



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatizálási és Energiarendszerek Intézet

SZAKDOLGOZAT

ÓE-KVK

Hallgató neve:

Kurucz Zoltán

2023.

Hallgató törzskönyvi száma:

T010632/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kurucz Zoltán

Szaktervezési szám: SZD2312071101178454

Törzskönyvi száma: T010632/FI12904/K

Neptun kódja:

Szak: Napelemes rendszerek létesítése (szakmérnök)

Specializáció:

A dolgozat címe: Hálózattól független napelemes rendszer családi házra akkumulátoros tárolással

A dolgozat címe angolul: Off-grid photovoltaic system with battery backup for residential house

A feladat részletezése: 1. A villamosenergia-igény felmérése, rendszerterv

2. Tartószerkezet, tájolás megtervezése

3. A napelemes erőmű megtervezése

4. Az akkumulátoros tároló megtervezése

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

Külső konzulens neve: Kobza Szabolcs

Munkahelye:

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szaktervezési feladat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 12. 07.

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 10.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	4
2	Fotovoltaikus rendszerek általános leírása	5
2.1	Történelmi áttekintés.....	5
2.2	A napelem általános működése	8
2.3	Magyarországi napsugárzás, a napfény időtartama	9
2.4	Visszaverődés > albedó, légtömeg > air-mass	12
2.5	Optimális napelem tájolás	15
3	A megoldandó probléma megfogalmazása	19
4	A villamos energiaigény felmérése	21
5	Rendszerterv	24
5.1	Közcélú hálózatra termelő rendszer	24
5.2	Hibrid rendszer.....	25
5.3	Szigetüzemű rendszer.....	26
5.4	Rendszerterv szigetüzemre.....	28
6	Tájolás megtervezése.....	29
7	Tartószerkezet megtervezése.....	31
7.1	Tartószerkezet típusok	31
7.2	Ferde tetőre szerelt tartószerkezetek	32
7.3	Lapos tetőre szerelt tartószerkezetek	33
7.4	Földre szerelt tartószerkezetek.....	34
7.5	A ferde tetőre szerelt napelemes tartószerkezeti terv.....	35
8	A napelemes erőmű megtervezése	38
9	Az akkumulátoros tároló megtervezése.....	43
10	Összefoglalás	47
11	Summary.....	48
12	Felhasznált irodalom	49

1 Bevezetés

„Nihil utilius sale et sole”

„Semmi sem hasznosabb a sónál és a napnál” – Caius Plinius Secundus

Nem meglepő módon Krisztus korában is -bár más miatt-, de tudták eleink a só és a nap hasznosságát. Az idősebb Plinius író, hadvezér, politikus és enciklopédista nagyon jól tudta ezen két természetben megtalálható egyedülálló források hasznosságát, mind a hadseregben, mind pedig a hétköznapi életben.

Napjainkban kissé más értelemben, de ugyanolyan fontos számunkra a nap és a nátrium-klorid, azaz a konyhasó. A mai energiaínséges időkben az egyik legfontosabb energiaforrásunk lett a nap által táplált napelem.

A mai pillanatnyi „só” az a lítium. Mivel sajnos a nap nem egész nap áll rendelkezésünkre így egy részét jó lenne eltárolnunk éjszakai fogyasztásra. Az akkumulátorok egyik igen kedvelt anyaga a lítium, amelyből manapság az energia tároló rendszerek készülnek.

Nagyon fontos az Európai Unió klíma céljainak elérésének érdekében az egyre fontosabb a napelemes erőművek ezen belül is a háztartási méretű kiserőművek (HMKE) telepítése. Viszont ahhoz, hogy ezek az erőművek a lehető legjobban legyenek kihasználva, illetve a hálózatra hatásuk a lehető legkisebb legyen így a napközben megtermelt energiát az aktuális saját fogyasztáson kívül a napelemes rendszer mellé telepített akkumulátoros energiatárolók töltésére is felhasználhatjuk. Az így feltöltött akkumulátorok által szolgáltatott energiát pedig felhasználhatjuk akkor amikor nem vagy kevésbé süt a nap.

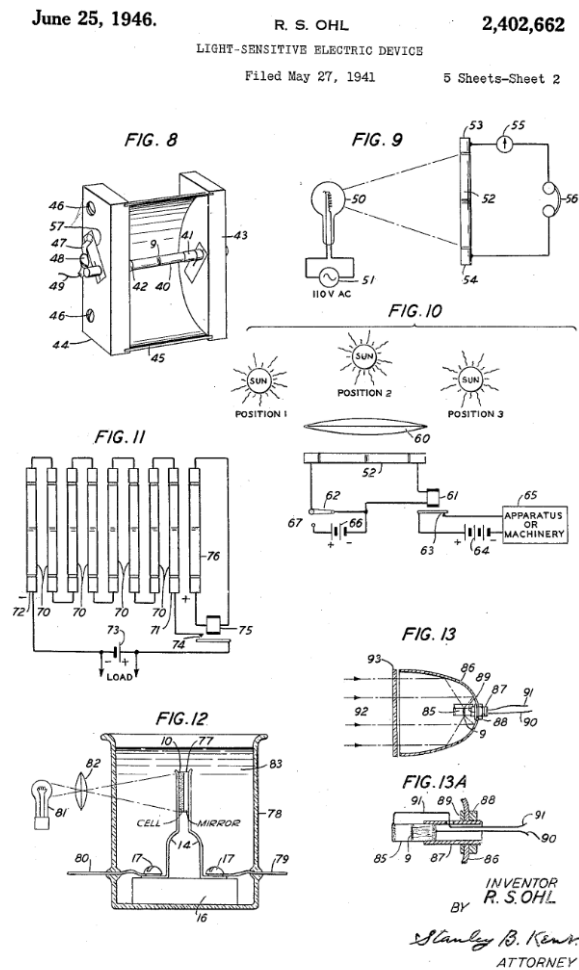
A magyar szabályozás nem régiben változott így a családi házra telepített napelemes rendszerrel kapcsolatosan már előírnak bizonyos tárolási követelményeket.

Dolgozatomban egy családi ház napelemes rendszerének felmérését, illetve tartószerkezetének, megtervezését az akkumulátoros tároló és a napelemes erőmű megtervezését kívánom bemutatni.

2 Fotovoltaikus rendszerek általános leírása

2.1 Történelmi áttekintés

Az első egyoldalas napelem szabadalom a Bell Laboratóriumból indult ki ott is Russell Shoemaker Ohl nyújtotta be az Amerikai Szabadalmi Hivatalnak 1941-ben, amit 1946-ban fogadtak el.¹



1. ábra: kivonat az US2402662A szabadalomból

Ezeket további kísérletek követték. Az első igazi kétoldalas napelem koncepciót a Sharp nagyvállalat elődje a Hayakawa Electric Industry társaságnál dolgozó Hiroshi Mori szabadalmaztatta.²

¹ [US2402662A - Light-sensitive electric device - Google Patents](#)

² [US3278811A - Radiation energy transducing device](#)



11, 1966

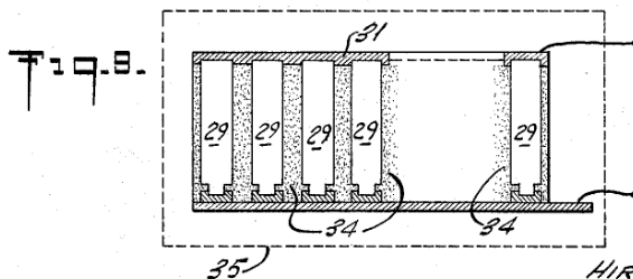
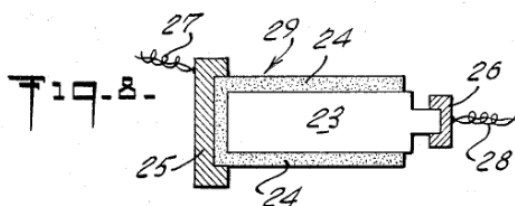
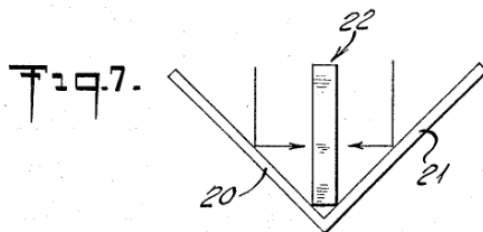
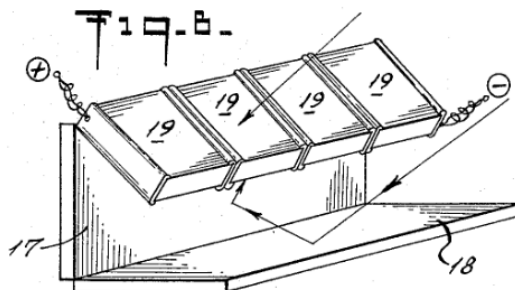
HIROSHI MORI

3,278,811

RADIATION ENERGY TRANSDUCING DEVICE

Filed Oct. 3, 1961

2 Sheets-Sheet 2



INVENTOR
HIROSHI MORI
BY *Eugene D. Hoffmann*
ATTORNEY

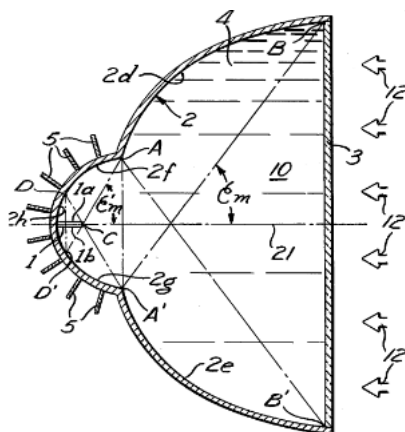
2. ábra kivonat az US3278811A szabadalomból

A szabadalom szerint a két átmenetes pnp megoldással kívánta megvalósítani, valamint reflektív felületre szerelte volna, így biztosítva a mindkét oldali besugárzás lehetőségét.

A Szovjet űrkutatás megrendelésére készültek először olyan napelemek, amikkel mindkét oldalon hasznosították az űrben a cellákra eső napfényt. A Szaljut 3 űrhajón egy

kísérletet végeztek 24 cm² nagyságú napelemen, amiben az hasonlították össze, hogy a hasonló méretű egyoldalas cellákhoz képest, mennyi az energiatermelés növekménye. A végeredmény ennél a kísérletnél elérte a 34% többletet.³

Ezzel egyidőben a madridi egyetemen is Antonio Luque és csapata végzett iparilag hasznosítható bifaciális napelem fejlesztéseket. A napelemeket egy önmagát hűtő parabola reflektorba helyezte el és így világította meg mindkét oldalukat.⁴



3. ábra kivonat az US4169738A szabadalomból

Ez volt az első olyan eredmény, ami, amely szilícium ostyából előállított egy cellás napelemeket javasolt mindkét oldalukon fémrács csatlakozókkal.⁵

Javier Eguren a csapat tagjaként olyan előremutató doktori disszertációt írt, amiben a napelem hátuljának a nagyhatásfokú típusát írta le. Ez lett a BSF (back surface field) technológia alapja.⁶

1979-ben megalakul a Institute for Solar Energy aminek az első vezetője Antonio Luque lett. Az intézetben különböző eljárásokat dolgoztak ki, mint például a fehér felületre hátuljával fektetett napelemek, amik akár 59%-kal több energiát termeltek, mint ha ezt a megoldást nem alkalmazzák. Az elgondolásuk az volt, hogy a vidéki spanyol házak legtöbbször fehérre vannak meszelve és ezért létrehoztak egy céget a bifaciális

³ Geliotekhnika, vol. 11, no. 6, 1975; Bordina, N. M., Golovner, T. M.; Zadde, V. V.: Operation of a thin silicon photoconverter under illumination on both sides

⁴ US4169738A·1979-10-02 Double-sided solar cell with self-refrigerating concentrator

⁵ A. LUQUE, A. CUEVAS and J. M. RUIZ: DOUBLE-SIDED n⁺-p-n + SOLAR CELL FOR BIFACIAL CONCENTRATION

⁶ A. CUEVAS, A. LUQUE, J. EGUREN and J. DEL ALAMO: HIGH EFFICIENCY BIFACIAL BACK SURFACE FIELD SOLAR CELLS

napelemek előállítására. Ez volt az Isofoton. Ennek a gyárnak az éves termelése 330kWp volt évente miközben abban az időben az egész napelemes piac 15MW volt összesen.⁷

Ahogy az előzőekben is említésre került az űrbeli fejlesztésekben először a Szovjetunió jeleskedett. A 80-as években viszont más német és amerikai cégek is letették a névjegyüket, mint az AEG Telefunken vagy a Solarex vagy a Hamlini Napenergia Kutató Intézet. Olyan speciális cellákat fejlesztettek ki, mint például egy fémkerámia alapú anyagot a szilikon nitrid.⁸

1997-ben a SunPower Corporation egy 21,9%-os első, illetve egy 13,9% hátsó hatásfokú napelemet gyártott.⁹

2003-ra a Hitachi is kifejlesztette a saját BSC-jét (bifacial solar cell) n^+pn^+ típusúként.¹⁰

2012-re készült el a Sanyo a nagy mennyiségben és ipari méretekben gyártható moduljával, amit a HIT technológiával gyártottak (heterojunction intrinsic thin layer).¹¹

2.2 A napelem általános működése

A napenergia a világűrön keresztül jut el a föld közelébe. Ennek a körülbelüli értéke 70-80MW/m². A föld atmoszférájának a szélén az energia sűrűsége 1370W/m².¹² A légkörhöz érve olyan anyagokkal találkozunk a napsugárzás, amiben egy része elnyelődik vagy visszaverődik. Például a vízpára, illetve a jégkristályok.

A földfelszínre érkező napelemes célból hasznosítható energia 50W/m²-től akár az 1200W/m²-ig változhat.

A napelem vagy fotovoltaiikus elem egy olyan szilárdtest-eszköz, ami a nap általi sugárzást közvetlenül beavatkozás nélkül villamos energiává alakítja.

Tulajdonképpen egy dióda működésével leírható, de ellentétes irányú a folyamatnak. A napelem egy n- és egy p-rétegű félvezető anyagból álló eszköz. Az p-réteg van általában alul, viszont a sokkal vékonyabb n-réteg felül van. Az egyrétegű

⁷ Mints, Paula (April 2017). "Photovoltaic Manufacturer Capacity, Shipments, Price & Revenues 2016/2017". SPV Market Research. 5.

⁸ Jaeger, K: Bifacial MIS inversion layer solar cells based on low temperature silicon surface passivation

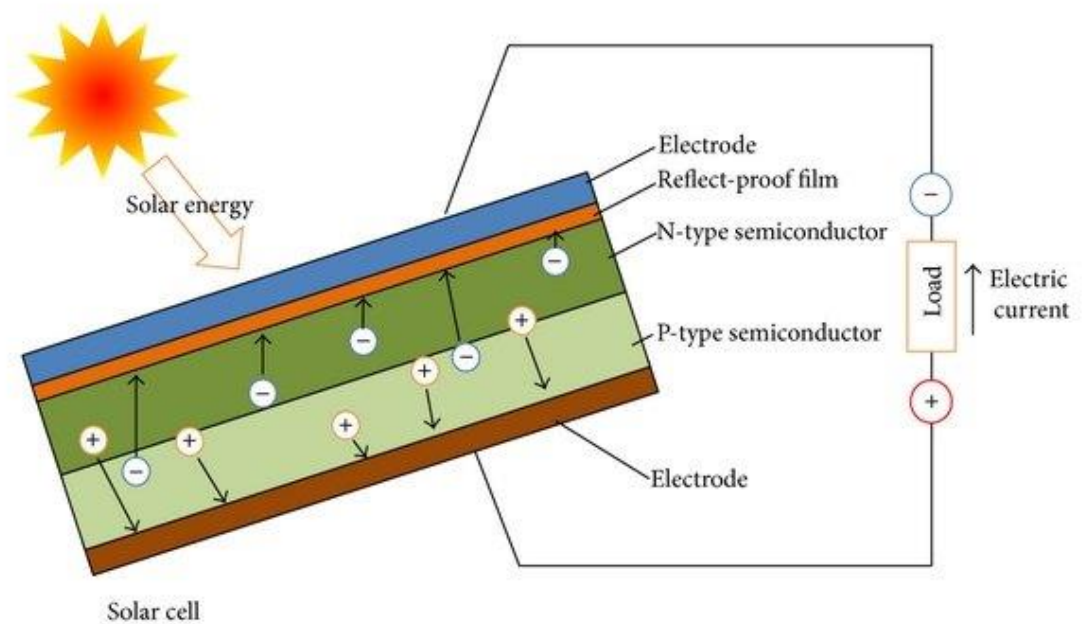
⁹ C.Z. Zhou; P.J. Verlinden; R.A. Crane; R.M. Swanson; R.A. Sinton: 21.9% efficient silicon bifacial solar cells

¹⁰ T Uematsu, K Tsutsui, Y Yazawa, T Warabisako Araki, Y Eguchi, T Joge: Development of bifacial PV cells for new applications of flat-plate modules

¹¹ Takahiro Mishima, Mikio Taguchi, Hitoshi Sakata, Eiji Maruyama: Development status of high-efficiency HIT solar cells

¹² <http://www.acrux.hu/sun/napenergia.html>

napelemnél n-réteget éri a napfény. A Napból érkező fotonok, a p-n-réteg határán, a zárórétegben, az elektronokat gerjesztett állapotba hozzák, ezért szabad elektronok és mozgékony lyuk párok keletkeznek. A napelemben a belső elektromos tér a lyukakat az alábbi ábrán lefelé mozgatja a p-rétegen keresztül, az elektronok pedig mozognak az n-rétegen keresztül a külső áramkör irányába. Ennek köszönhetően jön létre a feszültség a terhelés sarkain. Az elektronok, valamint a lyukak rekombinációja miatt felszabadult energia hővé alakul.



4. ábra: A napelem sematikus működése

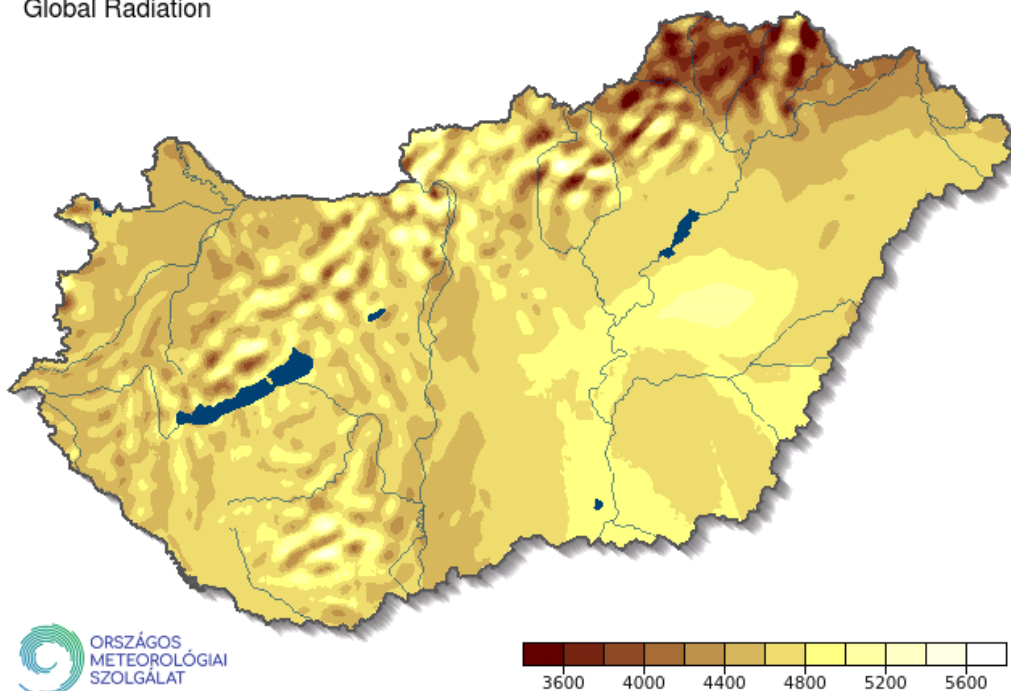
2.3 Magyarországi napsugárzás, a napfény időtartama

Magyarországon az éghajlat állapotát a Napból a földfelszínre érkező a sugárzási energiamennyiség határozza meg. A nap által besugárzott terület eloszlását a földrajzi szélesség és a légkörnek bizonyos tulajdonságai (pl.: elnyelés) befolyásolják. Ezen belül olyan tényezőkkel is kell számolnunk, mint a felhőzet mennyisége. Magyarország területén az ország nagysága miatti kis szélességkülönbség miatt a döntő szerepet a felhőzet nagysága játssza.

Globálisugárzás jelentése a Napból érkező közvetlen napsugárzás, és az égbolt összességéről érkező szórt fényt, illetve sugárzás összegét értjük.

Magyarországon területileg változó ez az érték. A legtöbb besugárzás az Alföldre, Tiszántúl középső, valamint déli tájaira érkezik. A Nagykunságban és tovább a Marosszögben ezek az értékek elérhetik az 5000-5200 MJ/m²-t, a Körös-vidéken és délebre a 4800-5000 MJ/m² a jellemző. Az Alföld 80%-án a globálisugárzás meghaladja a 4600 MJ/m²-t. Általában a hegyvidékeinken a kevesebb a besugárzás mivel a domborzat miatt nagyobb kitakarásokkal kell számolnunk. Az Északi-középhegységben akár 4000 MJ/m² alatti összegek is előfordulhatnak. Az ország nyugati területein szintén a domborzati viszonyok miatt, és az országos átlaghoz viszonyítva nagyobb mennyiségű csapadékhhoz köthető felhőzet miatt a besugárzás évi 4200-4400 MJ/m² jellemző.

Globálisugárzás [MJ/m²] (1991-2020)
Global Radiation



5. ábra A globálisugárzás (MJ/m²) átlagos évi összege Magyarországon (2001-2020)¹³

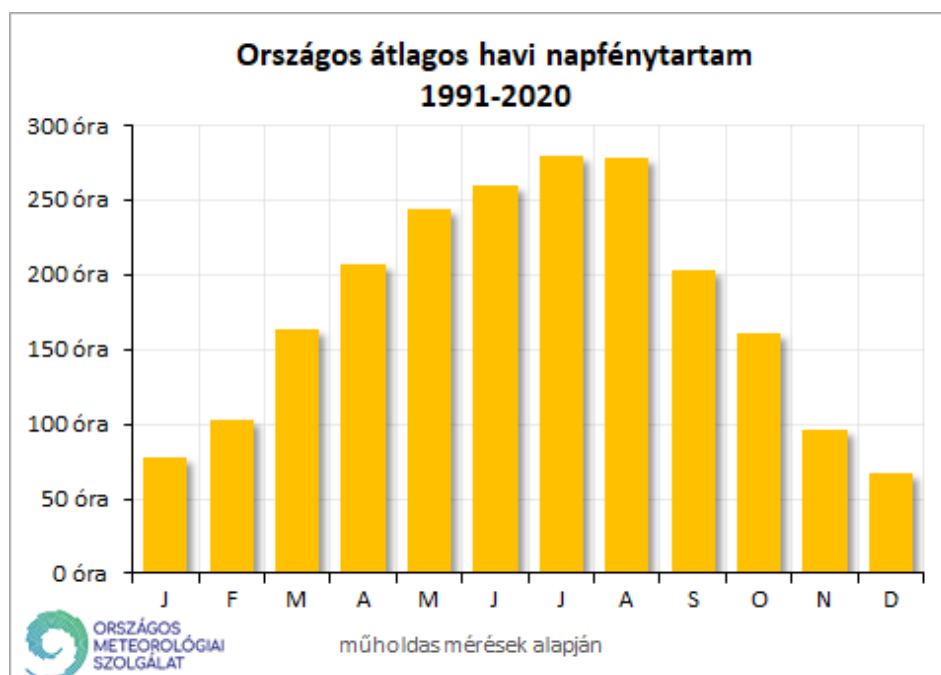
Napfénytartamon azt az időt értjük, amíg a felszínt közvetlen napsugárzás éri.

A napfénytartamot befolyásoló tényezők:

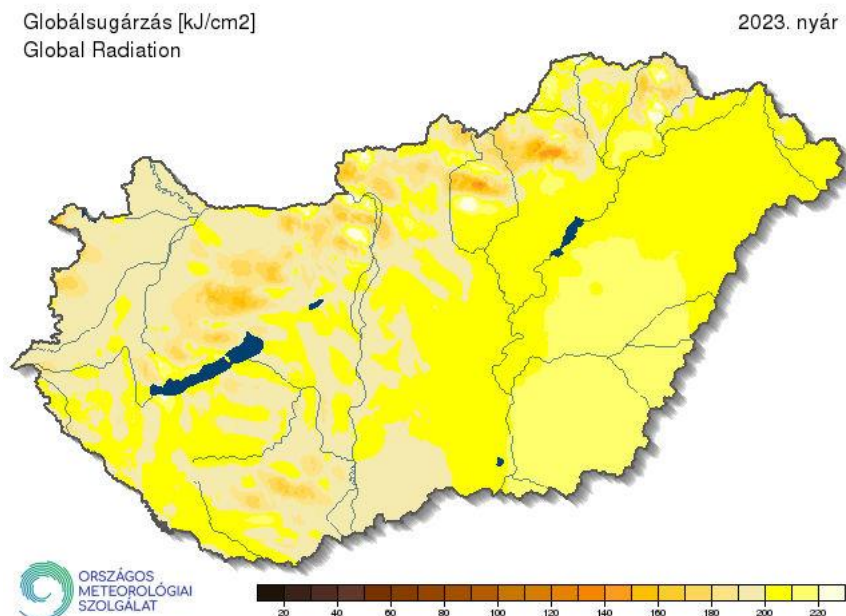
- a csillagászat által meghatározott lehetséges napfénytartam,
- a domborzat,
- a felhőzet.

¹³ https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/

Az utóbbi a napsütést még a besugárzásnál is meglehetősen erősebben befolyásolja. Nem meglepő módon nyáron júliusban érkezik a legtöbb besugárzás. Bár júniusban van a leghosszabb nap mégis ehhez képest júliusban a nappalok már valamivel rövidebbek, s a Nap délben elért magassága kisebb, viszont a felhőzet mennyisége alacsonyabb, mint júniusban. Az év során szintén nem meglepő módon a legnagyobb felhőtakaró, valamint a legrövidebb nappalok decemberben vannak, így a legkisebb globálisugárzás is ezen hónapban van.



6. ábra: A napfénytartam átlagos havi értékei Magyarországon az 1991-2020 közötti időszak alapján¹³



7. ábra A globálisugárzás (kJ/cm^2) 2023 nyarán Magyarországon¹⁴

2.4 Visszaverődés > albedó, légtömeg > air-mass

Az **albedó** latin nyelvből származó szó és fehérséget jelent. Az albedót többnyire a látható hullámhossznál vizsgáljuk, azaz a tárgyra érkező látható fény mennyisége a tárgy által a visszavert arányát értjük rajta százalékosan. Mit értünk ez alatt: például 100% albedójú tárgy a rá eső fényt teljes egészében képes visszaveri, míg a 0%-os albedójú tárgy pedig minden fényt elnyel. Ezt hívjuk abszolút fekete testnek.¹⁵

A földfelszín bizonyos területeinek felületi albedója az többek között egy olyan tényező, amely meghatározza a világunk átlaghőmérsékletét, és hatással van az időjárási minták kialakításáért is az egész világon.

Ha nem százalékosan adjuk meg, akkor értelemszerűen az értéke 0 és 1 közé esik. Minél fehérebb a felület, az érték annál jobban közelít az egyhez tehát annál nagyobb az albedója. Minden testnek vagy tárgynak van meghatározható értékű albedója, kivéve a már feljebb említett abszolút fekete testet, amelyek a beérkező sugárzás 100%-át elnyelik, és semmit sem tükröznek vissza tehát az albedója 0. Egy fekete lyuk olyan objektum, hogy az erős gravitációja miatt, semmilyen sugárzás nem tud elengedni, ezáltal visszaverődni róla semmilyen sugárzás nem fog.

¹⁴ https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/

¹⁵ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Albed%C3%B3>

Földünk albedója más-más helyeken különböző értékeket vehet fel. Egyebek mellett függ a felhőtakaró mértékétől, vagy, hogy havazik-e, de ugyanilyen fontos Nap beesési szöge az óceánok felületén. Ha ezeket mind összegezzük és átlagot számolunk földünk átlagos albedója 0,3 és 0,35 közé esik. Ez azt jelenti, hogy bolygónkról a besugárzott napfény 30–35%-a visszaverődik az űrbe, a többi viszont valamelyik felületen elnyelődik. Az óceánok olyan sötét felületek, hogy alacsony (0-hoz közelítő) albedóval rendelkeznek, mivel szinte az összes napsugárzást elnyelik. A világos vagy fehérhez közelítő felületeknek, például a hónak vagy az tengereken vagy az óceánokon található jégnek, magas albedójuk van (1-hez közelítő), mert visszaverik a napsugárzás igen nagy részét.

Tehát Földünk különböző területein lévő felületeknek különböző albedói és különböző természetes hatásai vannak.

Például:

Tűlevelű erdő: 0,09–0,15

Friss hó: 0,8–0,9

Sivatagi homok: 0,4

Zöld fű: 0,25

Csupasz talaj: 0,17

Óceáni jég: 0,5–0,7

Lombhullató erdő: 0,15–0,18

Friss aszfalt: 0,04

Kopott aszfalt: 0,12

Nyílt óceán: 0,06¹⁶

Az óceánok sötét vize miatt nyelnek el sok sugárzást, a fák és a sötét talaj is sok napenergiát elnyel, és ez az, ami melegen tartja a környezetünket, illetve saját magunkat is.

Mivel a Föld által visszavert napfény mennyisége csak átlagértékként kezelendő, így egy bizonyos területen bekövetkező változások az albedóban, hatással vannak az egész bolygó éghajlatára. A tudományos élet képviselői attól tartanak, hogy a Föld albedójának változásai hozzájárulnak a globális felmelegedéshez: ha a sarki jégtakarók,

¹⁶ <https://greendex.hu/albedo/>

amelyek magas albedó értéke elég magas, közelít az egyhez, viszont az olvadás következtében sötét óceánvízzé válnak így elnyelve a földre érkező napsugárzás jelentős részét. Az albedó ezen a területen alacsonyabb lesz. Természetesen ez a folyamat melegítő hatású, ami hozzájárul a globális felmelegedéshez.

Légtömegek nagy területeken képződnek, egyenletes hőmérséklettel és páratartalommal. Ezeket forrásterületeknek nevezzük. Az alacsony szélesség miatt a levegő elég sokáig mozdulatlan marad ahhoz, hogy átvegye a forrásterület jellemzőit, például a meleget vagy a hideget. Amikor a szelek a légtömegeket mozgatják, az időjárási viszonyokat (meleg vagy hideg, száraz vagy nedves) a forrásterületről egy új régióba viszik át. Amikor a légtömeg egy új területet ér el, összeütközhet egy másik légtömeggel, amelynek hőmérséklete és páratartalma eltérő. Ezen jelenségek heves vihart okozhatnak.

A meteorológusok a légtömegeket aszerint azonosítják, hogy hol keletkezik a Föld felett. A légtömegeknek négy kategóriája van: sarkvidéki, trópusi, poláris és egyenlítői. Sarkvidéki légtömegek alakulnak ki az északi-sarkvidéken, és nagyon hidegek. Trópusi légtömegek alakulnak ki az alacsony szélességi körök mentén, és mérsékelt melegek. A poláris légtömegek a magas szélességi köröknél alakulnak ki, és hidegek. Egyenlítői légtömegek az Egyenlítő közelében alakulnak ki és melegek.

A légtömegeket az alapján is azonosítják, hogy szárazföldön vagy víz felett képződnek. A tengeri légtömegek a víz felett alakulnak ki, és nedvesek. Kontinentális vagy szárazföldi légtömegek a szárazföld felett alakulnak ki és szárazok.

Az Észak-Kanada felett kialakuló légtömeget kontinentális sarki légtömeggnek nevezik, és hideg és száraz. Az Indiai-óceán felett kialakuló tengeri trópusi légtömeggnek nevezik, meleg és párás.¹⁷

A napelemek teljesítményét egy bizonyos Air-mass 1,5 értéknél adják meg. Természetesen ez az érték jelentősen eltérhet mindkét irányban a tapasztalt légtömeg minősége alapján.

A légtömeg-együttható Air-Mass (AM) a Föld atmoszféráján áthaladó közvetlen optikai út hosszát (L) határozza meg, ha függőlegesen felfelé lévő úthoz (L0)

¹⁷ <https://education.nationalgeographic.org/resource/air-mass/>

viszonyítjuk. A légtömeg-együttható segítségével jellemezhető a napspektrum, miután a napsugárzás áthaladt a légkörön.

$$AM = \frac{L}{L_0}$$

A légtömeg-együtthatót általában a napelemek szabványos körülmények közötti teljesítményének jellemzésére használják, és gyakran hivatkoznak rá az "AM", amelyet egy szám követ. Az "AM1.5" szinte univerzális a földi napelemes panelek jellemzésekor. A légtömeg a légkörben lévő nagy mennyiségű levegő, amelynek hőmérséklete és nedvessége többnyire egyenletesen oszlik el. A légtömegek több ezer kilométerre terjedhetnek ki bármilyen irányba, és a talajszinttől a sztratoszféráig kb. 16 kilométer magasra, is eljuthatnak.¹⁸

A napelemek általában nem azonos AM értéken működnek a világban. A világ nagy népességű térségeinek, és így napelemes létesítményeinek és iparának nagy része Európában, Kínában, Japánban, az Amerikai Egyesült Államokban és másutt (beleértve Észak-Indiát, Dél-Afrikát és Ausztráliát) a mérsékelt övi szélességi körön található. Ezért sokkal gyakoribb a középső szélességi spektrumot képviselő AM szám.

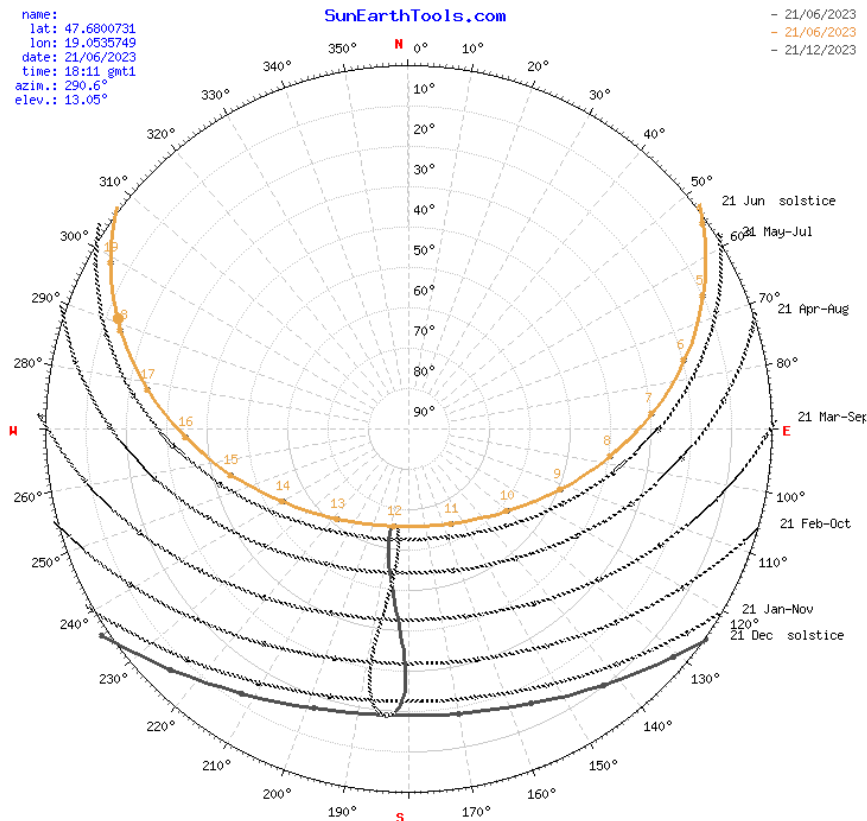
Az "AM1,5", 1,5 atmoszféra vastagsága a nap zenitszögének felel meg $z=48,2^\circ$. Míg a nyári délelőtti szám a középső szélességi fokokon a nap középső szakaszaiban kevesebb, mint 1,5, addig reggel és este, valamint az év más időszakában magasabb számok érvényesek. Ezért az AM1.5 hasznos a középső szélességi fokok általános éves átlagának ábrázolására. Az 1,5-ös fajlagos értéket az 1970-es években választották ki szabványosítási célokra, az Egyesült Államok napsugárzási adatainak elemzése alapján.¹⁹ Azóta a napelemipar az AM1.5-öt használja a földi napelemek vagy modulok szabványosított tesztelésére vagy minősítésére, beleértve a koncentráló rendszerekben használtakat is.

2.5 Optimális napelem tájolás

Magyarország az Föld Északi féltekén helyezkedik el. A Nap által bejárt út a 2023-as év folyamán az ábrán látható:

¹⁸ [https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_\(solar_energy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_(solar_energy))

¹⁹ Gueymard, C.; Myers, D.; Emery, K. (2002). "Proposed reference irradiance spectra for solar energy systems testing". *Solar Energy*. 73



8. ábra: Magyarország (Szentendre) Nap által bejárt út a 2023-as év folyamán²⁰

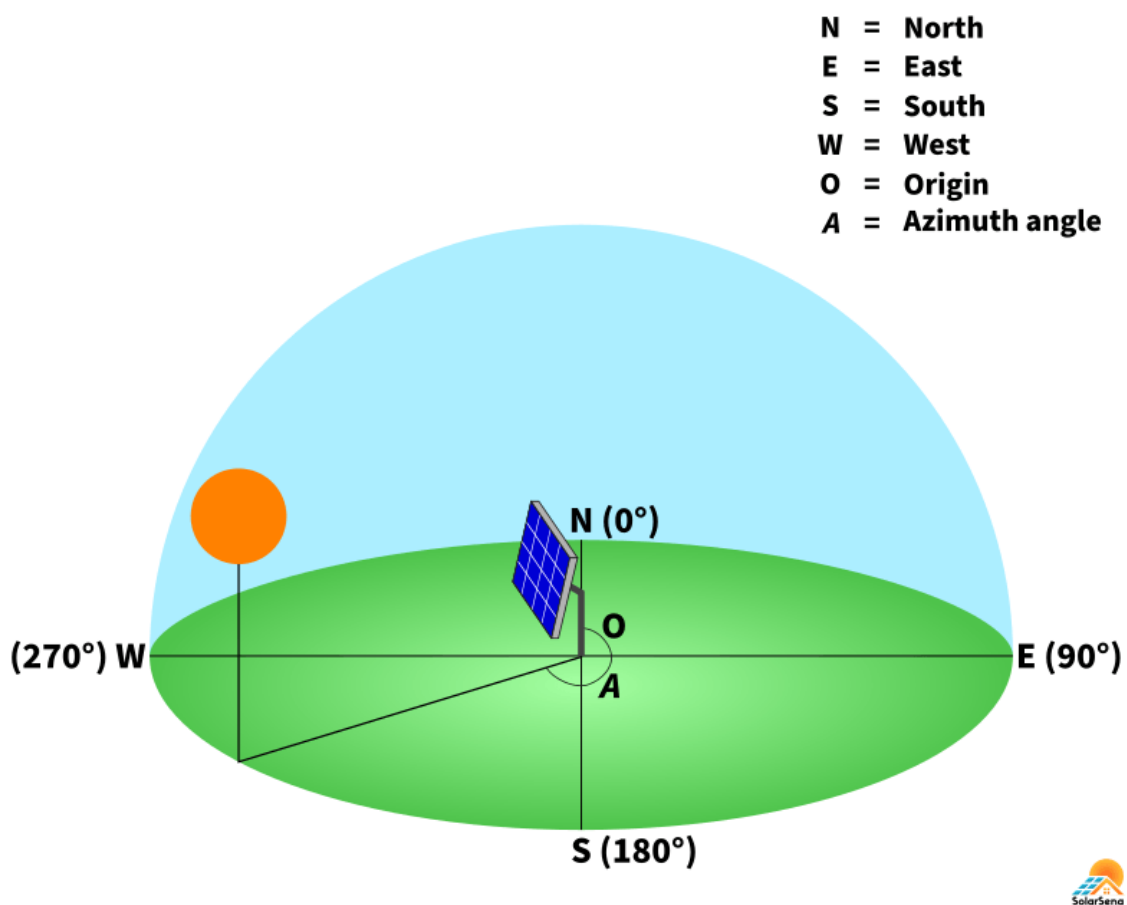
Ez alapján meg lehet határozni az optimális fix telepítésű napelemes rendszer irányultságát. A legoptimálisabb napelemes hozamot a 170-190° közötti tájolással érhetjük el, persze akkor, ha nincs egyéb árnyékoló, illetve domborzati tényező. A napelem modulok dőlésszöge is leolvasható az alábbi ábrából. A két szélsőséges érték 15° és 70° közé esik a két dátum szélsőértéket figyelembe véve. Ha a legoptimálisabb hozamot szeretnénk akkor 35°-os dőlésszöget kellene beállítanunk:

²⁰ https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php

9. ábra tájolás hatásfoka a dőlés függvényében²¹

A fenti táblázatban az is egyértelművé válik, hogy a vízszintes és a függőleges telepítésnél milyen különbségek adódhatnak. A vízszintes telepítésnél az irányultság természetesen teljesen mindegy és így egy 13,8%-os teljesítmény csökkenést okoz. Viszont a függőleges telepítésnél nagyon változó az irányultság függvényében az előrevetített termelés. A legrosszabb keleti vagy nyugati tájolás esetén kevesebb mint a fele lesz a termelés.

²¹ <https://gershoienergia.com/napelem-kisokos/optimalis-napelem-elhelyezes/>



10. ábra. A nap beesési szögéhez igazított napelemtábla²²

A nap helyzete az égbolton folyamatosan változik. A napelemek irányát pedig lehetetlen szinkronizálni a nap helyzetével, hacsak nem használunk napelemes iránykövető rendszert. A nap nyomon követése elég drága megoldás, főleg a lakástulajdonosok és háztulajdonosok, valamint a kis projektek számára.

A legtöbb ilyen esetben a napelemek fixen rögzítettek egy adott irányba, egy adott dőlésszöggel. Ezeket általában a telepítés adottságai például az épület elhelyezkedése, a tetőn rendelkezésre álló hely az tető irányultsága és dőlésszöge határozza meg.

²² <https://solarsena.com/solar-azimuth-angle-calculator-solar-panels/>

3 A megoldandó probléma megfogalmazása

A mai magyar napelemtelepítés abba az irányba ment el, hogy kvázi ingyen legyen villamos energiám. Amit megtermelek nyáron azt télen kapjam vissza az energiaellátó rendszerből, puffer tárolóként használva azt.

Viszont vannak olyan irányzatok is, amikor nem feltétlenül egy biztosan megtérülő nekem pénzügyileg kedvező elvek mentén telepítenénk napelemes rendszert a családi házra, hanem egyfajta energetikai öngondoskodás miatt. Itt nagyfokú energia és környezettudatosság is van a háttérben, amit az ebben élenjáró országok (pl.: Németország, Dánia) alkalmaznak a társadalmi felelőssé vállalás egyre fontosabbá válása ürügyén. Ha ez az öngondoskodási vagy önellátási törekvés család szinten jelenik meg, akkor azért telepítek napelemet, hogy az általam megtermelt energia saját magam számára hasznosuljon.

A környezettudatosság mellett az ellátási biztonság is megjelent, mint magasfokú prioritás egyes telepítőknél, ahol az áramkimaradások bizonyos fokú problémát jelentenek és nem szeretnének nagymértékben függeni a villamosenergia-ellátó rendszertől. Ha nincs áram akkor lehet, hogy nincs internet a lakásban wifi, vagy nem megy a fűtés, aminek, ha gázzal működik is, de a begyújtásról, illetve a víz keringtetéséről, elektromos energiával működő szivattyúk, kapcsolók gondoskodnak. Néhány napra elegendő saját energia akkor is, ha hosszabb áramkimaradás történik talán elfogadható beruházási költség az energiabiztonságunk érdekében.

A napelemes rendszer tulajdonosai megszüntethetik villanyszámlájukon az ellátási díjat, ha a megújuló energia rendszer annyi áramot termel, amennyit a lakás fogyaszt egész évben, és a közműszolgáltató nettó mérést kínál. Az elosztási és átviteli díjakat azonban valószínűleg nem tudják megszüntetni, ha az otthon rá van kötve az elektromos hálózatra. Ezért a legtöbb napelemes rendszer továbbra is kis havi árat fizet a hálózati szolgáltatásért, még akkor is, ha a napelemes rendszer elegendő energiát termel az igényeinek fedezésére.

Az, hogy az áramszolgáltatók mennyit kompenzálnak a napelemes rendszer tulajdonosainak, a terület törvényei szabályozzák. A nettó mérés gyakran lehetővé teszi a napelem tulajdonosok számára, hogy kapjanak kiskereskedelmi díjat a többlet betáplálásáért, de ez mostanság az áramdíj és a rendszerhasználati díj elég aránytalan

elválása miatt nem rentábilis, illetve évtizedekben mérhető. Nem beszélve a hosszútávon jelentkező, Magyarországon jelenleg nem elhanyagolható, politikai kockázattól, ami szintén befolyásolja a megtérülésszámítást.

A nettó mérés alapján a megújuló energiarendszerek tulajdonosai, akik most telepítenek rendszert és befogadásra kerül az igényük alig kapnak kifizetést a hálózatba betáplált többletteljesítményért. Ezért általában nem kifizetődő hosszabb távon a napelemes rendszer túlméretezése, (ami régebben jelentősen hajtotta a telepítéseket) mert a háztulajdonos nem vagy kevés további előnyt kap, ha teljes energiaszükségletének 100%-ánál többet termel.

Bár most Magyarországon a telepítési és beruházási költségek igen magasak lettek az infláció elszabadulásával, mégis, ha a biztonságunk és a környezetvédelem is a serpenyőbe kerül akkor érdemes megvizsgálni közelebbről a lehetőségeinket.

Ezeknél az önellátásra is alkalmas energiatermelő egységeknél nagyon fontos elem az energia tárolása. A mai háztartási méretű energiátárolók jelentős részben lítium alapú akkumulátorokkal vannak kivitelezve, kihasználva ezen tárolók olyan előnyös tulajdonságait, mint a magas töltési kisütési szám, illetve a nagyobb működési tartomány a hagyományos akkumulátorokhoz képest.

A napelemes rendszereket általában engedélyeztetni kell a területi áramszolgáltatóval. A hatályos Villamos Energia Törvény (VET) szerint a háztartási kiserőművekhez nem kell építési engedély (legfeljebb 50kVA teljesítményű rendszer, ha kifesztésű (KIF) hálózatra csatlakozik). A hálózatra visszatápláló rendszereknél kötelező az villamos energia szolgáltató engedélye. A szigetüzemű napelem rendszereknél nem mindig szükséges az áramszolgáltatói engedély, mert nem érintkezünk a hálózattal (nincs megkötés a szigetüzemű inverter tekintetében sem). Amennyiben a szigetüzemű napelemmel ellátott építmény bármilyen módon csatlakozna a hálózati áramellátáshoz (nem izolált az ingatlan a hálózattól), mindenképpen kell engedélyeztetni az adott megoldást az áramszolgáltatónál.

Ezeket figyelembe véve egy olyan hálózattól független napelemes rendszer kiépítése a dolgozatom témája, amihez nem kell engedélyeztetés, nem csatlakozik semmilyen módon a publikus hálózathoz, így nem kell izolációt betervezni sem. A cél ez előbbiekből adódik, nem megtérülési alapon tervezem a rendszert, hanem az öngondoskodás a függetlenség vezérli a pénz költség miatt. Ezt nagyon nehéz egy üzleti

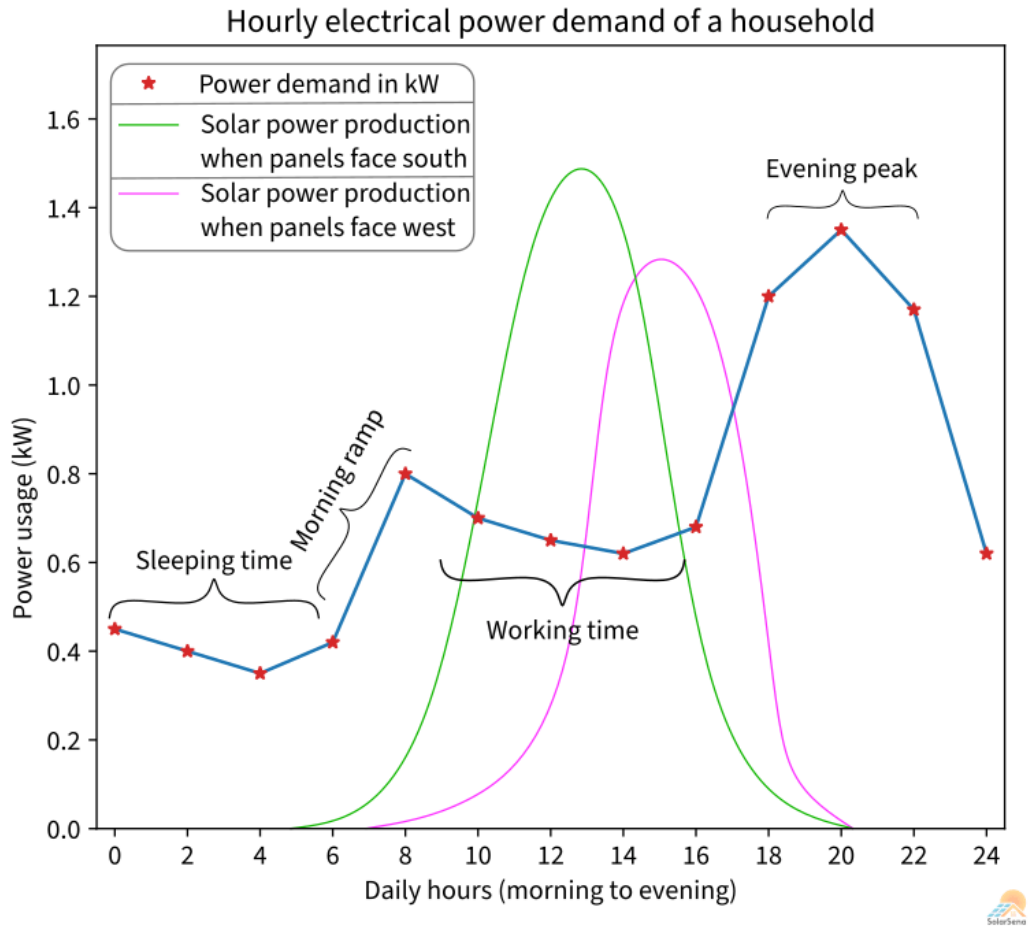
tervben számszerűsíteni és megértetni egy banki tisztviselővel, de itt hitel felvételről éppen ezért nincs szó, így a rendszer nagyságát és milyenségét csak a saját pénzügyi lehetőségünk határozzák meg. A kockázat és előny számszerűsítése hosszabb távon bizonyosodhat be.

4 A villamos energiaigény felmérése

Az előzőekből következik, hogy olyan öngondoskodást támogató rendszer megalkotása a cél, amely néhány napig képes a legfontosabb fogyasztók kiszolgálására úgy, hogy képesek legyünk, ha takarékon is, de élni a mindennapjainkat. Tehát csak a legfontosabb az életünket meghatározó, illetve jelentős befolyással bíró elektromos berendezéseket működtessük.

Egy valós családi házba telepítendő önállóan működőképes szigetüzemű (off-grid) rendszer megtervezése a feladat. Ehhez fel kell mérni azon fogyasztókat, amik elengedhetetlenül szükségesek az egyszerű élethez. Meg kell mérni, illetve becsülni ezen berendezések fogyasztását és teljesítmény igényét. A használati szokásokat is meg kell vizsgálni, illetve, ha kell a napelemes termeléshez kellene igazítani. Mikor működtetjük a mosógépet, mikor főzünk, van-e elektromos autó a háztartásban ezek mind szükségesek-e akkor amikor nincs áramszolgáltatótól kapott áramunk.

Az alábbi ábrán láthatjuk egy átlagos háztartási fogyasztási görbe, valamint adott irányultságú napelemek termelési görbáját egy koordináta rendszerben ábrázolva, hogy lássuk az adott nap adott idején milyen fogyasztással és napelemes terheléssel lehet, illetve kell számolnunk:



11. ábra: Egy háztartás fogyasztási, illetve napelem termelési görbéje²³

Ennek a háztartásnak a napi fogyasztása is elég hasonló a saját mérések szerint.

A legutóbbi éves áramszámla alapján, ami a 2023 augusztusi leolvasás alapján készült a havi villamosenergia fogyasztás 126 kWh. Ezt, ha elosztjuk 30 nappal, mint átlagos hónap hossz akkor 4,2 kWh fogyasztást kapunk naponta a teljes épületre, az összes működtetett fogyasztóra. Itt a mosógép a főzés melegítés és mindenféle világítás, valamint elektronikai eszközök működtetése is bele van számolva.

Viszont ahhoz, hogy a fenti kihívást teljesíteni tudjuk, vegyük számba ténylegesen ennek a családnak mire is van szüksége elengedhetlenül.

A családot három felnőtt ember alkotja. Egy 110m²-es 1 plusz 4 félszobás házban élnek. A ház energetikai szempontból korszerűnek mondható 30 cm-eres Porotherm kerámia téglá vázszerkezet alkotja a falakat, valamint azokat kívülről 10 cm-eres

²³ <https://solarsena.wpengine.com/best-direction-solar-panel-face/>

polisztirol hőszigeteléssel burkolták. Ez a jelenlegi szabályozások szerint (2023) BB energetikai besorolást jelent a falazat hőátbocsátási tényezője szempontjából.

A hűtőszekrény Sharp SJ-BB04DTXLF-EU típusú és a hátoldalán található energia címke szerint 156 kWh éves energiafogyasztással kell számolnunk. A saját mérések szerint ez az eszköz 2,5 órát megy naponta, és 170W pillanatnyi fogyasztással kell számolnunk.

A másik fontos tényező a világítás. Itt is visszafogott fogyasztással számolok arra az esetre, ha nincs áram. Mivel energiatakarékos izzókkal van ellátva a ház 5 db 12 W fogyasztású izzóval számolok, amik a nap folyamán 3 órát működnek.

Wifi modem szolgáltatja a kapcsolatot a külvilággal. 12 W-ot fogyaszt és a mondjuk 12 órát használjuk.

Ehhez jön hozzá 3 laptop, amiknek az akkumulátora 4 órát bír és 2-szer kell őket feltölteni naponta 65 W-os töltővel 2 óra időtartamban.

3 darab mobiltelefon, amiket napi egyszer töltünk fel 20 W-os töltővel 2 óra ideig.

A legfontosabb a fűtés, ami gázzal történik ugyan, de ahogy az előzőekben már említésre került a gyújtáshoz, valamint a szivattyú működéséhez áram kell. A fogyasztás 110 W és naponta 8 óra működés veszünk figyelembe, mint legrosszabb scenáriót.

	Pillanatnyi fogyasztás[W]	Üzemóra/hét	Wh/hét
Hűtőszekrény	170	17,5	2975
Energiatakarékos izzó	60	21	1260
Wifi modem	12	84	1008
Laptop töltő	195	28	5460
Telefon töltő	60	14	840
Keringető szivattyú	110	42	4620
Melegítés	900	7	6300
Összesen	1507	213,5	22463

1. Táblázat Igényfelmérés egy hétre

Tehát a fenti táblázat szerint, ha egy teljes hetet szeretnénk a hálózattól függetlenül működtetni a minimálisan meghatározott berendezéseinket akkor legalább 22-23kWh kapacitású akkumulátor kapacitásra van szükségünk. Ez pénzügyileg elég rossz scenárió. Ha mondjuk feltételezzük azt, hogy 4 napot nem süt a nap akkor amit át

szeretnénk hidalni akkor mindjárt egy kissé barátságosabb értéket fogunk kapni az akkumulátor kapacitásra:

	Pillanatnyi fogyasztás[W]	Üzemóra/4nap	Wh/4nap
Hűtőszekrény	170	10	1700
Energiatakarékos izzó	60	12	720
Wifi modem	12	48	576
Laptop töltő	195	16	3120
Telefon töltő	60	8	480
Keringető szivattyú	110	24	2640
Melegítés	900	4	3600
Összesen	607	122	12836

2. Táblázat Igényfelmérés 4 napra

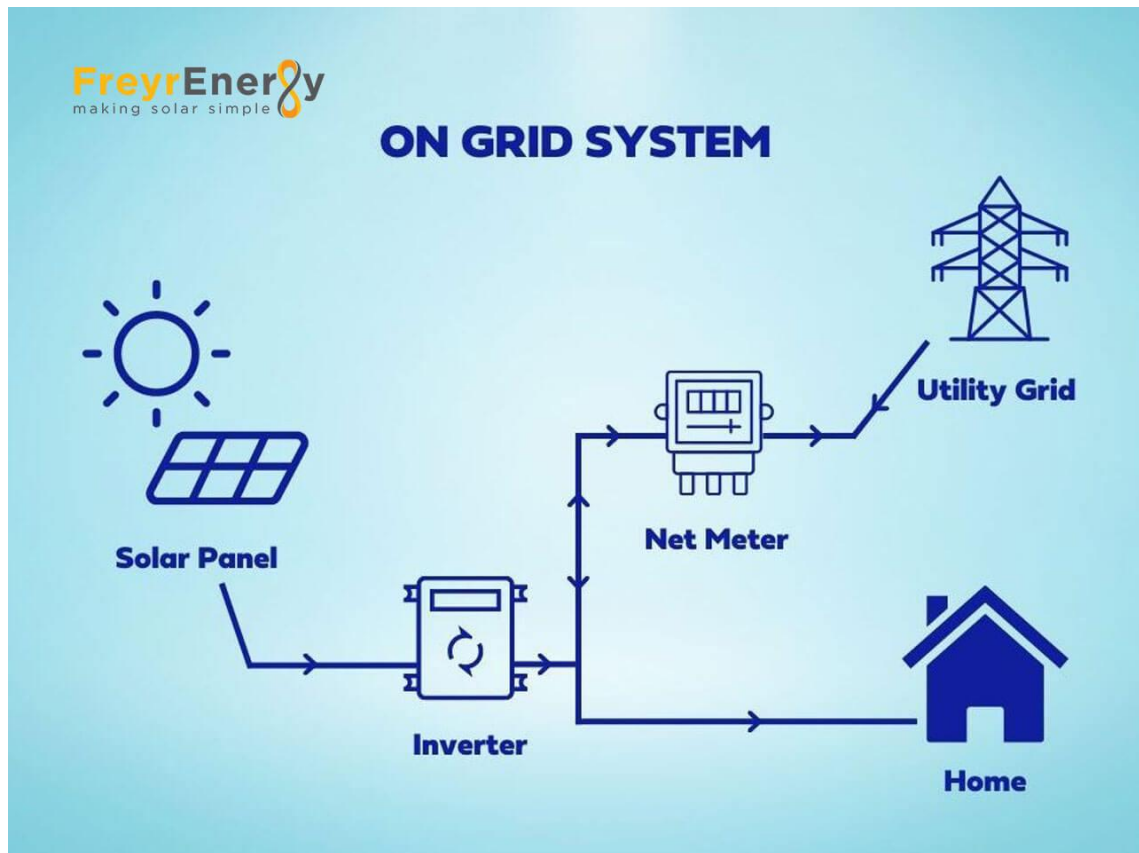
Itt is láthatjuk, hogy akkumulátor kapacitásból rengeteg kell, de mint már említésre került ebben a konkrét esetben nem a megtérülés a mérvadó szempont, hanem bizonyos fokú függetlenedés, illetve kockázatkezelés az adott háztartás esetleges vezetékes áram hiánya esetén. A kapacitás kiszámolásához még figyelembe kell vennünk olyan tényezőket, hogy az akkumulátor hol lesz tárolva kint vagy bent. Mivel minden hőmérsékletre tartozik egy úgynevezett korrekció szorzó tényező ezzel is számolnunk kell, illetve azzal is, hogy mennyi százalékáig engedjük az akkumulátorokat lemerülni.

5 Rendszerterv

Ahhoz, hogy ennek a feladatnak nekiálljunk először is vegyük számba milyen rendszereket valósítanak meg általában a napelemes kivitelezők beruházók.

5.1 Közcélú hálózatra termelő rendszer

Az első és napjainkig elég nagy százalékban épített rendszerek az úgynevezett közcélú hálózatra termelő rendszerek, amik sziget üzemre teljesen alkalmatlanok. Ezek rendszer szinten összeköttetésben vannak a közcélú hálózattal. Ezeknél, ha felesleges az adott háztartás által nem elfogyasztott energia keletkezik azt úgynevezett visszatáplálással a közcélú hálózatnak adjuk, más fogyasztók általi felhasználás céljából. Nincs betervezve a felesleges energia felhasználására tároló kapacitás akkumulátor csomag, amivel a keletkezett nappali energiát esetlegesen a napsütés nélküli időpontokban is saját célra tudjuk használni.



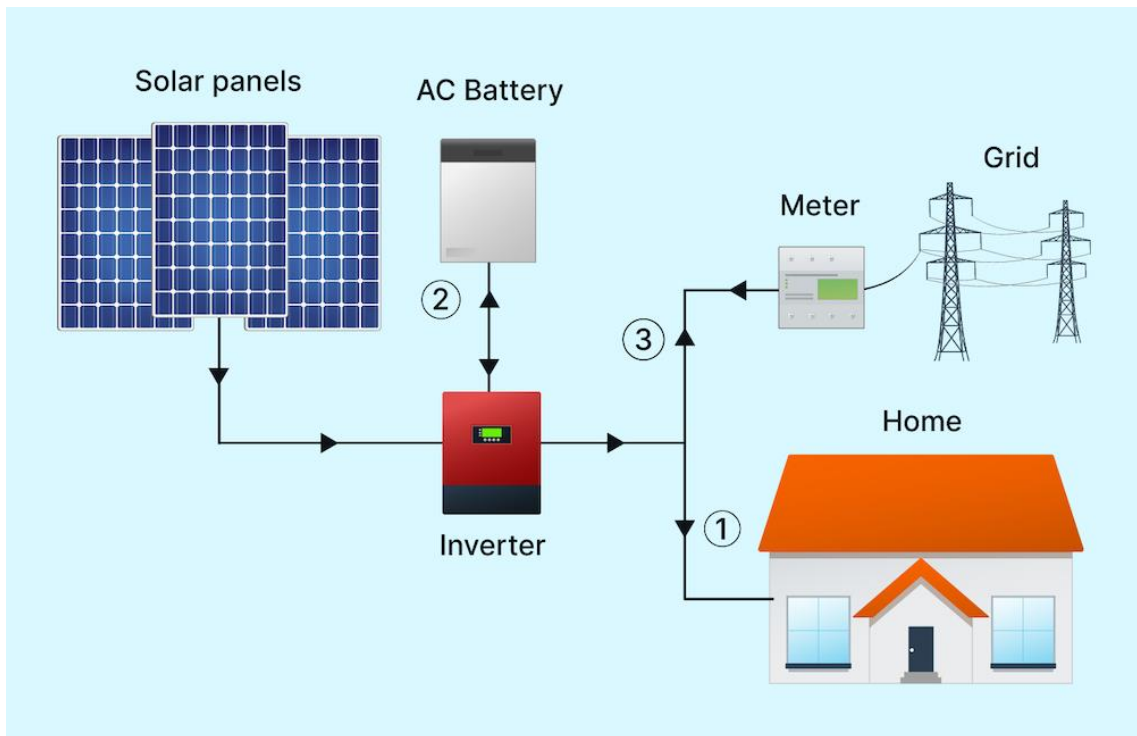
12. ábra a közcélú hálózatra termelő napelemes rendszer²⁴

A fenti ábrán jól nyomon követhető ennek a rendszernek a működése. Alapvetően van egy napelem csoportunk, ami közvetlenül kapcsolódik az áramszolgáltató által is elfogadott invertehez ami a ház központi elosztójában csatlakozik egy vagy több fázison keresztül a fogyasztókhoz. A rendszert kiegészíti egy oda vissza mérésre alkalmas fogyasztásmérő, amivel a közcélú hálózathoz vételezett és az oda visszatáplált energia egyenlegét méri számunkra. Ez természetesen a közcélú hálózatra csatlakozik.

5.2 Hibrid rendszer

A következő rendszer megvalósítás lehet az úgynevezett hibrid üzemű rendszer, ami szintén összeköttetésben van a közcélú hálózattal, de a visszatáplálás nem lehetséges. A helyi fogyasztók energia igényét képes fedezni és a közcélú hálózat csak rásegít a napelemek által megtermelt energia mellett.

²⁴ <https://freyrenergy.com/advantages-of-on-grid-solar-system/>

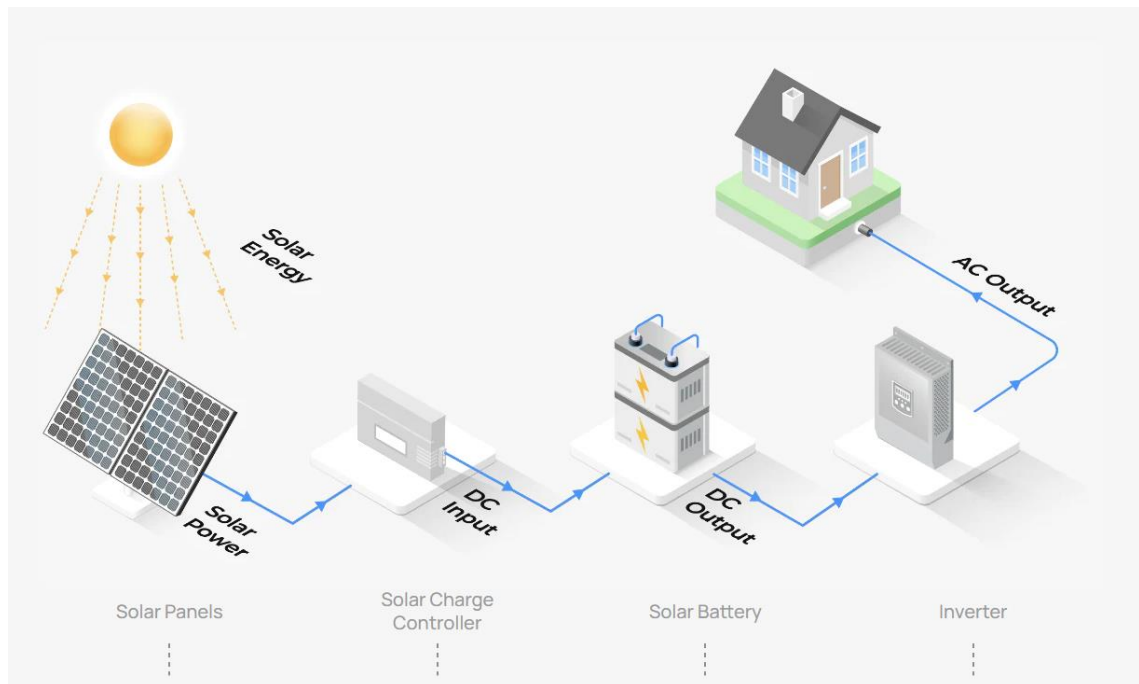
13. ábra hibrid rendszer²⁵

A hibrid rendszerben elsősorban az a cél, hogy a napelemek által felhasznált energiát helyben fogyasszuk el. Itt a villamos fogyasztók mellett tárolóegység is kiegészíti a rendszert azért, hogy a felesleges energiát ne a rendszerbe visszatápláljuk hanem későbbre eltároljuk a rendszerhez tartozó akkumulátor telepek segítségével. A mérő óra általában egy úgynevezett okosmérő, ami kommunikációs porton össze van kötve az inverterrel és ha túl nagy a termelés akkor visszaszabályozza az invertert ezzel megakadályozva a visszatáplálást a közcélú hálózatba.

5.3 Szigetüzemű rendszer

A harmadik típusú rendszer és amelyikkel ezen dolgozat is foglalkozik az a teljesen független úgynevezett szigetüzemű rendszer. Ezek a rendszerek semmilyen módon nem kapcsolódnak a közcélú hálózatra így a napelemek által megtermelt összes energia vagy felhasználásra kerül helyben vagy kárba vész.

²⁵ <https://www.solarreviews.com/blog/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems>



14. ábra szigetüzemű napelemes rendszer felépítése²⁶

Mint az ábra is tanúsítja itt nincs közcélú hálózati csatlakozás, a napelemekből a megtermelt energia először egy akkumulátor töltésvezérlőhöz érkezik innen ennek a szabályozásával töltődnek az akkumulátorok, amik a DC oldali kimenettel az inverterhez csatlakoznak. Az inverter AC oldala pedig csatlakozik a háztartásban lévő fogyasztókhoz.

A napelemes rendszer kiépítéséhez előzetesen kell egy terv, amit az alábbi bemenő adatok figyelembevételével alkottam meg.

Két fajta terv készült mivel a költség és használati szempontokat is figyelembe véve. Az egyik azoknál a fogyasztóknál egy párhuzamos táplálású rendszer kiépítése plusz dugaljakkal a hűtőszekrénynél, a mikrohullámú sütőnél vagy a főzőlapnál, valamint a keringtető szivattyú miatt a gázüzemű fűtés közelében. Viszont itt a párhuzamos kiépítésnél felmerül egy olyan probléma, hogy lehet az egyes fényforrásokat le párhuzamosítani, milyen átkapcsolóval oldjuk meg a hálózati, valamint a pusztán szigetüzemű működést. Mivel a ház alapvetően on-grid azaz vonali árammal van ellátva az áramszolgáltató által ezért ezt a fajta kiépítést kétfajta képen lehet megtenni a világítás esetén. Az egyik az előbb említett kapcsoló segítségével a másik pedig, hogy a kiépített

²⁶ <https://us.ecoflow.com/pages/off-grid-solar-system>

dugaljakba dugunk olyan helyi világítást adó lámpákat, amik biztosítják az elegendő fényt, illetve függetlenek a fali kapcsolók és falban vitt vezetékezésektől. Ha az utóbbit választjuk akkor nem kell kapcsoló, illetve esetlegesen valamilyen átkapcsoló automatika ahhoz, hogy áramszünet idejére az áramellátást a napelemmel töltött akkumulátorainkról kapjuk.

5.4 Rendszerterv szigetüzemre

Ennél a családi háznál ahogy már említésre került tulajdonképpen két megoldás is szóba jöhet. Az egyik a teljesen szigetüzemű működés kiépítése, a másik az okosmérővel felszerelt és az inverter kommunikációs portján keresztül a tulajdonképpen a visszatáplálás megakadályozása.

Viszont az egyszerűbb felépítés miatt a pusztán sziget üzemet tervezem meg, ami a meglévő hálózatról táplált vezeték és dugalj rendszer párhuzamos kiépítésével duplikálunk bizonyos dugaljakat:

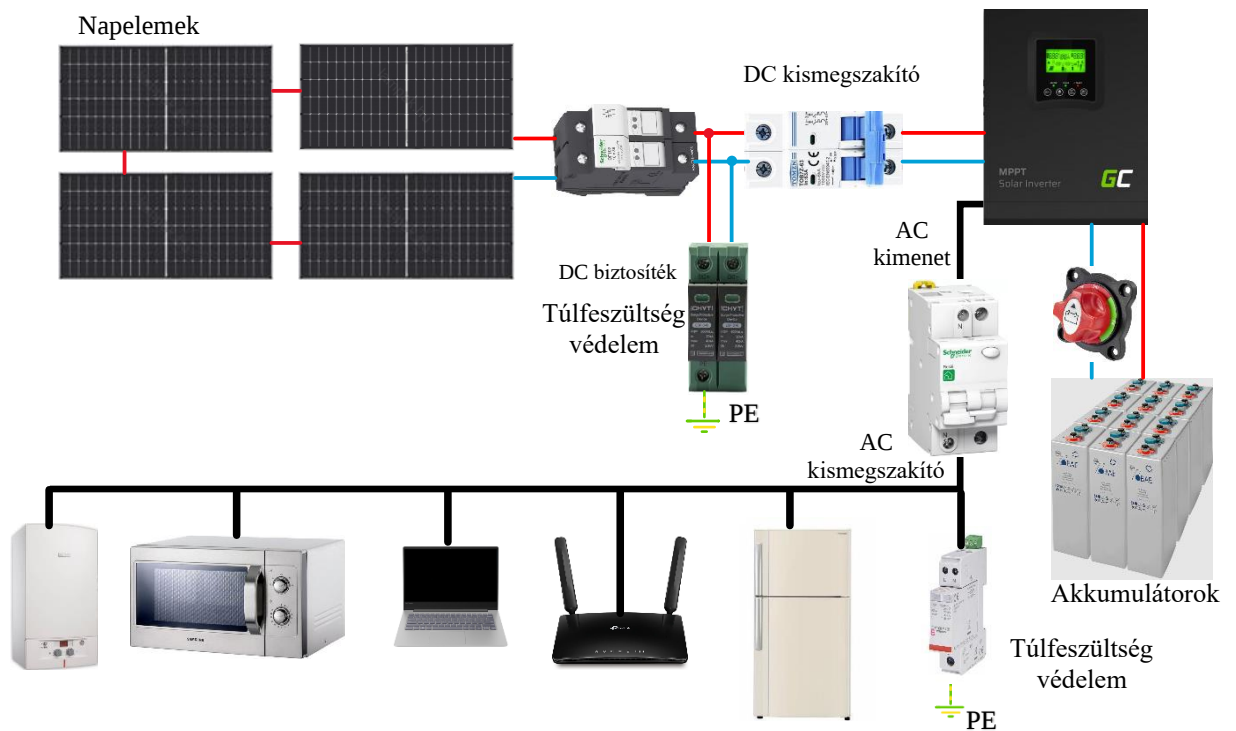
- Hűtőszekrény
- Wifi modem
- Laptop töltő, Telefon töltő
- Keringető szivattyú
- Melegítés

A telefon és laptop töltő ugyanazon helyekre dupla aljzat kiépítésével számolva.

Itt hét különböző helyre kell kiépíteni a dugaljakat, illetve 4 helyre a világítást. A világításnál az egyszerűséget figyelembe véve helyi megvilágítást alkalmazunk, ami azt jelenti, hogy a töltők mellé csatlakoztatjuk a konnektoros lámpáinkat.

A Napelemeket sorba kötjük ezek egy olyan inverterre csatlakoznak, ami egyben ellátja a napelemes töltési funkciót, valamint az MPPT (maximum power point tracking) funkciót is. Az inverterhez természetesen csatlakoztatjuk az akkumulátor egységet és az AC oldalon a megfelelő számú berendezést dugaljakon keresztül. A DC oldalon biztosítékokon keresztül mind a pozitív mind a negatív oldal csatlakozik egy DC kismegszakítóhoz, valamint DC oldali túlfeszültségvédelemhez, amit egy földelő szondán keresztül vezetünk le a föld felé. Az inverter PV bemeneteire csatlakoztatjuk a DC oldali kábeleinket. Az inverter akkumulátor kimenetei egy a negatív oldali vezetékre szerelt leválasztó kapcsolón keresztül kapcsolódnak az akkumulátor csomaghoz, amit a

későbbiekben fogunk méretezni. Az inverter AC oldali kimenetei szintén egy AC kismegszakítón keresztül jutnak el a fogyasztókhoz.



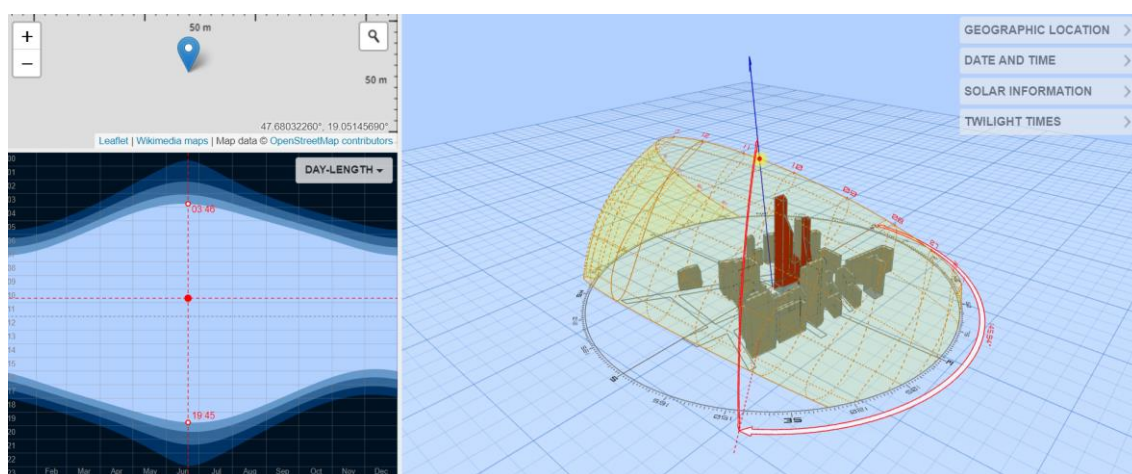
15. ábra.: Szigetüzemű napelemes rendszerterv

6 Tájolás megtervezése

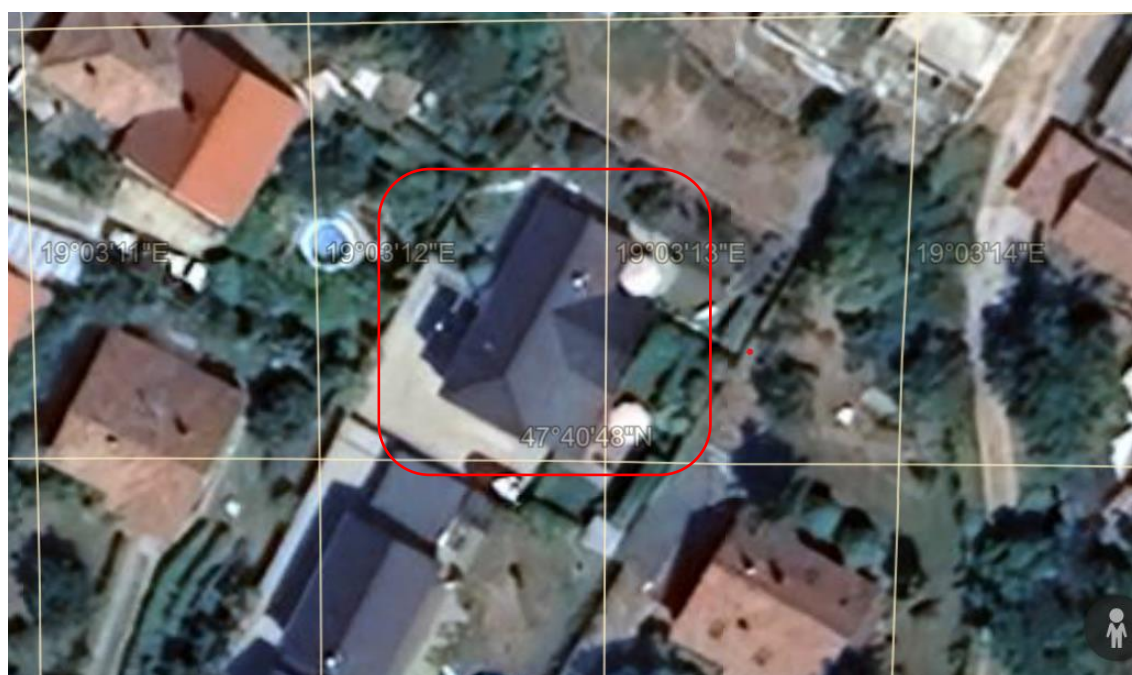
Fontos az épület tájolása a napelemek optimális termelésének eléréséhez, ezért meg kell vizsgálni van-e olyan tetőfelület, ahol a tervezni kívánt napelemeket elhelyezhetjük, vagy a rendszerelemeket egy földre telepített tartószerkezetre kell-e telepíteni. Mik a tartószerkezettől elvárt követelmények, illetve van-e előregyártott rendszer vagy egyedileg kell megtervezni és azt kivitelezni.

Az adott családi ház Szentendrén található egy völgyben. Délről és északról egy-egy volt folyómeder magaslat határolja ezért ez kissé befolyásolja az adott helyszín benapozottságát.

A benapozottság két szélső érték közötti változását az alábbi ábrán láthatjuk:



16. ábra Szentendre családi ház benapozottsági szélsőértékei²⁷



17. ábra Szentendre családi ház elhelyezkedése

A fenti képen látható, hogy a tető elég tagolt. A dőlésszöge 25° -os. Egy úgynevezett rövidszárú T betűt formál. A hosszanti tengelye 210° és a legnagyobb tetőfelület 300° -re irányul. Ebben a 300° -os elrendezésben elég rossz termelési adatokat kapnánk. Vizsgáljuk meg a további lehetőségeket. A D-K-i tetőfelület 120° -re irányul, viszont itt is megtöri a T szára, valamint az északi tető részen a fűtő berendezés kéménye, amivel szintén számolni kell a benapozottság, árnyékvetés szempontjából. Mind a D-NY-i mind a D-K-

²⁷ <https://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>

i tetőrészek elég kis méretűek és a 120°-os épület, illetve tető kinyúlás miatt. Az adott tetőfelületen hófogók is találhatóak, amiket a telepítés során amennyiben szükséges el kell távolítani. Viszont a tetőszellőző cserepeket ki kell kerülni a telepítés során amennyiben a tető síkjában lesznek telepítve a napelemek.

A 210°-os tetőfelületen 2,4 m hosszú és 4,5 m széles tetőfelület áll rendelkezésre. Amennyiben ezt a tetőfelületet használnánk akkor az ideális 180°-os irányszög és a 35°-os dőlésszöghöz képest a termelés összességében 96,9%-ra csökkenne, ami még elég jó érték a 300°-os nagyobb tetőfelülethez képest.

Ugyanakkor erre a felületre összesen 4 db napelemet lehet elhelyezni, ami a legkorszerűbb 600+Wp-es napelemekkel együtt is 2400Wp-es összteljesítményt ad. Ha „B” tervez akarunk készíteni akkor egy szabadon álló legalább hat tábla napelem fogadására tervezett tartó el tudunk helyezni a telek ÉNY-i sarkában, ami már 50% nagyobb, mint a tetőre feltehető, illetve lehet tájolni az ideális 180-fokban, illetve a 35°-ban meg lehetne dönteni, amivel 4-5%-kal több hozamunk lehet ugyanakkora napelem mennyiség mellett.

7 Tartószerkezet megtervezése

Milyen lehetőségeink vannak a napelem táblák rögzítésére. Tekintsük át az egyes tartószerkezet típusokat.

Mi a tartószerkezet feladata? A tartószerkezetek elsősorban azt a feladatot szolgálják, hogy napelem paneljeinket, illetve az egyéb kapcsolódó rendszertartozékokat megfelelően és tartósan rögzítsék. Ezen felül azonban a tartószerkezetek felelnek azért is, hogy a panelek a lehető legjobb dőlésszögben telepítsük a hosszútávú működésükhöz.

7.1 Tartószerkezet típusok

Alapvetően három nagyobb csoportot különböztethetünk meg a tartószerkezetek között:

- ferde tetőre szerelt tartószerkezet
- lapos tetőre szerelt tartószerkezet
- földre szerelt tartószerkezet

A **tetőre telepíthető rendszereknél** igen fontos alkotórész a tartószerkezet. Az ilyen rendszerek megvalósításánál figyelembe kell vennünk a helyi időjárási viszonyokat (a

szélterhelés, valamint a hóterhelés) milyen állapotban van a tető szerkezete és figyelniük és ellenőrizniük kell a tető teherbírását is. Ezek a tényezők meghatározóak a tartószerkezet megválasztásakor mert befolyásolják a rögzítés módját, a profilok erősségét és további paramétereket. Mivel a tető későbbi javítása igen sok komplikációval jár és a telepítés növelheti a víz beszivárgásának esélyét, a kiválasztott telepítési módszernek igen jól átgondolt módját kell választani, mely már máshol bevált és mely előnyben részesíti a jó minőségű, korrózió-álló anyagokat.

7.2 Ferde tetőre szerelt tartószerkezetek

A ferde tetőkre való telepítés esetén alapvető kérdés a tetőszerkezet milyensége a szarufák vastagsága és azok megfelelő állapota. Ennek oka, hogy a tetőnek magának is ki kell bírnia ugyanazt az időtartamot, mint a rászerelt napelemes szerkezetnek. Ezzel komoly költségektől óvhatjuk meg magunkat a jövőben.

Ezeknek a tartószerkezeteknek alapvető elemei az úgynevezett tetőkampók, illetve tetőrögzítők. Ezekre kerül aztán a tartósínekből álló szerkezet, ami a napelemeket rögzíti.

Ferde tetős tartószerkezet: A bizonyos szögben megdöntött tetőknél a napelemes rendszer általában a tető síkjával párhuzamosan kerül felszerelésre. A telepítés módja szerint ezt a csoportot több alcsoportra oszthatjuk. Ferde tetőre szerelhető tartószerkezetek jelenleg a telepítés legelterjedtebb módja. Ezen rendszereket a hagyományos tetőfedő elemekre lehet telepíteni (cserép vagy lemez borítású tető) anélkül, hogy a tetőszerkezetben vagy tetőfedésben kárt okoznánk.

A fenti megoldások egyik hátránya lehet, hogy megváltoztatják a tető külső vizuális kialakítását, viszont előnyük, hogy minimális befektetést igényelnek, tehát relatív olcsónak mondhatóak.



18. ábra. Napelem rögzítése ferde tetőre²⁸

²⁸ <https://www.napelemek.net/napelemek-rogzitese/>

7.3 Lapos tetőre szerelt tartószerkezetek

Lapos tető esetén merőben eltérő a tartószerkezet rögzítési módja, hiszen a ferde tetőnél alkalmazott megoldások itt nem használhatóak. Emiatt lapos tetők esetén két telepítési altípust is megkülönböztethetünk:

- lesúlyozott tartószerkezet
- lehorgonyzott tartószerkezet

A lesúlyozott tartószerkezeteknél betonsúlyokhoz kerül rögzítésre a tartószerkezet, tehát mintegy ellensúlyként tekinthetünk ezekre beton nehezékekre, amik helyükön tartják a szerkezetet és az azon lévő napelemeket. Az ilyen szerkezetek esetében komoly tervezői és mérnöki munkát igényel a kellő súlyú és mennyiségű beton nehezékek meghatározása, amit után meg kell vizsgálni a tetőszerkezet teherbírását is.

A lehorgonyzott esetben a lapos tetőhöz kerül rögzítésre a tartószerkezet, de az időjárási viszonyok és a vízszigetelés érdekében ezt is körültekintően kell megtervezni mert nagyfokú, illetve nagyobb igénybevételnek kell megfelelnie ezeknek a szerkezeteknek, mint a ferde tetős változatok esetén.

Lapos tetők esetén, a napelemes rendszer kiépítéséhez speciális lapos tetőkre szerelhető tartószerkezetet alkalmazhatunk. Az egyes sorok dőlésszöge miatt azonban a sorok a Nap járásának megfelelően az egyes napszakokban egymást árnyékolhatják, ezért közöttük megfelelő távolságot kell tartani.



19. ábra lapostetőre szerelt napelemes rendszer²⁹

²⁹ <https://tetoszigetelo.hu/blog/mire-ugyeljunk-napelem-telepitesekor-ha-szigetelve-van-teto>

7.4 Földre szerelt tartószerkezetek

Földre szerelt tartószerkezetek esetén is több különböző típust megkülönböztetünk azok rögzítési technikái szerint:

- földre cölöpözött, horgonyzott
- talajcsavaros
- napállást követő szerkezetek

Földre telepítés esetén a tartószerkezeteket rendszerint lebetonozzák, vagy talajcsavarokkal rögzítik a földre. Ilyenkor mindenképpen figyelembe kell venni a helyi adottságokból adódó speciális igényeket és ezért az ilyen a napelem tartó szerkezeteket alaposabban meg kell tervezni statikailag, hogy ellenálljanak a szél húzó és nyomó erőinek, valamint a hó terhelésnek.

Vannak olyan földre telepített rendszerek, amik a napállást követik, így ezek a tartószerkezetek egy speciális típusnak tekinthetők, hiszen rendkívül összetettek, számos mozgó alkatrészt tartalmaznak, miközben meg kell felelniük a magas igényeknek a tartósság és üzemeltethetőség terén. Ezek a rendszerek az előbbi feladatok miatt az egyik legköltségesebb telepítési módot adják.

Földre telepített tartószerkezet előnyei:

A földre telepített napelem főleg vidéken lehet előnyös. Ezeken a területeken általában nagyobb a szabad felület a napelemek elhelyezésére. Ez már önmagában is komoly előny lehet, de az alábbi előnyök sem elhanyagolhatóak:

- nagyobb méretű napelemes rendszer is kivitelezésre kerülhet
- nincs a tartószerkezet élettartamát befolyásoló küldő tényező például mint a tető esetén
- könnyebb karbantartás és üzemeltetés
- ha van elég hely akkor a bővíthetőség egyszerűbb

Földre telepített tartószerkezet tervezése:

Az ilyen tartószerkezetek esetében a tervezés rendkívül fontos, mert számos kihívást kell figyelembe venni:

Tájéltás: A földre telepített napelemek tájoltását lehetőleg 180°-osra kell beállítani, itt is ugyanazok a szabályok érvényesek, mint a tetőre szerelt rendszerek esetén. A napelemek dőlésszögét ugyanúgy 25-45 fok közé kell választani.

Árnyékolás: A tartószerkezetet úgy kell megtervezni és elhelyezni, hogy a beüzemelést követően ne legyen az egymás mögötti sorok között árnyékhataás a napelem paneleken.



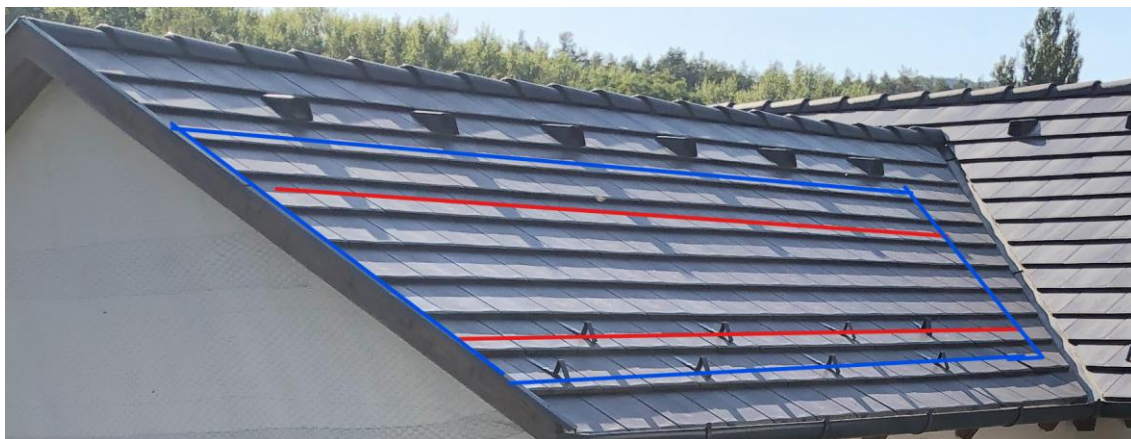
20. ábra napkövetős kéttengelyű rendszer³⁰

7.5 A ferde tetőre szerelt napelemes tartószerkezeti terv

A rendszer tervezés során felmerült két fajta megoldás is a napelemek elhelyezésére. Az egyik a hagyományosnak tekintendő ferde tetőn elhelyezett alumínium sínes cserép alá rögzítés. A másik pedig a szabadon álló, de fix tájolású és dőlésszögű rendszer.

A tájolás megtervezésénél említésre került, hogy az épületen elég korlátozottan van déli ebben az esetben 200^o-os tetőfelület

³⁰https://solar.kte.hu/termek/tartoszerkezetek/termek/kettengelyes-napkoveto-rendszer/category_pathway-18



21. ábra a szabad tetőfelület

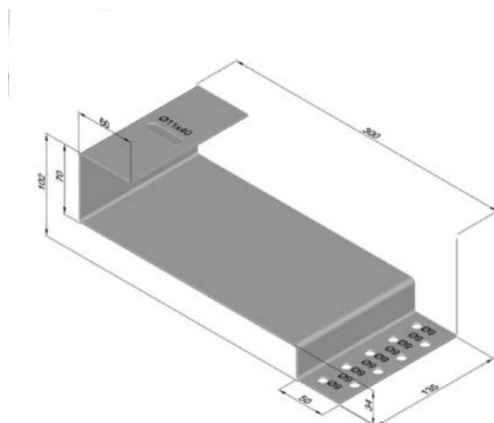
A fenti ábrán látható, hogy a rendelkezésre álló terület, ami a kék vonalak határolnak 230 cm magas, illetve 430 cm széles. Ide persze napelem mérettől függően 3-4 napelemet lehet elhelyezni. A piros vonalak mutatják a napelemeket tartó sínek lehetséges elhelyezkedését. Az épület 7 éves és a tetőgerendák, valamint a lécezés jó állapotú a betoncserepezés követelményeinek megfelelően van méretezve és kivitelezve.

Ugyanezen kivitelező három épületet épített az adott nagyméretű telekre és az első épületnél hasonló tető adottságok mellett évek óta működnek a tetőre szerelt napelemek mindenféle időjárási viszontagságok mellett.

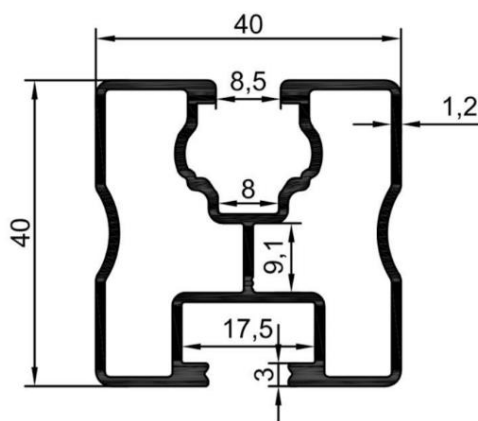
A tető dőlésszöge 25°-os így az öntisztulás a hótól kevésbé valószínű. A havazás után a hóréteg valószínűleg megmarad. A tetőn Terrán Zenit cserép található. Mivel ez egy olyan cserép, aminek a felülete sima ezért a tetőkampó megválasztásakor ezt figyelembe kell venni. Kifejezetten ezekhez a sima tetőcserepekhez gyártanak olyan tetőkampót, amik a legkevésbé emelik meg a cserepet ezáltal biztosítva a vízzárást.

A Solfix tetőkampók egyenes cseréphez kiváló megoldást jelentenek a hatékony és stabil napelemes telepítésre a tetőszerkezeteken. A Solfix acél kampók erős és tartós kivitelűek ellenállnak az időjárás viszontagságainak. A rögzítésük a tetőszerkezethez lapos peremes fejű ácsszerkezeti csavarral A2 minőségűben 8x160/80 méretben kerülhetnek rögzítésre. Egy tetőkampót legalább négy csavarral kell rögzíteni.

A tetőkampó anyaga: rozsdamentes acél, fix, csavarokkal nem állítható magassága: 70 mm, anyagvastagság: 2 mm, kampó szélessége: 135 mm.

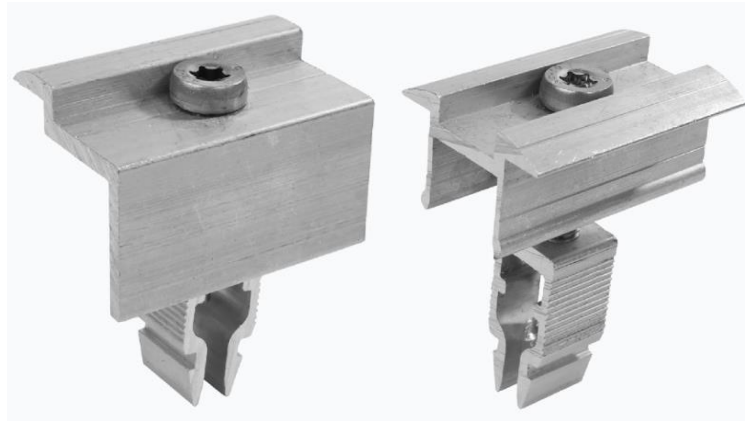
22. ábra. Solfix tetőkampó lapos cseréphez³¹

A rozsdamentes, állítható tetőkampókhoz a Solfix szerelő sínek kerülhetnek rögzítésre, melyeket rozsdamentes hatlapú csavarokkal DIN 933 M10 x 25mm (A2) vagy kalapácsfejű csavarokkal M10 x 25 A2 köthetünk össze. Az oldható kötést rozsdamentes recés, peremes anyával rögzítjük. Minden gerendához, amik az adott tetőnél 70 cm távolságban vannak kell sinenként egy tetőkampó. Mivel két sín van és 430 cm szélességben installáljuk így 14 db tetőkampót kell vásárolnunk. 4 db végzáró dugó kell a hosszanti sínek lezárásához. A hosszanti sín Solfix SOLO-05 40x40 erősített szerelősín 4,8 m hosszú szálakban kapható. Így nem kell toldót használni. Sín anyaga alumínium, profil: 40×40 mm, hossz: 4800 mm, felső horony: M8-as horony, alsó horony: M10-es csavarcsatorna.

23. ábra. Solfix hosszanti sín profilja³¹

³¹https://solfix.hu/hodfarkuszeles?gclid=Cj0KCQiA67CrBhC1ARIsACKAa8TzV0hs_L56UdKMBI0F-M8z_H62ImDeftrRj4EzoyhbZ8APCrLMJccaAvEhEALw_wcB

A szélső rögzítéshez 4 darab Rapid szélső rögzítő szett a köztes lefogatáshoz pedig 4-6 darab szintén Rapid köztes szett szükséges.



24. ábra. Solfix Rapid rögzítőelemek³²

Az egyik hosszanti sínt 10 mm-es horganyzott kör keresztmetszetű acélhoz rögzítjük a másik végét pedig levezetjük a földszondához.

8 A napelemes erőmű megtervezése

A piacon túlnyomó rész már monokristályos napelemeket lehet kapni. A tetőre való telepítés során a bifaciális napelemek alkalmazásának nem sok értelme lenne. Az inverter kiválasztása is befolyásolja azt, hogy mekkora az inverter minimális és maximális bemenő feszültsége. Az inverter egy szigetüzemű GreenCell INVSOL04 modell, ami 48 V-os 300W-os tiszta szinuszos hullám előállítására alkalmas. Beépített töltésvezérlővel rendelkezik:

Battery voltage	48V
Effectiveness	98%
Colour	Black
Warranty	12 Months
Dimensions	467 x 318 x 125 mm
Weight	13.3kg
Output Voltage	230V AC
Output frequency	50Hz or 60Hz (automatic detection)
Usable power (continuous)	3000W
Sine wave type	Pure sine wave
Instantaneous power (impulsive)	6000W

³² <https://solfix.hu/>

No-load power consumption	2W
Maximum charging current	140A
Maximum PV Voltage (VOC):	145VDC
Maximum PV power	4000W
Efficiency of the inverter	90% - 93%
Charging voltage	54.8VDC
PV voltage range for MPPT	60 - 130VDC
Maximum MPPT output current	80A
Product code	INVSOL04

3. táblázat: Greencell INVSOL04 specifikációja

Az adott inverter mind sziget mind hibrid üzemmóddal rendelkezik viszont mérések nem állnak rendelkezésre a hálózatra visszahatásról ezért csak off-grid üzemmódban lesz használva. Ahogy láthatjuk az MPPT bemenetére maximálisan 130V DC feszültséget köthetünk, ami meg is határozza a sorosan összeköthető napelemek számát.

Ahogy az előzőekből láttuk a napelem elhelyezésére elég kis tetőrész alkalmas ezért a lehető legnagyobb teljesítményű napelemet kell választani. Mivel a nagy teljesítményhez általában nagyobb méret is tartozik mind a napelem panel hosszúságában és szélességében megjelenni. Ezek a hagyományosan 120 darab cella helyett már 132 db cellát alkalmaznak kétszer 1x6-os elrendezésben.

Az egyenáramú DC vezeték fontos a napelem és az inverter közötti átvitel szempontjából, hogy a feszültségesés minél kisebb legyen és a napelem áramát is el tudja viselni. Ha az inverter a teljes rendszer szíve, akkor a DC kábelezés az aorta. Mivel az egyenáramú vezeték rendszer földeletlen megoldást alkalmaz, ha a kábel földzárlatos, az sokkal nagyobb károkat okoz a rendszerben, sőt a berendezésben is, mint az AC oldalon. Ezért a napelemes rendszert tervező mérnökök óvatosabbak az egyenáramú kábelekkel kapcsolatban, mint a többi villamosmérnök.

A megfelelő DC kábel kiválasztása a telepített napelemes rendszer szempontjából mind teljesítmény mind a biztonság szempontjából kritikus. A nagy teljesítményű szolár kábeleket arra tervezték, hogy a napból származó a napelem által átalakított energiát a rendszer egyik eleméből a másikba továbbítsák, hogy DC/AC elektromos energiává alakítsák át. A legtöbb napelemhez használt DC kábel a szabadban van elhelyezve, és védeni kell a nedvességtől, a naptól, a hidegtől és az ultraibolya sugárzástól. Ezért a napelemes rendszerek egyenáramú kábeleikhez általában napelemes tanúsítvánnyal

rendelkező speciális kábeleket választanak, figyelembe véve az egyenáramú csatlakozók és a napelemes modulok kimeneti áramát. Jelenleg a leggyakrabban használt napelemes egyenáramú kábelek PV1-F 1*4 mm-es specifikációjú kábelek.

A különböző kábeles balesetek átfogó elemzése arra a következtetésre jutott, hogy a kábel földzárata a teljes kábelhibák 90-95%-át teszi ki.³³ A földhibáknak három fő oka van. Először is, a kábel gyártási hibái, nem minősített vagy nem megfelelő minőségű termékek, másodszor, a működési környezet zord, emiatt a természetes öregedés és külső erők (UV sugárzás, szél, eső) károsíthatják, harmadszor pedig, a telepítés során nem szabványos megoldásokat használnak és a vezetékezésben durva hibák találhatók.

A földhibának csak egy alapvető oka van – a kábel szigetelőanyaga nem megfelelő. A napelemes erőművek egyenáramú vezetékeinek működési környezete a kültéri használat miatt nagy viszontagságoknak van kitéve. A nagyméretű földre telepített erőművek általában homokos vagy sós-lúgos földek mentén telepítettek, itt nagyok lehetnek nappali hőmérséklet-különbségek de előfordulhat esős vagy nagyon párás környezet is. A tetőn használt kábelek esetében a kábelek nagyon magas hőmérsékletnek is ellenállnak, mert a tető hőmérséklete elérheti a 100-110 °C-ot is. A kábel tűzállósági és égésgátló követelményei, valamint a magas hőmérséklet nagyban befolyásolja a kábel szigetelési áttörési feszültségét.

Ezért az ilyen kábelrendszer telepítése és üzemeltetése előtt meg kell győződni arról, hogy a telepített DC kábel mérete arányos a rendszer áramával és feszültségével. Mit kell ellenőrizni a kábel használata előtt:

1. A DC egyenáramú kábel névleges feszültsége egyenlő vagy nagyobb, mint a rendszer névleges feszültségénél.
2. A DC kábel áramvezető képessége egyenlő vagy nagyobb, mint a rendszer áramvezető képessége.
3. A DC kábelek keresztmetszete megfelelően méretezett és kellően védettek ahhoz, hogy ellenálljanak a környezeti feltételeknek.
4. A biztonság érdekében ellenőrizni kell a feszültségesést. (A feszültségesés nem haladhatja meg a 2-5%-ot)

³³ <https://www.slocable.com.cn/hu/news/how-to-choose-the-correct-dc-cable-for-solar-pv-system/>

Esetünkben a napelemek és az inverter között 10m-es vezetékhozzal lehet számolni. A réz fajlagos ellenállása $\rho_{Cu} = 0.0179 \Omega \cdot mm^2/m$ reciproka, tehát $\kappa_{Cu} = 56 m/\Omega mm^2$. A napelem modul feszültsége kb. $U = 39V$ és teljesítménye $P = 675W$. Ez $I = P/U = 675W/39 V = 17,3A$ áramerősséget jelent. $P_{loss} = U_{loss} \times I$. Ez 2%-os veszteségnél $675 \cdot 0,02 = 13,5W$ ebből $U_{loss} = P_{loss} / I = 13,5W / 17,3 A = 0,78 V$. Az ellenállás okozta U_{loss} feszültség veszteség tehát $U_{loss} = R \times I$ ebből $R = U_{loss} / I$. $R = 0,78 V / 17,3 A = 0,045 \Omega$ ebből meghatározhatjuk a keresztmetszetet $A = L \cdot \rho / R = (10m \cdot 0,0179 \Omega mm^2/m) / 0,045 \Omega = 3,97 mm^2$. Tehát a rendszerhez 4 mm²-es kábel szükséges.

Az előző képletben már megelőlegeztük a napelem teljesítményét ami igen jónak mondható 675Wp. A napelem egy CanadianSolar HiKu7 Mono PERC 675MS típusú napelem. A főbb paraméterei a következő táblázatba találhatóak:

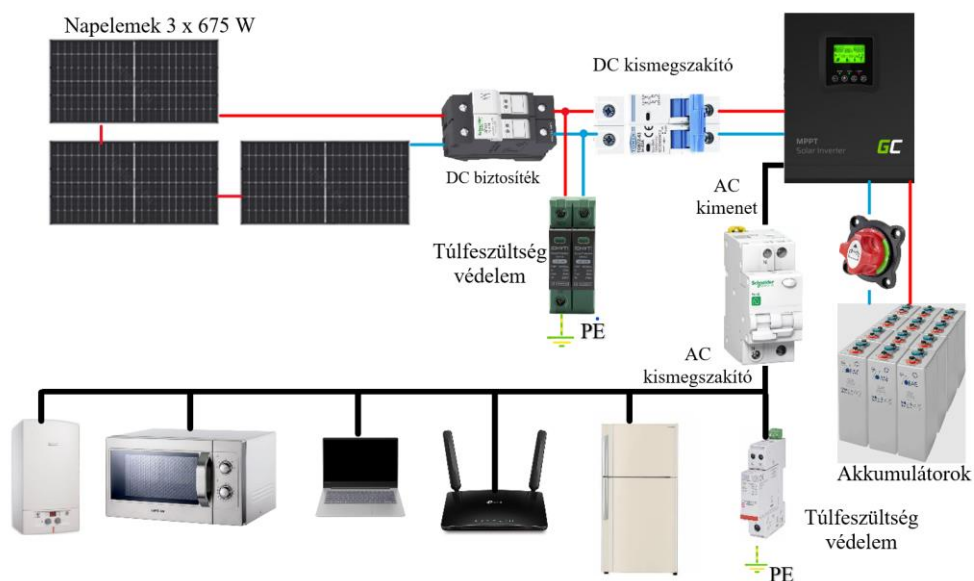
Nominal Max. Power (Pmax)	675W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38,9V
Opt. Operating Current (Imp)	17,36A
Open Circuit Voltage (Voc)	46,0V
Short Circuit Current (Isc)	18,59A
Module Efficiency	21,70%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)

4. táblázat CanadianSolar HiKu7 Mono PERC 675MS napelem tipikus értékei

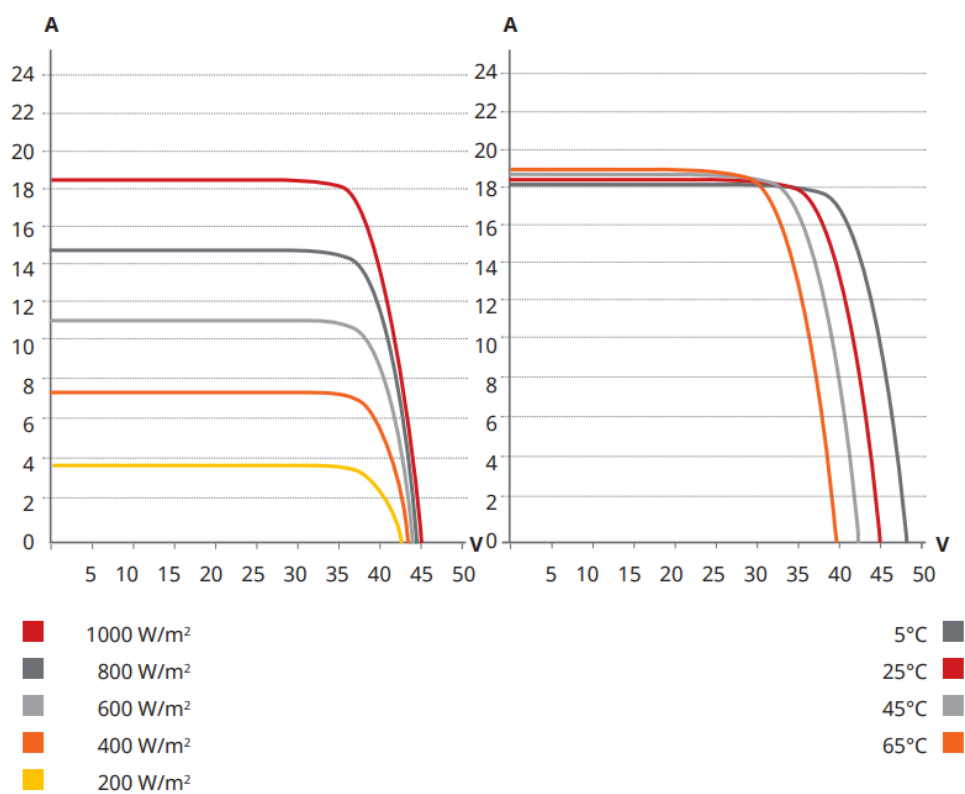
A méretei elég nagyok 2384*1303*35mm. Az adott tető felületre 3 darab napelem fér el $3 \times 675 W = 2025 Wp$ összteljesítménnyel.

A napelem súlya 33,9 kg. Bypass diódával rendelkezik és ahogy az előzőekben már említésre került ilyen nagy panelek esetében 132 cellából áll 2 x 11*6-os elrendezésben.

A napelemek sorban vannak kötve ezáltal az üzemi összes feszültség 116,7 V-ra adódik, ami megfelelő az inverter bemenetére. A napelem 100 A-es olvadóbiztosítékokon keresztül kapcsolódik egy DC kismegszakítóhoz és egy túlfeszültség védelmen keresztül csatlakozik az inverter DC oldalához. Az AC oldalon szintén egy kismegszakítón és túlfeszültség levezetőn keresztül csatlakozunk a független hálózathoz:



25. ábra. Rendszerterv

26. ábra. I-U grafikonok a napelemhez besugárzás és a hőmérséklet függvényében³⁴³⁴ CanadianSolar HiKu7 Mono PERC 675MS típusú napelem adatlapja

9 Az akkumulátoros tároló megtervezése

Az akkumulátoros tároló megtervezésének szükségességét a már többször emlegetett célok vezérlik. Azaz az önállóság megteremtése a villamos energia fogyasztásban, valamint a napelemes rendszer felesleges kapacitásának kihasználása az akkumulátorok töltésére. A napelemes rendszerekben való használatra javasolt akkumulátortípus mélyciklusú akkumulátor, ami manapság a LiFePo Litium-Vas-Foszfát (LFP) típusú akkumulátor. A mélyciklusú akkumulátort kifejezetten alacsony energiaszintre való kisütésre és gyors újratöltésre vagy ciklusos töltésre és kisütésre tervezték nap mint nap, éveken keresztül. Az LFP akkumulátor ideális az energiatároló rendszerekhez, mint például a napelemes és egyéb megújuló rendszerek. Azért, mert az LFP akkumulátor biztonságos, hatékony és rendkívül hosszú élettartamú. További előnyei közé sorolható a kémiai stabilitás, a vas-foszfát rendkívül erős kristályszerkezete miatt a LiFePO₄ akkumulátor nem bomlik le. Töltés és kisütés közben nem veszít jelentős mértékben a hatásfokából a lítium-ionok folyamatos mozgásának következményeképp.

Manapság a LFP akkumulátor élettartama átlagos körülmények között elérheti a 6000 szeri töltési és kisütési ciklust.³⁵

Az eredeti ólom-savas akkumulátorok helyett mindig különböző 12 V-os, 24 V-os és 48 V-os akkumulátorokat állítanak elő. Mik a fontos paramétereket, amik jellemeznek LFP akkumulátort? Akkumulátor feszültsége, a maximális töltőáram, maximális kisütési áram, életciklus vagy töltési kisütési ciklus szám.

Az akkumulátornak elég nagynek kell lennie ahhoz, hogy elegendő energiát tároljon a készülékek éjszakai és felhős időben történő működtetéséhez. Az akkumulátor méretének meghatározásához a következőképpen számolásokat kell elvégezni. Az energia igény felmérése fejezetben meghatározott fogyasztás és áthidalandó napok számából tudunk kiindulni.

³⁵ <https://sunonbattery.com/guides-lfp-lifepo4-battery/>

	Pillanatnyi fogyasztás[W]	Üzemóra/4nap	Wh/4nap
Hűtőszekrény	170	10	1700
Energiatakarékos izzó	60	12	720
Wifi modem	12	48	576
Laptop töltő	195	16	3120
Telefon töltő	60	8	480
Keringető szivattyú	110	24	2640
Melegítés	900	4	3600
Összesen	607	122	12836

5. táblázat 4 napos villamosenergia igény

Tehát az áthidalandó 4 nap összes fogyasztó által felhasznált teljesítmény érték az 12,836 kWh. Amit továbbiakban figyelembe kell venni a LFP akkumulátoroknál a hatékonyság nem 100%-ezért itt egy 95%-os értéket lehet figyelembe venni, valamint a maximális kisülési értéket akár 80%-ra is választhatjuk.³⁶

Mennyiben ezekkel az értékekkel számolunk, tehát a 12,836kWh elosztjuk a 95%-al a kapott eredményt tovább osztjuk a 80%-os kisülési értékkel és ezt elosztjuk az akkumulátor feszültségével, ami jelen esetben legyen 48V akkor megkapjuk Ah-ban az akkumulátor kapacitás igényét a 4 napra vonatkozó áthidaláshoz.

$$\text{Akkumulátor kapacitás[Ah]} = \frac{12,836kWh * 1,05 * 1,2}{48V} = 351,9Ah$$

Tehát 351Ah kapacitású 48 V-os akkumulátorra van szükségünk a 4 nap áthidalásához.

Ezt mondjuk 48 V-os rendszer esetén 4 db 360Ah-ás akkumulátorokkal lehetne megoldani. Mivel igen ritka az ilyen a kereskedelmi forgalomban így 8 db 180Ah-ás 12 V-os akkumulátort választunk akkor 4-et 4-et sorba kötve és ezeket a soros 48 V-os csoportokat pedig párhuzamosan kötve megkapjuk a 360Ah-és kívánt kapacitásunkat. A Ultramatron akkumulátorokkal van jó tapasztalatom ezért ehhez a gyártóhoz tartozó modellt választottam. ULTIMATRON LIFEPO4 180AH.

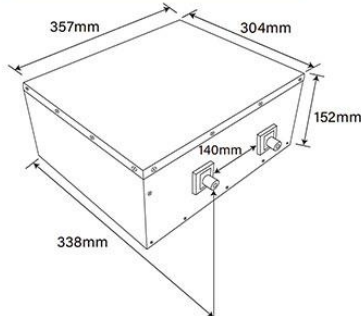
³⁶ <https://unboundsolar.com/solar-information/battery-bank-sizing>

DONNÉES ÉLECTRIQUES	
Tension nominale	12.8 V
Capacité nominale	180 Ah
Capacité @ 36A	300 min
Énergie	2304 Wh
Résistance	≤20 mΩ @ 50% SOC
Auto-décharge	<3% / Mois
Cellules	32700 Cellule 3.2V6Ah

PERFORMANCES DE CHARGE	
Courant de charge Recommandé	20 A
Courant de charge maximum	50 A
Tension de charge Recommandé	14.6 V
Tension de coupure de charge	<15.2 V (0.5 ~ 1.5 s)
Tension de reconnexion	>14.4 V
Tension d'équilibre	<14 V
Batteries maximum en série	4

PERFORMANCES DE DÉCHARGE	
Courant de décharge continu	50 A
Courant de décharge continu maximum	150 A
Courant de coupure de décharge de crête	450 A (5 ~ 15 ms)
Déconnexion basse tension recommandée	10 V
Tension de coupure de décharge	>8.4 V (50 ~ 150 ms)
Tension de reconnexion	>10 V
Protection de court circuit	200 ~ 600 μs

PERFORMANCES MÉCANIQUE	
Dimensions (L x W x H)	357 x 338 x 152 mm
Poids	23.7 kg
Vis de connexion	M8
Bornes de couple	80 ~ 100 in-lbs (9 ~ 11 N-m)
Bluetooth	Bluetooth 4.0 avec application pour smartphone
Boîte Matériel	Métal
Protection	IP65

DIMENSIONS	
	
Dimensions	L357 * W338 * H152 mm

PERFORMANCE DE TEMPÉRATURE	
Température de décharge	-20 ~ 60 °C
Température de charge	0 ~ 45 °C
Température de stockage	-5 ~ 35 °C
Coupure haute température	65 °C
Température de reconnexion	48 °C

CONFORMITÉ	
Certifications	CE UN38.3 UL 1642 & IEC62133
Classification d'expédition	UN 3480, CLASS 9

27. ábra. ULTIMATRON LiFePO4 180AH. adatlapja

28. ábra. ULTIMATRON LiFePO4 180AH képe³⁷

³⁷ <https://www.nautimarket-europe.com/en/Ultatron-LiFePO4-180Ah-12v-24v-48v-9-21kWh-Lithium-battery-bank-BMS-Bluetooth-N51120017411-4>

Ezek a modellek sorolhatóak a kialakításukból adódóan egymásra lehelt őket rakni, illetve, ha kell, polcos rendszerbe lehet őket szervezni. A robosztus fém burkolat mindenféle alkalmazást lehetővé tesz.

10 Összefoglalás

Manapság a függetlenség a környezetvédelem a fenntarthatóság és a megújuló energia egyre többször jelenik meg az életünkben. A szakdolgozat témája egy olyan pár napig a közcélú elektromos hálózattól függetlenül működtethető szigetüzemű napelemes rendszer megtervezése volt, ami akkumulátoros háttértárolóval is fel van szerelve. A manapság még Magyarországon napelemes témában kevésbé hangoztatott öngondoskodás és nem az üzleti alapon megtérülő beruházás megtervezése volt a nemes cél ezen szakdolgozat készítésekor.

Felmérést készítettem a szigetüzem esetén működtetendő eszközökről azok fogyasztásáról és kiszámoltam a néhány napos áthidalandó fogyasztási értékeket.

A rendszer tervezése során figyelembe vettem az adott helyszín elhelyezkedését, ami Szentendre egy völgyében található. Két domb is magasabban van min a tető legmagasabb pontja ezáltal rontva az összes besugárzást. Megvizsgáltam milyen nap járás van az év során az adott ponton. Kiszámítottam az ideálistól eltérő tető miatti termelési veszteséget. Megmértem a tetőre tehető napelem tartó rendszer maximális nagyságát. Megterveztem az adott tetőfelületre rakható tetősíneket az ahhoz tartozó napelem rögzítőkkel együtt. Kiszámoltam a felrakható napelemeket az ahhoz tartozó nagyságok alapján. Cél volt az, hogy a lehető legnagyobb teljesítményű napelemeket alkalmazzuk azért, mert a tető felület elég kicsi, ahova ideálisan kis veszteség nélkül telepíthető napelem. Megvizsgáltam tető leghosszabb felülete, ami 300°-ra néz, tehát napelemes termelés esetén nagyon nem ideális, mekkora veszteséggel kellene számolni a 200°-os tetőhöz képest. Kiszámítottam a várható éves termelést és a további fejlesztési lehetőségeket is számba vettem.

Végül a napelemes rendszer tároló kapacitását mértem fel és számítottam ki és terveztem meg a kereskedelmi forgalomba kapható LiFePo akkumulátorokkal.

A feladatnak egy-egy részfeladatát is bőségesen tovább lehetett volna elemezni, de itt a cél a terv elkészítése volt ahhoz, hogy akár egyéni beruházással is megvalósítható legyen.

A továbbiakban a megvalósíthatóság anyagi oldalát érdemes jobban górcső alá venni és a lehető leggazdaságosabb és minőségben is megfelelő tervet előállítani.

11 Summary

Today, independence, environmental protection, sustainability, and renewable energy appear more and more often in our lives. The topic of the thesis was the design of an isolated solar system that can be operated independently of the public electricity grid for a few days and is also equipped with a battery back-up storage. Self-care, which is still little emphasized in Hungary today about solar panels, and not the planning of an investment that pays off on a business basis, was the noble goal when preparing this thesis.

I made a survey of the devices to be operated in the case of isolated operation and their consumption and calculated the consumption values to be bridged over a few days.

During the planning of the system, I considered the location of the given spot, which is in a valley in Szentendre. Two hills are also higher than the highest point of the roof, thereby worsening all radiation. I checked what is the sun path at that point. I calculated the production loss due to a non-ideal roof angle. I measured the maximum size of the solar panels what can be placed on the roof. I designed the roof rails that can be placed on the given roof surface together with the corresponding solar panel fasteners. I calculated the solar panels that can be installed based on the corresponding sizes. The goal was to use solar panels with the highest possible performance, because the roof surface is small enough, where a solar panel can ideally be installed without small losses. I examined the longest surface of the roof, which faces 300°, so it is not ideal in the case of solar production, how much loss should be expected compared to the 200° roof. I calculated the expected annual production and considered further development opportunities.

Finally, I measured and calculated and designed the storage capacity of the solar system with commercially available LiFePo batteries.

One sub-task of the task could have been further analysed abundantly, but here the goal was to prepare the plan so that it could be implemented even with individual investment.

In the future, the material side of the feasibility should be put under closer scrutiny and the most economical and high-quality plan possible.

12 Felhasznált irodalom

- ¹ [US2402662A - Light-sensitive electric device - Google Patents](#)
- ² **US3278811A** Radiation energy transducing device
- ³ Geliotekhnika, vol. 11, no. 6, 1975; Bordina, N. M., Golovner, T. M.; Zadde, V. V.: Operation of a thin silicon photoconverter under illumination on both sides
- ⁴ US4169738A·1979-10-02 Double-sided solar cell with self-refrigerating concentrator
- ⁵ A. LUQUE, A. CUEVAS and J. M. RUIZ: DOUBLE-SIDED n^+-p-n ÷ SOLAR CELL FOR BIFACIAL CONCENTRATION
- ⁶ A. CUEVAS, A. LUQUE, J. EGUREN and J. DEL ALAMO: HIGH EFFICIENCY BIFACIAL BACK SURFACE FIELD SOLAR CELLS
- ⁷ Mints, Paula (April 2017). "Photovoltaic Manufacturer Capacity, Shipments, Price & Revenues 2016/2017". SPV Market Research. 5.
- ⁸ Jaeger, K: Bifacial MIS inversion layer solar cells based on low temperature silicon surface passivation
- ⁹ C.Z. Zhou; P.J. Verlinden; R.A. Crane; R.M. Swanson; R.A. Sinton: 21.9% efficient silicon bifacial solar cells
- ¹⁰ T Uematsu, K Tsutsui, Y Yazawa, T Warabisako Araki, Y Eguchi, T Joge: Development of bifacial PV cells for new applications of flat-plate modules
- ¹¹ Takahiro Mishima, Mikio Taguchi, Hitoshi Sakata, Eiji Maruyama: Development status of high-efficiency HIT solar cells
- ¹² <http://www.acrux.hu/sun/napenergia.html>
- ¹³ https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/
- ¹⁴ https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/
- ¹⁵ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Albed%C3%B3>
- ¹⁶ <https://greendex.hu/albedo/>
- ¹⁷ <https://education.nationalgeographic.org/resource/air-mass/>
- ¹⁸ [https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_\(solar_energy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_(solar_energy))
- ¹⁹ Gueymard, C.; Myers, D.; Emery, K. (2002). "Proposed reference irradiance spectra for solar energy systems testing". *Solar Energy*. 73
- ²⁰ https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php
- ²¹ <https://gershojenergia.com/napelem-kisokos/optimalis-napelem-elhelyezes/>
- ²² <https://solarsena.com/solar-azimuth-angle-calculator-solar-panels/>
- ²³ <https://solarsena.wpengine.com/best-direction-solar-panel-face/>
- ²⁴ <https://freyrenergy.com/advantages-of-on-grid-solar-system/>
- ²⁵ <https://www.solarreviews.com/blog/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems>
- ²⁶ <https://us.ecoflow.com/pages/off-grid-solar-system>
- ²⁷ <https://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>
- ²⁸ <https://www.napelemek.net/napelemek-rogzitese/>
- ²⁹ https://solfix.hu/hodfarkuszeles?gclid=Cj0KCQiA67CrBhC1ARIsACKAa8TzV0hs_L56UdKMB10F-M8z_H62lmDeftrRj4EzoyhbZ8APCrLMJccaAvEhEALw_wcB
- ³⁰ <https://solfix.hu/>
- ³¹ <https://unboundsolar.com/solar-information/battery-bank-sizing>

³²<https://www.nautimarket-europe.com/en/Ultimatron-LiFePo4-180Ah-12v-24v-48v-9-21kWh-Lithium-battery-bank-BMS-Bluetooth-N51120017411-4>