



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve: Halász Róbert

2021.

Hallgató törzskönyvi száma: T008096/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Halász Róbert

Szakedolgozat száma: SZD21090213453846

Törzskönyvi száma: T008096/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Családi ház villamosenergia-fogyasztásának kiváltása napelemes erőművel

A dolgozat címe angolul: Replacing the electricity consumption of a family house with a solar power plant

A feladat részletezése: 1. Szakirodalom
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: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 15.

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, 2021.12.15.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	6
2.	A HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰ	7
3.	A NAPELEM, MINT ENERGIABEFOGADÓ EGYSÉG BEMUTATÁSA	10
3.1.	A napelemek általános fajtái	12
3.2.	A napelem I-U jelleggörbéje	13
3.3.	A napelem kácsolási lehetőségei és azoknak a tulajdonságai.....	14
4.	AZ INVERTER, MINT ENERGIAÁTALAKÍTÓ EGYSÉG BEMUTATÁSA	16
4.1.	A MPPT modul működésének ismertetése	17
5.	A HÁLÓZATRA CSATLAKOZÁSNAK A MENETE	19
6.	A RENDSZER PARAMÉTEREINEK A MEGHATÁROZÁSA	21
6.1.	A helyszín bemutatása.....	21
6.2.	A napelemek kiosztása	22
6.3.	A becsült éves termelés meghatározása	25
7.	A FELHASZNÁLANDÓ NAPELEM KIVÁLASZTÁSA.....	26
7.1.	A kiválasztott napelem	27
7.2.	A napelem adatlapjáról leolvasott adatok	28
7.3.	A felhasznált napelem kapcsolása	29
8.	AZ ALKALMAZOTT INVERTER KIVÁLASZTÁSA	31
8.1.	A kiválasztott inverter	33
8.2.	Az inverter adatlapjáról leolvasott adatok	34
9.	A FELHASZNÁLANDÓ VEZETÉKEK KIVÁLASZTÁSA ÉS MÉRETEZÉS	36
9.1.	DC oldali vezeték kiválasztása	36
9.2.	AC oldali vezeték kiválasztása	37
9.3.	EPH vezeték kiválasztása	38
10.	A VÉDELMI ESZKÖZÖK KIVÁLASZTÁSA.....	39
10.1.	DC és AC oldali túláram védelmei	39
10.2.	DC és AC oldali túlfeszültség védelem.....	40
10.3.	DC és AC szakaszoló kapcsoló.....	41
10.4.	Tűzvédelem	42
10.5.	Érintésvédelem.....	44
10.5.1.	„Kettős vagy megerősített szigetelés”	45
10.5.2.	DC-IT rendszer vagy más néven önműködő lekapcsolás.....	45

11.	A NAPELEM RÖGZÍTÉSE	46
12.	A RÖGZÍTÉSI ÉS VILLAMOS ANYAGLISTA	47
13.	A RENDSZER EGYVONALAS KAPCSOLÁSI RAJZA	49
14.	KÖLTSÉG TÉRÜLÉSI SZÁMÍTÁSOK TERMELÉSI ADATOK ALAPJÁN	50
15.	ÖSSZEGZÉS.....	53
16.	SUMMARY	54
HIVATKOZÁSOK		55
1.	MELLÉKLET.....	59
2.	MELLÉKLET.....	63
3.	MELLÉKLET.....	65

1. BEVEZETÉS

Napjainkban egyre nagyobb szerepet játszik a villamosenergia-ellátásban a megújuló energiaforrások használata. Ez nem véletlen, hiszen a folyamatosan növekvő technika fejlődés végett egyre több energiára van szükségünk, ezért és a hagyományos, fosszilis energiaforrások csökkenésének a tekintetében új alternatív energiaforrások alkalmazására van szükségünk.

Az egyik ilyen legfontosabb energiaforrás a napenergia. A Nap nem csak a Föld, de az egész Naprendszer egyik legnagyobb energiaforrása, fontos nem csak a mi, emberek mindennapi életéhez, de az állat-, és növényvilág fenntartásában is kulcsszerepet játszik. A napenergia nem csak a legnagyobb, de egyben kimeríthetetlen forrás. Ezért manapság nagy hangsúlyt fektetnek ennek az energiának a kihasználására, amit az egyre bővülő technikai megoldások és gazdasági beruházások is mutatnak. Magyarországon is nagy szerepet játszik a hazai energiatermelésben a napelemes rendszerek létesítése nem csak ipari hanem háztartási szinten is. A telepített háztartási méretű kiserőművek (röviden HMKE) száma évről évre bővül, ami a fejlődő technológiának és nem különben az erre a célra igénybe vehető támogatásoknak köszönhető.

A fentebb említettek tekintetében választottam a szakdolgozatom témájaként egy háztartási méretű kiserőmű tervezésének a bemutatását, amit az Optimum Solar Home System Kft. munkatársaként terveztem. A napelemes rendszernek egy hévízgyörki családi ház a helyszíne, ami az MVM Émász Áramhálózati Kft. elosztói engedélyes területén található. A rendszer célja a háztartás jelenlegi és a későbbiekben az esetleges megemelkedett villamos fogyasztásának a teljes kiváltása. A dolgozatban bemutatásra kerül a napelemes rendszerek működése, felépítése és a hálózatra csatlakozásának a feltételei, ezenkívül a HMKE tervezésének menete, berendezéseinek kiválasztása és méretezése, valamint a rendszer megtérülési idejének a meghatározása.

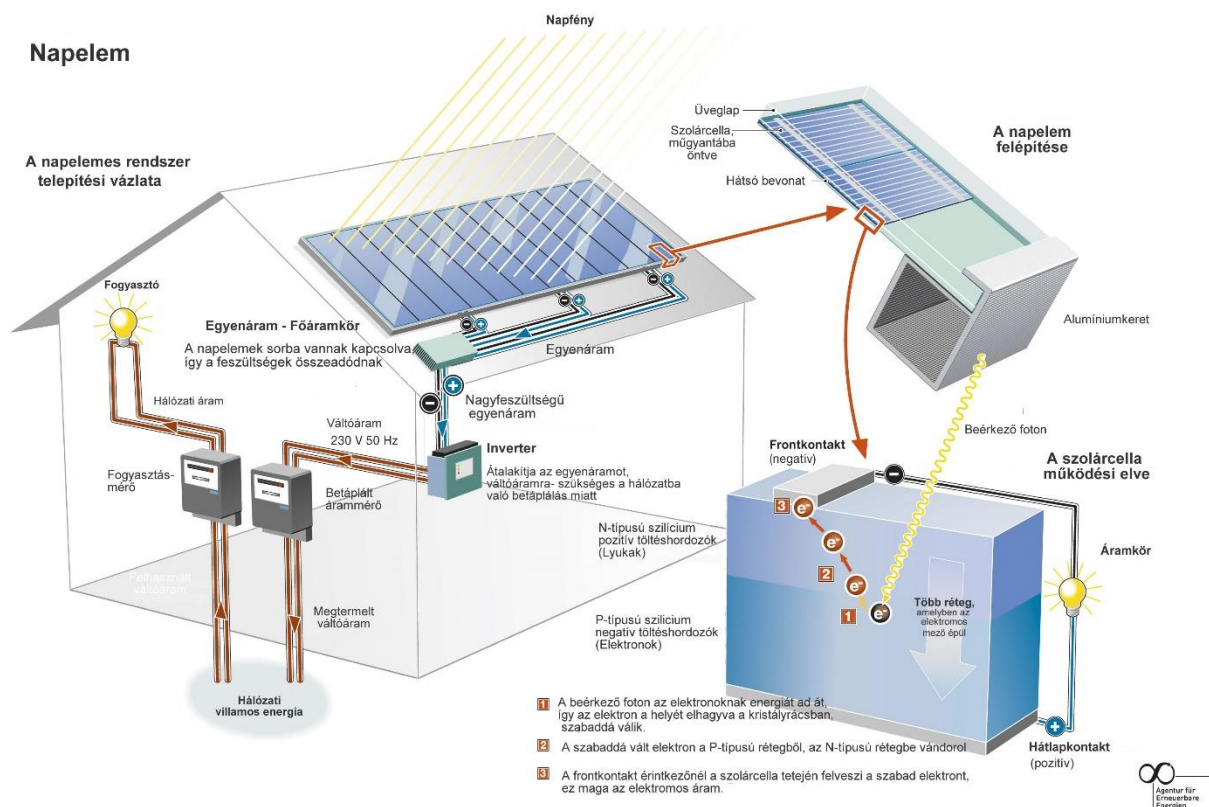
2. A HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰ

A HMKE „olyan kisfeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőmű, melynek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t”. [1]

A napelemes rendszer a napból származó energia begyűjtésére, annak átalakításra, tárolására, a felhasználó általi felhasználásra vagy a szolgáltató felé való továbbításra alkalmazott eszközök, berendezések összesége, a villamos és műszaki alapelveket figyelembe véve.

A működése az alábbiak szerint történik, a napelemek a napból nyert energiát egyenfeszültségen begyűjtik, majd ezt az energiát az inverter átalakítja váltakozó feszültséggé, ami így a fogyasztók által felhasználhatóvá válik. Az 1. ábrán ez a folyamat látható.

A napelemes rendszerek fő célja, hogy a helyben megtermelt villamos energiával kiváltsa a háztartás teljes fogyasztását vagy legalább annak egy részét, hogy kevesebbet kelljen vételezni az áramszolgáltatótól, továbbá, hogy ezzel csökkentse a környezetbe kibocsátott káros anyagokat. [2]



A napelemes rendszer több fő, egységből adódik össze, ezek a következők:

- az energiabefogó: ez a napelem
- az energiaátalakító: ez nem más, mint az inverter, habár a napelem is ide sorolható
- az energia továbbítására szolgáló eszközök: mint kábelek és elosztók
- védelmi eszközök: földelés, érintésvédelemi, villám- és túlfeszültség-védelmi eszközök
- kiegészítő eszközök: úgy mint, a panelek rögzítő elemei, szerelvények, védőcsövek

A rendszerhez felhasznált eszközöket és berendezéseket a megadott célok alapján szükséges kiválasztani, valamint méretezni.

A kisebb méretű, vagyis háztartási méretű erőműveket a villamos hálózattal való kapcsolta alapján háromféle módon használhatjuk energia előállításra.

Az első ilyen alkalmazási módot szigetüzemű rendszereknek nevezzük. Ennek a lényege, hogy a rendszer nem áll kapcsolatban a közcélú hálózattal, független tőle. Az ilyen fajta kivitelű erőművek általában tanyákon, félre eső helyeken szokták alkalmazni, ahol a hálózatra csatlakozás nem lehetséges vagy bonyolult, illetve túl költséges. Mivel a megtermelt villamos energia nem kerül azonnali felhasználásra, így annak tárolására van szükség, amit az erre a célja gyártott akkumulátorokkal oldanak meg.

A másik és a jobban elterjedt alkalmazási mód a hálózatra visszatápláló rendszerek. Az ilyen fajta rendszereknél jelen van kisfeszültségű, közcélú hálózatra csatlakozási lehetőség, így nem szükséges a nagy költséggel járó akkumulátorok alkalmazása, mivel a megtermelt villamos energiát a közcélú hálózatba vissza tudjuk táplálni és onnan ezt ki tudjuk vételezni későbbi felhasználásra. Ennél a rendszernél a napelemmel megtermelt energia fedezi a fogyasztói igényeket addig, míg az megvalósítható. Ha az imént említett igények meghaladják a pillanatnyi termelt mennyiség értékét, akkor a hálózatról, a területi engedélyes áramszolgáltatótól vételez villamos energiát a felhasználó. Ha viszont ennek az ellentétje az eset, amikor a megtermelt energia nagyobb mint, a pillanatnyi fogyasztói igény, akkor a fennmaradt többlet visszatáplálásra kerül a hálózatba.

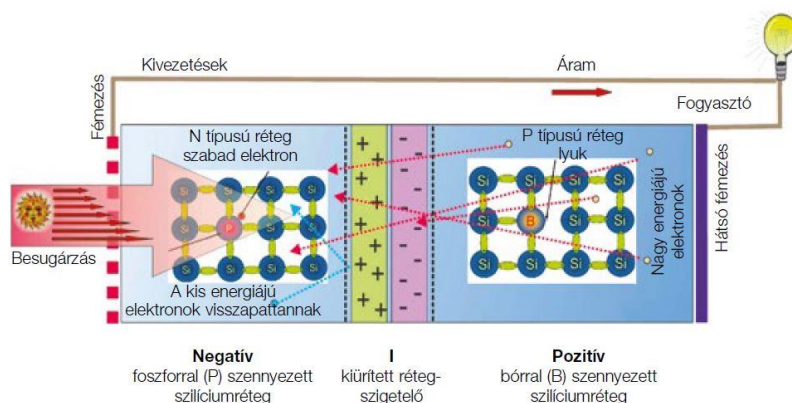
Legvégül az utolsó, harmadik alkalmazási mód az előző két eljárásnak a kombinációja, amit Hibrid üzemű rendszereknek nevezünk. A rendszer itt is a hálózathoz van csatlakoztatva, viszont van beépítve akkumulátor is, így például áramkimaradás idején is képes üzemelni a rendszer és képes ellátni a villamos energiával a háztartást. Ezenfelül, ha a megtermelt energia nem elégíti ki a fogyasztói igényeket, akkor nem csak a hálózathoz, de a már előre megtermelt és az akkumulátorban elraktározott energiából is tud vételezni. Továbbá a többlet termelést az akkumulátorba el tudja tárolni, az akkumulátor kapacitásával egyenértékűen. Ha az feltöltődött és nincs pillanatnyi nagy mértékű fogyasztás a felhasználó által, akkor a fennmaradt energiát vissza tudja táplálni a hálózatba. [2,3,4]

3. A NAPELEM, MINT ENERGIABEFOGADÓ EGYSÉG BEMUTATÁSA

A napelemek a fotovillamos jelenségeket használják, ezért fotovoltaiikus elemeknek is nevezik. Ezeket a jelenségeket úgy hasznosítják, hogy a Nap által sugárzott energiát átalakítják villamos energiává. A napelem panelek működése a fény hatására történik, ami magában foglalja a közvetett és közvetlen napsugárzást, valamint egyéb fényforrásokat is.

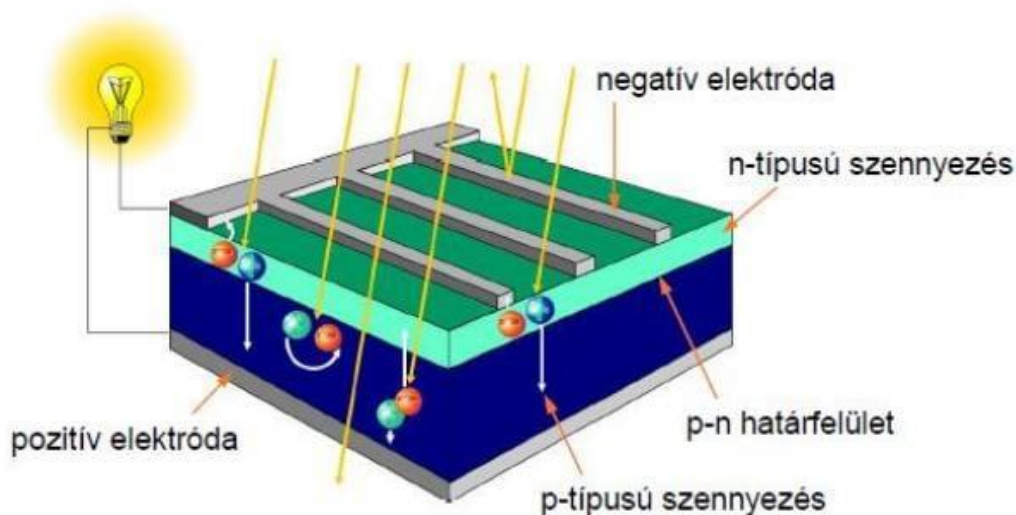
A működése úgy zajlik, hogy a panelekre eső fény, ami elektromágneses sugárzásnak tekinthető a fotovoltaiikus elemekben lévő félvezetőkben szabad töltéshordozókat generál, ennek az lesz a következménye, hogy feszültségkülönbség keletkezik a napelemek elektródáin.

Az alap összetevője a napelem celláknak az a szilícium, a modern fényelemek már többnyire ebből az anyagból készülnek. A félvezetőkhez ezt az anyagot használják, aminek a működése a p-n átmenet elvén alapszik. Ennek az az alapelve, hogy van egy n-típusú oldalunk, amit a szilícium foszforral való szennyezésével állítanak elő és ahol eggyel több elektron található a p-típusú oldalhoz képest. Valamint van ez előbb említett p-típusú oldalunk, amit a szilícium bórral való szennyezésével hoznak létre és itt eggyel kevesebb elektron található. A p-n átmenet folyamatnak a következtében az átmenet n-típusú oldalán negatív töltés keletkezik, ezzel ellentétben a p-típusú oldalon viszont pozitív töltés alakul ki és ennek a hatására erős elektromos tér jön létre az átmenetben.[\[5\]](#)



2. ábra - P- N átmenet folyamatának a bemutatása [\[2\]](#)

A félvezetők úgy működnek, hogy amikor a napfény fotonjai a napelem cellákra esnek, egy olyan félvezető réteget érnek el, aminek az alapja egy p-n átmenettel rendelkező szilícium kristály. Amin a fotonok többféle módon is viselkedhetnek, vagy elnyelődnek, vagy közvetlenül áthatolnak, illetve vissza is verődhetnek a napelem cellákban. A szabad elektronjaikat leadó fotonok tudnak csak elnyelődni és energiát termelni, amivel létre hozhatóak a fotovoltaiikus jelenségek. A speciálisan létre hozott n-réteg a napelem cellákban az elektronok természetes áramlását idézik elő. Ez azért lehetséges, mert a p-rétegben a helyükre lyukak jönnek létre pozitív töltésként és ez okból kifolyólag kezdenek el áramlani a szabad elektronok külső áramkörhöz való kapcsolás esetén.[5]



3. ábra - A szilícium alapú napelem cellák működése [29]

A PV modulok elemi cellákból tevődnek össze. A hatásfokuk leginkább a panelek gyártástechnológiától, de magától a gyártótól is függhet. Azok a napelemes rendszerek, amik párhuzamosan járnak a közcélú hálózattal, vagyis a hálózatra visszatápláló rendszerek, magasabb teljesítményű panelekből állnak, mint a szigetüzemű rendszerek, illetve olyan speciális berendezések, amik alacsonyabb teljesítményű paneleket alkalmaznak önálló áramforrásként. Például közlekedési jelzőeszközök, közvilágítási berendezések és információs táblák. A PV rendszerek és modulok nagy előnyei közé tartozik, hogy a nem tartalmaz mozgó és kopó alkatrészeket, ebből adódóan későbbi karbantartást kevésbé igényelnek.

A napelemek olyan szögben vannak elhelyezve a különböző felületeken, hogy tisztítani nem szükséges őket, ezenkívül a rájuk rakódó hó is lecsúszik róluk. Úgy tervezik és alakítják ki őket, hogy magas élettartammal rendelkezzenek, ezt a hozzájuk tartozó élettartami garancia is igazolja. [2,5]

3.1. A napelemek általános fajtái

Már korábban említve lett, hogy a PV modulokat a hozzájuk felhasznált cellák is meghatározzák, ezért több gyártás technológia alapján készült cellákból álló napelem fajtát különböztetünk meg.

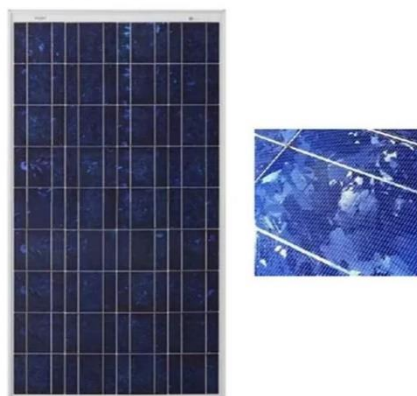


4. ábra - Monokristályos PV modul [30]

Az egyik ilyen fajta a monokristályos napelemek, amelyek a többi napelem fajtához képest az egyik legjobb hatásfokkal bírnak, ez gyártóként változó 15-21%-os hatásfok között mozog. A magasabb teljesítményük és hatásfokuk végett az árak is drágább, mint például a polikristályos moduloké. Továbbá jobban hasznosítják a közvetlen napsugárzást is. Az elő állításuk egy kristályos növesztéssel történik. Fokozatosan érzékeny az árnyékhatásokra és a hőre, valamint a dőlésszögre és a tájolásra is, ami miatt a rendszer megfelelő

tervezése és a panelek pozícionálása nagy precizitást igényel. Élettartamuk körülbelül 30 évre becsülhető.

A PV modulok másik elterjedt fajtája a polikristályos napelemek. Ennél a panel kialakításnál a cellák több kristályból tevődnek össze, illetve kék árnyalatú kristályokból áll. A hatásfokuk alacsonyabb, mint az előzőleg említett napelem fajtánál, kb. 13-18%, illetve az árak is kedvezőbb. Kevésbé érzékenyek az árnyékhatásokra és a hőre, ezért például a reggeli és az esti szórt fényeket is jobban viseli és hasznosítja, mint a monokristályos panelek. Élettartamuk körülbelül 25 évre becsülhető.



5. ábra - Polikristályos PV modul [30]



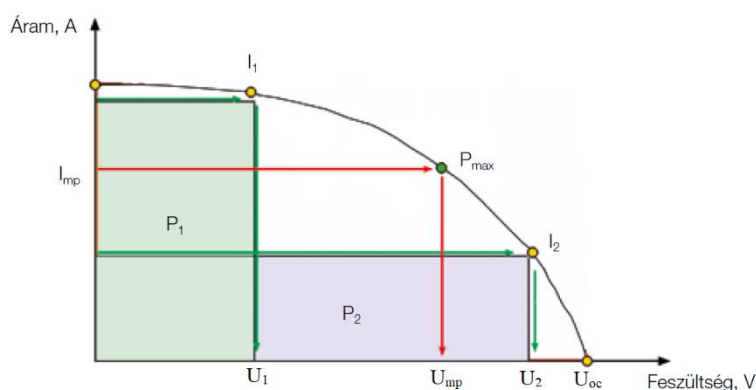
6. ábra - Vékonyrétegű PV modul [31]

A korábban felsoroltakon kívül még érdemes megemlíteni a vékonyrétegű napelemeket is, amit vékonyfilm technológiájú napelemeknek is neveznek. Gyártástechnológiáját tekintve az üvegre vagy egyéb hordozó felületekre, fizikai vagy kémiai lecsapatással viszik fel a félvezető réteget. A hatásfokuk és teljesítményük lényegesen kisebb, mint a már említett másik kétfajtánál, viszont beszerzési áruk alacsonyabb. A szórt fényeket általában jól hasznosítja, továbbá a hőmérsékleti együtthatója is kedvezőbb. [4,5]

3.2. A napelem I-U jelleggörbéje

A napelemek vizsgálatánál érdemes még megemlíteni az áram – feszültség jelleggörbe jelentőségét. Az alábbi jelleggörbe egy megszabott pontja azt jelzi, hogy melyik munkapontban működik abban a pillanatban a napelem. Ezt a munkapontot az adja meg, hogy a terhelés és a napelem jelleggörbéje hol metszi egymást. A létrejött munkapont alapján már megállapítható a munkaponti áram (I_{MPP}), valamint feszültség (U_{MPP}) paramétereinek az értéke. A gyakorlatban végtelen mennyiségű munkapont van jelen, de ezekből maximális energiát csak egy esetben kaphatunk, PV panelek csak abban a munkapontban tudnak leadni max. teljesítményt. Ennek a munkapontnak a megkeresésére a mai inverterek már elvannak látva ún. MPPT egységekkel, amit a 4.1 -es fejezetben további bemutatásra kerül. [3]

7. ábra - A napelem I-U jelleggörbéje [5]



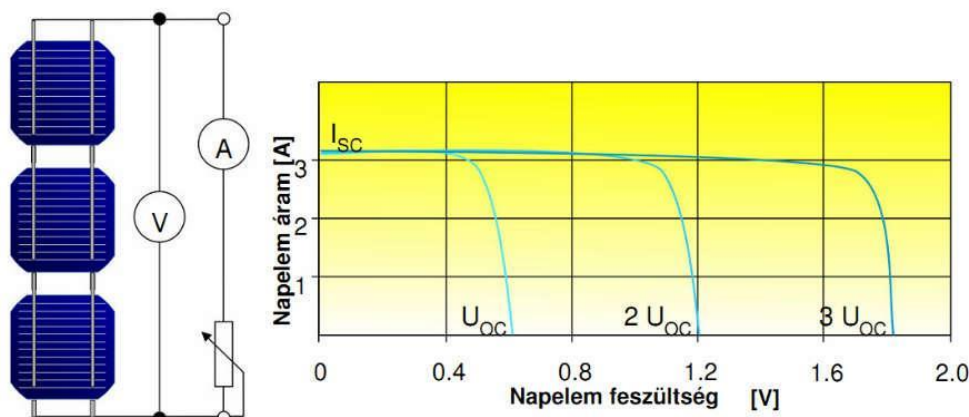
3.3. A napelem kapcsolási lehetőségei és azoknak a tulajdonságai

A PV moduloknak két féle kapcsolási módját különböztethetjük meg:

- Soros kapcsolás
- Párhuzamos kapcsolás

A soros kapcsolás jellemzői:

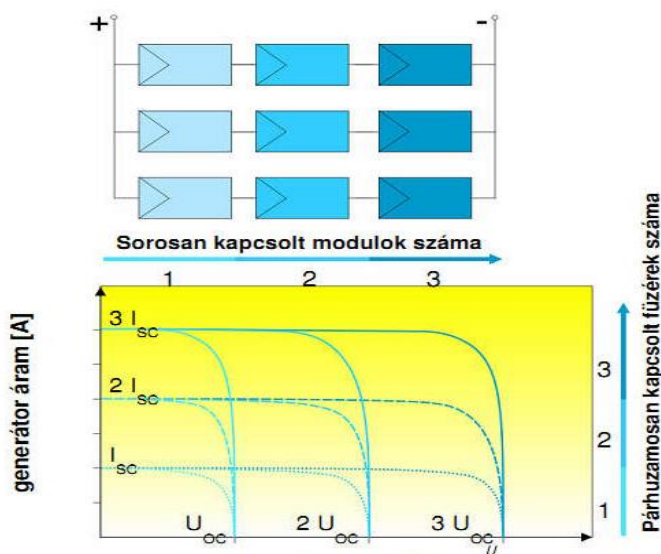
Fontos jellemzője, hogy minden PV cellán át folyó áramerősség értéke ugyanaz. A modul sorfeszültsége az egyes celláknak a feszültségeinek az összege, vagyis az eredő feszültsége. A kapcsolási mód hátránya, hogy ha már egyetlen panel is kiesik a sorból, vagy valami oknál kifolyólag a termelése visszaesik, akkor az az egész modulsor működését befolyásolja. Ezért kerülni érdemes a részleges árnyékolást. [5]



8. ábra - A napelemek soros kapcsolása [5]

A párhuzamos kapcsolás jellemzői:

Ezt a kapcsolási módot, akkor alkalmazzák amikor a rendszernek nagy áramerősséget kell elviselnie. Ennél a kapcsolásnál a modulsorok feszültségei azonosak, az áramát pedig a modulsorok áramainak az összege adja. [5]



9. ábra - A napelemek párhuzamos kapcsolása [5]

A kapcsolásokra vonatkozó előírások:

- A soros kapcsolású paneleknél a munkaponti feszültségnek nagyobbnak kell lennie az inverter induló feszültségénél a legnagyobb hőmérsékleten is.
- A soros kapcsolású panelek névleges feszültsége nem lehet nagyobb az inverter maximális DC feszültségénél a leghidegebb hőmérsékleten.
- A párhuzamosan kacsolt modulsorok eredő munkaponti áramerőssége nem lehet nagyobb, mint az inverter megengedhető bemeneti áramerőssége. [\[5\]](#)

4. AZ INVERTER, MINT ENERGIAÁTALAKÍTÓ EGYSÉG BEMUTATÁSA

A napelemes rendszer elengedhetetlen része az inverter. Feladatát tekintve az energiát alakítja át és továbbítja a hálózat és vagy a fogyasztók felé. Ez a feladat a fizikailag betöltött helyét is meghatározza a rendszerben. Ezeket az energiaátalakító berendezéseket az több fő jellemző alapján lehet osztályozni. Ezek a következők:

- feszültség, teljesítmény, jelalak, fázisok száma, üzemmód

Ezen belül az üzemmód és a jelalak szerint is megkülönböztetünk invertereket.

Üzemmód alapján:

- szigetüzemű, hálózatra visszatáplál, hibrid üzemű

Jelalak alapján:

- szinuszos jelalak, módosított szinuszos jelalak, trapéz jelalak, négyszög jelalak

A jelalakot figyelembe helyezve a legjobb paraméterei a szinuszos jelalakú invertereknek van. Hálózatra csatolni is csak ilyen jelalakú invertereket engedélyezett használni, mivel a négyszög és a trapéz jelalakot szolgáltató berendezések felharmonikusok tartalma a kimeneten jelentős. Azonban, ha mégis ilyen jelalakú inverter kerül használatba, például az alacsonyabb árak miatt, akkor a gyártó által beépített elektromágneses zavarvédelemmel kell rendelkeznie. Ez azért szükséges mert ennek a hiányában vételi zavarokat hozhatnak létre a környező területen felelhető nagyfrekvenciás eszközökben.

A feszültséget tekintve a bementi és kimeneti feszültséget érdemes megvizsgálni. A bemenet oldalán lévő feszültség kivétel nélkül mindig DC szint, ami annál jobb, ha minél nagyobb az értéke. Az inverterek maximális feszültsége, illetve a fotovoltaiikus modulok maximális feszültsége között párhuzam figyelhető meg, és ennek okból adódóan ez napelemek feszültség értéke nem lépheti túl az inverter feszültség értékét.

Háztartási méretű kiserőműveknél a kimeneti feszültség értéke 230 V / 400V, illetve fázis számát tekintve egy és három fázisú lehet. Ahhoz, hogy megértsük az inverterrel és ellenőrzési folyamatával kapcsolatos szempontokat, elvárásokat, meg kell értenünk az inverter funkcióját, az energiarendszerben elfoglalt helyét, felépítését és működését.

Sok esetben a megújuló energia felhasználásának végső célja a villamos energia nyilvános hálózatba juttatása. Ez váltakozó áramot jelent különböző frekvenciájú és feszültségű egyfázisú vagy háromfázisú hálózatokban. A hálózati inverter feladata, hogy a napelemek által biztosított

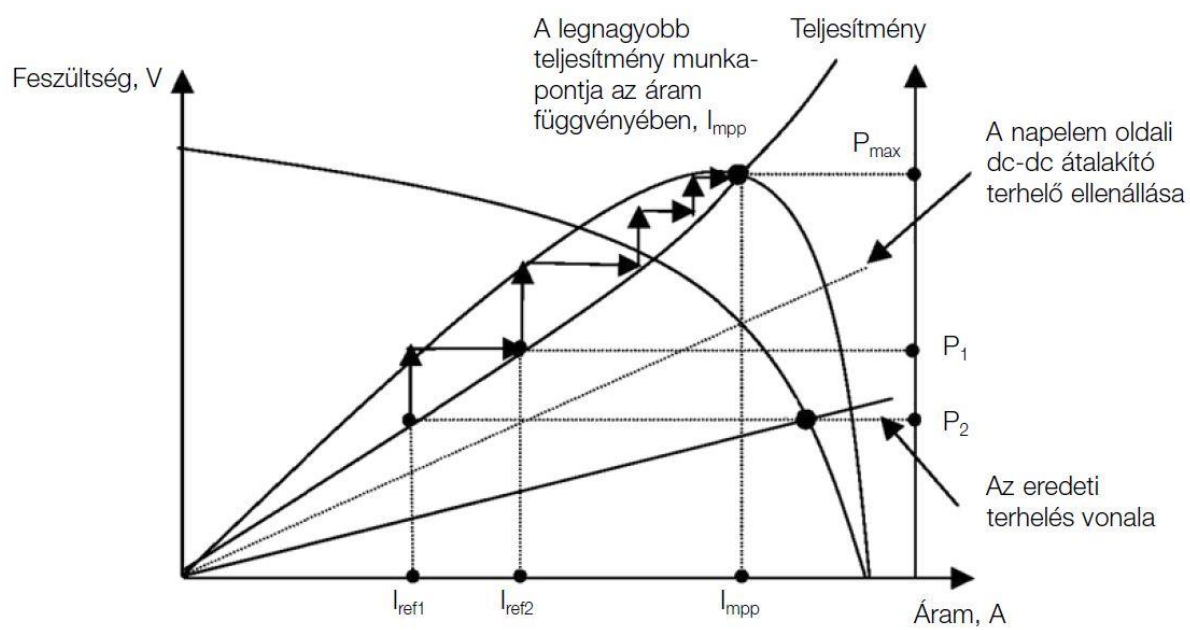
egyenáramot váltakozó árammá alakítsa át, melynek minősége lehetővé teszi az inverter csatlakoztatását a szolgáltató hálózatára. [\[2,3\]](#)

4.1. A MPPT modul működésének ismertetése

Az inverter legfőbb feladatai közé tartozik, hogy a napelemrendszer által termelt energiát maximálisan kinyerje minden körülményt tekintően, mint gyenge és erős napsütésben, hidegben és melegben, illetve felhős időben is. Igazodnia kell a napelemes rendszer változó jellemzőihez. Továbbá az áramszolgáltató által szabott követelményeknek is meg kell felelnie az előállított áramnak, valamint az inverter hálózattal való viselkedésének. Ezek közül, ami említésre méltó az a túlfeszültség kezelése, feszültség követése, zárlatnál való viselkedése, a felharmonikusok tartalma, újraindítási tulajdonságok és injektált egyenáram szint figyelése. A mai invertereknél már a felhasználói elvárások közé tartozik a minél jobb hatásfok, ez manapság az egyre fejlődő technológia révén már 95%-nál is nagyobb. A munkapont tekintetében elérhető nagyobb érték, valamint számottevően kisebb is.

Mivel a fentebb említett elvégzendő feladatok eléggé bonyolultak és összetettek, mindezek felett az inverter vezérlésétől a gyors döntéshozást és közbeavatkozást várják el, így ezek elvégzéséhez processzoros, mikrokontrolleres vezérlést alkalmaznak. Ezeket a mikrokontrollerek program vezéreltek, mert a vezérlést beégetett gépi programok végzik.

Az MPPT modulok kereső algoritmusát is a fentebb említett mikroprocesszor egységek hajtják végre. A MPPT fogalmát már az előző fejezetben említésre került, amit továbbiak szerint lehet értelmezni. A napelemes rendszerek működési jelleggörbáját az I-U jelleggörbe adja meg. Az áram – feszültség karakterisztikáján fellelhető számos lehetséges munkapont közül csak egy olyan munkapont van, ahol a legnagyobb teljesítményt tudja leadni a rendszer. Ennek a pontnak a felkutatása, megtalálása, valamint a fenntartása meghatározó tényező, mivel csak így lehetséges a teljesítmény optimumot elérni. Ezt a rendszert és szolgáltatást, ami a maximális teljesítményű munkapontot keresi MPPT rendszernek is szokás elnevezni és alábbi ábrán látható a jelleggörbéje. [\[2,3\]](#)



10. ábra - Az MPPT jelleggörbéje [2,3]

5. A HÁLÓZATRA CSATLAKOZÁSNAK A MENETE

Hazánkban a háztartási méretű kiserőművek létesítésének első lépései közé tartozik az adott területen működő elosztói engedélyes áramszolgáltató felkeresése, hiszen a hálózatra visszatápláló rendszerek telepítésére szükség van engedélyre. Ez az engedély kérés folyamata több lépésből áll és szolgáltatótól függően akár több hónapig is eltarthat.

Az általam tervezett rendszer az akkori ELMŰ Émász Hálózati Kft, ma már MVM Émász Áramhálózati Kft, elosztó engedélyes területén található. A közcélú villamos hálózatra csatlakozáshoz tehát az említett áramszolgáltatóhoz kell benyújtani igénybejelentést.

Az ügyintézés első lépése a háztartási méretű kiserőmű igénybejelentő dokumentumának kitöltése, amit végezhet maga a későbbi felhasználó vagy az általa megbízott napelemes rendszereket telepítő cég is. Annak érdekében, hogy ezt a nyomtatványt megfelelően kitöltsük szükségünk van a telepítendő rendszer paramétereinek meghatározására, illetve azt is meg kell állapítani, hogy a tervezett rendszer kialakítása megvalósítható-e. Az igénybejelentésnek tartalmaznia kell a felhasználó és a telepítésre szolgáló helyszín alapvető adatait, az igénybejelentés célját, a kiserőmű típusát, ezeken kívül meg kell adni még, hogy hány fázison történne a hálózatra való csatlakozás, mekkora lenne a csatlakoztatni kívánt rendszer teljesítménye, valamint a helyszínen mekkora a jelenleg lekötött teljesítmény. Ennek a folyamatnak a segítségével az áramszolgáltató által létrehozott útmutatók szolgálnak, amik a saját weboldalukon megtalálhatók. Ennek az elbírálása a leadást követő 30 napon belül történik meg.

Ezt követi a beküldött nyomtatványok általi műszaki felülvizsgálás, amit az áramszolgáltató végez. A műszaki felülvizsgálás során megvizsgálják, hogy a telepítendő rendszer megtermelt villamos energiája okozhat-e valamilyen problémát a közcélú villamos hálózatban. A vizsgálat eredményéről a kérvényező 30 napon belül kap eredményt műszaki gazdasági tájékoztató néven.

A következő lépésként, ha már elvégzésre került az előzetes felülvizsgálat, akkor ezen dokumentum kiküldését követően a felhasználónak 90 nap áll a rendelkezésére, hogy benyújtsa a rendszer csatlakozási dokumentációját. Aminek elbírálása 15 napon belül történik meg.

A csatlakozási dokumentumhoz szükség van a rendszer kiviteli terveire, ami [1. számú mellékletben](#) tekinthető meg, a termelői nyilatkozatra és a tulajdonosi hozzájárulásra. Ezenkívül mellékelni kell a felhasználó adatait, az egyes berendezésekhez tartozó katalógus adatokat, mint a [napelem](#) és az [inverter adatlapjai](#), a hálózatra csatlakozandó rendszer teljesítményét, a csatlakozási pontokat, valamint a mérőóráról készült fényképet.

A kiviteli terveknek tartalmazni kell a helyszín nyomvonalrajzát, illetve az egyvonalas kapcsolási rajzot a telepítendő rendszer hálózatra csatlakozásáról. Ezek után következhet a HMKE telepítése. A rendszer kivitelezését a beküldött dokumentumok alapján kell végre hajtani. A telepítést követően a felhasználónak el kell készítenie a kialakított rendszer készre jelentését, ennek tartalmaznia szükséges a kivitelező, illetve az ügyfél adatait. Továbbá csatolni szükséges az érintésvédelmi jegyzőkönyveket is és ezeket meg kell küldeni az áramszolgáltató felé. A végső lépésként az elosztói engedélyes munkatársai kicserélik a fogyasztásmérő berendezést és „ad-vesz” mérőórára és beüzemelik a napelemes rendszert.[\[6\]](#)



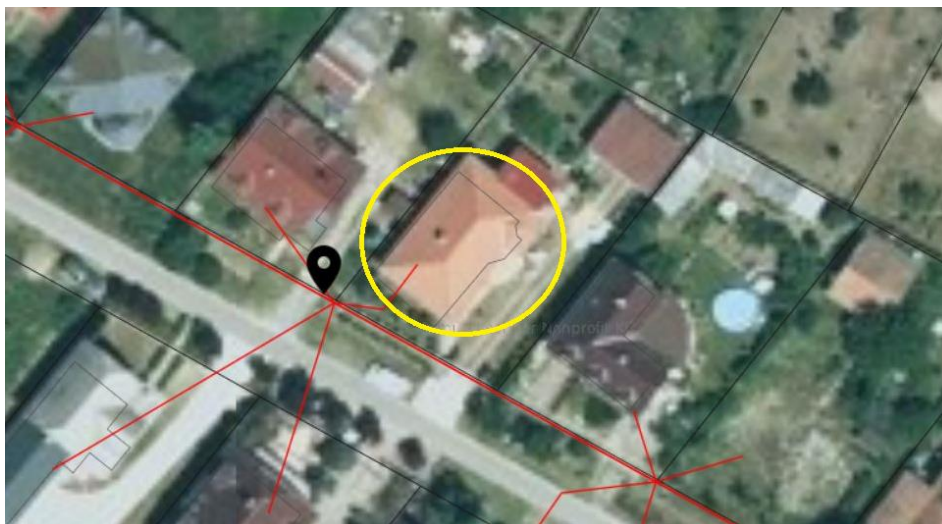
11. ábra - Engedélyeztetési folyamat ábra [\[32\]](#)

6. A RENDSZER PARAMÉTEREINEK A MEGHATÁROZÁSA

6.1. A helyszín bemutatása

A helyszíni ismeret, mint sok más ipari területen, ahol új eszközök kerülnek telepítésre a kiépítendő rendszer tekintetében fontos szerepet játszik, mivel ez alapján tudjuk meghatározni a rendszer paramétereit. Ezért is előzi meg a tervezést és telepítést a helyszíni felmérés.

Az általam bemutatott rendszer egy családi házra lett tervezve, ami a Pest megyei Hévízgyörkön található. Az épület 15 éve került felépítésre így viszonylag újszerűnek mondható, alapterülete 160 m^2 , jellegét tekintve sima egy szintes téglaház.



12. ábra - A helyszín műholdas felvétele [\[33\]](#)

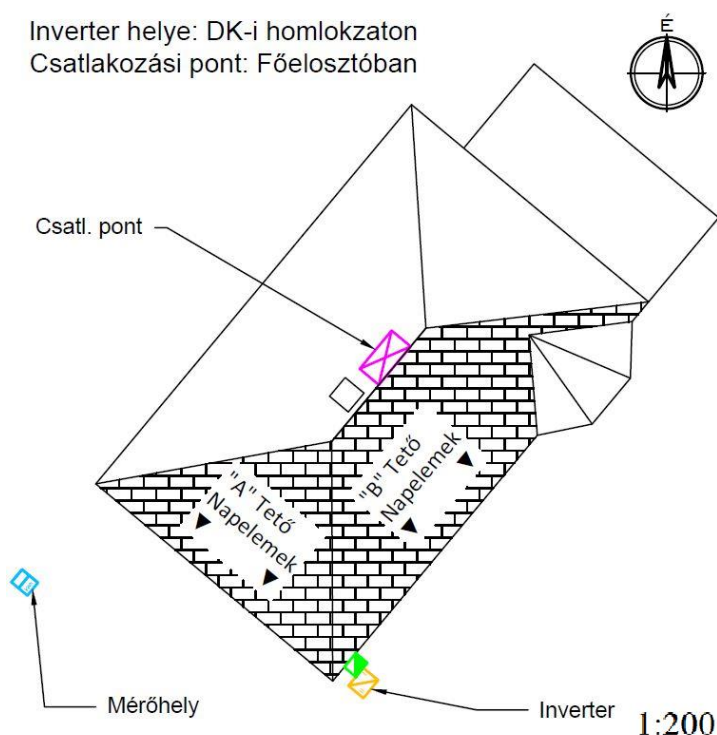
A házban egy 5 fős család lakik, így a lakás fogyasztása a mindennapi használatban lévő műszaki cikkek és háztartási berendezésekből adódik, mivel a fűtés gázkazánról üzemel, a meleg vizet gázbojler szolgáltatja és sütés, főzéshez is gáztűzhelyet alkalmaznak.

A helyszín a telepítés idején még ELMŰ-Émász, most már MVM-Émász elosztói engedélyes területén helyezkedik el. A ház villamosenergia-ellátása háromfázisú rendszerrel van kialakítva, a lekötött villamos teljesítménye pedig 1×16 , 2×10 A-es. A tervezésnél az egyik kihagyhatatlan tényező a telepítendő rendszer méretezése. Ennél a kiserőműnél a rendszer mérete az előző hónapok által történt fogyasztások alapján lett kiszámítva, amit a villamos energia számlákból lett kikalkulálva. Ezekből az adatokból megállapítottuk, hogy a háztartás éves fogyasztása hozzávetőlegesen 5076 kWh . Az esetleges későbbi fogyasztás emelkedés végett kb. 6100 kWh hozamra lesz majd a rendszer méretezve, amit majd a későbbiekben ismertetek.

Az előbbiekhöz hasonlóan fontos tényező még a napelemes erőműveknél a telepítendő napelemet tartalmazó felületeknek a tulajdonságai, illetve jellemzői. Jelen esetben az általam vizsgált épületnél a panelek a ház tetőjére lettek tervezve. A tető fedése szalagcserép, ez majd a rögzítés típusa miatt meghatározó.

6.2. A napelemek kiosztása

A rendszer két felületre lett szerelve egy délnyugati tájolásúra, aminek az azimutha $+40^\circ$ -es és egy délkeleti tájolásúra, aminek -50° -os az azimutha, továbbá mindkét felületnek 25° -os a dőlése. Az azimuth a rendszer Délhez viszonyított helyzetét határozza meg. Ezek a tényezők a rendszer termelése miatt fontosak, hiszen minél Délre esőbb a napelemek tájolása, annál nagyobb lesz a hozama. Számottevő árnyékoló tényező nincs jelen a helyszínen, így azoknak a veszteségével nem kell számolni.



13. ábra - A helyszín nyomvonal rajza [\[1. Melléklet\]](#)

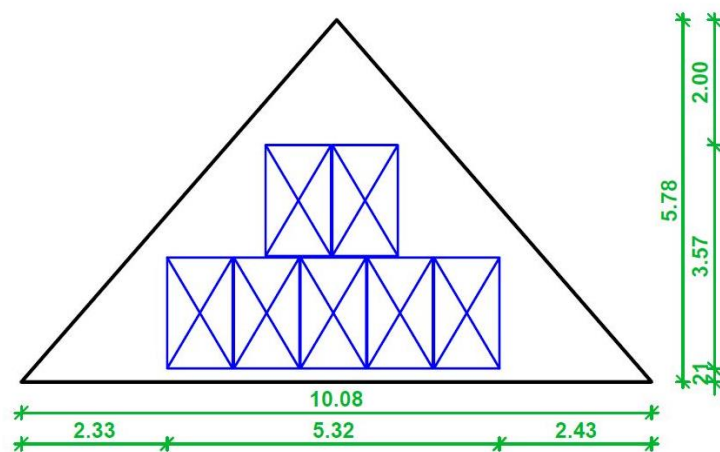
A későbbi számolások eredményeként 15 db panel telepítése szükséges a háztartás fogyasztásának kiváltására. Amit az [1. számú melléklet](#) alapján a következő elosztás szerint került tervezésre, valamint későbbi kivitelezésre:

- Délnyugati tetőfelület: 7 db napelem
- Délkeleti tetőfelület: 8 db napelem

A napelem kiosztása tetőfelületenként:



"A" tető

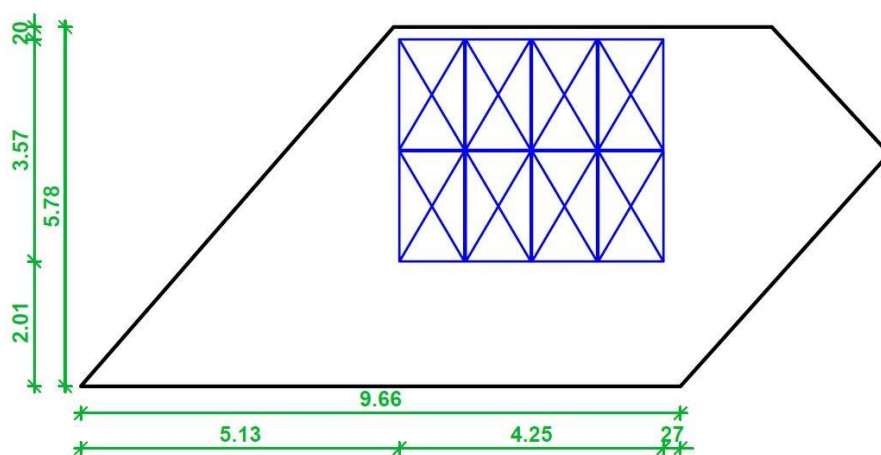


1:150

14. ábra - Az "A" tetőfelület napelem kiosztása [\[1. Melléklet\]](#)



"B" tető



1:150

15. ábra - Az "B" tetőfelület napelem kiosztása [\[1. Melléklet\]](#)

Kivitelezés után készült képek a napelemek eloszlásáról:



16. ábra - "A" tető napelemeinek kiviteli képe

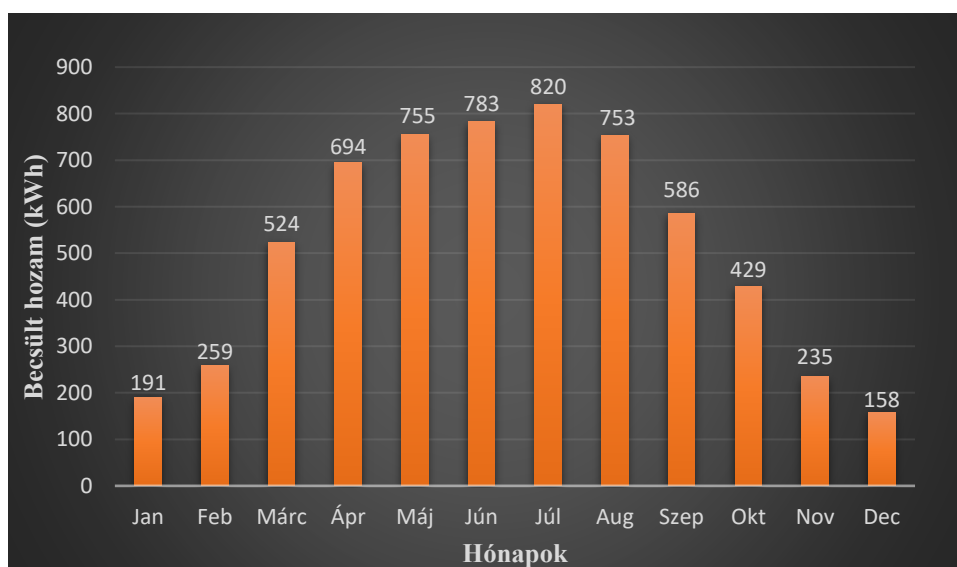


17. ábra - "B" tető napelemeinek kiviteli képe

6.3. A becsült éves termelés meghatározása

A felhasználói igényeket kiváltó rendszer méretet a becsült éves hozam meghatározásával tudjuk kiszámítani. A várható fogyasztás megállapítására a PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) rendszer által készített adatbázist használtam fel.

Az említett rendszer a műholdak által összeállított adatbázis alapján megadja a beírt adatokat tekintve a becsült éves termelését egy napelemes rendszernek. Első lépésnél a helyszín helyzetét kell megadni a térképen. Majd a rendszer jellemzőinél megadható, hogy milyen anyagból készült a felhasználandó napelem. Jelen esetben én a szilikon kristályos lehetőséget választottam ki. Meg lehet adni a rendszer csúcsteljesítményt, valamint a rendszer veszteségét százalékos formában. A csúcsteljesítményként én 1kWp-et adtam meg, így ezzel később lehet számolni, illetve a veszteség értékénél az ajánlott 14 %-ot választottam. Ezeken kívül megadható a PV modulok telepítésének a módja, itt az épületre telepítettet lett beállítva. Már csak a panelek dőlésének és tájolásának, azimuthának az értéket kell megadni és ezen adatok alapján a rendszer kikalkulálja az 1 kWp-re jutó hozamot kWh-ban megadva, aminek értéke a két tájolás átlagolásával 1116 kWh. [\[7\]](#)



18. ábra - A becsült éves termelés havi lebontásban

7. A FELHASZNÁLANDÓ NAPELEM KIVÁLASZTÁSA

A napelemes rendszerben a napelemnek, ami a napenergiát átalakító egységünk, meghatározó szerepe van, ezért fontos a panelek helyes megválasztása. Manapság napelem gyártókból több száz is jelen van a piacon, ezért meg kell gondolni milyen modulokat alkalmazunk, a különbségek az árban és a minőségben is megmutatkoznak. A cél, hogy minél több villamos energiát tudjunk termelni, minél kevesebb befektetéssel, ez arra is vonatkozik, hogy a panelek kisebb területen elhelyezve is, nagy teljesítményt produkáljanak.

A napelem panelek kiválasztásában az alábbi dolgokat kell figyelembe venni:

- a műszaki paramétereit
- a gyártástechnológiáját
- a külső behatásoktól szembeni ellenállóság
- a hatásfokát
- a gyártót
- a modulok árát
- a gyártó által biztosított garancia hosszát

[\[2,4\]](#)

A kiválasztott napelemeknek meg kell felelni a következő előírt szabványoknak:

- „MSZ EN IEC 61215-1-2:2021 - Földi alkalmazású, fotovillamos (PV-) modulok. A szerkezeti felépítés minősítése és típusjóváhagyás. 1-2. rész: Vékony rétegű kadmium-tellurid- (CdTe-) alapú fotovillamos (PV-) modulok különleges vizsgálati követelményei (IEC 61215-1-2:2021)”

[\[8\]](#)

- „MSZ EN IEC 61730-1:2018 - Fotovillamos (PV-) modulok biztonságtechnikai minősítése. 1. rész: Kialakítási követelmények (IEC 61730-1:2016)” [\[9\]](#)

A fentebb említett paraméterek, a szabványoknak megfelelt és a napelemes rendszert telepítendő cég kínálatában álló panelek alapján választásom a Bauer BS-6MHB5 370 Wp napelemre esett, aminek adatlapja [2. mellékletben](#) tekinthető meg.

7.1. A kiválasztott napelem

Az általam választott napelem a németországi Bauer Solar GmbH. gyártja, egy majdnem 20 éve a napelem gyártással foglalkozó cég, ami a megbízható német minőséggel és hosszútávó termék garanciával szolgál. A cég a napelemeit Európa több országában forgalmazza, többek között Magyarországon is beszerezhetőek. A panelek monokristályos és tükröződésgátló gyártástechnológiával készültek, a hatásfoka 20,31%-os. Magas hatékonyságot biztosítanak az optimális hozam érdekében, az legújabb innovációk közvetlenül befolyásolják a modulok gyártási folyamatát. Az azonos felületen lévő cellák duplázott mennyisége csökkenti a teljesítmény veszteséget, például az árnyékolásnál játszik ez nagy szerepet. A szabványos keretek között alkalmazott mechanikai terhelési tesztek eredményei alapján a panelek ellenállnak a szél és az időjárás okozta károknak, ez a kiváló minőségű alkatrészeknek köszönhető, amik védelmet biztosítanak minden időjárási körülmény között. A biztosítóval való együttműködés eredménye kép magas szintű pénzügyi stabilitást és megbízhatóságot garantál a Bauer Solar GmbH., ami minimum 12 év és maximum 25 év termékgaranciát jelent.

[\[2. Melléklet\]](#)



19. ábra - A kiválasztott napelem [\[2. Melléklet\]](#)

7.2. A napelem adatlapjáról leolvasott adatok

Mechanikai adatok	
Modul dimenziói	1755 x 1038 x 35 mm
Súly	19,5 kg
Keret anyaga	eloxált alumíniumötvözet (fekete)
Elülső oldal	üveg tükröződés gátló technológiával ellátva
Anyag beágyazása	EVA
Hátsó oldal	fólia (fehér)
Szolár cellák	120 db monokristályos PERC fél-cella
Csatlakozás	IP $\geq$ 67, 3 bypass dióda
Kábel és csatlakozó	1x4 mm ² , 1300 m, MC4 kompatibilis

Villamos adatok		
Maximum teljesítmény	(P _{max})	370 Wp
Üresjárási feszültség	(U _{0C})	40,9 V
Zárlati áramerősség	(I _{SC})	11,52 A
Munkaponti feszültség	(U _{MPP})	34,4 V
Munkaponti áramerősség	(I _{MPP})	10,76 A
Hatásfok	(η_m)	20,31 %
Cellák névleges működési hőmérséklete	(NOCT)	45° $\pm$ 2
Feszültség hőmérsékleti együtthatója	(TkV _{OC})	-0,270 %/°C
Áramerősség hőmérsékleti együtthatója	(TkI _{SC})	+0,048 %/°C
Teljesítmény hőmérsékleti együtthatója	(TkP _{mpp})	-0,350 %/°C
Maximum DC rendszer feszültség	(TÜV)	1500 V

[\[2. Melléklet\]](#)

7.3. A felhasznált napelem kapcsolása

A szolár modulok kiválasztását követően a következő lépésként azt kell eldöntenünk milyen kapcsolatban használjuk a paneleket, illetve a darabszámot is meg kell határozni a kívánt hozam eléréséhez. A kapcsolási mód kiválasztásában fontos szerepet játszik a felhasználandó tetőfelület panel befogadó képessége. Ehhez először meg kell állapítani a szükséges darabszámot. Az [6.1.](#)-es fejezetben meghatároztuk, hogy a rendszernek mekkora hozamot kell produkálnia, hogy kiváltsa a háztartás éves fogyasztását, ami szám szerint 5076 kWh-nak megfelelő érték, plusz még az esetleges többletfogyasztás érdekében bekalkulált mennyiség, ami hozzávetőlegesen 6100 kWh. Ebből kiindulva és a [6.3.](#)-as fejezetben meghatározott 1 kWp-re jutó 1116 kW átlag éves becsült termelés alapján megállapítható a rendszer mérete. A panelek maximális teljesítménye 370 Wp, így ez alapján a számított értékek:

$$\text{A rendszer mérete:} \quad 370 \text{ Wp} \times 15 = 5500 \text{ Wp} \gg 5,55 \text{ kWp}$$

$$\text{A becsült hozam:} \quad \frac{5,55 \text{ kWp}}{1 \text{ kWp}} \times 1116 \text{ kWh} = 6192,32 \text{ kWh}$$

A megbecsült éves hozamot érdemes pesszimistán számolni, az esetleges nem várt veszteségek tekintetében, így én a továbbiakban a lekerekített 6100 kWh-ás értéket fogom használni.

Ezek alapján megállapítható, hogy a kívánt hozam elérése érdekében a feltelepítendő napelemek száma 15 darab panel. A [1. Mellékletben](#) látható tervek alapján a használandó tetőfelületek kapacitása végett két különböző tájolású tetőt is használni szükséges, ami azt eredményezi, hogy az inverternek 2 munkapontját is használatba kell venni.

Ez azt jelenti, hogy egy-egy munkaponton egy-egy sztring kerül majd bekötésre. Ennek használata, azért szükséges, mert a sztring az a sorba kapcsolt napelem modulok sorát jelenti. Ebből kifolyólag, ha egy napelem kiesik, vagyis nem éri kellő mennyiségű napsugárzás a megfelelő működéshez, amit okozhat a panelre vetülő árnyék vagy az panelek eltérő tájolása, illetve dőlése, akkor az egész rendszer lekapcsolhat. Az általam tervezett rendszernél is ez az eset áll fenn, tehát a különböző tájolású tetőfelületekre elhelyezett panelek soros kapcsolásánál a rendszer nem működne maximális hatásfokon, ezért két külön munkapontra lett kötve amire 1-1 sztring került.

A két munkapontra „A” és „B” munkapont néven fogok hivatkozni a későbbiekben. A [6.2.-es](#) fejezetben bemutatam az egyes tetőfelületekre jutó panel kapacitást és most már a kellő modul darabszámmal is tisztában vagyunk, ennek alapján a következőként néz ki a rendszer munkapont/panel elosztása.

Délnyugati tetőfelület: „A” munkapont, 7 napelem/sztring.

Délkeleti tetőfelület: „B” munkapont, 8 napelem/sztring.

A fentebb említettek alapjául véve így már meg tudjuk határozni a munkapontok feszültségeit és áramerősségeit is.

„A” munkapont:

Munkaponti feszültség: $34,4\text{ V} \times 7 = 240,8\text{ V}$

Maximum DC áramerősség: 10,76 A

„B” munkapont:

Munkaponti feszültség: $34,4\text{ V} \times 8 = 275,2\text{ V}$

Maximum DC áramerősség: 10,76 A

A fenti eredmények, ahogy a következő fejezetben is látszik, a kiválasztott inverter megengedett feszültség és áram tartományán belüli értékek. Ezért a kiválasztott kapcsolási mód megfelelő a rendszer zavarmentes működéséhez [\[10\]](#)

8. AZ ALKALMAZOTT INVERTER KIVÁLASZTÁSA

A napelemes kiserőműveknek a másik legfontosabb eleme az inverter, ami az egész rendszerünket meghatározza. Mivel a napelem panelek egyenfeszültséget állítanak elő, ebből az okból kifolyólag a rendszert nem csatlakoztathatjuk a váltakozó feszültségű hálózatra. Ezért szükség van az inverterre, hogy az egyenfeszültséget átalakítsa váltakozó feszültséggé. Az inverternek a legnagyobb hatásfokkal kell előállítania szinuszos 50 Hz frekvenciájú és 230 V-os váltakozó feszültséget. Az inverter kiválasztásánál több fontos szempontot is figyelembe kell venni. Először meg kell vizsgálni a rendszernek a hálózattal való kapcsolatát, amiből megállapítható, hogy a rendszer szigetüzemű, hálózatra visszatápláló vagy esetleg ennek a kettőnek a kombinációja, vagyis hibrid üzemű. Erre azért van szükség, hogy meg tudjuk ítélni, hogy szükséges-e akkumulátor beépítése. Kivitelét tekintve megkülönböztetük transzformátoros és anélküli invertereket.

A két kivitel között mind az árban és az hatásfokban különbség van, például a transzformátor nélküli inverterek ára jóval alacsonyabb és a hatásfokuk is jobb, mint a transzformátoros invertereké.

A másik fontos szempont, amit figyelembe kell venni az a rendszer helyszínén lévő villamos hálózatnak a fázis száma. Mivel inverterből van egy, illetve három fázisú kivitel is.

Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy az Elosztói szabályzatban hozott változtatások végett 2021.04.30.-a után egy fázisú inverter csak 2,5 kVA-ig csatlakoztatható a közcélú kiefeszültségű hálózathoz.

A kiválasztásnál még fontos tényező az MPPT modulok száma, ami azért felel, mint ahogy már a [4.1](#)-es fejezetben is említettem, hogy kövesse és optimalizálja a munkapontot. Ez azért szükséges, hogy a rendszer mindig a legnagyobb hatásfokon és legnagyobb teljesítményen üzemeljen. Továbbá vizsgálni kell a napelemek tájolását és dőlését, mert ez a munkapont követő rendszer csak azonos tájolású és dőlésű napelem sztringek esetén üzemel. Ha a telepítendő rendszerünk több különféle paraméterrel rendelkező sztringel rendelkezik, akkor több MPPT egységet tartalmazó inverter használatára van szükség.

Továbbá meghatározó kritérium az energiaátalakító egységünk megválasztásánál, hogy a rendszer teljesítménye csak bizonyos értékig haladhatja meg az inverter teljesítményét. Ezt az értéket körülbelül 20%-ra határozzák meg, mivel a napelemes rendszer különböző veszteségei végett az inverter határértékeit alkalomadtán vagy egyáltalán nem éri el, ami miatt az

leszabályozna. Ezenkívül figyelni kell arra is, hogy a munkapontok paraméterei ne haladják meg a berendezésnél a gyártó által megszabott értékeket.

A piacon ma már számos inverter gyártó és forgalmazó cég megtalálható, ebből kiindulva ezek minőség, kivitel, ár és az inverterbe beépített eszközök tekintetében mind eltérőek. Ebből kifolyólag olyan invertert kell alkalmaznunk, ami ár-érték arányban és tulajdonságaiban a legmegfelelőbb a telepítendő rendszer szempontjából.

Hazánkban az inverternek több szabványnak is meg kell felelni ahhoz, hogy rendszerengedélyt kapjon. [\[3,5\]](#)

Az inverterre vonatkozó szabvány előírások:

- „MSZ EN 62109:2011 - Fotovillamos (PV) energetikai rendszerek teljesítményátalakítóinak biztonsága” [\[11\]](#)
- IEC 61727:2004 - Fotovillamos rendszerek. A közműinterfész jellemzői
- „MSZ EN 62116:2014 – Közcélú hálózatra kapcsolt fotovillamos átalakítók. Szigetképződés-gátló intézkedések vizsgálati eljárása.” [\[12\]](#)
- „MSZ EN 61000-6-2:2019 - Elektromágneses összeférhetőség. Az ipari környezetek zavartűrési szabványa” [\[13\]](#)
- „MSZ EN 50160:2011 - A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségjellemzői” [\[14\]](#)
- „MSZ HD 60364-7-712:2016 - Kisfeszültségű villamos berendezések. Különleges berendezésekre vagy helyekre vonatkozó követelmények. Napelemes (PV-) rendszerek.” [\[15\]](#)
- „MSZ HD 60364-4-41:2018 - Kisfeszültségű villamos berendezések. Biztonság. Áramütés elleni védelem” [\[16\]](#)
- „MSZ HD 60364-4-42:2015 - Kisfeszültségű villamos berendezések. Biztonság. Hőhatások elleni védelem” [\[17\]](#)

A fentebb említett szabványoknak megfelelő és a TÜV által kiállított tanúsítvánnyal ellátott inverterek listája elosztói engedélyesként eltérhetnek, ezért azt is ellenőrizni szükséges, hogy az általunk kiválasztott készülék az adott területen üzemelő áramszolgáltató által kiadott inverter listában szerepel-e.

8.1. A kiválasztott inverter

Az általam tervezett rendszer hálózatra visszatápláló kivitelű, ezért akkumulátor használata nem szükséges. A rendszer mérete 5,55 kWp, ez egyfázisú inverterrel nem megvalósítható, mivel egyfázison 2,5 kVA nagyobb névleges teljesítményű inverter nem alkalmazható, mert így a rendszer csúcsteljesítménye jóval nagyobb lenne, mint az inverter teljesítménye. Ezek alapján három fázisú inverter szükséges. MPPT modulokat tekintve a különböző tájolású modulsorok alapján 2 MPPT-os kivitelű szükséges. Ezek és az akkori ELMŰ-Émász elosztói engedélyes által kiadott inverter listájának alapján a választásom a Huawei SUN2000-6KTL-M1 inverterre esett, aminek adatlapja a [3. Mellékletben](#) látható.

Azért választottam ezt az invertert a fentebb említetteken kívül, mert az inverter rendelkezik beépített DC és AC oldali túlfeszültség védelemmel, aminek a szerepét a [10.2.-es](#) fejezetben tárgyalunk meg, illetve kommunikációs modullal is, amely segítségével követni lett a rendszer működését. Az inverter teljesítménye 6kW, így a rendszer mérete alapján megállapítható a rendszer teljesítmény aránya is.

A rendszer teljesítmény arány: $\frac{5,55 \text{ kW}}{6 \text{ kW}} \times 100\% = 92,5\%$

Mivel az inverter a teljesítmény szempontjából 20%-kal túlterhelhető, így a rendszer a későbbiekben még 4 db pannellel bővíthető lesz. Elhelyezését tekintve a teljesítményátalakító berendezésünk az épület délkeleti homlokzatán lett elhelyezve, itt megemlítendő, hogy az invertert hő és csapadék védett helyre szükséges szerelni. [\[5\]](#)



20. ábra - A telepített inverter kiviteli képe

8.2. Az inverter adatlapjáról leolvasott adatok

Bemeneti értékek	
Maximális bemeneti feszültség	1100 V
Működési feszültségtartomány	140V ~ 980 V
Indulófeszültség	200 V
Névleges bemeneti feszültség	600 V
Maximum bemeneti áram munkapontonként	11 A
Maximum zárlati áram	15 A
MPPT/munkapontok száma	2
Maximális bemenetek száma munkapontonként	1
Javasolt maximum PV teljesítmény	9000 Wp

Kimeneti értékek	
Hálózati csatlakozás	3 fázis
Névleges kimeneti teljesítmény	6000 W
Maximum látszólagos teljesítmény	6600 VA
Névleges kimeneti feszültség	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, 3W / N+PE
Névleges AC hálózati frekvencia	50 Hz / 60 Hz
Állítható teljesítmény tényező	0,8 vezetve 0,8 lemaradva
Maximum teljes harmonikus torzítás	$\leq 3\%$

Jellemzők és védelmek	
Bemenet oldali leválasztó eszköz	Igen
Szigetüzem elleni védelem	Igen
DC fordított polaritás elleni védelem	Igen
Szigetelés figyelése	Igen
DC túlterhelés védelem	Igen, kompatibilis az EN/IEC 61643-11 szabvány szerinti II. típusú védelmi osztállyal

AC túlterhelés védelem	Igen, kompatibilis az EN/IEC 61643-11 szabvány szerinti II. típusú védelmi osztállyal
Maradékáram figyelése	Igen
AC túláram védelem	Igen
AC rövidzárlat elleni védelem	Igen
AC túlfeszültség védelem	Igen
Ívhiba védelem	Igen
Integrált PID helyreállítás	Igen
Éjszakai energiafogyasztás	<5,5 W

Általános adatok	
Maximális hatékonyság	98,6 %
Működési hőmérséklet tartomány	-25 ~ +60 °C
Relatív üzemi páratartalom	0%RH ~ 100%RH
Üzemi magasság	0 ~ 4000m
Hűtés	természetes légáramlás
Kijelző	LED kijelzők; integrált WLAN + FusionSolarApp
Kommunikáció	RS485; WLAN/Ethernet Smart Dongle-WLAN-FE-n keresztül; 4G / 3G / 2G Smart Dongle-4G-n keresztül (opcionális)
Súly	17 kg
Méretbeli dimenziói	525 x 470 x 146.5 mm
Védettségi fok	IP65
Tanúsítvány	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116

[\[3. Melléklet\]](#)

9. A FELHASZNÁLANDÓ VEZETÉKEK KIVÁLASZTÁSA ÉS MÉRETEZÉS

A fotovoltaikus rendszerek meghatározó elemei közé sorolható még a berendezéseket, készülékeket, védelmi eszközöket és kapcsolódobozokat összekötő vezetékek. Ezeket a vezetékeket az adott rendszer paraméterei alapján szükséges megválasztani és méretezni.

9.1. DC oldali vezetékek kiválasztása

A DC oldali nyomvonal elvezetéshez az úgy nevezett szolár kábelt használjuk, ez a kábel vezeti a napelemek által létrehozott egyenfeszültséget az energiaátalakító egységünkig. Ennek a kábelnek a tulajdonságai közé tartozik, hogy kettős szigetelésű, illetve a speciális gyártástechnikájának köszönhetően jelentős a környezeti hatások, úgy, mint a hosszútávú UV sugárzás és az időjárás okozta behatások, valamint mechanikai terhelésekkel szembeni ellenállósága. A vezetőanyagát tekintve réz huzalokból áll és szigetelése leggyakrabban PVC. A szolár kábel kiválasztásához először szükség van a megfelelő keresztmetszetre, amit az alábbi számítás alapján lehet meghatározni:

A számításhoz szükséges adatok:

A szolár kábel becsült hossza:	$l = 30 \text{ m}$
Megengedett százalékos feszültségesés	$\varepsilon = 1\%$
A napelem panelek eredő feszültsége:	$U_e = 15 \times 34,4 \text{ V} = 516 \text{ V}$
A vezetékekben folyó áram:	$I = 10,76 \text{ A}$
A vezető anyaga és fajlagos ellenállása: réz	$\rho_{\text{CU}} = 0,0179 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$

Első lépésként meg kell határozni a mértékadó feszültség esést, ez egyenfeszültség esetén:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \times \frac{U_e}{2} = \frac{1}{100} \times \frac{516 \text{ V}}{2} = 2,58 \text{ V}$$

A megkapott érték alapján, így már számolható a vezeték szükséges minimális keresztmetszete, ezt a következő kép számoljuk:

$$A_{\text{sz}} = \frac{\rho}{e'} \times I \times l = \frac{0,0179 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}}{2,58 \text{ V}} \times 10,76 \text{ A} \times 30 \text{ m} = 2,24 \text{ mm}^2$$

A számoltak alapján meghatározható, hogy a feszültségesési elvárások alapján a szolár kábel választott keresztmetszeteként megfelel a szabvány szerinti $2,5 \text{ mm}^2$ kábel. De mivel a jövőbeli esetleges bővítés miatt változhat a szükséges keresztmetszet, így én ezt megalapozva a 4 mm^2 keresztmetszetű kábelt választom, ami tulajdonságait tekintve megfelelnek a termelt energia szállítására. A választott szolár kábelek pontos típusa:

- piros és fekete SOLAR kábel 1x 4 piros (0) 1kV (H1Z2Z2-K)

[\[18,19,20\]](#)

9.2. AC oldali vezeték kiválasztása

Az AC oldali nyomvonal kialakításához is réz vezető alkalmazása az ajánlott. Az általam tervezett rendszer három fázisú, ezért a vezeték öt eres kialakítása szükséges (3db fázis vezető, 1db nullvezető, 1db védővezető).

A vezeték méretezéséhez szükséges adatok:

Inverter max. teljesítménye	$P_{\max} = 6000 \text{ W}$
Inverter max. hatásfoka	$\eta_{\max} = 98,6 \%$
Hálózati feszültség	$U_n = 400 \text{ V}$
A vezeték becsült hossza:	$l = 9 \text{ m}$
A vezető anyaga és fajlagos ellenállása: réz	$\rho_{\text{CU}} = 0,0179 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$
Megengedett százalékos feszültségesés	$\varepsilon = 1\%$

A számítás menete: $I_{\max}$

Első lépésként meg kell határozni az inverter max. kimeneti áramerősségét.

$$I_{\max} = \frac{P_{\max} \times \eta_{\max}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{6000 \text{ W} \times 0,986}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 8,54 \text{ A}$$

Következő lépésként a mértékadó feszültség esést kell meghatározni.

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

A megkapott érték alapján, így már számolható a vezeték szükséges minimális keresztmetszete, ezt a következő kép számoljuk:

$$A_{sz} = \frac{\rho}{e'} \times I \times l = \frac{0,0179 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}}{1,73 \text{ V}} \times 8,54 \text{ A} \times 9 \text{ m} = 0,8 \text{ mm}^2$$

A számított keresztmetszet alapján a szabvány szerint 5x1 mm² keresztmetszetű vezeték használata elegendő lenne. De a nagyobb védelem biztosításának az érdekében 5x6 mm² -es vezeték került beépítésre. Aminek pontos típusa:

- H05VV-F 5x 6 fehér (0) 300/500V hajlékony tömlővezeték (MT)

[\[18,19,20\]](#)

9.3. EPH vezeték kiválasztása

Az EPH vezeték szerepe az egyenpotenciálra hozás. További feladata, hogy a tartószerkezet fémes részét villamos kapcsolatba hozza a helyszínen meglévő földelési rendszerrel, amire azért van szükség, hogy az inverterbe épített szigetelésellenőrző készülék megfelelően működjön. Az előírások szerint minimum 6 mm² keresztmetszetű vezetéknek szükséges lenni, de ha villámvédelmi eszköz bekötése is szükség van a rendszer akkor 16 mm² -es vezeték szükséges. Az én esetemben nincs villámvédelem kialakítva így a 6 mm² -es földelő vezeték elegendő lenne, de a nagyobb biztonság érdekében 10 mm² -es EPH vezetékkel terveztem a rendszert, amire a H07V-K 1x10 zöld/sárga (100) 450/750V típusú vezetéket választottam.

[\[20\]](#)

10.A VÉDELMI ESZKÖZÖK KIVÁLASZTÁSA

10.1. DC és AC oldali túláram védelmei

DC oldali

A rendszert óvni kell az esetleges zárlati áramok ellen, amik a PV modulok meghibásodásával jöhetnek létre, hogy ezt megvalósítjuk a DC oldali túláramvédelem kialakítására a sztringek elejére és végére olvadóbiztosítókat szoktak helyezni. Ez a védelmi típus általában az inverterbe van építve. Erre védelemre azért van szükség, mert több sztring esetén, ha valamelyiknél meghibásodás alakul ki, akkor a többi PV modul rátáplálása miatt nagy áramlökések jöhetnek létre. Ennél fogva kettőnél több modulsor esetén erősen ajánlott a használata. Az esetleges meghibásodás bekövetkezte végett káros túlmelegedés vagy akár tűz is létre jöhet. Az én tervezésem által készült rendszer két darab modulsort tartalmaz, így ennek a védelmi módnak az alkalmazása nem szükséges.

AC oldali

A váltakozó feszültségű oldalon túláramvédelemként általában kismegszakítókat alkalmaznak, hogy a túláramok által okozott dinamikus és termikus hatások nem okozzanak károkat a vezetőkben és szigetelésekben. Elsődleges feladata, hogy az áramkört lekapcsolja a hálózatról automatikusan, ha annak árama meghaladja a névlegesnél nagyobb értéket. Felhasználása szerint több fajtáját is megkülönböztetjük, pólusszám, névleges áram és feszültség, kioldási karakterisztika és névleges megszakító képesség szerint. Ezen rendszer AC oldali túláramvédelme 1 db 4 pólusú B karakterisztikájú 16 A-es a Schneider Electric által gyártott kismegszakítóval lesz kivitelezve.

[\[2,20\]](#)



21. ábra - AC túláramvédelem: 4P, B, 16 A, kismegszakító [\[34\]](#)

10.2. DC és AC oldali túlfeszültség védelem

Az túlfeszültség védelem feladata a védett eszközökről és berendezésekről azoknak a feszültségeknek az elvezetése, amik a névleges feszültség szintet meghaladják és belső vagy légköri eredetűek. Ezeket a villamos töltéseket, amik valamilyen műszaki hiba miatt alakulnak ki, a védelemi készülék a földpotenciál irányába vezeti el. Erre a védelem kialakításra leggyakrabban az inverter végett kerül sor, és olyan eszközöket használnak, amik korlátozzák a túlfeszültséget. Általában SPD-ket alkalmaznak, más néven túlfeszültség levezetőket. Az említett eszközöket varisztor alkalmazásával alakítják ki, ami egy ellenállás és alap esetben szigetelő módján viselkedik, de ha a feszültség értéke nagyságrendekkel nagyobb lesz akkor vezetővé válik. Ennek hatására a töltéseket le tudja vezetni a föld irányába, mivel az ellenállása lecsökken.

Ezekre a védelmi berendezésekre a „MSZ HD 60364-5-534:2016 - Kisfeszültségű villamos berendezések. 5-53. rész: Villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. Leválasztás, kapcsolás és vezérlés. 534. fejezet: Tranziens túlfeszültségek elleni védelmi eszközök” [21] szabvány vonatkozik. Ebben a szabványban leírásra kerül, hogy mikor indokolt túlfeszültség védelmi eszköz beépítése

- „Az elosztóhálózat által továbbított légköri eredetű tranziens túlfeszültségek, valamint a kapcsolási túlfeszültségek következtében az épületek villamos berendezéseit érő túlfeszültségek korlátozása céljából” [22]
- „A villámvédelem rendszerrel védett építményeket vagy környezetét érő közvetlen villámcsapás által okozott tranziens túlfeszültségek elleni védelem céljából” [22]

A fentebb említett védelmi berendezéseket az „MSZ EN 61643-11:2013 - Kisfeszültségű túlfeszültség-védelmi eszközök. 11. rész: Kisfeszültségű hálózatra csatlakozó túlfeszültség-védelmi eszközök. Követelmények és vizsgálati módszerek (IEC 61643-11:2011, módosítva)” [27] szabvány 3 típusba sorolja:

- I. típus (T1) Villámáram-levezető
- II. típus (T2) Túlfeszültség-levezető
- III. típus (T3) Finomvédelem

Villámáram-levezető

„Közvetlen vagy közeli becsapások hatásai elleni védekezés a telepített villamos berendezések megóvása érdekében. Alkalmazása az EN 62305 szabvány szerint a 0A és az I villámvédelmi zónák között.”

Túlfeszültség-levezető

„Távoli becsapások, kapcsolási túlfeszültségek, valamint elektrosztatikus kisülések hatásai elleni védekezés a telepített villamos berendezések megóvása érdekében.”

Kombinált levezető

„Villámáram- és túlfeszültség-levezető kombinációja a közvetlen, közeli és távoli becsapások elleni alkalmazáshoz, valamint kapcsolási túlfeszültségek ellen a telepített villamos berendezések megóvása érdekében.”

Finomvédelem

„Túlfeszültség-levezető a telepített, érzékeny villamos berendezések megóvása érdekében, amelyek fokozott túlfeszültség elleni védelmet igényelnek (pl.: TV, PC, DVD-lejátszó, notebook, rádió stb.).”

Az általam tervezett HMKE rendszer helyszínén villám elleni védelem nincs kialakítva, így a II. típusú T2-es védelmi fokozatú túlfeszültség levezető használata elegendő. Mivel ilyen DC és AC túlfeszültség-levezetőt a rendszer inverterre tartalmaz és az „MSZ EN 61643-11:2013” szabvány előírásainak megfelel, így további védelmi eszköz beépítését nem tartom indokoltnak.

[\[23\]](#)

10.3. DC és AC szakaszoló kapcsoló

A szakaszoló kapcsoló feladata, azon eszközök leválasztása a hálózatról, amelyek üzemszerűen feszültség alatt állnak. A szakaszoló kapcsoló az inverternek mind DC, mind AC oldalára való beépítése szükséges. A napjainkban forgalmazott invertereknél a DC oldali leválasztó kapcsoló beépítése kerül magába az inverterbe, így újbóli beszerelésére nincs szükség, az általam választott energiaátalakító berendezés is tartalmazza ezt az eszközt.

Ezzel szemben a AC oldali kapcsoló dobozba viszont már szükséges a szakaszoló kapcsoló beépítése. Erre a feladatra én a Socomec SIRCO szakaszoló választottam M1 méretben és 3x32A-es kivitelben. [\[2,20\]](#)



22. ábra - AC oldali leválasztó kapcsoló [35]

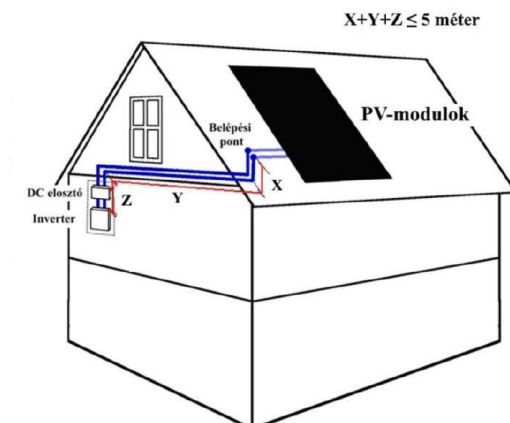
10.4. Tűzvédelem

A háztartási méretű kiserőműveknél nagy figyelmet kell szentelni a tűzvédelmi rendszer kiépítésre a megszabott előírásoknak megfelelően. Napelemes rendszereknél a tűzvédelem legfőbb célja, hogy ha esetleg tűz ütne ki, annak a biztonságos eloltása lehetséges legyen. Ez azért fontos, mert a DC oldali vezetékeket minden esetben úgy kell tekinteni, hogy feszültség alatt állnak, ami a tűz oltásánál életveszélyes lehet. A napelemes rendszerekre vonatkozó előírások az Országos Tűzvédelmi Szabályzatban és a Tűzvédelmi Műszaki Irányelvben (TvMI) van leírva. A TvMI előírásainak a betartása önkéntes jellegű. A tűzvédelem legfőbb feladata a villamos energiát előállító egységeknél a biztonságos feszültségmentesítés, ami az inverternek a DC és AC oldali leválasztásával történik meg. Az egyenáramú és váltakozóáramú oldalra szakaszoló kapcsolók alkalmazása az előírások szerint kötelező.

„A DC oldali vezetékek lekapcsolására vonatkozó követelményének kielégítésére elfogadható műszaki megoldás:

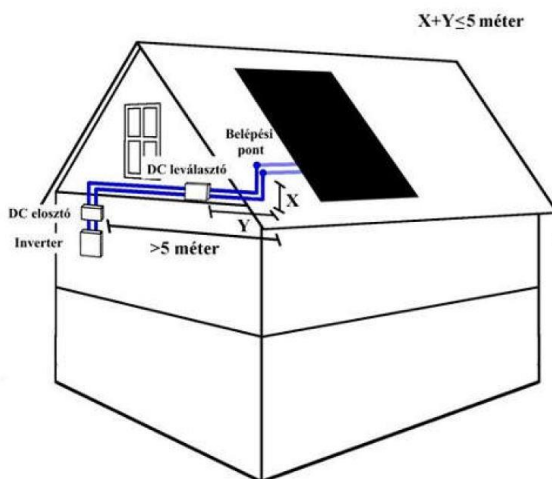
- *Az inverterbe épített DC oldali leválasztás, ha az adott DC kábel épületbe való belépési pontjától indult belső DC nyomvonal teljes hossza nem haladja meg az 5 métert és nem halad át egymás feletti/alatti egynél több szinten, idegen tulajdonon, bérleményen, tűzszakaszon.” [5]*

- „A belépési pontnak kell tekinteni azt az átvezetést is, ha a DC- nyomvonal nem megy át az adott tetőszerkezet, földémszerkezet teljes rétegrendjén. Például a tetőhéjaláson átvezetik a DC-kábelt, de a belső burkolat felett vezetik tovább.” [5]



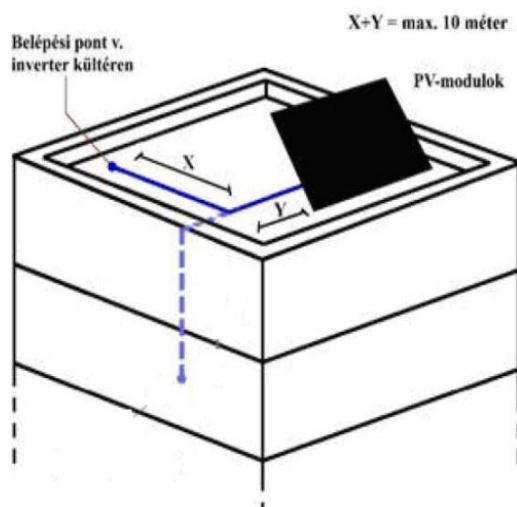
23. ábra - DC leválasztó kapcsoló beépítésének feltételeit segítő vázlat [5]

- „Amennyiben bármely feltétel nem teljesül, a DC kábelszakaszon leválasztás elhelyezése szükséges. A DC leválasztás elhelyezése lehetséges az épületen kívüli és az épületen belüli kábelszakaszon. Abban az esetben, ha az épületen belül kerül elhelyezésre, akkor a lekapcsolandó DC kábel épületbe való belépési pontjától a nyomvonal hosszán mért legfeljebb 5 méteren belül kell telepíteni.” [5]



24. ábra - - DC leválasztó kapcsoló beépítésének feltételeit segítő vázlat, ha szükséges a beszerelés [5]

- „DC-leválasztást az épületen kívül és a PV modulok közelében kell elhelyezni, ha a napelemes rendszer részét képező a PV modulok által lefedett területek legközelebbi pontja és az épület belépési pontja vagy a kültéren elhelyezett inverter DC-csatlakozása közötti DC-kábelszakasz teljes hossza több mint 10 m. (3.ábra). Ebben az esetben a leválasztást úgy kell elhelyezni, hogy az a napelemes rendszer részét képező PV-modulok által lefedett területek legközelebbi pontjától mérve, azokhoz a lehető legközelebb, de legfeljebb 10 méterrel belülré kerüljön.” [5]



25. ábra - DC leválasztó kapcsoló beépítésének feltételeit segítő vázlata, épületen kívüli nyomvonal esetén [5]

Az egyenáramú oldalon lévő leválasztó kapcsoló a mai inverterekbe már beépítésre kerülnek, ahogy az általam kiválasztott inverterbe is. Emiatt a tervezett rendszerben a fentebb említett feltételek teljesülésével további leválasztó kapcsoló használata nem indokolt. [5]

10.5. Érintésvédelem

Az érintés védelem a napelemes rendszereknél az egyik legfontosabb védelmek közé tartozik és kiépítése kötelező. Érintésvédelemről az „MSZ HD 60364-4-41:2018 - Kisfeszültségű villamos berendezések. Biztonság. Áramütés elleni védelem” [16] szabvány előírásait kell figyelembe venni. A szabvány szerint „az egyenáramú oldalon lévő villamos szerkezeteket feszültség alatt állónak kell tekinteni még akkor is, ha a váltakozó áramú oldal le van kapcsolva a hálózatról, vagy ha az inverter le van kapcsolva az egyenáramú oldalról”. [25] A napelemes rendszereknél olyan DC feszültség jöhet létre, ami halálos áramütést is okozhat. A szabvány ezért is írja elő a 120 V-os feszültségű határt, ami még biztonságosnak tekinthető. De áramütéses baleset ekkor is bekövetkezhet, ha például „az üzemszerűen feszültség alatt álló részek” [25] valamilyen okból kifolyólag meghibásodik és ez által feszültség alá kerülnek. A kristály alapú napelemekből kialakított rendszereknél a „kettős vagy megerősített szigetelést”, illetve a DC-IT rendszerrel más néven önműködő lekapcsolással kell ellátni a rávonatkozó szabvány előírásai szerint. [5,24]

10.5.1. „Kettős vagy megerősített szigetelés”

„Az egyenáramú oldalon (a PV inverter egyenáramú csatlakozókapcaiig) használt villamos szerkezetek, például PV-modulok, kábel- és vezetékrendszerek (pl. összekötődoboz, kábelek vagy vezetékek) legalább II. érintésvédelmi osztályúak vagy azzal egyenértékű szigetelésűek legyenek.” [25]

A kettős szigetelésű rendszerek berendezésinek és eszközeinek alapszigetelésén felül rendelkezésre áll egy ún. kiegészítő szigetelés is. Ennek a kiegészítő szigetelésnek az a feladata, hogy ha valamilyen oknál fogva meghibásodik vagy megsérül az alapszigetelés, akkor megakadályozza az esetleges áramütéses baleset bekövetkeztét.

A megerősített szigetelés megakadályozza a testzárlat létrejöttét úgy, hogy az alap és kiegészítő szigetelés között található vezető rész kerül feszültség alá. Ennél az oknál fogva a kívül található vezető nem minősíthető testnek, mert oda nem jut feszültség. [2,24]

A követelményeit az „MSZ HD 60364-4-41:2018” szabvány foglalja össze:

- *„Az alapvédelmet alapszigetelés és a hibavédelmet kiegészítő szigetelés biztosítja, vagy az alap- és a hibavédelmet az aktív részek és a hozzáférhető részek közötti megerősített szigetelés biztosítja” [25]*
- *„A kettős vagy megerősített szigetelésű szerkezetek megérinthető részei nem minősülnek testnek.” [25]*

Napelemes rendszereknél tehát a PV modulok csatlakozásainak, a szolár csatlakozóknak és kábeleknek kettős szigeteléssel kell rendelkezniük.

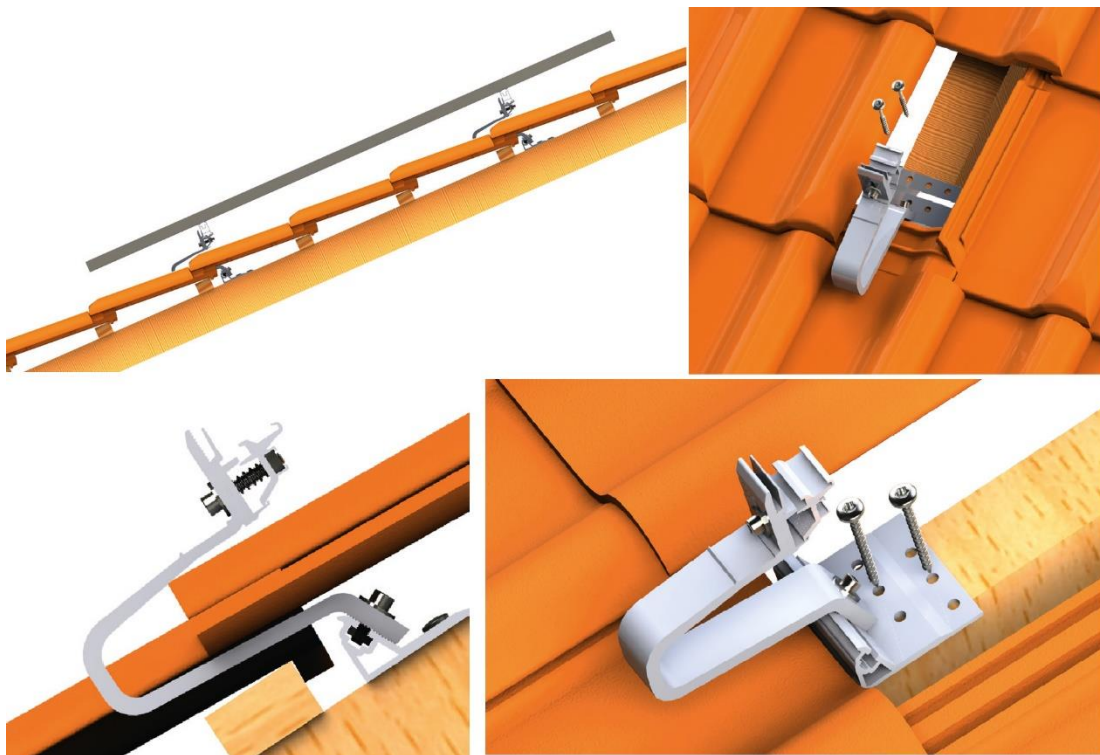
10.5.2. DC-IT rendszer vagy más néven önműködő lekapcsolás

„A táplálás ön működő lekapcsolása olyan védelmi mód, amelynél az alapvédelem az aktív részek alapszigetelésével vagy védőfedéssel, vagy védőburkolatokkal van megoldva, és a hibavédelem egyenpotenciálú összekötéssel és hiba esetén a táplálás önműködő lekapcsolásával van megoldva,” [25]

A DC oldal hibavédelmeként szükséges használni, akkor, ha közvetlenül földelt pontja nincs a rendszernek, valamint azoknak a berendezéseknek a teste, amiknek van hibavédelme védőföldeléssel van kialakítva. Egy mesterséges nulla pontot kell létre hozni úgy, hogy a védővezető segítségével össze kell kötni a túlfeszültség-levezetőnek a földelt pontját, illetve a PV panelek alapesetben feszültség alatt nem álló, de vezető részét.

11.A NAPELEM RÖGZÍTÉSE

A panelek rögzítése 25 fok dőlésszögű cserép fedésű tetőre kerül. A tartószerkezet rozsdamentes acélból készült így ellen áll a természeti viszonyoknak. Elhelyezését tekintve a tető fő teher tartó gerendáihoz szüksége rögzíteni, hogy a tetőszerkezet elbírja a tartó szerkezettel és napelemekkel járó plusz terhelést. A rögzítésnek két fő része van, a 3,3 m kiszerelésben kapható sín és a gerendákhoz csavarozással rögzített kampók. Az említett kampók tartják meg a síneket úgy, hogy a cserepek átfedésénél nyúl ki a tetőre így a fedés vízzáró rétegét nem bontja meg. A kampóhoz csatlakozott sínek pedig magát a napelem modulokat rögzítik. A rendszer rögzítését az Alumero gyártó által forgalmazott AL UK SLIM állítható kampóval és a hozzá tartozó Alumero 37/A sínnel terveztem meg. [\[2,3\]](#)



26. ábra - A tartószerkezet kialakítása [\[36\]](#)

12.A RÖGZÍTÉSI ÉS VILLAMOS ANYAGLISTA

A HMKE kiépítéséhez az eddig említetteken kívül egyéb alkatrészekre, rögzítési és villamos anyagokra is szükség van, ezért a teljes rendszer kivitelezéséhez szükséges anyagokat az alábbi táblázatokban részletezem.

Villamos anyaglista

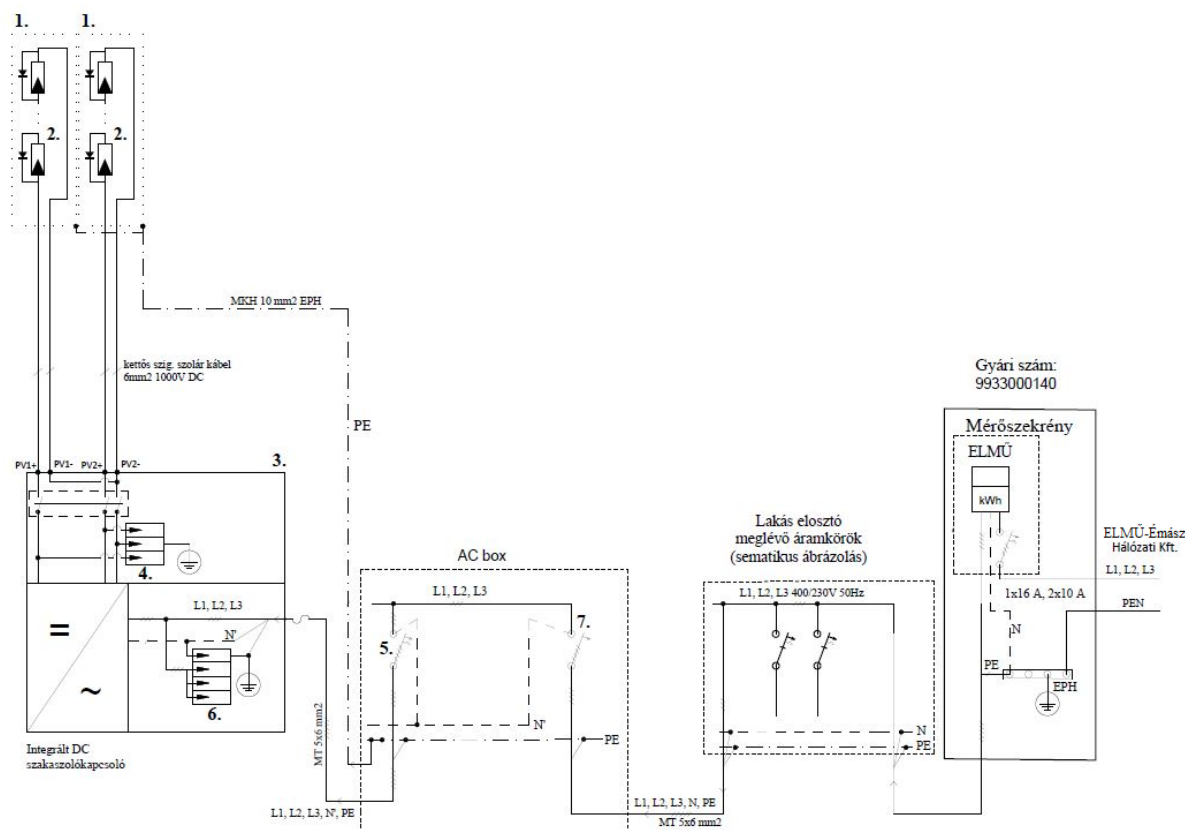
Anyag:	Név:	Mennyiség:
Inverter:	Huawei SUN2000-6KTL-M1	1 db
Napelem:	Bauer BS-6MHB5-EL 370 Wp	15 db
AC Doboz:	AC box - 1x12 modul (Legrand)	1 db
AC terheléskapcsoló:	Socomec SIRCO szakaszoló M1 méret 3X32A	1 db
	Socomec SIRCO pólus bővítő M1 méret 32A	1 db
	Socomec SIRCO M1/M2 közvetlen kar KÉK 16-80A	1 db
Kismegszakító:	Schneider kismegszakító, 4P - B16	1 db
Saru:	Ónozott csősaru - 10 mm ²	20 db
Érvéghüvely:	Érvéghüvely szigetelt 10 mm ² elefántcsont	30 db
	Érvéghüvely szigetelt 6 mm ² fekete	50 db
	Iker Érvéghüvely 2x6	20 db
MC4 csatlakozó:	Weidmüller - MC4 (+) szolár csatlakozó	8 db
	Weidmüller - MC4 (-) szolár csatlakozó	8 db
EPH:	EPH - OBO, fekete UV álló	1 db
Figyelmeztető tábla:	Tábla <i>FIGYELEM! A helyszínen napelemes...</i>	1 db
Kábelcsatorna:	Műanyag kábelcsatorna 40x40mm	25 m
	Műanyag végzáró idom 40x40mm	10 db
Csavarok:	Hatlapfejű facsavar 8x160	10 db
	Műanyag tipli 12x140	10 db
	Süllyesztettfejű, faforgácslap csavar, 3,5x35	100 db
	Műanyag tipli 6x30	100 db
	Süllyesztettfejű, faforgácslap csavar, 4x40	10 db
	Süllyesztettfejű, faforgácslap csavar, 5x60	10 db
	Műanyag tipli 8x50	10 db
	Gipszkarton tipli	20 db
Tömszelence:	Tömszelence PG21 + anya 13-18mm IP68	3 db
Földelő kábel:	MKH zöld/sárga 10 mm ²	30 m
AC kábel:	MT 5x6 mm ²	20 m

Szolár kábel:	Szolár kábel 6 mm ² piros	30 m
	Szolár kábel 6 mm ² fekete	30 m
Kábelkötegelő:	Kábelkötegelő 200x4,8 fekete	100 db
	Feliratozható kábelkötegelő 110x2,5 fehér	10 db
Gégecső:	UV/lépésálló Gégecső 25 mm fekete (belső Ø 18,3 mm)	30 m
	Csőbilincs D-25	60 db
Matricák:	Matrica 400V	2 db
	Matrica Vigyázz 1000V DC	2 db
	Matrica Napelemes rendszer leválasztó kapcsoló	1 db
	Matrica Szervizközpont	1 db
	Matrica Céges	1 db
	Matrica FIGYELEM! A helyszínen napelemes...	1 db
	Matrica Napelemek lekapcsolásakor is feszültség alatt...	1 db

Rögzítési anyaglista

Megnevezés	Mennyiség	Mennyiség egység
Alumero 37/A sín	43	m
Alumero síntoldó	13	db
Facsavar M8x100	132	db
AL UK SLIM állítható kampó	44	db
Click végleszorító földelő tüskével (32-40 mm)	20	db
Click köztes leszorító földelőtüskével (30-45 mm)	26	db

13.A RENDSZER EGYVONALAS KAPCSOLÁSI RAJZA



28. ábra - Hálózatra csatlakozó rendszer egyvonalas kapcsolási vázlatja [1. Melléklet]

1. Napelem			3. Inverter		4. DC túlfeszültségvédelem		
Típus	Bauer BS-6MHB5-EL 370 Wp		Típus	Huawei SUN2000-6KTL-M1	Típus	Integrált	
Max. teljesítmény [Wp]	370		DC bemenetek száma [db]	2	Védelem típusa	II. védelmi fokozat	
Üresjárási fesz. [V]	40,9		Maximális DC teljesítmény [W]	6600	5. AC túláram és zárlatvédelem		
Rövidzárási áram [A]	11,52		Max. DC bemeneti áram [A]	16			
Max. névleges fesz. [V]	34,4		Max. DC bemeneti feszültség [V]	1100			
Max. névleges áram [A]	10,76		Névleges MPP fesz. tart. [V]	140-980			
Névleges hatásfok (STC) [%]	20,31		Névleges AC kím. teljesítmény [W]	6000	Pólusszám	4P	
Max. rendszrefeszültség [V]	1000		Max. AC látsz. teljesítmény [VA]	6600	Névleges áram [A]	16	
2. Sztring adatok			Max. kimeneti áram [A]	10,1	Zárlati megszakítóképesség [kA]	6	
			Névleges hatásfok [EU] [%]	98,6	Koldási karakterisztika	B	
			Hálózati csatlakozás (fázisszám)	3	6. Inverter és csatl. pont AC túlfeszültségvédelme		
			Sztringek száma [db]	1	1	Névleges kimeneti feszültség [V]	230/400
Napelem szám / sztring [db]	7	8	Névleges kimeneti frekvencia [Hz]	50	Védelem típusa	II. védelmi fokozat	
Sztring feszültség [V]	240,8	275,2	Teljes harmonikus torzítás [%]	<3	7. AC leválasztó kapcsoló		
Sztring üresjárási feszültség [V]	286,3	327,2	Teljesítmény tényező	-	Típus	SIRCO M1 - 4P - 32 A	
Modulosorok névleges árama [A]	10,76	10,76	Leválasztó transzformátor	transzf. nélkül			
Modulosorok [A]	11,52	11,52	Áramvédő-kapcsoló	nem tart.			
Sztring névleges árama [A]	10,76	10,76	Túlterhelés elleni védelem	munkapont eltolás			
Sztring rövidzárási árama [A]	11,52	11,52	DC szakaszolókapcsoló	integrált			

27. ábra - Az egyvonalas kapcsolási vázlat elemeinek megnevezése és adatai [1. Melléklet]

14.KÖLTSÉG TÉRÜLÉSI SZÁMÍTÁSOK TERMELÉSI ADATOK ALAPJÁN

A napelemes rendszerek vizsgálatát nem csak műszaki szempontból, de gazdasági oldalról is el kell végezni. Ezeknek a rendszerek a létesítése egy fajta befektetés a felhasználó részéről, ami később megtérülésre kerül. A megtérülés annál jobb, minél kevesebb időn belül megvalósul, ezért a háztartási méretű kiserőművek tervezésénél fontos szerepet játszik a megtérülési idő kiszámítása. Ugyan is ez döntő tényező lehet a felhasználók, befektetők részéről, hogy megéri-e a rendszert kiépítenie. Hazánkban ma már számos vállalkozás foglalkozik HMKE rendszerek tervezésével és kivitelezésével, illetve a rendszer kiépítéséhez használt berendezések, eszközök és alkatrészek típusából is bőven lehet választani. Ennél fogva a megtérülési idő első körben függ a kivitelezésre választott cég áraitól, ezért fontos, hogy milyen cég mellett döntünk. A cégek általában megszabott számú gyártó által forgalmazott termékeket használnak, így könnyebb választani, hiszen tapasztaltuk révén minőségben megfelelő árut tudnak ajánlani. Nagyban oda kell figyel az ár-érték arányra és inkább a minőséget érdemes választani az olcsósággal szemben. Ez azért ajánlott, mivel, ha egy tisztán önérőből finanszírozott rendszert feszünk például, akkor egy átlag rendszer megtérülési ideje 10-15 év közé tehető, ebből kifolyólag a választott berendezéseknek azt az időtartamot ki kell bírnia plusz költség ráfordítás nélkül. Az egy darabszámba jutó költségeket tekintve az inverter mondható a legdrágábbnak a használt eszközök közül, ami a teljes költség 18,6 %-át teszi ki, a 15 db napelem ára pedig az összesített költség 32,7 %-át. Ez alapján megfigyelhető, hogy az előbb említett két termék a rendszer teljes költségének a felét teszi ki, ezért is fontos a megfelelő megválasztásuk.

A megtérülési időt nagyban befolyásolja a finanszírozás módja. Ma már egyre több támogatási és pályázati lehetőség van HMKE rendszerek telepítéséhez. Ezeknek a támogatásoknak egy része pedig visszanem térítendő állami támogatás. Az általam tervezett rendszer is egy ilyen támogatás használatba vételével lett finanszírozva, még pedig az Otthonfelújítási Támogatás, röviden OFT keretein belül. Az OFT a háztartásban történő felújítási költségek 50%-át téríti meg 3 millió forintig, ebbe a napelemes rendszerek telepítése is beletartozik.

A megtérülési idő kiszámításához szükségünk van a teljes rendszer árára, ami az alábbi táblázatban van felvezetve, termékekre és elvégzett munkákra lebontva.

15 db napelem összesített nettó ára:	763 500 Ft
Inverter nettó ára:	435 200 Ft
Villamos anyagok nettó ára:	152 900 Ft
Rögzítési anyagok nettó ára:	146 250 Ft
Tervezési, engedélyeztetési díj nettó ára:	57 500 Ft
Telepítési díj nettó ára:	185 700 Ft
A cég által kínált csomag nettó ára	150 000 Ft
A cég által kínált kedvezmény nettó ára:	50 900 Ft
A rendszer nettó ára összesen:	1 840 150 Ft
A rendszer bruttó ára összesen:	2 337 000 Ft

A további számításokhoz szükséges még az előzetesen megállapított várható villamos energiatermelés értéke, ami pesszimista szempontból nézve 6100 kWh/év-re lett meghatározva. Már csak az aktuális villamos energia ára van szükségünk, ami a helyszínen használt „A1” árszabás szerint az MVM Émász Áramhálózati Kft. elosztói engedélyes területén 37,309 Ft/kWh. Továbbá figyelembe kell venni az OFT által nyújtott 50 %-os támogatást is. Ezek alapján a számításhoz szükséges adatok:

Bruttó beruházási költség	TC	2 337 000 Ft
Becsült éves hozam	E _{becs}	6100 kWh/év
Villamos energia ára	C _{ve}	37,309 Ft/kWh
Támogatás mértéke	n	50 %

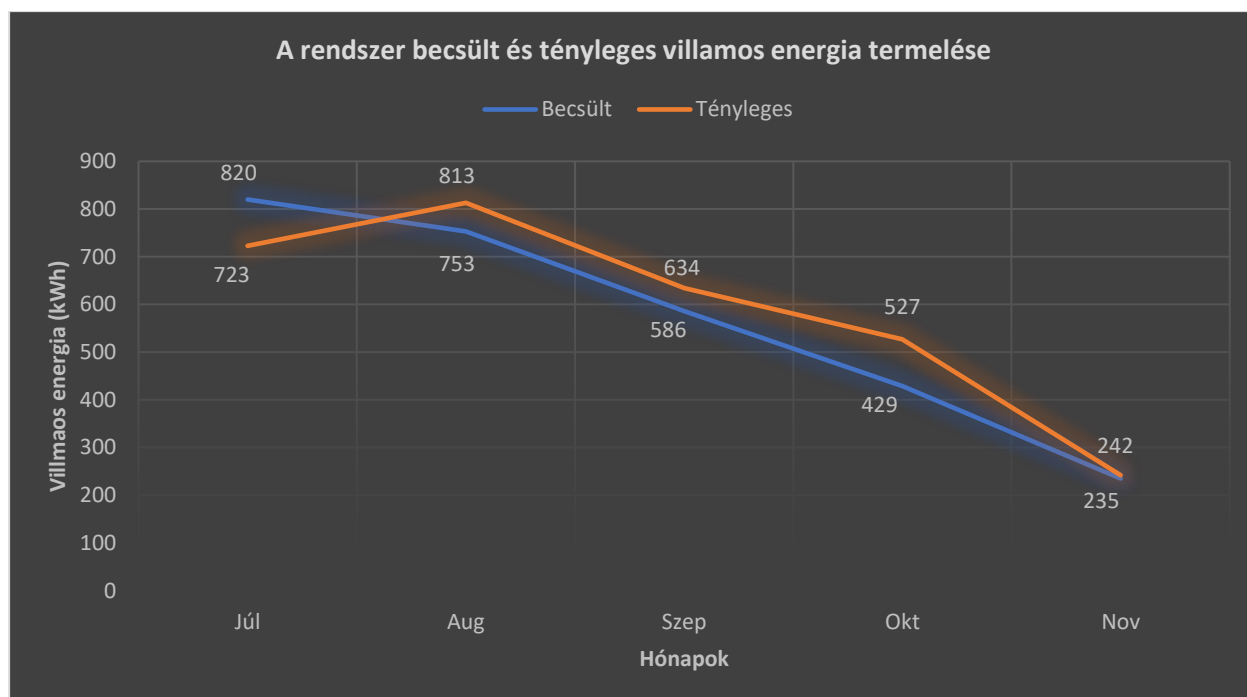
A számítás menete:

$$\text{Megtérülési idő (tm)} = \frac{TC}{E_{\text{becs}} \times C_{\text{ve}}} \times n$$

$$tm = \frac{2\,337\,000 \text{ Ft}}{6100 \text{ kWh/év} \times 37,309 \text{ Ft/kWh}} \times 0,5 = 5,22 \text{ év} \gg \text{kb. 5 év 2 hónap}$$

A számítások alapján így megállapítható, hogy a rendszer körülbelül 5 év és 2 hónap alatt térülne meg a jelenlegi villamos energia árakat tekintve. Mindazonáltal a jövőben a villamos energia ár változhat és a szaldó elszámolás végett ez a megtérülési idő is módosulhat. A szaldó elszámolás lényege, hogy a közcélú hálózatba betáplált és onnan visszavételezett villamos energia mennyiség különbsége alapján kerül sor az elszámolásra és ez dönti el, hogy az áramszolgáltató fizeti ki a többlet termelést vagy a felhasználó a többlet fogyasztást. További ilyen tényező lehet a napelem rendszert ért esetleges meghibásodások, karbantartások és alkatrész cserék költsége is.

Mivel a rendszer már telepítésre került, így rendelkezésre állnak az eddig termelt villamos energia adatok, ami alapján ellenőrizhető a becsült hozam és a megtérülési idő pontossága. Ezeknek az adatoknak az összehasonlítása az alábbi diagrammon vizsgálható meg.



29. ábra - A becsült és megtermelt hozam összevetése

A fenti ábra alapján megállapítható, hogy a becslés pontosnak bizonyult, mert egy hónap kivételével a megtermelt energia nagyobb volt, mint az előre megjósolt. De az említett hónapban történő eltérés is megmagyarázható, hiszen a rendszer üzembe helyezése július 6.-án történt, így 5 napi termelési adat hiányzik abból a hónapból és ennek köszönhető a termelések közti eltérés is.

15. ÖSSZEGZÉS

Napjainkban a fosszilis energiaforrás készlet csökkenésének az okán egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetni a megújuló energiaforrásokra. Ezek közül, amik az átlagos lakosági felhasználók számára is elérhetők azok a Nap energiáját hasznosító, napelemekből kialakított rendszerek. Hazánkban ezt háztartási méretű kiserőmű, röviden HMKE rendszereknek nevezzük. Mivel egyre több cég foglalkozik ezen rendszerek létesítésével, illetve az erre irányuló és felhasználható támogatások száma is egyre nagyobb, a napelemes rendszerek száma is ezzel arányosan nő. Ezt többet között az egyre bővülő technológiai megoldások is segítik.

Szakdolgozatom témájaként is egy HMKE rendszer tervezésének bemutatását választottam.

A bemutatott rendszer az Optimum Solar Home System Kft. berkein belül készült, ahol a szakmai gyakorlatomat töltöttem és ezen terveket készítettem. Maga a fotovoltaikus rendszer 2021.07.06.-án került beüzemelésre. Elsődleges célja a háztartás által igényelt villamos energia fogyasztásnak a kiváltása volt. A dolgozatba bemutatásra került a PV panelek által üzemelő rendszerek működése, annak felépítése és a főbb építőelemeinek a jellemzése. A tervezési folyamat ismertetése is említésre került, ami magában foglalja a helyszín bemutatását, a rendszer méretének és várható hozamának a meghatározását, a felhasznált berendezések, eszközök és alkatrészek bemutatását, valamint a várható megtérülési idő meghatározását.

Összeségben belátásam szerint a napelem iparban még sok lehetőség rejlik és a jövőben nagyobb szerepet fog játszani a megújuló energiaforrások általi villamosenergia-ellátásban.

16. SUMMARY

Nowadays, due to the depletion of the fossil energy resources, more and more emphasis needs to be placed on renewable energy sources. Of these, what is also available to the average residential user are solar PV systems. In Hungary, this is called a small household-sized power plant, or HMKE system for short. As more and more companies are engaged in the installation of these systems and the number of subsidies is increasing as well, the number of solar systems is growing proportionately. Among other things, this is helped by the ever-expanding technological solutions.

I also chose to present the design of an HMKE system as the topic of my dissertation. The presented system was made within the framework of Optimum Solar Home System Kft., where I spent my internship and made these plans. The photovoltaic system itself was commissioned on July 6, 2021.

Its primary goal was to replace the electricity consumption demanded by the household. I presented in the dissertation the operation of the PV systems, its structure and the characterization of the main components. A description of the design process was also provided, which includes a presentation of the site, a determination of the size and expected yield of the system, a description of the equipment, tools and components and a determination of the expected payback time.

Overall, in my view, there is still a lot of potential in the solar industry, and it will play a bigger role in the supply of electricity from renewable energy sources in the future.

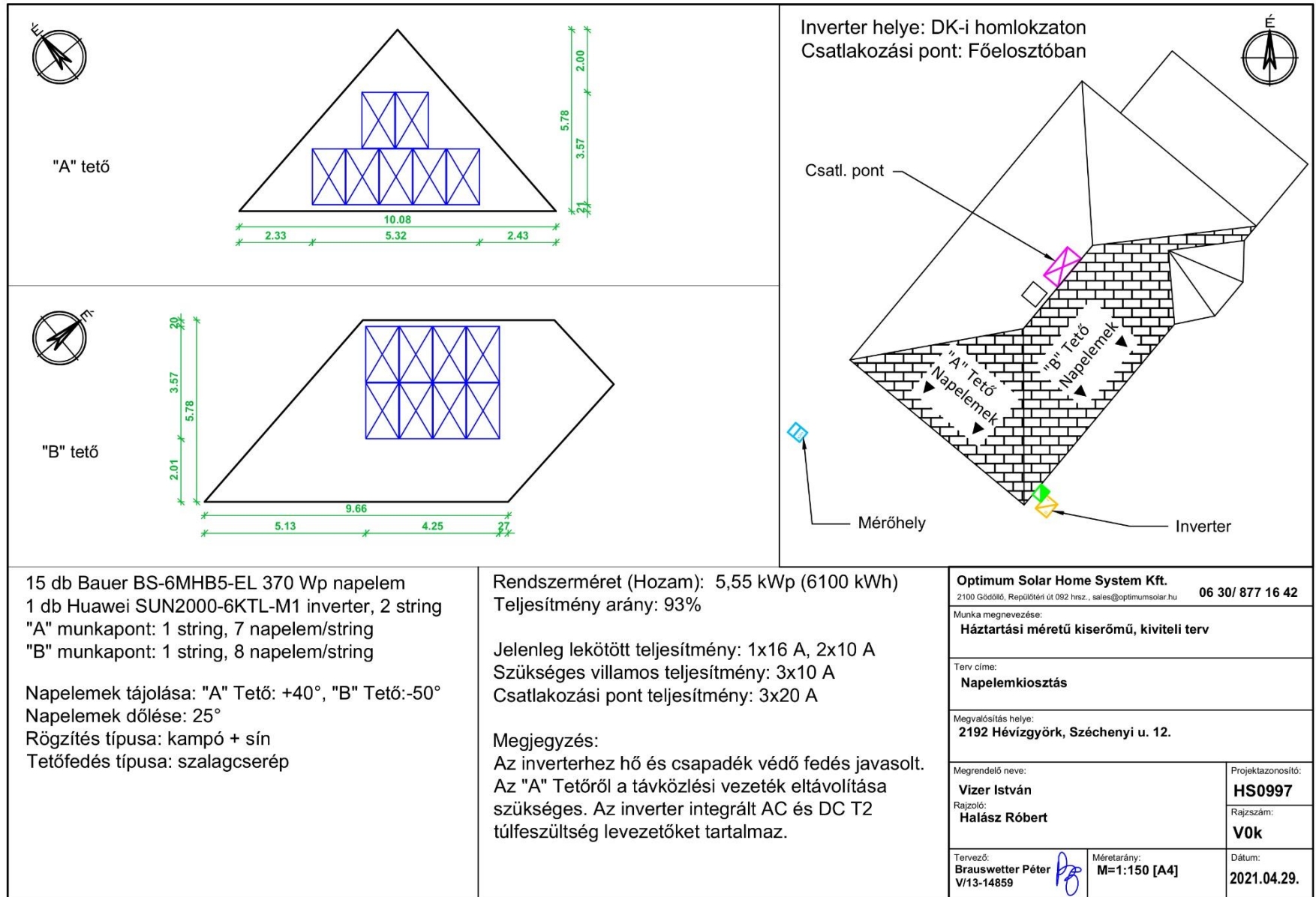
HIVATKOZÁSOK

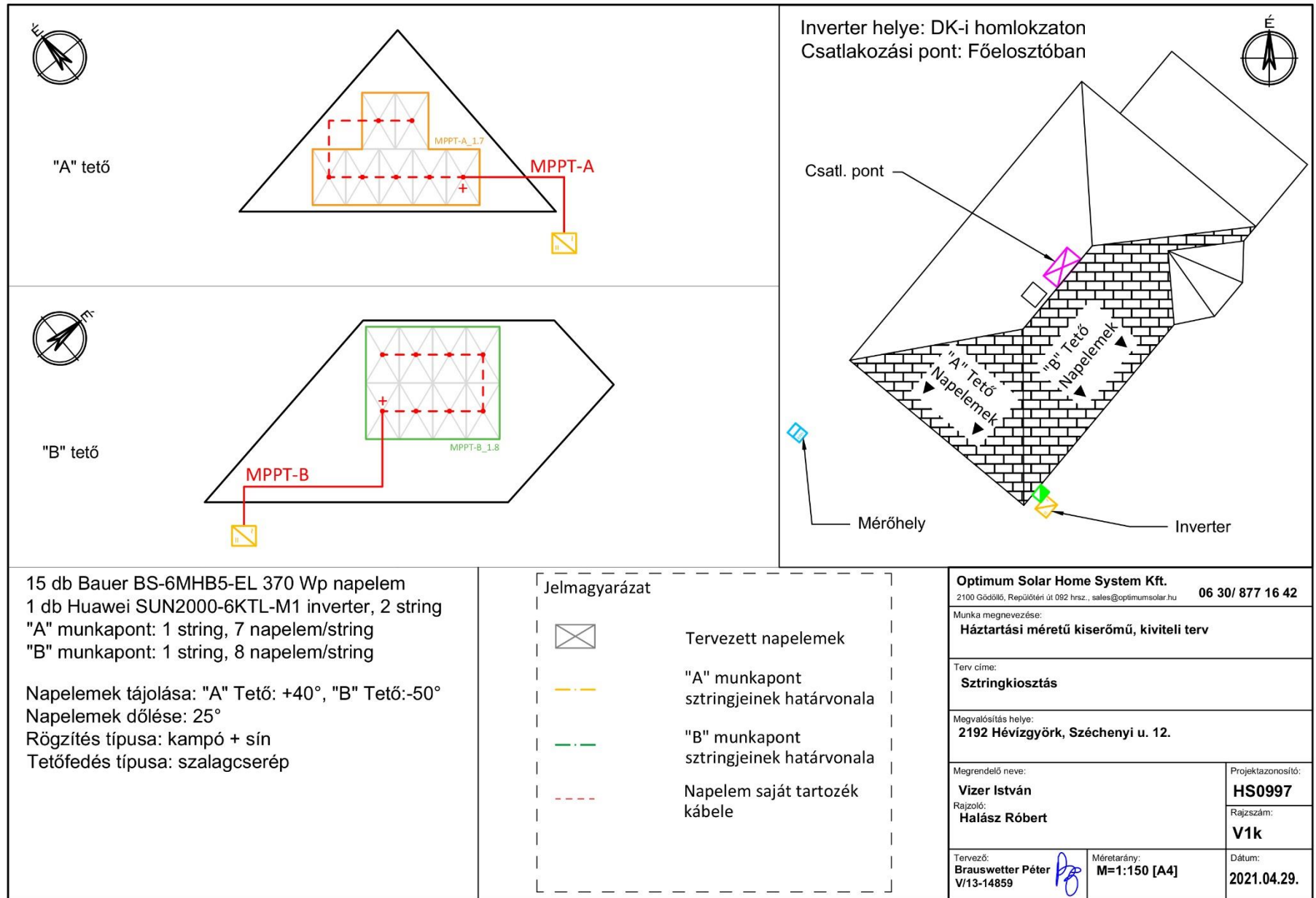
- [1] A 2007. évi LXXXVI. törvény (VET) egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet - VET 3. § 24.
- [2] Véghely Tamás., 2013. *Napelemek és napelemrendszerek szerelése*. Budapest: Cser K.
- [3] Véghely Tamás., 2014. *Napelemes rendszerek villamos berendezési*. Budapest: Cser K
- [4] MEE VET Jegyzet., 2015. *Regisztrált villanyszerelőknek regisztrációs vizsgához*. Budapest: MEE VET
- [5] Rejtő János., 2018. *Napelemek általános jellemzése fajtái, működési elvük, napelemes kiserőművek rendszerfelépítése*. Debrecen: MMK
- [6] Mvmemaszhalozat.hu. 2021. *Háztartási Méretű Kiserőmű*. [online] Elérhetőség: <https://mvmemaszhalozat.hu/ugyintezes/muszaki-ugyintezes/haztartasi-meretu-kiseromu>
- [7] Re.jrc.ec.europa.eu. 2021. *JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission*. [online] Elérhetőség: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP
- [8] Mszt.hu. 2021. *Magyar Szabványügyi Testület*. [online] Elérhetőség: http://www.mszt.hu/web/guest/ingyenesszabvanylista?p_p_id=msztwebshop_WAR_MsztWAportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_ref=177174&msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_javax.portlet.action=search
- [9] Mszt.hu. 2021. *Magyar Szabványügyi Testület*. [online] Elérhetőség: http://www.mszt.hu/web/guest/webaruhaz;jsessionid=BA30E38DC4356018883C215A63A262E5?p_p_id=msztwebshop_WAR_MsztWAportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_ref=168911&msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_javax.portlet.action=search

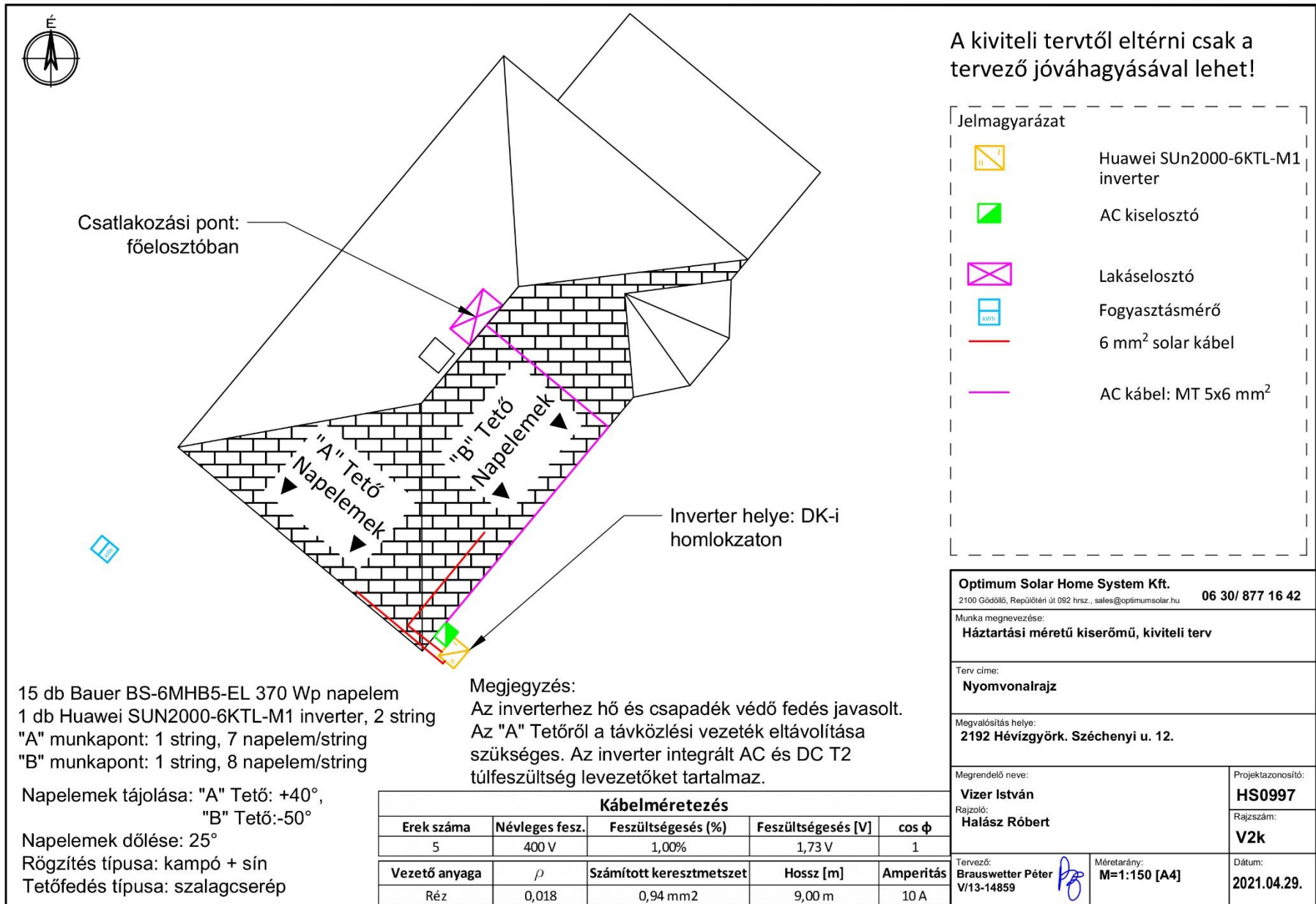
- [18] Dr. Novothny Ferenc (PHD),. 2010.Villamos energetika I. Budapest: ÓE KVK 2050
- [19] Dr. Novothny Ferenc (PHD),2010.Villamos energetika I. PÉLDATÁR. Budapest: ÓE KVK 2051
- [20] Dr. Novothny Ferenc (PHD),.2010.Villamosenergia-ellátás I. Budapest: ÓE KVK 2052
- [21] Mszt.hu. 2021. *Magyar Szabványügyi Testület*. [online] Elérhetőség:
http://www.mszt.hu/web/guest/webaruhaz;jsessionid=F00B011F2F575A1AB094C69167FD7144?p_p_id=msztwebshop_WAR_MsztWAportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_ref=163173&msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_javax.portlet.action=search
- [22] MSZ HD 60364-5-534,.2016. *Kisfeszültségű villamos berendezések. 5-53. rész: Villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. Leválasztás, kapcsolás és vezérlés. 534. fejezet: Tranziens túlfeszültségek elleni védelmi eszközök (IEC 60364-5-53:2001/A2:2015, módosítva)*. Budapest: MSZT
- [23] Image.schrack.com. 2021. *TÚLFESZÜLTSG-VÉDELEM*. [online] Elérhetőség:
http://image.schrack.com/produktkataloge/w_tulfeszultseg_vedelem_hu.pdf
- [24] Dr. Novothny Ferenc (PHD),. 2012.Napelemes rendszerek áramütése elleni védelme. Budapest: ÉBSZ Konferencia
- [25] MSZ HD 60364-4-41,. 2018. *Kisfeszültségű villamos berendezések. 4-41. rész: Biztonság. Áramütés elleni védelem (IEC 60364-4-41:2005, módosítva + A1:2017, módosítva)*. Budapest: MSZT
- [26] Brauswetter Péter.2020. Műszaki leírás. Gödöllő: Optimum Solar Home System Kft.
- [27] Mszt.hu. 2021. *Magyar Szabványügyi Testület*. [online] Elérhetőség:
http://www.mszt.hu/web/guest/webaruhaz;jsessionid=63775BAEC8A69666F925E365CBE60C18?p_p_id=msztwebshop_WAR_MsztWAportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_ref=155923&msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_javax.portlet.action=search
- [28] Geo-line.hu. 2021. [online] Elérhetőség:
<https://www.geo-line.hu/wp-content/uploads/2011/02/schema2-hu.jpg>

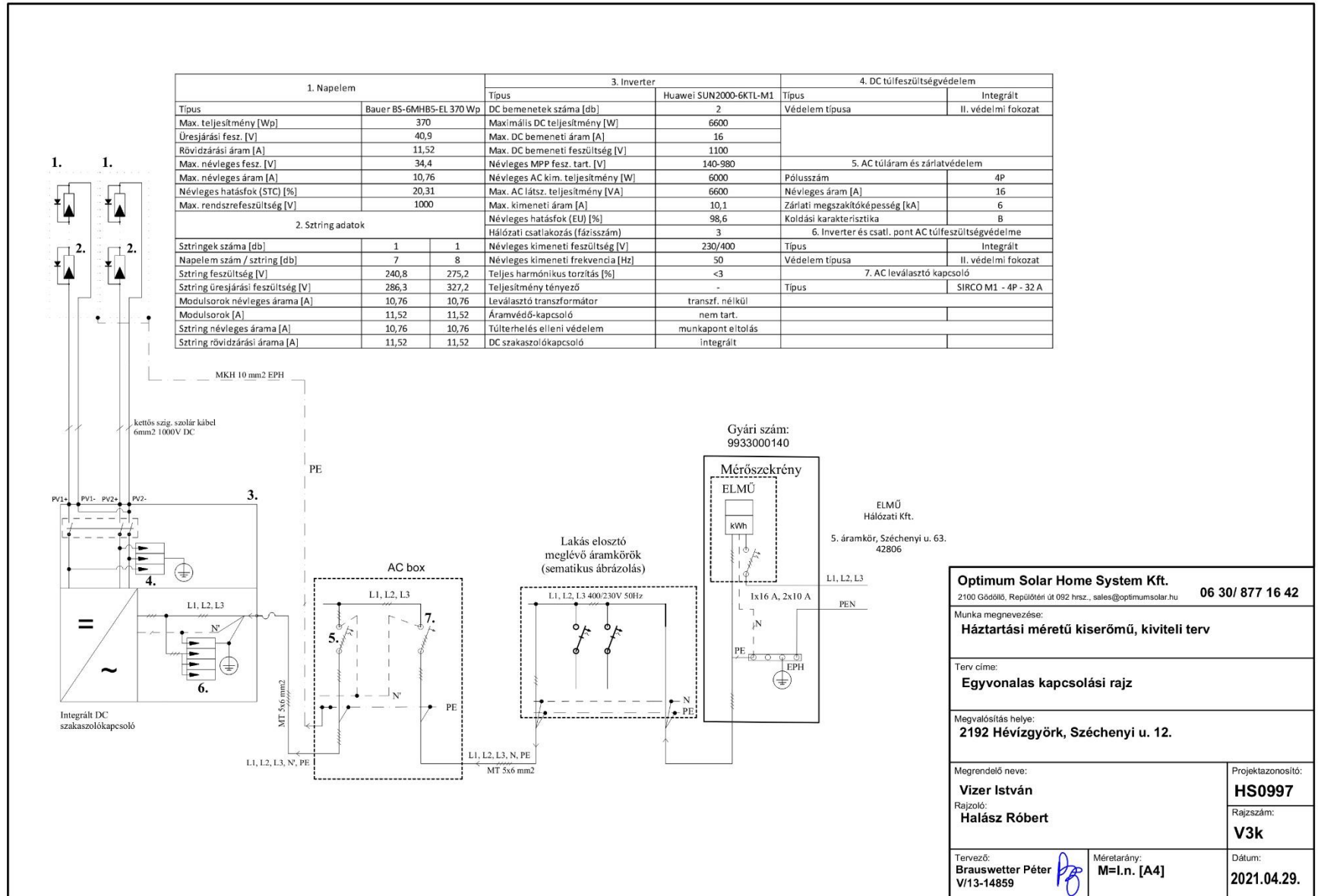
- [29] Belák Gábor., 2021. *A napelemek működése - NVSolar Energia*. [online] NVSolar Energia. Elérhetőség: <https://nvsolar.hu/a-napelemek-mukodese/>
- [30] panels, D., 2021. *Differences monocrystalline vs polycrystalline solar panels*. [online] Guangdong Prostar New Energy Technology Co., Ltd. Elérhetőség: <https://www.prostarsolar.net/support/blog/differences-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels.html>
- [31] Panels, B., 2021. *Best Thin Film Solar Panels - Alternative Energy Sources*. [online] Alternative Energy Sources. Elérhetőség: <https://alternativeenergysourcesv.com/best-thin-film-solar-panels/>
- [32] Eon.hu. 2021. *HMKE engedélyeztetés folyamat leírás*. [online] Elérhetőség: <https://www.eon.hu/hu/hmke/folyamat.html>
- [33] E-építés portál. 2021. [online] Elérhetőség: <https://www.e-epites.hu/kozmuvek>
- [34] Se.com. 2021. *A9F06416 - ACTI9 iC60H kismegszakító, 4P, B, 16A | Schneider Electric Magyarország*. [online] Elérhetőség: <https://www.se.com/hu/hu/product/A9F06416/acti9c60hkismegszak%C3%ADt%C3%B3-4p-b-16a/>
- [35] Group, U., 2021. *Socomec szakaszoló M1 méret 3X32A 22003003*. [online] Daniella.hu. Elérhetőség: [https://daniella.hu/sirco-szakaszolo-m1-meret-3x32a-\(hajtas-nelkul\)-22003003-id-soc22003003](https://daniella.hu/sirco-szakaszolo-m1-meret-3x32a-(hajtas-nelkul)-22003003-id-soc22003003)
- [36] GmbH, A., 2021. *Schrägdachsysteme | makes us stronger*. [online] Alumerogroup.eu. Elérhetőség: <https://www.alumerogroup.eu/produkte/solar/schraegdachsysteme>

1. MELLÉKLET









2. MELLÉKLET

BAUER

Solartechnik GmbH

BS-6MHB5 360 - 370 W



PERFORMANCE GUARANTEE

20 years of product warranty and a linear performance guarantee over a period of 25 years



CERTIFICATION

Permanent in-house quality control, multiple certifications by accredited inspection bodies



EFFICIENCY

High efficiency for optimum yield - innovations directly influence the production process



POSITIVE POWER TOLERANCE

Exclusive delivery of solar modules with positive power tolerance only



PERC HALF-CELL TECHNOLOGY

Double the amount of cells on the same surface area reduces power loss in case of e.g. shadowing



WEATHERPROOF

Standardized mechanical load test guards against damage from wind and weather



GERMAN GUARANTOR

In case of need it is ensured that a German company assumes the claim settlement



SAFETY

High-quality components ensure maximum protection in all weather conditions



PID TEST

The solar cells of our high performance modules are tested for PID



REINSURANCE COVERAGE

The cooperation with the insurance company is guaranteeing even higher levels of financial stability & reliability - BAUER is insured for 12 years of the product's warranty and 25 years of the product's performance guarantee



BS-6MHB5

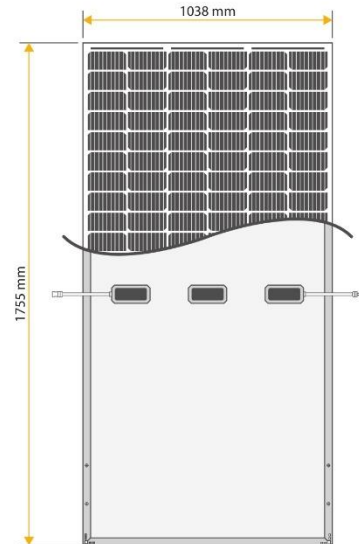
PROVEN & GUARANTEED BY
BAUER SOLARTECHNIK
HIGH QUALITY STANDARDS BY GERMAN ENGINEERS

BS-6MHB5 360 - 370 W**MECHANICAL DATA**

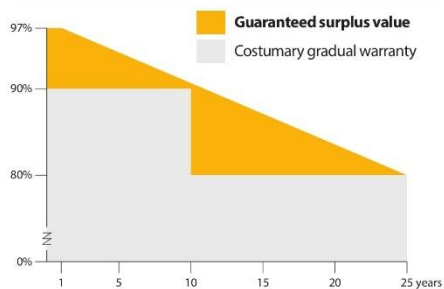
Module dimensions	1755 x 1038 x 35 mm
Weight	19,5 kg
Frame	anodized aluminium alloy (black)
Frontside	Glass with anti-reflection technology
Embedding material	EVA
Backside	Foil (white)
Solar cells	120 monocrystalline PERC half-cells
Connection	IP ≥ 67, 3 bypass diodes
Cable & connector	1x4 mm ² , 1300 mm, MC4 compatible

OPERATIONAL CONDITIONS

Operating temperature	-40 to 85°C
Static load	5400 Pa (snow/wind)
Hail	Ø 25 mm at 23 m/s

**ELECTRICAL DATA¹**

		BS-360-6MHB5	BS-365-6MHB5	BS-370-6MHB5
Maximum power	P _{max} (W)	360	365	370
Power output tolerance	P _{max} (%)	0 ~ +3	0 ~ +3	0 ~ +3
Open circuit voltage	V _{oc} (V)	40,50	40,70	40,90
Short circuit current	I _{sc} (A)	11,35	11,43	11,52
Voltage at max. power	V _{mpp} (V)	34,00	34,20	34,40
Current at max. power	I _{mp} (A)	10,59	10,68	10,76
Module efficiency	η _m (%)	19,76	20,04	20,31
Nominal operating cell temperature	NOCT (°C)	45 ± 2		
Temperature coefficient of V _{oc}	T _k (V _{oc})	-0,270 %/°C		
Temperature coefficient of I _{sc}	T _k (I _{sc})	+0,048 %/°C		
Temperature coefficient of P _{mpp}	T _k (P _{mpp})	-0,350 %/°C		
Maximum system voltage DC (TÜV)	(V)	1500		
Maximum series fuse rating	(A)	20		

LINEAR PERFORMANCE GUARANTEE**WARRANTY CONDITIONS²**

Product warranty	20 years
Performance guarantee	25 years (min. 80% after 25 years)

QUALIFICATION & CERTIFICATION

IEC 61215
IEC 61730

**PACKAGING UNITS**

Modules per pallet	30 pcs
Modules per truck	780 pcs

¹Values under Standard Test Conditions (STC): air mass 1,5 AM, irradiance 1000 W/m², cell temperature 25°C. STC measuring tolerance: ±3 % (P_{max}), ±10 % (V_{max}, I_{mp}, V_{oc}, I_{sc}). ²Nominal value is specified in the written warranty conditions. A possible light-induced degradation in power is not taken into account. The beneficiary under the reinsurance policy of MunichRe is solely Bauer Energiekonzepte GmbH. Please contact us to get information on how this insurance coverage benefits you as a customer. Note: Please read safety instructions and installation manual before using this product. Subject to change. © 2020 Bauer Energiekonzepte GmbH. Effective 21st of october 2020.



3. MELLÉKLET

Smart Energy Center



Active Safety

AI Powered
Active Arcing Protection



Higher Yields

Up to 30% More Energy
with Optimizer



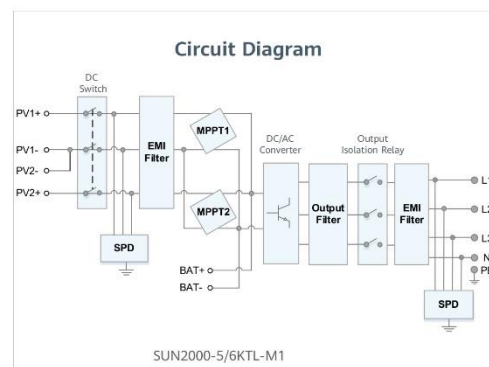
Battery Ready

Plug & Play battery interface ¹



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



^{*1}. Will be compatible with HUAWEI smart string ESS in Q1, 2021

SUN2000-5/6KTL-M1

Technical Specification

Technical Specification		SUN2000-5KTL-M1	SUN2000-6KTL-M1
Efficiency			
Max. efficiency		98.4%	98.6%
European weighted efficiency		97.5%	97.7%
Input (PV)			
Recommended max. PV power ¹	7,500 Wp		9,000 Wp
Max. input voltage ²		1,100 V	
Operating voltage range ³		140 V ~ 980 V	
Start-up voltage		200 V	
Rated input voltage		600 V	
Max. input current per MPPT		11 A	
Max. short-circuit current		15 A	
Number of MPP trackers		2	
Max. input number per MPP tracker		1	
Input (DC Battery)			
Compatible Battery		HUAWEI Smart String ESS 5kWh ~ 30kWh	
Cell Technology		Lithium-iron phosphate (LiFePO4)	
Operating voltage range		600 V ~ 980 V	
Max operating current		16A	
Max charge Power		10,000 W	
Max discharge Power	5,500 W		6,600 W
Output (On Grid)			
Grid connection		Three-phase	
Rated output power	5,000 W		6,000 W
Max. apparent power	5,500 VA		6,600 VA
Rated output voltage		220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE	
Rated AC grid frequency		50 Hz / 60 Hz	
Max. output current	8.5 A		10.1 A
Adjustable power factor		0.8 leading ... 0.8 lagging	
Max. total harmonic distortion		≤ 3 %	
Output (Backup Power via Backup Box-B1)			
Maximum apparent power		3,300 VA	
Rated output voltage		220 V / 230 V	
Maximum output current		15 A	
Power factor range		0.8 leading ... 0.8 lagging	
Features & Protections			
Input-side disconnection device		Yes	
Anti-islanding protection		Yes	
DC reverse polarity protection		Yes	
Insulation monitoring		Yes	
DC surge protection		Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11	
AC surge protection		Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11	
Residual current monitoring		Yes	
AC overcurrent protection		Yes	
AC short-circuit protection		Yes	
AC overvoltage protection		Yes	
Arc fault protection		Yes	
Ripple receiver control		Yes	
Integrated PID recovery ⁴		Yes	
Battery reverse charging from grid		Yes	
Nighttime Power Consumption		< 5.5W ⁵	
General Data			
Operating temperature range		-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)	
Relative operating humidity		0 %RH ~ 100 %RH	
Operating altitude		0 ~ 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)	
Cooling		Natural convection	
Display		LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App	
Communication		RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE; 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)	
Weight (incl. mounting bracket)		17 kg (37.5 lb)	
Dimension (incl. mounting bracket)		525 x 470 x 146.5 mm (20.7 x 18.5 x 5.8 inch)	
Degree of protection		IP65	
Optimizer Compatibility			
DC MBUS compatible optimizer		SUN2000-450W-P	
Standard Compliance (more available upon request)			
Certificate		EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116	
Grid connection standards		AS/NZS4777:2015	

^{*1} Inverter max input PV power is 20,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

^{*2} The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

^{*3} Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

^{*4} SUN2000-5/6KTL-M1 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly).

^{*5} <10 W when PID recovery function is activated

Version No.:04-(20201006)

SOLAR.HUAWEI.COM