az Azimut ideálistól való 10° eltérése a hatásfokot $\sim 0,5\%$ -kal csökkenti. Ezért fontos a megfelelő tájolás.

A napelem panelek dőlésszögét a vízszinteshez képest kell viszonyítani, így a panel dőlésszöge a tető dőlésszöge és a panelnek a tetőhöz viszonyított dőlésszögének az összege. A dőlésszög helyes beállítása a korábban említett legnagyobb hatásfok elérés miatt fontos helyesen beállítani. Ez függ az évszakoktól és a napjárástól is. Vannak olyan rendszerek, amelyek rendelkeznek úgynevezett napkövető funkcióval, de ez extra költségeket jelent, ami a megtérülés idejét a saját értékével együtt arányaiban nem biztos, hogy megrövidíti a napkövető rendszer nélkülihez képest. Fix telepítésű rendszerek esetén a korábbiakból adódóan a napelemek nem termelnek minden évszakban ugyanúgy. Magyarországon a $30\text{-}40^\circ$ közötti dőlésszögű telepítések az ideálisak. 10° eltérés $1,5\%$ -kal csökkenti a hatásfokot.

Látható, hogy a tájolás és a dőlésszög megfelelő beállítása fontos tényező, amíg pár apróbb eltérés esetén a hatásfok nem csökken jelentős értékben, a megfelelő értékekből való jelentős eltérés esetén a hatásfok is drasztikusan lecsökken.

Jelen esetben a tető azon része, ahová a napelemeket telepíteni kívánjuk teljesen déli tájolású, így az Azimut érték egyenlő a nullával, a legideálisabb.

A tető dőlésszöge az előző pontban számolva lett, ami $43,437^\circ$ ez az érték is megfelelő, további korrekciót a rögzítőelemekkel nem igazán igényel.

4.2 Telepítés választása

A telepítés kiválasztásához első sorban a napelemes rendszer telepítést igénylő személy elképzelése szerint kell megvalósítani. Ennek hiányában vagy csupán javaslat adására több fontos tényezőt is figyelembe kell venni.

A például választott helyszín a legcélszerűbb választás a hálózatra kapcsolt rendszer lenne. A villamos hálózat már kivan építve a helyszínen, így annak nem kell még külön kérvényezni a kiépítését. A hibrid telepítésen el lehet még gondolkodni, de amíg még szaldó elszámolás van, addig megfelelő még az egyszerű hálózatra csatolt rendszer. Amint a szaldó elszámolás megszűnik, onnantól már ténylegesen el kell gondolkodni energiatároló berendezések hozzátelepítéséről, máskülönben célszerűbb akkor üzemeltetni inkább a nagyobb teljesítményű berendezéseket, amikor a napelem termelése az átlagnál nagyobb, úgynevezett csúcsidőben.

A létesítési folyamat első lépése az igénybejelentés, amihez a szükséges információk egy része így már rendelkezésünkre áll. Ilyen feltételek például a telepítés és a választott teljesítmény, hozzájárulónyilatkozat a létesítéshez stb. Az igénybejelentés után az igénybejelentő kap egy ajánlatot, a csatlakozási feltételeket az igénylő tudtára adják. Létrehoznak még egy megvalósíthatósági tanulmányt, ez után az igénylőnek megküldik a szándéknyilatkozatot, ami alapján meghatározza a szolgáltató a részletes csatlakozási feltételeket. A részletes csatlakozási feltételek alapján lehet a közcélú hálózatot érintő feladatrészeket elkezdni.

A létesítési folyamat után a csatlakozási terv következik. Ezt az áramszolgáltató hagyja jóvá a benyújtását követően. A kivitelezési tervhez szükséges a szolgáltató elvégzi a közcélú hálózaton szükséges beavatkozásoknak a tervét és megvalósítását elvégzi. Emellett a telepítendő rendszer alapján elvégzik a telepítés terveit és ezeket úgyszintén megvalósítják.

A példához választott csatlakozási mód az a hálózatra kapcsolt rendszer. A ház villamosenergia ellátása egyfázisú rendszerrel van megvalósítva, de a későbbiekben háromfázisú rendszerként lesz kezelve, mivel belátható időn belül bővítve lesz a hálózati ellátása a háznak. A hibrid üzemű telepítési rendszer azért nem lett kiválasztva, mert az

akkumulátorok sok plusz költséget jelentenek és a fizikai elhelyezésük is külön problémát okozhat, ami így megkerülhető.

4.3 Telepíthető maximális teljesítmény, szükséges teljesítmény

Amikor eldöntésre kerül, hogy mekkora rendszert szeretnénk telepíteni, akkor figyelembe kell venni, hogy mekkora a fogyasztásunk és mekkora a rendelkezésre álló terület, amire a napelemes rendszert telepíteni lehet. Ezek után meg lehet választani a szükséges napelemeket és az invertert.

A telepítendő teljesítmény meghatározása során kétféle szempont alapján lehet ezt meghatározni.

Az egyik ilyen szempont amikor az éves fogyasztáshoz van igazítva a telepítendő napelemes rendszer mérete, így egy olyan méretű rendszert létrehozva, amely az éves fogyasztását az épületnek képes ellátani. Ezt nevezik termelés optimalizáltnak. A másik ilyen szempont, amikor a telepítendő rendszer az épület méreteihez képest a lehető legnagyobb méretű, azaz a lehető legjobban meg van próbálva kihasználva a tető mérete. Ennek a neve a méret optimalizált.

4.3.1 Méret optimalizált

Méret optimalizált tervezés esetén egyszerűen a választott terület fizikai jellemzői figyelembevétele alapján, legyen az lapos tetőre szerelt vagy sem, talajra, a lehető legnagyobb beépített teljesítményű rendszer kerül meghatározásra.

4.3.2 Termelés optimalizált

A telepítendő rendszer nagyságát az éves hozam kiszámolásával tudjuk megadni. Erre a feladatra egy PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) alkalmazást használtam fel. Ez egy Európa Uniós projekten belül már 1981-től gyűjt adatokat, amik ilyen esetekben nagy hasznosságúak (pl időjárási adatok, besugárzási adatok). A méretező alkalmazás így egy megbízható adatbázis felhasználásával számol. Első

lépésként a helyszínt kell bejelölni egy térképen, ahol a napelemes rendszer kerül majd telepítésre.

A második lépésben ki kell választani azt a besugárzási adatbázist amivel szeretnénk, hogy az alkalmazás számoljon. Az alkalmazás kiválasztja a legoptimálisabbat számunkra, amint a helyszínt megválasztjuk.

Ez után ki kell választani a napelem modulok típusát, amire a leggyakrabban és én is a szilícium kristályos panelt választottam.

A rendszer csúcsteljesítményének 1 kWp-t adtam meg, így a későbbi számításokat megkönnyebbítve.

A rendszer villamos veszteségének az alapértelmezett 14%-ot hagytam meg. Ebben az értékben benne vannak a DC oldali kábelezés veszteségei, az AC oldali kábelezés veszteségei, a rendszert alkotó elemek disszipációs veszteségei, továbbá az inverter vesztesége is.

Meg kell még adni a paneleknek a telepítési módját is, erre kétféle opció van. Az egyik opció az a Free-standing, azaz szabadon álló. Ezt az opciót kell választani, ha panel nincsen az épületbe beleintegrálva, így jól szellőzik a hátoldala is, ezzel csökkentve a veszteségét. A másik opció az a Building integrated, azaz épületbe integrált. Ez a példához választott opció. Ebben az esetben a hűlési viszonyok nem olyan kedvezőek. Az utolsó két érték, amit meg kell adni az a tájolás és a dőlésszög. Ezeket már a korábbiakban ismertettem, déli tájolás és 43,437°-os dőlésszög. Opcionális an megadható még környezeti zavaró is, mint például tereptárgyak. Továbbá opcionálisan meg lehet adni még olyan adatokat is, ha esetleg a rendszerben szerepel olyan technológia, amely a nap járását követi és a paneleket mindig a legoptimálisabb pozícióba állítja.

1 kWp beépített teljesítménnyel 1 év alatt a rendszer 1204,74kWh energiát termel meg a megadott adatokkal. A meglévő adatokkal meghatározható a telepítendő PV rendszer nagysága. Ez a következő képlettel adható meg:

$$Rendszer\ teljesítménye = \frac{Összfogyasztás}{Megtermelt\ energia} \cdot 1kWp$$

Az összefogyasztás korábban már megadásra került egy, a valós fogyasztásnál nagyobb értékkel a későbbi fogyasztás növekvésre tekintettel. Összfogyasztás = 9000kWh.

A megtermelt energia az előzőleg lett a PVGIS alkalmazás segítségével kiszámítva.

Megtermelt energia = 1204,74kWh

$$\text{Rendszer teljesítménye} = \frac{9000kWh}{1204,74kWh} \cdot 1kWp = 7470,49Wp \approx 7,47kWp$$

Az éves fogyasztást egy 7,48kWp teljesítményű rendszer képes egy év alatt megtermelni.

A napelem moduloknak a szükséges számának meghatározásához a következő képlettel lehetséges:

$$\text{Modulszám} = \frac{\text{Rendszer teljesítménye}}{\text{Panel névleges teljesítménye}}$$

A rendszer teljesítménye = 7470,49Wp

A napelemes panel a későbbiekben lesz hosszabban taglalva. Az egyik esetben, legyen „A” eset, egy polikristályos pannellel lesz számolva, a másik esetben, legyen „B” eset egy monokristályos panel szerepel majd a példában.

„A” eset = polikristályos napelem

„B” eset = monokristályos eset

Panel névleges teljesítménye(A) = 425Wp

Panel névleges teljesítménye(B) = 465Wp

$$\text{Modulszám}(A) = \frac{7470,49Wp}{400Wp} = 18,68 \text{ db} \rightarrow 19 \text{ db}$$

$$\text{Modulszám}(B) = \frac{7470,49Wp}{465Wp} = 16,6 \text{ db} \rightarrow 17 \text{ db}$$

Az „A” eset teljesítménye $P(A) = 19 \cdot 400Wp = 7600Wp = 7,60kWp$

A „B” eset teljesítménye $P(B) = 17 \cdot 450Wp = 7650Wp = 7,65kWp$

5 NAPELEM TÍPUSOK

Előállítás szerint három féle napelem létezik:

- 1.Monokristályos
- 2.Polikristályos
3. Amorf
4. Perovszkit (Perovskite) napelem

5.1 Monokristályos

A monokristályos napelem több, egymáshoz hegesztett szilícium rétegből áll, így egy jól elkülönülő fekete színű kristályszerkezetet hoznak létre a napelem celláinak. A napelem megfelelő fizikai paramétereinek eléréséhez először egy úgynevezett kristálytömböt hoznak létre, amit utána többször is felszeletelnek és felületeznek. Az elhelyezendő napelemcellákat egy henger alakú tömbből vágják le, amit a gazdaságosság szempontjából nyolcszögletűre vágnak. Az elérhető hatásfok manapság már 18-25%, ami a napelemek terén a legnagyobb, de fontos befolyásoló tényező a panel dőlésszöge, a megfelelő tájolás is, mivel a monokristályos napelemek ezekre a tényezőkre igen érzékenyek, így a legjobban azt a napfényt tudják hasznosítani, amely teljes mértékben rájuk vetül, így a szórt napfényt sokkal kedvezőtlenebbül képesek hasznosítani. Ezekből az okokból kifolyólag nem ez a legközkedveltebb napelemtípus a hatásfok ellenére is. A gyárási garanciája 25 év és az élettartama legalább 30 év. A gyártási eljárásokból adódóan az előállítási költségei nagyobbak, mint a polikristályos napelemé.

[34] [40]

5.2 Polikristályos

A polikristályos napelemtípus, mint az előző, több cellából épül fel, de nevéből adódóan (poli) több kristály alkotja. Előállításuk sokkal kevesebb időt és energiát vesz igénybe, mint a monokristályos párjának. A kristályokat tömbökben növesztik, amikből vékony szeleteket vágnak le, amikből a cellák lesznek. A vékony szeleteket egy ónszalaggal forrasztják össze és erre kerül még egy többrétegű védőburkolat. Hatásfokuk ma már nem marad el annyira a monokristályos párjától, így jellemzően 15-22%, viszont a hőmérséklet egy erős befolyásoló tényezőjük. A dőlésszögre és a tájolásra kevésbé érzékeny, így felhasználása sokkal több lehetőséget biztosít. Magyarországon ez a leggyakoribb napelemtípus az alacsony árának köszönhetően, de világszinten tekintve is igencsak népszerű, hiszen a legtöbb napelemes erőmű és háztartási méretű rendszerben is ezt használják.

A monokristályos és a polikristályos napelemekre jellemző, hogyha egy soros cellából álló napelemre valamilyen okból árnyék vetül, akkor annak a napelemnek a teljesítménye drasztikusan lecsökken, akár teljesen kieshet.

[34] [40]

5.3 Amorf

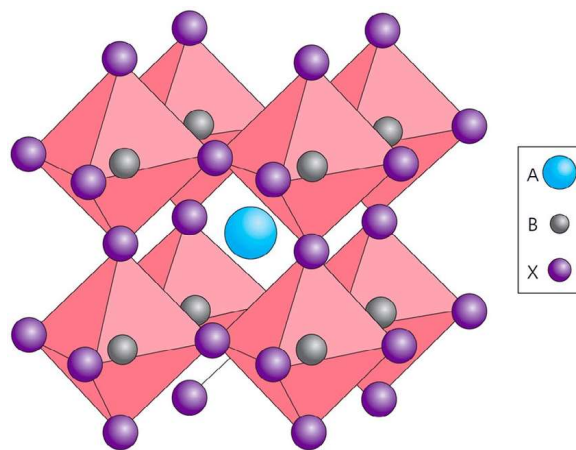
Az amorf típusú napelemeknél a hordozó rétegre szilíciumot gőzölnék fel, így rövidítve a gyártási idejét. Felületén egyetlen amorf kristály helyezkedik el. Magyarországon a napelemek ideális dőlésszöge 30° és 40° között van, viszont a vékonyfilm-rétegű napelemek felhasználása során 15° eltéréssel is képesek a névleges teljesítményüket leadva üzemelni, ami építészeti szempontból kedvező lehet. Ára alapján az olcsóbb napelemek közé tartozik, de a hatásfoka csupán 6-8%. Az alacsony hatásfokból eredően nagyobb teljesítmény eléréséhez többet kell telepíteni belőle, ami nagyobb helyigényt

tesz szükségessé. Névleges feszültség szintje 40V és az árnyékolásra a poli és a monokristályos napelemekkel ellentétben kevésbé érzékeny.

[34] [40]

5.4 Perovszkit (Perovskite) napelem

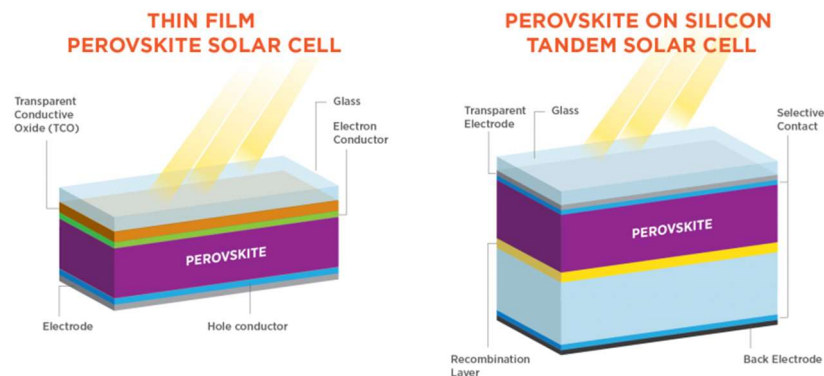
A Perovszkit napelemek egy olyan vékonyrétegű napelem technológia, ami forgalmazásra még nem került, de nagyon gyorsan fejlődik, így elképzelhető, hogy a közeljövőben igen komoly vetélytársa lesz a hagyományos szilícium alapú napelemeknek. Nevét az anyagban levő kristályszerkezetről kapta, amit Perovszkit szerkezetnek neveznek, amit elsőnek Lev Alekseyevich von Perovski fedezett fel. A perovszkit bármilyen anyag anyag lehet, ami az ABX_3 kristályszerkezetet követi.



7.ábra ABX_3 kristályszerkezet [44]

A és B pozitív töltésű ionok, gyakran különböző méretűek, X egy negatív töltésű ion.

Maga a technológia nem új, viszont 2006-ban csupán 3%-os hatásfokot tudtak elérni a cellákkal. 2021-ben pedig már képesek voltak elérni 25,7%-os hatásfokot egyrétegű elrendezésnél és 29,8%-ot szilícium alapú tandem cellákkal. Ezek a számok alapján igen rövid idő alatt nagy fejlődést produkáltak, de a piacra lépés előtt még akadnak problémák amiket meg kell oldani.



8.ábra Perovszkit cellák [33]

Előnyös tulajdonságai közé tartozik a hatásfok mellett, hogy, mint a vékony filmrétegű napelemek, így a Perovszkit napelem is egy hajlékony és könnyű szerkezetű napelem, ezek mellett a Perovszkitokat elő lehet úgy állítani, hogy a fény különböző spektrumait tudja hasznosítani, így egy többrétegű kialakításnál magasabb hatásfokot létrehozva. Előállítását tekintve töredéke a hagyományos szilícium alapú napelemeknek.

A legnagyobb probléma a Perovszkit napelemeket, hogy környezeti hatásokkal szemben nem igazán mutatnak nagy ellenállóképességet. Mind a magasabb hő, nagyobb periódusú fénynek való kitétel, nedvesség és oxigén roncsolja. Ennek a problémának a megoldásával egy hatalmas mérföldkövet lépne át a technológia, aminek a nélkülözése elengedhetetlen a piacra lépéshez.

Léteznek úgynevezett hibrid napelemek is, amely működése úgy foglалható össze, hogy egy hagyományos napelem hátoldalán folyadékot áramoltat és ez hűti a napelemet. A napelem ezáltal jobb hatásfokon működik, mert nem melegszik túl még forró nyári napokon sem. Közben a felmelegített folyadékkal meleg vizet állíthatunk elő.

Az általam választott napelemtípus az a polikristályos napelem, mert igaz a hatásfoka kevesebb, mint a monokristályos napelemé, de az eltérés nem olyan hatalmas, továbbá a Magyarországi éghajlati jellemzők miatt az ország területén nem elhanyagolható mértékben fordulnak elő felhősebb napok is, amikre a polikristályos napelem kevésbé érzékeny a monokristályoshoz képest

Emellett a polikristályos napelem olcsóbb is. A 3.3-mas fejezetben már előrevetített esetek alapján meg lesz vizsgálva egy olyan eset, ahol a napelemeket polikristályos napelemek képzik le és egy olyan eset is, ahol ezek helyett monokristályos napelem panelek lesznek.

[33] [35]

6 NAPELEM TÍPUS VÁLASZTÁS

Az előző pontban felvetettek alapján az első, „A” esetben a választott polikristályos napelem kerül bemutatásra a gyártó által összeállított katalógusban található fontosabb információk alapján. A választott napelemes modulok gyártója a CanadianSolar.

Maga a céget 2001-ben alapította meg Dr. Shawn Qu, Kanadában. Gyorsan a világ egyik legnagyobb fotovoltalikus termékgyártójává vált. Körülbelül 67 GW-nyi napelemes modult szállítottak le eddig, ami elegendő $\sim 15,8$ millió háztartás villamos energiaszükségleteinek ellátására.

Így látható, hogy a gyártó egy ismertebb cég, aminek a napelemes modulja megfelelő műszaki paraméterekkel tud szolgálni.

[16]

6.1 HiKu CS3W-400p („A” eset)

Az első panel az a HiKu CS3W-400p.



9.ábra HiKu CS3W-400p [41]

A panel egy nagy teljesítményű polikristályos PERC¹ modul. A modul teljesítménye 24%-kal nagyobb, mint a hagyományos gyártású paneleké. Két fontosabb tulajdonsága, hogy a teljesítmény hőmérsékleti együtthatója alacsony, $-0.37 \% / ^\circ\text{C}$, ami a szélsőséges időjárásokra kevésbé érzékennyé teszi, továbbá a nominális munkaponti hőmérséklete kisebb határok között ingadozik, $42 \pm 3 ^\circ\text{C}$. Rendelkezik még egy jobb árnyékolással szembeni tűrőképességgel, így magasabb teljesítmény érhető el felhők, fák vagy egyéb dolgok által a napelemre vetített árnyék esetén. Környezeti tényezőkkel való ellenállásához tartozóan még nagyobb hórétegeket is elbír (5400Pa), a havazáson kívül még nagyobb szelekkel is ellenállóbb (3400Pa). A gyártás közben a lehető legsimább felületet próbálják elérni, így minimalizálva a mikro-repedéseket, amivel a beeső fény a legkedvezőbbben érheti a cellákat. A gyártó továbbá garantálja, hogy az első évi teljesítmény degradáció nem több, mint 2%, emellett a későbbi éves teljesítménycsökkenés nem haladja meg a 0,55%-ot. A garanciája a terméknek minimum 12 évtől (anyagi szintű garancia) 25 évig (teljesítmény garancia) terjed.

[17] [41]

6.1.1 Megfelelt szabványok

MSZ EN ISO 9001:2015 - Minőségirányítási Rendszer (MIR).

MSZ EN ISO 14001:2015 - Környezetközpontú irányítási rendszerek.

MSZ ISO 45001:2018 - A munkahelyi egészségvédelem és biztonság irányítási rendszere. Követelmények alkalmazási útmutatóval.

MSZ EN 61215:2005 - Földfelszíni alkalmazású, kristályos szilícium fotovillamos (PV) modulok. A szerkezeti felépítés minősítése és típusjóváhagyás.

MSZ EN IEC 61730-1:2018 - Fotovillamos (PV-) modulok biztonságtechnikai minősítése. 1. rész: Kialakítási követelmények

MSZ EN IEC 61730-2:2018 - Fotovillamos (PV-) modulok biztonságtechnikai minősítése. 2. rész: Vizsgálati követelmények

MSZ EN IEC 61701:2021 - Fotovillamos (PV-) modulok. A sósköd-korrózió vizsgálata.

MSZ EN 60068-2-11:2000 - Környezetállósági vizsgálatok. 2. rész: Vizsgálatok. Ka vizsgálat: Sós köd (IEC 60068-2-11:1981)

MSZ EN 62716:2014 - Fotovillamos (PV-) modulok. Korróziós vizsgálatok ammóniával

UNI 9177 – Tűzre való reakció. Égési termékek osztályozása.

[41]

6.1.2 Katalógusból leolvasható fontosabb adatok

1. táblázat Polikristályos napelem főbb adatai [szerző saját szerkesztése [41] alapján]

Villamos adatok (STC ²)	
CS3W	400p
Maximális teljesítmény (P _{max})	400 W
Munkaponti feszültség (U _{mp})	38,7 V
Munkaponti áram (I _{mp})	10,34 A
Üresjárási feszültség (U _{oc})	47,2 V
Rövidzárási áram (I _{sc})	10,90 A
Hatásfok	18,11%
Működési hőmérséklet	-40°C ~ +85°C
Maximális DC oldali feszültség	1500V

Villamos adatok (NMOT ³)	
CS3W	400p
Maximális teljesítmény (P _{max})	308 W
Munkaponti feszültség (U _{mp})	36,5 V
Munkaponti áram (I _{mp})	8,45 A
Üresjárási feszültség (U _{oc})	44,8 V
Rövidzárási áram (I _{sc})	8,79 A

Mechanikai adatok	
Cella típusa	polikristály

Modul dimenziója	2108 X 1048 X 40 mm
Cellák kiosztása	2 X (12 X 6) = 144
Modul tömege	24,9 kg
Elülső borítás	3,2 mm vastag hőkezelt
Keret	Eloxált alumíniumötvözet, megerősített keresztléccel
Kábel	4 mm ²
Kábel hossz	álló helyzetű: 500 mm (+) / 350 mm (-), fektetett helyzetű: 1400 mm, leapfrog csatlakozás: 1670 mm
Csatlakozó típusa	T4 series vagy MC4-EVO2 vagy H4 UTX
Csatlakozó doboz	IP68, 3 db bypass dióda

Hőmérsékleti adatok	
Teljesítmény hőmérsékleti együttható (TPmax)	-0,37 % / °C
Feszültség hőmérsékleti együttható (TUoc)	-0,29 % / °C
Áram hőmérsékleti együttható (TIsc)	0,05 % / °C
Nominális működési hőmérséklet	42 ± 3°C

¹ - Passivated Emitter and Rear Cell vagy Passivated Emitter and Rear Contact, amik szó szerint magyarra fordítva: Passzívált emitter és hátsó cella vagy passzívált emitter és hátsó érintkező

² - Standard Test Conditions, szabványos laborkörülmények között tesztelt értékek. Besugárzás 1000 W/m², légköri besugárzás AM 1.5 és cella hőmérséklet 25°C.

1 - Nominal Module Operating Temperature, Névleges modul működési hőmérséklet. Besugárzás 800 W/m², légköri besugárzás AM 1.5, környezeti hőmérséklet 20°C, széljárás 1m/s.

[12] [13] [41]

6.2 HiKu CS3W-450MS („B” eset)

Az második panel az a HiKu CS3W-450MS.



10.ábra HiKu CS3W-450MS [42]

A panel szintén egy nagy teljesítményű polikristályos PERC¹ modul. A modul teljesítménye 26%-kal nagyobb, mint a hagyományos gyártású paneleké. Két fontosabb tulajdonsága, hogy a teljesítmény hőmérsékleti együtthatója alacsony, $-0.36 \% / ^\circ\text{C}$, a polikristályos esethez választott napelemhez képest nem változik sokat, de a szélsőséges időjárásokra szintén kevésbé érzékenyvé teszi, továbbá a nominális munkaponti hőmérséklete ugyan azon határok között ingadozik, $42 \pm 3 ^\circ\text{C}$. Rendelkezik továbbá egy jobb árnyékolással szembeni tűrőképességgel, így magasabb teljesítmény érhető el felhők, fák vagy egyéb dolgok által a napelemre vetített árnyék esetén. Környezeti tényezőkkel való ellenállása megegyezik a polikristályos választott panellal, hórétegeket (5400Pa), szelekkel (3400Pa). A gyártás közben a lehető legsimább felületet itt is próbálják elérni, így minimalizálva a mikro-repedéseket, amivel a beeső fény a legkedvezőbben érheti a cellákat. A gyártó továbbá garantálja, hogy az első évi teljesítmény degradáció nem több, mint 2%, emellett a későbbi éves

teljesítménycsökkenés nem haladja meg a 0,55%-ot. A garanciája a terméknek minimum 12 évtől (anyagi szintű garancia) 25 évig (teljesítmény garancia) terjed.

[18] [42]

6.2.1 Megfelelt szabványok

MSZ EN ISO 9001:2015 - Minőségirányítási Rendszer (MIR).

MSZ EN ISO 14001:2015 - Környezetközpontú irányítási rendszerek.

MSZ ISO 45001:2018 - A munkahelyi egészségvédelem és biztonság irányítási rendszere. Követelmények alkalmazási útmutatóval.

MSZ EN 61215:2005 - Földfelszíni alkalmazású, kristályos szilícium fotovillamos (PV) modulok. A szerkezeti felépítés minősítése és típusjóváhagyás.

MSZ EN IEC 61730-1:2018 - Fotovillamos (PV-) modulok biztonságtechnikai minősítése. 1. rész: Kialakítási követelmények

MSZ EN IEC 61730-2:2018 - Fotovillamos (PV-) modulok biztonságtechnikai minősítése. 2. rész: Vizsgálati követelmények

[42]

6.2.2 Katalógusból leolvasható fontosabb adatok

2. táblázat Monokristályos napelem főbb adatai [szerző saját szerkesztése [42] alapján]

Villamos adatok (STC ²)	
CS3W	450MS
Maximális teljesítmény (P _{max})	450 W
Munkaponti feszültség (U _{mp})	40,5 V
Munkaponti áram (I _{mp})	11,12 A
Üresjárási feszültség (U _{oc})	48,7 V
Rövidzárási áram (I _{sc})	11,65 A
Hatásfok	20,37 %
Működési hőmérséklet	-40°C ~ +85°C
Maximális DC oldali feszültség	1500V

Villamos adatok (NMOT ³)	
CS3W	450MS
Maximális teljesítmény (P _{max})	335 W
Munkaponti feszültség (U _{mp})	37,7 V
Munkaponti áram (I _{mp})	8,89 A
Üresjárási feszültség (U _{oc})	45,6 V
Rövidzárási áram (I _{sc})	9,40 A

Mechanikai adatok	
Cella típusa	monokristály
Modul dimenziója	2108 X 1048 X 40 mm
Cellák kiosztása	2 X (12 X 6) = 144
Modul tömege	24,9 kg
Elülső borítás	3,2 mm vastag hőkezelt

Keret	Eloxált alumíniumötvözet, megerősített keresztléccel
Kábel	4 mm ²
Kábel hossz	álló helyzetű: 500 mm (+) / 350 mm (-), fektetett helyzetű: 1400 mm, leapfrog csatlakozás: 1670 mm
Csatlakozó típusa	T4 series vagy MC4-EVO2 vagy H4 UTX
Csatlakozó doboz	IP68, 3 db bypass dióda

Hőmérsékleti adatok	
Teljesítmény hőmérsékleti együttható (TPmax)	-0,36 % / °C
Feszültség hőmérsékleti együttható (TUoc)	-0,29 % / °C
Áram hőmérsékleti együttható (TIsc)	0,05 % / °C
Nominális működési hőmérséklet	42 ± 3°C

¹ - Passivated Emitter and Rear Cell vagy Passivated Emitter and Rear Contact, amik szó szerint magyarrá fordítva: Passzívált emitter és hátsó cella vagy passzívált emitter és hátsó érintkező

² - Standard Test Conditions, szabványos laborkörülmények között tesztelt értékek. Besugárzás 1000 W/m², légköri besugárzás AM 1.5 és cella hőmérséklet 25°C.

³ - Nominal Module Operating Temperature, Névleges modul működési hőmérséklet. Besugárzás 800 W/m², légköri besugárzás AM 1.5, környezeti hőmérséklet 20°C, széljárás 1m/s.

[12] [13] [42]

6.3 Inverter

Az inverterek a napelemes rendszereknek az egyik legfontosabb részük. Feladatuk a napelem cellái által előállított villamos energiának számunkra hasznosítható formára konvertálása. A napelemek által előállított feszültség az egyenfeszültség, míg a legtöbb berendezésünk adaptere a 230V feszültség szintű váltakozó 50Hz-es jelet alakítja az eszköznek megfelelően.

Ennek a célnak az eléréséhez az inverter figyeli a hálózatot és annak megfelelően alakítja a kimenetét. Az átalakítást követően a felhasználástól függően lehet az inverterünk hálózatra kapcsolt és sziget üzemű. Sziget üzemű esetén az energiát továbbra is a napelem termeli, de ez az energia akkumulátorban tárolódik és onnan megy tovább az inverterhez. Ezeken továbbá létezik egyfázisú inverter és háromfázisú inverter is, hálózathoz kialakítva. Amennyiben szükséges lehetséges 3 db egyfázisú inverter felhasználása három fázisra háromfázisú inverterként, de ez az opció drágább, mint egy háromfázisú inverter alkalmazása.

Manapság az inverterekben a DC és az AC oldali védelmek többnyire megtalálhatóak, ahogyan létezik transzformátoros és transzformátor nélküli is. A transzformátoros invertereknek a hatásfoka pár százalékkal alacsonyabb, mint a transzformátor nélkülieknek, ez a különbség a transzformátorból ered.

[2]

6.4 FRONIUS SYMO 10.0-3-M

A Fronius 1945-ben alapította, Ausztriában Günter Fronius, akinek a nevét a cég viseli. Először autó akkumulátor töltőket gyártott, majd hegesztő transzformátorokat, később invertereket is. Idővel az egyik legnagyobb névvé vált a szakmában, megbízhatóan választható termékeket gyártanak, amelyet én is választottam inverter képében.

A választott inverter az EON által közzétett alkalmazható inverterek listájáról lett választva, a FRONIUS SYMO 8.2-3-M.



11.ábra FRONIUS SYMO 8.2-3-M [43]

Ez egy háromfázisú inverter, amire azért van szükség, mert a tervezett napelemes rendszer mérete meghaladja a 2,5kW-os értéket, így az Elosztói szabályzatnak megfelelően háromfázisú rendszer csatlakoztatására van szükség.

Az inverter névleges teljesítménye 8,2 kVA, az inverter és a fogyasztásmérő közötti csatlakozás feltétele fázisonként egy minimum 16A értékű kismegszakító, vagy késes olvadóbiztosító. Ezeken kívül rendelkezik két MPPT ponttal.

[9] [14] [15] [19] [43]

6.4.1 Katalógusból leolvasható fontosabb adatok

3. táblázat Inverter főbb adatai [szerző saját szerkesztése [43] alapján]

Bemeneti adatok	
Max. PV generátorteljesítmény (Pdc max)	15,0 kWpeak
Max. bemeneti áram (Idc max 1 / Idc max 2)	27,0 A / 16,5 A ¹
Modulmező max. rövidzárlati áramerőssége (MPP1/MPP2)	40,5 A / 24,8 A
Bemeneti feszültség DC (Udc min - Udc max)	200 - 1000 V
Betáplálási indulófeszültség (Udc start)	200 V
Használható MPP feszültségtartomány	200 - 800 V
MPP-Tracker száma	2
Kimeneti adatok	
Névleges AC teljesítmény (Pac,r)	10.000 W
Max. kimeneti teljesítmény	10.000 VA
AC - kimeneti áram (Iac nom)	14,4 A
Hálózati csatlakozás (feszültségtartomány)	3-NPE 400 V / 230 V vagy 3~NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)
Frekvencia	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Teljesítménytényező (cos φac,r)	0 - 1 ind. / cap.
Általános adatok	
Méretek (Magasság x Szélesség x Mélység)	725 x 510 x 225 mm
Súly	34,8 kg
SIP-védettség	IP 66
Érintésvédelmi osztály	1
Túlfeszültség besorolás (DC / AC)	2 / 3

Éjszakai fogyasztás	< 1 W
Inverter koncepció	Transzformátor nélkül
Hűtés	Szabályozott léghűtés
Környezeti hőmérséklet tartomány	-40 - +60 °C
DC csatlakozás technológia	6x DC+ és 6x DC- sorkapocs 2,5 - 16 mm
AC csatlakozás technológia	5 pólusú AC sorkapocs 2,5 - 16 mm ²
Hatásfok	
Max. hatásfok	98%
Europ. hatásfok (η_{EU})	97,4%
MPP illesztési hatásfok	> 99,9 %
Védelmi eszközök	
DC szigetelésmérés	Igen
Viselkedés túlterheléskor	Munkaponteltolás, teljesítmény korlátozás
DC leválasztó kapcsoló	Igen
Pólusfelcserélés elleni védelem	Igen

1) 14.0 A, ha a feszültség < 420 V

[43]

6.4.2 Megfelelt szabványok

MSZ EN 62109-1:2011 - Fotovillamos (PV) energetikai rendszerek teljesítményátalakítóinak biztonsága. 1. rész: Általános követelmények.

MSZ EN 62116:2014 - Közcélú hálózatra kapcsolt fotovillamos átalakítók. Szigetképződés-gátló intézkedések vizsgálati eljárása.

MSZ EN 61727:1998 - Fotovillamos (PV) rendszerek. A közműinterfész jellemzői

[43]

6.5 Sztring adatok kiszámolása és kiértékelése

A sztring szó a napelemek sorbakapcsolását jelenti. A sztring növelésével, azaz a sorbakapcsolt modulok számával a sztingnek a feszültségét növelhetjük, a modulok feszültségei összeadódnak, áramértéke változatlan, mert ilyenkor a modulokon átfolyó áram értéke megegyező. A sztingek számának növelésével az inverter bemenetére jutó áramerősséget növelhetjük, hiszen ilyenkor az inverter bemenetére jutó áramértékek előjelhelyesen összegződnek, a sztringek közötti párhuzamos kapcsolat miatt a sztringek feszültsége a legnagyobb szting feszültséggel lesz egyenlő.

Röviden: a sztringen belüli napelemes modulok számával az inverter bemenetére eső feszültség állítható, a sztingek számának változtatásával az inverter bemenetéhez folyó áram értéke állítható.

A sztringek várható értékeit fontos kiszámolni, hogy látható legyen, hogy az inverterre csatlakoztatható sztingen belül mennyi az a minimális és maximális napelemes modul darabszám.

[3] [8] [11]

6.5.1 Sztring méretezése az „A” esethez

A számolás során felhasznált adatok:

A Magyarországi hőmérsékleti szélsőértékeket figyelembevéve a méretezés során minimális és maximális hőmérsékletnek a következőket választottam:

$$T_{\min} = -15^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 70^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{STC}} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ku_{oc}} = -0,29 \% / ^{\circ}\text{C}$$

$$U_{oc} = 47,2\text{V}$$

$T_{add} = 35^{\circ}\text{C}$ [a telepítésre választott felületből származó hőmérsékleti korrekciós szám]

A választott modul minimális feszültség értéke:

$$\begin{aligned}
U_{oc_{min}} &= U_{oc} \cdot \left[1 + \left(T_{max} + T_{add} - T_{STC} \right) \cdot \left(\frac{T_{kv_{oc}}}{100} \right) \right] \\
&= 47,2 \text{ V} \cdot \left[1 + \left(70^\circ\text{C} + 35^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} \right) \cdot \left(\frac{-0,29 \text{ \%/}^\circ\text{C}}{100 \text{ \%}} \right) \right] \approx 36,25 \text{ V}
\end{aligned}$$

A sztringnek a minimális hossza:

$$S_{string_{min}} = \frac{Inverter U_{min}}{U_{oc_{min}}} = \frac{200V}{36,25} \approx 5,517 \rightarrow 6 \text{ db}$$

Ugyan ezek az értékek alapján meghatározandó a maximális értékek is:

A választott modul maximális feszültség értéke:

$$\begin{aligned}
U_{oc_{max}} &= U_{oc} \cdot \left[1 + \left(T_{min} - T_{STC} \right) \cdot \left(\frac{T_{kv_{oc}}}{100} \right) \right] \\
&= 47,2 \text{ V} \cdot \left[1 + \left(-15^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} \right) \cdot \left(\frac{-0,29 \text{ \%/}^\circ\text{C}}{100} \right) \right] \approx 41,73 \text{ V}
\end{aligned}$$

A sztringnek a maximális hossza:

$$S_{string_{max}} = \frac{Inverter U_{max}}{U_{oc_{max}}} = \frac{1000 \text{ V}}{41,73 \text{ V}} \approx 24 \rightarrow 24 \text{ db}$$

A kiválasztott telepítendő berendezésekkel a megvalósítás esetén minimum 6 darab panel szükséges és maximum 24 panel telepíthető az inverter gyártó által szolgáltatott katalógus adatai alapján által biztonságosan.

6.5.2 Sztring méretezése az „B” esethez

A számolás során felhasznált adatok:

Az előző számoláshoz hasonlóan itt is a Magyarországi hőmérsékleti szélsőértékeket figyelembevéve lettek megválasztva a méretezés során minimális és maximális hőmérsékletnek:

$$T_{\min} = -15^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 70^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{STC}} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$T_{k_{u_{oc}}} = -0,29 \% / ^{\circ}\text{C}$$

$$U_{oc} = 48,7\text{V}$$

$T_{add} = 35^{\circ}\text{C}$ [a telepítésre választott felületből származó hőmérsékleti korrekciós szám]

A választott modul minimális feszültség értéke:

$$\begin{aligned} U_{oc_{\min}} &= U_{oc} \cdot \left[1 + \left(T_{\max} + T_{add} - T_{\text{STC}} \right) \cdot \left(\frac{T_{k_{u_{oc}}}}{100} \right) \right] \\ &= 48,7\text{V} \cdot \left[1 + \left(70^{\circ}\text{C} + 35^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} \right) \cdot \left(\frac{-0,29 \% / ^{\circ}\text{C}}{100 \%} \right) \right] \approx 37,7 \text{ V} \end{aligned}$$

A sztringnek a minimális hossza:

$$S_{\text{string}_{\min}} = \frac{\text{Inverter} U_{\min}}{U_{oc_{\min}}} = \frac{200 \text{ V}}{37,7 \text{ V}} \approx 5,35 \rightarrow 6 \text{ db}$$

Ugyan ezek az értékek alapján meghatározandó a maximális értékek is:

A választott modul maximális feszültség értéke:

$$U_{oc_{max}} = U_{oc} \cdot \left[1 + \left(T_{min} - T_{STC} \right) \cdot \left(\frac{T_{kv_{oc}}}{100} \right) \right]$$

$$= 48,7V \cdot \left[1 + \left(-15^{\circ}C - 25^{\circ}C \right) \cdot \left(\frac{-0,29 \%/^{\circ}C}{100} \right) \right] = 43,051 V$$

A sztringnek a maximális hossza:

$$Sztring_{max} = \frac{Inverter U_{max}}{U_{oc_{max}}} = \frac{1000V}{43,051 V} \approx 23,228 \rightarrow 23 db$$

A kiválasztott telepítendő berendezésekkel a megvalósítás esetén minimum 6 darab panel szükséges és maximum 23 panel telepíthető az inverter gyártó által szolgáltatott katalógus adatai alapján által biztonságosan.

6.5.3 Sztring adatok ellenőrzése

Fontos ellenőrizni, hogy a sztring vagy sztringek által szolgáltatott értékek megfelelnek-e az inverter bemeneti értékeinek és nem adódik semmiféle probléma, ami miatt nem lenne képes a lehető legjobb hatásfokon működni az inverter.

Az ellenőrzéshez szükséges kiszámolni, hogy mennyi a sztringnek a feszültsége, áramértéke és a csúcs teljesítménye nem haladja meg az inverter maximális bemenetre csatlakoztatható teljesítmény értékét.

DC oldali telepítendő teljesítmények kiértékelése:

Az inverter adatlapján feltüntetett maximális DC oldali teljesítmény:

$$P_{DC_{max}} = 15000Wp$$

Az „A” eset (polikristályos eset) a 3.3-mas fejezetben meghatározott szükséges modulszám alapján:

$$P = \text{modulok száma} \cdot P_{max} = 19 \cdot 400Wp = 7600Wp = 7,60kWp$$

Látható, hogy a telepítendő teljesítmény nem haladja meg az inverter bemeneti teljesítményét.

$$7600Wp < 15000Wp$$

A „B” eset(monokristályos eset) a szintén a 3.3-mas fejezetben meghatározott szükséges modulszám alapján:

$$P = \text{modulok száma} \cdot P_{max} = 17 \cdot 450Wp = 7650Wp = 7,65kWp$$

Ebben az esetben se lépi át a telepítendő panelek teljesítménye az inverter maximális bemeneti teljesítményét.

Sztring feszültségének kiértékelése:

Az inverter adatlapjáról leolvasható, hogy milyen bemeneti feszültség értékek között képes működni:

$$U_{DCmin} = 200 V \quad U_{DCmax} = 1000 V$$

„A” esetben

$$U = \text{modulszám} \cdot U_{oc} = 19 \cdot 47,2 V = 896,8 V$$

$$200 V < 896,8 V < 1000 V$$

A sztring feszültsége nem haladja meg a bemeneti feszültség értékének maximumát, így megfelelő.

„B” esetben

$$U = \text{modulszám} \cdot U_{oc} = 19 \cdot 48,7 V = 827,9 V$$

$$200 V < 827,9 V < 1000 V$$

A sztring feszültsége nem haladja meg a bemeneti feszültség értékének maximumát, így megfelelő ebben az esetben is.

A minimális sztringhossz alapján, ami az 5.5.1 és az 5.5.2-es fejezetben lett meghatározva, mind a kettő esetben 6 modul. a modulok teljesítménye eléri az inverter működéséhez szükséges minimum feszültségszintet.

„A” esetben

$$U_{min} = \text{modulszám}_{min} \cdot U_{oc} = 6 \cdot 47,2 \text{ V} = 283,2 \text{ V}$$

„B” esetben

$$U_{min} = \text{modulszám}_{min} \cdot U_{oc} = 6 \cdot 48,7 \text{ V} = 292,2 \text{ V}$$

Sztring áramának kiértékelése:

Az inverter adatlapjáról leolvasott bemeneti maximális áramértéknek kettő adat is megvan adva, ez azért van, mert az inverter alkalmas kettő MPPT pont kezelésére és az egyik áramérték az egyik MPPT ponthoz tartozik, amíg a másik érték a másik MPPT ponthoz.

$$I_{DC_{max1}} = 27,0 \text{ A} \quad I_{DC_{max2}} = 16,5 \text{ A}$$

„A” esetben

A sztring árama egy sztring esetén a paneleken egyenlő a sorosba kötés miatt.

Egy panelen fellépő maximális áram értéke a rövidzárlati áramával egyenlő:

$$I_{sc} = 10,90 \text{ A}$$

$$10,90 \text{ A} < 16,5 \quad 10,90 \text{ A} < 27,0 \text{ A}$$

A fellépő áram értéke mind a kettő MPPT pont maximális áramánál kevesebb, így megfelelő.

„B” esetben

$$I_{sc} = 11,65 \text{ A}$$

$$11,65 \text{ A} < 16,5 \quad 11,65 \text{ A} < 27,0 \text{ A}$$

Megállapítható, hogy ebben az esetben is a fellépő maximális áram értéke kevesebb a két MPPT maximális áramánál.

MPPT feszültség:

Az inverter adatairól leolvasható, hogy a MPPT kezelés nem a teljes működőképességi tartományban működik. Az MPPT működési tartományán kívülre lépés csökkenti a hatékony működését az inverternek. Célszerű ezért úgy alakítani a bemeneti feszültségek értékét, hogy az MPPT működőképességi tartományban maradjon.

MPPT feszültségtartomány = 200...800 V

A 800V-os maximális értéket mind a kettő eset átlépi. Ez kedvezőtlen a lehető legjobb teljesítmény elérésének szempontjából. Megoldásként nem egy, hanem két sztring kerül alkalmazásra. A két sztring párhuzamosan fognak az inverter nagyobb bemenő áramértékkel rendelkező MPPT pontjára kapcsolódni. Korábban meghatározásra került, hogy a panelek mind a kettő esetben megfelelnek mind a kettő MPPT pont maximális áramának, de párhuzamos kapcsolás miatt az áramértékek összeadódnak. Az inverter két MPPT bemenetét kihasználva mind a kettő bemenetre egy-egy sztring fog kerülni.

„A” esetben

$$I_{sc1} = 10,90 \text{ A} < 27,0 \text{ A}$$

$$I_{sc2} = 10,90 \text{ A} < 14,0 \text{ A}$$

Ebben az esetben az áramértékek megfelelőek két sztring esetén is.

„B” esetben

$$I_{sc1} = 11,65 \text{ A} < 27,0 \text{ A}$$

$$I_{sc2} = 11,65 \text{ A} < 14,0 \text{ A}$$

Ebben az esetben is megfelelőek az áramértékek két sztring esetén.

Sztring feszültségének kiértékelése MPPT figyelembevételével:

Az eddigi sztring megbontása a modulok páratlan darabszámából eredően egyenlőtlen elosztást okoz a két sztring feszültsége között. Ez alapvetően egy probléma

lenne, mert csak azonos villamos jellemzővel rendelkező sztringeket lehet egymással párhuzamosan kapcsolni. A korábban említett két MPPT pont segítségével a két pont képes egymástól függetlenül lekezelni ezt ezzel problémát nem okozva.

„A” esetben

1. sztring 8 darab modullal.

$$U_1 = \text{modulszám} \cdot U_{oc} = 8 \cdot 47,2 \text{ V} = 377,6 \text{ V}$$

2. sztring 11 darab modullal.

$$U_2 = \text{modulszám} \cdot U_{oc} = 11 \cdot 47,2 \text{ V} = 519,2 \text{ V}$$

A két sztring feszültsége meghaladja az inverter minimális feszültség szintjét és a MPPT működési tartományán belül tartózkodik, tehát megfelelő.

„B” esetben

1. sztring 7 darab modullal.

$$U_1 = \text{modulszám} \cdot U_{oc} = 7 \cdot 48,7 \text{ V} = 340,9 \text{ V}$$

2. sztring 10 darab modullal.

$$U_2 = \text{modulszám} \cdot U_{oc} = 10 \cdot 48,7 \text{ V} = 487,0 \text{ V}$$

A két sztring feszültsége meghaladja az inverter minimális feszültség szintjét és a MPPT működési tartományán belül tartózkodik, tehát megfelelő.

Az inverter adatlapján feltüntetésre került egy olyan pont is, hogyha a bemenetre kerülő feszültség kevesebb, mint 420 V, akkor a bemeneti maximális áram értéke 14,0 A lesz. Ez egyik esetben sem okoz problémát, mert az áramértékük nem haladja meg a 14,0 A értéket.

6.6 Védelmek kiválasztása

A napelemes rendszert, mint a többi villamos energiát előállító berendezéseket védelemmel kell ellátni. Ezeknek a védelmi készülékeknek a kiválasztása fokozott odafigyelést igényel. Mind a DC és mind az AC oldalon szükség van védelmi

készülékekre, hogy ezekkel elkerülhető legyen bármiféle kár, legyen az tulajdoni vagy ember.

A készülékek kiválasztásakor fontos a MSZ HD 60364-7-712:2016, figyelembevétele. A szabvány kimond olyanokat, hogy inverter karbantartási szempontokból az AC és DC oldalon is szükséges túlfeszültség levezető beépítése. Galvanikus leválasztás szakaszolókapcsolóval a DC oldalon.

6.6.1 DC oldali védelmi készülékek kiválasztása

Az inverterbe gyárilag beépítésre került egy DC leválasztó kapcsoló, ez az MSZ HD 60364-7-712:2016 alapján megfelel a DC oldali galvanikus leválasztásnak. Az inverter továbbá rendelkezik gyárilag egy DC oldali szigetelésmérő eszközzel, amivel szigetelési hibák megállapíthatóak.

[31] [43]

DC oldali túlfeszültség levezető

A választott készülék az egy Weidmüller túlfeszültség levezető, VPU PV I+II 3 1000 E sorozatszámmal. Maga a készülék széleskörűen választott napelemes rendszerek védelmére, mert kifejezetten PV rendszerekhez tervezték. A szabvány szerint a DC oldali túlfeszültség levezetőnek T1 vagy T2-es típusúnak kell lennie. Ez a készülék T1+T2-es levezetővel rendelkezik. Névleges feszültségértéke 1100 V.



12.ábra Weidmüller DC túlfeszültség levezető [20]

[20]

DC oldali túláram védelem

HMKE napelemes rendszereknél sok esetben előfordulhat olyan, amikor nincsen szükség DC oldali túláram védelemre, hiszen a korábban említett szabvány kimondja, hogy egy PV modulsorból vagy két párhuzamosan kötött PV modulsorból álló PV modulcsoportban nincsen szükség DC oldali túláram védelemre továbbá.

[31]

6.6.2 AC oldali védelmi készülékek kiválasztása

AC oldali leválasztókapcsoló

Korábban említve lett, hogy az MSZ HD 60364-7-712:2016 előírja, hogy az inverter AC és DC oldalán is kell lennie egy leválasztókapcsolónak karbantartási célok miatt. A DC oldalon ezt teljesíti az inverter gyárilag beleépített kapcsoló.

Az AC oldalra választott leválasztókapcsoló az egy Schrack főkapcsoló, 0-1, sorbaépíthető, 4 pólusú, 32A/AC23 12,5kW.



13.ábra AC oldali leválasztókapcsoló [26]

[26] [31]

AC oldali túlfeszültség levezető

A szabvány szerint, ha túlfeszültséglevezető alkalmazására kerül sor és az inverter több, mint 10m-es távolságban helyezkedik el a berendezés táppontjától, akkor szükséges az inverter közelébe is elhelyezni egy túlfeszültség levezetőt. Ez a jelen tervezésnél az inverter és a berendezés táppontja közötti távolság nem haladja meg a 10m-t.

A választott berendezés a DC oldalihoz hasonlóan egy Weidmüller túlfeszültséglevezető, VPU AC I 3+1 300/12.5 típussal.



14.ábra AC oldali túlfeszültséglevezető [21]

[21]

AC oldali túláram védelem

A túláram védelem feladata, hogy védje a hálózatot a megnövekedett áramértékek termikus (lassú folyamatos vagy szakaszos áramnövekedés) és dinamikus (ugrásszerűen megugró hatalmas áramértékek) hatásaitól. A készülék kiválasztásakor figyelembe kell venni az inverter AC oldali kimeneti áram értékét. Továbbá az elosztó által kiadott elfogadott inverterek listáján feltüntetett adatokat.

A választott megszakító Schneider ACTI9 iC60N típusszámú C típusú karakterisztikával rendelkező 16A-es megszakító. Az inverter kimeneti árama 14,4 A, a lakossági elosztó által feltüntetett listán szerepel, hogy az inverter és a mérőóra közé legalább egy 16 A névleges áramértékű megszakítót kell helyezni.



15.ábra Schneider ACTI9 iC60N kismegszakító [27]

AC oldali érintésvédelmi relé (ÁVK)

Az érintésvédelmi relé kiválasztásakor figyelemmel kell lenni arra, hogy olyan esetekben, amikor egyenáramú komponens jelenhet meg az AC oldalon, ott olyan típusú ÁVK legyen kiválasztva, amely képes kezelni ezt és nem fog hibás működést produkálni. Ezért ilyen esetekben, mint most egy B típusú ÁVK kerül kiválasztásra. Alap esetben előfordulhat, hogy ez az inverterben már gyárilag benne van.

A választott érintésvédelmi relé egy Schneider Electric gyártmányú ACTI9 iID típuszámmal rendelkező készülék.



16.ábra Schneider ACTI9 iC60N ÁVK [23]

[21] [22] [23] [26] [27] [31]

6.7 Kábelek választása

Kábelek kiválasztásakor az egyenáramú és a váltóáramú oldalra más-más kábel kerül kiválasztásra. A DC oldalon úgynevezett szolár kábeleket kell alkalmazni. Ezen kábelek úgy lettek kialakítva, hogy a környezeti hatásoknak jobban ellenálljanak az alkalmazási helyen fellépő széleskörű viszonyok miatt. Célszerű még Az alkalmazandó szolár kábelek tulajdonságai:

- UV állóság
- Megerősített, kettős szigetelés
- Széleskörű alkalmazható környezeti tartomány
- Mechanikai szilárdság, időjárás és vegyszer állóság
- Névleges üzemi feszültség: (U_o/U) 600/1000V DC

A feszültségesést mind a két oldalon $\varepsilon \leq 1\%$ -ra kell méretezni.

Továbbá az MSZ HD 60364-7-712:2016 előírja, hogy földzáratok és rövidzáratok minimalizálására törekedve a kábeleket és vezetékeket célszerű úgy kiválasztani, hogy ezek kockázata minimális legyen.

6.7.1 Egyenáramú kábel számításai

Szükséges kábelhossz becsült hossza: 1. sztring esetén $l \approx 15\text{m}$

2. sztring esetén $l \approx 15\text{m}$

Feszültségeség megengedett mértéke: $\varepsilon \leq 1\%$

A réz fajlagos ellenállása $\rho_{\text{réz}} = 0,0178 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

A sztringek feszültsége, az 5.5.3-mas fejezetben számolt értékek alapján:

„A” esetben

$$U_1 = 8 \cdot 47,2 \text{ V} = 377,6 \text{ V}$$

$$U_2 = 11 \cdot 47,2 \text{ V} = 519,2 \text{ V}$$

„B” esetben

$$U_1 = 7 \cdot 48,7 \text{ V} = 340,9 \text{ V}$$

$$U_2 = 10 \cdot 48,7 \text{ V} = 487,0 \text{ V}$$

A kábelek mértékadó feszültségesésének kiszámolásához az egyfázisú váltakozó áramú kábelek, valamint egyfázisú kábeleknél használatos képletet kell alkalmazni.

A” esetben

$$e'_1 = \frac{\varepsilon}{100\%} \cdot \frac{U_1}{2} = \frac{1\%}{100\%} \cdot \frac{377,6 \text{ V}}{2} = 1,888 \text{ V}$$

$$e'_2 = \frac{\varepsilon}{100\%} \cdot \frac{U_2}{2} = \frac{1\%}{100\%} \cdot \frac{519,2 \text{ V}}{2} = 2,596 \text{ V}$$

$$I_{\text{mp}} = 10,34 \text{ A}$$

A keresztmetszetet a kábel méretezési képlettel lehet meghatározni:

$$A_{számolt_1} = \frac{\rho}{e'_1} \cdot l \cdot I_{mp} = \frac{0,0178 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}}{1,888 \text{ V}} \cdot 15 \text{ m} \cdot 10,34 \text{ A} = 1,462 \text{ mm}^2$$

$$A_{számolt_2} = \frac{\rho}{e'_2} \cdot l \cdot I_{mp} = \frac{0,0178 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}}{2,596 \text{ V}} \cdot 15 \text{ m} \cdot 10,34 \text{ A} = 1,063 \text{ mm}^2$$

„B” esetben

$$e'_1 = \frac{\varepsilon}{100\%} \cdot \frac{U_e}{2} = \frac{1\%}{100\%} \cdot \frac{340,9 \text{ V}}{2} = 1,705 \text{ V}$$

$$e'_2 = \frac{\varepsilon}{100\%} \cdot \frac{U_e}{2} = \frac{1\%}{100\%} \cdot \frac{487,0 \text{ V}}{2} = 2,435 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 11,12 \text{ A}$$

$$A_{számolt_1} = \frac{\rho}{e'_1} \cdot l \cdot I_{mp} = \frac{0,0178 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}}{1,705 \text{ V}} \cdot 15 \text{ m} \cdot 11,12 \text{ A} = 1,741 \text{ mm}^2$$

$$A_{számolt_2} = \frac{\rho}{e'_2} \cdot l \cdot I_{mp} = \frac{0,0178 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}}{2,435 \text{ V}} \cdot 15 \text{ m} \cdot 11,12 \text{ A} = 1,219 \text{ mm}^2$$

Az MSZ 2364, illetve az MSZ HD 60364 szabványok alapján a számolt keresztmetszetekhez ki kell választani a legközelebb álló szabványos méretet a kábel terhelhetőségét is figyelembe véve.

Ezek után:

A” esetben

$$A_{szükséges_1} \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{szükséges_2} \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

„B” esetben

$$A_{szükséges_1} \geq 2,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{szükséges_2} \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

Mivel a panelekre gyárilag már felszerelt kábelek keresztmetszete 4 mm^2 és a kereskedelemben kapható legkisebb keresztmetszetű szolár kábel $2,5 \text{ mm}^2$, így ehhez igazodva kerül sor a kábel kiválasztására mindegyik esetben sztringtől függetlenül.

A választott kábel típusa a H1Z2Z2-K 1 erű 4 mm^2 keresztmetszetű szolárkábel.

Ellenőrzésképpen meghatározandó az új keresztmetszettel a mértékadó, majd a százalékos feszültségesés értéket.

A” esetben

$$e' = \frac{\rho \cdot I_{mp} \cdot l}{A} = \frac{0,0178 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 10,34 \text{ A} \cdot 15 \text{ m}}{4 \text{ mm}^2} = 0,690 \text{ V}$$

Egyfázisú vezetéken és egyenáramon a vezeték odavezetését és a visszavezetését megegyezőnek feltételezve a feszültségesés megegyezik a mértékadó feszültségesés kétszeresével.

$$\varepsilon_1 = \frac{2 \cdot e'}{U_1} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 0,690 \text{ V}}{377,6 \text{ V}} \cdot 100\% = 0,365 \%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{2 \cdot e'}{U_2} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 0,690 \text{ V}}{519,2 \text{ V}} \cdot 100\% = 0,245 \%$$

A 4 mm^2 keresztmetszetű kábel esetén a feszültségesés mind a két sztringre kiszámolva a tűréshatárt nem lépik át.

„B” esetben

$$e' = \frac{\rho \cdot I_{mp} \cdot l}{A} = \frac{0,0178 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 11,12 \text{ A} \cdot 15 \text{ m}}{4 \text{ mm}^2} = 0,690 \text{ V}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{2 \cdot e'}{U_1} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 0,690 \text{ V}}{340,9 \text{ V}} \cdot 100\% = 0,404 \%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{2 \cdot e'}{U_2} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 0,690 \text{ V}}{487,0 \text{ V}} \cdot 100\% = 0,283\%$$

A 4 mm^2 keresztmetszetű kábel esetén a feszültségesés mind a két sztringre kiszámolva a tűréshatárt nem lépik át.

A kábelekhez választott, panelek csatlakozópontjainak megfelelő MC4 csatlakozókat választok.

[24] [25] [28] [31] [37]

6.7.2 Váltóáramú kábel választás

Ezen a szakaszon, célszerű az invertert minél közelebb elhelyezni a mérőórához, így minimalizálva a feszültségesést a szakaszon. Előreláthatólag a távolság a kettő között 1 és 5 méter között lesz majd, így a számolás során ez az adat lesz felhasználva.

Ezen a részen a számolási adatok a napelemek típusától függetlenek, így az „A” és a „B” eset számításai közösen.

Inverter és a mérőóra közötti távolság: $l=5$

Feszültségeség megengedett mértéke: $\varepsilon \leq 1\%$

A réz fajlagos ellenállása $\rho_{\text{réz}} = 0,0178 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

$$U_f = 400\text{V}$$

A tervezett rendszer egy háromfázisú rendszer, így egy 5 eres (3F+N+PE) kábel kerül kiválasztásra majd a számolt adatok alapján.

Az 5.6.1-es fejezetben egy 16A értékű kismegszakító lett kiválasztva, így az előfordulható maximális áramérték: $I = 16 \text{ A}$

$$e' = 0,75 \cdot \frac{\varepsilon}{100\%} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} = 0,75 \cdot \frac{1\%}{100\%} \cdot \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 1,731 \text{ V}$$

$$A_{\text{számolt}} = \frac{\rho}{e'} \cdot l \cdot I = \frac{0,0178 \Omega\text{mm}^2/\text{m}}{1,731 \text{ V}} \cdot 5 \text{ m} \cdot 16 \text{ A} = 0,827 \text{ mm}^2$$

Az 5.7.1-es fejezethez hasonlóan itt is a szabványos keresztmetszetű kábel keresztmetszetek és áramterhelhetőségeik alapján itt is egy szabványos keresztmetszet kerül kiválasztásra.

A táblázat alapján a $2,5 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kábel megfelelő, így ilyen keresztmetszetű kábelt fogok kiválasztani.

A választott kábel H05VV-F típusú 5x2,5 mm² keresztmetszetű sodrott rézkábel, PVC szigeteléssel.

Ellenőrzésképpen meghatározom itt is az új keresztmetszettel a mértékadó, majd a százalékos feszültségesés értéket.

$$e' = \frac{\rho \cdot I \cdot l}{A} = \frac{0,0178 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 16 \text{ A} \cdot 5 \text{ m}}{4 \text{ mm}^2} = 0,356 \text{ V}$$

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{3} \cdot e'}{0,75 \cdot U_n} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,356 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100\% = 0,154 \%$$

A feszültségesés százalékos értéke megfelelő, a megengedett értéknél kevesebb.

[29]

6.7.3 EPH kábel választás

EPH rendszerre azért van szükség, hogy az inverter szigetelésellenőrző készüléke megfelelően tudjon működni. A napelempanelék fémes keretét szokták csatlakoztatni, de mivel a tartószerkezettel fémes kontaktust alkot rögzítés során a keret, így egyszerűbb, ha a tartószerkezet kerül bekötésre, így fémes kontaktust létrehozva a helyi földeléssel. Az MSZ HD 60364-7-712:2016 előírja, hogy az összekötés az inverter egyenáramú oldalán egy csomópontban kell létrehozni, továbbá az inverter egyenáramú csatlakozás és a leválasztókapcsoló között legyen. A minimális keresztmetszetet pedig 4mm². A tervezéshez én 6mm² keresztmetszetű kábelt választok, mert a szabvány régebbi kiadásainál ez a minimális keresztmetszet.

A választott kábel típusa a H07V-K 6mm² keresztmetszetű sodrott rézkábel, zöld-sárga PVC szigeteléssel.

[30] [31]

6.8 Rögzítés

A modulok rögzítése a tetővel párhuzamosan kerül sorra. A 2.2-es fejezetben bemutatott tulajdonság alapján a tartószerkezet kiválasztása ferde cseréptetőre készült, déli tájolású $\sim 43^\circ$ -os tetőre. A választott elemek a K2 systems által gyártott teljes egészében, így az elemek kompatibilisek egymással. Ez áll cserépkampókból, amiket a tető szerkezetét képző ellenlécekhez kerülnek rögzítésre. A tetőkampókhoz csatlakozik majd a szerelősín, a panelek ezen lesznek elhelyezve és rögzítésükre a széleken végelzáró elem, a modulok között pedig köztes elemek végzik. A tartószerkezet kialakításánál fontos szempont még, hogy a szerkezet elősegítse a biztonságos karbantartás és szervízmunka végzését, kellőképpen megközelíthető legyen az MSZ HD 60364-7-712:2016 alapján.

[32]

6.9 Villámvédelem

Az épületre villámvédelem nem került kiépítve. Az OTSZ 54/2014. BM (XII. 5.) alapján nem kötelező villámvédelmet kialakítani olyan családi házakra, melyek gerincmagassága kevesebb, mint 10 m, egy lakóegységet vagy egymás mellett elhelyezkedő lakóegységet tartalmazó épületben.

Általánosságban villámvédelmek kialakításánál szükséges az MSZ EN 62305-2 alapján kockázatelemzést végezni.

[31]

7 ÖSSZEHAISONLÍTÁS

7.1 Rendszer hozama

A megtérülés kiszámításához szükség van a rendszer által termelt villamos energia hozamára. Ennek a kiszámolásánál a korábban ismertetett PVGIS programot használok. A programba táplált adatok megegyeznek a 3.3.-es fejezetben használtakkal, annyi különbséggel, hogy a telepített teljesítmény lesz más és a monokristályos panelek számolásánál a veszteség nem az átlagos 14% lesz, hanem mivel a választott panelek között ~2%-os eltérés van hatásfok szempontjából, így 12% veszteséggel lesz számolva.

Dőlésszög = 43,437°

Azimut = 0°

Telepített teljesítmény(A) = 7,6kWp

Veszteség(A) = 14%

Telepített teljesítmény(B) = 7,65kWp

Veszteség(B) = 12%

A program által számított értékek és a 2.1-es fejezetben leírt 9000kWh-os éves fogyasztáshoz számítva a különbségek:

4.táblázat Hozam összehasonlítás [szerző saját szerkesztése]

	„A” eset	„B” eset
Éves hozam [kWh]	9156,48	9431,06
Különbség az éves fogyasztáshoz viszonyítva [kWh]	156,48	431,06

A táblázatból kiolvasható, hogy az „A” esetben 156,48 kWh, „B” esetben pedig 431,06 kWh többlettermelésre lehet számítani.

7.2 Beruházott összeg megtérülése

A polikristályos napelemek ára 0,9\$...1\$/Wp tartományban mozog. Ez a 7600Wp-os rendszerre számolva 1\$/Wp értékkel 7600 \$. Forintra átszámolva 360 Ft = 1\$ átváltással = 2.736.000 Ft

A monokristályos napelemek ára 1\$...1,5\$/Wp tartományban mozog. Ez a 7650Wp-os rendszerre számolva 1,5\$/Wp értékkel 11475 \$. Forintra átszámolva 360 Ft = 1\$ átváltással = 4.131.000 Ft

A többi elem értéke (inverter, DC és AC oldali elemek, kábelezés stb) durván 1.300.000 Ft.

Beruházási összeg „A” esetben: 4.036.000 Ft

Beruházási összeg „B” esetben: 5.431.000 Ft

A1-es kategóriájú bruttó áramdíj: 35,30 Ft/kWh

Az „A” eset éves hozama 9156,48 kWh

A „B” eset éves hozama 9431,06 kWh

Az éves hozam és a bruttó áramdíj összeszorzásával kiszámítható a megtakarítás összege.

$$\text{Megtakarítás(A)} = 9156,48 \text{ kWh/év} \cdot 35,3 \text{ Ft/év} = 323.224 \text{ Ft/év}$$

$$\text{Megtakarítás(B)} = 9431,06 \text{ kWh/év} \cdot 35,3 \text{ Ft/év} = 332.917 \text{ Ft/év}$$

Ezt elvégezve az „A” esetben 323.224 Ft/év, a „B” esetben pedig 332.917 Ft/év a megtakarítás.

A megtérülési idő pedig a beruházási összeg és a megtakarítás hányadosa.

$$\text{Megtérülési idő(A)} = \frac{4.036.000 \text{ Ft}}{323.224 \text{ Ft/év}} \approx 12,5 \text{ év}$$

$$\text{Megtérülési idő(B)} = \frac{5.431.000 \text{ Ft}}{332.917 \text{ Ft/év}} \approx 16,31 \text{ év}$$

Az „A” eset rendszere a 12,5 év megtérülési ideje alatt 4.040.300 Ft megtakarítást hozna, a „B” eset rendszere pedig a 16,77 év megtérülési ideje alatt 5.432.088 Ft összeget takarítana meg. A megtérülési idő állami támogatással akár 50%-al rövidebb lehet.

[38]

7.3 Ökológiai lábnyom

A Magyar Napelem Napkollektor Szövetség 2013-mas adatai alapján 1kW villamos energia megtermeléséhez 0,35 kg széndioxid kibocsátással jár Magyarországon.

$$CO^2 \text{ kibocsátás csökkenése}(A) = 9156,48 \text{ kWh/év} \cdot 0,35\text{kg} \approx 3,2 \text{ t}$$

$$CO^2 \text{ kibocsátás csökkenése}(B) = 9431,06 \text{ kWh/év} \cdot 0,35\text{kg} \approx 3,2 \text{ t}$$

Ezzel az adattal számolva az „A” esetben a CO² kibocsátás 3,2t-val csökken, „B” esetben pedig 3,3t a CO² kibocsátás csökkenése.

[39]

7.4 A polikristályos és a monokristályos eset összehasonlítása.

A tervezési folyamat befejezéséhez fontos a megfelelő napelem típust kiválasztani gazdasági szempont ár-érték és villamos paramétereik alapján. A döntésemet leginkább a gazdasági oldal befolyásolta, mely a következő táblázat megtekintése után nyilvánvalóvá válik.

5.táblázat A két eset összehasonlítása [szerző saját szerkesztése[41]][42] alapján]

Szemponatok	HiKu CS3W-400p	HiKu CS3W-450MS	Különbség
Cellák típusa	Polikristály	Monokristály	
Hatásfok	18,11%	20,37%	2,26%
Maximális teljesítmény (Pmax)	400 W	450 W	50 W
Munkaponti feszültség (Ump)	38,7 V	40,5 V	1,8 V
Munkaponti áram (Imp)	10.34 A	11,12 A	0,78 A
Maximális DC oldali feszültség	1500V	1500V	0 V
Modul dimenziója	2108 X 1048 X 40 mm	2108 X 1048 X 40 mm	Megegyeznek
Modul tömege	24,9 kg	24,9 kg	Megegyeznek
Teljesítmény hőmérsékleti együttható (TPmax)	-0,37 % / °C	-0,36 % / °C	0,01% / °C
Feszültség hőmérsékleti együttható (TUoc)	-0,29 % / °C	-0,29 % / °C	Megegyeznek
Áram hőmérsékleti együttható (TIsc)	0.05 % / °C	0,05 % / °C	Megegyeznek
Nominális működési hőmérséklet	42 ± 3°C	42 ± 3°C	Megegyeznek
Darabszám	19 db	17 db	2 db
Ár/darab	144.000 Ft/db	243.000 Ft/db	99.000 Ft/db

A táblázat alapján kiértékelhető, hogy a választott polikristályos napelem már majdnem megegyező tulajdonságokkal rendelkezik, mint a monokristályos napelem. Így a legbefolyásosabb tényező, ahogyan említve lett az a panel ára. A két panel kiválasztásánál ugyan azon gyártó kínálatán belül választottam hasonló teljesítményű modulokat, hogy ezek alapján a differencia lesz látható. Ekkora teljesítmények esetén a polikristályos napelem jobb választásnak bizonyul a kitűzött szempontokhoz viszonyítva. A számolások során is látszódott, hogy hiába voltak különbségek, a szabványos méretek és kerekítések miatt ez elenyésző volt.

Nagyobb teljesítményű rendszerek esetén, vagy limitáltabb felület esetén a monokristályos minden bizonnyal jobb választás lehet, hiszen ilyen paneltípusból a legnagyobb teljesítményű jóval magasabb, mint a polikristály esetén, így kisebb helyre több teljesítmény telepíthető, nagy területek esetén pedig a lehetséges maximális telepíthető teljesítmény számottevően több.

8 ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatom elsődleges célja egy valós épület villamos energiaszükségleteinek ellátására alkalmas háztartási méretű napelemes kiserőmű megtervezése.

Ezen feladat elvégzése során bemutattam egyszerűen és röviden fotovoltaikus rendszerek működését, a napelem segítségével kialakítható villamos energiát szolgáltató rendszereket előnyeikkel és hátrányaikkal, ezek elszámolása a villamos energia szolgáltató felé kétfajta módon, bemutatva eltéréseiket. Ezeken kívül hasonlóképpen bemutattam az elterjedtebb napelemes típusokat szintén előnyeikkel és hátrányaikkal.

Mivel a tervezéshez választott terület egy valós helyszín, így a helyszín által nyújtott fizikai tulajdonságait is leírtam, majd a magyarországi éghajlati viszonyok alapján ideális tulajdonságokhoz viszonyítottam.

A tervezés során kiválasztottam két különböző gyártási módon elkészült napelemes panelt és bemutattam ezeket. A két különféle panelt különböző megvalósítási esetekként kezelve meghatároztam, hogy a rendszereknek milyen további berendezésekre és védelmi készülékekre van szüksége. Elemeztem a választott inverter bemutatása után a ki- és bemeneti adatai alapján, hogy a választott panelekkel az ideális sztring kialakítás milyen lenne. A számítások és kiértékelések után a rendelkezésre álló adatokat felhasználva elkészítettem a tervezett rendszer egyvonalas rajzát. A szakdolgozat végén a két külön rendszerhez tartozóan meghatároztam, hogy gazdaságilag mekkora a létesítéshez a szükséges tőke, éves szintű megtakarítás és a teljeskörű megtérülési idő. Továbbá összehasonlítottam a két különböző gyártású panelt és a velük létrehozott rendszereket a főbb szempontok alapján és meghatároztam, hogy jelen esetben melyik a jobb választás és milyen más esetben kedvezőbb választás a másik típus.

Véleményem szerint a megújuló energiák területén a fotovoltaikus gyártástechnológiai fejlődéseknek köszönhetően a napelemes rendszerek magasabb hatásfokon és nagyobb felhasználói rétegen lesznek elérhetőek a szolár energia elérhetőségének köszönhetően.

9 SUMMARY

The primary goal of my dissertation is to design a household-sized solar power plant suitable for the supplyment of the electricity needs of a building.

In the course of this task, I presented the operation of photovoltaic systems in a simple and short way, the systems providing electricity by the usage of a solar cell with their advantages and disadvantages, and their accounting to the electricity provider in both ways, showing their differences. In addition to these, I have similarly presented the most common solar cell types also with their advantages and disadvantages.

As the area chosen for the planning is a real location, I also described the physical properties provided by the location, and then compared it to the ideal properties based on the climatic conditions in Hungary.

During the planning phase, I selected two solar panels made in different production ways and presented them. By treating the two different panels as different implementations, I determined what additional equipment and protection devices the systems needs. After presenting the selected inverter, I analyzed the ideal string design with the selected panels based on the output and input data of the inverter. After the calculations and evaluations, I made a one-line drawing of the planned system using the calculated datas. At the end of the dissertation, I determined the economic assets required for the establishment, the annual savings and the total pay-off period for the two separate systems. Furthermore, I compared the two differently manufactured panels and the systems created with them based on the main aspects and determined which is the better choice in the present case and what is the more favorable choice in the other cases.

In my opinion, due to the development of photovoltaic production technologies in the field of renewable energies, solar systems will be available at a higher efficiency and with a larger user base due to their availability of solar power.

10 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Napelem inverter. <https://napelemrendszer.info/napelem-inverter.html>
[megtekintve: 2022.04.20.]
- [2] Napelem inverter. Milyet válasszak?. <https://solar-kit.hu/inverter-meretezes-bovithetoseg> [megtekintve: 2022.04.20.]
- [3] Megújuló energiatermelő rendszerek, Napelemes erőművek. https://www.e-villamos.hu/files/cikk4924_MMK_ELT_FAP_5_1_2014_MEGUJULO_ENERGIA_N_APELEMES_RENDSZEREK.PDF?fbclid=IwAR0qsR2mKTA-AacRzx9FUdltc-77ul3tC52>Ifw0vdW45HjOFGou2jP6xLo [megtekintve: 2022.05.10.]
- [4] Szaldó elszámolás a gyakorlatban. https://www.eu-solar.hu/blog/szaldo-elszamolas-a-gyakorlatban/?fbclid=IwAR1N5zofaL3A8ukR5Jf-gCUi9_YcH61ACEIptC3V3QJ8el3PzBO_sIjXiE [megtekintve: 2022.04.20.]
- [5] Szigetüzemű napelemes rendszerek. <https://www.eu-solar.hu/blog/szigetuzemu-napelemes-rendszerek-i-resz/> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [6] Szigetüzemű napelemes rendszerek. <http://www.naplopo.hu/miert-napenergia/alkalmazasi-terueletek/napelemes-rendszerek/255-szigetuezemu-napelemes-rendszerek> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [7] Napelemes rendszer típusok működés szerint. <https://wagnersolar.hu/napelemes-rendszer-tipusok-mukodes-szerint/> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [8] Solar Inverter String tervezési számítások. <https://www.renacpower.com/hu/application/solar-inverter-string-design-calculations/>
[megtekintve: 2022.05.06.]
- [9] Sikertörténet: 75 évnyi innovációs szellem. <https://www.fronius.com/hu-hu/hungary/a-fronius-vallalatrol/tortenet> [megtekintve: 2022.05.05.]
- [10] Egyetemes szolgáltatói árak. <https://www.eon.hu/hu/lakossagi/aram/egyetemes-szolgáltatoi-arak.html> [megtekintve: 2022.05.08.]
- [11] How to Calculate PV String Size. <https://www.mayfield.energy/blog/pv-string-size> [megtekintve: 2022.05.06.]

- [12] Napelem PERC technológia. <https://www.tisztaenergiak.hu/napelem-perc-technologia/> [megtekintve: 2022.05.10.]
- [13] PERC cell technology explained. <https://www.aleo-solar.com/perc-cell-technology-explained/> [megtekintve: 2022.05.10.]
- [14] Alkalmazható inverterek listája. <https://www.eon.hu/content/dam/eon/eon-hungary/documents/hmke/nyomtatvanyok/alkalmazhato-inverterek-listaja.pdf> [megtekintve: 2022.05.06.]
- [15] Fronius Symo 10.0-3-M. https://www.naploposhop.hu/fronius_symo_100_3_m_872 [megtekintve: 2022.05.09.]
- [16] Our history. <https://www.canadiansolar.com/aboutus/> [megtekintve: 2022.05.06.]
- [17] Canadian Solar HiKu CS3W-400P. <https://www.batna24.com/en/p/canadian-solar-hiku-cs3w400p-solar-panel-rmnhj> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [18] CanadianSolar HiKu CS3W-450MS. <https://suministrosdelsol.com/en/photovoltaic-panels/1014-canadiansolar-hiku-cs3w-450ms-450w-solar-module.html> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [19] Napelem rendszer csak 3 fázison létesíthető 2021. április 30-tól. <https://nvsolar.hu/elosztói-szabalyzat-valtozas/> [megtekintve: 2022.05.06.]
- [20] Weidmüller túlfeszültség levezető - VPU PV I+II 3 1000 E. <https://ledlampahaz.hu/Weidmuller-Tulfeszultseg-levezeto-VPU-PV-I-II-3-1> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [22] Weidmüller túlfeszültség levezető - VPU AC I 3+1 300/12.5. <https://ledlampahaz.hu/Weidmuller-Tulfeszultseg-levezeto-VPU-AC-I-3-1-30> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [23] Schneider Fi relé, B-SI osztály, napelemes rendszerekhez, 4P, 25A, 30mA, ACTI9 IID. <https://www.16amper.hu/energiaelosztas/fi-rele/fi-rele-b-osztaly-napelemes-rendszerekhez/schneider-fi-rele-b-si-osztaly-napelemes-rendszerekhez-4p-25a-30ma-acti9-iid-31031> [megtekintve: 2022.05.09.]

- [24] Szolár kábel (H1Z2Z2-K) 1x4 piros. <https://elektrikstore.hu/Szolar-kabel-H1Z2Z2-K-1-x-4-piros-sodrott-onozott-rez-UV-allo-kulteri-halogenmentes-s>
[megtekintve: 2022.05.09.]
- [25] Szolár kábel (H1Z2Z2-K) 1x4 fekete. <https://elektrikstore.hu/Szolar-kabel-H1Z2Z2-K-1-x-4-fekete-sodrott-onozott-rez-UV-allo-kulteri-halogenmentes->
[megtekintve: 2022.05.09.]
- [26] Főkapcsoló, 0-1, sorbaépíthető, 4 pólusú, 32A/AC23 12,5kW. <https://www.schrack.hu/shop/fokapcsolo-0-1-sorbaepitheto-4-polusu-32a-ac23-12-5kw-in8r1424.html> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [27] Schneider ACTI9 iC60H kismegszakító, 3P, C, 16A. <https://www.se.com/hu/hu/product/A9F04316/acti9-ic60n-kismegszak%C3%ADt%C3%B3-3p-c-16a/> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [28] Megengedett kábel terhelés. <https://www.novill.hu/images/stories/novill%20villanyszerelés%20a%20tablázat.jpg>
[megtekintve: 2022.05.06.]
- [29] MT (H05VV-F) 5x2,5mm² <https://elektrikstore.hu/MT-H05VV-F-5x2-5-mm2-100-fm-kiszerelés-fehér-sodrott-rez-PVC-szigetelesu-300-500V-kab>
- [30] H07V-K 6 mm² zöld/sárga MKH vezeték 450/750V. https://elektroprofishop.hu/H07VK-6ZoLDSaRGA-MKH-6-ZS-Mkh-6-mm2-zs-vezeték-450750V?gclid=Cj0KCQjwyMiTBhDKARIsAAJ-9Vs1J2HftEGpdH8fKGprlMY1wHNyVyK191JRtSfFrrNgJiTuYyJeRblaAvlHEALw_wcB [megtekintve: 2022.05.09.]
- [31] MSZ HD 60364-7-712:2016 [megtekintve: 2022.05.06.]
- [32] Napelemes tartószerkezet ferde tetőre - <https://solarity.hu/blog/napelemes-tartoszerkezet-ferde-tetore/> [megtekintve: 2022.05.07.]
- [33] Perovskite Solar Cells. <https://www.energy.gov/eere/solar/perovskite-solar-cells>
[megtekintve: 2022.05.09.]
- [34] Dr. Kádár Péter-Különleges energiaforrások [megtekintve: 2022.05.09.]

- [35] Hibrid napelem működése. <https://innovativnapelem.hu/hibrid-napelem.html>
[megtekintve: 2022.05.09.]
- [36] Napelem típusok: melyiket válasszam?
<https://www.eon.hu/hu/blog/napenergia/napelem-tipusok-melyiket-valasszam.html>
[megtekintve: 2022.04.20.]
- [37] MC4 csatlakozó készlet 3.0-6.0 átmérő -
https://www.napelemmarket.hu/mc4_csatlakozo_szett [megtekintve: 2022.05.09.]
- [38] Monocrystalline solar panels vs. polycrystalline solar panels: Find out which ones are right for you - <https://www.cnet.com/home/energy-and-utilities/monocrystalline-solar-panels-vs-polycrystalline-solar-panels-find-out-which-ones-are-right-for-you/>
[megtekintve: 2022.05.09.]
- [39] Széndioxid kibocsátás <https://www.mnnsz.hu/1kwh-villamos-energia-05-kg-szendioxid-kibocsatas/> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [40] Sumicz Árpád – Villanyszerelő mestervizsgára felkészítő oktatási jegyzet
[megtekintve: 2022.05.09.]
- [41] Sunshine duration - https://datavizproject.com/data-type/isoline-map/europe_sunshine_hours_map/ [megtekintve: 2022.05.09.]
- [41] CS3W-400p datasheet - <https://www.solarpartnersnz.nz/wp-content/uploads/2019/12/CS3W-400P.pdf> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [42] CS3W-450MS datasheet -
<https://drive.google.com/file/d/1hoC6UIEHfbcXdPFLAoQfCpmLbGiPKHVY/view>
[megtekintve: 2022.05.09.]
- [43] Fronius SYMO 10.0.3-M datasheet <https://solar-pecs.hu/wp-content/uploads/2015/10/Fronius-Symo-adatlap.pdf> [megtekintve: 2022.05.09.]
- [44] ABX3 kristályszerkezet - https://www.researchgate.net/figure/1-Ideal-perovskite-cubic-structure-ABX-3-Ref-2_fig12_329413496 [megtekintve: 2022.05.09.]

11 ÁBRAJEGYZÉK

- 1.ábra Sziget üzemű rendszer [3]
- 2.ábra Hálózatra kapcsolt rendszer [3]
- 3.ábra Vegyes üzemű rendszer [3]
- 4.ábra Sziget üzemű rendszer [szerkesztő által készítve]
- 5.ábra Tető [szerkesztő által készítve]
- 6.ábra EU éves napfénybesugárzás [41]
- 7.ábra ABX3 kristályszerkezet [44]
- 8.ábra Perovszkit cellák [33]
- 9.ábra HiKu CS3W-400p [41]
- 10.ábra HiKu CS3W-450MS [42]
- 11.ábra FRONIUS SYMO 8.2-3-M [43]
- 12.ábra Weidmüller DC túlfeszültség levezető [20]
- 13.ábra AC oldali leválasztókapcsoló [26]
- 14.ábra AC oldali túlfeszültséglevezető [21]]
- 15.ábra Schneider ACTI9 iC60N kismegszakító [27]
- 16.ábra Schneider ACTI9 iC60N ÁVK [23]

12 TÁBLÁZAT JEGYZÉK

1. táblázat Polikristályos napelem főbb adatai [szerző saját szerkesztése [41] alapján]
2. táblázat Monokristályos napelem főbb adatai [szerző saját szerkesztése [42] alapján]
3. táblázat Inverter főbb adatai [szerző saját szerkesztése [43] alapján]
4. táblázat Hozam összehasonlítás [szerző saját szerkesztése]
5. táblázat A két eset összehasonlítása [szerző saját szerkesztése[41][42] alapján]

13 MELLÉKLETEK

1. Egyvonalas rajz
2. PVGIS 1kWp rendszer
3. PVGIS polikristályos eset
4. PVGIS monokristályos eset
5. HiKu CS3W-400p
6. HiKu CS3W-450MS
7. FRONIUS SYMO 8.2-3-M
8. Weidmüller DC túlfeszültség levezető
9. Weidmüller AC túlfeszültség levezető
10. Schneider ACTI9 iC60N kismegszakító
11. Schneider ACTI9 iC60N ÁVK
12. Alkalmazható inverterek listája
13. Megengedett kábelterhelés