

# **SZAKDOLGOZAT**

**Várnai Tamás**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Energiagazdálkodási szakmérnök Szak**

**Családi házak villamos szükség energiaellátása napenergia  
felhasználásával**

<b>Belső konzulens:</b>	Dr. Schrempf Norbert Attila Egyetemi docens
<b>Intézet/Tanszék:</b>	Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék
<b>Külső konzulens:</b>	Atzél Viktória Veltakor-Geo Kft., cégvezető
<b>Készítette:</b>	Várnai Tamás

**Gödöllő**  
**2024**

**MŰSZAKI INTÉZET ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS ENERGETIKAI TANSZÉK**  
**Energiagazdálkodási specializáció**

**SZAKDOLGOZAT**

feladatlap

*Várnai Tamás (TCNND8)*

részére

**A szakdolgozat címe:**

**Családi házak villamos szükség energiaellátása napenergia felhasználásával**

**Feladatkiírás:**

Ismertesse a napalemes villamos energia termelő rendszerek főbb típusait, térjen ki azok elemeire. Egy átlagos családi ház esetében azonosítsa a „folyamatos üzem” szempontjából kiemeltnek tekinthető fogyasztókat. A saját családi házában azonosított kiemelt fogyasztókra méretezzen egy napenergiát felhasználó vészhelyzeti mini off-grid rendszert. (Esetlegesen egy működő rendszer bemutatása, további felhasználási lehetőségek felvázolása.)

**Közreműködő tanszék:** MATE Műszaki Intézet Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

**Külső konzulens:** *Atzél Viktória, Veltakor-Geo Kft., 8097 Nadap, Szabadság u. 10.*

**Belső konzulens:** *Dr.Schrempf Norbert Attila egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet*

**Beadási határidő:** 2024. április hó 22. nap

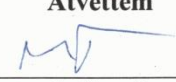
Gödöllő, 2024. március hó 9. nap

**Jóváhagyom**

  
\_\_\_\_\_  
(tanszékvezető)


  
\_\_\_\_\_  
(szakfelelős)

**Átvettem**

  
\_\_\_\_\_  
(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. hó 04. 17 nap

  
\_\_\_\_\_  
(külső konzulens)

# Tartalom

1.	Bevezetés.....	6
2.	Napelemes rendszerek főbb típusai.....	7
2.1.	Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt napelemes rendszer.....	7
2.2.	Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid üzemű napelemes rendszer.....	8
2.3.	Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid rendszerű, szigetüzemre is alkalmas napelemes rendszerek.....	9
2.4.	Szigetüzemű rendszerek.....	11
3.	Napelemes rendszerek elektromos berendezései .....	12
3.1.	Napelemek .....	12
3.1.1.	Amorf szilícium napelemek .....	14
3.1.2.	Monokristályos napelemek .....	14
3.1.3.	Polikristályos napelemek.....	15
3.1.4.	Hibrid napelemek .....	16
3.1.5.	N-típusú napelemek .....	16
3.2.	Inverterek .....	18
3.3.	Töltésvezérlők.....	21
3.4.	Akkumulátorok.....	22
3.4.1.	Savas ólomakkumulátor .....	23
3.4.2.	Alkáli akkumulátorok.....	23
3.4.3.	Lítium akkumulátorok .....	24
3.5.	Egyéb passzív elemek .....	25
4.	Szigetüzemű rendszerek elvi méretezése .....	26
5.	Szigetüzemű rendszer méretezése.....	27
5.1.	Kiemelt fogyasztók egy átlagos családi házban.....	28
5.2.	Kiemelt fogyasztók a méretezendő családi házban .....	29
5.3.	Felhasználás helyén jelentkező energiaigény.....	30
5.4.	Rendszerfeszültség és töltésvezérlő meghatározása .....	31
5.5.	Akkumulátor méretezése .....	33
5.6.	Inverter kiválasztása .....	36
5.7.	Napelemek méretezése.....	37
5.8.	Töltésvezérlő ellenőrzése .....	41
5.9.	Akkumulátorok ellenőrzése.....	42
5.10.	Rendszerkialakítás .....	42

5.11.	MPPT töltésvezérlő méretezése .....	43
6.	Szükség energiaellátó rendszer .....	45
7.	Összefoglaló.....	52
8.	Irodalomjegyzék .....	54
9.	Ábra és táblázat jegyzék.....	57
9.	Melléklet.....	58

## 1. Bevezetés

Napjainkra a villamos energia életünk szerves részévé vált, bárhol körbenézünk, mindenhol azt látjuk, hogy számtalan villamos energiával működő berendezés igyekszik megkönnyíteni a mindennapi életünket. A villamos energia és az elektromos berendezések által nyújtott komfort nagyon könnyen megszokható, amikor viszont valami okból kifolyólag egyik másik szolgáltatás rövid időre kiesik borzasztóan tud hiányozni a korábbi komfort. A háztartásunkban lévő villamos fogyasztók száma csak növekszik és növekszik, mondhatjuk, hogy a villamos energia sokrétű felhasználhatósága miatt lett napjainkban a leggyakrabban felhasznált energiafajta. Korábban csak világításra illetve pár háztartási gép működtetésére használták, manapság szinte mindent villamos energia működtet a háztartásunkban. Megjelentek a nagy fogyasztók, mint például az indukciós főzőlapok vagy az elektromos fűtőpanelek, de akár említhetjük a „H” tarifával működtetett hűtő-fűtő klímákat illetve a hőszivattyúkat. Ezek a berendezések mind jelentős mennyiségű elektromos energiát igényelnek. Ha nézzük a mérleg másik oldalát, az országos villamos energiatermelést, sajnos nem tudunk beszámolni a növekvő igényekkel egyensúlyt tartani képes termelő kapacitásnövekedésről. A hazai termelésen felüli részt importból kell fedeznünk. Termelési oldalon elmondható, hogy jelentősen növekedett a napenergiával megtermelt rész, ami jó, de egyben kihívásokat is jelent. A szakaszosan rendelkezésre álló napenergia hálózat kiegyenlítési kihívásokat jelent, valamint a megtermelt napenergiát továbbítani képes hálózat meglétét követeli, ezért az áramszolgáltatók jelentős hálózat bővítésbe kezdtek. Egyes hálózati bővítések a lokális hálózatokon fellépő villamos energia kimaradások nélkül nem végezhetőek el. Továbbá a megnövekedett energiaigény miatti esetleges hálózat túlterhelések is okozhatnak átmeneti áramszünetet. Nyilván ezek az esetleges kimaradások az ország egyes részein eltérő gyakorisággal illetve valószínűséggel jelentkezhetnek, de eshetőségükkel feltétlen számolni kell. Az áramszünetek valószínűségét napjaink szélsőséges időjárása is tovább növelheti.

A fentiekből kiindulva úgy gondolom egy otthoni egyszerű vészhelyzeti energiaellátó rendszernek lehet létjogosultsága napjainkban. Ezen szakdolgozati téma választásában személyes tapasztalat is inspirált. Az esetleges kimaradásokra fel kell készülni a zavartalan itthoni munkavégzés illetve a családi ház által nyújtott komfort megőrzése érdekében.

## **2. Napelemes rendszerek főbb típusai**

A napenergia legelterjedtebb hasznosítási formája a villamos energia előállítás. Az így előállított villamos energia az adott épület teljes vagy részleges szükségletét is fedezni tudja. A napelemes rendszerek típusát és kialakítását a helyi felhasználási igény és a rendszer áramszolgáltatói hálózathoz való kapcsolódása alapján a következő négy típusba sorolhatjuk:

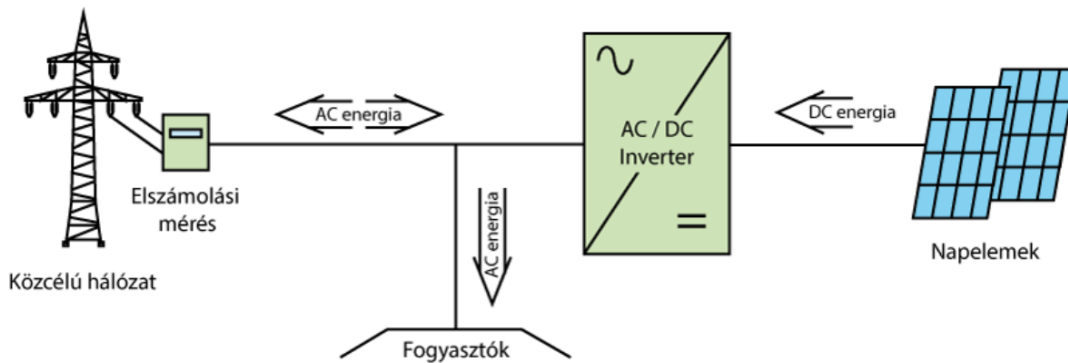
- Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt rendszer.
- Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid rendszer.
- Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid rendszerű, de szigetüzemre is alkalmas rendszer.
- Szigetüzemű napelemes rendszer.

### **2.1. Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt napelemes rendszer**

Hazánkban az eddig megvalósult háztartási méretű kiserőművek (HMKE) döntő többsége hálózatra kapcsolt napelemes rendszer. A kialakítás lényege, hogy az adott háztartás villamos energiaszükségletét minél nagyobb mértékben ki tudja elégíteni a napelemes rendszer. Amennyiben a rendszer többletermeléssel rendelkezik, azt a hálózatba vissza tudja táplálni, ezáltal extra bevételhez juthat az adott háztartás. Az áramszolgáltatói hálózathoz történő csatlakozás, a törvényi szabályozásban előírt átvétel és az éves szaldós elszámolás lehetőségeinek köszönhetően, a napelemes rendszerrel ellátott háztartások logikailag az országos villamos hálózatot ingyenes energiatároló eszközként tudják használni (mint egy képzeletbeli akkumulátor). Az így értelmezett virtuális tároló jelentős kapacitása mellett kitűnő hatásfokkal képes az energiát jelentős ideig tárolni, vagyis olyan speciális tárolóként tudjuk használni az országos villamos energia hálózatot, melynek segítségével nem csak a napközben megtermelt energiát raktározhatjuk el a napelemes termelés kiesése alatti időszakra, hanem a nyáron előállított energiát is téli felhasználásra. Nagy előnye a rendszernek, hogy nem igényel helyi energiatárolót, így a kiépítési költségei alacsonyak, karbantartási költségei pedig minimálisak. Ez persze csak virtualitás, természetesen ez a funkció csak a háztartás szempontjából nézve fogható fel virtuális tárolónak és előnyösnek, ezen állapot fenntartása szolgáltatói oldalról igen komoly erőfeszítéseket kíván, illetve a szolgáltatók fizetik meg az árát a háztartások „kényelmének”. A megnövekedett átviteli igények új beruházásokat, hálózatbővítéseket követelnek a szolgáltató részéről. Továbbá jelentős hálózat szabályozási kihívásokat is támaszt a rendszerirányítóval szemben, hiszen

fenn kell tudni tartani a termelés és fogyasztás egyensúlyát. Ezért módosításra is került a jelen szabályozási rendszer. Amennyiben az áramszolgáltatói hálózatban áramszünet van, akkor az inverter biztonsági okokból azonnal letilt. Hiába érkezik villamos energia a napelemek felől a hálózatra kapcsolt napelemes rendszerrel felszerelt háztartásban nem lesz áram, mert az inverter nem működik a hálózat hiánya esetén. (http10)

2.1. ábra Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt napelemes rendszer tipikus kialakítása  
(Forrás: [naplopo.hu](http://naplopo.hu))



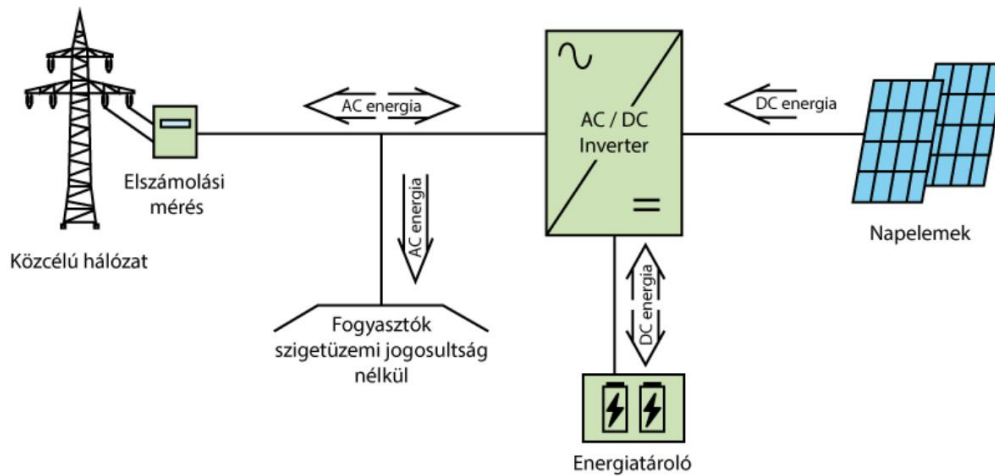
## 2.2. Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid üzemű napelemes rendszer

A hibrid napelemes rendszerek már képesek eltárolni a napközben megtermelt villamos energiát a beépített akkumulátornak köszönhetően, így napsütésmentes időszakban az áramszolgáltatói hálózatból csak a helyben eltárolt energia felhasználása után történik a vételezés. A helyi tároló feltöltése után a megtermelt energiát az áramszolgáltatói hálózatba táplálják vissza. A rendszer előnye, hogy kisebb részarányban kerül a helyben megtermelt energia visszatáplálásra az áramszolgáltatói hálózatba, ezzel is csökkentve a napenergiás rendszerek szolgáltatói hálózatra gyakorolt hatását. A hibrid üzemet támogató invertek már bekerültek az áramszolgáltatók által elfogadott és engedélyezett készülékek közé, tehát telepíthetők, használhatók. A 2024 elején indult napelem plusz program keretében is ilyen rendszer kiépítéséhez lehet vissza nem térítendő állami támogatáshoz jutni. Amint a szolgáltatói hálózatban áramszünet lép fel az inverter itt is biztonsági okokból lekapcsol, tehát a helyi tároló kapacitás ellenére nem képes áramszünet esetén energiát szolgáltatni a háztartás számára. (http11)



2.2. ábra Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid üzemű napelemes rendszer tipikus kialakítása

(Forrás: [naplopo.hu](http://naplopo.hu))



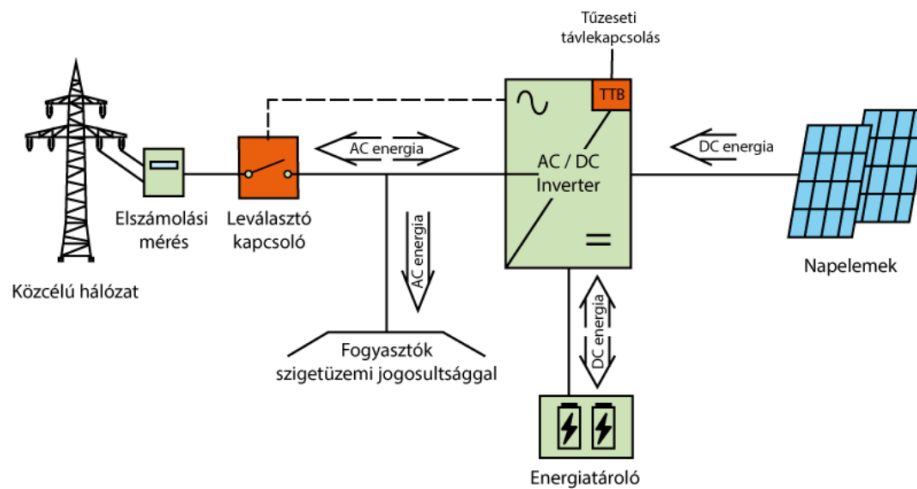
### 2.3. Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid rendszerű, szigetüzemre is alkalmas napelemes rendszerek

Ezekkel a sziget üzemben is működni képes rendszerekkel lehetne elérni a maximális villamos energiabiztonságot a háztartásokban. A rendszer működése hasonló a hibrid rendszerekéhez, itt is a napelem által megtermelt elektromos energia helyben történő felhasználása az elsődleges szempont. A helyi energia tárolót tölti fel elsőnek a napelemes rendszer, amennyiben a napelemek által termelt többlet energia helyben nem kerül felhasználásra, azt a hálózatra táplálják vissza. A beépített leválasztó kapcsolónak köszönhetően a rendszer képes leválni az áramszolgáltatói hálózatról és sziget üzemben működni, így a rendszer áramszünet esetén is képes ellátni az adott háztartást villamos energiával a helyi energiatárolóból, illetve képes a napelemek által termelt energiát is a helyi háztartás ellátására felhasználni.

Jelen kialakítás sajnos hazánkban még nem használható, még nem engedélyezett. A szolgáltatói hálózatról történő biztonságos leválasztásra már megvolnának az eszközök, de a hálózati engedélyes jóváhagyása még hiányzik. Az ilyen rendszerek használata esetén meg kell oldani az inverter biztonságos leválasztását a hálózatról áramszünet esetén az áramütések elleni védelmet és a tüzeseti lekapcsolást is. ([http12](http://12))

2.3. ábra Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid rendszerű, szigetüzemre is alkalmas napelemes rendszer tipikus kialakítása

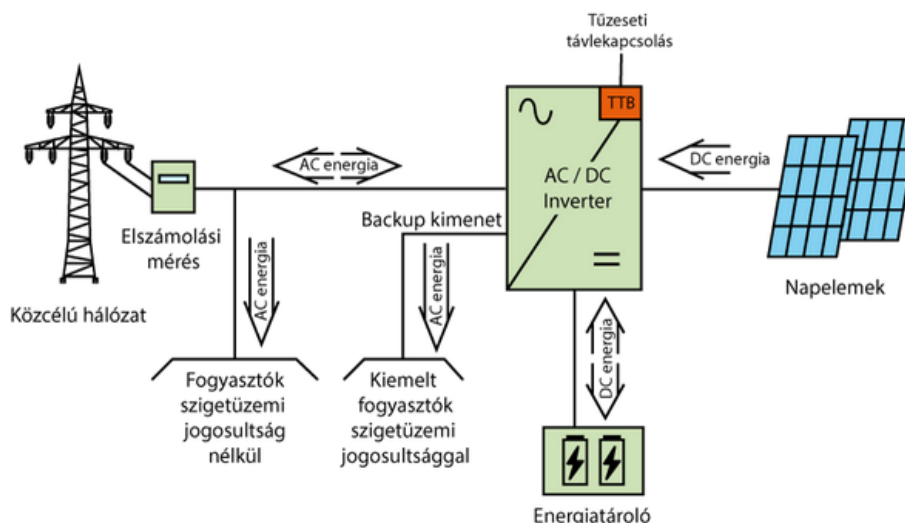
(Forrás: [naplopo.hu](http://naplopo.hu))



Lehetőség van a fogyasztók egy szűk csoportjának energiával történő ellátására áramszünet esetén, ha a hibrid üzemre alkalmas inverter rendelkezik vészhelyzeti vagy úgynevezett backup kimenettel. Az ide kapcsolt fogyasztók áramszünet esetén is kapnak áramot a helyi tárolónak köszönhetően. Biztonsági okokból az inverternek meg kell oldani a backup kimenet szakszerű leválasztását az áramszolgáltatói hálózatról. Ez a leválasztás az inverteren kívül is lehetséges egy úgynevezett tartalékolást megvalósító leválasztó doboz, vagyis backup box segítségével, amit az inverternek kell vezérelnie. Az áramszolgáltatói hálózat biztonságos leválasztása körül esetlegesen felmerülő biztonsági kockázatok miatt az áramszolgáltatók még nem engedélyezik ezen kialakítás használatát a hazai rendszerekben.

2.4. ábra Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid rendszerű, szigetüzemre is alkalmas napelemes rendszer backup kimenettel

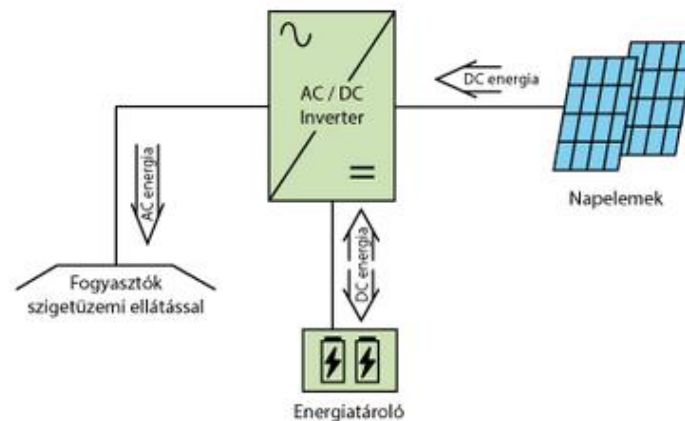
(Forrás: [naplopo.hu](http://naplopo.hu))



## 2.4. Szigetüzemű rendszerek

A szigetüzemű napelemes rendszerek a helyi áramszolgáltatói hálózattal nem állnak közvetlen kapcsolatban. Az esetek többségében olyan helyeken telepítik őket, ahol nem is áll rendelkezésre áramszolgáltatói hálózat. Korábban a szigetüzemű rendszerek voltak a legelterjedtebben használt rendszerek, a napelemes rendszereket eredetileg erre az üzemmódra találták ki. A kialakítás lényege, hogy a napelem által termelt energiát egyszerűen akkumulátorokban tárolja el, majd szükség esetén innen kerül felhasználásra. A szigetüzemű rendszerek teljesítménye jellemzően alacsony volt korábban, tipikusan 1kW alatti rendszereket kell elképzelni. (A mai akkumulátorok fejlődésével ez az érték akár 10kW nagyságú is lehet.) A napsütés szakaszosan áll rendelkezésre, ezért körültekintően kell megtervezni a rendszert, hogy mindig kellő energia álljon rendelkezésre az akkumulátorokban. A legelső alkalmazásuk az úrkutatáshoz kapcsolható, a világűrbe juttatott eszközök részleges energiaellátását is egy szigetüzemű napelemes rendszer szolgáltatja. A hétköznapiakban kisméretű szigetüzemű rendszereket eleinte utcai automatáknál alkalmazták például ahol túl költséges volt kiépíteni az elektromos hálózatot. Találkozhatunk napelemes rendszerekkel kisebb hajókon és lakókocsikon. Elterjedtek olyan tanyákon is, ahol nincs elérhető áramszolgáltatói hálózat, katonaságnál is alkalmazzák kitelepülések alkalmával. Sajnos a napenergia jellemzője, hogy szezonális jelleggel áll rendelkezésre. Ezen jellege miatt a rendszert nem egyszerű méretezni illetve a rendszer kiépítése nem olcsó a tárolókapacitás miatt, akár 30-50%-al drágább is lehet, mint egy hasonló teljesítménnyel rendelkező hálózatra visszatáplálni képes rendszer. A sziget üzemű napelemes rendszerek esetében létezik olyan kialakítás is, ahol lehetőség van a rendszer töltésére az áramszolgáltatói hálózatról abban az esetben, ha az akkumulátorok töltöttségi szintje alacsony és nem áll rendelkezése napenergia. Amennyiben nem áll rendelkezésre áramszolgáltatói hálózat szükség esetén aggregátorral is tölthetőek az akkumulátorok, amennyiben hosszabb ideig nem tudnak termelni energiát a napelemek. (Michael D., 2012), ([http13](#))

2.5. ábra Szigetüzemű napelemes rendszer tipikus kialakítása  
(Forrás: [naplopo.hu](http://naplopo.hu))



### 3. Napelemes rendszerek elektromos berendezései

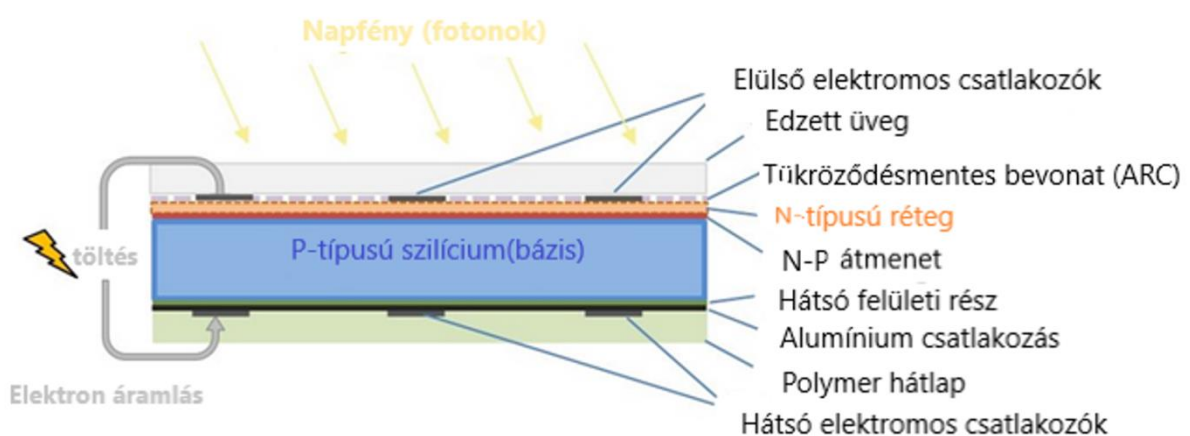
Napelemes rendszerekkel történő villamos energia előállításához a napelemeken kívül egyéb kiegészítő berendezésre is szükségünk van, ilyenek lehetnek az inverterek, töltésvezérlők, akkumulátorok és villamos szerelvények. A felépített rendszertől azt várjuk, hogy energiát termeljen, de a termelt energia mennyisége nem csupán a rendszer fizikai berendezéseitől függ. Egy hagyományos erőművi energiatermelés esetében a napsugárzás intenzitását például nem kell figyelembe venni, mert a rendszer ettől független. A napelemes rendszereknél figyelembe kell venni úgynevezett nem eszköz jellegű elemeket az energiahozam szempontjából, ilyenek lehetnek a besugárzás viszonyai, a helyi időjárás körülményei, tereptárgyak hatása, hőmérséklet és még az egyes eszközök időbeli stabilitásai is. A vészhelyzeti rendszerek szempontjából a szükséges energia csak töredéke egy egész háztartást ellátni képes rendszer teljesítményének ezért jelen dolgozat terjedelmi korlátai miatt a nem eszköz jellegű tényezők ismertetésétől eltekintek. Az alábbi fejezetekben a rendszert felépítő elektromos berendezések kerülnek ismertetésre. (Véghely T., 2012)

#### 3.1. Napelemek

A napelem egy olyan félvezető eszköz, ami a napfény, vagyis a rá érkező fotonok energiáját képes villamos egyenárammá alakítani. A cellák alapanyaga a félvezetők gyártásából is jól ismert szilícium, amit különböző anyagokkal szennyeznek. Egy egyszerű teljesítmény tranzisztor is képes napelemként viselkedni, ha leszedjük a tokozáson található kalapot. N-

típusú napelemek esetén a gyártás során foszfort adalékolnak a szilíciumhoz (elektron többlet keletkezik), míg P-típusú napelemek esetében bórt (elektron hiány keletkezik). A napelemes fejlesztés az P-típusú irányába mozdult el, mert ezek a típusok kevésbé érzékenyek a kozmikus hatásokra. A napelemek működésének a lényege egy szilíciummal megvalósított P-N átmenet. A P-típusú celláknál egy vastagabb P-rétegre (azaz bórral enyhén szennyezett) visznek fel egy vékonyabb N-típusú (vagyis foszforral enyhén szennyezett) réteget. Az így kialakított szerkezetet mutatja a 3.1. ábra.

3.1. ábra P-típusú szilícium napelem cella felépítése  
(Forrás: [cleanenergyreviews.info](http://cleanenergyreviews.info), szerkesztett)



A P-rétegben a bórral történő szennyezésnek köszönhetően elektronhiány fog fellépni, míg az N-rétegben foszforral történő szennyezés miatt többlet elektronok lesznek. A két réteg határán az elektronok és a lyukak rekombinálnak és az elektron illetve a lyuk, mint szabad töltéshordozó megszűnik. A napelemre beeső megfelelő hullámhosszúságú és intenzitású fény a vékony N rétegen keresztül eljut a P-N átmenet zónájába, a beérkező fotonok energiájukat átadják az anyagban lévő elektronoknak, melyek kimozdulnak helyükről. Az elmozduló elektronok helyén lyukak keletkeznek, melyek szintén képesek elmozdulni. Tehát a foton által okozott gerjesztés következtében az elektronok a negatív, a lyukak a pozitív irány felé kezdenek el vándorolni és így jön létre az elektromos tér és az ebből adódó feszültség.

Elemi cellák összekapcsolásával hozható létre egy napelem tábla, a kezdeti időkben tipikusan 60 cellát kapcsolnak össze, de ez manapság gyártó és technológiától függő lett (például félcellás napelem). A napelem cellákat gyártástechnológiájuk alapján különböztethetjük meg, az alábbi négy fő típus létezik:

- Amorf szilícium vagy vékonyfilm napelem
- Monokristályos napelem
- Polikristályos napelem

- Hibrid napelem

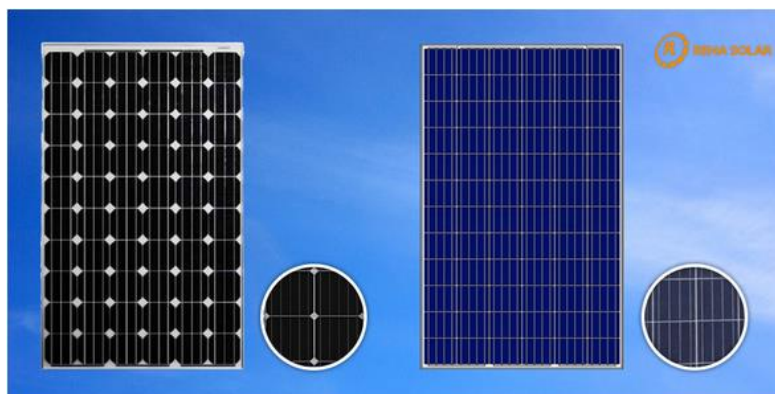
### 3.1.1. Amorf szilícium napelemek

Amorf szilícium vagy vékonyfilm napelemek esetében a hordozóra egy vagy több fázisban gőzöléssel viszik fel a kristály réteget. A vékony rétegből fakadóan könnyebb panelt tudnak gyártani, de ennek a vékony rétegnek van egy hátránya is, mégpedig az alacsonyabb hatásfok. Az így készített panelek hatásfoka 6-12% körül mozog. A technológia előnye, hogy hajlékony napelemeket is tudnak készíteni, vagyis egyszerűen hordozható panelek is előállíthatóak. A vékonyfilm napelemek hátrányaként említhető még, hogy élettartamuk rövidebb, mint a monokristályos vagy polikristályos napelemeknek. (Michael D., 2012), (http5), (http6)

### 3.1.2. Monokristályos napelemek

A monokristályos (egykrystalys) napelem az egyik legelterjedtebb napelem típus, amit használnak, celláit növesztéses eljárással készítik. Első lépésben egy teljesen homogén szerkezetű rudat készítenek, majd ezt a rudat vékony szeletekre vágják. Mivel ennek a rúdnek a keresztmetszete kör alakú, ezért még további alakításon kell átesnie. Ha kör alakú napelemes cellákat használnánk, akkor nagyon rossz lenne a helykihasználásuk a panelen. A celláknak az oldalát levágják, úgynevezett álnégyzet alakúak lesznek, így nagyságrendekkel jobb lesz a panelen a helykihasználásuk. A panelen lévő egyes cellák találkozásánál kis kihasználatlan felületek maradnak csak, a sötét fényelnyelő színén kívül ez a tipikus ismertető jele a monokristályos napelem paneleknek. A 3.2 ábra bal oldalán egy ilyen napelem és cella látható.

3.2. ábra Mono- és polikristályos napelem megjelenésbeli eltérése, a szilícium cellák formája miatt  
(Forrás: [renasolar.hu](http://renasolar.hu))



Mivel az egykrystalys előállítása nem egyszerű, ezért gyártási költsége valamivel magasabb a polikristályos cellához viszonyítva. Ennek a cellatípusnak a hatásfoka 18-20%, ami a gyártás

során kialakított egykristálynak köszönhető. Minden napelem az idő múlásával veszít teljesítményéből, ennél a típusnál ez az érték 0,3 – 0,8% évenként, tipikusan 0,5%-al szoktak kalkulálni. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy várhatóan 20 év elteltével esik le az eredeti teljesítmény 90%-ra. Ez a paraméter azért fontos, mert a termelt energia mennyiségét ez az érték hosszú távon befolyásolja, ezért ezzel is kell számolni a hozam kalkulációkban illetve a rendszerek méretezése során. A cellák élettartama típus és gyártófüggő, de akár a 30 évet is elérheti. További termelést befolyásoló paraméter a panelek hőfokfüggése, ahogyan a környezeti hőmérséklet emelkedik, a panelek hatásfoka egyre jobban romlik (1 °C növekedés 0,4% hatásfok csökkenést okoz). Ez a paneltípus a szórt fényt nem túl jól tudja hasznosítani, ezért hiába jó a teljesítmény és panelméret aránya, ez a tulajdonsága rontja a hatásfokát. Egy napelem cella tipikus feszültsége 0,55 V, teljesítménye hozzávetőlegesen 5W. (Véghely T., 2012), ([http2](#)), ([http6](#)), ([http8](#))

### **3.1.3. Polikristályos napelemek**

Polikristályos napelem a második legnépszerűbb típus, cellái nem homogén eloszlásúak. A gyártás során az olvadt szilíciumot téglékbe öntik és a lehűlés során a kristályosodási folyamat több pontból indul ki, ezért nem alakul ki a szilícium egykristály. Az így kapott rudat felszeletelik négyzet alakú cellákra. Egy tipikus polikristályos napelemet és egy cellát mutat a 3.2 ábra jobb oldala. A napelemtáblán található cellák közt nincs kihasználatlan terület és a cellák színe is világosabb, kékesebb, e két jellemző alapján ismerhető fel az adott napelem típus könnyedén. Gyártási technológiából kifolyólag ezek a típusú panelek kicsit olcsóbbak a mono panelekhez viszonyítva. Hatékonyságuk valamivel alacsonyabb, mert a cella anyagában szemcsehatárok vannak, de még így is 14 – 18%. Az alacsonyabb hatásfokot kompenzálja az a tulajdonsága, hogy a szórt fényt jobban tudja hasznosítani, mert az egyes kristályok nem feltétlen tökéletesen illeszkednek egymáshoz, mint a mono celláknál. Ez a cellatípus is veszít a teljesítményéből idővel, ennek értéke is hozzávetőlegesen 0,5% körül van. A panel élettartalmát tekintve a gyártók szintén 25-30 évet jósolnak. Ennek a típusnak is csökken a teljesítménye a hőfok emelkedésével, ez az érték 0,43%/°C. Mivel a cellák hatásfoka kicsivel a mono típus alatt van ezért azonos szolár teljesítmény esetében nagyobb tetőfelületet foglal el. Jellemzően a monokristályos és polikristályos napelemek között nincs számottevő eltérés, mindkét típus használható. Egy napelem cella tipikus feszültsége 0,53 V, teljesítménye hozzávetőlegesen 4,5W. (Véghely T., 2012), ([http2](#)), ([http5](#)), ([http6](#)), ([http8](#))

### 3.1.4. Hibrid napelemek

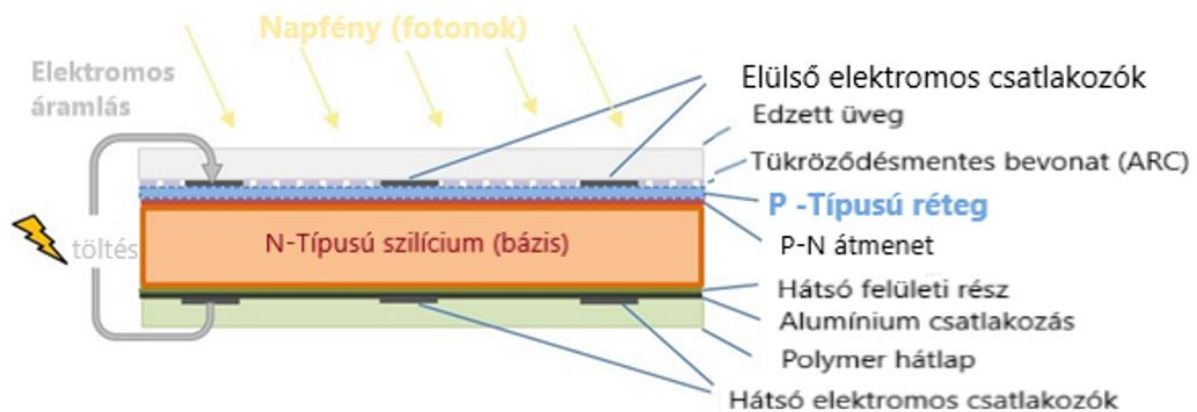
A napelemek olyan cellákból épülnek fel, ahol két technológiát ötvöznék. Egy olyan szendvics szerkezet, amit két oldalról amorf vékony film szilícium határol és közte kristályos szilícium cella található. Ezzel az eljárással felépített cellát HJT, vagyis heterojunction cellának is nevezik. A hatásfoka a 19%-ot is elérheti, viszont a technológiából fakadóan az ára a két legjobban elterjedt cellatípus fölött van, így nem nagyon elterjedt cellatípus. A továbbfejlesztett N-típusú HJT cellák hatásfoka már elérheti a 22%-ot is. (http5), (http16)

### 3.1.5. N-típusú napelemek

A kutatók a hatásfok növelése érdekében ismét az N-típusú cellák felé fordultak, azokat kezdték el ismét fejleszteni, így már megjelent a piacon pár második generációs napelem modul. Előállítási költségeik még magasabbak a korábbi technológiához viszonyítva, de hatásfokuk jobb és kevésbé csökken a panelek teljesítménye ez idő múlásával.

3.3. ábra N-típusú szilícium napelem cella felépítése

(Forrás: [cleanenergyreviews.info](http://cleanenergyreviews.info), szerkesztett)

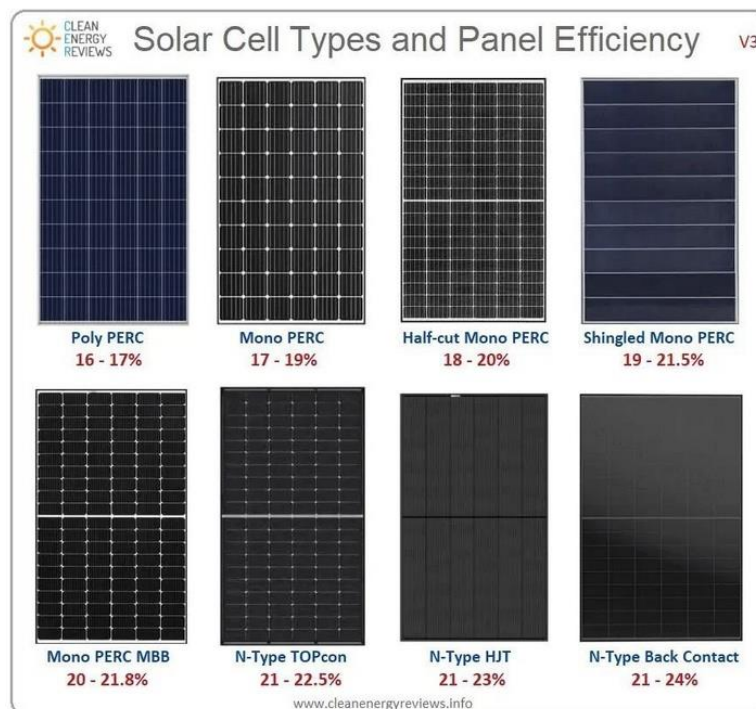


A 3.3 ábrán egy N-típusú cella felépítését láthatjuk a vastag N és vékonyabb P réteggel. Az így előállított cellák hőmérsékletfüggése is javult. Napjainkra sikerült elérni a napelemek hatásfokával a 23%-os értéket a korábbi 15%-al szemben. Ez egy szabványos méretű napelem panel esetében azt jelenti, hogy a korábbi 250W megnövekedett 440W körüli értékre, vagyis a cellák teljesítménye jelentősen javult az évek során. A 3.4. ábrán az egyes technológiák szerinti napelem panelek hatásfokát láthatjuk.



### 3.4. ábra Az egyes napelem típusok hatásfoka

(Forrás: [cleanenergyreviews.info](http://cleanenergyreviews.info))



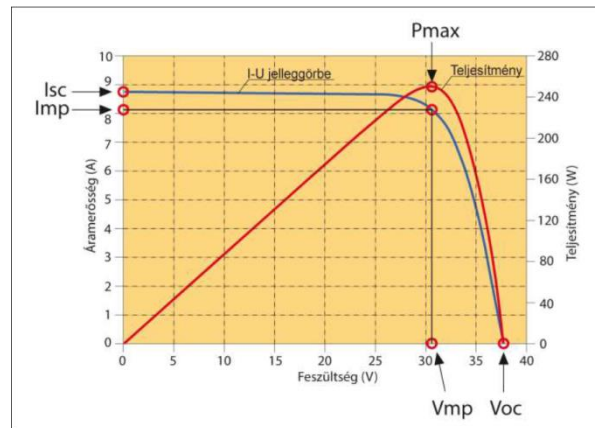
Az egyes napelem panelek hatékonyságát két fő dolog határozza meg. Az egyik maga a cellák hatékonysága, ami ugye a gyártási technológiától függ, a másik tényező pedig a cellák panelen történő elhelyezése, illetve egymáshoz történő kapcsolási módja. A fenti ábrán a felső sorban látható napelem panelek hatékonyságát a PERC technológiával növelték. A cella hátoldalára felvisznek egy fényvisszaverő réteget, aminek köszönhetőek hozzávetőlegesen 6%-al nagyobb lesz a cella hatásfoka. Ha a cellákat félbevágva helyezik el a napelem táblán szintén növelni tudják a panel teljesítményét. A panel ellenállási vesztesége csökken, maga a cella hőmérséklet is alacsonyabb lesz, illetve az áram útja is rövidebb a gyűjtő buszokon. Az MBB technológia szintén javítja a hatásfokot. A panelen a cellák termelte energiát gyűjtősínek szedik össze és továbbítják a panel kapcsai felé. Több gyűjtősínnel hatékonyabban termel a napelem, mert az elektronoknak rövidebb utat kell megtenni a sínig. A TOPcon (Tunnel Oxide Passivated Contact ) típusú celláknál egy addicionális rétegnek köszönhetően a cella belső veszteségei tovább csökkennek. A legnagyobb hatásfoka azoknak a napelemtábláknak van, ahol a cellák hátulsó felén van a gyűjtősín (Back Contact), itt még kevesebb az árnyékolási veszteség. (A Longi solar 2023-ban rekordot állított fel a HJT és a Back Contact ötvözésével elértek 27,09% - os hatásfokot.)

A különböző gyártóktól származó és eltérő technológiával készült napelem panelek hatásfokát összehasonlítani csak akkor lehet, ha egységes rendszert dolgoznak ki. Erre találták ki a STC (Standard Test Circumtances) által definiált környezeti feltételeket. A beérkező napsugárzás  $1000 \text{ W/m}^2$ , cellahőmérséklet  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , a légtömeg tényező pedig  $AM=1,5$ . Az eltérő gyártóktól származó, de egységes feltételekkel minősített napelem panelek már összehasonlíthatóak egymással.

A napelemek esetében a panelek teljesítménye alatt a maximális (peak) panel teljesítményét értik és  $W_p$ -vel jelölik. Meghatároznak még munkaponti feszültséget és áramot, ezeket a panel munkapontjában, a maximális teljesítmény leadása mellett mérhetjük,  $V_{mp}$ -vel és  $I_{mp}$ -vel jelölik. Továbbá értelmezhetünk üresjárati feszültséget  $V_{oc}$  és rövidzárlati áramot  $I_{sc}$  is.

3.5. ábra Napelem panel optimális működési tartománya, maximális munkapontja ( $P_{max}$ )

(Forrás: Naplopo Kft. órai előadás anyaga)



Minden esetben arra kell törekedni, hogy a napelem panel a maximális munkapontjában ( $P_{max}$ ) üzemeljen a kivethető energiatermelés maximalizálása érdekében. (Varga P., 2021), ([http7](#)), ([http16](#))

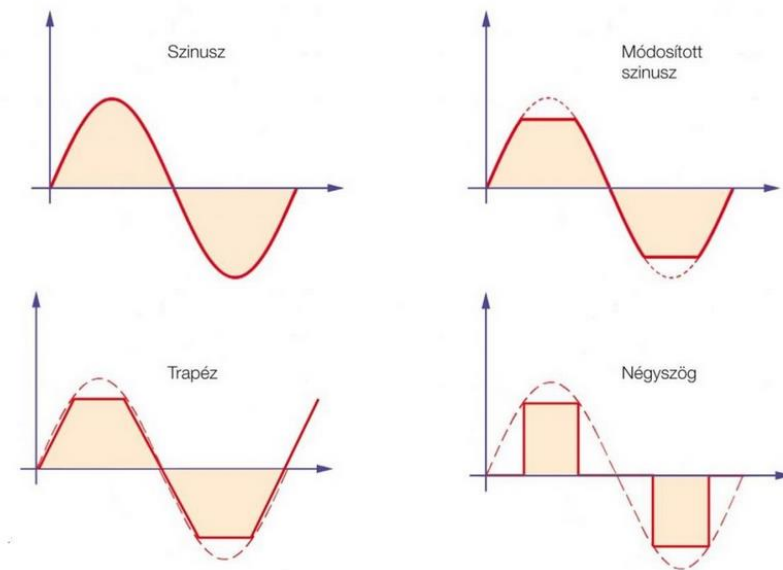
## 3.2. Inverterek

A napelemes rendszerek egyik legfontosabb eleme az inverter. Hálózatra kapcsolt rendszerek esetében a napelemek által előállított ingadozó feszültségű és áramerősségű egyenáramot (DC) átalakítja a szolgáltató hálózat által megkívánt szabványnak megfelelő feszültségű és frekvenciájú váltakozó árammá (AC), ezzel lehetővé téve a visszatáplálást illetve a helyben történő felhasználást egyaránt. Ezen kívül a rendszerrel kapcsolatos adatok gyűjtését és a hozzá kapcsolt napelemek felügyeletét valamint védelmi feladatokat is képes ellátni. Szigetüzemű rendszerek esetében az inverter a DC akkumulátorokhoz közvetlen csatlakozik

és ezt az egyenáramot alakítja át szabványos feszültségű és frekvenciájú kimeneti jellé. Az invertereket főbb jellemzőik alapján lehet osztályozni, ezek lehetnek az üzemmód, a kimenő jelalak, a berendezés teljesítménye, feszültség és a fázisok száma. Üzemmódjuk szerint léteznek szigetüzemű és hálózatra tápláló inverterek. A hálózatra tápláló csoporton belül vannak olyanok, amik csak visszatáplálni képesek és vannak olyanok, amik képesek a backup funkciót részben vagy egészben megvalósítani. Az inverterek kimeneti jelalakja nagyon fontos paraméter, lehetnek tiszta szinuszos, módosított szinuszos trapéz illetve négyszög kimeneti jelalakokkal rendelkező inverterek. Teljesítmény szempontjából is számos típus létezik az 1 – 3 kW-os berendezésektől az 50 – 100 kW-os készülékekig. A háztartásokban a kis teljesítményű invertereket használják, ez tipikusan 5 – 20 kW közti tartomány. Az 5 kW teljesítményig még léteznek 230V egyfázisú inverterek, de a hálózati engedélyes szolgáltató már bekorlátozta a telepíthető egyfázisú hálózatra visszatáplálni képes inverterek teljesítményét 2,5 kW-ban. Az 5 kW teljesítmény esetében már háromfázisú invertereket használnak a nagy kimenő teljesítmény miatt, ezeknek a berendezések a kimeneti feszültsége 400V. Az inverterek bemenő feszültsége minden esetben egyenfeszültség, ami érkezik a napelem panelek felől és az akkumulátorból is a rendszer kialakításának függvényében. A sorosan illetve párhuzamosan kapcsolt paneleknek a feszültsége minden esetben alacsonyabb kell, hogy legyen az inverter maximális bemenő feszültségénél, ugyanakkor el kell érni a minimális, az inverter működéséhez szükséges feszültséget. Amennyiben az így megválasztott feszültség megfelelő, az inverter képes folyamatosan a helyes munkapontban dolgozni, így maximalizálni a hozamot. Ha energiatároló is van a konfigurációban, úgy az akkumulátor feszültségét is az inverter feszültség tartományához illeszkedve kell megválasztani. Tipikusan 12 V, 24 V, 48 V illetve 600 V körüli DC telepfeszültségekkel forgalmazzák a gyártók a berendezéseket. Biztonsági okokból a magas DC feszültség az akkumulátor oldalon problémásabb lehet, mint az alacsonyabb feszültségek, viszont alacsonyabb áramok folynak, tehát vékonyabb kábelek használhatók. Az inverterek bemeneti és kimeneti feszültségén kívül fontos a kimeneti jelalak formája, ez határozza meg, hogy milyen eszközöket működtethetünk az inverterről.

### 3.6. ábra Napelemes rendszerekben használt inverterek kimeneti jelalakjai

(Forrás: Véghely Tamás, Napelemes rendszerek villamos berendezései 2.1 ábra)



A 3.6 ábrán láthatóak az inverterek tipikus kimeneti jelalakjai. Ezek közül a négyyszög kimeneti jelalakokkal rendelkező inverter a legegyszerűbb felépítésű és legolcsóbb berendezés. A négyyszögjelben rengeteg a felharmonikus, ami a villamos hálózatokban zavart okoz. A hirtelen jelátmeneteknek köszönhetően bizonyos típusú villamos fogyasztók (például az induktív jellegű fogyasztók) igen hamar tönkremehetnek a négyyszögjel hatására. A trapéz és a módosított szinusz jelek még mindig tartalmaznak felharmonikusokat de már nem olyan hirtelen a jelátmenet, mint a négyyszögjel esetében. Bizonyos fogyasztók már egészen jól viselik az ilyen jeleket. A valódi szinusz hullámú kimenettel rendelkező invertereket széles körben felhasználhatók, tetszőleges fogyasztó kapcsolható hozzájuk, nem okoz működésbeli zavart, ugyanis ez a jelalak nem tartalmaz felharmonikusokat. A 230V vagy 400V 50Hz szinuszos kimenettel rendelkező invertereket lehetséges kizárólag a szolgáltatói hálózathoz csatlakoztatni, a hálózati szinusz hullámhoz szinkronizált fázisban. Csakis kizárólag azokat a típusokat lehet a hálózathoz csatlakoztatni, amiket az áramszolgáltatók bevizsgáltak és engedélyeztek. A hálózatra tápláló invertereknél léteznek transzformátorral ellátott inverterek és transzformátor nélküliek. A transzformátoros inverterek galvanikusan leválasztják a hálózatról a DC részt, míg a transzformátor nélküli rendszerekben ez nem valósul meg. Léteznek inverterek két napelem csoport (string) csatlakozási lehetőséggel, ez az esetleges bővítéseknél lehet hasznos. Ha a napelemek által szolgáltatott teljesítmény nem elegendő a megnövekedett fogyasztások miatt és bővíteni kell a paneleket, akkor a meglévő paneleket csak azonos típusú és paraméterű panelekkel lehet bővíteni. Ha két külön napelem sort tud

kezelni az inverter, akkor az új paneleket az inverter második bemenetére kötve tetszőleges típusú és paraméterű paneleket tudunk választani, ügyelve arra, hogy az inverter munkaponti tartományába essen a panelek feszültsége. További hozamnövekedés érhető el optimalizálók alkalmazásával. Az egyes napelem panelekhez kacsolt optimalizáló feladata, hogy esetleges árnyékoltság vagy egyéb a teljesítményt csökkentő esetekben az összekapcsolt panelrendszer feszültsége az inverter működési tartományába maradjon, még ha alacsonyabb teljesítménnyel is, de az tudjon tovább termelni.

Amennyiben sziget üzemben működik az inverter, akkor is elengedhetetlen a szinusz jelalak és a névleges feszültség illetve frekvencia tartása, egyedül a kimeneti jelalak fázisát nem kell szinkronizálni a hálózathoz, mivel nincs vele közvetlen kapcsolat. Szigetüzemű rendszerek esetében is fontos része a rendszernek az inverter de mivel nem áll közvetlen kapcsolatban a napelemekkel (mert az akkumulátorhoz csatlakozik), így az ehhez tartozó felügyeleti és adatgyűjtő funkciója elmarad. Nagyobb teljesítményű szigetüzemű rendszerek esetében érdemes lehet hibrid invertert használni szigetüzemi módot kiválasztva. A hibrid inverterek magukban egyesítik a szigetüzemű rendszerek esetében használatos töltésvezérlőt és az invertert. Mivel a napelemek is közvetlen hozzá csatlakoznak képes adatgyűjtő és felügyeleti funkciókat is megvalósítani, vagyis teljes képet tudunk kapni a rendszer hozamáról és az adott pillanatban rendelkezésre álló energiáról. (Véghely T., 2014), (Varga P., 2021), ([http2](#)), ([http4](#))

### **3.3. Töltésvezérlők**

A szigetüzemű rendszerek szerves részét képezik a töltésvezérlők, a napelemeket és a DC fogyasztókat illesztik az energiatároló akkumulátorokhoz. Biztosítják, hogy a napelemekből az energia az akkumulátorokat tölteni tudja, ugyanakkor azok túltöltés elleni védelmét is megvalósítja. Mint további védelmi funkció meggátolja, hogy éjszaka, mikor nem termelnek a napelemek az akkumulátorból áram folyhasson vissza a panelek felé merítve ezzel az akkumulátorokat. A DC fogyasztók oldalán pedig figyeli az akkumulátorokból vételezett energiát, azok mélykisütés elleni védelmét látja el. Alapvetően kétféle töltésvezérlőt különböztetünk meg, az egyik az impulzus szélességét modulálva tölti az akkumulátort, ezt PWM (Pulse - Width Modulated) töltésvezérlőnek hívják. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy a napelemeket az akkumulátor töltöttségi szintjétől függően rövid vagy hosszabb ideig kapcsolja az akkumulátorra, impulzusszerűen töltődnek. Ez egyben azt is jelenti, hogy egy 12V-os akkumulátor egy 12V-os napelemről tölthető csak, aminek a terheletlen feszültsége 18V. De nem tölthető egy akkumulátor a feszültségénél jóval magasabb feszültségű

napelemmel, például egy olyan napelemmel, aminek a terheletlen feszültsége 40V körül mozog. A másik típusú töltő megkeresi a napelemek munkapontját, vagyis azt a pontot, ahol a legtöbb energia nyerhető ki a rendszerből és ebben a munkapontban tölti az akkumulátorokat. Ezeket a töltőket MPPT (Maximum Power Point Tracking) töltésvezérlőnek hívják. Az MPPT töltésvezérlő már lecsökkenti a napelemektől érkező feszültséget az akkumulátorok megfelelő értékre, miközben megnöveli az áram értékét, egy DC-DC konverternek is tekinthetjük. Ennek a működésnek köszönhetően az akkumulátornál jóval nagyobb feszültségű napelemes paneleket is tudunk használni, például egy 12V-os akkumulátorhoz lehet 40-50V-os napelemet használni. A feszültség konverzióknak köszönhetően illetve a maximális munkapontban történő üzemelésnek köszönhetően az MPPT töltésvezérlőkkel akár 20 - 30%-al több energia nyerhető, mint a PWM töltésvezérlőkkel.

A megfelelő töltésvezérlő kiválasztásához figyelembe kell venni az akkumulátorok feszültségét, a töltésvezérlő névleges áramerősségét (amivel az akkumulátorokat tölteni tudja), további fontos paraméter a napelemből érkező feszültség és áramerősség. Fenti paraméterek figyelembe vételével választható ki a megfelelő töltésvezérlő. A töltésvezérlőre direktbe, csak kis teljesítményű egyenáramú fogyasztókat kapcsolunk, amit a vezérlő a gyári adatlapja alapján működtetni tud. A váltakozó áramú fogyasztók a közvetlen az akkumulátor táplálta inverterre kapcsolódnak. Fontos, hogy a töltésvezérlő az akkumulátorok hőmérséklet függését is kompenzálni tudja, ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a hőmérséklet emelkedésével a töltőfeszültségnek csökkennie kell. (Chris N., 2020), (CleverSolarPower.com, 2020)

### **3.4. Akkumulátorok**

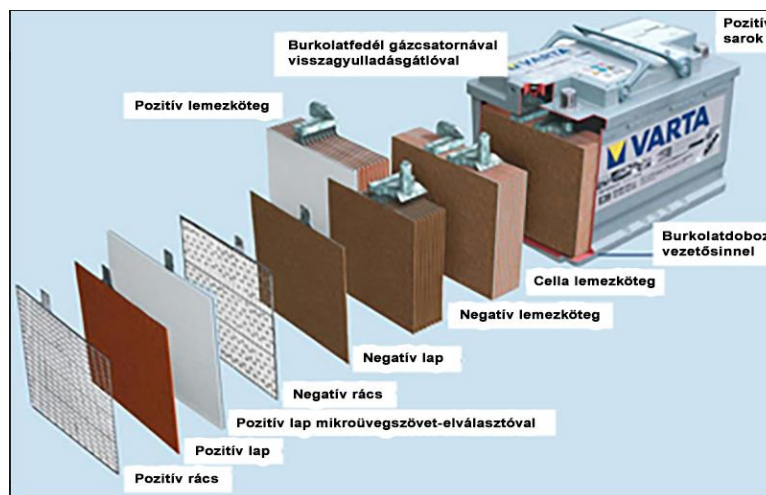
Az akkumulátorok szintén fontos részét képezik a szigetüzemű rendszereknek, a napsütéses időszakban megtermelt energia elraktározását végzik. Feladatukból fakadóan fontos, hogy jó energiatároló képességgel rendelkezzenek. Az akkumulátorok elektrokémiai energiatárolók, első lépésben a töltési ciklusban a villamos energiát kémiai energiává alakítják. A második lépésben, amit kisütési ciklusnak neveznek, a korábban felhalmozott kémiai energiát villamos energiává alakítják vissza. Az akkumulátorok rengeteg típusa ismert, mind különböző tulajdonságokkal rendelkeznek, az alkalmazási céloknak megfelelően kell választani az adott típusok közül. A napenergiával megtermelt villamos energia tárolására a következő három típust érdemes megemlíteni: savas ólomakkumulátor, alkáli akkumulátorok és a lítium-ion akkumulátor.

### 3.4.1. Savas ólomakkumulátor

A savas ólomakkumulátoroknál két elektróda van, az egyik a pozitív ólomoxidot tartalmazó, a másik pedig a negatív, ami ólomból készül. Ezen típusú akkumulátorok súlya az ólom miatt nagy. Legfőbb felhasználásuk az autóindító akkumulátor, de kialakításától függően alkalmazható a targoncáknál illetve a napelemes rendszereknél is, mint energiatároló. A 3.7 ábrán egy tipikus ólomakkumulátor felépítése látható.

3.7. ábra Gépjárművekben használt savas ólomakkumulátor felépítése

(Forrás: [Gerse Károly, Energiatárolók. MeRSZ.hu](http://Gerse Károly, Energiatárolók. MeRSZ.hu))



A napelemes rendszerekben alkalmazott ólomakkumulátorok speciális tulajdonságokkal bírnak, mélyciklusú (deep cycle) akkumulátoroknak is nevezik őket. Olyan speciális igényekre lettek tervezve, ahol viszonylag alacsony áramerősséget kell hosszabb időn keresztül szolgáltatniuk. Kibírják a mélykisütés közeléig történő lemerítést és feltöltést. Ezen típusok előnye az alacsony fajlagos költség és az egyszerű előállítás, kisütési áram erőssége viszonylagosan magas lehet, széles hőmérséklet tartományban képesek üzemelni és működési elvükből kifolyólag nem igényelnek akkumulátor töltésvezérlő (BMS) rendszert. Hátrányuk közé tartozik a nagy súlyuk, hosszú töltési idejük, a lemezek hajlamosak elszulfátosodni, a töltési és kisütési ciklus száma elég alacsony és az ólom illetve a kénsav miatt környezetre károsak.

### 3.4.2. Alkáli akkumulátorok

Az alkáli akkumulátorok csoportjába tartozik a nikkel-kadmium (Ni-Cd) és a nikkel-fémhidrid (Ni-MH) akkumulátor. A nikkel-kadmium akkumulátorokat többnyire hordozható eszközökben használták, mint például videó kamerák és egyéb olyan eszközökben, ahol kis akkumulátor szükséges az eszköz energiával történő ellátásához. A típus előnye, széles üzemi

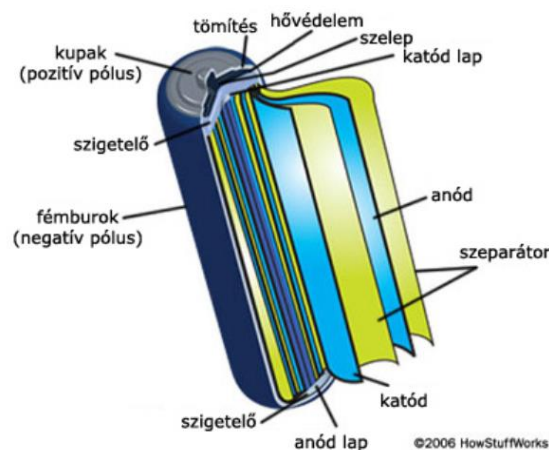
hőmérséklet tartomány, magas töltési és kisütési ciklus, mélyebben kisüthetőek, mint az ólom akkumulátorok. Hátrányuk, hogy a kadmium egy rendkívül mérgező anyag, a hatékonyságuk alacsonyabb, mint az ólom akkumulátoroké, illetve úgynevezett memória effektus léphet fel, ha nem megfelelően töltik illetve sütik ki őket és viszonylag magas az önkisülésük. A nikkelfémhidrid akkumulátorok már nagyobb kapacitással rendelkeznek, de önkisülésük magasabb, mint a nikkell-kadmium akkumulátoroké. Mindkét típus töltése összetett folyamat speciális töltő berendezést igényel. A lítium-ion akkumulátorok megjelenésével a nikkell alapú akkumulátorok háttérbe szorultak.

### 3.4.3. Lítium akkumulátorok

A napelemes rendszerekben leginkább elterjedt akkumulátor típus a lítium-ion, ennek a típusnak magas a fajlagos kapacitása, nincs memória effektusa és a súlya is könnyebb. A lítium hátránya a fokozott gyúlékonysága, vízzel érintkezve heves reakció indul be, tüze nehezen oltható, gőze mérgező és bőrön keresztül is felszívódik. A lítium alapú akkumulátorokon belül is rengeteg egyéb típus létezik, a két fő típus a lítium-polimer és a lítium-ion, ezeken belül is több altípus van. A lítium-polimer az olcsóbb egyszerűbb felépítésű akkumulátor, mert egy zacskó alkotja a külső védelmet, szögletes alakú, ami nem teljesen előnyös, mert a sarkain jobb a hő leadás, mint a középső részeken. A lítium-ion akkumulátorok a drágábbak és a jobbak. A lítium alapú akkumulátorok kinézetük alapján négy típusba sorolhatók, első a gomb méretű cellák, a második csoport a zacskóba csomagolt cellák, majd a téglatest alakú cellák és végezetül a hengeres cellák, amiket a napelemes tárolókban illetve elektromos autókban is megtalálhatunk. A 3.8 ábra egy Lítium-ion hengeres cella általános felépítését mutatja.

3.8. ábra Lítium-ion akkumulátor felépítése

(Forrás: [HowStuffWorks](http://HowStuffWorks), szerkesztve)





Ezen kialakítás széles körben elterjedt az egyszerű gyárthatóság és a magasabb biztonság miatt. A cella egy fém hengerből kialakított tartályba van bezárva, ami belső túlnyomás hatására megemeli a kupakját és így, egy biztonsági mechanizmusnak köszönhetően megszakad a cella kivezetése, gyakorlatilag kikapcsolja önmagát a cella, megvédve önmagát és a környező cellákat a további károsodástól. A cellák hengereit több méretben is gyártják, a leginkább elterjedt a 18650-es típus, ami 18 mm átmérő és 65 mm magas hengerből áll. A másik használatos méret a 2170, ahol a henger átmérője 21 mm, magassága pedig 70 mm. Ezekből a hengeres cellákból többet sorba és párhuzamosan kapcsolnak addig, míg el nem érik a szükséges feszültséget illetve kapacitást, majd megfelelő mechanikai védelem és töltés vezérlő elektronika beépítése után elkészül maga az akkumulátor egység. A lítium-ion cellák kémiai szempontból négy fő típusra oszthatók, az egyes csoportokba tartozó celláknak az eltérő kémiai összetétel miatt eltérő tulajdonságaik vannak. A lítium-kobalt-oxid ( $\text{LiCoO}_2$ ) rendelkezik a legnagyobb energiasűrűséggel, sajnos rövid az élettartama és csak alacsony árammal terhelhető. Cellájának mérete 18650, tipikus feszültsége 3,7V és 2400 mAh kapacitású. A következő típus a lítium-mangán-oxid ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ), aminek a kapacitása jóval kevesebb, mint az előbbi változatnak, de nagyobb áramot képes leadni, emiatt ezt a típust a korai elektromos autókban is használták. Cellamérete 18650, 4V a feszültsége és a kapacitása 1100 – 1500 mAh között mozog. A harmadik típus a lítium-nikkel-mangán-kobalt-oxid ( $\text{LiNiMnCoO}_2$ ), ami az előző két típus keveréke. Ebből adódóan tulajdonságokban is közös vonásokat mutat, vagyis nagy kapacitással rendelkezik és egyben nagyobb árammal is terhelhető. Az egyes alkotók arányának változtatásával tovább alakítható a cella tulajdonsága. Egy cella feszültsége 3,6V, kapacitása 2000 – 2800 mAh, mérete pedig szintén 18650. Az utolsó főbb kategória a lítium-vas-foszfát ( $\text{LiFePO}_4$ ), ami fajlagos kapacitásában jócskán alul marad az előző három típustól, de cserébe több előnyös tulajdonsággal is rendelkezik. Az első kiemelkedően jó tulajdonsága a hosszú élettartama, akár 2000 töltési és kisütési ciklust is kibír (egyes katalógusokban ennek háromszorosa is szerepel). A cellafeszültség 3.2V, ami azért jó mert 4 cellát sorba kötve 12,8 V feszültséget kapunk, amivel a régebbi savas ólom akkumulátorok kiválthatók. 2024 elején elstartolt napelem plusz pályázat keretében telepítésre kerülő energiatárolók is ilyen típusúak, mert ezt előszeretettel használják az energiatárolásban. (CleverSolarPower.com, 2020), (<http4>)

### **3.5. Egyéb passzív elemek**

A napelemes rendszerekben a napelem táblák soros, párhuzamos és vegyes kapcsolásban is elhelyezhetők az adott rendszer kialakításától függően. Soros kapcsolás esetén az

egyenfeszültség értéke lesz magasabb, míg párhuzamos kapcsolás esetén az áram értéke lesz nagyobb. A vezetékeket biztonsági okokból körültekintően kell méretezni. A napelemek közti kapcsolat kialakítására illetve az így kialakított napelem csoportok elosztódobozokba történő bekötésére csak speciálisan erre a célra kifejlesztett UV álló solar kábel használható. Ügyelni kell az alkalmazott kábelek keresztmetszetének helyes megválasztására a minimális feszültségesés érdekében illetve a kábel esetleges túlterhelése miatt. Az egyes cellákat is speciális védett csatlakozóval (MC4) látják el, ilyen csatlakozókat kell használni a telepített kábeleken is a kapcsolatok kialakítása során.

A napelemes rendszereket a biztonság további fokozása érdekében el kell látni túlfeszültség védelemmel a közelben bekövetkező esetleges villámcsapások okozta hatások csökkentése érdekében. A túlárammal szemben megfelelően megválasztott értékű DC kismegszakítók telepítésével tudunk védekezni, amiket a rendszer méretétől függően akár több helyen is célszerű telepíteni például az egyes napelem csoportok elosztódobozainál illetve a központi gyűjtő helyen. Ezekkel biztosítható az egyes kábelszakaszok védelme, illetve azok szakaszolhatósága. A biztonság további növelése érdekében egyenáramú leválasztó kapcsoló elhelyezése is célszerű, hazánkban gyakran hallani a tűzvédelmi kapcsolóról, amit egyes rendszerekben kötelező beépíteni. Ezeket a védelmi elemeket nem csak a napelemek áramkörébe szükséges beépíteni, hanem az akkumulátorhoz is. Biztosítani kell az akkumulátor leválasztását a rendszerről karbantartások alkalmával illetve gondoskodni kell a megfelelő túláram védelemről. (Michael B., 2021), (Michael D., 2012)

#### **4. Szigetüzemű rendszerek elvi méretezése**

A rendszer tervezésekor rendszerint a következő négy alapvető nehézségbe ütközünk:

- A fogyasztók által igényelt energia nem állandó a nap minden szakában
- A napi energiafogyasztás az év adott szakaszaiban eltérő (télen illetve nyáron)
- A napelem által termelt energia változik az adott napon belül (felhős időszak)
- A napelem által termelt energia az év eltérő szakaszaiban szintén nem azonos

A fentiek hatását különböző biztonsági szorzók alkalmazásával illetve megkötésekkel lehet kezelni vagy csökkenteni. A tervezés első és talán a rendszert használó szempontjából legfontosabb lépése a felhasználás helyén jelentkező villamos energiaigény meghatározása. Azonosítani kell az összes fogyasztót, azok teljesítmény igényét, majd az átlagos napi üzemidő szerint megkapjuk a napi energiaszükségletet. Ez azért sarkalatos pontja a tervezésnek, mert ha valamit nem jól mérnek fel, vagy a felhasználótól nem jó adat érkezik az adott fogyasztással kapcsolatban és ez alapján tervezik meg a rendszert, az nem tudja majd

produkálni a szigetüzemben elvártakat. A fogyasztási igények felmérése után a következő lépés rendszerfeszültség és a töltésvezérlő kiválasztása. Rendszerfeszültség alatt az akkumulátorok a töltésvezérlő és inverter DC feszültsége értendő. Fő irányelvként elmondható, hogy a 12V-os rendszereket 1 kW teljesítmény alatt használják, 24V-os rendszerek esetében a teljesítmény maximuma 3 – 4 kW és ezen teljesítmény fölött már 48V-os rendszereket célszerű használni. A tervezés következő lépése az akkumulátor méretezése, itt kap fontos szerepet az elvárt áthidalási idő, ami megadja, hogy napsütés nélkül hány napig tudja szolgáltatni az akkumulátortelep a szükséges napi energiát. A következő lépés az inverter kiválasztása az ismert fogyasztási igények tükrében. Az inverter kiválasztása után a napelemek teljesítményének meghatározása a következő lépés. Ebben segítségünkre van a PVGIS weboldala (Photovoltaic Geographical Information System, [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)), ahol meg tudjuk nézni az éves várható besugárzási adatokat a telepítés helyén. Következő lépésként a napelemek teljesítményének ismeretében le kell ellenőrizni, hogy a töltésvezérlő képes-e kezelni a napelemekből érkező feszültséget és áramerősséget (rendszerint változtatni kell a korábban kiválasztott típuson). Utolsó előtti lépésként egy visszaellenőrzés szükséges, hogy a tervezett akkumulátor megfelelően képes-e felvenni a töltőáramot, illetve a kisütési áram maximuma is megfelel a gyári specifikációjának. Majd az utolsó lépés a szükséges vezetők méretezése az ismert áramerősségek, teljesítmények és kábelhosszak tükrében. (http3), (http14)

## **5. Szigetüzemű rendszer méretezése**

A rendszer méretezésének legelső lépése a szükséges energia meghatározása, ehhez tudni kell az egyes fogyasztók napi energiaszükségletét. A tervezési folyamat talán legnehezebb feladata ez, mert ezt csak a felhasználóval történő konzultáció után tudjuk pontosan meghatározni. A dologban a nehézséget az adja, hogy az egyes fogyasztók által igényelt energia a felhasználótól függ, hiszen a fogyasztók teljesítménye adott, de a napi használati idő a fogyasztókat üzemeltetőtől függ. Ráadásul egyes fogyasztók esetében az elhasznált energiamennyisége az adott évszaktól is függ. Ezért kellő időt kell szánni, hogy alaposan fel tudjuk térképezni az energiaszükségletet. Azon fogyasztók esetében, ahol nem tudjuk pontosan meghatározni a napi üzemidőt, ott a fogyasztást méréssel kell meghatározni, ilyen eszköz lehet például egy hűtőszekrény, ahol a használatától függ az elhasznált energia, ezért ide célszerű egy fogyasztásmérőt kihelyezni. Egyes készülékek esetében további támpontot adhat az éves energiafogyasztás gyári adatlapon történő feltüntetése is.

## 5.1. Kiemelt fogyasztók egy átlagos családi házban

A szakdolgozat témaköre szerinti napenergiával működő szükség energiaellátó rendszereket csak olyan fogyasztók energiával történő ellátására használják, amik az üzem szempontjából kiemelt fontosságúak. Családi házak esetében ezek a fogyasztók különböző mértékben hozzájárulnak a napi szintű komfortérzetünk fenntartásához. Természetesen ezeken a kiemelt fogyasztókon belül is fel lehet állítani fontossági sorrendet, ez az adott felhasználói igényeken múlik, viszont befolyásolja a kiépítendő rendszer költségeit. Minél több fogyasztót szeretne a felhasználó egy ilyen rendszerről üzemeltetni, annál jobban növekszik a költség, illetve annál jobban konvergál egy hagyományos szigetüzemű rendszer felé. A szükség energiaellátó rendszer lényege abban rejlik, hogy képes a hálózaton bekövetkező rövidebb idejű zavarok idején biztosítani az adott családi ház minimális komfortfokozatához szükséges fogyasztók működését. Mivel csak korlátozott számú fogyasztót kell ellátni a szükséges energiával viszonylag rövid ideig, így a kiépítésre kerülő rendszer mérete kicsinek mondható, ebből kifolyólag kiépítési költsége sem magas egy a teljes házat ellátni képes szigetüzemű rendszerhez viszonyítva. A kis mérethez azon fogyasztók azonosítása szükséges, melyek valóban a minimális komfortfokozat megőrzését szolgálják egy családi ház esetében. Az ilyen fogyasztók a következők lehetnek:

- gázkazán a keringető szivattyúval és az esetleges vezérléssel (például motoros váltószelep)
- egyéb tüzeléstechnikai berendezés, faelgázosító kazán, vegyes tüzelésű kazán, vízteres kandalló és gépészeti rendszereik
- egyéb gépészeti berendezések (hidrofor, szennyvízáttemelő)
- vészvilágítás
- hűtőszekrény
- internetes router
- telefon és laptop töltési pont
- kamerarendszer, digitális video rögzítő rendszer
- riasztórendszer
- elektromos ajtózárok
- elektromos kapu
- elektromos garázsajtó
- kaputelefon, kapucsengő
- okos otthon egyes elemei (például termosztát vezérlés)

- konnektor rövid idejű korlátozott teljesítményű fogyasztók részére
- ház esetleges külső biztonsági berendezései (például esővíz átemelő szivattyú)
- adott esetben mozgássérült közlekedését lehetővé tevő lift
- otthoni orvostechnikai eszközök

A fent felsorolt fogyasztók különböző mértékben járulnak hozzá egy családi ház komfort szintjéhez. Az egyes felhasználók számára minimális komfort szintet nehéz meghatározni, mert ez a felhasználóktól függ.

## **5.2. Kiemelt fogyasztók a méretezendő családi házban**

Jelen szakdolgozatban egy napenergiát hasznosító villamos szükség energiaellátó rendszer kerül méretezésre egy adott családi ház igényei szerint. A családi ház tetőtér beépítéssel rendelkezik, összesen 140 nm<sup>2</sup> és öt szobája van. A ház felső, tetőtéri részén két szoba split klímával van ellátva, fűtése gázkazánnal történik és van egy cserépkályha a nappaliban, mint alternatív fűtési lehetőség. Alap esetben a gázkazán fűti az egész házat, de az átmeneti időszakokban a cserépkályha is ki tudja fűteni azt. A háztartási meleg víz előállítás elsődlegesen gázkazánnal történik, a kazán egy 100 liter űrtartalmú indirekt tárolóra dolgozik, de a tároló rendelkezik egy 2400W-os elektromos fűtőpatronnal is, ami éjszakai áramról üzemeltethető. A tároló elektromos fűtése nincs használatban, csak a legionella elleni magasabb hőmérséklet elérésére van alkalmanként bekapcsolva, illetve arra az esetre van, ha a gázszolgáltatás valami oknál fogva szünetelne. További gépészeti elem egy vízlágyító, aminek a vezérlőjét szintén az elektromos hálózatról kell táplálni. A készülék sajátossága, hogy nagyon rövid idejű áramszünet esetén is elfelejti a korábban beállított programjait, csak a főbb paramétereket őrzi meg, illetve az áramszünet után visszakapcsolva másnap egy regenerálással kezd, aminek során ivóvizet használ fel a gyantatartály átmosásához. Ezt a fogyasztót esetlegesen érdemes valami stabil szünetmentes energiaforrásra csatlakoztatni még akkor is ha nem kritikus a villamos táplálása, mert a működéséhez nem szükséges ugyan, de a vízfogyasztás csökkenthető vele. A lakás minden helyiségében modern energiatakarékos LED világítás van. A konyhában a nagy fogyasztók a mosogatógép, elektromos sütő és elektromos főzőlap. A háztartásban egy mosógép és egy szárítógép található, mint további nagy fogyasztók. A családi ház a szolgáltatói elektromos hálózathoz egy fázison csatlakozik, a kismegszakító 1\*32A, továbbá a vezérelt régi nevén éjszakai áram is be van kötve, ez 1\*10A. Működik továbbá egy 5 kamerából álló kamerarendszer digitális video rögzítővel, illetve a hosszú távú tervekben szerepel egy riasztó rendszer kialakítása is. A távoli jövőben a ház fűtésének korszerűsítésére is szükség lesz, lehetséges megoldás egy levegő víz hőszivattyú

használata a fűtési hő szükséglet előállítására. Ennek a megoldásnak a hátránya, hogy villamos energia igénye jelentősen magasabb, mint egy hagyományos gázkazánnak, tehát áramszünet esetén számolni kell a teljes leállásával. A fűtés folyamatosságának fenntartása érdekében illetve a nagyon hűvös időszakban történő zavartalan hőtermelés érdekében bivalens fűtési megoldás kialakítása célszerű, ahol a gázkazán szintén üzemeltethető lesz majd a tervezett szükség energiaellátó rendszerről.

A fent ismertetett családi házban olyan berendezés nem üzemel, ami egy esetleges energia kimaradás alkalmával „elszabadulhatna”, vagyis olyan üzemállapotba kerülhetne, ami esetlegesen robbanáshoz vagy egyéb anyagi kárhoz vezetne. A telepített kamerarendszer videó rögzítő berendezése viszont érzékeny lehet a rövid idejű áramszünetekre, ezért érdemes lehet egy pár órás áthidalási idővel rendelkező szünetmentes áramforrásra kapcsolni a vízlágyítóval együtt. Az alábbi fogyasztókat célszerű a kritikus fogyasztók csoportjába sorolni, amik működését áramszünet esetén is fenn kell tartani a házban tartózkodók komfortérzete miatt:

- gázkazán a vezérlésével együtt (váltószelep, termosztát)
- hűtő és fagyasztószelekrény (A<sup>+++</sup>)
- Wifi router
- 1 darab konnektor, rövid idejű limitált teljesítményű fogyasztóknak, például telefon illetve laptop töltésre

### **5.3. Felhasználás helyén jelentkező energiaigény**

A kiemelt fogyasztók meghatározása után a tervezés következő és egyik legfontosabb lépése a felhasználás helyén fellépő energiaigény helyes és pontos felmérése. Ezt a felhasználóval történő alapos beszélgetés során lehet meghatározni, feltérképezve az adott helyen jelentkező fogyasztási szokásokat. Amennyiben valamelyik berendezés fogyasztásával kapcsolatban kérdés merülne fel egy fogyasztásméréssel meghatározható az adott üzemeltetési körülmények közötti energiaszükséglet. A későbbi méretezés szempontjából érdemes elkülöníteni az egyenáramról közvetlen táplálható fogyasztókat és a váltakozó áramú fogyasztók csoportját. Az 5.1 számú ábra tartalmazza az egyes berendezések teljesítményét és a felhasználás helyén igényelt energiát.

### 5.1. számú táblázat, családi ház kiemelt fogyasztói és napi szintű energiaszükségletük

(Forrás: saját munka)

Fogyasztó megnevezése	Üzemi feszültség	Teljesítmény	Napi üzemidő	Igényelt energia naponta
Gázkazán és vezérlése	230V	70W	8h	560Wh
Hűtő és fagyasztó szekrény	230V	50 W	6-8h	620Wh
Internetes router	230V	10W	24h	240Wh
Konnektor kis fogyasztók számára	230V	100W	1h	100Wh
<b>Összes felhasználás</b>	na.	<b>230W</b>	na.	<b>1520Wh</b>

A fenti táblázatban a hűtő és fagyasztó által felhasznált villamos energia értéke, a berendezés üzemi teljesítménye, illetve a berendezés indulásakor felhasznált csúcs mértéke mérésrel került megállapításra. A táblázatból kiolvasható, hogy az összes fogyasztó egyidejű működtetéséhez 230W szükséges, illetve naponta 1520Wh az energiafelhasználásuk.

#### 5.4. Rendszerfeszültség és töltésvezérlő meghatározása

A fogyasztási igények és a szükséges teljesítmények megállapítása után a következő lépés a rendszer feszültségének a megállapítása illetve a töltésszabályozó kiválasztása. A rendszer feszültsége lehet 12V, 24V 48V illetve egyes gyártóknál ennél magasabb érték is. A rendszer feszültségét a kiépített napelemes teljesítmény és az ebből adódó áramerősség alapján érdemes megválasztani. Mivel itt a szükséges folyamatos teljesítmény nem kiugróan magas, lehet alacsonyabb feszültséget is választani például 12V vagy 24V-os rendszerben gondolkodni. Az alkalmazott rendszerfeszültséget a töltőáramok ismeretében lehet majd véglegesíteni. Nagyobb teljesítményű rendszereknél a veszteségek csökkentése érdekében, illetve a vezetékek vastagsága miatt érdemes a feszültséget magasabbra választani. Azonban mindig szem előtt kell tartani, hogy egyenáramú oldalon kell a méretezést elvégezni, vagyis fokozottabban kell a balesetvédelemre figyelni az egyenáram emberi testre gyakorolt káros hatásai miatt. (Ezért nem lehet a rendszer feszültségét a végletekig növelni.) A szükséges teljesítmény és feszültség ismeretében a következő képlettel számolható ki a rendszerben folyó áram:  $I=P/U$ , ahol P a rendszer által igényelt teljesítmény, U a rendszer feszültsége. Tehát a 12V-os rendszerfeszültség mellett a fogyasztók felé folyó áram értéke:

$$I=P/U= 230W/12V=19,2A$$

Ugyanez az áramérték 24V-os rendszert használva:

$$I=P/U= 230W/24V=9,58A$$

Egyes fogyasztók esetleges indítási tranzienseiből fakadó áramlökések is figyelembe kell venni a méretezés során, így a fenti áramértékekre minimum 25%-os tartalékot kell rászámolni, vagyis **12V** esetében a rendszerben **24A** folyik, míg **24V**-os rendszer esetében ez az érték **12A**. A 24V-os rendszerfeszültségnél kevesebb áram folyik a vezetékeken, vagyis a veszteségek alacsonyabbak lesznek, mert a vezetékeken a magasabb feszültségnek köszönhetően kevesebb áram folyik, így a feszültség esése a vezetékeken alacsonyabb. Nagyobb rendszerek esetében ez kulcsfontosságú lehet, mert akár egy évnyi termelés is kieshet a rendszer összes veszteségeit figyelembe véve a teljes üzemidő (25 – 30 év) alatt. Tehát célszerű a 24V-os rendszerfeszültséget választani és olyan töltésvezérlőt nézni, ami elbírja az adott 12A terhelést. Az elérhető PWM töltésvezérlők áramerősség értéke, ami meghaladja a 12A-es értéket a 20A, ezért ide választható egy 12V/24V feszültségtartományban üzemelő, a fogyasztók felé 20A maximális áramot szolgáltatni képes töltésvezérlő. (Például a Victron energy Blue Solar PWM-Light 12/24-20A típus.) Ez a vezérlő jelen esetben lehet az olcsóbb és kevésbé hatékony PWM töltésvezérlő, melynek hatásfoka általában ~85%. A piacon rengeteg gyártótól elérhető különböző töltésvezérlő, például van olyan, ami csak napelem és akkumulátor csatlakozási lehetőséggel rendelkezik, illetve ezek mellé található még rajta 2 db USB port, maximum 2A terhelhetőséggel. Léteznek olyan típusok is, amikhez napelem, akkumulátor és helyi egyenáramú fogyasztók is csatlakoztathatók. A fent említett töltésvezérlőn USB port is van az 5V-os fogyasztóknak, illetve az alacsonyabb teljesítményű 24V-os fogyasztók közvetlenül is kapcsolhatók hozzá. Amennyiben fogyasztó csatlakozik egy akkumulátorra biztosítani kell, hogy a fogyasztó ne tudja mélykisütésbe vinni az akkumulátort. Ellenkező esetben az akkumulátor károsodik, ennek megelőzésére a gyártók egy automatikus funkciót is beépítenek a töltésvezérlőkbe, ami gondoskodik az akkumulátor megfelelő védelméről, mert lekapcsolja a fogyasztókat, illetve figyel a telep feszültségét, majd egy adott értéknél visszakapcsolja a fogyasztókat. (Ez a védelem az inverterekben is megtalálható.) A konkrét értékek az alkalmazott telepektől függenek (savas ólomakkumulátor, AGM vagy LiFePO4), egyes gyártók esetében az értékek manuálisan módosíthatók a töltésvezérlőben. Amire még célszerű figyelni az a napelemekből érkező maximális feszültség, hiszen a napelemek teljesítménye kis mértékben függ a környezeti hőmérséklettől. Sorba kapcsolt napelemeknél előállhat az a helyzet, hogy az így keletkező feszültség magasabb, mint a rendszerre kapcsolt töltésvezérlő vagy inverter maximális bemenő feszültsége, ami az eszköz tönkremeneteléhez vezet. A töltésvezérlő károsodása az akkumulátorokat is érintheti. Tehát a napelemek méretezése után figyelembe kell venni, hogy mekkora a maximális feszültség illetve áramerősség értéke, amit a



napelemek elő tudnak állítani és ez megfelel-e a rákapcsolt töltésvezérlőnek. Ezért, miután ismert a napelemek által termelt energia a töltésvezérlőt vissza kell ellenőrizni. Fontos lehet még a monitorozási képesség, ezért érdemes olyan eszközt választani, amin van egy kijelző az aktuális adatokkal, vagy ami még jobb egy külső monitorozó egység csatlakoztatható hozzá.

## 5.5. Akkumulátor méretezése

Az akkumulátorok méretezéséhez szükséges kiindulási adat a fogyasztók számára szükséges energia, jelen esetben ez 1520Wh és a felhasználó által megkívánt autonóm idő. Ez az idő azt az időszakot jelenti, amíg nincsen napsütés, szokták még áthidalási időnek is nevezni. Az egy napra minimálisan szükséges akkumulátorkapacitását megkapjuk a következő képlet segítségével:

$$C_{bat} = \frac{E}{U_{sys}}$$

ahol E a fogyasztók napi energiafelhasználása,  $U_{sys}$  a rendszer feszültsége. Esetünkben a minimális napi akkumulátor kapacitás:

$$C_{bat} = 1520Wh / 24V = \mathbf{63,3Ah}$$

Az így kiszámított kapacitás azt feltételezi, hogy az akkumulátort teljes mértékben kisütjük, vagyis az összes tárolt energiát kivesszük belőle. Ezt azonban nem lehet következmények nélkül megtenni, ez az akkumulátor tönkremeneteléhez vezetne. A zavartalan működés érdekében azt kell meghatároznunk, hogy milyen mértékben süthetjük ki az akkumulátort annak károsodása nélkül. A szakirodalom ezt depth of discharge-nak nevezi (DoD). Ez az érték az akkumulátor típusától függ, ami 50% illetve egyes speciális akkumulátorok esetében akár 80% (egyes típusoknál még ennél nagyobb is lehet) közötti érték lehet. A méretezési példánkban vegyünk egy mélyciklusú akkumulátort, amire az adatlap 80% kisütést enged meg, vagyis a DoD értéke 80%. További korrekciós tényező még az akkumulátor öregedéséből származó veszteség, ezt a méretezésnél 20% tartalékkal vesszük szintén figyelembe. Az így korrigált akkumulátor kapacitást a következő képlet adja:

$$C_b = \frac{C_{bat}}{DoD * tartalék}$$

ahol a  $C_{bat}$  a korábban kiszámolt akkumulátor minimális kapacitása, a DoD értéke 0,8 és az öregedés miatti tartalék szintén 0,8

$$C_b = 63,3Ah / 0,64 = \mathbf{99Ah}$$

Máris látható, hogy a telep minimális kapacitása mennyire megnövekedett, annak ellenére, hogy egy mélykisütés közeli állapotba vihető akkumulátor típussal számoltunk. A következő, ami az akkumulátor kapacitását befolyásolja az áthidalási idő, azon napok száma, amíg

napsütés nélkül a rendszerünk képes energiával ellátni a fogyasztókat. Hazánk éghajlatából adódóan nem kell tartósan nélkülöznünk a napsütést, ugyanakkor számolni kell azzal, hogy vannak olyan időszakok is, amikor csak szűrt napfény éri el a paneleket. Tipikus értéke 3-5 napra tehető vagy ennél hosszabb időtartam is lehet, a rendszerre kötött fogyasztók, a felhasználás jellege illetve a helyi időjárási viszonyok is erősen befolyásolják értékét. Az áthidalási idő meghatározásánál érdemes még azt is figyelembe venni, hogy van-e lehetőség az akkumulátorok aggregátorral történő kiegészítő töltésére vagy egyéb más alternatív lehetőség a töltésre szükség esetén. Tételezzük fel, hogy esetünkben külső eszköztől is töltetők az akkumulátorok, ezért méretezési példánkban  $D = 4$  nappal számolunk. Az áthidalási időt is figyelembe véve az akkumulátor kapacitása a következők szerint alakul:

$$C = C_b * D$$

A fenti értékeket behelyettesítve:

$$C = 99Ah * 4h = \mathbf{396Ah}$$

Vagyis összesen **396Ah** kapacitású akkumulátorral kell rendelkezünk, hogy négy napig a rendszerünkhöz csatlakoztatott fogyasztók zavartalanul és biztonságban tudjanak üzemelni a hálózati áramellátás kiesése esetén. Az eddigi méretezési lépéseket természetesen egyben is el tudjuk végezni a következő képlettel:

$$C = \frac{D * E}{U * DoD * A}$$

A fenti képletben a  $D$  az áthidalási idő,  $E$  az energiaigény,  $U$  a rendszer feszültsége,  $DoD$  a telepek kisütési értéke és  $A$  az akku öregedése miatti korrekciós tényező. A környezeti hőmérséklet az akkumulátorok élettartamát és kapacitását egyaránt befolyásolja, a magas hőmérsékleten üzemelő akkumulátorok hamarabb tönkremennek. A hőmérséklet csökkenésével csökken az akkumulátorból kivehető energia mennyisége is, ezért az akkumulátorok ideális hőmérséklete  $20 - 25^{\circ}C$  között mozog. Amennyiben valami oknál fogva nem tartható az ideális üzemi hőmérséklet tartomány, számolni kell a módosult kapacitásukkal is. Például egy  $0^{\circ}C$  külső hőmérsékleten üzemelő savas akkumulátor csak a tárolt teljesítményének 90 %-át tudja leadni. Ezek a hatások a rendszer beüzemeléskor még nem szoktak jelentősek lenni, ahogy viszont az akkumulátorok egyre jobban öregsznek ezek a hatások is jobban észrevehetőek. Az akkumulátorok nem megfelelő töltöttségi szintje illetve a sokáig alacsony töltöttségi szinttel rendelkező akkumulátorok visszafordíthatatlanul károsodnak. A jelenséget a használat során lerakódott szulfát okozza. A kisütés során is keletkezik szulfát, ami töltéskor visszaalakul, ezzel ellentétben a nem üzemszerű használat során keletkező szulfátot nem tudjuk visszaalakítani, az akkumulátor tönkremeneteléhez

vezet. A hőfokfüggésen kívül még az akkumulátoroknál fontos figyelembe venni a merítés sebességét is, ami hatással van az akkumulátor kapacitására. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy gyorsabb merítésnél a belső ellenállása nagyobb lesz, tehát minél gyorsabban merítjük, azaz minél magasabb a terhelő áram erőssége, annál kevesebb lesz a kivehető energia mennyisége. Ezt úgynevezett C értékkel szokták a gyártók megadni, tipikus értékek lehetnek a C<sub>100</sub>, C<sub>20</sub>, C<sub>10</sub> de akár a C<sub>5</sub> is előfordulhat az adatlapokon. A C betű után szereplő szám azt jelenti, hogy mennyi idő alatt merítjük le az akkumulátort. Ezt a jelenséget érzékeltetve vegyünk egy 12V 7Ah kapacitású akkumulátort, amennyiben 20 óra alatt merítjük le 10,5V-ra 0,35A terhelő árammal a kapacitása  $20h * 0,35A = 7Ah$  lesz. Ha megemeljük a kisütő áram erősségét 0,665A értékre és 10 óra alatt merítjük le a 10,5V értékre a kapacitása már csak  $0,665A * 10h = 6,65Ah$  lesz. A jelen rendszer esetében a kisütő áramokat nézve azok folyamatosnak tekinthetők és az akkumulátor csoport összes kapacitásához nézve a 12 A áramerősség nem hirtelen lemerítést fog okozni, ezért a 100 órás lemerítési kapacitással számolhatunk, vagyis a merítési sebességből eredő kapacitás csökkenést nem igazán kell figyelembe venni. Amennyiben nagyobb a szünetmentes rendszer teljesítmény igénye, vagyis nagyobb kisütő áramok folynak ennek hatásával szintén korrigálni kell az akkumulátorok kapacitását.

A kisütési áramértéken kívül még figyelembe kell venni a töltési áram értékét, mert előfordulhat, hogy a napelemek felől érkező nagy áramerősséget az akkumulátor csoport nem tudja felvenni. Savas akkumulátorokat típus függően 0,1-0,2C értékkel lehet maximálisan tölteni azok károsodása nélkül, 0,1C a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy 100Ah kapacitású akkumulátort maximum 10A áramerősséggel lehet tölteni. LiFePO<sub>4</sub> akkumulátorok esetében ez az érték magasabb ott általánosságban 0,5C a maximális töltőáram, de ez a lítium akkumulátorok típusától is függ.

A fenti számításból kiderül, hogy a szükséges kapacitást 4 db 12V-os 100Ah kapacitású hagyományos mélyciklusú munka akkumulátorral tudjuk biztosítani. (Az akkumulátorokat kettesével sorba kapcsolva, majd az így kapott csoportokat párhuzam kapcsolva.) LiFePO<sub>4</sub> akkumulátor esetében szintén 100Ah kapacitásúakat tudunk választani. 4 db 12V-os 100Ah kapacitású LiFePO<sub>4</sub> akkumulátor választásával szintén elérjük a minimális kapacitást. A lítium akkumulátorok jobban meríthetők, tehát a 4\*100Ah jobb választás, mert hosszabb lesz az áthidalási idő. A LiFePO<sub>4</sub> akkumulátoroknál külön figyelni kell az akkumulátorok töltési és kisütési viszonyaira, úgynevezett akkumulátor töltésvezérlő rendszert kell alkalmazni (Battery Management System, BMS), ezt a gyártók előre beépítik az akkumulátorokba. A

töltésvezérlőnek viszont tudni kell kezelni a töltési feszültségeket ellenkező esetben az akkumulátor károsodik.

## 5.6. Inverter kiválasztása

A fogyasztók teljesítményét wattban mérik, de a valóságban ez nem minden esetben fedti a ténylegesen a működtetésükhöz szükséges teljesítményt. Ohmikus fogyasztóknál, mint például egy hagyományos izzólámpa a ráírt 100W ténylegesen a működtetéséhez szükséges teljesítményt jelenti. Induktív fogyasztóknál, mint például egy villanymotor a tekercs hatására feszültség és az áram  $90^\circ$  szöget zár be egymáshoz képest, melynek hatására meddő teljesítménnyel is számolni kell. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a fogyasztóra írt wattban kifejezett teljesítménynél több szükséges a működtetéséhez ezért az ilyen típusú fogyasztók esetében VA-ben is megadják a teljesítményt. Az összes kapcsolóüzemű tápról elmondható, hogy nem Ohmos fogyasztó, tehát számuktól és teljesítményüktől függően ezeket is figyelembe kell venni. Ezzel a meddő teljesítménnyel nagyobb teljesítményű fogyasztók esetében érdemes számolni, jelen háztartásban két induktív jellegű fogyasztó van, egy hűtőszekrény és egy keringető szivattyú, amik összteljesítménye nem haladja meg a 100W-ot, ezért itt ez most elhanyagolható. Amennyiben már egy hidrofór is üzemel a rendszerről, ezzel az értékkel is számolni kell. A másik dolog, amit figyelembe kell venni a teljesítmény számításánál az egyes fogyasztók csúcsteljesítménye. Amikor egy fogyasztó berendezés például egy villamos motor elindul az átlagos fogyasztásának többszörösét is képes felvenni. Az így felvett teljesítmény függ a fogyasztó típusától, a legmagasabb értékekkel például egy hűtőszekrény esetében vagy egy légsűrítőt hajtó motor esetén kell számolni, mert a motornak úgy kell elindulni, hogy a légsűrítő kompresszorát kell megforgatni, ami a tartályban uralkodó légnyomás miatt többlet energiát igényel. Jelen háztartásban a hűtőszekrényhez csatlakoztatott elektromos teljesítménymérő 47 – 50W közti értékeket mutatott működés közben, ezzel szemben csúcsteljesítmény mérési módban 197W-ot mutatott. Ez az érték hozzávetőlegesen az üzemi teljesítmény négyszeresének fele meg. Az inverter méretezésekor ezekkel a csúcsteljesítményekkel kell számolni. Jelen méretezésnél csak a hűtőszekrénynél kell figyelembe venni ezt a csúcsot, mert a gázkazánban lévő keringető szivattyú teljesítménye csak 30 W környéki, itt nem lépnek fel kiugróan magas indító áramok, a kezdeti lökés a kis teljesítményből fakadóan elenyésző. A háztartásban lévő fogyasztók közül csak a 230 V névleges feszültségről üzemelő fogyasztókat kell figyelembe venni, mert ezek csatlakoznak az inverterre. Vagyis egy gázkazán a vezérlésével, Wifi router, hűtőszekrény és egy konnektor telefon illetve laptop töltésre. Az 5.1 táblázatból az összteljesítményük

amennyiben minden fogyasztó egyszerre üzemel 230W, de mivel a hűtőszekrénynek indulásakor nagyobb pillanatnyi teljesítményre van szükség itt az üzemi 50W helyett a mért 200 W pillanatnyi értékkel kell számolni, így a korrigált teljesítmény 380W-ra adódik. Az inverter teljesítményének kiválasztásakor a nem Ohmikus fogyasztók által elhasznált meddő teljesítményen túl érdemes valamennyi tartalékot hagyni. A kereskedelemben kapható inverterek közt a 380W-hoz a 400W áll a legközelebb, akár ez is választható lenne, mert 20W-al magasabb a kívánt maximális pillanatnyi értéktől. Ez a 400W a folyamatosan leadott teljesítményre vonatkozik, viszont minden inverterre megadják azt a teljesítményt is, amit egy rövid ideig szolgáltatni tud. Ez a teljesítmény egy 400W – os inverter esetében 800W környékére tehető, vagyis nem okozna gondot, ha minden fogyasztó egyszerre üzemelne és a hűtőszekrény ki majd be kapcsolgatna. Mivel napjainkban már nincs jelentős eltérés árban egy 400 és egy 500W-os inverter között mégis javasolt egy 500W-os invertert választása, mert így az inverter fél terhelés alatt fog üzemelni, vagyis az élettartama így hosszabb lehet, mintha magas terhelés mellett üzemeltetnénk. Továbbá amennyiben úgy adódik, van még kellő mennyiségű tartalékunk a rendszerben, hogy egy esetleges nem várt esemény bekövetkeztekor további fogyasztókat kapcsoljunk az inverterre.

Az inverterek kiválasztásánál további elengedhetetlen szempont a kimenő jel alakja, ahogyan ez már korábban is említésre került a 3.2 fejezetben. Minden esetben csak és kizárólag tiszta szinuszos hullám kimenetű invertert lehet használni, így bármilyen fogyasztó csatlakoztatható az inverterre. Mivel az inverter az akkumulátortól kapja az energiát és ezt alakítja át 230V 50Hz váltakozó árammá a berendezésnek figyelnie kell az akkumulátorok feszültség szintjét a mélykisütés elkerülése érdekében. Ez azt jelenti a gyakorlatban, hogy ha az akkumulátor csoport feszültsége eléri az inverterben gyárilag beállított értéket a berendezés automatikusan lekapcsol. Természetesen folyamatosan figyeli tovább a feszültséget és egy adott szint elérése után vissza is kapcsol magától. Ezek a feszültség szintek az egyes gyártók berendezéseiben állíthatók, például annak függvényében, hogy mennyire szeretnénk kisütni az akkumulátorokat vagy milyen típusú akkumulátorokat használunk. (Ezzel azok élettartamát adott esetben meg is lehet hosszabbítani.)

## **5.7. Napelemek méretezése**

Első esetben a rendszert úgy méretezzük, hogy PWM típusú töltésvezérlőt használunk. Ezt azért fontos kiemelni, mert a PWM töltésvezérlő nem képes az adott működési körülmények között a legkedvezőbb munkapont kiválasztására, ebből adódóan hatásfoka kicsit elmarad a

munkapont követő MPPT vezérlőtől. Előnyeként felhozható, hogy egyszerű analóg áramköri elemekből felépíthető, viszonylag egyszerű kapcsolásból áll, akár házilag is megépíthető.

A napelemes panelek méretezéshez első lépésként szükség van az adott földrajzi helyen lévő besugárzási adatokra. Korábban már említésre került, hogy létezik egy adatbázis, ahonnan meg lehet tudni, hogy mekkora energiára számíthatunk éves illetve havi bontásban is. Napjainkban eléggé kiszámíthatatlan az időjárás, bármikor számíthatunk bármilyen időre, de az utóbbi években elmondhatjuk, hogy hazánk területén bővelkedtünk napsütéses órákban. Ahogyan a napelem telepítő cégek is, mi is támaszkodhatunk a Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS, [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)) weboldalon közzétett besugárzási és teljesítmény adatokra. A konkrét tatai családi ház földrajzi helyének kiválasztása és pár paraméter megadása után az 5.1. ábrán található adatokat kapjuk.

A rendszerbe bevitt paraméterek a következők:

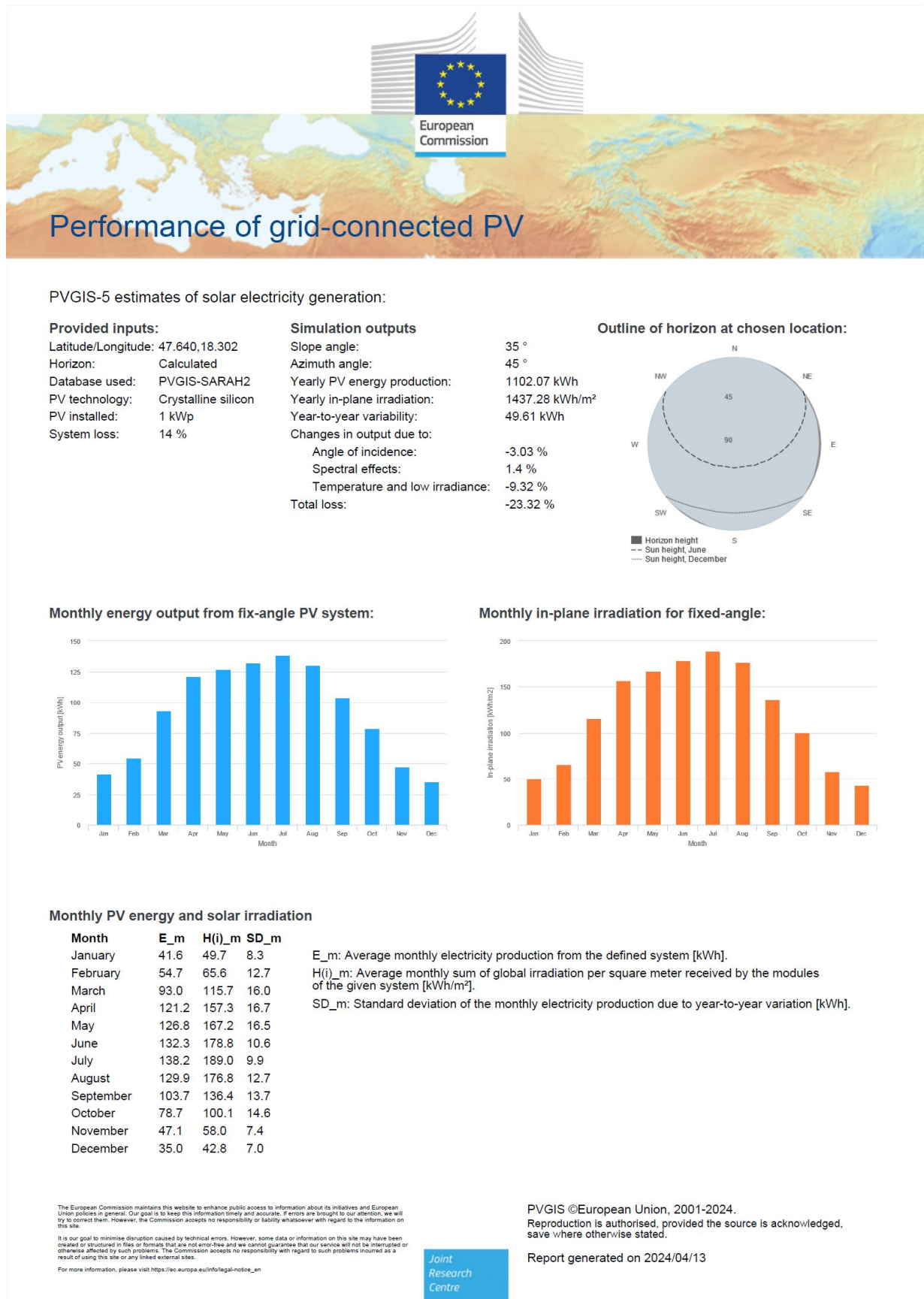
- Hosszúsági és szélességi adatok: 47,640; 18,302
- Napelem technológia: kristályos szilícium
- Telepített kapacitás: 1kWp
- Rendszer összes vesztesége: 14%
- Tető dőlésszöge: 35°
- Azimut értéke: 45°

A fenti adatok bevitele után a rendszer kiszámolja és megmutatja a várható termelési adatokat a telepített napelem kapacitásra vonatkoztatva, például az éves termelt napenergia mennyisége 1102,07 kWh. Az ábra alsó részén havi bontásban megkapjuk a következő adatokat:

- E\_m oszlop az adott rendszerre az átlagos havi villamos termelés [kWh]
- H(i)\_m oszlop az adott napelemet érő globális besugárzás négyzetméterre vonatkoztatott havi átlagos értéke [kWh/m<sup>2</sup>]
- SD\_m a havi villamos termelés eltérése az évenkénti változás miatt [kWh]

## 5.1. ábra PVGIS besugárzási agatok

(Forrás: [PVGIS adatbázis](#))



A napelemek méretezésénél figyelembe kell venni a hőmérsékleti és egyéb rendszer veszteségeket, mint például a kábeleken eső feszültség okoz, vagy a töltésvezérlő vesztesége, az inverter és akkumulátorok veszteségei. A rendszer veszteségei együttesen általában 14% körüli veszteséget okoznak. A veszteségek figyelembevételével a következő képlet adódik a napelem csúcsteljesítmény számítására:

$$P_{peak} = \frac{E * Pref}{(1 - L_{temp}) * (1 - L_{sys}) * E_{a,o}}$$

ahol E az energiaigény kWh-ban, Ltemp a hőmérséklet okozta veszteség, Lsys a rendszer elemeinek vesztesége, Ea,o az átlagos napenergiás besugárzás értéke a PVGIS adatbázis szerint, Pref pedig a PCGIS adatbázisban megadott telepített kapacitás, mire a várható termelést az adatbázis megadja. Mivel az adatbázisban szerepelnek a veszteségek, az így megkapott teljesítményt gyakorlatilag már fel is tudjuk használni közvetlen, így a következő formula adódik:

$$P_{peak} = \frac{E * Pref}{E_a}$$

ahol E az energiaigény kWh-ban, Ea pedig a veszteségekkel csökkentett valós energia kWh-ban. A fenti PVGIS adatokból kiolvasható az éves energiatermelés (Yearly PV energy production) értéke, ami 1102,07kWh, ez napra vetítve 3,02kWh nyerhető 1kWp napelemből. Ki kell emelni, hogy ezt az érték viszont egy átlagos érték, nyáron jóval fölülte télen pedig jóval alatta van a termelés, ezért ezt nem szabad használni a szigetüzem méretezésénél, mert télen, mikor igazából kellene az energia nem tud eleget termelni a rendszerünk. Szigetüzemű rendszerek esetében mindig a legalacsonyabb hozamra kell méretezni, így a decemberi hónap 35 kWh havi termeléséből kell napi átlagot számolni. Ebből az számolható ki, hogy 1kW napelemmel a legrosszabb esetben 1,129kWh energia termelhető naponta, ezt az értéket kell alapul venni a számításainkban ha azt akarjuk, hogy télen is tudjon a rendszer működni. A napelemes rendszernek van a napelemen kívül is vesztesége, vagyis ide még hozzá kell számolni a töltésvezérlőn illetve az inverteren keletkező veszteségeket is. A napelemes rendszerekben tipikusan megengedett maximális veszteség a kábeleken 3% lehet, egy mai inverter hatásfoka 95%, egy töltésvezérlő hatásfoka pedig PWM esetben 85%. Ezekkel az értékekkel kell még korrigálni villamos fogyasztók által elfogyasztott teljesítményt. Vagyis a három veszteséget egybevéve  $0.97 * 0.95 * 0.85 = 0.783$  lesz a korrekciós tényező, amivel a szükséges energiát korrigálni kell, az így korrigált energia  $1520Wh / 0.783 = 1941Wh$  lesz.



A fenti képletből számolva:

$$P_{peak} = \frac{E}{E_a} = \frac{1,941 \text{ kWh} * 1 \text{ kW}}{1,129 \text{ kWh}} = 1,719 \text{ kW}$$

A rendszer napi energiaigényének fedezésére 1719W napelem kapacitás kell letelepíteni minimálisan. Amikor a napelem panelekből felépített csoportok kerülnek megtervezésre, nem lehet pontosan eltalálni a számított teljesítmény értékét a napelem panelek fix teljesítménye miatt, tehát ha a magasabb értéket választjuk, máris keletkezik egy kis extra teljesítmény tartalék. Természetesen a nyári időszakban bőven túl fogjuk teljesíteni a napi minimális termelés értékét, de ezzel számolnunk kell a folyamatos működés fenntarthatósága érdekében. Fenti példában a kiszámolt teljesítmények alapján megfelelő 8 db egyenként 215W-os panel elhelyezése a tetőn. A Victron energy BlueSolar monokristályos 215W-os napelem panel 37,4V-ot és 5,75A tud szolgáltatni a munkapontjában. A paneleket kettesével párhuzamosan kötve lehet a töltésvezérlő elosztójához kábelezni, így jobban kézben tartható a feszültség esések okozta rendszerveszteség. Amennyiben minden napelem bekötésre kerül 8\*5.75A vagyis **46A** áramerősséggel kell számolnunk, amit a töltésvezérlőnek kezelnie kell, illetve a telepeknek fel kell tudni venniük károsodás nélkül.

## 5.8. Töltésvezérlő ellenőrzése

Miután ismerjük a szükséges napelem oldali teljesítményt, feltétlenül vissza kell ellenőrizni, hogy korábban a fogyasztási adatok ismeretében feltételezett töltőáramból kiválasztott töltésvezérlő képes-e kezelni a napelem oldalon jelentkező teljesítményt. Az esetek többségében nem tudja kezelni, ezért a töltésvezérlőt mindig a napelem oldalán fellépő teljesítményekre kell méretezni. Jelen esetben a fent kiszámolt 46A erősségű áram fog folyni a napelemek felől a töltésvezérlőbe, amikor maximális napenergia érkezik a panelekre. A korábban fogyasztói oldalon jelentkező áramerősség miatt 20A-es töltésvezérlő került kiválasztásra, ami nem megfelelő, nagyobb teljesítményűt kell választani. Több lehetőség is adódik, mert akár több töltésvezérlő is választható egymással párhuzamos üzemben, a napelemeket 2 csoportra lehet osztani a közbülső energia elosztóban és így két töltésvezérlőre lehet bontani a rendszert is. Ebben az esetben 2\*23A fog folyni töltésvezérlőkén, amit két darab 30A-es modell ki tud szolgálni (Victron energy BlueSolar PWM Light charge controller 12/24V 30A). A második lehetőség, hogy az eredetileg választott töltésvezérlőt kicseréljük egy nagyobb áramú típusra, vagyis egy 60A-es töltésvezérlőre. Ennek a megoldásnak a hátránya a vezetékeken folyó nagy áramerősség, tehát vastag, illetve a lehetőségek szerint

rövid vezetékek szükségesek a megoldáshoz. A két megoldás között gazdasági alapon is lehet választani.

## **5.9. Akkumulátorok ellenőrzése**

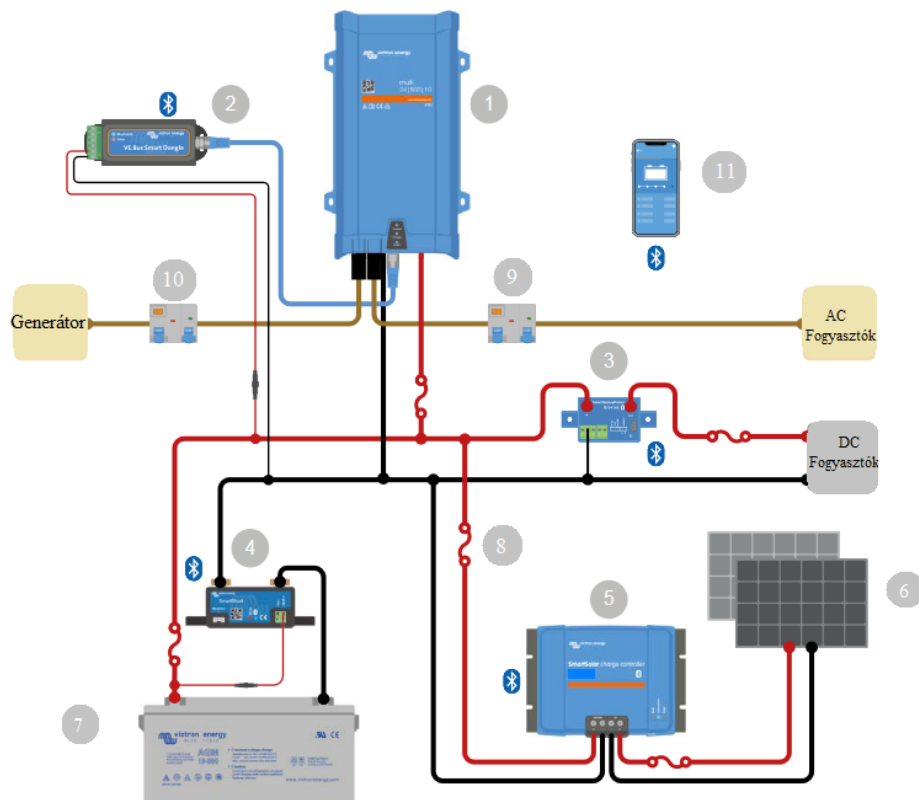
Miután a napelemek által termelt energia ismert, abból ki tudjuk számolni a maximális töltő áramerősséget, ami jelen esetben 46A. Azt kell ellenőrizni, hogy ez az érték megfelel-e az akkumulátor csoport szempontjából. Alapszabály, hogy savas ólom akkumulátorokat 0,1-0,2C értékű áramerősséggel, míg a LiFePO<sub>4</sub> típust 0,5C áramerősséggel is lehet tölteni. Példánkban az akkumulátor telep összes kapacitása 400Ah, a savas ólom akkumulátor adatlapja (Victron energy Lead carbon 12-100) 0,2C maximális töltő áramerősséget is megenged. Így a töltőáram maximális megengedett értéke 80A lehet, ami magasabb érték, mint a napelemek felől érkező töltőáram. Ezt az áramerősséget a telepcsoport károsodás nélkül fel tudja venni. A 400Ah kapacitású LiFePO<sub>4</sub> akkumulátorokat 0,5C, vagyis 200A erősségű árammal lehet tölteni maximálisan, ami jóval nagyobb érték, mint a napelemekből érkező töltőáram. Mind a két akkumulátortípus megfelelő a PWM töltésvezérlőhöz, amennyiben a vezérlőben be lehet állítani a lítium akkumulátorok jellemző feszültség értékeit.

## **5.10. Rendszerkialakítás**

A fent tervezett rendszer egyszerűsített felépítését mutatja az 5.2. ábra. Az ábrán külön szerepel a váltakozó áramú fogyasztók csatlakozása, az egyenáramú fogyasztók csatlakozása és esetlegesen egy külső energiaforrás csatlakoztatási lehetősége. Ez a külső energiaforrás lehet egy a meglévő közcélú hálózathoz csatlakoztatott töltőberendezés, de akár lehet egy kiegészítő energiaforrásként szolgáló aggregátor. Az ábrán láthatóak a biztonsági okokból elengedhetetlen biztosítékok a túláram védelem céljából mind a váltakozó áramú körökben, mind az egyenáramú körökben. Fontos megjegyezni, hogy amennyiben az egyenáramú körbe nem olvadó biztosíték kerül beépítésre, úgy az egyenáramú hálózatokban használt egyenáram megszakítására alkalmas kismegszakítókat lehet csak beszerezni. Amennyiben magasabb egyenfeszültségre terveznénk minden esetben az adott feszültség határnak megfelelő kismegszakítót kell választani. A vezetékeket a konkrét telepítési hosszak ismeretében lehet méretezni, a maximális veszteség a feszültség esések miatt 3%.

5.2. ábra Egy monitorozási funkcióval is rendelkező szigetüzemű rendszer vázlatos rendszerrajza.

(Forrás: [victronenergy.hu](http://victronenergy.hu), szerkesztve)



Az 5.2. ábrán a számokkal jelölt egységek a következők:

1. Napelemes inverter
2. Bluetooth monitoring
3. Akkumulátor telep védelem
4. Akkumulátor monitoring
5. PWM, napelemes töltésvezérlő
6. Napelem panelek
7. Akkumulátor telep
8. Olvadó biztosíték
- 9., 10. Váltakozó áramú túláram védelem
11. Telefonos applikáció, rendszerfelügyelet

### 5.11. MPPT töltésvezérlő méretezése

Az előzőekben a rendszerünkben egy kevésbé hatékony PWM elven működő töltésvezérlőt választottunk, aminek a hatásfoka 85% körül mozog. A rendszerünkben a hatékonyság növelésével növelhetjük az energiahozamot, ezt egy modernebb MPPT töltésvezérlő

alkalmazásával tudjuk elérni, aminek a hatásfoka már gyártó függően 95% körül mozog, illetve a napelemek feszültsége is tágabb tartományon belül mozoghat, amivel tovább csökkenthető a vezetékeken folyó áram erőssége, vagyis az ebből adódó rendszer vesztesége. A hatásfok növekedése a telepített napelem kapacitás csökkenését hozza magával.

Az előző méretezési példában használt adatok szerint a fogyasztók árama 24V akkumulátor feszültség esetében:  $I=P/U= 230W/24V=9,58A$ . Ismételt 4 napos áthidalási idővel számolva, korrigálva a telepek öregedésével illetve 1520Wh napi fogyasztásra nézve a minimálisan szükséges akkumulátor kapacitás:  $C = \frac{D*E}{U*DoD} = \frac{4D*1520 Wh}{24V*0,8*0,8} = 396Ah$

A szükséges napelem kapacitásnál a veszteségek a következők 3% vezeték, 95% inverter és szintén 95% MPPT töltésvezérlő, ebből a korrekciós tényező  $0,97*0,95*0,95 = 0,875$  értékre adódik. A fogyasztók teljesítményét a korrekciós tényezővel megnövelve  $1520Wh/0,875 = 1737Wh$  adódik, mit veszteségekkel növelt napi energiafelhasználás.

A szükséges napelem kapacitás értéke:  $P_{peak} = \frac{E}{Ea} = \frac{1,737 kWh*1 kW}{1,129 kWh} = 1,538 kW$

A fenti számításból látszik, hogy PWM töltésvezérlővel 1719W napelem tudja fedezni a fogyasztást és a rendszer veszteségeket, MPPT töltésvezérlővel 1538W napelem szükséges.

A kevesebb veszteségnek köszönhetően az MPPT töltésvezérlő már nagyobb töltőáramot képes előállítani, így ez esetben is az akkumulátorok kapacitását ellenőrizni kell, hogy a töltés megfelelő legyen számukra. Nagy előnye az MPPT töltésvezérlőknek, hogy a napelemek felől érkező feszültség szélesebb tartományban mozoghat, vagyis a magasabb napelem feszültség révén alacsonyabb áramerőterek folyhatnak a vezetékeken, minimalizálva ezzel a veszteségeket. Esetünkben 4db RSM130-8-435M típusú 435W teljesítményű Reisen solar napelem panelt kellene felszerelni sorosan kapcsolva a számított teljesítmény eléréséhez. A munkaponti áramerőtség a katalógus szerint 11,72A, munkaponti feszültsége 37,14V, üresjáratú feszültsége 44,61V, hőmérsékleti együtthatója alacsonyabb az átlagosnál, -0,25%/°C, vagyis a hőmérséklet csökkenésével a panel feszültsége kevésbé emelkedik meg. Az MPPT töltésvezérlő jobb hatékonyságának köszönhetően több energiát tudunk hasznosítani a napelemek felől érkező energiából. A várható töltő áram az akkumulátor töltöttségi szintjétől függően fog változni, legalacsonyabb telepfeszültség (22,2V) és maximális napsütés esetén 68A értéket is elérheti. A 4 cella soros kapcsolásban 178,5V feszültséget fog előállítani 25 °C hőmérsékleten. Ezekből az adatokból például a Viktron energy MPPT 250/100 típusú töltésvezérlőjét tudjuk használni, ami 250V maximális feszültségig és 100A maximális áramerőségig használható. Természetesen gazdasági megfontolások miatt lehet csak két 44,61V feszültségű panelt sorba kapcsolni, így 89,22V

adódik, ami alacsonyabb feszültségű és olcsóbb MPPT vezérlő használatát teszi lehetővé. Esetünkben ez az egyszerű változtatás 2 db MPPT 100/30 töltésvezérlőt jelent, amivel a költségeket optimalizálhatjuk. A megnövekedett töltőáramnak köszönhetően a savas ólomakkumulátor maximális áramát még nem éri el, de már a felső részéhez közelít. A LiFePO<sub>4</sub> típust biztonsággal tölthető a megnövekedett áramerősséggel. A fenti példából látható, hogy az MPPT töltésvezérlő alkalmazása esetén nagyobb mozgástér áll rendelkezésre a napelemek feszültségét tekintve, valamint a beérkező energiát is nagyobb hatékonysággal tudja hasznosítani. Hatalmas előny, hogy az MPPT technológiának köszönhetően kisebb névleges napelem kapacitás esetén is nagyobb teljesítményű rendszer építhető.

## **6. Szükség energiaellátó rendszer**

A szükség energiaellátó rendszerek felhasználásuk miatt egy kicsit más megközelítést kívánnak, mint a szigetüzemű rendszerek, de az alapvető méretezési eljárás hasonló. A legnagyobb eltérés az, hogy a szükség energiaellátó rendszerekben nem kell folyamatos energiaellátást biztosítani a fogyasztóknak, itt csak szakaszos üzemről beszélünk. Ezek a rendszerek csak időszakosan üzemelnek, mikor a fogyasztókat alap esetben ellátó rendszer valami műszaki oknál fogva nem képes energiával ellátni a kiemelt fogyasztókat. Ebből kifolyólag a rendszer által biztosított energiát is más időütemezés szerint használják fel. A rendszerből alap esetben nem vesznek ki energiát, ezért csak arra kell törekedni, hogy a vészhelyzet esetében szükséges energiát folyamatosan tárolni képes legyen. Napi szinten az akkumulátorok veszteségeit pótolni tudja a rendszer, azaz úgynevezett csepptöltéssel maximális töltöttségi szintjükön tudja tartani az akkukat. Úgy is mondhatjuk, hogy a szükség energiaellátó rendszernek napi 24 órában készenlétben kell állnia, hogy ha áramkimaradás lép fel a szolgáltató hálózatában biztosítani tudja azon fogyasztók számára az energiát, amiket korábban a kiemelt fogyasztók csoportjába soroltak. Ezt az energiát adott ideig kell tudnia biztosítani, ez az áthidalási idő sok dologtól függhet, tehát egyedi, nincs a meghatározására konkrét szabály. Azt mondhatjuk, hogy függ az adott épület elhelyezkedésétől például ritkán lakott régióban található vagy nagyvárosban. Az áramszolgáltatóknak van egy SLA-ja (Service Level Agreement), vagyis vállalják a hálózatukban keletkezett nem vis major eredetű hibákat bizonyos időn belül kijavítani. Az áramszolgáltató leghosszabb hibaelhárítási idejét is alapul lehet venni az áthidalási idő meghatározásakor, ez E-ON területen hibától, napszaktól és a város nagyságától is függően maximum 12 óra. Ez egy elméleti érték, ami nem minden esetben teljesíthető, mert előfordulhatnak például többszörös hibák is az elosztói hálózatban. A hibákon felül a rendszeres karbantartásokkor esetlegesen tapasztalható áramszünetekkel is

számolni kell. Ezen felül lehet még a felhasználás helyén jelentkező áthidalási időt meghatározó tényező bizonyos speciális feltétel is, például van egy berendezés, ami ha egyszer elindult adott időn keresztül folyamatos áramellátást igényel a berendezés biztonságos vezérléséhez. De akár a tulajdonos kérése alapján is meg lehet állapítani egy bizonyos áthidalási időt, ami lehet több nap vagy esetleg egy hét időtartam is. Igazából azt kell figyelembe venni, hogy egy olyan rendszerről beszélünk, ami az év majdnem egészében csak készenlétben fog állni, mert ez az egyik üzemszerű állapota és várja, hogy elmenjen az áram a szolgáltatói hálózatban, majd el tudják használni a készenlétben tárolt energiát belőle. Azt is mondhatjuk, hogy nem termel semmi hasznot mindaddig, amíg egyszer lesz egy áramszünet és szükségünk nem lesz a benne eltárolt villamos energiára. Ebből az okból kifolyólag nem érdemes túl hosszú áthidalási idővel számolni, ezzel is minimalizálható a rendszer mérete, vagyis a szükséges beruházás nagysága. További sajátossága a rendszernek egy áramszünet alkalmával a szükség energiaellátó rendszerből elhasznált energia visszapótlásának az időtartama. Amikor elmegey az áram elkezdődik az energia felhasználása a szükség energiaforrásból mindaddig, amíg az áramszünet fennáll vagy az áthidalási idő maximumáig. Miután visszajött az áram a fogyasztókat visszakapcsoltuk az eredeti hálózatra nem feltétlen szükséges az energiátároló azonnali visszatöltése a maximális szintre bízva abban, hogy két hosszú (az áthidalási időt meghaladó) ideig tartó áramszünet nem történik zsinórban egymás után. Az elhasznált energia visszatöltése megvalósítható egy külső töltő segítségével a szolgáltatói hálózatból viszonylag rövid időn belül, felkészülve egy esetleges második áramszünetre. De az eredetileg tervezett napelemekkel is, azok által termelt energiából. A napelemek mérete és a napsütés határozza meg ebben az esetben a visszatöltés idejét. A visszatöltési időre is meghatározhatunk egy hosszabb időtartamot, lehet akár több nap is, ezzel csökkentve a beruházás költségeit. Az áthidalási idő még tovább fokozható azzal a megoldással, hogy a visszatöltéskor nem csak azt az energiát kell a napelemeknek megtermelni, amivel a korábban elhasznált energiát folyamatosan, napokra elosztva pótolni tudják, hanem a napi szükségletet is megtermelik a kiemelt fogyasztók számára. Ezzel a megoldással kicsit kezd a rendszer a szigetüzemre hasonlítani, ami a rendszer méretei miatt a költségek is meg fogja emelni. A szigetüzemű rendszerek méretezésénél bemutatott elgondolásokból kiindulva a 6.1. számú táblázatban pár lehetséges rendszer kialakítás kalkulált adatai láthatóak szemléletesség kedvéért. Minden sor egy egyedi konfigurációt tartalmaz a szükség energiaellátó rendszerek fő elgondolása mentén, miszerint csak az adott energiamennyiséget kell folyamatosan készenlétben tartani a kiemelt fogyasztók számára adott áthidalási idő mellett. Így a rendszer teljesítmény ár értéke az optimális szinten tartható.

6.1. számú táblázat, szükség energiaellátó rendszer kalkulációi különböző áthidalási időikkel

(Forrás: saját munka)

Sorszám	Autonóm idő [nap]	Visszatöltés [nap]	Telep kapacitás [Ah]	Napelem mérete [kW]	Telepfeszültség [V]	Töltőáram [A]	Inverter áramfelvétele [A]
1	10	10,0	494,79	1,54	48	32,06	4,79
2	5	5,0	247,40	1,54	48	32,06	4,79
3	3	3,0	148,44	1,54	48	32,06	4,79
4	2	2,0	98,96	1,54	48	32,06	4,79
5	1	0,9	49,48	1,54	48	32,06	4,79
6	2	2,0	197,92	1,54	24	64,11	9,58
7	1	0,9	98,96	1,54	24	64,11	9,58
8	2	6,2	98,96	0,50	48	10,42	4,79
9	2	10,3	197,92	0,30	24	12,50	9,58
10	2	20,5	98,96	0,15	48	3,13	4,79
11	2	20,5	395,83	0,15	12	12,50	19,17
12	2	10,3	395,83	0,30	12	25,00	19,17

A 6.1 számú táblázatban 12 különböző rendszerkonfigurációra lett elvégezve a számítás. A számítások során mindig a legrosszabb esetet kell feltételezni, annak érdekében, hogy a rendszerünk minden körülmények között működni tudjon. Ezért azzal kell számolni, hogy a rendszer bekapcsolásakor vagy az áramszünet végén, amikor a töltés megkezdődik a rendszer tárolója a megengedett szintig leürült és innen kell elkezdeni a töltést. A valóságban vélhetően nem fog teljesen kiürülni az adott telep, mert az áthidalási időnél rövidebb lesz az áramszünet, tehát a számított időnél hamarabb fog feltöltődni a tárolónk is. Az áthidalási időt illetően szintén érdemes kompromisszumot kötni. Egyrészt a nagyon hosszú áthidalási idők megnövelik a rendszer költségeit, másrészt felhasználástól függően elképzelhető, hogy tartós áramszünet esetén a többi szolgáltatónál is kimaradás lesz. (Például a helyi internet szolgáltató berendezéseit ellátó szünetmentes áramellátó rendszer is véges kapacitással rendelkezik, ezért egy idő után már nem lesz értelme a wifi routerünket működtetni sem, mert nem lesz internet kapcsolatunk.) Tartós áramszünet esetére más prioritásokkal kell számolni például a szükségvilágítás kerül előtérbe, illetve télen (amennyiben még rendelkezésre állnak) a hagyományos tüzelőberendezést működtető elektromos berendezések, például a vegyes tüzelésű kazán keringető szivattyúja.

A fenti megfontolásokat figyelembe véve a táblázatban a pirosas színekkel jelölt első 7 sorban méretezett rendszert nem célszerű szükség energiaforrásként használni. Műszakilag is túl nagy rendszer és az eszközök értékét tekintve is költséges beruházások. Egy ilyen szükség energiaforrás nem termel profitot úgy, mint egy hálózatra tápláló rendszer, ezért érdemes

optimalizálni a kiépítés költségeit. A legelső sorban látható rendszerben az 1,5 kW teljesítményű panelek mellé 495Ah kapacitású akkumulátor telepet kíván a 10 napos áthidalási idő. Míg azonos napelem kapacitás mellett 2 napos áthidalási idővel már csak 99Ah a számított minimális kapacitás. A költségek és rendszer kapacitás szempontjából a zölddel jelölt két sort érdemes megnézni. A rendszerben egyik legdrágább elemek az inverter, ami minden verzióban azonos, így ilyen szempontból nem módosítja a költségeket. A töltésvezérlő és akkumulátor viszont jelentős költséggel bír, illetve hatással van a kiépítés költségeire. A telepkapacitások a 8. és 9. sorban a realitások szerinti 2 nap áthidalási időt tudják nyújtani, illetve a töltőáramok is lehetővé teszik, hogy kisebb teljesítményű egyben olcsóbb töltésvezérlőt használjunk, ezért ezt a két konfigurációt érdemes az adott paraméterek mellett kiépíteni.

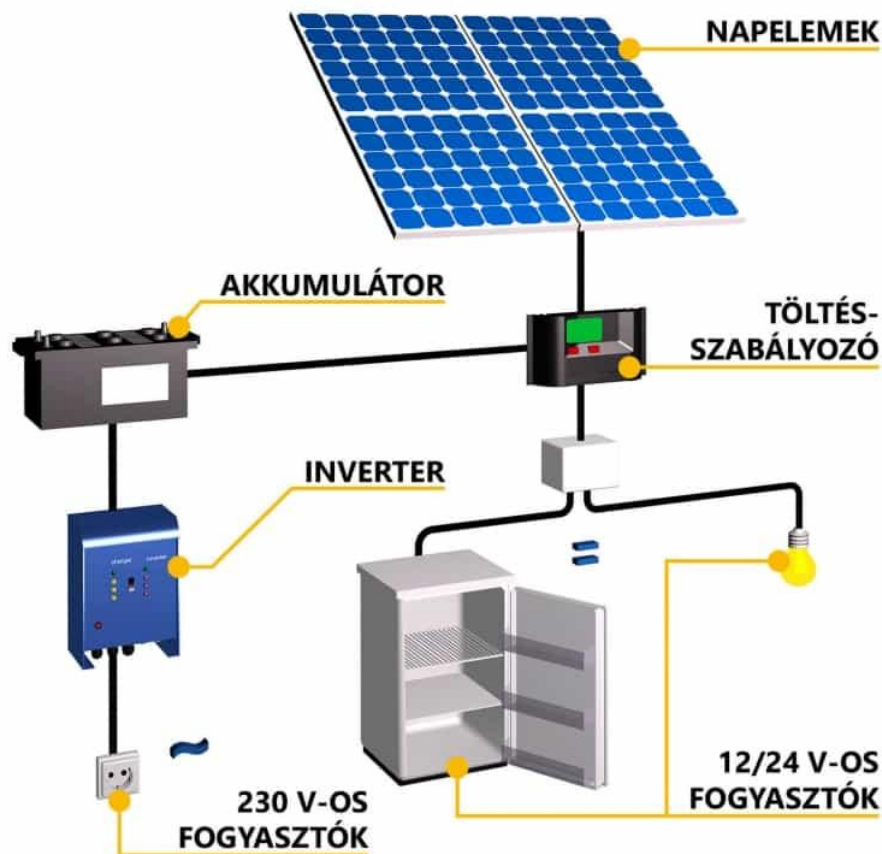
Amennyiben hosszabb távra merülne fel igény az áramszünet alatti energia ellátásra szintén csak korlátozott számú fogyasztó számára, úgy lehetőség van az adott igények szerint egy nagyobb rendszert telepíteni vagy egy külső energiaforrást is a rendszerhez kapcsolni. Egy ilyen tipikus energiaforrás lehet egy aggregátor, ami stabilan az időjárástól függetlenül tud termelni, a zavartalan üzemanyag ellátás mellett. Természetesen az aggregátor üzemeltetésének illetve üzemkész állapotban tartásának megvannak a követelményei, amiket ilyen esetben be kell tartani a megbízható üzem érdekében. Másik alternatívaként akár lehet egy másik időjárásfüggő megújuló energiaforrással megtámogatni a rendszert, például egy szélgenerátorral. Természetesen a biztonságos ellátás vagy az áthidalási idő növelése nagyobb anyagi ráfordítást is igényel. Ezt olyan helyen érdemes megfontolni, ahol a villamos elosztóhálózat gyakori hibáiból adódóan sűrűn van áramszünet, ami korlátozza a családi házban végezhető tevékenységek egy részét. Ilyen esetekben érdemes kicsit nagyobb áthidalási idővel számolni, így adott fogyasztók szakaszosan is üzemeltethetők a rendszerről. Példaként nézzünk egy a saját családi házamnál megépített szükség energiaellátó rendszer konfigurációt, a rendszer egy 150W teljesítményű 12V-os napelemből, 4db 12V feszültségű és egyenként 72Ah kapacitású savas ólomakkumulátorból, egy 1000VA folyamatos teljesítményű, 230V 50Hz tiszta szinuszos kimeneti jelalakokkal rendelkező DC 12V bemenetű inverterből áll. A rendszerhez a napelemes PWM töltésvezérlő egy interneten korábban közölt kapcsolás egyénileg továbbfejlesztett változata. Jelenleg is el tudja látni a PWM vezérlő az akkumulátorok feltöltését, de a nagyobb energia hozam érdekében egy szintén saját készítésű MPPT töltésvezérlő váltja majd. A PWM töltésvezérlő a továbbfejlesztésnek köszönhetően rendelkezik külső töltési csatlakozással az akkumulátorok gyorsabb töltése érdekében, illetve képes kijelezni a rendszer főbb feszültség és áram paramétereit. Jelen rendszer a nagy



teljesítményű inverter miatt rövid időre el tud látni energiával több fogyasztót is áramszünet alkalmával. A rendszer áthidalási ideje a rákapcsolt fogyasztók áramfelvételétől függ, amennyiben a méretezési példában lévő 230W-os maximális fogyasztást számoljuk a áthidalási idő 1,1 nap.

6.1. ábra Egy szükség energiaellátó rendszer egyszerűsített rendszerrajza

(Forrás: [wagnersolar.hu](http://wagnersolar.hu))



A 6.1 ábra egy a fentiekben bemutatott szükség energiaellátó rendszer egyszerűsített rendszerrajzát mutatja. A működő rendszerről készült fényképeket a mellékletben lehet látni. Az 1. számú mellékletben található képen a saját fejlesztésű töltésvezérlő látható, LCD kijelzőjén az üzemi áram és feszültség adatokkal, illetve a kábeleket és eszközöket védő kismegszakítókkal. 2. számú mellékletben található fényképen a töltésvezérlő az inverter és az akkumulátorokat leválasztó kismegszakító látható. A 3. számú mellékletben a kép az egyik akkucsoportot és az csoport hőmérsékletét monitorozó érzékelőt (piros színű érzékelő a két telep között) mutatja.

Végezetül a 6.2 táblázat egy költségkalkulációt mutat a 6.1 táblázat 8. sorában zölddel jelölt 48V-os rendszerre. A piacon rengeteg gyártó berendezése elérhető eltérő tudásban és minőségben, jelen konfigurációban az invertert és az MPPT töltésvezérlőt a Victron energy minőségi eszközei közül választottam. A napelemek tekintetében a piacon kitűnő hatásfokú és hosszú élettartalmú panelek kedvező árban elérhetők, igazából a napelemes panelek ára jelentősen csökkent az elmúlt időszakban nem képeznek olyan jelentős tételt, mint mondjuk az akkumulátorok. A táblázat szerint 0,5kW napelem kapacitás kell, amit 2 db Victron energy Blue Solar polikristályos egyenként 270W panellel tudunk elérni. A paneleket sorba kötve 2\*31,7V vagyis összesen 63,4V feszültség adódik, a töltőáram pedig 8,52A lesz. A panelekből érkező energiát figyelembe véve a Victron energy BlueSolar MPPT 100/20 töltésvezérlőt választottam. Így a rendszer esetlegesen bővíthető további panelekkel. Akkumulátor választása során 12V 100Ah AGM akkumulátort választottam, adatlapja szerint alkalmas vészhelyzeti áramforrásként üzemelni.

6.2. számú táblázat, költségkalkuláció egy szükség energiaellátó rendszerre

(Forrás: saját munka)

Rendszer elem	Típus	Mennyiség [db]	Egységár [Ft]	Összesen [Ft]
Napelem	Victron energy 270W-24V Poly	2	76990	153980
Töltésvezérlő	Victron Energy BlueSolar MPPT 100/20	1	35963	35963
Akkumulátor	12V/100Ah Mombat MVR	4	96000	384000
Inverter	Phoenix Inverter C12/1200	1	231490	231490
Biztosíték	DC 125A/600V	1	10380	10380
Biztosíték	DC 25A/440V 2P	1	16215	16215
Biztosíték	DC 20A/440V 2P	1	16215	16215
<b>Összesen:</b>				<b>848243</b>

Látható a táblázatban, hogy a kiépítési költség igen magas a rendszer kapacitásához illetve szolgáltatásához képest. Sajnos a szigetüzemű rendszerek és így a szükség energiaellátó rendszerek jellegzetessége a 50-70%-al magasabb ár, mivel az energiát helyben kell tárolni, illetve a rendszer töltéséről folyamatosan gondoskodni kell. Egy vészhelyzeti rendszernél a folyamatos energiatermelésen tudunk úgymond spórolni azzal, hogy kisebb kapacitású napelem paneleket választunk így a töltésvezérlő is kisebb teljesítményű lehet a teljes szigetüzemhez képest. A rendszer két legdrágább elemén, az akkumulátorokon illetve az inverteren nem nagyon lehet spórolni. Viszonyításként kiszámoltam a költségeket a 6.1 táblázat 9. sorában lévő 24V-os rendszerre is. A táblázat szerint 0,3kW napelem kapacitás kell, amihez 1 db Victron energy Blue Solar polikristályos 330W teljesítményű panelt

választottam, 37,3V munkaponti feszültséggel és 8,86A munkaponti áramerősséggel. A panelekből érkező energiát figyelembe véve a Victron energy BlueSolar MPPT 75/15 töltésvezérlőt választottam. Akkumulátor választása azonos az előző konfigurációval 12V 100Ah AGM akkumulátort választottam, adatlapja szerint alkalmas vészhelyzeti áramforrásként üzemelni.

6.3. számú táblázat, költségkalkuláció egy szükség energiaellátó rendszerre, olcsóbb verzió

(Forrás: saját munka)

Rendszer elem	Típus	Mennyiség [db]	Egységár [Ft]	Összesen [Ft]
Napelem	Victron energy 330W-24V Poly	1	89190	89190
Töltésvezérlő	Victron Energy BlueSolar MPPT 75/15	1	23290	23290
Akkumulátor	12V/100Ah Mombat MVR	4	96000	384000
Inverter	Phoenix Inverter C12/1200	1	231490	231490
Biztosíték	DC 125A/600V	1	10380	10380
Biztosíték	DC 25A/440V 2P	1	16215	16215
Biztosíték	DC 20A/440V 2P	1	16215	16215
<b>Összesen:</b>				<b>770780</b>

Végső következtetésként elmondható, hogy a szükség energiaellátó rendszereket kellő körültekintéssel mindig az adott igényekhez megfelelően méretezve egy kis kompakt rendszert kapunk, amire mindig számíthatunk, ha áramszünet van a családi házban. Nincs olyan, hogy egy adott rendszer minden háztartásba megfelelően funkcionál, mert minden háztartásban egyedi igények merülnek fel. Minden ember máshogy és másra használja az energiát, mert mások a fogyasztói szokásaik, tehát az így tervezett rendszerek egyediek. Paraméterek a helyben felmerülő igényektől és a megrendelő beruházási kedvétől függően más és más. Mint tervezési irányelvként elmondható, hogy a használatából eredően nem érdemes nagy napelem kapacitásokat telepíteni, a telepkapacitás függvényében vállalható a több napos visszatöltési idő. Az áthidalási idő és a helyi fogyasztás tükrében érdemes az energiatárolót nagy kapacitásúra választani a napelemmel termelhető napi kapacitáshoz képest. Érdemes olyan jó minőségű építő elemeket használni, amiket nyugodt szívvel magukra lehet hagyni, biztonsággal fognak üzemelni. Egy további fontos dolgot még érdemes kiemelni, a letelepített rendszerünket nem csak akkor tudjuk használni, mikor áramszünet van, hanem kreatív módon több dologra is használható. Egy gyakorlati példa a rendszer használata akkumulátortöltésre. Amikor nyáron süt a nap nyugodtan lehet egy akkumulátortöltőt csatlakoztatni az inverterre és feltölteni mondjuk az akkumulátoros fűnyíró telepeit. A Parkside 4Ah 20V Lítium akkumulátora 80Wh kapacitású, ennek minimum 80%-a ki is vehető az akkumulátorból, töltését lehet erről a rendszerről végezni. 4 db akkumulátor

feltöltésével már közel 320Wh energiát takarítottunk meg. Gyakorlatilag a fűnyíráshoz elhasznált energia egész nyáron ingyen áll rendelkezésre. Amennyiben más célra is használjuk napsütéses időben a szükség energiaellátó rendszerünket mindössze arra kell figyelni, hogy feltöltött tároló mellett a napközben megtermelt energiát vegyük csak ki a rendszerből. Így a feltöltött tárolók miatt kellő energia marad egy esetleges áramszünet esetére. Ha valami oknál fogva mégis adott pillanatban többet használunk el, mint az aktuális termelés, a napelemek vissza tudják tölteni az elhasznált kapacitást hamar az intenzív napsütésnek köszönhetően. Értelem szerűen többlet felhasználást kerülni kell napsütésmentes időszakban, mert az a telepeket meríti.

## 7. Összefoglaló

Szakedolgozatomban egy olyan témát mutattam be, ami napjainkban egyre jobban aktuális, de általában átsiklunk felette. Az embernek a jól megszokott dolgok egy idő után természetessé válnak, például ilyen, hogy el tudunk menni a boltba bevásárolni manapság már szinte bármikor, tehát nem kell otthon tárolni élelmiszert úgy, mint mondjuk 40 évvel ezelőtt. Teljesen természetesnek érzik az emberek, hogy ha megnyitják a vízcsapot, máris folyik a hideg vagy meleg víz. Mindebben nagy szerepe van az elektromosságnak manapság azt mondhatjuk, ha villamos energia van, akkor majdnem minden van. Otthonunkban is egyre jobban beépülnek az elektromos berendezések, sőt a közlekedés elektrifikálása is nagyon sokat fejlődött az elmúlt években. Hozzá vagyunk szokva, hogy az energia mindig rendelkezésre áll, viszont mikor valami okból szünetel a szolgáltatás, rendkívül kényelmetlenül érezzük magunkat a hiánya miatt. A sokszor jól megszokott tevékenységeinket egyáltalán nem is tudjuk végezni, vagy esetlegesen még anyagi kár is származhat a villamos energia hiányából. Ebből az okból gondoltam, hogy érdemes ezt a témát alaposabban megvizsgálni, milyen lehetőségeink is adódnak, hogy áramszünet esetén megújuló energia felhasználásával mégis fenn tudjuk tartani otthonunk minimális komfort érzetét. Sokunknak egyből egy kis teljesítményű aggregátor vásárlása jut eszünkbe, de ez akár hamis biztonság érzetet is nyújthat, mert azt is folyamatosan üzemkész állapotban kell tartani viszont ennek is megvannak a maga nehézségei vegyük csak a mai üzemanyagok eltarthatóságát. Továbbá zajos, környezetszennyező és nem megújuló energia. Ezzel ellentétben egy az egyedi igények alapján jól méretezett mini szigetüzemű rendszerrel könnyedén biztosítható egy családi ház szükség energiaellátása. Amennyiben az igények változnak rugalmasan bővíthető a rendszer az akkumulátorokat leszámítva élettartama a beépített eszközök helyes megválasztása esetén akár 25-30 év is lehet. A rendszerben használt

akkumulátorok típusától függően elképzelhető, hogy csak egyszer kell a rendszer élettartama alatt cserélni a telepcsoportot. Egyetlen hátrányként az időjárás függőséget tudjuk megemlíteni, ami megfelelő méretezéssel kezelhető. Mivel egy szükség energiaellátó rendszer egyedileg méretezett, így rengeteg variációja létezhet, mindig az adott igények szabják meg. A számos variáció közül a legegyszerűbb kis kapacitású megoldás lehet, ha valaki vásárol egy manapság egyre jobban elterjedt hordozható energiatárolót és külső energiaforrásként rákapcsol napelem paneleket. Természetesen a kis tároló kapacitás miatt nem lesz meg a kellő áthidalási idő, de viszonylag kis beruházással a rövidebb áramszüneteket gond nélkül át tudja vészelni és még a mobilitás miatt akár kempingezéskor is jó hasznát tudja venni a rendszernek. Ami az előnye az a hátránya is, kicsi kompakt rendszer, így ha például meghibásodik a töltésvezérlő része nem biztos, hogy javítható vagy cserélhető. Gondolhatunk még az egyszerű UPS rendszerekre, ezeknek is megvan az előnyük, beavatkozás nélkül át tudnak kapcsolni áramszünet esetén, viszont folyamatosan energiát fogyasztanak az elektronos hálózatról működésükhöz, illetve az akkumulátorok folyamatos csepptöltéséhez. További hátrányuk a viszonylag rövid áthidalási idő. A legjobb megoldás egy egyedileg méretezett energiaellátó rendszer, amit minden esetben a helyi igények megfelelően terveznek, akár automatikus átkapcsolással is rendelkezhet áramszünet esetére. További előnye, hogy teljesen megújuló energiát használ, vagyis egy egyszeri beruházást igényel mindösszesen.

## 8. Irodalomjegyzék

### Felhasznált szakirodalom

Michael B. (2021): Solar Electricity Handbook 2021 Edition. Greenstream Publishing

Véghely T. (2014): Napelemes rendszerek villamos berendezései. Budapest Cser kiadó

### Felhasznált elektronikus szakirodalom

Chris N. (2020), Off-Grid Solar Power Made Simple. Letöltés dátuma: 2024.02.29., forrás: <https://pdfcoffee.com/qdownload/off-grid-solar-power-made-simple-a-simple-guide-to-building-and-installing-solar-power-panels-for-homes-cabins-and-vehicles-by-chris-newak-pdf-free.html>

CleverSolarPower.com (2020), Off-Grid Solar power Simplified. Letöltés dátuma: 2024.02.29., forrás: <https://pdfcoffee.com/qdownload/nick-seghers-off-grid-solar-power-simplified-for-rvs-vans-cabins-boats-and-tiny-homes-2020-pdf-free.html>

Michael D. (2012), Fotovillamos energia ismertetése és alkalmazása kompetens partnerrel alapismeretek. Greentechnic Hungary Kft. Letöltés dátuma: 2024.02.25., forrás: <https://webgalamb.greentechnic.eu/page.php?link=kkf768ck&id=32039&b=1&x=968261&y=346&z=98&dt=1708892423>

Varga P. (2021), Naplóló Kft. Napelemes rendszerek. 2021-ben kiadott órai tananyag.

Véghely T. (2012), Napenergia hasznosító berendezések (rendszerek). Edutus Főiskola, Letöltés dátuma: 2024.02.25., forrás: [https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/11906/2010-0017\\_09\\_napenergia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/11906/2010-0017_09_napenergia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

### Felhasznált internetes szakirodalom

http1: 2021 Meghatározó napelemes cellatechnológiái – 2. rész, Letöltés dátuma: 2024.03.16., forrás: <https://wagnersolar.hu/2021-meghatarozo-napelemes-cellatechnologiai-2-resz/>

http2: Az inverter feladata és kiválasztása hálózatra csatlakozó napelemes rendszerekben, Letöltés dátuma: 2024.03.18., forrás: <https://www.naplopo.hu/tudastar/szakcikkeink-hasznos-irasaink/napelemes-aramtermeles-2/az-inverter-feladata-es-kivalasztasa-halozatra-csatlakozo-napelemes-rendszerekben>

http3: Fotovoltaikus képzési levél - sziget üzemű napelemes rendszerek tervezése és méretezése, Letöltés dátuma: 2024.03.27., forrás:

<https://www.google.hu/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://s9b0073dda6defab2.jimcontent.com/download/version/1551447847/module/13719671527/name/HU-Training%2520Letter%2520PV.pdf&ved=2ahUKEwi284TmhZSFAXFgP0HHTDHB3I4KBAWegQIHxAB&usg=AOvVaw0g7LLNmX1AIUci6tVbyWo6>

http4: Három makacs tévhit a villanyautók akkumulátorairól, Letöltés dátuma: 2024.04.03., forrás: <https://totalcar.hu/tanacsok/villanypasztor/2023/08/26/tevhitek-az-elektromos-autok-akkumulatorairol/>

http5: Lipták Róbert, Bodnár István, Napelemes villamosenergia-termelő rendszerek, Letöltés dátuma: 2024.02.26., forrás:

<https://ojs.uni-miskolc.hu/index.php/multi/article/view/636/419>  
(<https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.4.49> )

http6: Monocrystalline vs. Polycrystalline, Letöltés dátuma: 2024.03.13., forrás:

<https://solarlivingsavvy.com/monocrystalline-vs-polycrystalline/>

http7: Most efficient solar panels 2024, Letöltés dátuma: 2024.03.03., forrás:

<https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels>

http8: Napelem fajták bemutatása és összehasonlítása, Letöltés dátuma: 2024.03.15., forrás:

<https://www.eu-solar.hu/blog/napelem-fajtak/>

http9: Napelemek működése, Letöltés dátuma: 2024.03.15., forrás:

<https://nvsolar.hu/tudastar/a-napelemek-mukodese/>

http10: Naplopó Kft honlapja, Letöltés dátuma: 2024.03.10., forrás:

<https://www.naplopo.hu/rendszerek/napelemes-rendszerek/halozatra-kapcsolt-napelemes-rendszerek>

http11: Naplopó Kft honlapja, Letöltés dátuma: 2024.03.10., forrás:

<https://www.naplopo.hu/rendszerek/napelemes-rendszerek/halozatra-kapcsolt-hibrid-uzemu-napelemes-rendszerek>

http12: Naplopó Kft honlapja, Letöltés dátuma: 2024.03.10., forrás:

<https://www.naplopo.hu/rendszerek/napelemes-rendszerek/halozatra-kapcsolt-hibrid-uzemu-szigetuzemre-is-alkalmas-napelemes-rendszerek>

http13: Naplopó Kft honlapja, Letöltés dátuma: 2024.03.10., forrás:

<https://www.naplopo.hu/rendszerek/napelemes-rendszerek>

http14: Off Grid PV Systems, Letöltés dátuma: 2024.02.27., forrás:  
[https://prdrse4all.spc.int/sites/default/files/off\\_grid\\_pv\\_systems\\_system\\_design\\_0.pdf](https://prdrse4all.spc.int/sites/default/files/off_grid_pv_systems_system_design_0.pdf)

http15: Szigetüzemű napelemes rendszerek, Letöltés dátuma: 2024.03.26., forrás:  
<https://www.eu-solar.hu/blog/szigetuzemu-napelemes-rendszerek-i-resz/>

http16: Solar PV cell construction, Letöltés dátuma: 2024.03.15., forrás:  
<https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-pv-cell-construction>



## 9. Ábra és táblázat jegyzék

### Ábrák:

2.1. ábra Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt napelemes rendszer tipikus kialakítása	8.
2.2. ábra Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid üzemű napelemes rendszer tipikus kialakítása	9.
2.3. ábra Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid rendszerű, szigetüzemre is alkalmas napelemes rendszer tipikus kialakítása	10.
2.4. ábra Áramszolgáltatói hálózatra kapcsolt hibrid rendszerű, szigetüzemre is alkalmas napelemes rendszer backup kimenettel	10.
2.5. ábra Szigetüzemű napelemes rendszer tipikus kialakítása	12.
3.1. ábra P-típusú szilícium napelem cella felépítése	13.
3.2. ábra Mono- és polikristályos napelem megjelenésbeli eltérése, a szilícium cellák formája miatt	14.
3.3. ábra N-típusú szilícium napelem cella felépítése	16.
3.4. ábra Az egyes napelem típusok hatásfoka	17.
3.5. ábra Napelem panel optimális működési tartománya, maximális munkapontja ( $P_{max}$ )	18.
3.6. ábra Napelemes rendszerekben használt inverterek kimeneti jelalakjai	19.
3.7. ábra Gépjárművekben használt savas ólomakkumulátor felépítése	22.
3.8. ábra Lítium-ion akkumulátor felépítése	24.
5.1. ábra PVGIS besugárzási adatok	38.
5.2. ábra Egy monitorozási funkcióval is rendelkező szigetüzemű rendszer vázlatos rendszerrajza.	42.
6.1. ábra Egy szükség energiaellátó rendszer egyszerűsített rendszerrajza	47.

### Táblázatok:

5.1. számú táblázat, családi ház kiemelt fogyasztói és napi szintű energiaszükségletük	30.
6.1. számú táblázat, szükség energiaellátó rendszer kalkulációi különböző áthidalási idővel	45.
6.2. számú táblázat, költségkalkuláció egy szükség energiaellátó rendszerre	48.
6.3. számú táblázat, költségkalkuláció egy szükség energiaellátó rendszerre, olcsóbb verzió	49.

## 9. Melléklet

1. sz. melléklet: PWM töltésvezérlő.



2. sz. melléklet: Töltésvezérlő, inverter és leválasztó kapcsoló.



3. sz. melléklet: Akkumulátor telep a hőmérséklet figyelő szenzorral.



## NYILATKOZAT

### a záródolgozat/szakedolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Várnai Tamás  
A Hallgató Neptun kódja: TCNND8  
A dolgozat címe: Családi házak villamos szükség energiaellátása napenergia felhasználásával  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: MATE Műszaki Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakedolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvrirepozitori rendszerében.

Kelt: Tata, 2024 év április hó 19 nap

  
Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

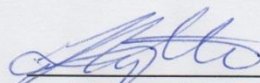
## NYILATKOZAT

Várnai Tamás (név) (hallgató Neptun azonosítója: TCNND8) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: Gödöllő 2024. év április hó 20. nap

  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.