



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatizálási és Energiarendszerek Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

2023.

Hallgató neve:

Sebők Ferenc

Hallgató törzskönyvi száma:

T010874/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Sebők Ferenc

Szaktervezési szám: SZD2312081147494191

Törzskönyvi szám: T010874/FI12904/K

Neptun kódja:

Szak: Napeleemes rendszerek létesítése (szakmérnök)

Specializáció:

A dolgozat címe: HMKE fejlesztése hibrid termelésre

A dolgozat címe angolul: Development of HMKE for hybrid production

A feladat részletezése: 1. Szakirodalom-feldolgozás

2. Tervezés kiinduló paramétereinek meghatározása

3. Tervezés (vezetékek és berendezések kiválasztása)

4. Dokumentáció és megtérülésszámítás készítése

Intézményi konzulens neve: Dr. Holcsik Péter

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 12. 15.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szaktervezési feladat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 12. 08.

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, 2023.*december 11.*.....

.....*Selők Ferenc*.....

hallgató aláírása

Tartalom

1.	BEVEZETÉS	2
2.	NAPELEMES ERŐMŰVEK.....	3
3.	HAZAI SZABÁLYOZÁSI KÖRNYEZET	8
4.	MEGLÉVŐ, HÁLÓZATRA TERMELŐ HMKE BEMUTATÁSA	12
5.	TERVEZÉSI FELADAT BEMUTATÁSA	15
6.	TERVEZÉS PARAMÉTEREI, FŐ ELLEMEK ISMERTETÉSE	17
6.1.	<i>Tervezés kiinduló paraméterei</i>	17
6.2.	<i>Fő elemek bemutatása, fejlődési irányai</i>	22
6.2.1.	<i>Napelem</i>	23
6.2.2.	<i>Inverter</i>	24
6.2.3.	<i>Akkumulátor</i>	26
7.	TERVEZÉS, MÉRETEZÉS	33
7.1.	<i>Beárnyékolás vizsgálat.....</i>	33
7.2.	<i>Tartószerkezet szilárdságtani méretezése</i>	35
7.3.	<i>DC oldali méretezés.....</i>	41
7.4.	<i>AC oldali méretezés.....</i>	41
8.	NAPELEMES RENDSZER VÉDELME	43
8.1.	<i>Hibavédelem (érintésvédelem)</i>	43
8.2.	<i>Túlfeszültség védelem</i>	44
8.3.	<i>DC oldali rendszer védelmi berendezései</i>	44
8.4.	<i>AC output oldali rendszer védelmi berendezései</i>	45
9.	MEGTÉRÜLÉSI SZÁMÍTÁS.....	46
10.	ÖSSZEFOGLALÁS	48
11.	SUMMARY.....	49
12.	FELHASZNÁLT IRODALOM.....	50
13.	MELLÉKLETEK.....	51

1. BEVEZETÉS

A megújuló energia számomra mindig nagyon sokat jelentett és jelent a mai napig, ezért elhatároztam az új házam építésénél, hogy mindenképpen valamilyen megújuló energia-megoldást fogok felhasználni a ház működéséhez.

A történet tíz évvel ezelőtt kezdődött, amikor a napkollektor volt a menő, azonban rövid tájékozódás után gyorsan rájöttem, hogy nem az igazi, mivel folyamatos karbantartási és üzemeltetési odafigyelést igényel. Így esett a választásom a napelemes rendszer telepítésére, mely nagyon vonzónak tűnt az egyszerűségében rejlő nagyszerűségével.

Ebben az időben kezdtek elterjedni a különböző infrafűtési technológiák, ezért jött a kézenfekvő ötlet, hogy a ház fűtését napelemes-infrapanel kombinációval oldjam meg. Ehhez készítettem egy energiaigény-felmérést az épülő házra, mely alapján az éves energiaigény 9 ezer kWh-ra jött ki.

Közben 2016-ot írunk, amikor még alig volt HMKE (országosan csak 220 MW szemben a mai tízszer nagyobb összteljesítményhez képest), ami azt jelentette, hogy jóval kevesebb volt a piaci szereplő, kisebb verseny, kevesebb információ mellett. Külön a termékekre nem, csak komplett napelemes rendszerekre lehetett árajánlatot kérni, természetesen elég borsosnak tűnő árakon.

Mivel az építkezés kellős közepén voltam, és nem igazán szerettem volna prémium felárat fizetni, ezért úgy döntöttem, hogy amennyire lehet, szétszedem a projektet, és megpróbálom „beszer” (beszerzési/nagyker) áron megcsinálni a napelemes rendszeremet. Alkalmaztam az ökölszabályt, hogy ne legyen túltermelés, valamint alkalmazkodva a helyi adottságokhoz, egy 5,4 kW-os rendszer került megépítésre, három cég közreműködésével olyan kedvező áron, hogy előreláthatólag a jövő évben, azaz 7 évesen lesz nullszaldós a projekt.

Mivel nagyon kényelmesnek bizonyult a konstrukció, szerettem volna bővíteni a PV rendszeremet 9 kW-os teljesítményre, melyhez az inverter cseréjét kellett volna kérjem a helyi szolgáltatótól (ELMŰ), azonban ekkor jött a napelem betáplálási stop (2022. október 31.), amely mindent tervet felülírt.

Ekkor alkalmazva a „jó mérnöknek mindenre van megoldása” taktikát - melyhez nagyban hozzájárult a folyó napelemes képzésen megszerzett tudásom - döntöttem el, hogy kibővítem a meglévő rendszeremet egy rugalmas termelésre, mely képes lesz tárolásra valamint sziget üzemmódban is működni.

Jelen szakdolgozat célja tehát, egy olyan rendszer tervezése, mely képes a meglévő HMKE-t átalakítani rugalmas termelésre, tárolós- és szigetüzemű funkcióval kibővítve; figyelembe véve a kurzuson tanultakat, méretezéstől egészen a különböző védelmi előírások alkalmazásáig.

2. NAPELEMES ERŐMŰVEK

Manapság az energia talán az emberiség egyik legfontosabb szereplője, mely képes országokat összekovácsolni önszántából vagy kényszer hatására, mint ahogy például történt 71 évvel ezelőtt, amikor 1952-ben hat állam létrehozta az Európai Szén- és Acélközösséget, mely az Európai Unió alapjául szolgált.

Két nagy csoportja van, a nem-megújuló és a megújuló energiaforrások, melyek közül az utóbbi kezd dominánssá válni napjainkban, mely köszönhető részben a folyamatosan fejlődő technológiáknak, de annak is, hogy a hagyományos nem-megújuló energiaforrások folyamatosan fogynak, apadnak.

A megújuló energiaforrások: szélenergia, napenergia, vízenergia, biomassza és geotermikus energia, bőségesen állnak, mondhatni mindenki részére rendelkezésre, valamint kifogyhatatlanok, ezért megújulóak.

Magyarországon is természetesen rendelkezésre állnak a megújuló energiaforrások, melyek közül napjainkban kimagaslik a napenergia. Hazánkban a napsütéses órák száma éves viszonylatban 1750 és 2050 között alakul, enyhe növekvő tendenciát mutatva. Például az összerületi átlagos értéke 2041 óra volt 2012-ben, ami 4%-kal haladja meg a 40 évvel ezelőtti hasonló értéket.

A napenergia előállításához napelemre és inverterre van szükségünk, amelyek közül a napelem egy nagyméretű félvezető, mely fényelektromos sugárzás hatására képes egyenáramot előállítani, melyből az inverter szükség szerint egyenáramot vagy váltóáramot állít elő, különböző teljesítményelektronikai áramkörök alkalmazásával.

A napelemeknek számos fajtái vannak, mint a monokristályos, polikristályos, vékonyfilm vagy vékonyrétegű modulok; ezek közül a legelterjedtebb a monokristályos mivel ennek a hatásfoka a legmagasabb közvetlen fény hatásra és árban is jelenleg a legkedvezőbb.

Néhány évvel ezelőtt még kiegyenlített volt a piac a mono- és polikristályos modulok között, azonban mára egyértelműen a monokristályosak a legnépszerűbbek: győzött a magasabb hatásfok és a hosszabb élettartam a magasabb ár ellenében.

Hogyan viszonyulnak a monokristályos és polikristályos napelemek?

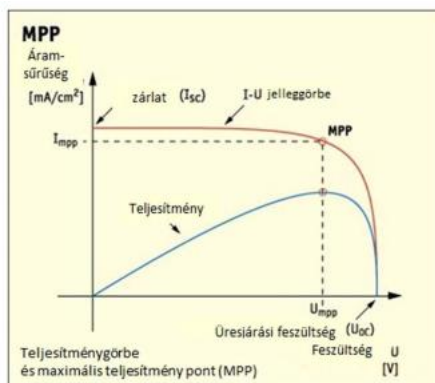
A monokristályos és polikristályos panelek különböző tényezőkben különböznek egymástól, beleértve az összköltséget, a megjelenést és a hatékonyságot. Az alábbiakban áttekintést adunk arról, hogy a panelek közötti különbségek hogyan befolyásolhatják a napelemes rendszert.

Tényezők	Monokristályos panelek	Polikristályos panelek
Átlagköltség	Drágább	Kevésbé költséges
Hatékonyság	15% és 23% között	13% és 16% között
Panel megjelenése	Fekete szín	Kék szín
Tetőtér	Korlátozott helyű tetőkön működik	A telepítéshez több tetőterületre van szükség
Tipikus élettartam	25-40 év	25-35 év
Hőmérsékleti együttható	Alacsonyabb hőmérsékleti együttható/melegben hatékonyabb	Magasabb hőmérsékleti együttható / kevésbé hatékony hőben

forrás: marketwatch.com

A másik fontos eleme a PV erőműveknek az inverter, mely a napelemek által megtermelt egyenáramot alakítja át a felhasználáshoz szükséges váltó- vagy egyenáramra, melyet betudunk táplálni a villamos hálózatba vagy akkumulátort tudunk tölteni vele.

Az inverter működési elve, hogy folyamatosan figyelik a rendszer teljesítményét az inverterre jellemző áram és feszültség munkaponti tartományain belül. Az inverterek, melyeket AC Drive-nak vagy VFD (váltófrekvenciás meghajtónak) is neveznek, minden pillanatban a rendszer villamos teljesítése alapján az MPPT –vel (Maximum Power Point Tracker) a maximális teljesítmény pontot követik (MPP – Maximum Power Point) és szabályozzák a konverziójukat.

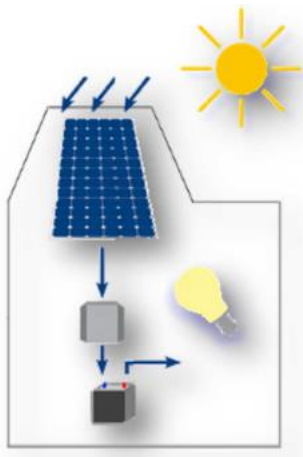


Inverterek munkaponti tartománya (MPPT)

Az invertereknek is több fajtája létezik, mint például hálózatra termelő, szigetüzemű vagy a kettő kombinációjával létrejövő hibrid inverter. Ezek közül a hálózatra termelő a legnépszerűbb, de az energiatárolás térhódításával kezdenek a hibrid inverterek is egyre népszerűbbek lenni.

Léteznek még egy vagy több munkapontos (MPPT) inverterek, melyeknél az utóbbiaknak az a nagy előnye, hogy különböző tájolású napelemeket külön tudnak kezelni sztringekre bontva, így növelve a teljes rendszer teljesítményét.

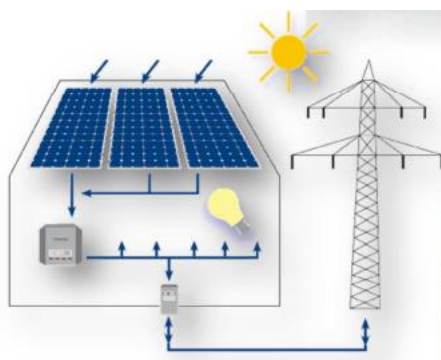
A napelemes rendszerek lehetnek szigetüzemű rendszerek vagy hálózatra csatolt rendszerek.



Szigetüzemű rendszer

A szigetüzemben működő rendszerek a megtermelt energiát vagy közvetlen elfogyasztják vagy a fel nem használt energiát eltárolják akkumulátorban.

A hálózatra csatolt rendszerek pedig vagy felhasználják a megtermelt energiát vagy a többletenergiát betáplálják a helyi hálózatba.



Hálózatra csatolt rendszer

A vegyesüzemű rendszer a fenti kettőnek a kombinációja.

A hálózatra csatolt rendszer felépítése:

- napelem (PV=photovoltaic) modulok
- DC oldali hálózat és védelem
- Inverter
- AC oldali hálózat és védelem
- Áramszolgáltatói fogyasztásmérés, csatlakozás

A hálózatra csatolt rendszer az előállított áramot:

- helyben felhasználja (visszwattos) vagy teljes mértékben betáplálja (betápos) a hálózatban, vagy a kettő kombinációját valósítja meg
- abban az esetben, ha nem fogyasztunk el minden megtermelt villamos energiát azt az áramszolgáltató kötelezően megvásárolja/átveszi
- amennyiben adott pillanatban a rendszerünk nem termel elegendő áramot fogyasztóink számára, azokhoz automatikusan a villamoshálózathoz vesz fel a hiányzó mennyiséget

A napelemek energiatermelését befolyásolják az atmoszferikus hatások, fénysugár beesési szöge, évszakoktól függő napállások.

Az atmoszferikus hatásokat az AM (=Air Mass) mértékével fejezzük ki:

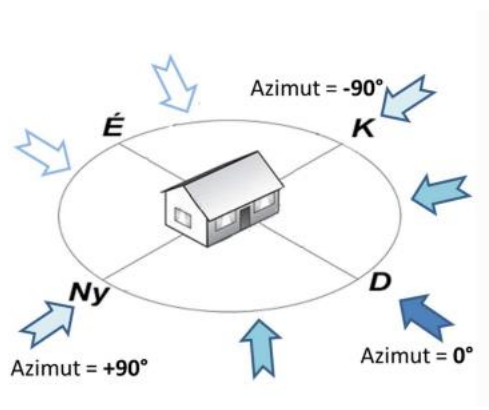
- $AM0 = 1367 \text{ W/m}^2$ (szolárkonstans a föld légkörének a határán)
- AM1-földfelszínre merőlegesen érkező sugárzás
- AM1.5 – kb. 48° -os beeső sugárzás

A napelemeknél egységesen AM1.5-re adják meg az értékeket (pl. STC és NOCT):

Electrical Characteristics		STC: AM1.5 1000W/m² 25°C		NOCT: AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s		Test uncertainty for Pmax ±3%					
Module Type		LRS-54HIH-400M		LRS-54HIH-405M		LRS-54HIH-410M		LRS-54HIH-415M		LRS-54HIH-420M	
Testing Condition		STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT

Longi modul adatlap

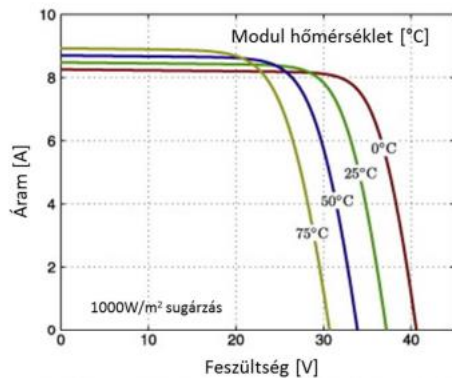
Tájolás és dőlésszög: a napelem a legjobb hatásfokkal a felületére merőlegesen érkező napsugarakat tudja hasznosítani. A Föld északi féltekén a tárgyakat ideálisan déli irányból éri a legtöbb napfény (a tájolást a szakirodalom Azimut-nak vagy Azimut-szögnek nevezi).



A napelem vízszinteshez mért szöge pedig a dőlésszög. Nyári napállásnál ez 48° körül van Magyarországon, míg téli napállásnál kb. 20° . Ezért az ideális panel szög 35° .

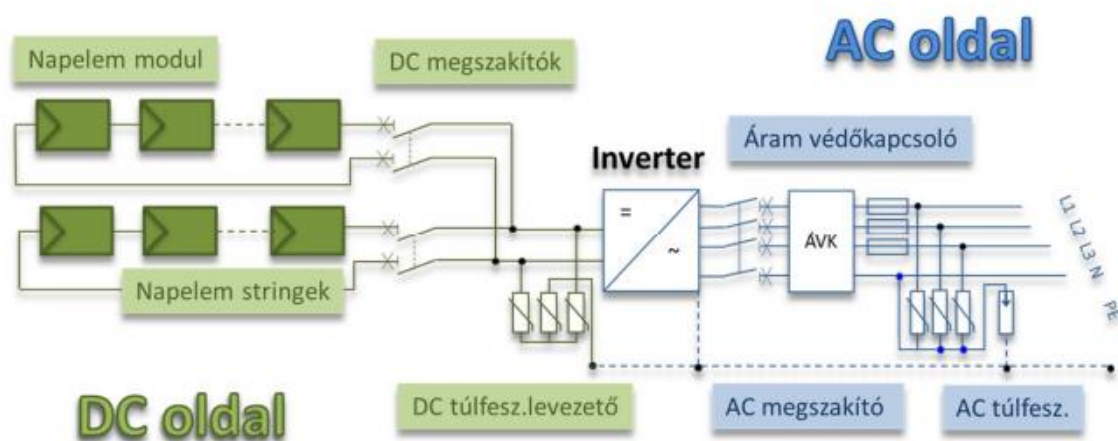
A fenti adatok figyelembe vétele nagyon fontos a napelemek telepítésénél, mivel nagyban befolyásolhatják a rendszer hatásfokát, például Azimutban egy 10° -os eltérés kb. 0.5%-al képes csökkenteni a hatásfokot, míg a dőlésszögben egy 10° -os eltérés kb. 1.5%-al csökkenti a hatásfokot.

A környezeti hőmérséklet is befolyásolja a PV modulok működését: hőmérséklet emelkedés U_{oc} áram esést eredményez, míg hőmérséklet csökkenés U_{oc} feszültségnövekedést.



A PV modul feszültségváltozását hőmérsékletre a gyártók is megadják a modul adatlapján.

A napelemes rendszerek elvi kapcsolási sémáját az alábbi rajz tartalmazza:



forrás: Magyar Mérnöki Kamara

3. HAZAI SZABÁLYOZÁSI KÖRNYEZET

Energiatermelő PV rendszerek típusai:

- **Háztartási méretű kiserőműnek (HMKE)** nevezzük azokat a kisfeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőműveket, melyek csatlakozási teljesítménye nem haladja meg az 50 kVA-t
- **Kiserőműnek** minősül az 50 kVA-nál nagyobb, de 500 kVA-nál kisebb teljesítményű erőmű
- **Erőműnek** minősül az 500 kVA-nál nagyobb, de 50 MW-nál kisebb teljesítményű erőmű

2008-tól a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI törvény, valamint az annak végrehajtásáról szóló 273/2007. (X.19.) Korm. rendelet bevezette a Háztartási Méretű Kiserőmű (továbbiakban HMKE) fogalmát. HMKE-nek minősül az a villamosenergia-termelő berendezés, amelyre az alábbiak jellemzők:

- közcélú kisfeszültségű hálózathoz, illetve kisfeszültségű magán- vagy összekötő vezeték hálózatra csatlakozik,
- erőművi névleges teljesítőképessége nem haladja meg a felhasználó rendelkezésre álló teljesítményének mértékét,
- maximum 50 kVA erőművi névleges teljesítőképességű. HMKE közcélú elosztóhálózathoz

csatlakoztatása csak az adott területen működési engedéllyel rendelkező elosztói engedélyes hozzájárulásával lehetséges. Abban az esetben, ha a HMKE a közcélú hálózattal illetve kisfeszültségű magán- vagy összekötő vezeték hálózattal párhuzamosan nem üzemel (szigetüzem), a HMKE létesítését elegendő csak bejelenteni az elosztói engedélyesnek (Forrás: Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal (MEKH)).

Villamos energia mérése

A villamosenergia-forgalom mérése fázisonkénti mérőműves elektronikus fogyasztásmérővel valósul meg, amelyből az elszámolási időszakban irányonként kiolvasható a vételezett, illetve a hálózatra betáplált villamos energia mennyisége. A mérőberendezés fázisonkénti mérőművel rendelkezik, tehát abban az esetben is pontosan regisztrálja a termelést és a felhasználást, ha háromfázisú a csatlakozás, de a termelő berendezés csak az egyik fázisra csatlakozik.

Felhasználóként a helyben történő villamos energia előállítás miatt szükségessé válhat (jellemzően javasolt) az elszámolási időszak haviról évesre történő módosítása.

3x80 A feletti rendelkezésre álló teljesítményű távmért felhasználóknál nincs lehetőség a havi elszámolásról éves elszámolásra történő áttérésre.

Az elszámolási időszakban a közcélú hálózathoz vételezett (fogyasztott) és hálózatra visszatáplált – fogyasztásmérő által rögzített – energiamennyiségek esetében **szaldó képzettségével**, valamint az

aktuális egységárak (a villamos energia egyetemes szolgáltatás árképzéséről szóló 4/2011. (I.31) NFM rendelet, a villamos energia rendszerhasználati díjakról és alkalmazásuk szabályairól szóló 4/2013. (X. 16.) MEKH rendelet és a 1092/2012 sz. MEH határozat a 2013. január 1-jétől érvényes villamos energia rendszerhasználati díjak megállapításáról) figyelembevételével végzik el a szolgáltatók a rendszerhasználati díjak elszámolását.

A szaldóképzés csak a forgalomarányos (kWh alapú) díjak után fizetendő összegeket érinti, a nem forgalomarányos (éves díjak) ettől függetlenül kerülnek elszámolásra. Felhasználóként mindig (teljes összegben) fizetni kell az elosztói alapidíjat és - ha mint felhasználó a KIF III. (nem profilos) kategóriába tartozik a felhasználó – az elosztói teljesítménydíjat is. Forrás: Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal (MEKH).

Villamos energia mérésének elszámolása:

1. A fogyasztás meghaladja a betáplált mennyiséget A kettő különbözete alapján kell megfizetni a forgalomarányos díjakat
2. A fogyasztás megegyezik a betáplált mennyiséggel Ebben az esetben a szaldóképzés eredménye nulla, így csak a nem forgalom-arányos díjak kerülnek elszámolásra
3. A betáplálás meghaladja a fogyasztott mennyiséget Ebben az esetben a villamosenergia-kereskedő/egyetemes szolgáltató részéről csak a nem forgalomarányos díjak kerülnek elszámolásra. A szaldóképzés eredménye alapján meghatározott termelési többlet és átvételi ára (a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet alapján) alapján a többletenergiaért az adott csatlakozási ponton értékesítő villamosenergia kereskedő vagy egyetemes szolgáltató – számla ellenében –, a HMKE által a villamos energiaért egyébként (felhasználóként) fizetendő átlagos villamosenergiatermékárnak megfelelő árat köteles fizetni.

HMKE hálózatra csatlakozása

HMKE közcélú elosztóhálózathoz csatlakoztatása csak az adott területen működési engedéllyel rendelkező elosztói engedélyes hozzájárulásával lehetséges.

Abban az esetben, ha a HMKE a közcélú hálózattal, illetve kitesztelésű magán- vagy összekötő vezeték hálózattal párhuzamosan nem üzemel (szigetüzem), a HMKE létesítését elegendő csak bejelenteni az elosztói engedélyesnek.

Csatlakozás folyamata:

	igénybejelentő feladata	elosztói engedélyes feladata
1	igénybejelentés ¹	
2		műszaki-gazdasági tájékoztató (MGT)
3	csatlakozási dokumentáció	
4		jóváhagyás
5	létesítés, készre jelentés (kivitelezővel)	
6	kereskedelmi szerződés megkötése vagy módosítása (kereskedővel)	
7	hálózati csatlakozási szerződés, üzemviteli megállapodás és hálózathasználati szerződés megkötése ²	
8		elszámolási mérő cseréje, ellenőrző mérések

Az áramszolgáltató, a tervezett berendezéseket elsősorban a hálózatra történő visszahatások miatt vizsgálja. Például, feszültségnövekedés a vételezési helyen, egy fázisú csatlakozás esetén csillagpont eltolódás.

HMKE csatlakozás műszaki feltételei:

- A HMKE csatlakozási teljesítménye kisebb legyen a rendelkezésre álló teljesítménynél.
- A HMKE gyors feszültségváltozása maximum 3% lehet.
- Ha $P_{HMKE} > 5$ kVA, akkor csak 3f csatlakozással lehet a rendszerhez csatlakozni.
- Ha $P_{HMKE} < 2,5$ kVA, akkor 1f csatlakozás is lehetséges.
- A kettő között a kisfeszültségű hálózat paraméterei döntenek el a csatlakozás módját.
- HMKE-nek a fogyasztói főelosztóba kell csatlakoznia.

A csatlakozási dokumentáció műszaki tartalma:

- A termelő adatait tartalmazó kitöltött előlap (termelő neve, helyszín, fogyasztó hely)

¹ lásd 1-es számú melléklet

² lásd 3-4-es mellékletek

- Tervezői nyilatkozat (Kamarai tagsággal rendelkező tervező mérnök)
- A csatlakozási ponton lévő hálózat leírása (tájékoztató levél alapján)
- Térképszelvényen jelölt telepítési hely, elhelyezési terv alapján
- Tulajdoni lap, tulajdonosi hozzájárulás (Ha a beruházó nem azonos a tulajdonossal)
- A fogyasztási helyen a meglévő mérőhely kialakításának műszaki leírása
- Telepített rendszer részletes műszaki leírása, összhangban az egyvonalas rajzzal
- Egyvonalas villamos séma a tulajdoni határ és tulajdonosok megjelölésével
- Védelmi rendszerek műszaki leírása, aktuális beállítási értékek megjelölésével (letölthető sablon táblázat kitöltése)
- Közüemi Szerződés és/vagy Csatlakozási Szerződés másolata
- Termelői nyilatkozat (letölthető sablon)
- A műszaki gazdasági tájékoztató levél másolata

A HMKE nem veszélyeztetheti a közcélú villamos hálózat biztonságos üzemét, és nem ronthatja a villamosenergia- szolgáltatás minőségi paramétereit:

- nem táplálhat a közcélú hálózati zárlatra $1,1 I_N$ -nél nagyobb áramot
- nem maradhat a közcélú elosztóhálózattal szigetüzemben
- nem okozhat a megengedettnél nagyobb feszültségváltozást
- nem okozhat a szabványban előírttól eltérő feszültséget
- nem okozhat zavaró mértékű aszimmetriát, harmonikus torzítást, villogást ($THDi < 5\%$)
- nem táplálhat a közcélú hálózatra a KIF/KÖF transzformátort aszimmetrikus gerjesztési állapotba juttató egyenáramú komponens

A védelmi funkciók nagy részét az inverter valósítja meg, amelynek a következő minősítéseknek kell megfelelnie:

- MSZ-EN 62109-1 (általános és biztonsági előírások)
- MSZ-EN 61727 (áram minőség)
- MSZ-EN 61000-6 (EMC követelmények)
- IEC 62116 (szigetüzem elleni védelem)

Jogszabályok és előírások:

- 2007. évi LXXXVI. törvény (VET)
- 273/2007. (X.19.) kormányrendelet
- Elosztói szabályzatok (szolgáltatónként eltérő lehet)
- 76/2011. NFM rendelet és 868/2011. MEH határozat

4. MEGLÉVŐ, HÁLÓZATRA TERMELŐ HMKE BEMUTATÁSA

A HMKE általános bemutatása

A termelő berendezés DC oldali villamos teljesítménye 5,58 kWp, az inverter névleges AC oldali teljesítménye alapján meghatározott villamos teljesítménye 5 kVA.

A felhasználás célja villamos energiafogyasztásának részbeni/teljes kiváltása megújuló energiaforrás felhasználásával működő termelő berendezéssel, illetve az elszámolási időszakban keletkező többlettermelés értékesítése.

A termelő berendezés villamos jellemzői

A termelő berendezés elemei közül egyedül az alkalmazható inverterre van előírás. Csak rendszerengedélyes inverter építhető be, ez alapján lett kiválasztva a jelenlegi Fronius 5.0-1 Primo, típusú inverter, mely megfelel az elosztó hálózati engedélyes előírásnak.

Termelőegység csatlakozási pontja:

Az elkészült tervek alapján (lásd 1-es melléklet) a termelőegység a felhasználói hálózatra a fogyasztói főelosztón kialakított túláramvédelmi készüléken keresztül, fix bekötéssel az L1 fázisra csatlakozik.

Az engedélyezési eljárás 2017 tavaszán kezdődött, melynek a kivitelezésére 2017 októberében került sor, a Profiszolár Kft által. A mérőóra 2017.10.17-én lett oda-vissza mérő órára cserélve (lásd 5-ös számú melléklet), mely azóta is folyamatosan működik.

Napelem: S-energy SN310M-10 típus, 18 db, összteljesítmény $18 \times 310 = 5,580$ W

A napelemek egy asztalból állnak, két sorban telepítve, 19° -os szögben, déli tájolással, lapos tetőre szerelve. (lásd 4.1-es képen a Google térképen). Azért nem lehet az optimális 35° -ban telepíteni, mivel a helyi építési szabályozás miatt az utcafrontról nem látszódhat a HMKE.



4.1. Kép (google map)

Inverternek egy Fronius Primo 5.0-1 light (4.2. kép vagy 6-os melléklet) típusú, egy fázisú (akkor még engedélyezték az egy fázisra való csatlakozást), 5 kW névleges teljesítményű, 2 munkasoros (MPPT) készülék lett kiválasztva, mely wi-fi-n keresztül csatlakozik az internetre, ezáltal folyamatosan lehet ellenőrizni mobil telefonról is.

A kivitelező cég ars poetica-ja az volt, hogy fölösleges túlbonyolítani a rendszert, így a DC oldalon az inverterbe gyárilag beépített védelem van, míg AC oldalon van túlfeszültség-védelem, kismegszakító és leválasztó-kapcsoló is.

Termelőegység hibavédelme (érintésvédelme):

DC oldali kettős szigetelés (II.osztály)

- Az egyenáramú csatlakozások T2 típusú elemek alkalmazásával készültek. A napelem DC oldali csatlakozódoboz az előírásoknak megfelelő, a dobozon figyelmeztető felirat és piktogram található, jelezve, hogy az aktív vezetők az inverterről való leválasztás után is feszültség alatt maradnak. Az inverterről való leválasztást a DC oldali csatlakozódobozban elhelyezett szakaszolókapcsoló biztosítja.

AC oldali hibavédelem TN-S rendszer

- A termelő berendezés AC oldali hibavédelme illeszkedik a fogyasztói berendezés érintésvédelmi megoldásához. Az inverter belső hibaáram relét (RCD) tartalmaz.

A napelem rendszer fém tartószerkezetei be lettek kötve az EPH hálózatba

AC oldali védelem az alábbi 4.2-es képen látható:



4.2. kép

A Fronius inverter a főelosztó szekrény mellett helyezkedik el (4.4 kép), baloldalt az AC elleni védelem valamint a főelosztó szekrény látható:



4.3. kép

5. TERVEZÉSI FELADAT BEMUTATÁSA

A 4. pontban bemutatott HMKE bővítése hibrid/rugalmas termelésre ötlete onnét jött, hogy mivel az éves elszámolásnál a különbség a termelés és fogyasztás között átlagban 4500 kWh-ra körül alakult, ezért azt terveztem, hogy kibővítem a rendszert kibővítem egy legalább 8 kW-os, 3 fázisú inverterre.

Sajnos az elképzelést nem sikerült megvalósítani a 2022. októberében bevezetett betáplálási stop miatt, ezért megvizsgáltam a jelenlegi rendszert, hogy van-e egyéb lehetőség a bővítésre.

Az inverter műszaki adatlapja (lásd 5.1. kép, vagy 6. Melléklet) alapján kiderült, hogy két munkapontja van, melyek közül csak az egyik van használva jelenleg, valamint a maximális generátor teljesítmény 7.5kW.

A FRONIUS PRIMO MŰSZAKI ADATAI (5.0-1, 5.0-1 AUS, 6.0-1, 8.2-1)

BEMENETI ADATOK	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	
MPP-trackerek száma			2
Max. bemeneti áram ($I_{dc \max 1} / I_{dc \max 2}$)	12,0 A / 12,0 A		
Modulmező max. rövidzárlati áramerőssége (MPP ₁ /MPP ₂)	18,0 A / 18,0 A		
Bemeneti feszültség DC ($U_{dc \min} - U_{dc \max}$)			80 - 1000 V
Betáplálási indulófeszültség ($U_{dc \text{ start}}$)			80 V
Használható MPP feszültségtartomány			80 - 800 V
DC-csatlakozók száma			2 + 2
Max. PV generátorteljesítmény	7,5 kW _{peak}	7,5 kW _{peak}	

5.1. kép, forrás: Fronius

A Fronius honlapján található méretező programmal készítettem egy előzetes kalkulációt (lásd 7-es számú melléklet), mely alapján kiderült, hogy a meglévő 18 db PV modul sztring mellé, ráköthető egy második sztring 6 db PV modullal.

A napelemek egy állótetőre lehet telepíteni, amely déli tájolású, 20°-os dőlésszöggel. A tetőn 9 db napelem fér el, fektetve, amely még nem lóg túl a tetőn, így jött az ötlet, hogy 6 helyett 9 db napelemet telepítünk (lásd 5.2 kép).



5.2. kép

Mivel a 9 db napelem összteljesítménye túl nagy nyáron az inverter teljesítményéhez képest, ezért két hurkot alakítok ki a napelemeknél, 3+6 arányban. A 6 db-os napelem hurok csak április-október

között lesz rákötve az inverterre, míg a téli hónapokban mind a 9 db napelem rá lesz kötve, mivel ekkor lényegesen kisebb a sztringek teljesítménye.

A téli hónapokban még kérdéses a beárnyékolás is, ezért az alsó három panel esetében megvizsgáltam beárnyékolásra téli napállás szerint (lásd 7.1. Beárnyékolás vizsgálat).

A nyári üzemmódban a fennmaradó 3 db napelem egy szigetüzemű (off-grid) inverterre fog csatlakozni, melyhez egy 5-15 kWh-ás LFP (lifepo) akkumulátor lesz csatlakoztatva.

Az így megtermelt villamos energiát fel lehet használni például elektromos autó töltésére vagy egyéb folyamatos nyári fogyasztók ellátására: villanybojler, fagyasztó, szárítógép, stb.

6. TERVEZÉS PARAMÉTEREI, FŐ ELLEMEK ISMERTETÉSE

A szakdolgozat célja, egy olyan hibrid rendszer létrehozása, mely e meglévő hálózatra termelő 5 kW-os rendszernek a hálózatra való betáplálását optimalizálja, a nyári időszak többlettermelését tárolja és szükség esetén elérhetővé teszi.

Ehhez szükség lesz egy off-grid inverterre, PV akkumulátorra, napelemekre, védelmi berendezésre, vezetékekre és tartószerkezetre.

6.1. *Tervezés kiinduló paraméterei*

Hálózatra termelő inverter adatai³:

- Fronius Primo 5.0-1 (1 db)
- Névleges teljesítmény: 5 kW
- MPPT száma: 2
- MPP feszültségtartomány: 80-800 V
- MPPT rövidzárlati áram: 18,0 A
- Max PV teljesítmény: 7.5 kW_{peak}

Sztring 1 napelem adatai (5.2. kép):

- 18 db S-energy, monokristály
- Típus: SN310M-10
- Névleges teljesítmény: 310W/modul
- Összteljesítmény STC esetén: $18 \times 310W = 5580W$
- Összteljesítmény NOCT esetén: $5580 \times 0.8 = 4460W$

³ lásd Melléklet 6.

Electrical Characteristics

STC (irradiance 1,000W/m ² , module temperature 25°C, AM=1.5)	SN295M-10	SN300M-10	SN305M-10	SN310M-10
Rated Power (P _{max})	295W	300W	305W	310W
Voltage at P _{max} (V _{mp})	32.4V	32.8V	33.2V	33.6V
Current at P _{max} (I _{mp})	9.10A	9.14A	9.18A	9.23A
Warranted Minimum P _{max}	295W	300W	305W	310W
Short-Circuit Current (I _{sc})	9.66A	9.68A	9.71A	9.74A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	39.7V	39.9V	40.1V	40.4V
Module Efficiency	18.1%	18.4%	18.7%	19.0%
Operating Module Temperature	-40°C to +85°C			
Maximum System Voltage	1,000V(IEC) / 1,000V(UL)			
Maximum Series Fuse Rating	20A			
Maximum Reverse Current	20.25A			
Power Tolerance	0 ~ +5 W			

6.2. kép (forrás: S-energy)

Mivel a kivitelező cég már nem forgalmaz ilyen típusú napelemeket, ezért az aktuális kínálatból kellett modult válasszak, lehetőleg minél kedvezőbb áron. Így esett a választásom a kínai Longi cég által gyártott LR5-54HIF-405M típusú modulra. A napelemekről és fejlődési irányokról bővebb információ a 6.2.1 alpontban található.

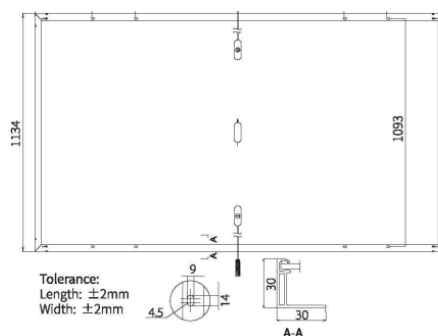
Sztring 2 napelem adatai:

- Longi LR5-54HIF-405M (9 db)
- Teljesítmény (STC): $9 \times 405 = 3645W$
- Teljesítmény (NOCT): $9 \times 302.7 = 2724,3W$
- Üresjárat feszültség (V_{oc}) soros kötésben: $9 \times 37 = 333V$
- Rövidzárási áram (I_{sc}): 13.83V
- Tömeg: 21.5 kg
- Méret: 1722x1134 mm

A Longi napelem adatai az 5.3-as képen található (részletes adatok a 8-as számú mellékletben találhatóak):

Mechanical Parameters

Cell Orientation	108 (6×18)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	21.5kg
Dimension	1722×1134×30mm
Packaging	36pcs per pallet / 216pcs per 20' GP / 936pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

	STC : AM1.5 1000W/m ² 25°C		NOCT : AM1.5 800W/m ² 20°C 1m/s						Test uncertainty for Pmax: ±3%	
Module Type	LR5-54HIH-400M		LR5-54HIH-405M		LR5-54HIH-410M		LR5-54HIH-415M		LR5-54HIH-420M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	400	299.0	405	302.7	410	306.5	415	310.2	420	313.9
Open Circuit Voltage (Voc/V)	36.75	34.55	37.00	34.79	37.25	35.02	37.50	35.26	37.75	35.49
Short Circuit Current (Isc/A)	13.76	11.13	13.83	11.18	13.88	11.22	13.94	11.27	14.01	11.32
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	30.75	28.56	31.00	28.80	31.25	29.03	31.49	29.25	31.73	29.47
Current at Maximum Power (Imp/A)	13.01	10.47	13.07	10.52	13.12	10.56	13.18	10.60	13.24	10.65
Module Efficiency(%)	20.5		20.7		21.1		21.3		21.5	

5.4. kép (forrás: Longi)

Megj.: A napelemek feszültségének változását nem szükséges hő hatására ellenőrizni, mivel az inverter által kezelt MPP feszültségtartományba bőven befér mindkét sztring feszültségének az értéke.

Off-grid inverter

Az inverter kiválasztásánál az volt a fő szempont, hogy legyen kompatibilis az akkumulátorral, a teljesítménye pedig legyen elegendő a rákötni tervezett fogyasztókhoz (pl. a villanybojler 2kW, vagy a szárítógép kb. 2.4 kW), így lett az alábbi 3 kW-os, egy fázisú inverter kiválasztva.

Az inverterekről bővebb információ a 6.2.2. Inverterek fejezetben található!

Típus⁴: Growatt SPF 3000TL HVM-48

MPPT feszültségtartomány: 60-115 VDC

Max DC input feszültség: 145VDC

Akkumulátor input feszültség: 48 VDC, 71A

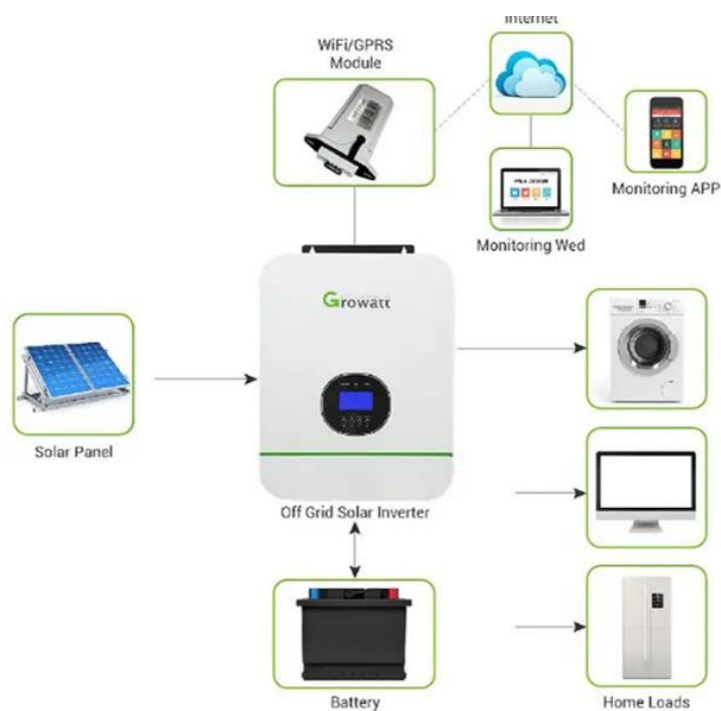
Akkumulátor típus: lítium

Teljesítmény: 3000 W

AC output: 230VAC, 50Hz

Védelem osztály: I

⁴ részletes adatokat a 9-es Melléklet tartalmaz



Growatt inverter (5.5.kép)

PV akkumulátor

Az akkumulátor kiválasztásánál a fő szempont az volt, hogy legyen biztonságos, falra szerelhető, minőségi cellákat és BMS-t tartalmazzon, legyen bővíthető, és mindezt elérhető áron. A kiválasztott litium vasszfátos (LiFePo) akkumulátor (5.6 kép) egész 32 db-ig, azaz 160 kWh-ig bővíthető.

A gyártó 10 év vagy 6000+ ciklus garanciát kínál, mindezt a 10 éves garancia időszak alatti folyamatos terméktámogatással.

Az akkumulátor BMS-t tartalmaz, melyet számítógépről is lehet felügyelni és akár működési adatokat letölteni.

LFP48100PW	
Electrical Specifications	
Nominal Voltage	51.2V
Nominal Capacity	100Ah
Power	5120W
Energy	5120WH
Charging Specification	
Charging Voltage	58.4V
Recommended Charging Current	20A
Max. Charging Current	100A
Discharge Specifications	
Discharge cut-off voltage	43.2V
Max. continuous discharge current	100A
Peak discharge current	150A(5s)
Temperature Specifications	
Operating temperature	-10~60
Storage temperature	-5~40
CE FC RoHS	



LFP 48100PW akkumulátor (5.6 kép)

DC oldali védelem

A DC oldalon két PV sztring van, ezért az alábbi négyutas DC elosztó és védelmi szekrény (5.7. kép) kerül kialakításra, mely tartalmaz 4 db olvadó biztosítékot, 2 db 2 utas megszakítót, és 2 db túlfeszültségvédelmet, természetesen mind DC áramnak megfelelő specifikációkkal.



5.7. kép DC oldali elosztó/leválasztó/védelem

AC output oldali védelem:

Az AC output oldali védelem kialakításánál az inverter használati útmutatója által megadott, valamint a magyar MSZ 62305 szabvány által előírt védelmi eszközök kerültek beszerelésre:

- 1 db B típusú ÁVK, 30mA
- 1 db kismegszakító, B16 (max 3500 W van ezen a vonalon)



5.8. kép

Az inverter használati útmutatója előírja, hogy az inverter legyen teljesen leválasztható az összes bemenő vezetékekről, ezért az akkumulátor csatlakozásnál egy-egy DC megszakítót kell beépíteni, min 71A-ra. Végül 2 db DC C80A kismegszakító (5.9 kép) került beépítésre.



5.9. kép

A rendszer egyvonalas kapcsolási rajzát a 2-es számú melléklet tartalmazza.

6.2. Fő elemek bemutatása, fejlődési irányai

A hibrid rendszernek három fontos eleme van:

- Napelem
- Inverter
- Akkumulátor,

melyekhez még hozzájön a tartószerkezet, kábelek, csatlakozók és a különböző védelmi eszközök.

A fenti alapelemek közül a legdrágább az akkumulátor, ezért egyértelmű, hogy tervezés esetén erre kell a legnagyobb figyelmet fordítani. Azonban, mint az autó esetében, csak akkor működik, ha a többi elem is mellé kerülnek, hasonlóan gondos tervezéssel és körültekintéssel.

Míg korábban több szereplős volt a piac, addig mára Kína lett a szuper domináns szereplője a piacnak. Kína nemcsak gyártásban uralja a piacot, de a fogyasztásban is élen jár. Míg a fenti három elemnek – napelem, inverter, akkumulátor – 70-90 százalékban ő látja el, addig a teljes beépített kapacitásnak kb. a felét adja, ami 2023-ban az előrejelzések szerint 120 GW beépített kapacitás lesz Kínában.

A kínai termékek ugyanakkor egyre nagyobb szeletet hasítanak ki a nemzetközi piacból a különböző tartószerkezetek, csatlakozók, védelmi és egyéb tartozékok piacán is. A szakemberek természetesen óva intenek az olcsó kínai bővítől, azonban egy laikus vevő elgondolkodhat azon, hogy mégis miért tízből nyolc vevő a kínai terméket választja világszerte, valamint ma már minden terméken – amit az európai piacra szánnak - rajta van a CE jelölés.

Saját magam tapasztaltam egy hazai nagykereskedőnél, mikor telefonon érdeklődtem B típusú ÁVK iránt, mivel nem láttam az internetes kínálatukban, azt a választ kaptam, hogy rendeljem meg magam az interneten, mivel ők is csak ezt tudnák tenni!

6.2.1. Napelem

Az EMBER (ember-climate.org) kutató központ előrejelzése szerint, a napenergia várhatóan 2027-re a legnagyobb villamosenergia forrás lesz, habár nem részletezik, hogy csak napsütés esetén igaz-e? Természetesen itt is Kína számít a legnagyobb piaci szereplőnek a maga 80%-os piaci részesedésével a napelem piacon.

Kína napelem exportja 34 százalékkal nőtt 2023 első felében, világszerte 114 GW-ot szállítottak, ami megegyezik az USA teljes beépített napelem-kapacitásával (113 GW)⁵. Jó hír, hogy ennek az exportnak fele Európába került, rossz hír, hogy nincsen európai napelem gyártás.

Természetesen a legnagyobb napelem gyárak is kínaiak, az első három – Jinko, Trina és Longi – kiemelkedik az első tizből, azonban a verseny nagy, például egy szeptemberi PV konferencián az alábbi lista 8. szereplője a TW solar azt állította, rögtön a Longi előadása után, hogy megcélozták pár éven belül a piacvezető szerepet.

SOLARBE GLOBAL		
Top 20 Module Suppliers in H1 2023		
(by shipment volume)		
Rank	Module Supplier	Shipment (GW)
1	 Jinko Solar	30-31
2	 Trina Solar	27-28
2	 LONGI Solar	27-28
4	 JA SOLAR	24-25
5	 Canadian Solar	≈14
6	 risen	11.7
7	 ASTROENERGY A CHINT COMPANY	11.5
8	 TW SOLAR	11-12
9	 DASOLAR	7.5
10	 SUNTECH	4.5

Forrás: <https://www.solarbeglobal.com/top-20-solar-pv-module-suppliers-revealed-for-h1-2023/>

⁵ <https://ember-climate.org/insights/research/china-solar-exports/>

Amikor 2017-ben a meglévő HMKE-t terveztem, az egyik alap célom az volt, hogy koreai gyártmányú napelemet akarok venni, kínai ki volt zárva. Tudtam is rendelni S-energy típusú, „made in Korea” napelemet, amelyet az importőrtől kaptam meg a legolcsóbban, összehasonlítva az akkori piacon elérhető Hyundai és LG márkákhoz képest.

Míg hat évvel ezelőtt az LG napelemek innovatívnak számítottak, mivel úgy növelte a napelem kapacitását, hogy a technológiát fejlesztette és nem a modul méretét, szemben a versenytársakkal; ma már megszüntette az LG a napelemgyártást, a másik két koreai gyártó pedig áthelyezte Kínába a gyártását.

A saját hibrid rendszeremet még mindig a Hyundai napelemekkel terveztem, tanulmányoztam a TopCon technológiájukat, azonban a napelemes ismerősöm azt mondta, hogy felejtsem el, neki Longi moduljai vannak raktáron, ezekből válasszak.

A jobb oldali képek azt hiszem, önmagukért beszélnek, a hatásfokot simán 26 % fölé tornázták, melyet nem csak laboratóriumi körülmények között tud elérni, hanem már tömeggyártásban is alkalmazza (forrás: Longi).

A világrekord számokat a különböző technológiák következetes alkalmazásával érték el, mint például zsindeyes technológia, galliummal való doppelás, Si lapkák félbe vágása, 9-busbar-os vezetés, HJT (hetero junction technology) p-típusú technológia.

Ha valaki még mindig kételkedik a Longi képességeiben, ezt a világsúcsot dobta a kukába a müncheni Intersolar kiállítás alkalmával 2023. Június 14-én, amikor bejelentette, hogy hihetetlen 33.5%-ot ért el a szilícium-perovszkit tandem napelemein.

A perovszkit vékonyréteg kristálynövekedésének a texturált szilícium hordozókon, a hatékony tömeg passzíválás és a fénykezelés, és ezek a fejlesztések a szilícium alapú tandemcellák hatékonyságának a gyors javulásához vezettek, mely által a fenti 33.5%-ot sikerült elérnie a Longi-nak.



LONGi announces new cor silicon-perovskite tandem

The Intersolar Europe 2023, one of the kicked off in Munich, Germany on June

Global News 2023.06.14



LONGi announces new wo

LONGi has announced that it has estab for a p-type HJT cell and 26.09% for an

Global News 2022.12.21



At 26.81%, LONGi sets a ne con solar cells

LONGi has set a new world record effi size silicon wafers through mass produ

Global News 2022.11.19

6.2.2. Inverter

A fotovoltaikus (PV) inverterek egyfajta teljesítményinverterek, melyek a PV modulok által előállított DC áramot közüzemi frekvenciájú váltakozó árammá (AC) alakítják át, amely betáplálható egy kereskedelmi elektromos hálózatba vagy használható helyi hálózaton kívüli elektromos rendszerekben.

A PV inverterek speciális funkciókkal rendelkeznek, amelyek a napelemekhez lettek igazítva, többek közt például követik a maximális teljesítménypontot (MPPT), a maximális teljesítmény leadása érdekében.

Az alábbi inverter típusokat különböztetjük meg:

- Szigetüzemű inverter: önálló energiaellátó rendszerekben használatosak, melyek a villamos energiát feltöltött akkumulátorokból nyerik és általában akkumulátortöltő funkcióval is rendelkeznek
- Hálózatra termelő inverter: a fázist közüzemi szinuszhullámmal egyeztetik, áramellátás esetén automatikusan leállnak, nem biztosítanak tartalék áramellátást közüzemi kimaradások idején
- Backup inverter: speciális inverterek, melyek képesek a BMS rendszeren keresztül kommunikálni az akkumulátorral, melyeket töltik, valamint áramot vételeznek belőlük, melyeket váltóárammá alakítanak, áramkimaradások idején pedig váltóárammal látják el a kiválasztott fogyasztókat
- Intelligens hibrid inverter: ezek a modern „all-in-one” inverterek, amelyek képesek az fenti három inverter minden funkcióját igény esetén ellátni

Az alábbi képen egy PV inverter belső nézete látható, melyen láthatjuk a sok kék kondenzátort, melyek az energia rövid idejű tárolására és a kimeneti hullámforma javítására szolgálnak:



Forrás: wikipedia

Az inverterek fejlődési irányát, az 1993-ban alapított, osztrák Fronius gyár fejlesztőmérnöke határozta meg elég világosan – Christoph Panhuber – aki szerint a hatékonyság, áramhullám-forma minőségének, méret- és súlycsökkentés javításával párhuzamosan a gyártási költségek csökkentésére kell törekedni.

Természetesen óriási szükség van a fenti fejlődési irányok minél magasabb szinten tartására, mivel az inverter piacot is akár „copy paste”-elhetnénk az előző pontban bemutatott napelem piacról, ugyanis ezt a globális piacot is a kínai gyártók uralják. Itt is 2022-ben a Wood Mackenzie elemzése alapján, a 10 legnagyobb PV invertergyártójának a piaci részesedése 86% volt.

Az öt legnagyobb szállító – a Huawei, a Sungrow, a Ginlong Solis, a Growatt és a GoodWe – több mint 200 GWac-ot szállított le 2022-ben, ami a teljes globális fotovoltaikus inverterszállítmány 71%-át tette ki. Ez az öt cég is természetesen mind kínai cég.

2022's Top 10 vendor shipments and percentage increase, 2020-2022 (GW, %)



(forrás: Wood Mackenzie)

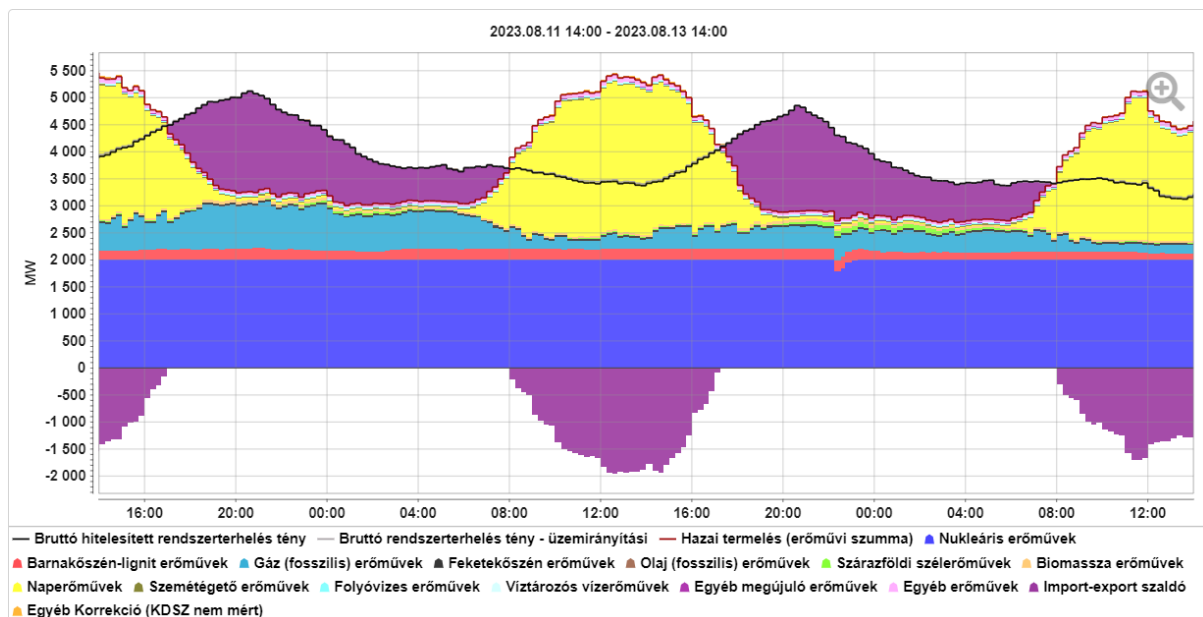
Kína ugyanakkor nemcsak az exportban jeleskedik - hasonlóan a napelemek piacához - de az inverter szállítmányok legnagyobb felvevő piaca is a majdnem 50 %-os részesedésével, melyet Európa követ a 28%-kal, míg az USA a világpiac mindössze 13%-át fogyasztotta. Érdeemes megjegyezni ugyanakkor, hogy az USA inverter eladásainak a 10%-át már a hibrid inverterek tették ki, mivel az Egyesült Államok fokozza a napenergia termelés és tárolás integrációját.

6.2.3. Akkumulátor

Napjaink legnagyobb kihívása az villamos energia (VE) tárolása. Mivel az villamosenergia nem olyan, mint a napelem vagy inverter, hogy előállítjuk, becsomagoljuk és betesszük a raktárba majd valami lesz vele, a megtermelt energiát el is kell fogyasztani azonnal vagy valahogy tárolni kellene.

A tárolás nemcsak kis hazánk nagy problémája, de amint láttuk az előző fejezet utolsó mondatában, a világ legnagyobb hatalma - az USA is – a tárolás irányába tereli a napelemes beruházásokat.

A napelemekkel megtermelt energia nagy hátránya, hogy csak akkor termelődik, ha süt a nap, vagyis nem esik egybe a fogyasztással. Ha megnézzünk egy napsütéses napot Magyarországon, például az idei augusztus 12-ét, amikor rekord csúcsot ért el a magyar napenergia termelés, akkor azt látjuk a MAVIR adataiban, hogy a fogyasztás messze elmaradt a megtermelt energia kombótól:



Forrás: MAVIR

Ezen az ábrán, ha megnézzük a déli 12 és délután 3 óra között a termelést, akkor azt látjuk, hogy Paksnyi, azaz 2 gigawattnyi többlet a PV energia kapacitás, és vajon mi lett a többlet energiával(?). Ugyanakkor, a fenti grafikonon azt látjuk este 8 és 9 óra között, hogy az import mértéke elérte 2 gigawattnyi energiát.

Ha megnézzük a HUPX energiatőzsde adatait az augusztus 12-i napra, akkor azt látjuk, hogy 11-14 óra között a legalacsonyabb 0.65EUR/MWh-os átlagár alakult ki (volt itt mínusz is dél környékén), valamint este 19-24 óra között az átlagár 104.23EUR/MWh volt (itt a maximum 22 órakor volt 112.28 euróval):

Blocks

Blocks	Sun 06/08	Mon 07/08	Tue 08/08	Wed 09/08	Thu 10/08	Fri 11/08	Sat 12/08
01-08 (Off-Peak 1)	52.92	33.70	16.02	81.52	91.96	95.69	84.36
21-24 (Off-Peak 2)	78.09	138.41	91.40	124.25	113.35	118.82	106.63
01-04 (Middle Night)	67.09	29.32	25.83	72.55	89.35	97.10	97.66
01-06 (Night)	57.20	21.91	17.23	74.71	88.58	96.93	94.55
05-08 (Early Morning)	38.76	38.08	6.22	90.48	94.57	94.28	71.05
07-10 (Morning)	45.04	63.77	21.08	102.16	100.64	78.98	34.61
09-12 (Late Morning)	45.76	33.77	15.31	93.85	86.17	44.51	7.77
09-16 (Business)	33.39	31.32	4.55	77.27	70.77	35.04	5.80
11-14 (High Noon)	35.24	7.92	-2.06	74.95	63.96	19.78	0.65
13-16 (Early Afternoon)	21.02	28.88	-6.21	60.69	55.37	25.57	3.83
15-18 (Afternoon)	26.21	82.45	5.76	68.57	72.47	62.94	25.23
17-20 (Rush Hour)	54.58	150.03	58.47	95.03	100.77	105.01	71.71
19-24 (Evening)	75.33	154.33	93.59	119.40	113.09	118.80	104.23

Forrás: <https://hupx.hu/en/market-data/dam/weekly-data?date=2023-08-12>

A fenti adatok alapján látszik, hogy mekkora szükség lenne PV energiatárolásra, ami Magyarországon hiányzik: míg a PV energiakapacitás már meghaladta az 5000 megawattot, addig a tárolási kapacitás csak 30 MWh, azaz 0,6 % az Energiaügyi Minisztérium államtitkára, Horváth Viktor szerint.

Többféle tárolási megoldás létezik, mivel nagy a piaci potenciál, ezért gőzerővel folyik a meglévő technológiák fejlesztése, valamint új technológiák kutatása. A meglévő technológiák közül az egyik legnépszerűbb az elektrokémiai villamos energia-tárolás vagyis az akkumulátorok, melyeket az alábbiak szerint csoportosíthatunk:

- Savas akkumulátorok
- Lítium-ionos, úgynevezett száraz akkumulátorok
- NAS, egyéb akkumulátorok

Az akkumulátorokat még csoportosíthatjuk az alábbiak szerint is:

- Elsődleges (primary) akkumulátorok: melyeket kimerülésig használnak, majd eldobják
- Másodlagos (secondary) akkumulátorok: ezek az újratölthetőek

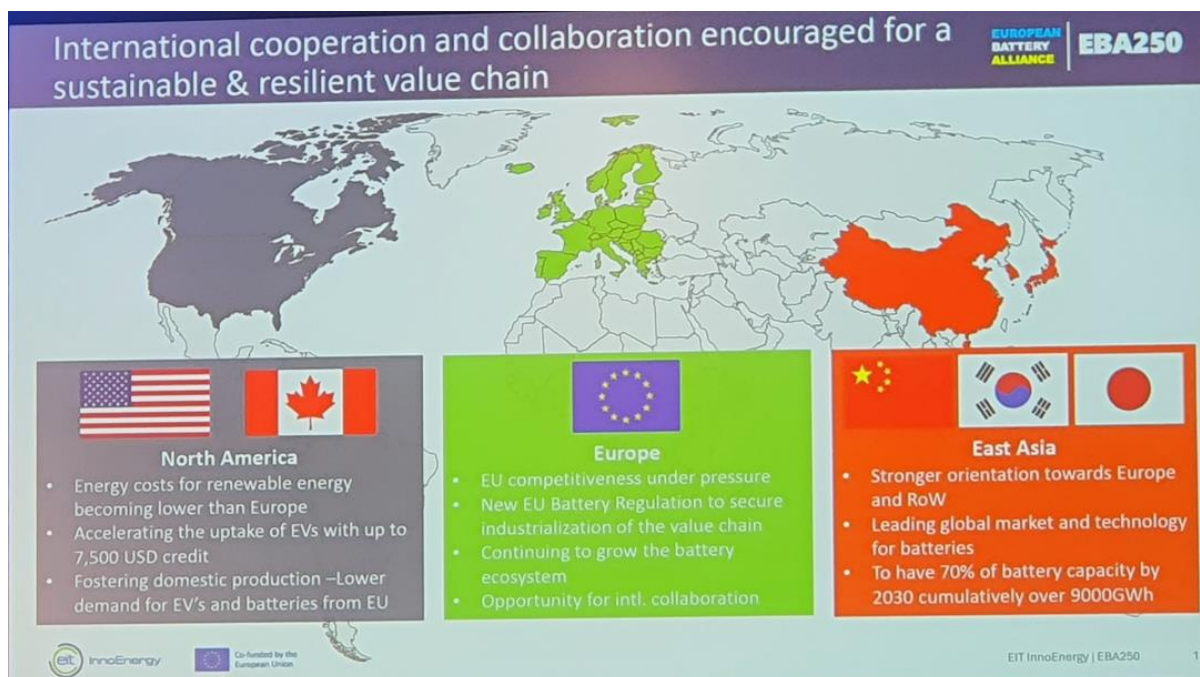
A napenergia piacán főleg a másodlagos akkumulátoroknak van nagy jövője, ezek közül is a száraz/lítium ionos akkumulátoroknak.

Ezeknek számos változata létezik, melyek közül a legelterjedtebb a lítium-vas-foszfát (LiFePO_4) akkumulátor vagy rövidítve LFP (lítium-ferrofoszfát). Az LFP akkumulátornak lítium-vas-foszfát a katódjának az anyaga, és egy grafitos szénelektroda, fémes hátlappal az anódja. Gyártanak még NMC (lítium-nikkel-mangán-kobalt-oxid) vagy NCE (nikkel-kobalt-alumínium) akkumulátorokat, azonban az LFP a legelterjedtebb alacsonyabb költségük, nagyobb biztonságuk, alacsony toxicitásuk, hosszú élettartamuk (akár 10,000 ciklus) és egyéb tényezők miatt. A kínai gyártók jelenleg szinte kizárólagossággal rendelkeznek az LFP gyártásában.



CATL A minőségű akkumulátor cellák

Globálisan az akkumulátor piac három nagy szereplőre bontható (lásd az alábbi képet), Észak-Amerika, EU és Távol-Kelet (Kína, Korea és Japán):



Forrás: Hungarian Battery Day III konferencia, 2023. október 26, Budapest

Az EBA (European Battery Alliance) által közzétett képen az látszik, hogy míg Kína, Korea és Japán azon verseng, hogy uralja a globális akkumulátor piacot technológia-szint, a minőséget és a gyártó kapacitás növelésével, addig az USA próbálja minél magasabb profittal felhasználni, miközben az EU az akkumulátor piac szabályozására fekteti fő hangsúlyt.

De nemcsak az EU jeleskedik jogszabályok alkotásában, mint például a New EU Battery Regulation, melyben az előadást követő kerekasztal résztvevői egyetértettek, hogy túl bonyolult megérteni és alkalmazni, az USA is megalkotta a saját IRA (Inflation Reduction Act) törvényét, melynek az a lényege, hogy csak az USA-n belül gyártott elektromos autók kapjanak támogatást.

Ez már Kínánál is kiverte a biztosítékot, amelyre azzal reagáltak, hogy december elsejétől kontrolálni/korlátozni fogják a grafit exportot, amely a lítium-ionos akkumulátor elektródájának az alapanyaga, mely piacot természetesen jelenleg ők uralják.

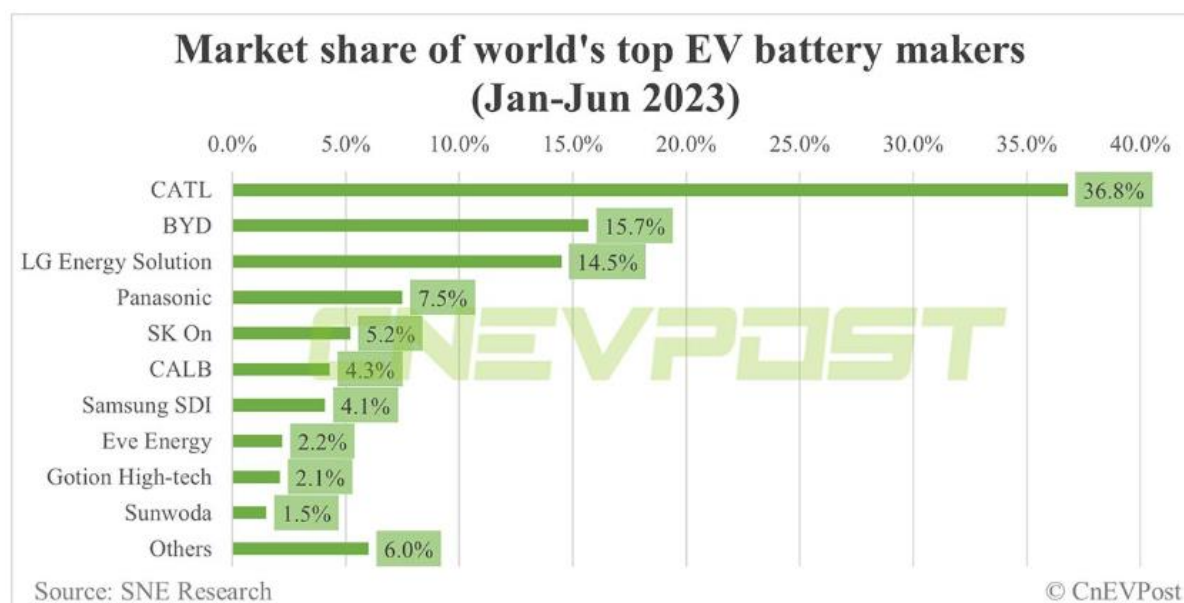
Ami a gyártást illeti, a piacot 10 cég uralja, melyből 6 kínai, 3 dél-koreai és egy japán. A tíz gyártóból, öt cég jelen van Magyarországon (forrás: HIPA), összesen 6,6 milliárd eurós befektetéssel.

A masszív befektetéseknek köszönhetően és a nagyon optimista előrejelzések szerint, Magyarország lehet Kína után a második legnagyobb akkumulátorgyártó a világpiacra 2025-től, az óvatosabb becslések szerint, Kína, USA és Németország után a negyedik, ami akkor is hihetetlen eredmény, tekintve a méreteit.

Rank	Country	2027P Battery Cell Manufacturing Capacity, GWh	% of Total
#1	China	6,197	69%
#2	U.S.	908	10%
#3	Germany	503	6%
#4	Hungary	194	2%
#5	Sweden	135	2%
#6	Poland	112	1%
#7	Canada	106	1%
#8	Spain	98	1%
#9	France	89	1%
#10	Mexico	80	1%
	Other	523	6%
Total		8,945	100%

forrás: Bloomberg

Jelenleg a piacot a kínai CATL uralja 36.8%-os részesedéssel, mely azt jelenti, hogy minden harmadik Li-ion akkumulátor tőlük származik:



Természetesen a CATL nem ül a babérjain, hanem folyamatosan fejleszt; az európai vezérigazgatója – Mr. Jason Chen szerint, meghirdetve a négydimenziós innovációt: anyag és elektrokémiai innováció, extrém termelési innováció, szerkezeti rendszer innováció és üzleti modell innováció.

Ezek közül, például ha megvizsgáljuk az extrém termelési innovációt (extreme manufacturing innovation), azt jelenti, hogy úgynevezett „Lighthouse Factory”-katt építenek, melyből csak kettő létezik eddig a világon, mindkettő a CATL-nél.

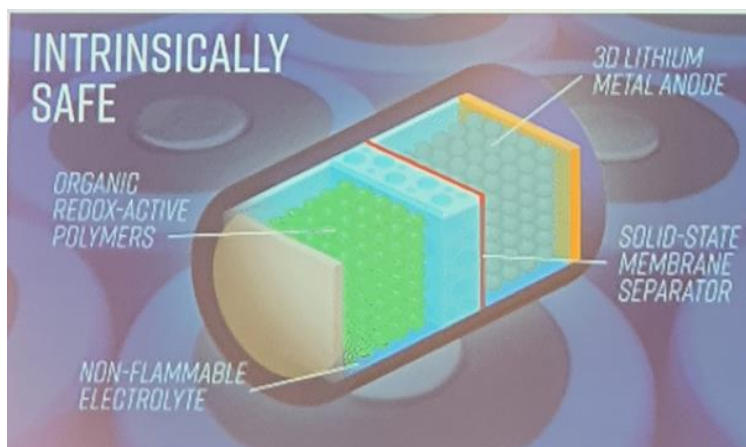
Ezeknek a gyáraknak a lényege az, hogy próbálják minél szélesebb területen alkalmazni a mesterséges intelligenciát az alábbi területeken:

- Önadaptív gyártósor (felhő alapú számítástechnika)
- Magasabb minőség (AI alapú hibaérzékelő rendszer)
- Zöldebb gyártási folyamat (széndioxid és a felhasznált energia csökkentése)
- teljes életciklusú adatkövetés (az alapanyagtól egész az újrahasznosításig)



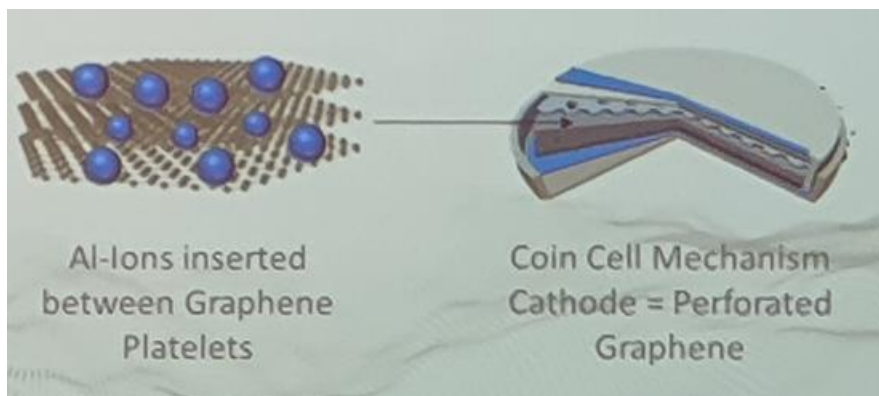
forrás: CATL

Természetesen a kutatás/fejlesztés is gőzerővel megy az akkumulátor területén, főleg az éghető anyagokat és a nehezen hozzáférhető anyagokat szeretnék kiváltani, mint például a LiNova cellák esetében, ahol nem gyúlékony elektródával (non-flammable electrolyte) kísérleteznek:



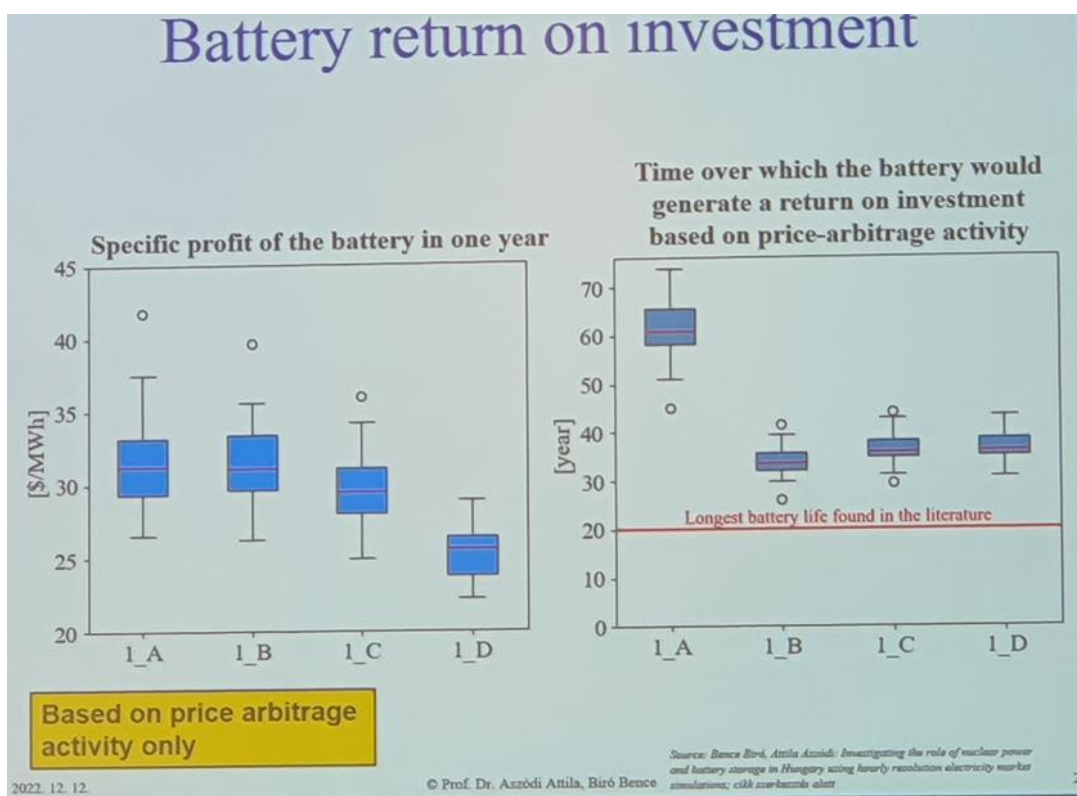
forrás: Galyen energy

Még nagyon ígéretes a grafén (graphene) is, ahol alumínium-ionokat visznek be a grafén lapkák közé, ezáltal úgynevezett szuper kondenzátorokat (supercapacitor) hoznak létre.



forrás: GMG

Dr. Aszódi Attila, a BME professzora, arról beszélt a Hungarian Battery Day III konferencián, hogy a jelenlegi árak és élettartam mellett, az akkumulátoros tárolás befektetések soha nem térülnek meg (én azért optimista vagyok, lásd a 8. megtérülési számítás fejezetben), ezért érthető, hogy úgy a kormányok mint az üzleti szféra egyelőre vonakodik, hogy befektessen tárolás projektekbe.



Forrás: Dr. Aszódi Attila, Hungarian Battery Day III konferencia

És akkor egy jó hír a végére, ugyanis a dél-koreai Pulse News szerint a lítium-karbon ára két éves mélypontjára esett, USD18.15/kg, ami 77% esés a 2021. szeptemberi árhoz képest, köszönhetően annak, hogy az idén az előrejelzések szerint kb. egy millió elektromos autóval kevesebbet adnak el. Ugyanakkor a katód ára is 17.5 százalékkal 36.29 dollár/kg-ra csökkent. Ez azért lehet érdekes, mert vélhetően a lítium-ionos akkumulátorok ára tovább csökkenhet, ami jó hír annak, aki energiatárolás projektben gondolkodik (forrás:

<https://pulsenews.co.kr/view.php?sc=30800018&year=2023&no=896280>)

7. TERVEZÉS, MÉRETEZÉS

A tervezés/méretezés teljes egészében a napelemes szakmérnöki képzésen megszerzett tudáson és tankönyveken alapul.

7.1. Beárnyékolás vizsgálat

Mivel a telepítési helyszín adott, ezért azt vizsgálom, hogy téli napállás esetén mekkora része kerül a napelemes rendszernek folyamatosan árnyékba.

A napelemek déli tájolású, állótetőre vannak telepítve, azonban a szomszéd 6 méter magas épülete télen beárnyékolhat (lásd Google térkép):



Számolási alapadatok (7.1 ábra)

$$AB = 4 \text{ m}$$

$$BE = 9,1 \text{ m}$$

Téli napállásnál a vízszintessel 20o-os szöget zárnak be a napsugarak a legmagasabb napállásnál, ami megegyezik a PV tartószerkezet dőlésszögével:

$$\alpha = \beta = 20^\circ$$

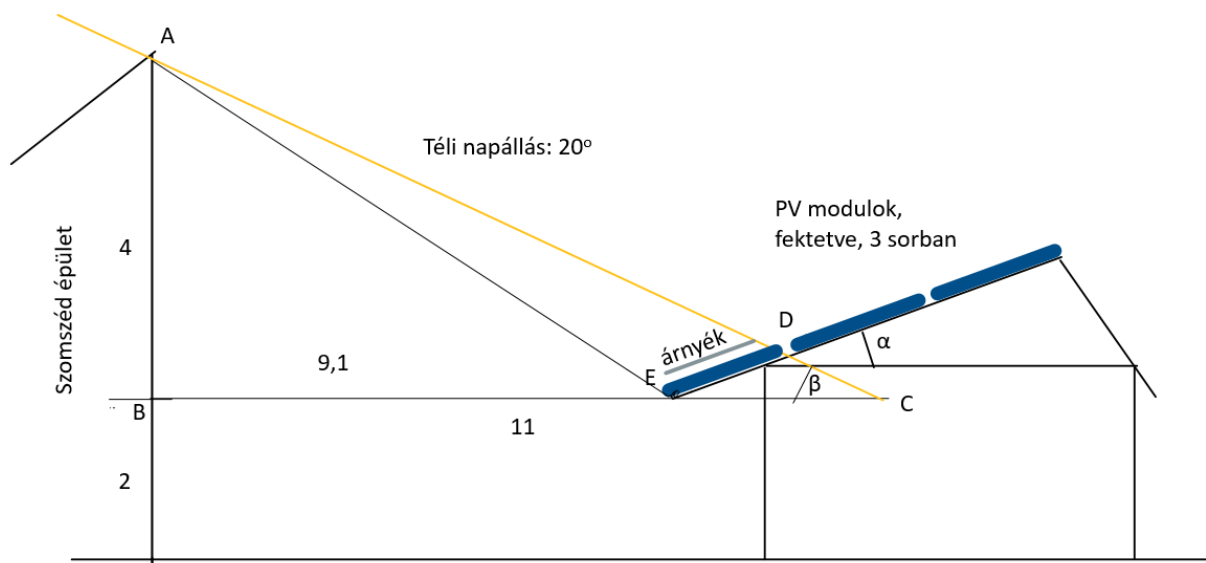
Az ABC háromszögben a téli napállás esetén a BCA szög 20°, ez alapján a BC oldal az alábbi képlet alapján tudjuk kiszámolni:

$$BC = \frac{4}{\tan 20^\circ} = 11\text{m}$$

Az EDC háromszög egy egyenlőszárú háromszög, melynek az alapja EC = 2 m

Az egyenlőszárú háromszög két szöge 20° , így az alábbi képlettel számoljuk ki a beárnyékolt részt:

$$ED = \frac{1}{\cos 20^\circ} = 1.06\text{m} < 1.13\text{m (napelem szélessége)}$$



7.1. ábra

Konklúzió:

Tehát télen csak a legalsó sor lesz beárnyékolva folyamatosan, mivel a napelem szélessége 1,13 m, amely nagyobb, mint a beárnyékolt terület. Mivel az alsó sort le lehet választani, ezért télen meg lehet vizsgálni, hogy érdemes-e leválasztani az alsó sort a termelés növelése érdekében.

7.2. Tartószerkezet szilárdságtani méretezése

Az állótetőt, amelyre a napelemek lesznek szerelve, szilárdnak tekintjük, melyre tetőkampók segítségével lesznek rögzítve a sínek, majd ezekre rögzítjük a napelemeket. Az elhelyezés épületek között van, semmi extrém körülmény nem hat a rendszerre.

A kritikus elem a tetőkampó, melyeket az előírás (Würth katalógus) szerint úgy kell méretezni és szerelni, hogy ne feküdjenek rá a cserepre, hanem képesek legyenek megtartani a rendszert saját maguk. „A rögzítőrendszerek teherbírásának számításakor többek között a várható szél- és hóterhelési értékeket is figyelembe kell venni. Magyarország területén a DIN EN 1990-1 szabvány van hatályban” (forrás: Würth-solar-katalógus 2016). A maximális terhelési értékeket úgy kell meghatározni, hogy a héjazaton/cserepeken a rendszer ne támaszkodjon meg.

Az állótetőn összesen 24 db kampót lehet elhelyezni, ezért ennek megfelelően kell méretezni a rendszert. Mivel a kampó cserepek közötti kiálló részének a szélessége ugyanaz, ezért az anyag minőségével és a vastagságával lehet méretezni.

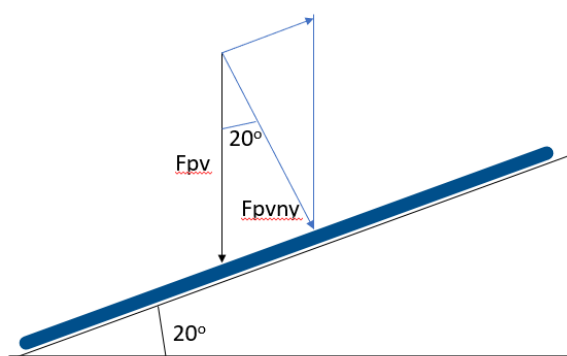
Napelemek saját súlya

Egy darab napelem modul tömege: 21.5 kg, napelemek száma: 9.

A napelemek összsúlya:

$$F_{pv} = 9 \times 21,5 \cdot 10 = 1935N$$

Mivel a tető dőlés szöge 20° ezért a tető síkjára merőlegesen ható erő – F_{pvny} – a következőképpen alakul:



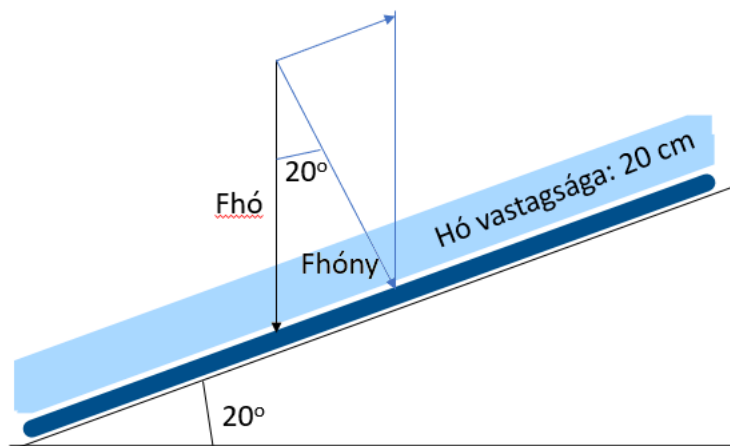
7.2.1. ábra

A napelemek merőlegesen ható súlya:

$$F_{pvny} = 1935 \cos 20^\circ = 1818N$$

Hóhatás

A magyarországi viszonyoknak megfelelően 20 cm vastag hótakaróval, mely új hó esetén 200 kg/m³ sűrűségűnek felel meg.



7.2.2 ábra

$$\rho_{\text{hó}} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

hóvastagság:

$$h_{\text{hó}} = 0,2\text{m}$$

A napelemek teljes felülete (7.2.1. kép):

$$A_{\text{pv}} = n * m * sz = 9 \cdot 1,72 \cdot 1,13 = 17,5\text{m}^2$$

ahol:

n-napelemek száma	n=9
m- napelem magassága	m=1,72m
sz- napelem szélessége	sz=1,13m



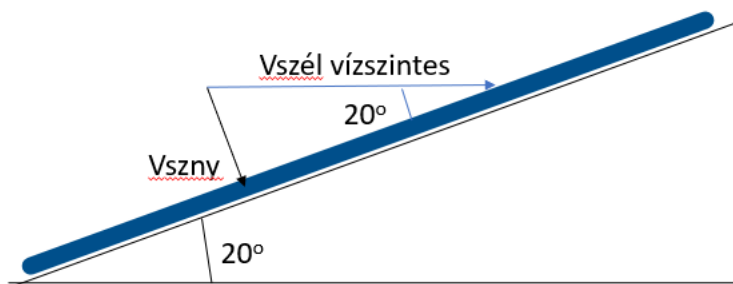
7.2.1. kép

A hó súlyának a merőleges összetevője a napelemfelületre:

$$F_{h\acute{o}ny} = A \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot \cos 20^\circ = 17,5 \cdot 0,2 \cdot 200 \cdot 10 = 7000 N \cos 20^\circ = 6577 N$$

Szélhatás

Mivel a napelem rendszer épülettakarásban van, ezért 108 km/h (30m/s) szélesebességre méretezem, melynél a domborzati együtthatót a városi beépített környezetként határozzuk meg, tehát a $C_w=1$.



7.2.3 ábra

A szél sűrűsége:

$$\rho_{szél} = 1,25 \frac{kg}{m^3}$$

A szélesebesség 20°-os, a napelem felületre merőlegesen ható összetevője:

$$v_{szny} = v_{sz} \cdot \sin 20^\circ = 30 \cdot \sin 20^\circ = 10,26 \frac{m}{s}$$

A szél felületre ható nyomóereje:

$$F_{szny} = \frac{1}{2} \cdot A_{pv} \cdot \rho \cdot C_w \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 17,5 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 10,26^2 = 1151N$$

ahol A_{pv} a teljes napelem felülete:

$$A_{pv}=17.5m^2$$

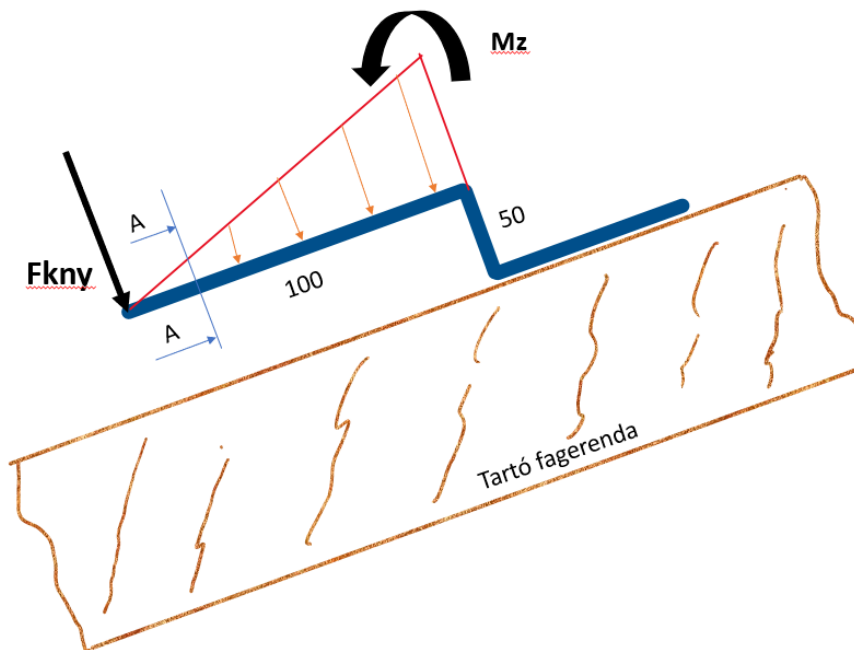
A teljes nyomóerő, ami a kampókra hat:

$$F_{Tny} = F_{PVny} + F_{hóny} + F_{szny} = 1818 + 6577 + 1151 = 9546N$$

A tetőn összesen 24 db tetőkampót lehet elhelyezni, ezért az egy kampóra jutó nyomóerő:

$$F_{kny} = \frac{9546}{24} = 398N$$

A tetőkampó fő igénybevétele a hajlítás (7.2.4. ábra):



7.2.4. ábra

A tetőkampó szélessége adott: 30 mm széles, anyaga pedig S235-ös horganyzott acél, melynek szakítószilárdsága:

$$\sigma_m = 235 \frac{N}{mm^2}$$

Az 7.2.4. ábra alapján az alábbi forgónyomaték hat a kampóra:

$$M_z = F_{kny} \cdot l = 398 \cdot 100 = 39,800Nmm$$

A keresztmetszeti tényezőt – K_z – a fenti kettő adatból tudjuk kiszámolni:

$$\sigma_m = \frac{M_z}{K_z} \Rightarrow K_z = \frac{M_z}{\sigma_m} = \frac{39800}{235} = 169,36 \text{ mm}^3$$

A keresztmetszeti tényező a másodrendű nyomaték és szélsőszál távolság hányadosa, melyet az alábbi egyenlettel tudjuk kiszámolni:

$$K_z = \frac{I_z}{e}$$

ahol, I_z a másodrendű nyomaték és „ e ” a szélsőszál távolsága (7.2.5 ábra).

A szélsőszál távolsága:

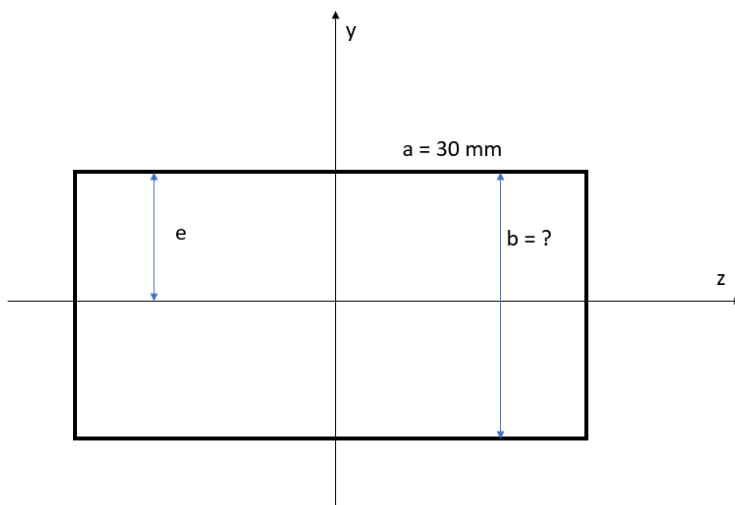
$$e = \frac{b}{2}$$

A másodrendű nyomaték:

$$I_z = \frac{ab^3}{12}$$

ahol „ b ” a kampó vastagsága és „ a ” kampó szélessége (7.2.5. ábra, A-A metszet lásd 7.2.4 ábrán)

$a=30 \text{ mm}$



7.2.5. ábra, A-A metszet

A fenti három egyenletből kapjuk meg a szükséges „ b ” lemezvastagság értékét:

$$K_z = \frac{I_z}{e} \Rightarrow K_z = \frac{I_z}{\frac{b}{2}} = \frac{2 \cdot I_z}{b} = \frac{2ab^3}{12b} = \frac{ab^2}{6}$$

A szükséges lemezvastagság kiszámolása:

$$b \geq \sqrt{\frac{6 \cdot Kz}{a}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 170}{30}} = 5,83mm$$

Konklúzió: ha S235-ös horganyzott acél kampót választunk, akkor 30 mm-es szélesség mellett a lemez vastagsága legalább 6 mm kell, hogy legyen! Ebben az esetben alkalmazhatjuk az ökölszabályt az 5 cm-es kampó részre: $50/6=8.3 < 12$, mely alapján szilárdnak tekintjük (lásd 7.2.4 ábra).

Napelemek rögzítése

A napelemek rögzítése M8-as rozsdamentes csavarokkal, melyek a gyártó által ajánlott 15 Nm forgónyomatékkal lettek meghúzva.

A kampók rögzítésére legalább 2 db 8x80-as tányérfejű facsavar/kampó ajánlott.

Napelemek villamos szerelése

A napelemek villamos szerelésénél nagyon fontos a megfelelő csatlakozók használata (MC4) de legalább annyira fontos az erre a célra fejlesztett napelemes szerszámok használata is:



Szolár szerszámkészlet

7.3. DC oldali méretezés

A teljesítményvesztést szeretném 1% alatt tartani, tehát ennek megfelelően méretezem a vezetékét.

$P_{max}=3645W$

$I_{sc}=13,83 A$

vezeték hossza:

$l=20 m$

teljesítményvesztés: $\nu = 1\%$

mértékadó teljesítményvesztés:

$$\nu' = \frac{\nu}{2} = \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{P_{max}}{2} = \frac{1}{100} \cdot \frac{3645}{2} = 18,22W$$

A szükséges keresztmetszet kiszámolása:

$$A \geq \frac{\rho l}{\nu'} I^2 = \frac{1}{56} \cdot \frac{20}{18,22} \cdot 13,83^2 = 3,74 mm^2$$

Aszükséges = 4 mm²

Konklúzió: minimum 4 mm²-es szolárkábelre van szükség.

7.4. AC oldali méretezés

Az AC output méretezése esetén követem az inverter által megadott előírásokat, miszerint az SPF 3000 TL esetén 12 AWG-s, azaz 4 mm²-es, három eres vezeték szükséges (forrás⁶: Growatt off-grid 2kW-5kW PV inverter manual, 9. oldal).

Az akkumulátor és inverter között az alábbi áramra ellenőriztem a vezetékét:

$P_{max}=3000W$

$U_n=51.2V$

$$I = \frac{P_{max}}{U_n} = \frac{3000}{51.2} = 58.6A$$

⁶ lásd irodalomjegyzék

Akkumulátor-inverter közötti kábelezés

Az akkumulátor csatlakozó vezetékét (7.4.1 kép) a gyártó biztosítja a tartozékok között, mely két darab 1,5m hosszú, 6AWG-es (16 mm²) rézvezeték, amelyet azért leellenőriztem az MSZ 2364-523:2002 szabványban található táblázat alapján:

Áramterhelés táblázat, MSZ 2364-523:2002

A vezető keresztmetszete mm ²	Megengedett terhelés „A” www.mavir.hu						Biztosító betétek
	A csoport		B csoport		C csoport		
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	
0,5	7	-	10	-	13	-	-
0,75	10	-	13	-	16	-	-
1	12	-	16	-	20	-	6
1.5	16	13	20	17	25	22	10
2.5	21	16	27	21	34	27	16
4	27	21	36	29	45	35	20
6	35	27	47	37	57	45	25
10	48	36	65	51	78	61	35
16	63	51	87	68	104	82	50
25	83	65	115	90	137	107	63
35	110	86	143	112	168	132	80
50	140	110	178	140	210	165	100
70	175	140	220	173	260	205	125
95	215	175	265	210	310	245	160
120	255	205	310	245	365	285	200
150	295	235	355	280	415	330	250
185	340	270	405	320	475	375	315
240	400	300	480	380	560	440	400
300	470	375	555	435	645	510	500
400	570	455	690	540	770	605	630
500	660	530	820	640	880	690	-

A kábelen található felirat alapján a gyártó 200°C hőmérsékleti értéket ad meg:



7.4.1 kép

8. NAPELEMES RENDSZER VÉDELME

A rendszer védelmének tervezése a TvMI (7.2) irányelvei valamint az MSZ HD 60634, 62305-ös szabványok előírásainak megfelelően történt.

8.1. Hibavédelem (érintésvédelem)

A DC oldali hibavédelem kettős szigetelés (II. osztály).

Az egyenáramú csatlakozások T2 típusú elemek alkalmazásával készültek. A napelem DC oldali csatlakozódoboz az előírásoknak megfelelő, a dobozon figyelmeztető felirat és piktogramot kell elhelyezni, jelezve, hogy az aktív vezetők az inverterről való leválasztás után is feszültség alatt maradhatnak (8.1. kép). Az inverterről való leválasztást a DC oldali csatlakozódobozban elhelyezett DC kismegszakító biztosítja.



8.1. kép

Az AC oldali hibavédelem TN-S rendszer.

A termelő berendezés AC oldali hibavédelme illeszkedik a fogyasztói berendezés érintésvédelmi megoldásához. Az AC oldalon kismegszakító és B-típusú ÁVK lett beépítve.

Az inverter és az akkumulátor között DC típusú kismegszakítót kell beépíteni, amely képes megfelelni a 71A maximális áramnak.

A napelem rendszer fém tartószerkezeteit be kell kötni az EPH hálózatba.

A szerelések elkészültével az érintésvédelem hatásosságáról méréssel kell meggyőződni.

8.2. Túlfeszültség védelem

A termelő berendezés elemeit védeni kell a légköri, illetve hálózati túlfeszültségek hatásaitól. A túlfeszültség védelmi megoldást a telepítési helyen alkalmazott villámvédelmi kialakítás határozza meg:

- Villámvédelem nélkül az inverter egyen- és váltakozó áramú oldalán, valamint a csatlakozási ponton T2 típusú túlfeszültség védelmi készüléket kell elhelyezni.
- Villámvédelmi szabványnak megfelelő (MSZ EN 62305) a veszélyes megközelítés figyelembevételével kialakított rendszer esetén az inverter egyen- és váltakozó áramú oldalán T2 típusú, a csatlakozási ponton T1 típusú túlfeszültség védelmi készüléket kell elhelyezni.
- Villámvédelemmel rendelkező, de a villámvédelmi szabvány által előírt veszélyes megközelítési távolság betartása nélkül kialakított rendszer esetén az inverter egyen- és váltakozó áramú oldalán, valamint a csatlakozási ponton T1 típusú túlfeszültség védelmi készüléket kell elhelyezni.
- Ha az inverter a csatlakozási ponton elhelyezett túlfeszültség védelmi készülék védőtávolságán belül kerül elhelyezésre, AC oldalon elegendő csak a csatlakozási ponti túlfeszültség védelem kialakítása

Mivel az épület nincsen ellátva külső villámvédelemmel, ezért az MSZ HD 60364-4-443 szabvány szerint kötelező túlfeszültség-védelem készülékek telepítése. Ebben az esetben az AC és DC oldalon is T2 típusú túlfeszültség-védelmi eszközöket kell beépíteni.

8.3. DC oldali rendszer védelmi berendezései

A DC oldalon az alábbi 4 utas elosztó szekrény (8.3.1. kép) lett kialakítva, mely tartalmaz 4 db olvadó biztosítékot, 2 db 2 utas kismegszakítót (MCB) és 2 db túlfeszültségvédőt (SPD).



DC elosztó és védelmi doboz (kép 8.3.1)

A DC oldali szekrény maximum 500V-ra és 16A-re lett méretezve, az alábbi számítások alapján:

$$I_{sc} = 11.18 \text{ A (NOCT)}$$

$$\text{Zárlati áram számítása: } I_2 = 1,25 * I_{sc} = 1,25 * 11.18\text{A} = 13.58\text{A} < 16\text{A}$$

500V 16A Content:

- 4 PCS 16A 1000V DC FUSE
- 2 PCS 2P 500V DC SPD
- 2 PCS 2P 500V 16A DC MCB

A tartószerkezet egyenpotenciálra hozása 10 mm²-es zöld-sárga vezetékkel lett kialakítva (lásd 8.3.2-es kép), mely a helyi TN-S hálózat, PEN sínjére lett bekötve.



8.3.2 kép

8.4. AC output oldali rendszer védelmi berendezései

Az inverter használati útmutatójának és a magyar szabványnak megfelelően 1 db 16A kismegszakító valamint B-típusú 30mA-es ÁVK került beépítésre (lásd 5.8-as kép).

Az inverter és akkumulátor közé 2 db 80A DC megszakító lett beépítve (lásd 5.9. kép), melynek a kiválasztása az inverter használati útmutatója alapján történt minimum 71A-ra.

9. MEGTÉRÜLÉSI SZÁMÍTÁS

A meglévő rendszer 2017. október 17-e óta működik, ekkor lett lecserélve a mérőóra, tehát ez lesz az alábbi számolások kiinduló pontja, valamint október közepe az éves mérőóra leolvasás időszaka is.

Összes elfogyasztott villamos energia 2023.10.15-ig: 51,400 kWh

Összes betáplált villamos energia 2023.10.15-ig: 24,200 kWh

Évenkénti túlfogyasztás: $51400 - 24200 = 27200 / 6 \approx 4500 \text{ kWh/év}$

Ennek költsége a jelenlegi árak alapján:

- rezsicsökkentett ár: $2500 \text{ kWh} \times 40 \text{ Ft} = 100,000 \text{ Ft}$
- lakossági piaci ár: $2000 \text{ kWh} \times 70 \text{ Ft} = 140,000 \text{ Ft}$

Éjszakai áram használat: 2000 kWh/év

- éjszakai áram éves költsége: $2000 \text{ kWh} \times 20 \text{ Ft} = 40,000 \text{ Ft}$

A hibrid HMKE várható többlettermelése, amelyet betáplál a hálózatra: 2000 kWh/év

Az off-grid tárolós rendszer termelése: 1000 kWh/év

A hálózatra betáplált 2000 kWh-val szeretném kiváltani a lakossági piaci áras tételt, valamint az éjszakai fogyasztást a tárolós termeléssel megfelelni.

Ezek alapján az éves megtakarítás: $140,000 \text{ Ft} + 20,000 \text{ Ft} = 160,000 \text{ Ft}$.

A új rendszer költségét az alábbi táblázat tartalmazza:

Termék	Típus	Egységár	Mennyiség	Bruttó ár
PV modul	Longi Hi-Mo 455	54 600	9	491 400
sín 40x40	3.3 m	12383	6	74 298
tetőkampó	nem állítható	500	24	12 000
leszorító	belső	1200	12	14 400
leszorító	külső	1200	12	14 400
köztes	alsó-felső	1200	6	7 200
4 mm ² , 60 m	fekete	336	40	13 440
4 mm ² , 60 m	piros	336	40	13 440
szerelő doboz DC-B	HT-5	4953	1	4 953
szerelő doboz AC	HT-8	5924	1	5 924
ÁVK és DC 80A MCB	EARU	23366	1	23 366
Growatt 3000W 48V Off-grid	Growatt	237924	1	237 924
Akksi LFP 100Ah 48V	Bemory	586435	1	586 435

DC doboz	2-in, 2-out	24775	1	24 775
EP kábel 10 mm ²	zöld-sárga	800	10	8 000
egyéb költség (szállítás)				60 000
		Total		1 591 955

Megtérülési idő a jelenlegi körülmények alapján:

- Teljes költség/éves megtakarítás = 1,591,955 Ft/ 160,000 Ft ~ 10 év

Az akkumulátorra 10 év vagy 6000 élekciklus garanciát adnak, jelen esetben a szűk keresztmetszet az év, mivel pontosan nullára jönne ki a 10 év alatt.

Időközben a napelemek ára lecsökkent egyharmadára, 0.33eurocent/W helyett ma már 0.12 eurocent/W, valamint várható az akkumulátorok árának a csökkenése is (lásd 6.2. fejezet)!

Konklúzió: Ha figyelembe vesszük a jövőbeni alacsonyabb árakat, és ha sikerül állami támogatást is szerezni a projekthez, akár nyereséges is lehet a beruházás!

10. ÖSSZEFOGLALÁS

Rohanó világunkban egyre nagyobb szerepet játszik a megújuló energiák iránti kereslet, melyből bőséges a kínálat, kifogyhatatlan és mindenki számára elérhető.

Mindenki szeretné magát biztonságban érezni, ezért az országok önállóan vagy együttműködésben, minél nagyobb energiabiztonságot szeretnének. Ezt úgy próbálják megvalósítani, hogy energiamixben gondolkodnak, melynek egyre nagyobb része a megújuló energia.

Magyarország megújuló energiamixében a legnagyobb részt a napenergia teszi ki, mely naponta rekordokat döntve, bővül örületes tempóban.

A robbanásszerű fejlődésnek sajnos akadt egy hátránya is, ugyanis a villamos energia hálózat nem tudta tartani az iramot, ezért kényszerűen lassítani kellett rajta tavaly, amikor napelem csatlakozási korlátozást vezettek az új erőművekre.

Jelen szakdolgozat célja az volt, hogy a napelemes szakmérnöki képzésen megszerzett tudás alapján, egy olyan rendszert dolgozzak ki, amely rugalmas, tárolós, áramszünet esetén áramot biztosít néhány fogyasztó részére, valamint optimalizálja a meglévő éves szaldós HMKE termelését.

A szakdolgozat során próbáltam felhasználni minden előadási anyagokból megszerzett tudást, melynek alapján egy komplett rendszer összeállítható, beleértve szilárdságtani, elektromosságtani és biztonsági tervezési és kivitelezési feladatot.

A fontosabb összetevőkről (napelem, inverter, akkumulátor) még egy világpiaci kitekintőt is összeállítottam, melynek alapján meglehet ítélni, hogy milyen irányba fejlődik a piac, valamint áremelkedés avagy éppen csökkenés várható-e.

Jó hír, hogy az árak csökkenő tendenciát mutatnak, rossz hír lehet(?!), hogy nagyon egy irányba koncentrálódik a termelés. A napelemeket és invertereket egyértelműen, míg az akkumulátorokat nagyrészt Kína uralja.

A hatalmas piaci főlényt azért kezelem óvatosan (lásd előző mondatban „rossz hír lehet”), mert annak ellenére, hogy országszinten akár monopol dominanciáról is beszélhetnék, a tapasztalatom szerint, óriási belső verseny van a különböző gyártók között, amely egyrészt folyamatos fejlesztésre kényszeríti őket, mindezt versenypiaci árak mellett.

A szakdolgozat kidolgozásánál az volt a célom, hogy egy működőképes rendszernek a terveit dolgozzam ki, olyan szinten, amelynek a megértése bizonyos szakirányú végzettséget igényel, nem bátorítva a nem szakértő személyt is a felvázolt rendszer megvalósítására.

11. SUMMARY

In our fast-paced world, the demand for renewable energies plays an increasingly important role, of which there is an abundant supply, inexhaustible and available to everyone.

Everyone wants to feel safe, which is why countries, independently or in cooperation, want as much energy security as much as possible. They are trying to achieve this by thinking in terms of an energy mix, of which renewable energy is an increasingly large part.

In case of Hungary, the biggest part of the renewable energy mix is solar energy, which breaks records every day and expands at a crazy pace.

Unfortunately, the explosive development also had a drawback, as the electricity network could not keep up, so the extreme growing pace had to be forced to slow down last year, when solar plant connection restrictions were imposed on new power plants.

The purpose of this thesis was to develop a system based on the knowledge acquired during the solar engineering studies, which is flexible, storage, provides electricity to some consumers in the event of a power outage, and optimizes the production of the existing HMKE with annual balancing.

During the thesis, I tried to use all the knowledge gained from the lecture materials, on the basis of which a complete system can be assembled, including mechanical stability, electrical and safety planning and implementation tasks.

I have even compiled a world market outlook for the most important components (solar panel, inverter, battery), based on which the reader can judge the direction in which the market is developing, as well as whether a price increase or a decrease is expected.

It's good news that prices are showing a downward trend, but it could be bad news (!) that production is very much concentrated in one direction. Solar panels and inverters are clearly dominated by China, while batteries are largely dominated by China.

I mentioned before the dominance of China as threat with caution (see "could be bad news" in the previous sentence) because, despite the monopoly dominance at the country level, according to my experience, there is enormous internal competition between the different manufacturers, which on one hand forces them to develop cutting the edge know-how, on the other hand forces competitive market prices.

When developing the thesis, my goal was to design a functional PV plant, at a level whose understanding requires a certain specialized education, without encouraging non-experts to implement the outlined system.

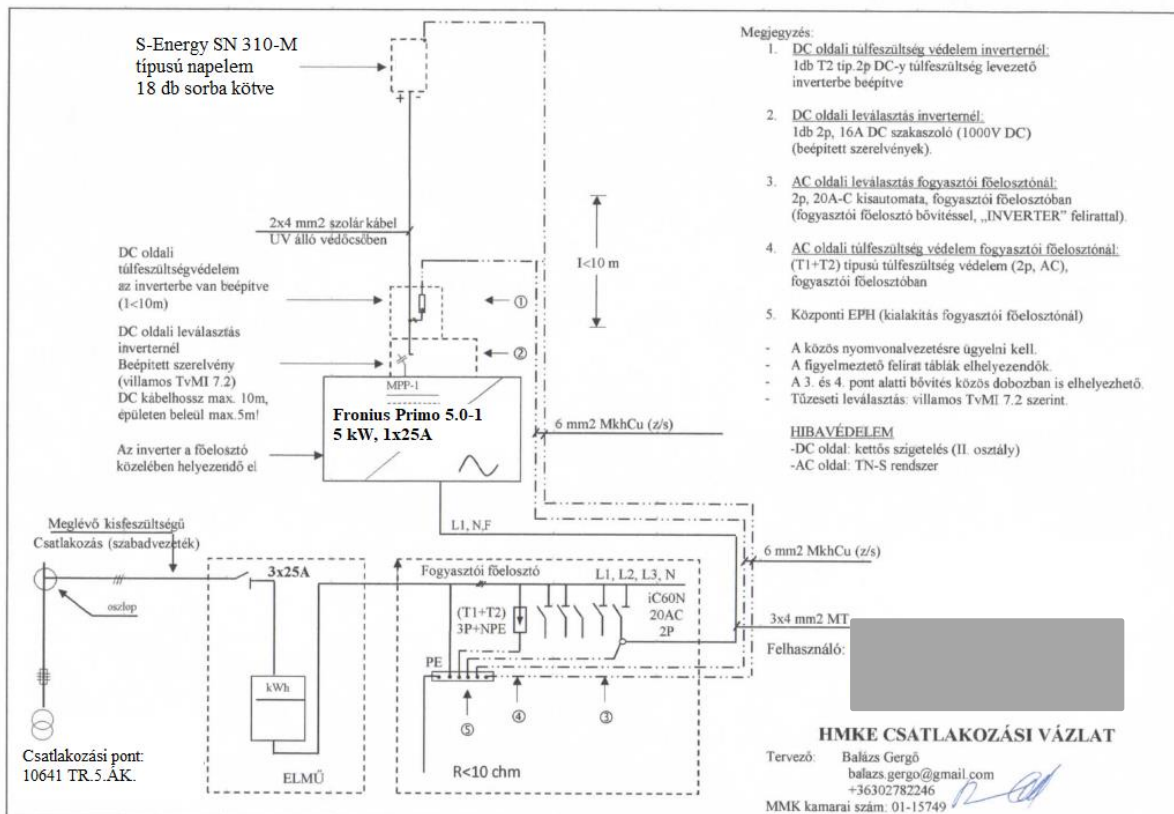
12. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Magyar Mérnöki Kamara: Megújuló energiatermelő rendszerek, 2015
- [2] Villámvédelmi bekötési javaslat, DEHN, 2014
- [3] Napelemes rendszerek mechanikai méretezése, Dr. Szabó Lóránt, 2022
- [4] Napelemes rendszerek hálózati kapcsolatai, Dr. Novothny Ferenc, 2022
- [5] Villamos energetika I., Példatár, Dr. Novothny Ferenc, 2010
- [6] Villamos energetika I., Dr. Novothny Ferenc, 2010
- [7] Off Grid Solar Inverter 2kVA-5kVA, user manual, version 4.0
- [8] Hungarian Battery Day III konferencia, előadás anyagok, HUBA, 2023
- [9] Wikipédia

13. MELLÉKLETEK

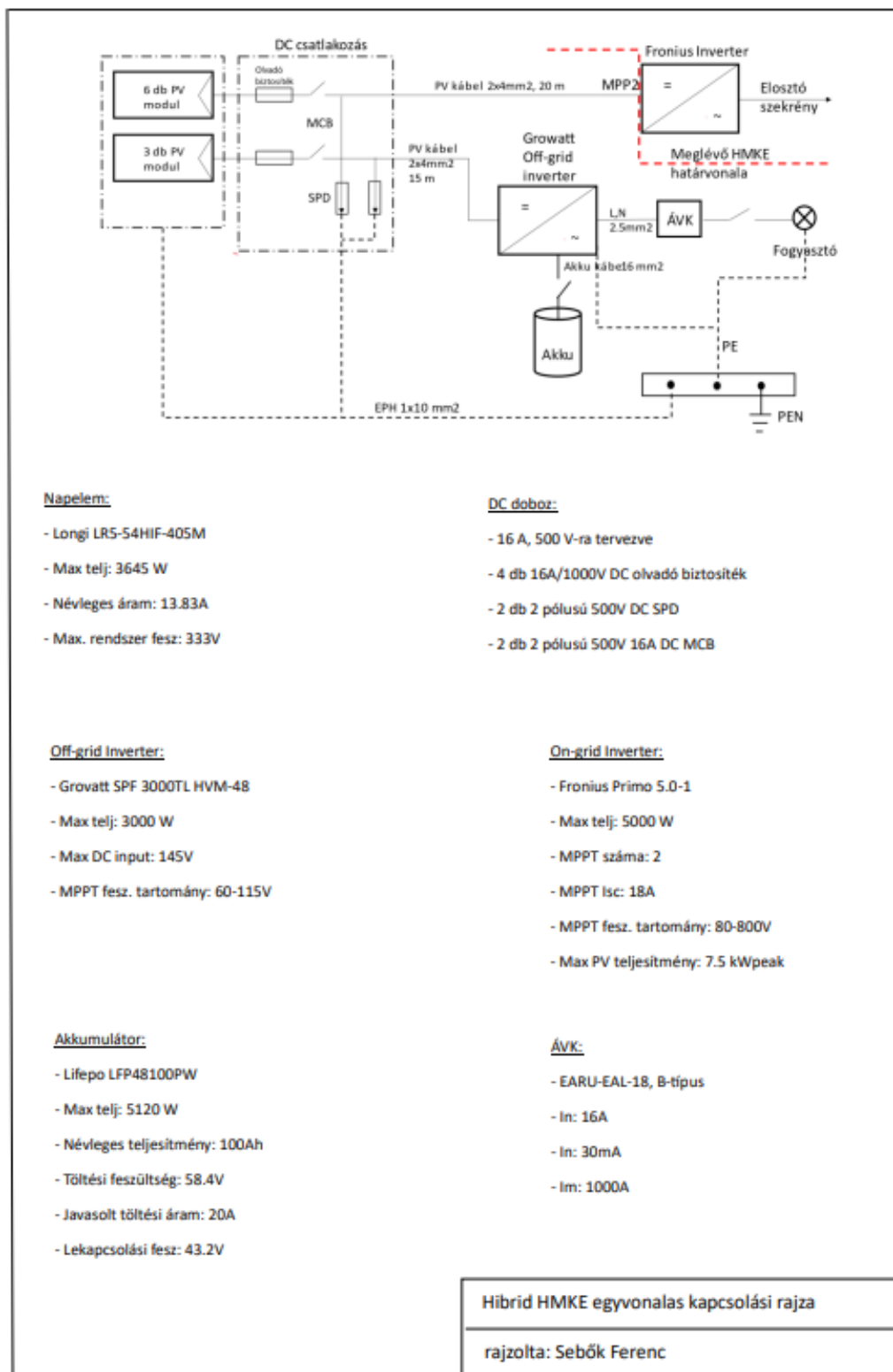
Melléklet - 1 –

Meglévő HMKE csatlakozási vázlata



Melléklet -2-

Hibrid HMKE egyvonalas kapcsolási vázlat



Melléklet – 3-

ELMŰ Hálózati Kft.**HÁLÓZATHASZNÁLATI SZERZŐDÉS**

1/2 oldal

Szerződés száma: HH 604639518

Szerződéses időszak: 2017.04.08.

1. A SZERZŐDŐ FELEK

	A RENDSZERHASZNÁLÓ ADATAI	A FIZETŐ ADATAI*
Természetes Személy	Neve:	
	Címe:	
	Születéskori neve:	
	Születési helye, ideje:	
	Anyja születéskori neve:	
	Telefonszám:	
	E-mail cím:	

* Amennyiben nem azonos a Rendszerhasználóval vagy a Villamosenergia-kereskedővel.

AZ ELOSZTÓI ENGEDÉLYES ADATAI			
Az elosztói engedélyes neve:	ELMŰ Hálózati Kft.		
Címe:	1132 Budapest XIII., Váci út 72-74.		
Adószáma/cégjegyzék száma:	13804983-2-44 / 01-09-874142		
Számlavezető pénzintézet:	MKB Bank Zrt.		
Pénzügyi számlaszáma:	10300002-10295614-49020018		
Szerződéskötő egység neve:	ELMŰ Hálózati Kft.		
Címe:	1132 Budapest XIII., Váci út 72-74.		
Kapcsolattartó személy neve:			
Kapcsolattartó e-mail:	elmu@elmu.hu		
Telefonszáma:	06-01-238-3838 06/20/30/70-978-56-11	Telefax:	06-1/238-3848

FELHASZNÁLÁSI HELY ADATAI	
Megnevezése:	Lakás - 1 db Fronius Primo 5.0-1
Címe:	
Helyrajzi száma:	
Azonosító:	

A CSATLAKOZÁS ADATAI	
csatlakozási ponton rendelkezésre álló teljesítmény vételezésre / betáplálásra:	13,11 kVA/ 5,00 kVA
csatlakozási ponton rendelkezésre álló teljesítmény vételezésre / betáplálásra:	13,11 kVA/ 0,00 kVA
Háztartási méretű kiserőmű típusa	

LEOLVASÁS MÓDJA**A HÁLÓZATHASZNÁLAT ADATAI**

A díjfizetés alapjául szolgáló csatlakozási pontok száma:										2		
1	Szerződött teljesítmény (idősoros) Vételezésre:				Többirányú teljesítmény			Meddő elszámolás		Veszteség korrekció %		
	-				Nem			Nem				
	Névleges csatlakozási teljesítmény: (Csak kisfeszültségű csatlakozás esetén)				25 A			16 A		16 A		
	Csatlakozási pont:		Csatlakozó vezeték rendszerhasználó felőli végpontja/áramkötési pontja (10641 TR.5.ÁK.)			A mérőváltók tulajdonosa:						
	Elszámolás típusa:	Profílos elszámolás	Profílcsoport:	Vidék lakossági		Elosztói tarifa:	Kisfeszültség I. árcsoport	Csatl. feszültsége:	0,4 kV (kisfeszültség)			
	Bekötés:	0030240442			Mérés feszültsége:			0,4 kV (kisfeszültség)				
	Mérési pont azonosító:					HU000210F11-E656640260161-4000002						
	Szerződött teljesítmény (idősoros) Vételezésre:				Többirányú teljesítmény			Meddő elszámolás		Veszteség korrekció %		
	-				Nem			Nem				
	Névleges csatlakozási teljesítmény: (Csak kisfeszültségű csatlakozás esetén)				16 A			16 A		16 A		
2	Csatlakozási pont:		Csatlakozó vezeték rendszerhasználó felőli végpontja/áramkötési pontja			A mérőváltók tulajdonosa:						
	Elszámolás típusa:	Profílos elszámolás	Profílcsoport:	Általános vezérelt ELMŰ		Elosztói tarifa:	Kisfeszültség II. árcsoport	Csatl. feszültsége:	0,4 kV (kisfeszültség)			
	Bekötés:	0030240441			Mérés feszültsége:			0,4 kV (kisfeszültség)				
	Mérési pont azonosító:					HU000210F11-E656640260161-4000001						
	EGYÉB FELTÉTELEK											

2. A SZERZŐDÉS TÁRGYA

Melléklet – 4

Szerződés száma: HC 604639518

Szerződéses időszak kezdete: 2017.04.08.

1. A SZERZŐDŐ FELEK

A RENDSZERHASZNÁLÓ ADATAI	
Ingatlan használat jogcíme:	Tulajdonos
A Rendszerhasználó neve:	
Címe:	
Születéskori neve:	
Születési helye, ideje:	
Anyja születéskori neve:	
Telefonszám:	
E-mail cím:	

AZ ELOSZTÓI ENGEDÉLYES ADATAI	
Az elosztói engedélyes neve:	ELMŰ Hálózati Kft.
Címe:	1132 Budapest XIII., Váci út 72-74.
Adószáma/cégjegyzék száma:	13804983-2-44/ 01-09-874142
Számlavezető pénzintézet:	MKB Bank Zrt.
Pénzügyi számlaszám:	10300002-10295614-49020018
Szerződéskötő egység neve:	ELMŰ Hálózati Kft.
Címe:	1132 Budapest XIII., Váci út 72-74.
Kapcsolattartó személy neve:	
Kapcsolattartó e-mail:	elmu@elmu.hu
Telefonszáma:	06-01-238-3838
Telefax:	06-1/238-3848

2. AZ IGÉNYLÉS ADATAI

A FELHASZNÁLÁSI HELY ADATAI	
Felhasználási hely azonosító:	
Felhasználási hely címe:	
Helyrajzi szám(ok):	

A JELENLEGI CSATLAKOZÁS ADATAI															
A csatlakozási pontok száma:	2														
1	<table> <tr> <td>Csatlakozási pont:</td><td>Csatlakozó vezeték rendszerhasználó felőli végpontja/áramkötési pontja (10641 TR.5.ÁK.)</td></tr> <tr> <td>Fázisszám:</td><td>3</td></tr> <tr> <td>Feszültség:</td><td>0,4 kV (kisfeszültség)</td></tr> <tr> <td>Rendelkezésre álló teljesítmény</td><td>vételezésre: 13,11 kVA</td></tr> <tr> <td>Névleges csatlakozási teljesítmény: (Csak kisfeszültségű csatlakozás esetén)</td><td>25 A</td></tr> <tr> <td></td><td>16 A</td></tr> <tr> <td></td><td>16 A</td></tr> </table>	Csatlakozási pont:	Csatlakozó vezeték rendszerhasználó felőli végpontja/áramkötési pontja (10641 TR.5.ÁK.)	Fázisszám:	3	Feszültség:	0,4 kV (kisfeszültség)	Rendelkezésre álló teljesítmény	vételezésre: 13,11 kVA	Névleges csatlakozási teljesítmény: (Csak kisfeszültségű csatlakozás esetén)	25 A		16 A		16 A
Csatlakozási pont:	Csatlakozó vezeték rendszerhasználó felőli végpontja/áramkötési pontja (10641 TR.5.ÁK.)														
Fázisszám:	3														
Feszültség:	0,4 kV (kisfeszültség)														
Rendelkezésre álló teljesítmény	vételezésre: 13,11 kVA														
Névleges csatlakozási teljesítmény: (Csak kisfeszültségű csatlakozás esetén)	25 A														
	16 A														
	16 A														
2	<table> <tr> <td>Csatlakozási pont:</td><td>Csatlakozó vezeték rendszerhasználó felőli végpontja/áramkötési pontja</td></tr> <tr> <td>Fázisszám:</td><td>3</td></tr> <tr> <td>Feszültség:</td><td>0,4 kV (kisfeszültség)</td></tr> <tr> <td>Rendelkezésre álló teljesítmény</td><td>vételezésre: 13,11 kVA</td></tr> <tr> <td>Névleges csatlakozási teljesítmény: (Csak kisfeszültségű csatlakozás esetén)</td><td>16 A</td></tr> <tr> <td></td><td>16 A</td></tr> <tr> <td></td><td>16 A</td></tr> </table>	Csatlakozási pont:	Csatlakozó vezeték rendszerhasználó felőli végpontja/áramkötési pontja	Fázisszám:	3	Feszültség:	0,4 kV (kisfeszültség)	Rendelkezésre álló teljesítmény	vételezésre: 13,11 kVA	Névleges csatlakozási teljesítmény: (Csak kisfeszültségű csatlakozás esetén)	16 A		16 A		16 A
Csatlakozási pont:	Csatlakozó vezeték rendszerhasználó felőli végpontja/áramkötési pontja														
Fázisszám:	3														
Feszültség:	0,4 kV (kisfeszültség)														
Rendelkezésre álló teljesítmény	vételezésre: 13,11 kVA														
Névleges csatlakozási teljesítmény: (Csak kisfeszültségű csatlakozás esetén)	16 A														
	16 A														
	16 A														

3. EGYÉB ADATOK

AZ IGÉNY KIEGÉSZÍTÉSÉNEK ADATAI	
Vállalt határidő:	
Csatlakozási díj:	Nettó: 0 Ft
	ÁFA: 0 Ft
	Bruttó: 0 Ft
A műszaki és pénzügyi feltételek részletes leírása a Műszaki-gazdasági tájékoztatóban található.	
EGYÉB FELTÉTELEK	

4. A SZERZŐDÉS TÁRGYA

Az Elosztói engedélyes vállalja, hogy a szerződésben megnevezett felhasználási helyen az igényelt rendelkezésre álló teljesítmények (betáplálás ill. vételezés) biztosításának előfeltételeit megteremti, valamint a rendelkezésre álló teljesítményeket folyamatosan biztosítja.

Jelen szerződés villamos energia vételezésére nem jogosít.

5. A SZERZŐDÉS HATÁLYA

A szerződés alapján létrejött rendelkezésre álló teljesítmény a csatlakozási pontokon a szerződésben foglaltak teljesülésétől kezdve rendelkezésre áll, az a felhasználási helytel (ingatlan) együtt átruházható.

6. A FELEK JOGAI ÉS KÖTELEZETTSÉGEI

Felek kötelesek együttműködni jelen szerződés céljainak megvalósítása érdekében, így különösen ésszerű határidőn belül tájékoztatni egymást minden olyan körülményről, mely a jelen szerződésben foglaltak teljesítését érinti.

6.1. A RENDSZERHASZNÁLÓ KÖTELEZETTSÉGE

A Rendszerhasználó vállalja, hogy a vonatkozó rendelet szerinti rendszerhasználati díjat a rendelkezésre állás kezdetétől a Hálózathasználati Szerződéssel le nem fedett időszakra jelen szerződés alapján megfizeti. A díjfizetés alapja a csatlakozási pontokon vételezésre rendelkezésre álló teljesítmény.

Idősoros elszámolásra kötelezett mérési ponthoz a Rendszerhasználó a távleolvasáshoz közvetlen vagy automata beválasztású, analóg telefonvonalat köteles biztosítani, illetve bizonyos feltételekkel az ELMŰ Hálózati Kft. GSM rendszerű adatátviteli kapcsolatot kiépítéséhez is hozzájárul. A kialakítás részletes szabályait az Elosztói Üzletszabályzat tartalmazza.

6.2. A RENDSZERHASZNÁLÓ JOGA

A jelen szerződés alapján igénybe vehető rendelkezésre álló teljesítmény mértékéig a felhasználási helyen vételezni kívánó Rendszerhasználó jogosult villamosenergia-vásárlási és hálózathasználati szerződést kötni.

Melléklet -5-

Mérőóra csere

Fogyasztási hely azonosító:	Régió:
Egyeztetett időpont: .....év.....hó.....nap.....de/du	
Felhasználó neve:	Telefon: +36-.....-.....-.....
Felhasználási hely:	Telefon: +36-.....-.....-.....
Értesítési név:	
Értesítési cím:	
Munka típusa:	
Végzendő munka:	
Felhasználó e-mail címe:	

KISFOGYASZTÓI MÉRŐHELYI MUNKALAP

Leszerelt berendezések	1. Leszerelt mérő vonalkód	2. Leszerelt mérő vonalkód	3. Leszerelt mérő vonalkód	Mérő elhelyezés
Mérőazonosító	.....	.....	.....	Helyiség: belső ☐ külső ☐
Mérő állása	(LCS) (II.CSK)	(LCS) (II.CSK)	(LCS) (II.CSK)	Folyosón ☐ Szabadban ☐ Szekrényben ☐ Táblán ☐
Mérő típusa	.....	.....	.....	Uptól:
Védelem Típ./A	.....	.....	.....	Ténymegállapító jegyzőkönyv szám:
Felszerelt és/vagy adatpontozott berendezések (ha valamilyen hűvött berendezések plombák)	1. Felszerelt és/vagy adatpontozott mérő vonalkód	2. Felszerelt és/vagy adatpontozott mérő vonalkód	3. Felszerelt és/vagy adatpontozott mérő vonalkód	Vezérlő típus
Mérőazonosító	.....	.....	.....	.....
Mérő állása	(LCS) (II.CSK)	(LCS) (II.CSK)	(LCS) (II.CSK)	Vezérlő kód:
Mérő típusa	.....	.....	.....	Róló: R1-84 MK típus:
Mérészathat [A]	.....	.....	.....	Kikapcsolás módja
Védelem Típ./A	.....	.....	.....	Márkával ☐
Zárópecsét	OMH db ELMÜ db	OMH db ELMÜ db	OMH db ELMÜ db	Összlegesen ☐
Munka kód:	.....	.....	.....	Fővezeték ☐
Darabszám:	.....	.....	.....	Egyéb:
Anyagkód:	.....	.....	.....	
Darabszám:	.....	.....	.....	

ELMŰ Hálózati Kft.

Munka száma:	Munka száma:	Munka száma: .....	.....
Megjegyzés:	Kikapcsolási lap kézbesítés módja:	Postai úton ☐ Személyesen ☐ Sikeretlen ☐	.....
.....			
.....			

Munkavégzés megkezdésének időpontja	20.....év.....hó.....nap.....óra.....perc
Szerelő neve, azonosítója	.....
Felhasználó/Megbízott	.....

Szerelés: 3255132
FELHASZNÁLÓ PÉLDÁNYA

ELMŰ Hálózati Kft.
Gyógyászati Régióközpont
Kerti Zoltán 08300954

ELMŰ Hálózati Kft.
Gyógyászati Régióközpont
Molnár Zoltán 08300954

Felhasználó/Megbízott

B-0029/08

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS PRIMO

A kommunikatív inverter optimalizált energia-menedzsmenthez



SnapInverter
technológia



Integrált adatkom-
munikáció



SuperFlex
Design



Dynamic Peak
Manager



Smart Grid
Ready



Zero feed in

A 3,0-tól 8,2 kW-ig terjedő teljesítményszállyokkal a Fronius Primo tökéletesen kereké teszi az új SnapInverter inverter-generációt. Az egyfázisú, transzformátor nélküli készülék az ideális inverter a magán háztartások számára.

Az innovatív SuperFlex designnal maximális rugalmasság érhető el a berendezés-méretezésben, miközben a SnapInverter szerelőrendszer a lehető legegyszerűbb telepítést és karbantartást tesz lehetővé. A sorozatkivitelben integrált, WLAN-nal, energia-menedzsmenttel, számos csatlakozóval és interfésszel stb. ellátott kommunikációs csomag ezenkívül kommunikatív inverterre is teszi a Fronius Primo-t a családiház-tulajdonosok számára.

A FRONIUS PRIMO MŰSZAKI ADATAI (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

BEMENETI ADATOK	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
MPP-trackerek száma	2				
Max. bemeneti áram $I_{A1, max} / I_{A2, max}$	12,0 A / 12,0 A				
Maximális max. rövidzártai áramerősség (MPP, MPP ₂)	18,0 A / 18,0 A				
Bemeneti feszültség DC $(U_{A1, min} - U_{A1, max})$	80 - 1000 V				
Betáplálás indultafeszültség $(U_{A1, start})$	80 V				
Használatba MPP feszültségátviteli tartomány $(U_{MPP, min} - U_{MPP, max})$	80 - 800 V				
DC csatlakozók száma	2 + 2				
Max. PV generátor teljesítmény $(P_{A, max})$	6,5 kW _{peak}	7,3 kW _{peak}	5,5 kW _{peak}	6,0 kW _{peak}	6,9 kW _{peak}

KIMENETI ADATOK	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Névleges AC-teljesítmény $(P_{AC, N})$	3.000 W	3.500 W	3.600 W	4.000 W	4.600 W
Max. kimeneti teljesítmény	3.000 VA	3.500 VA	3.600 VA	4.000 VA	4.600 VA
Kimeneti AC-áramerősség $(I_{AC, max})$	13,0 A	15,2 A	16,0 A	17,4 A	20,0 A
Hálózati csatlakozó (használati tartomány)	1 – MPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frekvencia (frekvencia-tartomány)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
THD (teljes Harmonikus Torzítás)	< 5 %				
Teljesítménytényező $(cos \phi_{AC, N})$	0,95 - 1 ind. / káp.				

A FRONIUS PRIMO MŰSZAKI ADATAI (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

ÁLTALÁNOS ADATOK	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Méreték (magasság x szélesség x mélység)	645 x 431 x 204 mm				
Tömeg	21,5 kg				
Védettség	IP 65				
Érintésvédelmi osztály	1				
Tűlvezettség-kategória (DC / AC) ¹⁾	2 / 3				
Éjszakai fogyasztás	< 1 W				
Inverter koncepció	Transzformátor nélkül				
Hűtés	Szabályozott légűtés				
Felvezetés	Beltéri és kültéri felvezetés				
Környezeti hőmérséklet-tartomány	-40 - +55 °C				
Megengedett páratartalom	0 - 100 %				
Max. tengerszint feletti magasság	4.000 m				
DC csatlakozás-technológia	4x DC+ és 4x csatlakozó DC kábel 2,5 - 16 mm ²				
AC csatlakozás-technológia	3 pólosú csatlakozó AC kábel 2,5 - 16 mm ²				
Tanúsítványok és megfelelés a szabványoknak	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, GB32, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105				

HATÁSFOK	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Max. hatások	98,0 %	98,0 %	98,0 %	98,1 %	98,1 %
Európ. hatások (yEU)	96,1 %	96,8 %	96,8 %	97,0 %	97,0 %
MPP életrész hatások	> 99,9 %				

VÉDELMI BERENDEZÉSEK	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
DC szigetfelismerés	Igen				
Visszakérés túlerőtelenség	Munkaponteltolódás, teljesítmény-korlátozás				
DC leválasztó kapcsoló	Igen				
Pólusfelismerés elleni védelem	Igen				

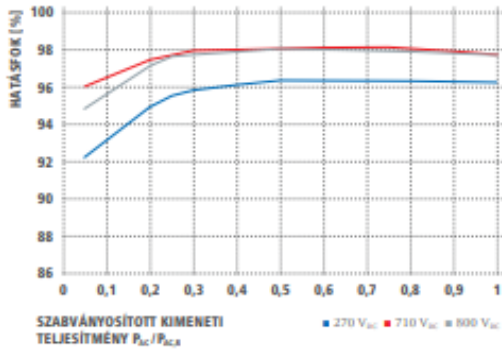
INTERFÉSZEK	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WiLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 bemenet és 4 digitális be-/kimenet	Csatlakozás közvetítő vevőkhöz				
USB (A típusú aljzat) ²⁾	Adatkapcsolás, inverter-frissítés USB-meghajtással				
2x RS422 (RJ45 aljzat) ³⁾	Fronius Solar Net				
Kimenet üzenetek száma ³⁾	Energia-menedzsment (potenciálmentes relékimenet)				
Datalogger és Webserver	Beépítve				
Külső bemenet ³⁾	SD-méret beállítás/ túlvezettség-védelem kiértékelése				
RS485	Modbus RTU SunSpec vagy mérőbeállítás				

¹⁾ IEC 62109-1 szerint.

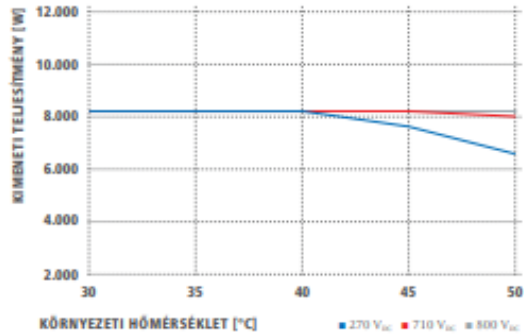
²⁾ Light változatban is kapható.

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

A FRONIUS PRIMO 8.2-1 HATÁSFOK-JELLEGGÖRBÉJE



A FRONIUS PRIMO 8.2-1 HŐMÉRSÉKLET-DERATING (VISSZASZABÁLYOZÁS)



A FRONIUS PRIMO MŰSZAKI ADATAI (5.0-1, 5.0-1 AUS, 6.0-1, 8.2-1)

BEMENETI ADATOK	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
MPP-trackerek száma	2			
Max. bemeneti áram ($I_{dc,max1}$ / $I_{dc,max2}$)	12,0 A / 12,0 A		18,0 A / 18,0 A	
Moduláris max. rövidzárlati áramerősség (MPP ₁ /MPP ₂)	18,0 A / 18,0 A		27,0 A / 27,0 A	
Bemeneti feszültség DC ($U_{dc,min}$ - $U_{dc,max}$)	80 - 1000 V			
Betáplálási indultófeszültség ($U_{dc,csat}$)	80 V			
Használati MPP feszültségtartomány	80 - 800 V			
DC-csatlakozók száma	2 + 2			
Max. PV generátorteljesítmény	7,5 kW _{peak}	7,5 kW _{peak}	9,0 kW _{peak}	12,3 kW _{peak}

KIMENETI ADATOK	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Névleges AC-teljesítmény ($P_{ac,n}$)	5,000 W	4,600 W	6,000 W	8,200 W
Max. kimeneti teljesítmény	5,000 VA	5,000 VA	6,000 VA	8,200 VA
Kimeneti AC-áramerősség ($I_{ac,max}$)	21,7 A	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Hálózati csatlakozás (feszültségtartomány)	1 – NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)			
Frekvencia (frekvenciatartomány)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
THD (Teljes Harmonikus Torzítás)	< 5 %			
Teljesítménytényező ($\cos \phi_{ac}$)	0,85 - 1 ind. / kap.			

ÁLTALÁNOS ADATOK	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Méreték (magasság x szélesség x mélység)	645 x 431 x 204 mm			
Tömeg	21,5 kg			
Védettség	IP 65			
Érintésvédelmi osztály	1			
Tűlfeszültség-kategória (DC / AC) ¹⁾	2 / 3			
Egyesírt fogyasztás	< 1 W			
Inverter koncepció	Transzformátor nélküli			
Hűtés	Szabályozott légűtés			
Felvezetés	Belső és külső felvezetés			
Környezeti hőmérséklet-tartomány	-40 - +55 °C			
Megengedett páratartalom	0 - 100 %			
Max. tengerszint feletti magasság	4,000 m			
DC csatlakozás-technológia	4x DC+ és 4x csavaros DC kapocs 2,5 - 16 mm ²			
AC csatlakozás-technológia	3 pilláros csavaros AC kapocs 2,5 - 16 mm ²			
Tanúsítványok és megfelelés a szabványoknak	DIN V VDE 0126-1-3/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, GB392, G5913, CEI 0-21, VDE AR N 4105 ²⁾			

¹⁾ IEC 62109-1 szerinti.

²⁾ A Fronius Primo 5.0-1, Fronius Primo 6.0-1 és Fronius Primo 8.2-1 nem kerülendős nélkül VDE AR N 4105 konform.

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

HATÁSFOK	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Max. hatások	98,1 %	98,1 %	98,1 %	98,1 %
Europ. hatások (yTD)	97,1 %	97,1 %	97,3 %	97,5 %
MPP illesztési hatások	> 99,9 %			

VÉDŐBERENDEZÉSEK	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
DC szigetelésmérés	Igen			
Vízlekedés tájékoztató	Munkaponteltolás, teljesítmény korlátozás			
DC leválasztó kapcsoló	Igen			
Polarizációs elleni védelem	Igen			

INTERFÉSZEK	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 bemenet és 4 digitális be-/kimenet	Csatlakozási körvezérlő szivattyú			
USB (A típusú aljzat) ¹⁾	Adatnaplózás, inverter-frissítés USB-meghajtással			
2x RS422 (RJ45 aljzat) ¹⁾	Fronius Solar Net			
Kimenet áramok száma ¹⁾	Energia-emelésment (potenciálmentes relékimenet)			
Datalogger és Webserver	Beépítve			
Külső bemenet ¹⁾	SD-méretű bevitel/ túlfeszültség-védelem kiértékelése			
RS485	Modbus RTU SunSpec vagy mérőbevitel			

¹⁾ Light változatban is kapható. Az inverternek az Ön országában történő beszerzésére vonatkozó közelebbi adatokat a www.fronius.com címen találhatja meg. Az inverternek az Ön országában történő beszerzésére vonatkozó közelebbi adatokat a www.fronius.com címen találhatja meg.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

HÁROM ÜZLETÁG, EGY SZENVEDÉLY: A MÉRTÉKADÓ TECHNOLÓGIA.

Ami 1945-ben egy fős üzemként kezdődött, mára a hegesztéstechnika, a fotovoltaiikus berendezések, valamint az akkumulátortöltő rendszerek területén mértékadóvá vált. Jelenleg világszerte kerekén 4760 munkatársunk tevékenykedik, és 1253 termékfejlesztési szabadalom teszi egyértelművé az innovatív szellemet a vállalatnál. A fenntartható fejlődés számunkra azt jelenti, hogy a környezet szempontjából fontos és a szociális szempontokat a gazdasági tényezőkkel egyenrangúan valósítjuk meg. Ennek során soha nem változott a szándékunk: vezető szerepet akarunk betölteni az innováció területén.

Az összes Fronius termékről, valamint világszerte működő értékesítő partnereinkről és képviseletéről bővebb tájékoztatást talál a következő honlapon: www.fronius.com

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1

/Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



PROJEKT

Ország	Germany
Projektnév	2023-01-17

PV-modul

Modulgyártó	S-Energy
Modell	SN310M-10
Min. / max. Modulhőmérséklet	-10°C / 70°C
Kétoldalas modul energiahozama	0%

INVERTER

All inverters	Primo 5.0-1
---------------	-------------

ÖSSZEFOGLALÁS

Inverter arány	149%
PPmpp 25 °C esetén	7.44 kWp
MPPT	PV1: 1x18 PV2: 1x6
Cos φ	1.00
Bemeneti tényező	

MPPT RÉSZLETEK

	PV1	PV2
Összekapcsolás (sz. x mod.)	1 x 18	1 x 6
Isc 25 °C esetén	9.74 A	9.74 A
Umpv köv. esetén 70 °C	512.52 V	170.84 V
Uoc köv. esetén -10 °C	798.97 V	266.32 V
Umpv köv. esetén 0 °C	656.07 V	218.69 V
PPmpp 25 °C esetén	5.58 kWp	1.86 kWp
Olvadó biztosíték szükséges	Nem	Nem
Sztring gyűjtő szükséges	Nem	Nem
Hozamvesztés	Nem	Nem

A FRONIUS International GmbH nem vállal szavatosságot az alkalmazott modul- és inverteradatok teljességéért, valamint a konfigurátor által kialakult, téves konfigurációkért, hibás vagy nem hatékony berendezésméretezésért. A Fronius-szal szemben, olyan anyagi vagy eszmei jellagú kárna vonatkozó, összes felelősségvállalási igény, amelyet a Solar.configurators használata okozott, alapvetően kizárjuk, amennyiben nem áll fenn a Fronius igazolhatóan szándékos vagy durván gondatlan vétkessége.

A gyors méretezés alapját a következő feltételezések alkotják: A cosPhi, az AC feszültség, az aszimmetrikus terhelés vagy a teljesítménykimutatás nincsen országspecifikusan figyelembe véve. Felállítási hely > 2000m. Specifikus hozam a tárolószámítás számára = 1000 kWh/kWp.

A biztosíték számítása az IEC 60364-7-712:2016 alapján működik. Az eltéréseket országspecifikus követelmények, hálózati zavarok vagy más hatások okozhatják.

Hi-MO 5m

LR5-54HIH 400~420M

- Suitable for distributed projects
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - M10 Gallium-doped Wafer
 - Integrated segmented ribbons
 - 9 busbar Half-cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability

12 12-year Warranty for Materials and Processing

25 25-year Warranty for Extra Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730
ISO9001:2015: ISO Quality Management System
ISO14001: 2015: ISO Environment Management System
ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety
TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

LONGI



21.5%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~3%
POWER
TOLERANCE

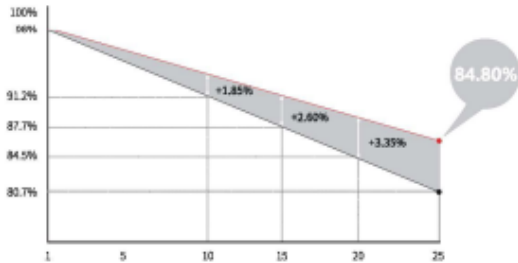
<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.55%
YEAR 2-25
POWER DEGRADATION

HALF-CELL
Lower operating temperature

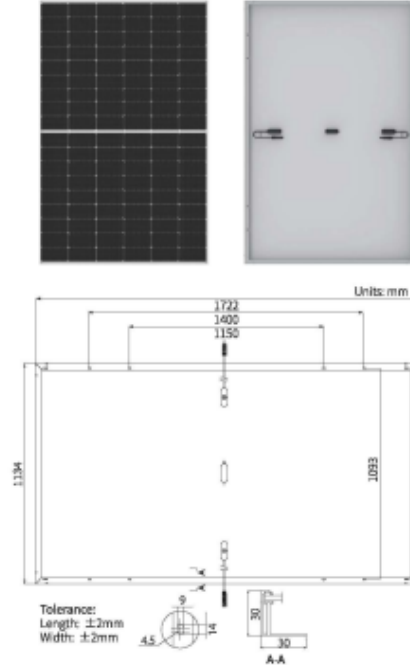
Additional Value

25-Year Power Warranty



Mechanical Parameters

Cell Orientation	108 (6×18)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	21.5kg
Dimension	1722×1134×30mm
Packaging	36pcs per pallet / 216pcs per 20' GP / 936pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

Module Type	STC: AM1.5 1000W/m ² 25°C		NOCT: AM1.5 800W/m ² 20°C 1m/s		Test uncertainty for Pmax ±3%	
	LR5-54HIH-400M	LR5-54HIH-405M	LR5-54HIH-410M	LR5-54HIH-415M	LR5-54HIH-420M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	400	299.0	405	302.7	410	306.5
Open Circuit Voltage (Voc/V)	36.75	34.55	37.00	34.79	37.25	35.02
Short Circuit Current (Isc/A)	13.76	11.13	13.83	11.18	13.88	11.22
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	30.75	28.56	31.00	28.80	31.25	29.03
Current at Maximum Power (Imp/A)	13.01	10.47	13.07	10.52	13.12	10.56
Module Efficiency(%)	20.5		20.7		21.1	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC:1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2 IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C

GROWATT

PV Off-grid Inverter

Model Name:
SPF 3000TL HVM-48

Solar Charger Mode:

Max. PV input voltage(VOC):
145VDC

MPPT voltage range:
60 ~ 115VDC

Number of input strings:
1

Max. charge current:
30A

AC Charger Mode:

AC input:
230VAC, 50Hz / 60Hz, 17A, 1Φ

Max. AC charge current:
15A

Battery Mode:

Battery input:
48VDC, 71A

Type of battery:
Lead-acid / Lithium

Rated power:
3000VA / 3000W

AC output:
230VAC, 50Hz / 60Hz, 13A, 1Φ

Environment:

Altitude:
<2000m

Operating temperature range:
0°C ~ +55°C

Display:
LCD+LED

Protection class:
I

Degree of protection:
IP20

Communication:
WIFI/GPRS(option)












Y
Made in China