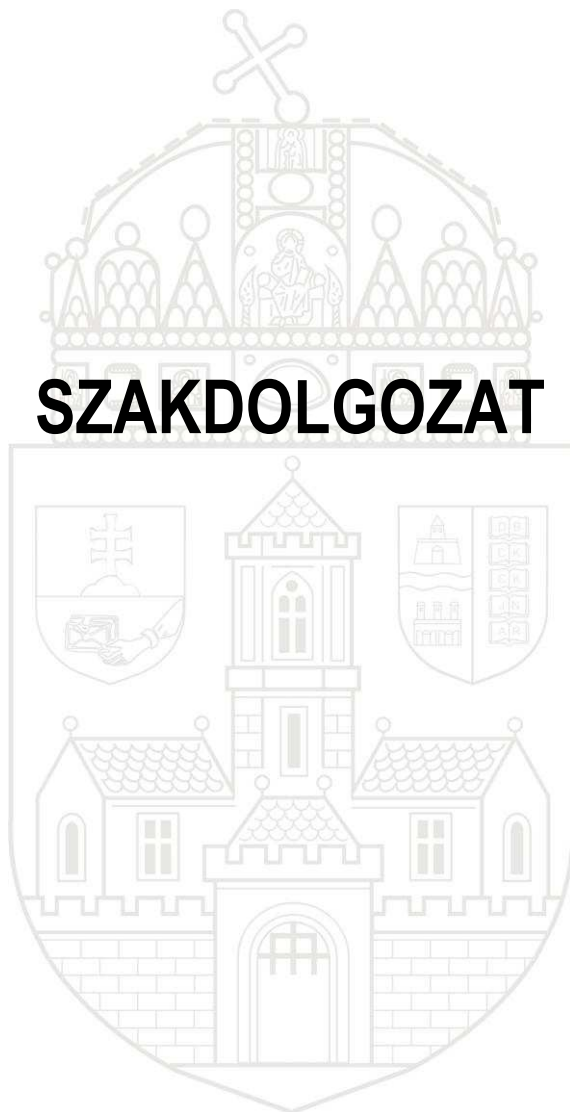




SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve: Toloczko Máté

2021.

Hallgató törzskönyvi száma: T006931/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport: Energetika informatika modul



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Toloczko Máté

Szaktervezési száma: SZD21090213455956

Törzskönyvi száma: T006931/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven) (Budapest)

Specializáció: Energetikai informatika modul
Villamosenergetika specializáció

A dolgozat címe: Családi ház villamosenergia-szükségletének kiváltása napelemekkel

A dolgozat címe angolul: Securing the power needs of a family house with solar panels

A feladat részletezése: 1. Alkalmazható technológiai fejlesztések áttekintése

2. Az épület villamosenergia-szükségletének meghatározása

3. Villamos hálózatra csatlakozás

4. Napelemes rendszer tervezése (villamos rajz)

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szaktervezés: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 09.

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, 2021. 12.06.

Kandó Kálmán

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	1
Bevezetés.....	2
1. Napelem telepítéshez szükséges alapok.....	4
1.1 Rendszer-engedélyeztetési folyamat.....	5
2. Háztartás méretű kiserőmű tervezése.....	8
2.1 Épület fogyasztásának becslése fogyasztók alapján	8
2.1.1 Első számú áramkör fogyasztói.....	12
2.1.2 Második számú áramkör fogyasztói.....	13
2.1.3 Harmadik hálózati kör kialakítása.....	14
2.2 Épület fogyasztása elszámolás alapján.....	15
3. Tervezéshez szükséges információk	16
3.1 Rendelkezésre álló felület felmérése.....	16
3.2 Inverter elhelyezési lehetőségek	16
4. Rendszertervezés.....	17
4.1 Szükséges napelem teljesítmény meghatározása	17
4.2 Szükséges napelem mennyiség meghatározása	21
4.3 Tartószerkezet tervezése	24
4.4 Inverter kiválasztása.....	25
4.5 HMKE rendszer tervezett védelmei	29
4.5.1 Inverter belső védelmei	29
4.5.2 Villám-, túlfeszültség-védelem	29
4.5.3 Tűzeseti leválasztás	30
4.5.4 DC-oldali hibavédelem.....	31
4.5.5 Áramütés elleni védelem	31
4.5.6 AC-oldali túláramvédelem	31
4.5.7 AC-oldali leválasztó kapcsoló.....	32
4.6 Rendszerhez szükséges villamos kábelek méretezése	32
4.6.1 Egyenfeszültségű kábelek	32
4.6.2 Váltakozó áramú kábelek	34
4.6.3 Földelőberendezések és védővezetők.....	36
4.7 PV rendszer hálózati felépítése	37
5. Megtérülés.....	40
Összefoglalás.....	42
Summary	43
Irodalomjegyzék.....	44
Ábrajegyzék	47
Táblázatjegyzék.....	48
Mellékletek.....	49

Bevezetés

A XXI. század egyik legnagyobb kihívása a növekvő energiaigény kielégítése költséghatékonyan, ugyanakkor amennyire csak lehet a környezet és a természet óvásával. Ennek az iránynak köszönhetően a már bevált energiatermelő létesítmények mellett, mint a szénerőművek, gázerőművek, atomerőművek, egyre nagyobb részt vállalnak a megújuló energiát felhasználó létesítmények. A szélenergia, vízenergia, geotermikus energia, valamint az egyik legelterjedtebb villamos energia fejlesztésére szolgáló technológia a naperőművek alkalmazása. A napelem (PhotoVoltaic - PV) rendszerek terjedése a Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) statisztikáiban is jól látható, hiszen a 2010-es 32,038 TWh-ás termeléssel szemben a 2018-as évben már 554,382 TWh-nyi energia került felhasználásra a világ összességét nézve. Ez azt jelenti, hogy a napenergiát közvetlen villamos energiává alakító rendszerek termelése 17 szeresére nőtt, míg ez idő alatt a szénerőművek termelése 186,339 TWh-val csökkent. A szabályozásoknak köszönhetően ez a trend várhatóan tovább növekszik és a jelenlegi tervek szerint a globális PV erőművek teljesítménye a jelenlegi 480 GW-ról (2018) a következő 30 évben egészen 8519 GW-ig (2050) növekszik. Magyarországon ezzel szemben lassú növekedés volt mérhető, azonban az utóbbi pár 2-3 évben jelentős fellendülésnek örvend az ágazat és a 2020-as évben már elérte a 2000 MW-os kapacitást ez a Paksi Atomerőmű beépített kapacitásával egyenlő teljesítmény, mely körülbelül a 20%-a lehet Magyarország teljes termelésének. Mivel számomra is fontos a környezetünk megóvása a jövő nemzedékei számára, feladatommak tartom, és úgy érzem, e terület támogatásával tudok legjobban hozzájárulni ahhoz, hogy a növekvő energiaigényt olyan fenntartható erőforrásokból elégítsük ki hazánkban, amivel nem aknázzuk ki a Föld ásványkincseit. Továbbá mivel hazánk kiváló adottságoknak örvend, a napenergia hasznosítása tűnik a legjobb megújuló energiaforrásnak, hiszen a hazánkra érkező szoláris fotovillamos potenciál több, mint tízszerese (1749 PJ) Magyarország éves villamosenergia igényének (158,1 PJ) derül ki az MTA Megújuló Technológiák Albizottságának felméréséből. Ezért szeretném ebben a projektben, bemutatni a napenergia hasznosításának lehetőségeit, kiemelten foglalkozva a napelemes rendszer ismertetésével és ezt követően egy konkrét példán keresztül egy HMKE (Háztartási

Méretű Kiserőművek) tervezésével. Fontos leszögezni, hogy napenergia hasznosításának vannak hátrányai is. A napenergia termelés időben nem egyenletes, valamit az intenzitása is hullámzó éppen ezért nehezen, korlátozottan tervezhető. Ezen a problémán az energiatárolás technológiájának fejlesztése segíthet. Az energia megoszlása szezonális, nyáron nagyobb mennyiségben áll rendelkezésünkre, mint a többi évszakban. A hasznosítás csak új létesítmények felállításával növelhető, mely beruházásigénnyel jár. Természetesen, ha ezek a rendszerek telepítve vannak, onnantól a napból érkező energia „korlátlan” mennyiségben áll rendelkezésre és mindenhol ingyenesen elérhető. Mivel a napsugárzás hazánk minden területen elérhető, ezért csökkentheti más országoktól való energiafüggést, ami nemzeti jövedelmet tart hazánkban. Elszigetelt részekben is létesíthető szigetelt villamos hálózat, így decentralizált energiatermelés valósítható meg. A napelemes rendszerek gyorsan megépíthetők széles spektrumban (1 kW-50 MW). A PV elemek nem tartalmaznak mozgó alkatrészt és így kisebb karbantartási szükséglettel, nagyobb megbízhatósággal üzemelnek. További előnye a napelemes villamosenergia rendszernek, hogy csúcsidőben termeli a legtöbb villamosenergiát, amikor a gyárakban, háztartásokban, intézményekben a legnagyobb szükség van rá. [1] [2]

A napelemes HMKE rendszereknek három típusa van. Egyelőre ritkább megvalósítási módszer a „**szigetüzemű napelemes rendszer**”, mely nem csatlakozik a kisfeszültségű hálózathoz. Ennek következtében a villamos fogyasztók villamosenergia-ellátását teljes mértékében a telepített napelemes rendszer által történik. Mivel az napenergia előállítása napszakhoz köthető, -nem folyamatos- ezért az energiatárolást megoldandó akkumulátorokkal lehet kivitelezni, ugyanakkor a tárolási szükség megemeli a rendszer költségét. Ez a fajta ellátás főleg szigetelt fogyasztói helyhez ajánlott, ahol a KIF hálózat nem elérhető. Gyakoribb kivitelezési forma a hálózatra „**visszatápláló napelemes rendszer**”. Ebben az esetben a rendszer megfelelő körülmények között napelemes üzemből állítja elő a fogyasztók ellátásához szükséges villamosenergia részét vagy egészét. Azonban, ha a feltételek nem teljesülnek a fogyasztó képes villamosenergiát vételezni a kisfeszültségű elosztóhálózatról. Visszatápláló rendszer telepítésekor az áramszolgáltatóval szaldós, vagy bruttó elszámolású szerződést köthetünk. Előbbinél a fogyasztásmérő oda-vissza számol és a termelt, fogyasztott villamos áram különbségét kell megtéríteni. Bruttó elszámolás esetében a szolgáltató a termelt energiáért és a fogyasztott energiáért kWh-ként egy előre meghatározott összeget fizet vagy számít fel. A harmadik megvalósítási módszer a „**hibrid**” rendszerek, melyek a megtermelt, de fel nem használt energiát tároló akkumulátorok töltésére fordítják, míg azok el nem érik a megfelelő töltöttségi szintet. Ezt követően a rendszer automatikusan átvált és az elosztó

hálózatra továbbítja a termelt energiát. Ez a fajta kialakítás a legdrágább kivitelezési mód a szükséges tárolók és a műszaki bonyolultság miatt. [6]

1.1 Rendszer-engedélyeztetési folyamat

Amennyiben napelemes rendszert szeretnénk kiépíteni, akkor el kell döntenünk, hogy monokristályos vagy polikristályos napelemet telepítünk. Majd miután eldöntöttük, hogy hálózatra visszatermelő, azaz szaldós rendszert építünk ki, vagy esetleg szigetelt üzemű, hálózatról leválasztott üzemű, esetleg hibrid termelést szeretnénk megvalósítani, ki kell választani a szükséges eszközöket/kiegészítőket, úgymint: töltésszabályozó, tároló akkumulátor, inverter, védelmek, kábelek, illetve a napelemeket tartó fizikai rögzítő szerkezetek. A kiserőmű létesítésének szigorú lépései vannak, amik a terület áramszolgáltatójától függően eltérhetnek.

Az általam vizsgált épület az E.ON területén található, így ehhez az energiaszolgáltatóhoz kapcsolódó lépéseket fejtem ki. Az egész folyamat a szándék bejelentésnél kezdődik az igénybejelentő nyomtatvány segítségével. A nyomtatvány kitöltéséhez szükségesek az épület villamos rendszerének paraméterei, csatlakozási teljesítmény, napelemes rendszerhez használni kívánt fázisok számát. Beérkezési dátumtól kezdődően a szolgáltató 30 napon belül köteles elbírálni. Igénybejelentő alapján a szolgáltató megvizsgálja, hogy a hálózat alkalmas-e a rendszer csatlakoztatásához. Előfordulhat, hogy megkötéseket tesz a szolgáltató, ha az igényelt teljesítmény részükről nem biztosítható. Ezután a megrendelőnek 90 napon belül csatlakozási dokumentációt kell készítenie, amit a szolgáltató 15 nap alatt bírál el. Itt már pontos rendszer és védelmi terv megléte szükséges. Amennyiben 120 kV-os csatlakozást szeretnénk, szükség van egy megvalósíthatósági tanulmányra, amit később jóvá kell hagyni. Ezt követi egy csatlakozási terv, mely szintén jóváhagyás követ. Esetlegesen cégekivonat, illetve jogerős környezetvédelmi hatóság dokumentumaival meg kell kötni a csatlakozási szerződést. Engedély iránti kérelmet kell benyújtani, mely jóváhagyást követően tovább léphet a kiviteli terv készítésére. Ezt követően erőmű és csatlakozás kivitelezése jön a korábbi méretezés és tervezés után. Amint az erőmű készen áll, készre jelentési eljárás történik. Jön az üzembe helyezési eljárás, mely után a szolgáltató lecseréli a korábbi

fogyasztásmérő órákat egy ad-vesz típusú mérőre. Végül az üzemviteli megállapodás hálózathasználati és mérlegkör (tagsági) szerződés megkötés történik, amellyel lezárul a folyamat. [5]

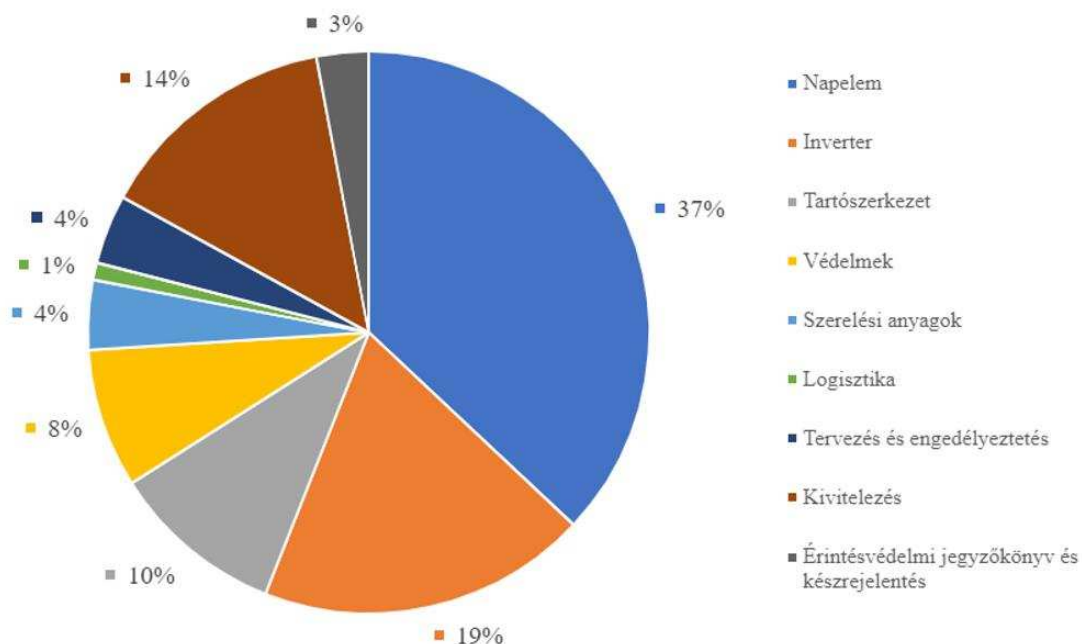
A felépítendő rendszerünk teljesítményének eldöntése során az épület villamosenergia-fogyasztását kell alapul venni. A jelenleg hatályban lévő szabályozás szerint nem érdemes túltermelésbe fektetni. Mivel ezek a rendszerek bővíthetők, ezért későbbi bővítés esetén vagy túltermelést támogató szabályozás létrejötténél, könnyen megemelhetjük a megtermelt energia mennyiségét. A megtérülést éves elszámolás esetén kaphatjuk, így a nyári túltermelés és téli alul termelés kompenzálja egymást. Az alap, közelítő számítást az alábbi képlettel végezhetjük el [5]:

$$\frac{\text{villamosenergia igény} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{év}} \right)}{1100 \text{ kWh (PV átlagtermelés)}} = \text{PV inverter teljesítmény (kVA)}.$$

Tehát, egy négytagú család havi energiafogyasztása az szakértői becslések alapján megközelítőleg 230 kWh/hó. Ez alapján az éves fogyasztás nagyságrendileg 2760 kWh felkerekítve számoljunk 3000 kWh-val. Az alábbi információkkal számolva, a következőkre számíthatunk:

- A rendszer megtérülési ideje: 16 év
- Napelemes rendszer pénzügyi hozama: 6,22%
- Napelemes rendszer éves termelése: 3405 kWh
- Várható többlettermelés: 1605 kWh
- Éves megtakarítás: 64760 Ft

Ezek a számok csak közelítő becslések, nem konkrét rendszer számadatai. A rendszer felépítésének anyagi megoszlását a külön szerkezeti elemek, illetve kivitelezési eljárások között mutatja az alábbi (1. ábra) is.



1. ábra: Beruházási költség megoszlás [3]

A HMKE telepítésének alapvető feltételei vannak a szolgáltató felől:

- „kisfeszültségű hálózathoz (KIF) csatlakozik;
- érvényes hálózathasználati szerződéssel rendelkezik,
- nem ideiglenes szerződéssel rendelkezik (meglévő csatlakozás);
- nem közvilágítási;
- jogviszonya nem alfogyasztói, tehát nem magánvezetékhez kapcsolódik;
- nappali tarifán vételez (nem éjszakai/vezérelt, nem idényjellegű, nem zónaidős/hőszivattyús);
- nem előrefizetős mérővel rendelkezik.
- mérőhelye regisztrált szerelő által ellenőrzött, korszerű, szükség esetén felújított.”

[5]

Ezen felül a rendszer teljesítménye nem lehet több mint 50 kVA (3fázis esetén), illetve nem haladhatja meg a hálózathasználati szerződésben meghatározott rendelkezésre álló teljesítmények mértékét.

2. Háztartás méretű kiserőmű tervezése

A korábban elméleti síkon felvezetett háztartási méretű kiserőmű technológiai megvalósításait gyakorlati példában mutatva, egy kertes családi ház napenergiával való ellátásának méretezésével és megvalósítási móddal szemléltetnénk. A HMKE rendszer tervezésének alapját egy 1989-ben épült nyeregtetővel fedett családi ház, melynek a havi energiaigénye megközelítőleg 700 kWh. Az épületben három fő él életvitelszerűen, így a fő általános fogyasztók mellett a használati kisgépek fogyasztásával kell számolni. A méretezés során meghatározásra kerül az épület éves, havi energiafogyasztása. Napelem termelés szempontjából felmérésre kerül az ház fekvése, tető állapota, fajtája, majd a szerelés helyének beazonosítása. Utóbbi adatok után kiszámolásra kerül a napelemek száma, tartószerkezet választása. Ezt követően az inverter méretezése és inverter típusának kiválasztása történik. A rendszer a következő lépésben a kellő túlfeszültségvédelmeket kapja meg, majd végezetül a szabványosított mérőóra-ra való csatlakozásról lesz szó.

2.1 Épület fogyasztásának becslése fogyasztók alapján

Ebben a fejezetben az épület fogyasztásának becslésével fogunk foglalkozni, mely során megállapítjuk az épület és annak fogyasztói által felhasznált villamosenergia mennyiségét.

Energetikai szempontból vizsgált épület a 8060 Mór, Kis u. 1. alatti családi ház (2. ábra). Az épület kétemeletes, 1989-ben épült családi ház, mely 2011-ben tetőfelújításon esett át, illetve 15 cm-es grafitos polisztirol-szigeteléssel lett ellátva. A ház korábban megújuló energiaforrást nem használt, elektromos hálózatra, illetve a vezetékes gázhálózatról van ellátva energiával.



2. ábra: Vizsgált családház (saját ábra)

A villamos hálózatot a fogyasztásmérő helytől fogva vizsgáljuk. Az 3. ábrán láthatók:

1. Főkapcsoló
2. Elektronikus fogyasztásmérő
3. Háromfázisú analóg fogyasztásmérő
4. Fázisonként 1-1 főbiztosító (20 A)
5. Lakáson belüli elosztók (16 A)
6. 400 V-os 5 pólusú és 230 V-os dugaszoló aljzat
7. Lakáson belüli elosztók (16 A)
8. Melléképület, kültéri világítási áramkör elosztója (16 A)

Az épület 2004-ben belső átalakításon esett át, a villamos hálózat, konyhai gépek, világítás korszerűsítésre kerültek. Jelenleg a villamos fogyasztásmérőtől 1,5-2,5 mm²-es tömör rézvezetékek szolgáltatják a belső hálózat gerincét. Bejárás során a 3 fő 20 A-es kismegszakító hálózatát követjük végig (11. ábra 4. pont).



3. ábra: Villamos fogyasztásmérő és lakáselosztók (saját ábra)

A villamos rendszer felújítása a fogyasztásmérő hely korszerűsítéséig nem terjedt ki. A fogyasztásmérő hely szabványos kialakítása érdekében jelenleg szolgáltató (E.ON) által elfogadott, tipizált fogyasztásmérő szekrény beépítése szükséges. A mérőhely a fogyasztó tulajdonát képezi, a felhasználó feladata a szabványossá tétel, valamint az

ellenőriztetés és karbantartás is. Tipizált szekrények listája megtalálható a szolgáltató adatbázisában kereshetők. A fogyasztásmérő szekrénynek tulajdonvédelmi szerepet is biztosítani kell, elvárás zárható/plombálható kialakítás, valamint a leolvasás lehetővé tétele. [40]

Az általam választott rendszerengedélyezett mérőhely, a Gustav Hensel GMBH & Co. által gyártott HB3000-U felületre szerelhető 1T mérésű fogyasztásmérőhely tokozatot választottam, mely alkalmas a meglévő fali fülkébe való beépítésre. A fali fülke megtartása biztosítja a tartós napsugárzástól és időjárási elemektől való védelmet. A fogyasztásmérőhely mellett a lakáselosztó szabványosítása is szükséges. Az MSZ HD 60364-4-41 kismegszakító villamos berendezések áramütés elleni védelem alapján kiegészítő védelem beépítése szükséges, mely jelen esetben 4 pólusú 25 Amperes „AC” típusú 30 mA hibaáramú áram-védőkapcsolót (RCD) jelent. Áramvédő kapcsoló szükséges az összes világítási áramkör, illetve az összes dugaszol aljzat áramköre elé. Azonban az RCD csak kiegészítő védelmet biztosít, az alap érintésvédelmi módot TN-C-S rendszer biztosítja. A lakáselosztóban a meglévő fogyasztói áramkörök mellett egy hárompólusú B típusú 16 Amperes kismegszakítót is létesíteni kell, mely a PV-rendszerünk csatlakozását biztosítja. Az épület villamos hálózatának földelését egy D20-as körföldelő biztosítja. Az épület fogyasztásmérőhelytől való áramköri leágazásai megfelelő 1,5-2,5 mm² keresztmetszetű vezetékekkel lettek kiépítve. Az fogyasztásmérőhely kialakításának előírását az MSZ:447 valamint a Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzat írja le. A fogyasztásmérő óra „3x32 A alatti rendelkezésre álló teljesítményig elektronikus, kéttarifás, kétirányú mérő” [5]. Több típusú fogyasztásmérő is megtalálható, melyek a szolgáltató (E.ON) által elfogadott berendezések. A rendszerhez egy ilyen megfelelő típus lehet a Landis+Gyr E350 ZMF110, mely háromfázisú oda-vissza számláló, Smart fogyasztásmérő berendezés. [5] [7]

2.1.1 Első számú áramkör fogyasztói

Az első villamos áramkör tartalmazza az étkezőhöz, emelethez, fürdőszobához, mosókonyhához tartozó világítási áramköröket és dugaszoló aljzatokat. Az ezen szobák számottevő fogyasztóit vizsgáljuk (1. táblázat).

1. táblázat: Első számú áramkör fogyasztói (saját táblázat)

Fogyasztó száma:	Berendezés	Típus	Teljesítmény	Éves energiafogyasztás értéke
1.	Hűtőgép	Liebherr KBi4350 Premium BioFresh	0,696 W	Katalógus adat: 194 kWh
2.	Mosógép	Miele edition 111 w 5873	2,1 kW	Heti 4 ciklus: 192 kWh
3.	Szárítógép	Siemens siwatherm TXL 2511	2,6 kW	Keveset használt heti 1 ciklussal: 132 kWh
4.	Televízió (1.)	Samsung UE32F6890SS	0,052 kW	Napi 1-2 óra használat: 28,4 kWh
5.	Laptop	Lenovo Legion Y530	170 W	Napi 5 óra üzemidő: 310 kWh

Összesen: 856 kWh/év

A villamos hálózati áramkör a mosó helyiségnek használt szobát, kamrát, illetve a nappalit tartalmazza, így nagyobb fogyasztókat is tartalmaz, mint mosógép, szárítógép, hűtő.

2.1.2 Második számú áramkör fogyasztói

Második áramkör alkotja a nappali, konyha, földszinti, hálószoba villamos hálózatát (2. táblázat). A nappaliban a TV az egyetlen főbb fogyasztási eszköz. A konyhában lévő hálózati dugaszoló aljzatok többsége ide tartozik, beleértve az elektromos sütőt és mosogatógépet is, ezeken kívül számottevő eszköz energiafelhasználás kapcsán csak a kávéfőző.

2. táblázat: Második számú áramkör fogyasztói (saját táblázat)

Fogyasztó száma:	Berendezés	Típus	Teljesítmény	Éves energiafogyasztás értéke
7.	TV (2.)	Samsung PS51D450A2W	290 W	Napi 4 óra használat: 423,4 kWh
8.	Elektromos Sütő	Siemens HB38E	2030 W	Heti 5 óra használat: 517,65 kWh
9.	Mosogatógép	Siemens SE54534/37	2,4 kW	Heti 3-4 ciklus: 540 kWh
10.	Kávéfőző	De'Longhi Nespresso Citiz (EN167.B)	1290 W	Napi 3 használat: 62,78 kWh

Összesen: 1540 kWh/év

A villamos hálózati áramkör a konyha egyik felét, földszinti hálószobát tartalmazza, így nagyobb fogyasztókat is tartalmaz, mint mosogatógép, elektromos sütő.

2.1.3 Harmadik áramkör kialakítása

A harmadik hálózati áramkör a jelentősebb részét teszi ki az épület villamosságának (3 táblázat). Magába foglalja a konyhában található mikrohullámú sütőt, elektromos főzőlapot, fagyasztószekrényt, bojler és a kazánt. Ez az épület legjobban terhelt hálózati áramköre. Erről a áramkorról történik a lakás melegvíz ellátása egy Hajdú Z200-as villanybojler által, ez a modell sajnos elavult és a fogyasztása is magasabb az újabb esetleges SMART modelleknél, így a cseréje ajánlott.

3. táblázat: Harmadik számú áramkör fogyasztói (saját táblázat)

Fogyasztó száma:	Berendezés	Típus	Teljesítmény	Éves energiafogyasztás értéke
11.	Mikrohullámú sütő	Pelgrim MAG555RVS/P03	1350 W	Napi 10 perc használat: 82,125 kWh
12.	Elektromos főzőlap	AEG HK365407XB	7,1 kW	Heti 8 óra: 2400 W * 6 * 52 = 748,8 kWh
13.	Fagyasztó-szekrény	Zanussi ZFU228WO	0,78 kW/24h	285 kWh katalógus adat
14.	Villanybojler	Hajdu Z200	3 kW	Havi 250 kWh => éves 3000 kWh
15.	Kazán	Viessmann Vitodens 100	35 kW	60 kWh katalógus adat

Összesen: 4175.9 kWh

A villamos hálózati áramkör a konyha másik felét, műhely helyiséget tartalmazza, így nagyobb fogyasztókat is magába foglal, mint villanybojler, kazán.

2.2 Épület fogyasztása elszámolás alapján

A későbbi méretezéshez ház fogyasztásának meghatározására az E.ON által kibocsájtott villanyszámlát vesszük alapul (4. ábra). Ezen éves elszámolás alapján láthatjuk, hogy az annuális villamosenergia-felhasználás megközelítőleg 7 000 kWh. Ugyanakkor a számlázás a januári és februári hónapokat nem tartalmazza így az éves fogyasztás hozzávetőleg 8 400 kWh körüli érték lehet. Ez az a szám, melyet alapul veszünk a számításoknak.

Fogyasztás összesen: A1: 6 949 kWh B: 0 kWh

Árszabás: Villamosenergia-ipari kedvezményes

Mérési pont azonosító: HU000110-11-S00000000000000038979

Elosztói engedélyes: E.ON Észak-Dunántúli Áramhálózati

Zárkörűen Működő Részvénytársaság

Mérő gyártási száma	Elszámolási időszak	Induló mérőállás	Záró mérőállás	LM	Fogyasztás (kWh)	Szorzó		Mennyiség	
1050898980/001	2020.03.01 - 2020.12.31	61 395	68 344	Leol	6 949	1,000000		6 949,000	kWh
1600123142/001	2020.03.01 - 2020.12.31	2 719	2 719	Leol	0	1,000000		0,000	kWh

Tétel megnevezése	Fogyasztási időszak	Mennyiség	Mértékegység	Nettó egységár és mértékegysége	Nettó érték (Ft)	ÁFA (%)	Bruttó érték (Ft)
Vill. energ.ip.kedv. 1.sáv 1 t	2020.03.01 - 2020.12.31	1 104,0000	kWh	4,40300 Ft/kWh	4 861	27	
Vill. energ. ip. kedv. 1. sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	3 913,0000	kWh	5,11300 Ft/kWh	20 007	27	
Vill. energ. ip. kedv. 2. sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	1 932,0000	kWh	5,52800 Ft/kWh	10 680	27	
Energiadíj összesen					35 548	27	45 146
<i>Részszámlákban elszámolt energiadíj</i>					<i>-14 448</i>	<i>27</i>	<i>-18 349</i>
Fizetendő energiadíj összesen					21 100	27	26 797
Elosztói forgalmi díj 1. slt	2020.03.01 - 2020.12.31	1 104,0000	kWh	3,53700 Ft/kWh	3 905	27	
Elosztói veszteség díj 1 slt	2020.03.01 - 2020.12.31	1 104,0000	kWh	1,31000 Ft/kWh	1 446	27	
Kiegészítő díj 1. slt	2020.03.01 - 2020.12.31	1 104,0000	kWh	0,14800 Ft/kWh	163	27	
Átviteli díj 1.slt	2020.03.01 - 2020.12.31	1 104,0000	kWh	0,88800 Ft/kWh	980	27	
Elosztói forgalmi díj 1. sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	3 913,0000	kWh	3,53700 Ft/kWh	13 840	27	
Elosztói veszteségdíj 1. sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	3 913,0000	kWh	1,31000 Ft/kWh	5 126	27	
Kiegészítő díj 1. sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	3 913,0000	kWh	0,14800 Ft/kWh	579	27	
Átviteli díj 1.sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	3 913,0000	kWh	0,88800 Ft/kWh	3 475	27	
Elosztói forgalmi díj 2. sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	1 932,0000	kWh	3,82400 Ft/kWh	7 388	27	
Elosztói veszteségdíj 2. sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	1 932,0000	kWh	1,41600 Ft/kWh	2 736	27	
Kiegészítő díj 2. sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	1 932,0000	kWh	0,16000 Ft/kWh	309	27	
Átviteli díj 2.sáv	2020.03.01 - 2020.12.31	1 932,0000	kWh	0,96000 Ft/kWh	1 855	27	
Elosztói alapidj*	2020.03.01 - 2020.12.31	10,0000	hó	535,02000 Ft/év	446	27	
Elosztói alapidj*	2020.03.01 - 2020.12.31	10,0000	hó	474,00000 Ft/év	395	27	
Rendszerhasználati díjak összesen					42 643	27	54 157
<i>Részszámlákban elszámolt rendszerhasználati díjak</i>					<i>-17 645</i>	<i>27</i>	<i>-22 409</i>
Fizetendő rendszerhasználati díjak összesen					24 998	27	31 747
Nettó számlaérték összesen					46 098		
Kerekítés							3
Bruttó számlaérték összesen**							58 547
Fizetendő összeg összesen							58 547

ÁFA összesítő (Ft)

A számla ÁFA tartalma: 12 449 Ft

A nyilvántartás szerinti folyószámla-egyenlege a számla kibocsátásakor: 56 687 Ft

4. ábra: EON éves villanyszámla (E.ON saját számla)

Bővítési lehetőséget természetesen meghagyunk, amennyiben erre lesz lehetőség a többi paraméter alapján. Azonban a fogyasztás is várhatóan csökkeni fog a világítási áramkörök korszerűsítése, illetve a melegvízellátáshoz használt villanybojler újabb, energiatakarékosra cserélésével. Tehát az éves fogyasztásból visszszámolva a havi villamosenergia fogyasztás 700 kWh környékén van.

3. Tervezéshez szükséges információk

A fejezet során, körül járjuk a tervezés előtt fontos információkat, mint a tető adatai, illetve az inverter elhelyezési lehetőségek.

3.1 Rendelkezésre álló felület felmérése

A tető szerkezete Gerard gyártmányú kőszórt fémlemezről áll, melyet 2011-ben építettek a korábban meglévő palatető szerkezetére. A tető fekvése Dél-Nyugati 320° dőlése 41° , a hossza 19,08 méter, szélessége oldalanként 6-6 méter. A tető gerincmagassága 6,5 méter. Az épület fekvése ideális a napenergia hasznosításhoz, a felhasználható terület az épület nyugati tetősíkján megközelítőleg $80\text{--}85\text{ m}^2$, ami több, mint megfelelő háztartási kiserőmű kiépítésére. A projekt elméleti mivoltából fakadóan a tetőszerkezet statikai állapotát megfelelőnek véljük, mivel statikai terheléses számítások nem állnak rendelkezésünkre. Amennyiben a rendszer megvalósulna az épületen szükséges egy statikus szakértő általi felülvizsgálatnak, szakvélemény kiadásának.

3.2 Inverter elhelyezési lehetőségek

Inverter elméleti elhelyezése előtt fontos végig menni a szempontokon, amik befolyásolhatják az inverter üzembiztos, balesetmentes működését. Első szempontként fontos a hozzáférhetőség. Az eszköznek szellőznie kell a hűtés miatt, illetve az esetleges karbantartás is fontos szempont. A gyártók többsége 40-70 cm-es távolságot ajánlanak minden oldaltól. Az invertereket csak függőleges módon lehet rögzíteni, ettől való eltérés

csak 10%-ban megengedett. Telepítés szempontjából fontos az időjárási viszonytagságokat figyelembe venni, ezek lerövidíthetik az élettartamát. Ennek fényében érdemes a berendezést beltéren, egy olyan helyiségben elhelyezni, amely pormentes és nem zsúfolt.

A szempontokat figyelembe véve az épületben három lehetséges felszerelési hely található. Az első a garázs, ez egy ~30nm-es helyiség. Itt gond mentesen felhelyezhető szellősen az inverter. Probléma, hogy az áramszolgáltató mérőórája az épület északi, míg ez a helyiség a déli oldalon található. Másik lehetséges opció az elemelen lévő tároló szoba, itt is védett helyen lehet az eszköz, azonban a helyiség enyhén poros, illetve a mérőórától ez is távol található. Harmadik lehetséges hely az épület külső falán elhelyezve, a terasz félteteje alatt található. Ez ugyan a hőmérsékleti ingadozásnak van kitéve, de könnyen elérhető és a csatlakozási ponthoz is közel van. A kábelvezetés, elérhetőség és szabványoknak való megfelelésség érdekében az utóbbi opciót választottam. [8] [9]

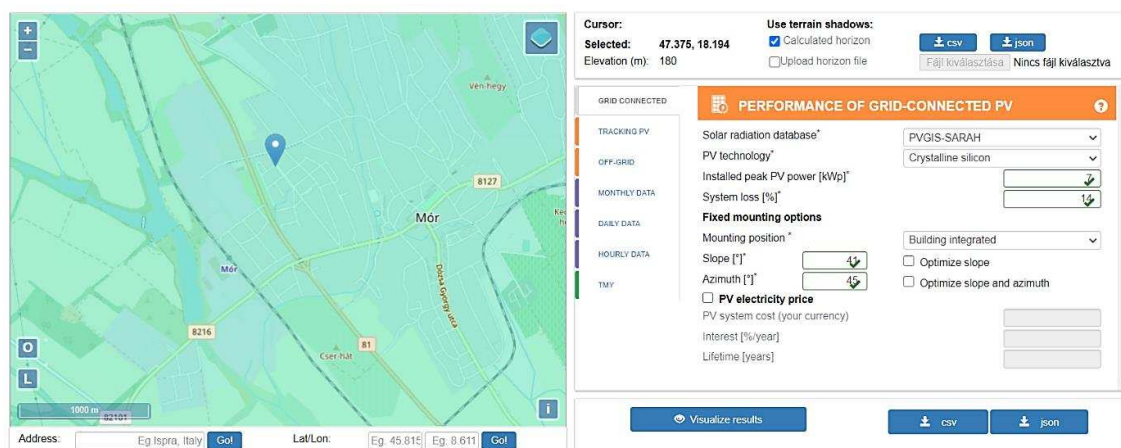
4. Rendszertervezés

A továbbiakban a HMKE rendszerünk tervezésének lépésein megyünk végig, melynek végére a telepítéshez szükséges adatok kerülnek kiszámításra.

4.1 Szükséges napelem teljesítmény meghatározása

A napelemek mennyiségének meghatározásához a fogyasztott éves villamosenergia mennyiséget vesszük alapul, ami a korábban kiszámolt 8 400 kWh. Optimális esetben a napelemes rendszer névleges teljesítménye ennek az értéknek a 85%-a tehát megközelítőleg ez a szám $8\,400 \cdot 0,85 = 7140 \text{ W}_p$. Így a családi házunk ellátására egy 7,1 kW_p teljesítményű napelem rendszer szükséges. A 85%-os névleges teljesítmény egy általános szám, mely abból következik, hogy egy 1 kW_p-os napelem rendszer nem 1kWh villamos energiát termel, hanem valamivel többet. Ennek a kompenzálására használjuk a 85%-os osztót. A napelem teljesítményét azonban sok tényező befolyásolhatja, mint napsütéses órák száma, domborzati viszonyok, tájolás, dőlésszög, időjárási viszonyok,

napelem panel fajtája. A napelem típusok közül a monokristályos típus teljesít jobban a napsütéses órákban gazdag területeken, azonban a felhősebb, kevesebb napsütéses órával rendelkező területeken, -mint a Közép-Dunántúlon fekvő Mór is- a polikristályos napelemtechnológia bizonyul eredményesebbnek. Mivel az épületünk tervezett tetőoldalának közelében nincs olyan tereptárgy, mely árnyékot képezhetne

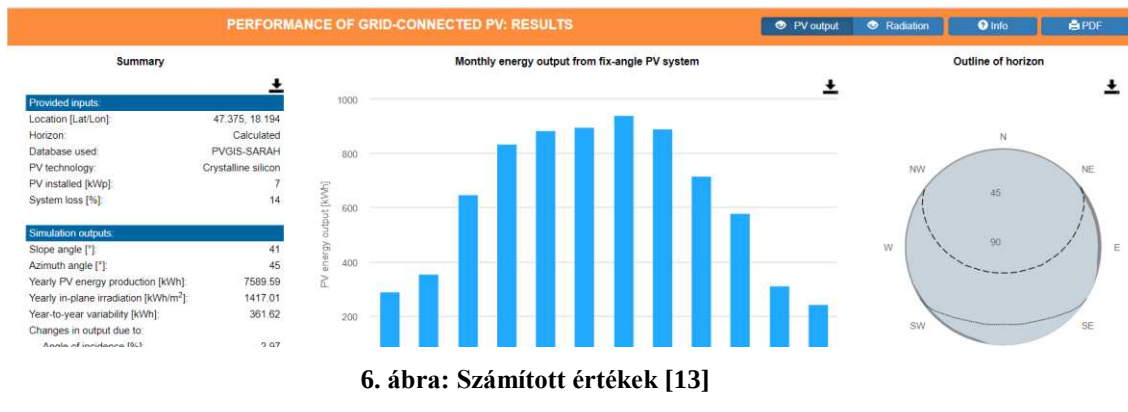


5. ábra: Photovoltaic Geographical Information System [13]

rendszerünkre, ezzel nem szükséges számolnunk. Hátrány lehet a szmogos levegő is, azonban vidéki kisváros révén ezzel sem kell számolnunk. [12]

Tehát a fekvés és a napos órák száma miatt a monokristályos napelemmel szemben a polikristályos napelemekből fogunk választani, hiába kisebb a hatásfoka az utóbbinak Monokristály 16-18%, Polikristály 14-16%. Polikristályos napelem mellett szól még, hogy társainál jobban viszonyul az időjárás általi hőingadozásokra.

Napelem mennyiségének meghatározásához az Európai Unió egyik hivatalos weboldalát használjuk (5. ábra), amely a PVGIS azaz Photovoltaic Geographical Information System nevet viseli. A weboldal segítségével megbecsülhető az átlagos havi, éves energiatermelés hálózatra kötött rendszereknél.

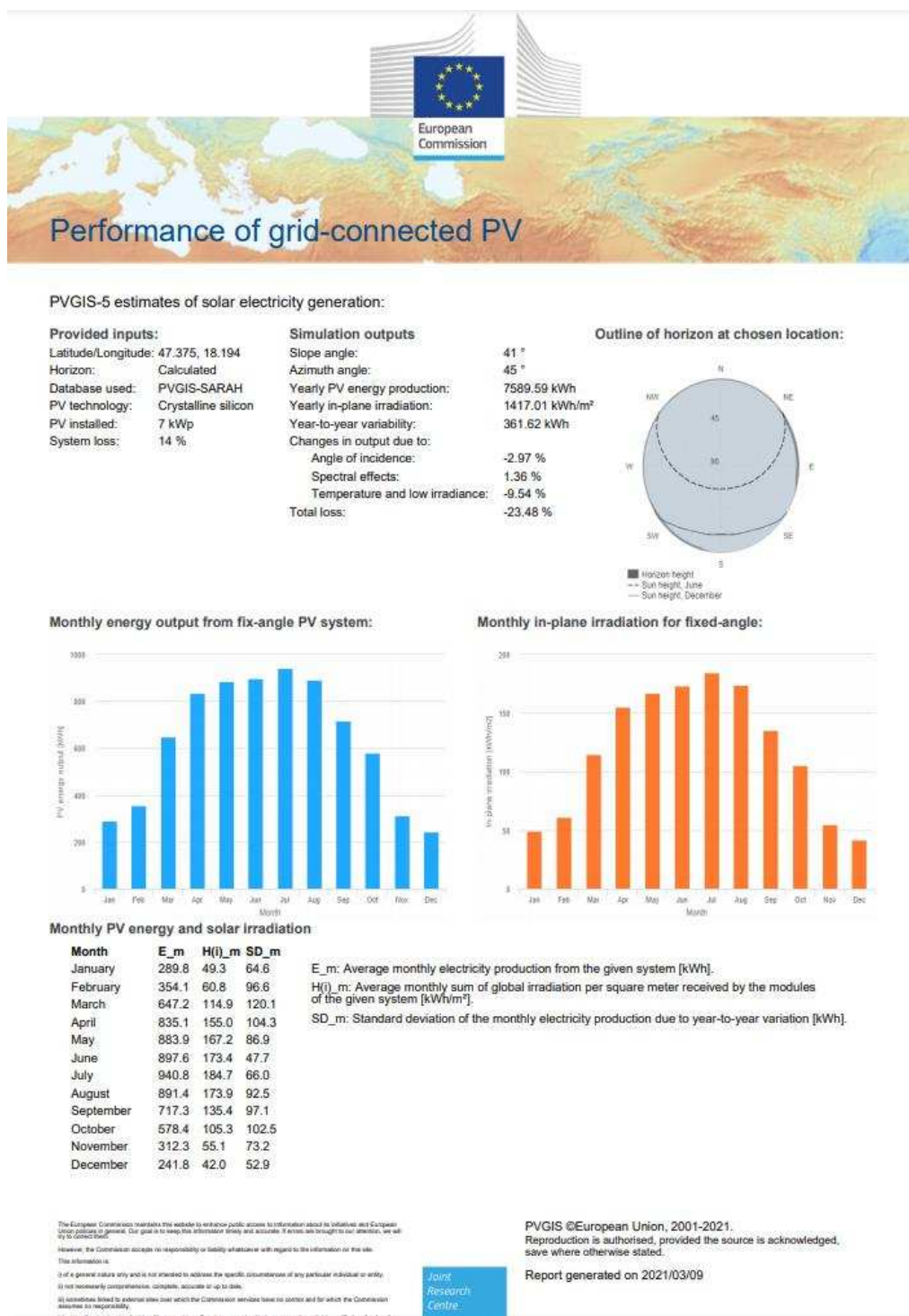


6. ábra: Számított értékek [13]

A számítás figyelembe veszi a nap besugárzását, hőmérsékletet, szélsébséget, PV típust. Kiválasztható a szerelési fajta, tetőn, vagy különálló szerkezeten telepített rendszer. [13]

A programban megadtuk az épület pontos koordinátáit, megadtuk a már korábban kiszámolt 7 kW_p -os teljesítményt, 14%-os veszteséget. Kiválasztottuk a szerelési megoldást, miszerint tetőre szerelt rendszer létesítése történik. A tető dőlés 41° , valamint az azimut 45° . Az adatok bevitele után megkaptuk a számított értékeket (6. ábra). [13]

Ez alapján a korábban 7 kW_p -rendszerrel az év 7 hónapján (Március-Szeptember) annyit, vagy többet termelne a rendszer, mint amennyit felhasználnak (7. ábra). Októberben megközelítőleg megtermelnénk a használt energiát 580 kWh a termelhet. November-februári időszakban pedig a szükséges energia felét, kétharmadát tudnánk előállítani. [13]



7. ábra: Számított termelési adatok [13]

Az utóbbi kimutatásokból látszik, hogy a PVGIS könnyen alkalmazható PV rendszer termelésének becslésére.

4.2 Szükséges napelem mennyiség meghatározása

Napelem mennyiség előtt a napelem panel típusait ismertetném. A két leggyakoribb napelem panel a monokristályos és a polikristályos napelem panel. A monokristályos szilícium panelek egykristály húzással készülnek, az így előállított hengereket később szeletelik az úgynevezett cellákra. A panel összeállításánál ilyen egykristály szerkezetből álló cellákat építenek egybe. Az efféle egykristályok előállításához nagy energiaigényre van szükség. A monokristályos napelemek előnye, hogy nagy, akár 15-19%-os hatásfokkal is működhetnek hosszú, akár 30 év élettartammal. Hátránya a monokristályos technológiának a panelek érzékenysége a fényerősségre, tájolásra, besugárzás szögére. E kettő mellett még amorf-szilícium, illetve vékonyréteg panelek léteznek. A második csoport a polikristályos szilícium panelek. A monokristályoktól eltérően a polikristályos szilíciumot egy speciális öntési eljárással állítják elő, mely során négyzetes formába öntve szilárdulnak meg és hasábok keletkeznek, amik szeletelésre kerülnek. Jellemzői hasonló a korábban említett monokristályéhoz, miszerint a hatásfoka 10-13% és hosszú, 25-30 éves élettartammal rendelkezik. Előnye, hogy kevésbé érzékeny a tájolásra, besugárzási eltérésre, így szórt napfényt jobban tudja hasznosítani. Továbbá a monokristály drága előállításával szemben mérsékelt a gyártási költség. Ez utóbbi két tulajdonságának köszönhetően a polikristályos panelek a legelterjedtem napelem panelek. Az utóbbi különbségek miatt, illetve az épület földrajzi elhelyezkedését figyelembe véve polikristályos napelem panelek közül választok.

A kiszámolt értékek alapján szükséges egy a piacon lévő polikristályos napelem panel kiválasztása. Szerencsére a napenergia hasznosítás trendjének emelkedése miatt a gyártók sora végeláthatatlan és rengeteg termék közül választhatunk. A tervezett rendszerhez Candaian Solar gyártótól (8. ábra) választottam a HiKu CS3W415P fajtájú polikristályos napelem panelt.

A Canadian Solar egy globális kiterjedésű napelem gyártó cég. Termelési kapacitása eléri a 3 GW-ot. A cég 15 éve a világ élmezőnyébe tartozik napelem gyártás szempontjából. 1.3 GW napelemes projektet hajtott végre világszerte és 7 GW-nyi napelem került lakossági felhasználásra. A cég nagy figyelmet szentel a minőségre.

Az általam választott napelem típus a HiKu CS3W-415P típusú napelem ez a fajta panel 400 W-tól 425 W-ig van jelen a piacon. Magyarországi elérhetősége miatt választottam a 415 W-os modelt, hogy a költségekkel tudjak számolni. A típus 24%-kal több energiát biztosít a hasonló napelemekhez képest ugyanakkor 2,7%-kal kisebb a rendszer költsége. A névleges modul működési hőmérséklete (NMOT) pedig $42\text{ °C} (\pm 3\text{ °C})$. A modell fejlesztései során csökkentették a belső áramot, mellyel csökkent a hot spot hőmérséklet is.

Minimalizálták a micro-repedések kialakulását külső behatás ellen, valamint magas a hőterhelési ellenállása (5400 Pa) és a szél által kifejtett ellenállása is 3600 Pa. A gyártó 12 év garanciát vállal az anyagra, illetve az összeszerelésre. Továbbá 25 év garanciát ígér a lineáris energiatermelésnek, tehát az átlagos éves teljesítménycsökkenés nem lehet magasabb mind 0,55%. A termék gyártásánál a következő szabványoknak felelnek meg [1 sz. melléklet]:

- ISO 9001:2015 / Quality management system
- ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
- ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

Valamint a napelem panel maga is több minősítésnek is megfelel:

- IEC 61215 / IEC 61730 / CE / MCS / INMETRO
- CEC listed (US California) / FSEC (US Florida)
- UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
- UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



8. ábra: Canadian Solar [16]

A napelem legfőbb számítási tényezőit táblázatos formában (4. táblázat) is összefoglalom, átlátható formában értelmezhetjük az értékeket. A napelem panel teljes adatlapját pedig az 1. számú mellékletként lehet megtalálni.

4. táblázat: CS3W-415P napelem panel számítási paraméterei (saját táblázat)

Típus:	Canadian Solar, HiKu CS3W-415P
Névleges maximum teljesítmény ($P_{\max}$):	415 W
Névleges -feszültség (U_{mp}):	39,3 V
Üresjárási feszültség (U_{oc}):	47,8 V
Névleges áram (I_{mp}):	10,56 A
Zárlati áram (I_{sc}):	11,14 A
Maximális rendszerfeszültség:	1000 V

Végeredményül az összegyűjtött adatokból és a program által ellenőrzött napelem teljesítményből korábban kiszámolt 7140 W-os energiaszükséglet előállítására,

$$\frac{7140 W_p}{415 W_p} = 17.2 \sim 18 \text{ darab}$$

CS3W 415P típusú napelem tábla szükséges, melyeknek összesen

$$2,209 \text{ m} * 1,048 \text{ m} * 18 \text{ db} = 39,76 \sim 40 \text{ m}^2,$$

tetőfelületre lesz szükség. A tetőfelület ezen részén eloszló táblák súlya:

$$18 \text{ db} * 24,3 \text{ kg} = 437,4 \text{ kg} \Rightarrow 10,935 \text{ kg/m}^2,$$

terhelés éri majd a tető felületét.

A szükséges napelem panelszám tudatában megvizsgálhatjuk, hogy a PV-kból mennyi stringet kell kialakítani az üzembiztos működés érdekében. A rendszer maximális feszültsége, inverter maximális feszültsége és az MPP feszültségtartománya határozza

meg, mennyi string létrehozása jelenti a működőképességet. Az inverterek munkaponti feszültség tartománya általában 200-800 Vdc között mozog. Ennek megfelelően a 18 db 39,3 V névleges feszültségű CS3W panel megközelíti, üresjárási feszültsége pedig meg is haladja ezt az értéket. Éppen ezért szükséges két stringet létrehoznunk 9-9 PV panelből.

Így:

$$\text{String névleges feszültsége: } 9 * 39,3 \text{ V} = 353,7 \text{ V}$$

$$\text{String üresjárási feszültsége: } 9 * 47,8 \text{ V} = 430,2 \text{ V}$$

értékek már megfelelnek a tartománynak. Azonban, ha a füzéreket párhuzamosítjuk, az áramok összeadódnak és visszáramvédelemről is gondoskodni kell. Ha viszont az inverterünk két MPP-trackerrel rendelkezik, ez nem szükséges, illetve egyes típusuk már tartalmazza ezt a fajta védelmet.

4.3 Tartószerkezet tervezése

A napelemek rögzítéséhez szükség van tartószerkezetre is. Erre kínál megoldást a német K2 Systems vállalat (9. ábra), mely specifikus napelem rendszer tartószerkezeti elemeket kizárólag A2 minősítésű rozsdamentes acél és alumínium alapanyagokból készíti. Mivel a tető kőszórt fém tetőlemezekkel készült, ez esetben a K2 Microrail CSM 10/25 (10. ábra) típusú rögzítéstechnikai alkatrész választható a rendszerhez. A szerkezet megfelel az EUROCODE által támasztott statikai feltételeknek.



9. ábra: K2 vállalat [17]

[17]

A rendszer alkalmazható [17]:

- 5– 75° közötti dőlésszögű cserepes lemezre
- csak fekvő modul elrendezésben használható (álló modul elrendezés a leszorítók állása miatt nem lehetséges)
- széles görbület megfelelési tartomány:
 $r = 22 - 45 \text{ mm}$ (pl Lindab LPA-L típusnál $r=40$)
- legalább 0,4 mm nettó acél vastagság szükséges (pl Lindab LPA-L típusnál 0,5 mm)
- MiniClamp leszorítókkal alkalmazható



10. ábra: MicroRail 10/25 CSM [17]

A tartószerkezet alumíniumból készült és önmetsző lemezcavarokkal rögzíthető, így nincs szükség a tető megbontására. A napelemek lefogására a sínekbe illeszkedő lefogató pántok felelnek. A sínek elhelyezése miatt azonban csak fekvő elrendezésben szerelhetők fel a napelemek. A tartószerkezet a súlyát tekintve nem szükséges statikai számolásba belekalkulálni, ugyanis az alumínium anyaga és maga a szerkezet kis kiterjedése miatt nem számottevő.

4.4 Inverter kiválasztása

A napelem panelek mellett a PV rendszerünk legfőbb berendezése az inverter. Az inverter az egyenáramot váltóárammá alakító teljesítményelektronikai berendezés. Mivel a hálózathoz kapcsolt napelemek egyenáramú teljesítményt állítanak elő, ezért kell beiktatni ezeket az átalakítókat, hogy hálózathoz szinkronizált, valamint azzal fázisban lévő szinuszos áramot állítsanak elő. A PV rendszerek elterjedésével manapság az inverterek választéka is egyre bővül, hogy a lehető legjobb hatásfokkal lehessen az energiát továbbítani. A 95%-nál magasabb hatásfokon kívül egyéb elvárásoknak is, mint például a megfelelő 50 Hz frekvenciájú szinuszos jelalakú, fázishelyes váltakozó feszültség előállítása, meg kell felelniük a modern invertereknek. Továbbá a hálózatra csatlakozó inverterek a következő szabványok által támasztott kritériumoknak kell megfelelni [8] [9] [26]:

- MSZ-EN 62109-1
- MSZ-EN 62109-2
- MSZ-EN 61000-6
- MSZ-EN 62116
- MSZ-EN 50438 vagy MSZ-EN 50549

A rendszerünk fő része az inverter, ez alakítja át az egyenáramot megfelelő feszültségű váltóárammá (230 V, 50 Hz). A megfelelő inverter kiválasztásakor az osztrák Fronius gyártó kínálatából választottam a Symo 7.0-3-M típusú transzformátor nélküli háromfázisú invertert (11. ábra). Az inverter kiválasztásának meghatározó feltételei, adatai [29]:

- Inverter típusa (transzformátoros, vagy transzformátor nélküli)
- Telepített rendszer teljesítménye
- MPPT modulok száma
- Kültéri elhelyezés lehetősége
- Hatóságilag engedélyezett eszköz legyen.

Utolsó pont akkor teljesül, ha az eszköz megfelel bizonyos kritériumoknak, melyek:

- „MSZ EN 62109-1: 2011 (alap biztonsági)
- MSZ EN 61727: 1998 (áramminőség)
- IEC 62116: 2008 (nem kívánt szigetüzem elleni védelem)
- MSZ EN 61000-6 1, 3 (EMC követelmények 10 kW alatt)
- MSZ EN 61000-6 2, 4 (EMC követelmények 10 kW felett)
- MSZ EN 50438 (követelmények hálózatpárhuzamos üzemre) vagy VDE-AR-N 4105” [6]



11. ábra: Fronius Symo 7.0-3-M [18]

Mivel a méretezett napelemes rendszer $7,470 \text{ kW}_p$ teljesítményű, 2 stringből álló erőmű lesz és hatásfok preferáltan transzformátor nélküli invertert keresünk, ezért a rendszerengedélyes eszközök hivatalos listájából a már említett Fronius Symo 7.0-3-M típusú berendezést választottam.

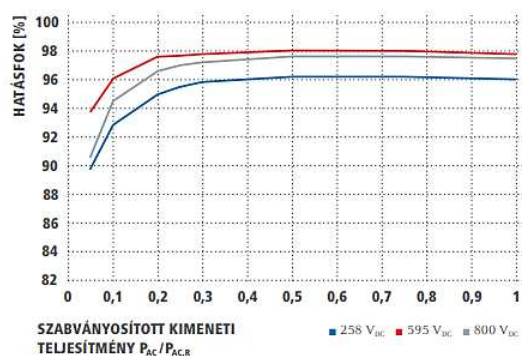
A szükséges feltételek mellett az eszközben, alapfelszereltséghez tartozik vezetékes (Ethernet), vagy vezeték nélküli (WLAN) internet csatlakozási lehetőség, harmadik fél eszközeinek támogatása, melyekkel ez a jelenleg elérhető legkommunikatívabb inverter. A nagy rendszerfeszültségnek, a széles tartományú bemenő feszültségnek, valamint a korlátozás nélküli kül- és beltéri használatnak köszönhetően a berendezés méretezése biztosítja a maximális rugalmasságot. A berendezés Magyarországon áramszolgáltatói engedéllyel rendelkezik, így gond nélkül felhasználható a rendszerünkben. [18]

Műszaki adatokat tekintve a Fronius Symo 7.0-3-M két darab MPP-Trackerrel, melyek folyamatosan figyelik a napelem munkaponti feszültségét, munkaponti áramát és tartják a napelemekből maximálisan kivehető teljesítményt. A maximum bemeneti áram ($I_{dc \text{ max } 1} / I_{dc \text{ max } 2}$) egyaránt $16,0 \text{ A}$. A modulmező maximális rövidzárlati áramerőssége (MPP1/MPP2) $24,0 \text{ A} / 24,0 \text{ A}$. A bemeneti DC feszültség szint ($U_{dc \text{ min }} - U_{dc \text{ max }}$) $150 \text{ V} - 1000 \text{ V}$. A betáplálási indulófeszültség 200 V . Használható MPP feszültségtartomány $150-800 \text{ V}$. A DC csatlakozók száma 2/2.

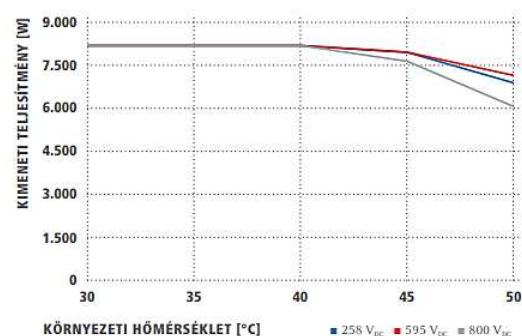
A készülék névleges kimeneti AC teljesítménye 7.000 W és a maximális kimeneti teljesítménye pedig 7.000 VA . A váltakozó kimeneti árama $10,1 \text{ A}$. A berendezés hálózati csatlakozási feszültségtartománya: 3-NPE $400 \text{ V} / 230 \text{ V}$ vagy 3~NPE $380 \text{ V} / 220 \text{ V}$ (+20 % / -30 %), frekvenciája pedig $50 \text{ Hz} / 60 \text{ Hz}$. 3%-os torzítási tényezővel rendelkezik és a teljesítménytényezője 0,85-1. [18]

A teljesítmény elektronikai eszköz fizikai adatai szerinte a mérete: $645 \times 431 \times 204 \text{ mm}$ és $21,9 \text{ kg}$ súlyú. A víz- és porállósága IP65, valamint az „1” érintésvédelmi osztályba tartozik. A gép szabályozott léghűtéssel rendelkezik és elhelyezhető kül- illetve beltéren is. [18]

HATÁSFOK-JELLEGGÖRBE FRONIUS SYMO 8.2-3-M



HŐMÉRSÉKLET-DERATING FRONIUS SYMO 8.2-3-M



12. ábra: Fronius Symo jelleggörbe [18]

Az eszköz kiváló maximális hatásfokkal rendelkezik (98%), valamint európai hatásfoka (η_{EU}) is 97,6%-ot ér el (12. ábra). A főbb adatokat átláthatósági szempontból táblázatos formában (5. táblázat) is kiemelem. Az eszköz teljes adatlapja a 2. számú mellékletben található.

5. táblázat: Fronius Symo 7.0-3-M inverter táblázatos adatai (saját táblázat)

Típus:	Fronius Symo 7.0-3-M
DC bementek száma:	2-2
MPPT modulok száma:	2
MPPT feszültség tartomány:	150-800 V
Maximum DC áram:	16,0 A/16,0 A
Névleges AC teljesítmény:	7000 W
Névleges AC feszültség:	3-NPE 400 V / 230 V vagy 3~NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)
Frekvencia	50 Hz/60 Hz
Maximum AC áram:	10,1 A
Hatásfok:	97,6 (η_{EU})
IP védettség:	IP65

A táblázat segít átlátható formában vizsgálni az inverter paramétereit, így szemmel könnyen összegezni lehet az olvasottakat.

4.5 HMKE rendszer tervezett védelmei

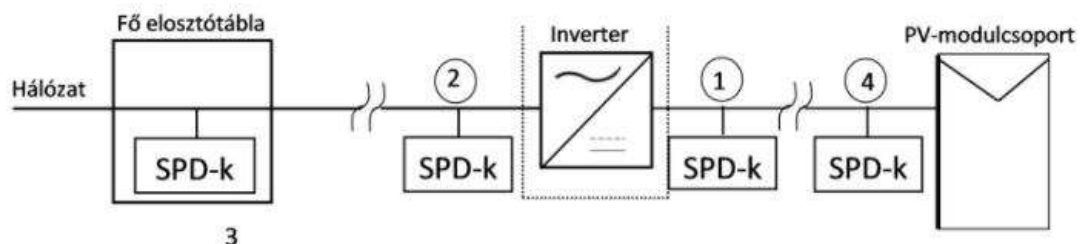
A HMKE rendszerek építésénél fontos a megfelelő villamos védelem kialakítása, hogy az esetleges hiba, külső természeti eseményből adódó probléma ne okozzon nagyobb anyagi kárt, de legfőképpen emberi élet védelmének ellátása a cél.

4.5.1 Inverter belső védelmei

Ahogy már korábban említettem, a Symo 7.0.3 inverterünk tartalmaz bizonyos védelmeket. Ez a DC szigetelésmérés, ahol a DC-oldali vezetékek, berendezések szigetelését vizsgálja, hogy a szerelésnél, külső behatás vagy környezeti ráhatás miatt szenvedtek-e olyan fizikai károsodást, mely a szigetelési ellenállás értékét a megfelelő biztonsági szint alá csökkentené. Amennyiben túlterhelés lépne fel, az inverter munkapont eltolással, illetve teljesítmény-korlátozással korrigálná a túlterhelésből adódó problémát. A DC-oldali probléma esetén, (túláram, tűz) a berendezés rendelkezik leválasztó kapcsolóval. A szerelésből származó pólusfelcserélési hibát szintén képes kiküszöbölni az eszköz.

4.5.2 Villám-, túlfeszültség-védelem

Napelemes rendszerre főként az AC oldalról kerülhet károsító túlfeszültség. Azonban DC oldalon is előfordulhat ilyen külső behatás, mint például a villámcsapás, aminek nem is szükséges az adott létesítménybe belecsapni, elegendő, ha csak a közelben ér földet.

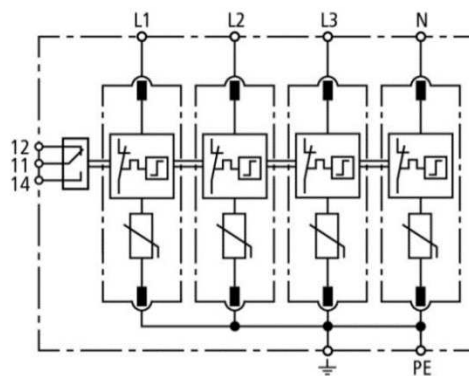


13. ábra: Túlfeszültség-korlátozók elhelyezése [8]

A rendszer teljes védelméhez SPD-ket, azaz túlfeszültség-korlátozókat alkalmaznak. Manapság főként moduláris formában, tehát AC, DC, illetve az adatátviteli és méréstechnikai hálózatokhoz is be kell építeni (13. ábra). Az SPD-ket 4 pontban kell elhelyezni, amennyiben a fogyasztásmérő hely és az inverter között a távolság kisebb, mint 10 méter, akkor 2. ponttal jelölt túlfeszültség-korlátozó alkalmazása nem szükséges. Továbbá, az 1. számú SPD beépítése csak akkor szükséges, ha az inverter és a PV-modulcsoport távolsága meghaladja a 10 métert. [21] [8] [27] [28].

Szabvány szerint szükségünk van a tranziens túlfeszültségek elleni védelemre DC, illetve AC oldalon egyaránt.

Berendezéseket egységesen a Dehn gyártótól választottam, mely korszerű, megbízható védelmi eszközöket kínál napelemes rendszerekhez. AC-oldal kisfeszültségű energiaellátás csatlakozásánál T1 típusú villámáram-levezetőt, az inverter AC oldalán T2 típusú túlfeszültség-korlátozót használunk, melynek a típusa DG M TNS CI 275 FM,



14. ábra: DEHNGuard AC túlfeszültség-korlátozó [10]

TN-S rendszerű berendezés. (14. ábra) DC oldalon DEHNCube DCU YPV SCI 1000 2M túlfeszültség-korlátozót használunk, mely 2-es típusú villámáram-levezető és a maximális megengedett levezetési lököáram 12,5 kA, valamint 1000 V tartós DC feszültséggel tud üzemelni, ami lehetővé teszi a későbbi bővítést. A berendezés kialakításának köszönhetően két stringet csatlakoztathatunk hozzá. [8] [21] [22] [28]

4.5.3 Tűzeseti leválasztás

A napelemes rendszer DC-oldali leválasztása tűz esetén csökkenti az épületben lévő civil, illetve tűzoltókat érő áramütés kockázatát, valamint az egyenáramú ív létrejötte miatti újragyulladás kialakulását. Ennek tudatában szükség van DC oldali tűzeseti leválasztó kapcsolóra is, melynek az automata visszaállású Santon 4P DFS-14-MC4 berendezést választottam. Erről a Tűzvédelmi Műszaki irányelv rendelkezik, mely kiköti,

hogy ha az inverter és PV modul közt a vezeték hossz több, mint 10 méter, akkor tűzeseti leválasztót kell beépíteni. [20] [21] [8] [28] [30]

4.5.4 DC-oldali hibavédelem

Egyenfeszültségű oldalon a hibavédelem kialakításához IT-rendszert kell használni, mivel az ellátás folytonossága mérvadó. A rendszer kiépítésénél földelt védővezető kialakítása szükséges. Ilyenkor nincs közvetlenül földelt pont és a védővezetőt minden üzemszerűen feszültség alatt nem álló fémszerkezetet a túlfeszültség-korlátozóba kell bekötni. [8] [21]

4.5.5 Áramütés elleni védelem

A PV berendezéseknél fontos védelmek mellett AC oldalon szükség van áram-védőkapcsolóra is, mely 30 mA-es föld felé irányuló áram esetén leoldja a rendszert. Az RCD berendezés „B” osztályú legyen az EN62423 vagy EN-60947-2-nek megfelelően. RCD beépítése nem szükséges, ha az inverter AC-DC oldal közt elválasztást biztosít, vagy gyártó nyilatkozata alapján nincs szükség beépítésre. A mi esetünkben ez nem áll fent, ezért Schneider electric ACTI9 iID, B-SI osztályú 4 pólusú, 25 A, 30 mA-es áram-védőkapcsoló relét alkalmazunk. [8] [21] [28] [31]

4.5.6 AC-oldali túláramvédelem

Szükség van 3 fázisos túláramvédelemre AC területen is. Ennek biztosítását kismegszakítóval oldjuk meg. Méretezésnél az Inverter maximális áramát veszem alapul, melyre 10%-os többletet számolok. Az így kapott érték $10,1 \text{ A} + 1,01 \text{ A} = 11,11 \text{ A}$. Ebből következően megfelelő választás lehet a Schneider Electric Activit9 iC60H MCB „C” típusú 16 A-es 3 pólusú kismegszakítója. Főelosztó szekrényben egy 16 Amperes 3 pólusú „B” karakterisztikájú kismegszakítót alkalmazunk, így a védelmi lépcső is adott. [21] [8] [31]

4.5.7 AC-oldali leválasztó kapcsoló

Mivel az inverter biztosítja a DC oldali leválasztást, ezért csak az AC oldal leválasztását kell beépítenünk. A beépített eszköz a Scneider electric által gyártott RESI9 típusú 3 pólusú 25 A-es szakaszolókapcsoló. A berendezés kapcsolási árama meghaladja az Inverter AC oldali kimeneti áramát, így a billenőkapcsolóval biztonságosan lekapcsolhatjuk rendszerünket a főelosztóról. [21] [8] [31]

4.6 Rendszerhez szükséges villamos kábelek méretezése

A napelemek állandó, üzembiztos működtetésében nagy szerepet kapnak a speciális villamos kábelek, melyek részletezése és méretezése alább kerül kifejtésre.

4.6.1 Egyenfeszültségű kábelek

Az új technológia fejlődésével a kialakult feltételeknek való megfelelés érdekében a villamos kábelek körében is fejlesztésre volt szükség. Az állandó UV sugárzás, szélsőséges időjárás, állati kártevők, mind speciális igénybevételek. Létrejötték a szolár kábelek eleget téve a kialakult igényeknek, rézhuzal vezetővel (gyakran ónozott) ellátott, speciális térhálósított, rugalmas műanyagból készült kábelköpennyel. A szolár kábelek kettős szigeteléssel rendelkeznek, de gyakori az ezen felüli gége-, vagy egyéb mechanikusan védő csövek alkalmazása. Szolár kábelek általános jellemzői [32]:

1. magas hőmérséklettűrési tartomány (-40...+90 °C)
2. kiváló UV állóság
3. $U_{max\ DC}$: 1,8 kV
4. kimagasló mechanikai szilárdság, időjárás és vegyszer állóság (sós víz, pára, savas eső stb.).

A DC oldali kábelek méretezéséhez szükséges adatok többségével a korábbi elemzések során már találkoztunk. Ebből következően [14] [15]:

5. Kábelhossz megadása: $l \approx 15 \text{ m}$
6. Névleges feszültség: $U_n = \text{Stringben lévő napelem panel [db]} * \text{Napelem névleges feszültsége [V]}$
7. $U_n = 9 * 39,3 = 353,7 \text{ V}$
8. PV modul zárlati árama: $I_{sc} = 11,14 \text{ A}$
9. Szolár kábel névleges árama: $I_0 = 42 \text{ A (4 mm}^2\text{)}$
10. Megengedhető maximális feszültség esés: $\varepsilon = 1\%$
11. Vezető fajlagos ellenállása: $\rho_{\text{réz}} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Mértékadó feszültségesés számolása:

$$e' = \frac{\varepsilon * U_n}{100 * 2} = \frac{1 * 353,7}{100 * 2} = 1,77 \text{ V}$$

Mértékadó feszültség esés meghatározását követően kiszámolható, a minimális vezeték keresztmetszet.

$$A = \frac{\rho_{\text{réz}} * l * I_n}{e'} = \frac{0,0178 * 15 * 10,56}{1,7685} = 1,59 \text{ mm}^2$$

DC kábeleket zárlati áramra (I_z) is méretezni kell:

$$I_z = 0,57 * 0,9 * 0,91 * I_0 = 0,57 * 0,9 * 0,91 * 42 = 17,886 \text{ A}$$

Ahol, 0,57 a szorzó a 2 II kábel miatt, 0,9 szorzó a védőcső miatt, 0,91 szorzó a $+70^\circ\text{C}$ működés miatt. I = szolár kábel zárlati árama.

$$I_z > I_b$$

$$I_b = 1,25 * I_{sc} = 1,25 * 11,14 \text{ A} = 13,925 \text{ A}$$

Ahol I_b a szolár kábel árama, I_{sc} a PV modul zárlati árama.

$$17,886 \text{ A} > 13,925 \text{ A}$$

Mivel $I_z > I$, ezért a 4 mm^2 keresztmetszetű kábel megfelelő. [21]

Feszültség esés alapján $2,5 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű szolár kábel is megfelelő lenne. Azonban terhelési áram miatt nagyobb keresztmetszetű vezetéket választok, valamint a rendszer többi részét is úgy méreteztük, hogy bővítési lehetőség megmaradjon. Szempont továbbá, hogy szolár kábelek 4 mm^2 keresztmetszettől vannak forgalomban. Ezért én 4 mm^2 keresztmetszetű H1Z2Z2-K típusú fekete, illetve piros kábelt választok (15. ábra). A típus halogénmentes, kültéri fektetésre alkalmas és EN 60332-1-2 lángálósági bizonyítvánnyal rendelkezik. Adatlap szerinti feszültség szint $1/1 \text{ kV}_{ac}$ $1,5/5 \text{ kV}_{cc}$, valamint 42 A enekénti terhelhetőséggel bír. [33]



15. ábra: H1Z2Z2-K típusú szolár kábel [33]

4.6.2 Váltakozó áramú kábelek

Az egyenáramú kábelek méretezése után foglalkozunk az AC oldalú vezetékekkel is. A rendszerünk három fázison fog üzemelni, ezért 5 érrel ellátott kábelre van szükségünk. A kábelben három fázisvezető (L1, L2, L3), nullavezető (N), és védővezető (PE) helyezkedik el. Kábel keresztmetszet kiszámításához szükség van a számítási adatok összegyűjtésére [14] [15]:

- Kábelhossz megadása: $l \approx 10 \text{ m}$
- Névleges feszültség: $U_n = 400/230 \text{ V}$
- Névleges inverter teljesítmény: 7000 W
- Inverter maximum hatásfoka: $\eta_{\max} = 97,6 \%$

- Vezető fajlagos ellenállása: $\rho_{\text{réz}} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
- Maximális AC áram: 10,1 A

Megengedhető feszültség esés százalékos értéke: $\varepsilon = 1\%$, mivel PV rendszer termelő berendezés, ezért folyamatos áramellátást biztosít. A magas megengedhető feszültségesés ezáltal nagyobb veszteséget eredményezne. Továbbá MSZ 447 alapján a mért csatlakozóvezeték és méretlen fővezetékek együttes feszültségesése nem haladhatja meg a 2%-ot.

Mértékadó feszültségesés meghatározása háromfázisú négyvezetékes táplálásra:

$$e' = 0,75 * \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_n}{\sqrt{3}} = 0,75 * \frac{1}{100} * \frac{400}{\sqrt{3}} = 1,73 \text{ V}$$

Maximális AC áram ellenőrzése:

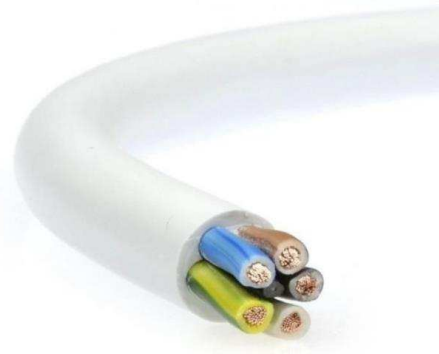
$$I_{\text{max}} = \frac{P * \eta_{\text{max}}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{7000 * 0,976}{\sqrt{3} * 400} = 9,861 \text{ A},$$

katalógus adattal nagyságrendileg megegyezik.

Vezető keresztmetszetének kiszámítása:

$$A = \frac{\rho_{\text{réz}} * l * I_{\text{max}}}{e'} = \frac{0,0178 * 10 * 10,1}{1,732} = 1,556 \text{ mm}^2$$

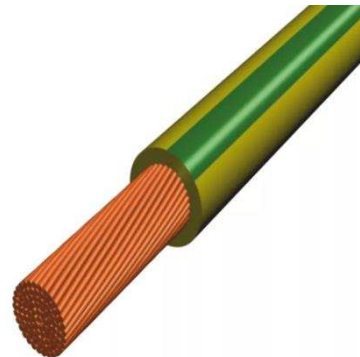
Számítások alapján ugyancsak elegendő lenne $1,5 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kábel alkalmazása, de a bővítési lehetőség megőrzése érdekében nagyobb keresztmetszetű, $2,5 \text{ mm}^2$ vastagságú kábelt választok. Az MT kábel megfelelő erre a célra. A pontos típusa NYM-J 5G2,5 mm^2 (16. ábra). Ez a fajta kábel széleskörben elterjedt, Környezeti hőmérsékletet $-40...+70 \text{ }^\circ\text{C}$ tartományban tűri. Lángállósági megfelelése IEC 332-1. [19]



16. ábra: MT NYM-J Váltakozó áramú kábel [19]

4.6.3 Földelőberendezések és védővezetők

A védőföldelő kialakításáról az MSZ HD 60364-5-54:2012 szabvány rendelkezik. A dokumentum értelmében legalább 16 mm^2 keresztmetszetű földelővezető használata szükséges, ha villámvédelmi berendezés is része a rendszernek. Potenciálkiegyenlítő csomópont kialakítása is szükséges, a PE sínről 16 mm^2 -es EPH gerincvezetékkel csatlakozunk melybe 6 mm^2 átmérőjű vezetékkel bekötjük a napelem panelokat, AC elosztószekrényt, Inverter EPH pontját, DC elosztószekrényt. Fontos, hogy a PV rendszer fém elemei



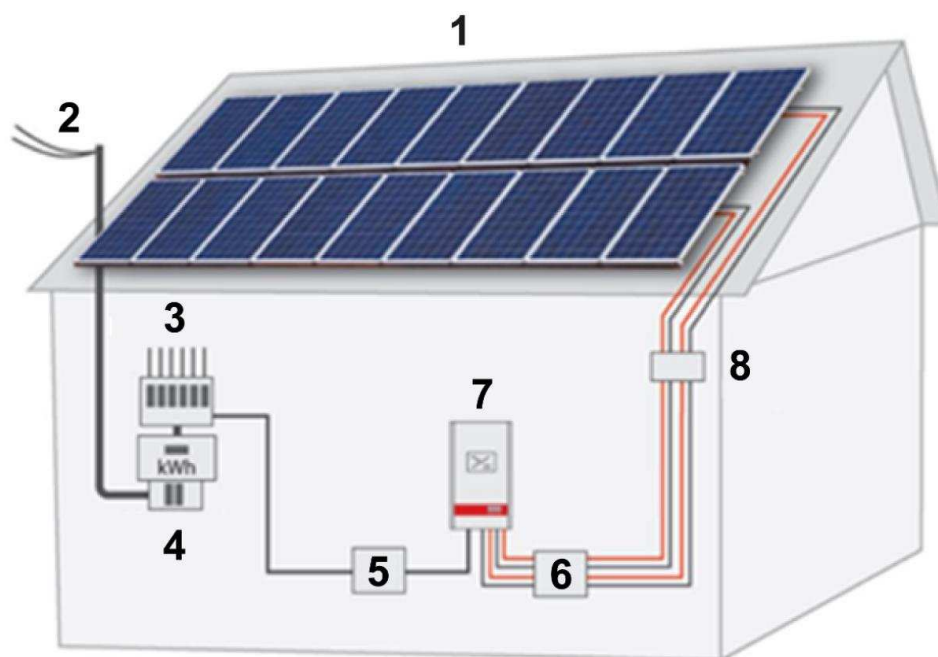
17. ábra: H07V-K típusú földelő vezető [23]

minden esetben csatlakozzanak az EPH gyűjtősínre. A fogyasztásmérő hely közelében kialakított PE pontra csatlakozó D20-as 2 méter hosszú üzemi földelőn kívül, a PV rendszer mellett is elhelyezünk egy azonos földelőt a biztos elvezetés érdekében. Általán választott földelővezető, illetve EPH vezeték típusa H07V-K 1×16 , illetve $1 \times 6 \text{ mm}^2$ (17. ábra) ugyancsak gyakran használt kábeltípus. [23] [24] [25]

4.7 PV rendszer hálózati felépítése

Miután kiválasztottunk és méreteztünk minden szükséges alkatrészt, elkészíthetjük a villamos kapcsolását a rendszerünknek. Mielőtt azonban kifejteném, szeretnék kitérni a közcélú hálózatra való csatlakozására, ugyanis hálózatra visszatermelő kialakítást építünk ki. A kisfeszültségű, közcélú elosztóhálózatra való csatlakoztatással foglalkozó szabvány az MSZ 447:2019. Az elosztói szabályzat szerint 2,5 kVA teljesítmény feletti HMKE rendszer csak 3 fázison csatlakozhat a kisfeszültségű hálózatra. A közcélú elosztóhálózati csatlakozás szabadvezetékre történik (18. ábra). A leágazási pont a ház északi részén található, ahonnan az épület szintén északi front oldalán található fogyasztásmérőhelyre csatlakozik. Mérőhelyen a korábbi fogyasztásmérőt oda-vissza számláló mérőre kell cserélni, ezt regisztrált villanyszerelő végezheti, miután meggyőződött a villamos fogyasztásmérő helyének szabványosságáról. A fogyasztásmérő szekrénynek szolgáltató által elfogadott tipizált szekrénynek kell lenni, ahogy az a 2.1-es fejezetben részletezésre került. A hálózati csatlakozás részei:

1. Közcélú elosztóhálózat (szabadvezeték)
2. Leágazási pont
3. Csatlakozóvezeték
4. Csatlakozó főelosztó (csatlakozási pont)
5. Fogyasztásmérőhely
6. Mért fővezeték
7. Felhasználói mért főelosztó
8. Vizsgáló összekötő
9. Földelő (épületalap-földelő)
10. Az ingatlan közterületi határa



19. ábra: HMKE rendszer felépítése [11]

A 19. ábra magyarázó pontjai:

1. PV modulok
2. Közcélú hálózatra csatlakozás
3. Fogyasztói leágazások
4. Oda-vissza számláló (Ad-vesz) fogyasztásmérő
5. AC-oldali csatlakozó doboz
6. DC-oldali csatlakozó doboz
7. Inverter
8. DC-oldali tűzeseti leválasztó kapcsoló

5. Megtérülés

A rendszer megtérülésének kiszámításához szükség van a tervezett elemek 2021. novemberi árainak összegzésére (6. táblázat). Mivel tényleges szerelés nem történik, ezért a rögzítőszerkezetre és kábelezésre közelítő összeget számolunk.

6. táblázat: Felhasznált berendezések (saját táblázat)

Berendezés	Mennyiség (db)	Darabonkénti ár (Ft)	Teljes ár (Ft)
Canadian Solar CS3W 415P	18	68.595 Ft	1.234.710 Ft
Fronius Symo 7.0.3-M	1	687.051 Ft	687.051 Ft
DEHN DG M TNS CI 275 FM	1	96.548 Ft	96.548 Ft
DEHNcube DCU YPV SCI 1000 2M	1	84 826 Ft	84 826 Ft
Santon 4P DFS-14-MC4, DC tűzeseti leválasztó kapcsoló, aut. visszaállítás	1	80.640 Ft	80.640 Ft
Schneider electric ACTI9 iID, B-SI osztályú 4 pólusú, 25 A, 30 mA	1	115.524 Ft	115.524 Ft
Scneider electric RESI9 típusú 3 P /25 A szakaszolókapcsoló	1	19.352 Ft	19.352 Ft
Schneider Electric Activit9 iC60H MCB „C” típusú 16 A/3P	1	9.181 Ft	9.181 Ft
Tartószerkezet PV Alu rögzítés ferde tetőre	1	250.000 Ft	250.000 Ft
Szerelési anyagok (AC, DC nyomvonal, kábelek, EPH, védőcső, segédanyag)	1	50.000 Ft	50.000 Ft

Összegezve az árakat mellőzve a tervezés, ügyintézés és kivitelezési munkák költségeit: **2.627.832 Ft.**

A készülékek árai, kiskereskedelmi árak, beszerzéstől függően lehet változás. A kalkuláció csak nagyságrendi összegeket tartalmaz.

Jelen esetünkben az éves várhatóan termelt villamosenergia mennyiség 8064 kWh, melynek értéke: 14 Ft/kWh kedvezménnyel, vagy 38 Ft/kWh normál díjelszámolással.

Ezáltal a megtérülés:

$$t_{\text{megtérülés}} = \frac{TC}{E_{\text{megtermelt}} * C_{\text{energia}}} = \frac{2.627.832 \text{ Ft}}{8064 \text{ kWh} * 14 \text{ Ft}} = 23,276 \text{ év}$$

TC: Teljes beruházási költség [Ft]

$E_{\text{megtermelt}}$: A napelemes rendszer által egy év alatt megtermelt energia [kWh/év]

C_{energia} : 1 kWh villamos energia ára kedvezménnyel [Ft/kWh]

Amennyiben a villamosenergia nem kedvezményes formában lenne jelen a családházban.

záltal a megtérülés:

$$t_{\text{megtérülés}} = \frac{TC}{E_{\text{megtermelt}} * C_{\text{energia}}} = \frac{2.627.832 \text{ Ft}}{8064 \text{ kWh} * 38 \text{ Ft}} = 8,575 \text{ év}$$

TC: Teljes beruházási költség [Ft]

$E_{\text{megtermelt}}$: A napelemes rendszer által egy év alatt megtermelt energia [kWh/év]

C_{energia} : 1 kWh villamos energia ára [Ft/kWh]

Összegezve a PV rendszer telepítése nem egy pozitív energetikai beruházás, míg a villamosenergiáért kedvezményes árat fizetnek az épületben lakók. Azonban, ha ez valamilyen okból kifolyólag megszűnne, akkor a beruházás 9 év alatt megtérülne, mely már megfontolandó lépés lenne az épület jobb energiafelhasználásához.

Összefoglalás

A szakdolgozatom témakörének az kisméretű napelem erőműveket választottam. A témaválasztás során több szempontnak szerettem volna megfelelni, mint például energetikai vonatkozású legyen, széleskörben ismert tárgy legyen, valamint egy olyan technológia/téma legyen, mely napjainkban is alkalmazható, esetleg innovációs terület. Ennek fényében, diplomamunkám a téma szakirodalmi elemzésével, technológiák ismertetésével zajlott, hogy majd a későbbiekben ezekre az alapokra hivatkozhattam az elméleti HMKE tervezés során. A munkám közben elhelyeztem a villamosenergia-rendszerben, valamint ismertettem a PV rendszerek elterjedésének okainak egy részét. Ezt követően a kisüzemű napelemes rendszerek technológiai megvalósításait, elemeit igyekeztem ismertetni. Technológiai boncolgatást a napelemek felépítésével kezdtem, kitérve az egyes típusokra. Invertereket általánosan ismertetve, igyekeztem elegendő fajtát bemutatni a teljesítményelektronikai eszköz típusai közül. Ezt folytatva a megtermelt energia tárolásának problémájára mutattam rá, illetve megoldási opciókat fejtettem ki. Mint elengedhetetlen eszközök, nem hagyhattam ki pár védelmi megvalósítás, eszköz említését sem, így került szó többek közt a villámvédelemről, érintésvédelemről, túlfeszültség-védelemről. Miután a technológiák egy szeletét ismertettem rátértem a napelem telepítéshez szükséges alapokhoz, itt többnyire szolgáltatói, illetve állami szabályozásokat, lépéseket részleteztem. Továbbá megtérülési becslést is szemléltettem napelemes HMKE szintjén, mivel a következő projektben ezt szeretném kifejteni. Utolsó tárgyalási részként pedig a korábban feltárt technológiák segítségével egyedi HMKE rendszert terveztem. A szakdolgozatom során nem tudtam minden lehetséges technológiára, illetve felhasznált alkatrészre, programra, szabványra, jogszabályra kitérni. Az általam kidolgozott munka során egy átfogó képet szerettem volna kialakítani a témában, olyan formában, hogy azt egy nem szakértő személy is elsajátíthassa, bővíthesse a kisüzemű napelemes rendszerekben eddig szerzett tudását.

Summary

I chose small-scale solar power plants as the topic of my thesis. During the choice of the topic, I wanted to meet several aspects, it should be energy-related, it should be a widely known subject, it should be a technology / topic that can be applied nowadays, possibly an area of innovation. In the light of this, my dissertation was carried out with an analysis of the topic in the literature and a description of technologies, so that I could later refer to these foundations in the theoretical small-scale PV design. During my thesis, I placed it in the power system as well as explain some of the reasons for the proliferation of PV systems. After that, I tried to describe the technological implementations and elements of small-scale solar systems. I started with a technological dissection by building solar panels, covering each type. In general, I have tried to present a sufficient variety of types of power electronic devices. I pointed this out to the problem of storing the produced energy and explained solution options. As essential tools, I couldn't miss a few protection implementations, not to mention lightning protection, touch protection and surge protection. After describing a slice of the technology, I turned to the basics needed to install a solar cell, and here I detailed most of the state regulations as well as state regulations. I also looked at a return estimate on a solar small-scale PV grade, and since I would like to explain this in my next project. As a final part of the discussion, I designed a unique small-scale PV system using the previously explored technologies. During my dissertation I could not cover all possible technologies and used parts, programs, standards and legislation. During the work I developed, I wanted to form a comprehensive picture of the topic, in a form that could be mastered by a non-expert person, to expand the knowledge I have gained so far about small-scale solar systems.

Irodalomjegyzék

- [1] Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA), <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>
- [2] MTA, Köztestületi Stratégiai Programok, Megújuló energiák hasznosítása 2015
<http://old.mta.hu/data/HIREK/energia/energia.pdf>
- [3] Enercharger.hu: Napelemes rendszer költségei és finanszírozása.
<https://www.enercharger.hu/napelemes-rendszer-koltsegei-es-finanszirozasa/>
- [4] 2007. évi LXXXVI. törvény: Értelmező rendelkezések 3. § 24.
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv>
- [5] E.ON AG <https://www.eon.hu/hu/hmke/tudnivalok.html> (2020)
- [6] MVM hálózat: Háztartás méretű kiserőművek.
<https://www.mvmhalozat.hu/aram/oldalak/1644>
- [7] E.On.hu: Rendszerengedélyezett tipizált fogyasztásmérőhelyek.
https://energia.eon.hu/araminfo_muszakiinfo_uj.php?id=Muszaki_informaciok
- [8] MNSZ.hu: Háztartás méretű kiserőművek engedélyezés
<https://www.mnnsz.hu/haztartasi-meretu-kiseromuvek-hmke-engedelyezes/>
- [9] Az inverter feladata és kiválasztása hálózatra csatlakozó napelemes rendszerekben - Naplopó Kft. (naplopo.hu)
- [10] Dehn.hu: Túlfeszültség-korlátozók. <https://www.dehn.hu/store/p/hu-DE/F31262/dehnguard-modular-be-p-tett-el-t-t-biztos-t-val>
- [11] Symatic.hu: Hálózatra csatlakozó napelemes rendszerek felépítése.
<https://sysmatic.hu/a-halozatra-csatlakozo-napelemes-rendszerek-felepitesi/>
- [12] Innovativnapelem <https://innovativnapelem.hu/hogyan-szamoljuk-ki-a-napelem-rendszer-teljesitmenyet.html>
- [13] Photovoltaic Geographical Information System
<https://ec.europa.eu/jrc/en/PVGIS/tools/pv-grid>
- [14] Dr. Novothny Ferenc (Phd) [2010]: Villamos energetika I. Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest. (ÓE KVK 2050)

- [15] Dr. Novothny Ferenc (Phd) [2010]: Villamos energetika I. Példatár, Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest. (ÓE KVK 2051)
- [16] Canadian Solar HiKu CS3W-P adatlap. https://www.canadiansolar.com/wp-content/uploads/2019/12/Canadian_Solar-Datasheet-HiKu_CS3W-P_EN.pdf
- [17] Napelemnagyker.hu <https://napelemnagyker.hu/kinalat/k2-microrail-csm-10-25/>
- [18] Fronius.com [Fronius Symo 7.0-3-M](https://www.fronius.com/en/products/solar-inverters/symo-703-m)
- [19] ElektriKstore.hu: MT-H05VV-F <https://elektriKstore.hu/MT-H05VV-F-5x4-mm2-100-fm-kiszereles-feher-sodrott-rez-PVC-szigetelesu-300-500V-kabel>
- [20] 54/2014. (XII. 5.) B[5M rendelet Országos Tűzvédelmi szabályzat +mellékletek <https://drive.google.com/file/d/1sVWv2ILvJ6Btg2SGzNwL0uYQY1gYbMf2/view> (2020)
- [21] Magyar Mérnöki Kamara Elektrotechnikai Tagozat: Megújuló energiatermelő rendszerek Napelemes erőművek PPT. https://www.e-villamos.hu/files/cikk4924_MMK_ELT_FAP_5_1_2014_MEGUJULO_ENERGIA_NAPELEMES_RENDSZEREK.PDF
- [22] Védelmi javaslat Tetőre telepített napelemes rendszerek villám- és túlfeszültség-védelme, DEHN https://www.dehn.hu/sites/default/files/media/files/wp018_hu_pv_system_roof_lq.pdf (2014)
- [23] kazanwebshop.hu: H07V-K 450/750V 1x16mm² https://www.kazanwebshop.hu/spd/H07V-K-059/H07V-K-450-750V-1x16mm2-hajlekony-vezetek-z-s-PVC?gclid=EAIaIQobChMIyLz2uKiQ9AIVUgOLCh2_4QH6EAYYASABEGItZPD_BwE
- [24] Ráttai Attila: MSZ HD 60364-5-54:2012 Földelőberendezések és védővezetők I. <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2015/aprilis/3599-foldeloberendezesek-es-vedo-vezetok>

- [25] Ráttai Attila: MSZ HD 60364-5-54:2012 Földelőberendezések és védővezetők II. <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2015/majus/3640-msz-hd-60364-5-54-2021-foldeloberendezesek-es-vedovezetok-ii>
- [26] Napelemrendszer.info: Napelem inverter.
<https://napelemrendszer.info/napelem-inverter.html>
- [27] Villanszerelők lapja: A napelemes erőművek gyakorlati problémái.
<https://www.villanylap.hu/lapszamok/2012/oktober/1945-a-napelemes-ermvek-gyakorlati-problemai>
- [28] MNSZ.hu A napelemes rendszerek veszélyforrásai és azok kiküszöbölése.
<https://www.mnnsz.hu/a-napelemes-rendszerek-veszelyforrasai-es-azok-kikuszobolese/>
- [29] E.on.hu: Alkalmazható inverterek listája. alkalmazhato-inverterek-listaja.pdf (eon.hu)
- [30] NapelemMarket.hu: Santon tűzvédelmi kapcsoló 4P DFSHP-14 MC4
Santon tűzvédelmi kapcsoló 4P DFSHP-14 MC4 - Villamossági szerelvények - A Napelem Webáruház (napelemmarket.hu)
- [31] Schneider Electric Magyarország | Az energiamenedzsment szakértője (se.com)
- [32] A szolár kábelekről (villanylap.hu)
- [33] Elektrikstore.hu: Szolár kábel (H1Z2Z2-K) <https://elektrikstore.hu/Szolar-kabel-H1Z2Z2-K-1-x-4-fekete-sodrott-onozott-rez-UV-allo-kulteri-halogenmentes->

Ábrajegyzék

1. ábra: Beruházási költség megoszlás [3]	7
2. ábra: Vizsgált családi ház (saját ábra)	9
3. ábra: Villamos fogyasztásmérő és lakáselosztók (saját ábra)	10
4. ábra: EON éves villanyszámla (E.ON saját számla)	15
5. ábra: Photovoltaic Geographical Information System [13]	18
6. ábra: Számított értékek [13]	18
7. ábra: Számított termelési adatok [13]	20
8. ábra: Canadian Solar [16]	22
9. ábra: K2 vállalat [17]	24
10. ábra: MicroRail 10/25 CSM [17]	25
11. ábra: Fronius Symo 7.0.3-M [18]	26
12. ábra: Fronius Symo jelleggörbe [18]	28
13. ábra: Túlfeszültség-korlátozók elhelyezése [8]	29
14. ábra: DEHNguard AC túlfeszültség-korlátozó [10]	30
15. ábra: H1Z2Z2-K típusú szolár kábel [33]	34
16. ábra: MT NYM-J Váltakozó áramú kábel [19]	36
17. ábra: H07V-K típusú földelő vezető [23]	36
18. ábra: Közcélú hálózatra való csatlakozás (MSZ 447:2019 B1. ábra)	38
19. ábra: HMKE rendszer felépítése [11]	39

Táblázatjegyzék

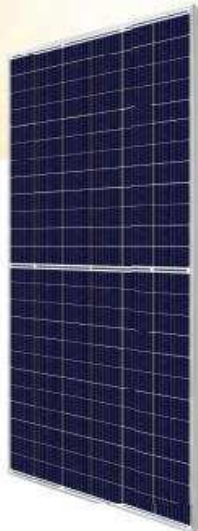
1. táblázat: Első számú áramkör fogyasztói (saját táblázat)	12
2. táblázat: Második számú áramkör fogyasztói (saját táblázat).....	13
3. táblázat: Harmadik számú áramkör fogyasztói (saját táblázat).....	14
4. táblázat: CS3W-415P napelem panel számítási paraméterei (saját táblázat).....	23
5. táblázat: Fronius Symo 7.0-3-M inverter táblázatos adatai (saját táblázat)	28
6. táblázat: Felhasznált berendezések (saját táblázat)	40

Mellékletek

1.sz melléklet [16]







HiKu

SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE
395 W ~ 420 W
CS3W-395 | 400 | 405 | 410 | 415 | 420P

MORE POWER

-  24 % higher power than conventional modules
-  Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 2.7 % lower system cost
-  42°C Low NMOT: 42 ± 3 °C
Low temperature coefficient (Pmax): -0.36 % / °C
-  Better shading tolerance

MORE RELIABLE

-  Lower internal current, lower hot spot temperature
-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 3600 Pa*

25
years

linear power output warranty*

12
years

enhanced product warranty on materials and workmanship*

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / KS / INMETRO
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way





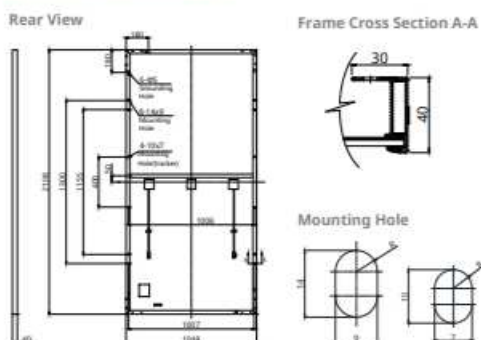


* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

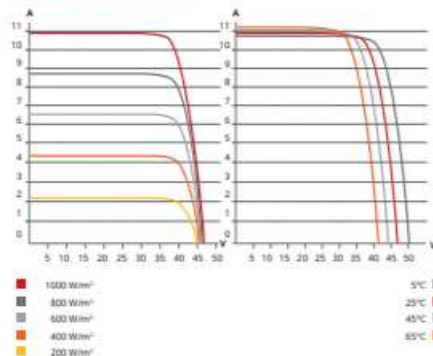
* For detail information, please refer to Installation Manual.

CANADIAN SOLAR INC.
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3W-400P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (P _{max})	395 W	400 W	405 W	410 W	415 W	420 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V	39.5 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	10.26 A	10.34 A	10.42 A	10.49 A	10.56 A	10.64 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	47.0 V	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V	48.0 V
Short Circuit Current (I _{sc})	10.82 A	10.90 A	10.98 A	11.06 A	11.14 A	11.26 A
Module Efficiency	17.9%	18.1%	18.3%	18.6%	18.8%	19.0%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	20 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ +10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (P _{max})	294 W	298 W	302 W	305 W	309 W	313 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	35.8 V	36.0 V	36.2 V	36.4 V	36.6 V	36.8 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	8.21 A	8.27 A	8.33 A	8.39 A	8.45 A	8.51 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	44.1 V	44.3 V	44.5 V	44.7 V	44.9 V	45.1 V
Short Circuit Current (I _{sc})	8.73 A	8.79 A	8.86 A	8.92 A	8.99 A	9.08 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 40 mm (83.0 X 41.3 X 1.57 in)
Weight	24.9 kg (54.9 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-); landscape: 1400 mm (55.1 in); leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.36 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.28 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

May 2020. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V5.591_EN

2.sz melléklet [18]

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

FRONIUS SYMO

A kisméretű háromfázisú inverter a maximális rugalmasság biztosításához





SnapInverter-
technológia



Integrált adatkom-
munikáció



Dynamic Peak
Manager



Smart Grid
Ready



Superflex
Design



Zero Feed-in

A 3,0 kW-tól 20,0 kW-ig terjedő teljesítményével a transzformátor nélküli Fronius Symo az ideális választás minden rendszermérethez. A Superflex design-nak köszönhetően a Fronius Symo kanyargós és több irányú tetőre is ideális választás. Az alapfelszerelés része a vezetékes, vagy vezeték nélküli internet csatlakozási lehetőség, illetve a harmadik fél eszközeinek támogatása, így téve a Fronius Symo-t a piacon elérhető legkommunikatívabb eszközzé.

A FRONIUS SYMO MŰSZAKI ADATAI (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

BEMENETI ADATOK	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
MPP-Tracker száma		1			2	
Max. bemeneti áram ($I_{dc, max, 1} / I_{dc, max, 2}$)		16,0 A			16,0 A / 16,0 A	
Modulmax max. rövidzárlati áramerőssége (MPP1 / MPP2) ¹⁾		24,0 A			24,0 A / 24,0 A	
Bemeneti feszültség DC ($U_{dc, min} - U_{dc, max}$)			150 - 1000 V			
Betáplálási induktivitás ($L_{dc, stat}$)			200 V			
Használható MPP feszültségtartomány			150 - 800 V			
DC-csatlakozók száma		3			2+2	
Max. PV generátorteljesítmény ($P_{dc, max}$)	6,0 kW _{peak}	7,4 kW _{peak}	9,0 kW _{peak}	6,0 kW _{peak}	7,4 kW _{peak}	9,0 kW _{peak}

KIMENETI ADATOK	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Névleges AC teljesítmény ($P_{ac, n}$)	3,000 W	3,700 W	4,500 W	3,000 W	3,700 W	4,500 W
Max. kimeneti teljesítmény	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA
AC-kimeneti áram ($I_{ac, max}$)	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Hálózati csatlakozás (feszültségtartomány)			3-NPE 400 V / 230 V oder 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frekvencia			50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Torlissági tényező			< 3 %			
Teljesítménytényező ($\cos \phi_{ac, n}$)		0,70 - 1 ind. / cap.			0,85 - 1 ind. / cap.	

ALTA LÁNOS ADATOK	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Méret (Magasság x Szélesség x Mélység)			645 x 431 x 204 mm			
Súly		16,0 kg			19,9 kg	
SIP-védettség			IP 65			
Érintésvédelmi osztály			1			
Tűlfeszültség besorolás (DC / AC) ²⁾			2 / 3			
Építési fogyasztás			< 1 W			
Inverter koncepció			Transzformátor nélküli			
Hűtés			Szabályozott légűtés			
Felszerelés			Beltéri és kültéri felszerelés			
Környezeti hőmérséklet tartomány			-25 - +60 °C			
Megengedett páratartalom			0 - 100 %			
Max. tengerszint feletti magasság			2,000 m / 3,400 m (Korlátozás nélküli / korlátozott feszültségtartomány)			
DC csatlakozás technológia		3x DC+ és 3x DC- sorkapocs 2,5 - 16 mm ³⁾		4x DC+ és 4x DC- sorkapocs 2,5 - 16 mm ³⁾		
DC csatlakozás technológia		5 pólusú AC sorkapocs 2,5 - 16 mm ³⁾		5 pólusú AC sorkapocs 2,5 - 16 mm ³⁾		
Tanúsítványok és megfelelés a szabványoknak		DVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0136-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, 683/2, UNE 206600-1, SI 4777 ⁴⁾ , CEI 0-21 ⁵⁾ , NRS 091 ⁶⁾				

¹⁾ A Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M és 4.5-3-M esetükre vonatkozik. ²⁾ Az IEC 62109-1 szabvány szerint.

³⁾ 16 mm³⁾ esetén, érvényhüvelyek nélkül. Az információk az Ön országában történő beszerzésére vonatkozó közlekedési adatokat a www.fronius.com címen találhatja meg.

A FRONIUS SYMO MŰSZAKI ADATAI (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

BEMENETI ADATOK	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
MPP-Tracker száma	2			
Max. bemeneti áram ($I_{dc,max1}$ / $I_{dc,max2}$)	16,0 A / 16,0 A			
Modulmező max. rövidzárlati áramerőssége (MPP1/MPP2)	24,0 A / 24,0 A			
Bemeneti feszültség DC ($U_{dc,min}$ - $U_{dc,max}$)	150 - 1000 V			
Betáplálási indulófeszültség ($U_{dc,ind}$)	200 V			
Használható MPP feszültségtartomány	150 - 800 V			
DC-csatlakozók száma	2+2			
Max. PV generátor teljesítmény ($P_{dc,max}$)	10,0 kW _{peak}	12,0 kW _{peak}	14,0 kW _{peak}	16,4 kW _{peak}

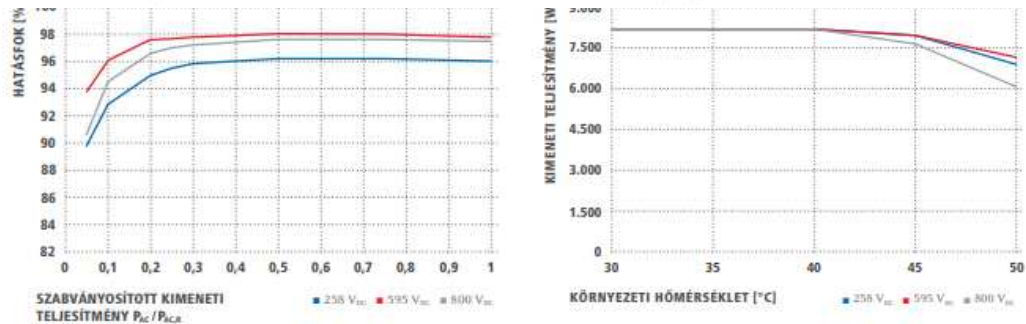
KIMENETI ADATOK	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Névleges AC teljesítmény ($P_{n,ac}$)	5.000 W	6.000 W	7.000 W	8.200 W
Max. kimeneti teljesítmény	5.000 VA	6.000 VA	7.000 VA	8.200 VA
AC-kimeneti áram ($I_{ac,max}$)	7,2 A	8,7 A	10,1 A	11,8 A
Hálózati csatlakozás (feszültségtartomány)	3-NPE 400 V / 230 V vagy 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frekvencia	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Torzítási tényező	< 3 %			
Teljesítménytényező (cos $\phi_{ac,r}$)	0,93 - 1 ind. / cap.			

ÁLTALÁNOS ADATOK	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Méretek (Magasság x Szélesség x Mélység)		645 x 431 x 204 mm		
Súly		19,9 kg		21,9 kg
SIP-védettség			IP 65	
Erőntésvédelmi osztály			1	
Tűlfeszültség besorolás (DC / AC) ¹⁾			2 / 3	
Építkezési fogyasztás			< 1 W	
Inverter koncepció		Transzformátor nélküli		
Hűtés		Szabályozott levegőtér		
Felügyelet		Belső és külső felügyelet		
Környezeti hőmérséklet tartomány		-25 - +60 °C		
Megengedett páratartalom		0 - 100 %		
Max. tengerszint feletti magasság		2.000 m / 3.400 m (korlátozás nélkül) / korlátozott feszültségtartomány		
DC csatlakozás technológia		4x DC+ és 4x DC sorkapocs 2,5 - 16mm ²⁾		
AC csatlakozás technológia		5 pólusú AC sorkapocs 2,5 - 16mm ²⁾		
Tanúsítványok és megfelelés a szabványoknak		DVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, GB312, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097		

¹⁾ Az IEC 62109-1 szabvány szerint.

²⁾ 16 mm²-nél kisebb átmérővel rendelkezők.

Az inverternek az Ön országában történő beszerzéséhez vonatkozó közelebbi adatokat a www.fronius.com címen találhatja meg.



A FRONIUS SYMO MŰSZAKI ADATAI (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

HATÁSFOK	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Max. hatásfok	98,0 %			
Európai hatásfok (η _{EU})	97,3 %	97,5 %	97,6 %	97,7 %
MPP (üzemi) hatásfok	> 99,9 %			

SVÉDELMI ESZKÖZÖK	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
DC szigetelésellenőrzés	Igen			
Visszafűtés túlterheléskor	Munkaponttelítés, teljesítmény korlátozás			
DC leválasztó kapcsoló	Igen			
Pólusfelcserélés elleni védelem	Igen			

INTERFÉSZEK	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 bemeneti és 4 digitális be-kimenet	Csatlakozás külső világítás, szellőztetés			
USB (A típusú aljzat) ¹⁾	Datalogging, USB stick-ek számára			
2x RS485 (RS45 aljzat) ¹⁾	Fronius Solar Net			
Kimenet üzenetek számára ¹⁾	Energiakezelés (potenciálmérési relékimenet)			
Datalogger és Webserver	Beépítve			
Külső csatlakozó ¹⁾	50 számláló csatlakozó/tűlfeszültség védelem			
RS485	Modbus RTU SunSpec vagy számláló csatlakoztatás			

¹⁾ Light változatban is kapható.

