

NAPELEM RENDSZEREK
MAGYARORSZÁGON
KÉZIKÖNYV
2026



Tartalomjegyzék

1. Előszó	2
A hibrid napelemes rendszerek szerepe a modern energiatermelésben	2
2. A napelem rendszerek működési elve és előnyei	5
1. Hálózatra kapcsolt napelemes rendszer	5
2. Szigetüzemű napelemes rendszer	6
3. Hibrid üzemű napelemes rendszer	7
3. Jogi környezet Magyarországon	9
3.1 Szigetüzemű rendszerek szabályozottsága:	9
3.2 Hálózatra csatlakozó rendszerek:	9
4. Napelem rendszerek fő komponensei	11
4.1 Napelemek	11
4.2 Energiatárolók	22
4.3 Inverterek	35
5. Rendszer méretezése és telepítése	39

1. Előszó

Üdvözljük kézikönyvünkben, amelynek célja, hogy átfogó és közérthető módon mutassuk be a napelemes rendszereket Magyarországon. Ebben a kézikönyvben szeretnénk megosztani mindazt a tudást és tapasztalatot, amelyet a napelemes rendszerek terén szereztünk. Törekszünk arra, hogy választ adjunk többek között az alábbi témákban:

- **A hibrid rendszerek működésének és előnyeinek megértése:** Részletesen ismertetjük, hogyan működnek ezek a rendszerek, és milyen gazdasági, illetve környezeti előnyökkel járnak.
- **Tájékozódás a jogi és szabályozási környezetről:** Bemutatjuk a legfrissebb jogszabályokat és előírásokat, amelyek befolyásolják a napelemes rendszerek magyarországi telepítését és üzemeltetését.
- **A technológiai lehetőségek áttekintése:** Ismertetjük a legújabb technológiai fejlesztéseket és trendeket a napelemes rendszerek terén, beleértve a kettős konverziós invertereket és az energiatárolási megoldásokat.
- **Gyakorlati tanácsok nyújtása:** Segítünk meghatározni, milyen szempontokat érdemes figyelembe venni a tervezés, telepítés és üzemeltetés során.

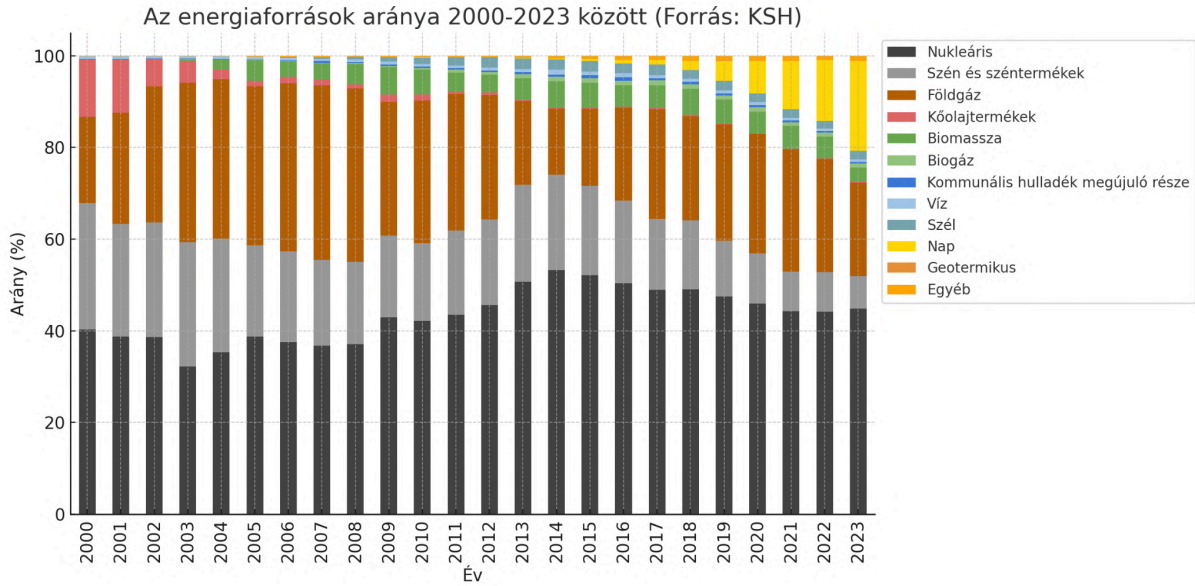
Bízunk benne, hogy információink hasznosak lesznek, és hozzájárulnak ahhoz, hogy megalapozott döntést hozhasson egy napelemes rendszer kiépítésével kapcsolatban.

A hibrid napelemes rendszerek szerepe a modern energiatermelésben

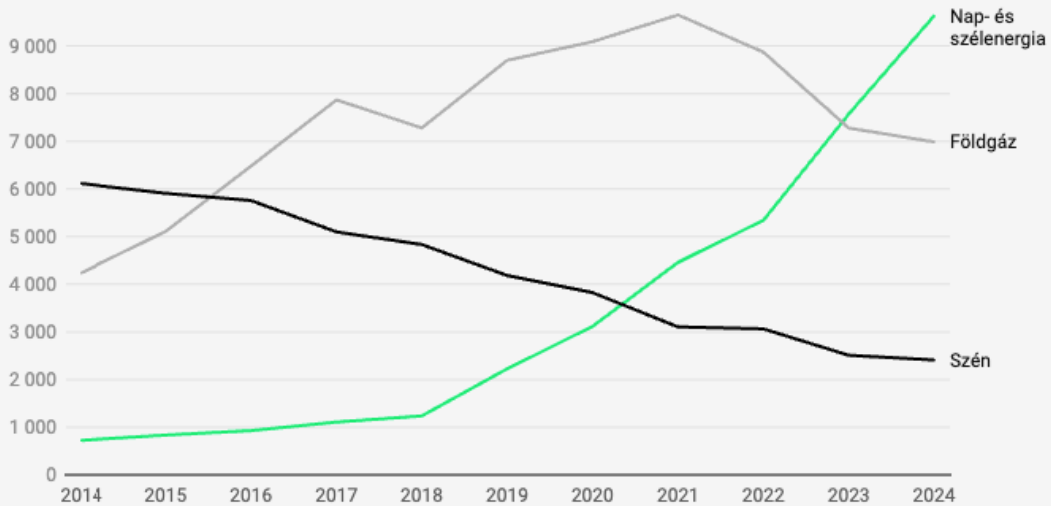
Az energiafelhasználás és -termelés ma az egyik legégetőbb kihívás, amellyel szembe kell néznünk. A klímaváltozás sürgető valósága, az energiaköltségek emelkedése és a fosszilis energiaforrások kimerülése mind arra ösztönöznek bennünket, hogy új, fenntartható megoldásokat találjunk. Ebben a helyzetben a napenergia kiemelkedő lehetőségeket kínál, mind gazdasági, mind környezeti szempontból.

Magyarországon a megújuló energiaforrások és az energiatárolási technológiák rohamosan terjednek. Ez a pozitív tendencia nagyrészt a célzott állami támogatásoknak, a technológiai újításoknak és a beruházási költségek jelentős csökkenésének köszönhető. A hazai villamosenergia-termelés összetételét vizsgálva jól látható ez a változás.

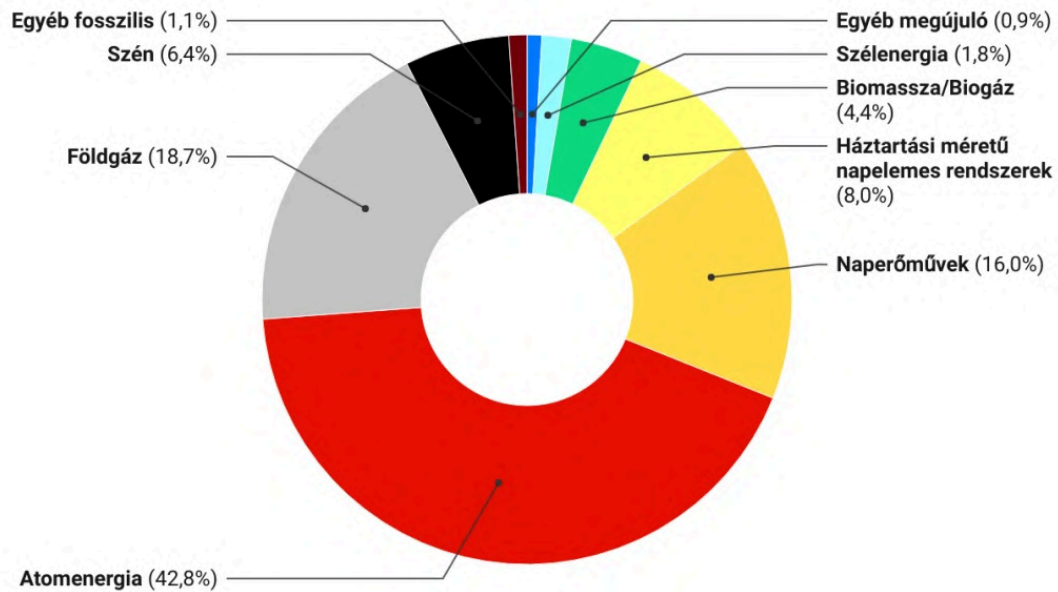
Hazai villamosenergia termelés megoszlása:



A földgázból, szénből és időjárásfüggő megújulókból előállított áram változása (GWh)



Magyarország villamosenergia-termelése 2024-ben



(Forrás: MEKH)

Az energiaforrások felhasználása drámai átalakuláson ment keresztül 2000 és 2024 között. A hagyományos, nem megújuló források—mint a szén, a kőolaj és a földgáz—folyamatosan veszítenek jelentőségükből. Ezzel szemben a megújuló energiaforrások, például a biomassza, a szél- és a vízenergia, egyre nagyobb teret nyernek. Különösen lenyűgöző a napenergia térnyerése: míg 2010 előtt szinte észrevétlen volt, 2024-ra már a teljes energiamix közel 24%-át biztosítja! Ez világosan mutatja, hogy Magyarország egyre inkább elkötelezi magát a tiszta, megújuló energiaforrások mellett, és ebben a napenergia kulcsszerepet játszik.

Jelenleg energiaigényünk mintegy 22%-át importból fedezzük, ami jelentős függőséget jelent más országoktól. Emellett az is látható, hogy az energiafelhasználás csak tovább fog növekedni az elektromos készülékek és elektromos autók egyre szélesebb körű elterjedésével. A Paksi Atomerőműnek, amely jelenleg az ország energiaellátásának nagy részét biztosítja, első blokkját 2032-ben le kell állítani, ezt követően pedig a további blokkokat 2034-ben, 2036-ban és 2037-ben az üzemidejük meghosszabbított érvényessége alapján. Ez azt jelenti, hogy az atomenergia-termelésünk hamarosan csökkenni fog, amelyet valamilyen módon pótolnunk kell. Az import azonban drága lehet, és tovább növeli külső forrásoktól való függőségünket.

Mindezek fényében egyre többen ismerik fel, hogy elengedhetetlen felkészülnünk a jövő kihívásaira. A megújuló energiaforrásokra—különösen a napenergiára—történő átállás nemcsak környezetbarát megoldás, hanem hosszú távon gazdaságilag is megtérülő és szükséges befektetés.

2. A napelem rendszerek működési elve és előnyei

A napelem rendszer egy olyan energetikai megoldás, amely lehetővé teszi, hogy a napból érkező tiszta és megújuló energiát hasznosítsuk otthonaink vagy vállalkozásaink energiaigényének kielégítésére.

Napelem rendszer előnyei:

- **Függetlenség az energiaáraktól:** Csökkenti a villanyszámlát azáltal, hogy részben vagy teljesen fedezi az energiafogyasztást.
- **Bárhol használható ahol szükség van áramra:** Különösen hasznos amennyiben nincsen a közelben villamos hálózat vagy a fogyasztás mértékéhez képest túlságosan bonyolult / költséges volna az ahhoz való kapcsolódás.
- **Ingatlan értéknövekedés:** A hibrid napelemes rendszerrel felszerelt ingatlanok magasabb piaci értéket képviselnek, ami előnyt jelenthet eladás vagy bérbeadás során.
- **Környezetbarát megújuló energia:** A napelemek használata nem jár semmilyen káros anyag kibocsátásával, ami létfontosságú a klímaváltozás elleni küzdelemben.

Rendszer típusok:

1. Hálózatra kapcsolt napelemes rendszer

A hálózatra kapcsolt napelemes rendszer, más néven on-grid rendszer, olyan megoldás, amely közvetlenül csatlakozik az elektromos hálózathoz. A napelemek által termelt energiát az inverter váltó árammá alakítja, amit azonnal felhasználhatunk otthonunkban vagy vállalkozásunkban. Ha a rendszer több energiát termel, mint amennyit fogyasztunk, a felesleg visszatáplálódik a közüzemi hálózatba.

Fő jellemzők:

- **Nincs energiatárolás:** A rendszer nem rendelkezik akkumulátorokkal; a megtermelt energia azonnal felhasználásra vagy visszatáplálásra kerül.

- **Költséghatékony telepítés:** Alacsonyabb kezdeti beruházási költségek az akkumulátorok hiánya miatt. A rendszer gazdaságossága azonban nagyban függ a szolgáltató által megszabott feltételektől, például az energia visszatáplálásának átvételi árától és az elszámolási rendszertől.
- **Hálózati függőség:** A rendszer működése az elektromos hálózat rendelkezésre állásától függ; áramszünet esetén a napelemes rendszer is leáll.
- **Engedélyeztetési kötelezettség:** A hálózatra kapcsolt rendszerek telepítése engedélyköteles.

2. Szigetüzemű napelemes rendszer

A szigetüzemű napelemes rendszer, vagy off-grid rendszer, teljes mértékben független az elektromos hálózattól. A napelemek által termelt energiát akkumulátorokban tárolja, így biztosítva az energiaellátást akkor is, amikor a napelemek nem termelnek (például éjszaka vagy borús időben).

Fő jellemzők:

- **Teljes hálózati függetlenség:** Ideális olyan helyeken, ahol nincs elérhető elektromos hálózat.
- **Energiatárolás szükségessége:** Nagy kapacitású akkumulátorokra van szükség a folyamatos energiaellátáshoz.
- **Áramszünetek áthidalása:** A szigetüzemű rendszerek lehetőséget kínálnak áthidalni az áramkimaradásokat és hálózati problémákat. Az akkumulátorokban tárolt energia azonnal rendelkezésre áll, így biztosítva a folyamatos energiaellátást még áramszünet esetén is.
- **Energiaellátás korlátai:** Az energia rendelkezésre állása a napelemek termelésétől és az akkumulátorok kapacitásától függ.

Áramszünet esetén:

A szigetüzemű napelem rendszerek teljesen függetlenek a villamosenergia-hálózattól, így a megtermelt energia kizárólag a helyi fogyasztást szolgálja, nem táplál vissza a hálózatba. Ennek előnye, hogy áramszünet esetén is zavartalanul működnek, hiszen az energiaellátást a napelemek és az akkumulátorok biztosítják. A fel nem használt energiát a rendszer az akkumulátorban tárolja, amíg annak kapacitása engedi.

3. Hibrid üzemű napelemes rendszer

A hibrid napelemes rendszer ötvözi a hálózatra kapcsolt és a szigetüzemű rendszerek előnyeit. Ez a rendszer csatlakozik az elektromos hálózathoz, de rendelkezik akkumulátorokkal is az energiátároláshoz. Lehetővé teszi a megtermelt energia azonnali felhasználását, tárolását vagy visszatáplálását a hálózatba (engedélyköteles).

Hogyan egészíti ki a hibrid rendszer a hagyományos rendszert?

- **A fel nem használt energia megőrzése:** A hagyományos napelemes rendszerekben, ha több energiát termelünk, mint amennyit azonnal felhasználunk, a felesleg vagy elveszik, vagy alacsony átvételi áron visszatáplálódik a hálózatba. A hibrid rendszerek esetében ehelyett az akkumulátorokban tárolhatjuk ezt a többletenergiát későbbi felhasználásra. (Ahelyett, hogy alacsony áron visszatáplálnánk a hálózatba)
- **A megtermelt energia bármikor felhasználható:** A tárolt energiát akkor használhatjuk fel, amikor szükségünk van rá—például éjszaka vagy borús időben, amikor a napelemek kevesebb energiát termelnek. Ez növeli a saját termelésű energia felhasználásának arányát, ami hosszú távon jelentős költségmegtakarítást eredményez.
- **Gépek és berendezések védelme:** A folyamatos energiaellátás megőrzi gépeink és elektromos berendezéseink állapotát, mivel elkerülhetők a hirtelen leállások okozta károk. Ez különösen fontos érzékeny elektronikai eszközök esetében. (kettős konverzió esetén)
- **Függetlenség a hálózati ingadozásoktól:** Az akkumulátorokban tárolt energia révén kevésbé vagyunk kitéve a hálózati árak ingadozásának és a szabályozási változásoknak, hiszen saját magunk termeljük és használjuk fel az energiát.
- **Intelligens energiamenedzsment:** A hibrid rendszerek fejlett vezérlőrendszerekkel rendelkeznek, amelyek optimalizálják az energiaáramlást a napelemek, az akkumulátorok és a fogyasztók között. Emellett integrálhatók okosotthon rendszerekbe, mint például a Home Assistant, így még hatékonyabban kezelhetjük energiafelhasználásunkat és automatizálhatjuk otthonunk energetikai folyamatait.

Hálózatra csatlakoztatott hibrid napelem rendszer esetén, ha az akkumulátorok lemerültek és a napelemek nem termelnek elegendő energiát, a rendszer automatikusan átvált a hálózati energiafelhasználásra.

Az energiaforrás-prioritás az inverterek szabadon módosítható beállítása, ami meghatározza, milyen sorrendben használja fel a rendszer a rendelkezésre álló energiaforrásokat. A váltás a felhasználó által beállított prioritások mentén automatikusan történik az inverter által. Jellemzően az alábbi sorrend szokott beállításra kerülni:

1. napelem
2. akkumulátor
3. hálózat
4. (esetenként) generátor

Napelemet követően az akkumulátorból vesszük az energiát, hiszen a hálózati energia drágább mint az akkumulátorból vételezett energia.

Nézzünk egy példát egy hálózatra csatlakoztatott hibrid napelem rendszer esetében:

Nappal:

- A napelemek energiát termelnek.
- Az energiát először a háztartási fogyasztók használják fel.
- A felesleges energia az akkumulátorokat tölti.
- Ha az akkumulátorok teljesen feltöltődtek, a maradék energia visszatáplálható a hálózatba. (engedélyköteles)

Éjszaka:

- A napelemek nem termelnek energiát.
- A háztartási fogyasztók az akkumulátorokban tárolt energiát használják.
- Ha az akkumulátorok lemerülnek, a rendszer átvált a hálózati energiafelhasználásra. (engedélyköteles)

Áramszünet esetén:

Korábban áramszünet idején a hagyományos engedélyezett, hálózatra csatlakoztatott napelem rendszer automatikusan leállt, még akkor is, ha sütött a nap, vagy ha az akkumulátorban lett

volna tartalék energia. Ez a visszatáplálásból adódó biztonsági előírás miatt volt így, nehogy a rendszer veszélyeztesse a hálózaton dolgozó szakembereket.

A 2025-ben megjelent új szabályozás azonban lehetővé teszi a szigetüzemű működést a hálózatra kötött rendszerek esetében is. (Bizonyos régiókban, külön engedéllyel)

Az ilyen módon kiépített és engedélyezett rendszerek áramszünetkor automatikusan leválnak a hálózatról, és a napelemek, illetve az akkumulátorok segítségével továbbra is biztosítják az áramellátást a háztartás kritikus fogyasztóinak.

3. Jogi környezet Magyarországon

A napelemes rendszerek telepítése és üzemeltetése Magyarországon szigorúan szabályozott, terület függően a rendszer típusától.

3.1 Szigetüzemű rendszerek szabályozottsága:

Magyarországon a szigetüzemű, vagyis a hálózattól **teljesen független** napelemes rendszerek esetén külön engedélyre nincs szükség. Abból adódóan, hogy ezek a rendszerek **nem** csatlakoznak az elektromos hálózathoz, a szolgáltatói engedélyeztetési folyamatok nem vonatkoznak rájuk.

3.2 Hálózatra csatlakozó rendszerek:

A hálózatra csatlakozó napelem rendszerek engedélykötelesek!

Teljesítményi kategóriák **engedélyezett** rendszereknél:

- 0-50 kVA teljesítményű és KIF csatlakozás esetén **Háztartási kiserőműnek (HMKE)** minősül
- 50,1 – 499 kVA teljesítmény között **Kiserőműnek** minősül
- 500 kVA felett **Erőműnek** minősül

3.1.1 Hálózatra csatlakozó, visszatápláló rendszerek:

A napelemes rendszerek telepítésekor alapvető fontosságú az energia elszámolásának módja, mivel ez jelentősen befolyásolja a beruházás gazdaságosságát és megtérülését. Magyarországon korábban a szaldó elszámolás volt érvényben, azonban jogszabályi változások értelmében ezt a rendszert megszüntették, és helyét a bruttó elszámolás vette át.

A szaldós elszámolás lényege az volt, hogy a napelemes rendszer által a hálózatba betáplált és onnan vételezett energiát egy adott időszakon belül összevetették. Ha a rendszer több energiát termelt, mint amennyit a háztartás felhasznált, a többletet az áramszolgáltató “átvette”, és a következő elszámolási időszakban ez a mennyiség jóváírásra került. Így a fogyasztó gyakorlatilag “eltárolhatta” a nyáron megtermelt többlet energiát a téli hónapokra.

A 2023. szeptember 7. után benyújtott csatlakozási kérelmek esetében már nem lehet szaldós elszámolást igénybe venni. Ennek oka, hogy az Európai Unió irányelvei és a hazai energiapolitikai célok a bruttó elszámolás bevezetését szorgalmazzák, amely hatékonyabban ösztönzi az önfogyasztás növelését és az energiatudatos felhasználói magatartást.

A bruttó elszámolás során a hálózatba betáplált és onnan vételezett energiát külön-külön számolják el, eltérő árakon. A napelemes rendszer által termelt és a hálózatba betáplált energia átvételi ára jóval alacsonyabb, mint a hálózatról vételezett energia ára. Ez azt jelenti, hogy a megtermelt többlet energia értékesítése kevésbé előnyös, így a rendszer arra ösztönzi a felhasználókat, hogy a megtermelt energiát lehetőség szerint azonnal használják fel vagy akkumulátorokban tárolják el.

A szaldós elszámolás megszűnésével a felhasználóknak alkalmazkodniuk kell az új feltételekhez, ami a rendszer tervezését és a fogyasztói szokásokat is érinti. Új stratégiákra van szükség a napelemes rendszerek gazdaságosságának optimalizálásához.

Az új elszámolási rendszer arra ösztönzi a felhasználókat, hogy növeljék saját energiafelhasználásukat a megtermelt energiából, és fontolják meg az energiatárolási megoldások bevezetését. Emellett érdemes lehet átgondolni a háztartási energiafogyasztási szokások módosítását, például a nagyobb energiaigényű berendezések nappali használatát.

A bruttó elszámolás jövőbeni lehetőségei:

- Felkészülés az esetleges villamosáram áremelkedésekre, ami tovább növelheti a napelemes rendszer előnyeit a megtérülési idő csökkentésével.
- A felesleges energia jobb áron történő értékesítése a nyílt piacon a jövőben, bár jelenleg ennek felvásárlási ára csak 5 Ft/kWh.(szolgáltatónként eltérő)

Visszatápláló rendszerek engedélyezésének folyamata:

1. Szerződéskötés
2. Igénybejelentés

3. Műszaki gazdasági tájékoztató (MGT)
4. Tervezés, csatlakozási dokumentáció
5. Jóváhagyás
6. Kivitelezés
7. Készre jelentés
8. Mérőcsere és rendszerindítás

Időtartam szerződéskötéstől számítva 4-6 hónap

3.1.2 Hálózatra csatlakoztatott rendszer (viszwatt védelem)

A hibrid rendszerek, amelyek kapcsolódnak a hálózathoz, de nem táplálnak vissza energiát. Ezek a rendszerek úgy vannak kialakítva, hogy a megtermelt napenergia kizárólag a helyszínen kerül felhasználásra, és a többlet termelést automatikusan korlátozzák.

A viszwattos rendszerek telepítéséhez is szükséges az áramszolgáltató engedélye, valamint a rendszer bejelentése. A telepítés során be kell tartani az érvényben lévő műszaki előírásokat és szabványokat. Fontos, hogy a rendszer megfeleljen a hálózati csatlakozás feltételeinek, még akkor is, ha nem történik visszatáplálás.

Függetlenül attól, melyik típusú rendszert választjuk, kiemelten fontos, hogy tapasztalt szakemberek tervezzék és telepítsék azt. A megfelelő szakértelem biztosítja a rendszer biztonságos működését, minimalizálva a tűz- és balesetveszélyt. A szakértők segítenek a legmegfelelőbb eszközök és működési módok kiválasztásában—például az inverterek és akkumulátorok terén—, amelyek garantálják a hatékony és biztonságos energiaellátást.

4. Napelem rendszerek fő komponensei

4.1 Napelemek

Hogyan működnek a napelemek?

A napelem panelek felületére érkező fény, a napelem cellákat alkotó félvezető (szilícium) rétegekben elektron áramlást idéznek elő, amit a rétegek közé épített vezető szálak, egyenáramú elektromos áram formájában összegyűjtenek, majd a panel kivezető kábeleiben elektromos áram formájában továbbítanak.

A napelem modulok egyenáramú (DC) elektromos energiát termelnek.

Az előállított egyenáramú elektromos energia:

- Azonnal felhasználható DC fogyasztók üzemelésére
- Későbbi felhasználás céljából akkumulátorban tárolható
- Váltóárammá alakítható, majd AC fogyasztók használatára vagy az áramszolgáltató hálózatra visszatáplálható. (amennyiben a jogszabályi környezet lehetőséget ad rá és a szükséges engedélyek rendelkezésre állnak).

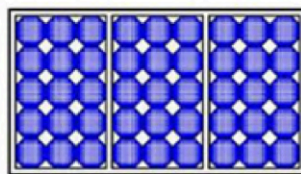
Megnevezések

A napelemekkel kapcsolatban használt terminológia néha összezavaró lehet, mivel egyes kifejezések egymással felcserélhetők. A legelterjedtebb definíciók a következők:

- PV cellák: A kék vagy fekete, 125-150 mm-es négyzet alakú szilícium-lapok, amelyek elektromosan összekapcsolódnak egy napelem modulon belül.
- PV modul: Üvegbe zárt és általában alumínium keretben elhelyezett és összekapcsolt PV cellák összessége.
- PV panel: Gyakran szinonimaként használják a modulal, ugyanakkor a “panel” kifejezés a nagyobb méretű vagy több modulból álló egységre használatos, (Például két modul egy sínen rögzítve, vezetékeikkel a rögzítőben, egy PV panelnek tekinthető.)
- Napelem mező / generátor: Az összes összekapcsolt napelem panelre utal, mint a teljes rendszer.



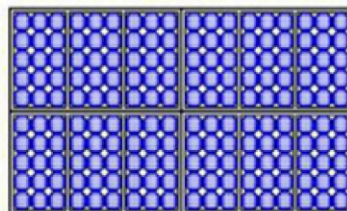
PV Cella



PV Panel



PV Modul



PV Mező

Milyen napelem márkát érdemes választani?

Számos magas minőségű PV modult gyártó vállalat létezik, amely közül választhatunk. Amíg egy cég legalább 12 év termék / 25 év teljesítmény garanciát kínál és első osztályú (Tier 1) modulként van besorolva, szinte bármelyik márka választható.

Garancia

A jelenlegi piacon lévő napelemekre a gyártók jellemzően 12 év termék és 25 év teljesítmény garanciát biztosítanak. Ez azt jelenti, hogy a meghatározott időszakig a napelemek hatásfoka a környezet okozta amortizáció következtében nem esik a megadott érték alá. 25 év után sem kell aggódnunk, hiszen bár az évtizedek során a panelek veszítenek teljesítményükből, de több mint 30 év után is kielégítő teljesítményt tudnak nyújtani.

Mit jelent a Tier 1 besorolás?

A Tier besorolás egy rangsor, amelyet a Bloomberg New Energy Finance Corporation (globálisan elismert tanácsadó vállalat) alkalmaz, a PV gyártók minősítésére. Fontos megemlíteni, hogy a besorolás nem egy termék szabvány, sokkal inkább a modul gyártó üzleti stabilitását igazolja, mint pedig a modulok minőségét.

Egyszerűbben fogalmazva, ez a besorolás azt mutatja, hogy várhatóan mely vállalatok lesznek képesek teljesíteni a kínált garanciát a stabilitásuk alapján.

Tier 1 besorolást a gyártók legjobb 2%-a kaphat. A teljesség igénye nélkül a legmegbízhatóbb napelem gyártók közé tartoznak: LONGI, Risen Energy, Ja Solar, Trina Solar, Jinko Solar, LG Solar, SunPower,

Néhány ismert napelem technológia, amelyekkel találkozhatunk:



n-type cella (LID-mentes) – a napelemek új generációja, amely minimális teljesítménycsökkenést szenved el az első évben



Bifaciális technológia – a hátoldali fényt is hasznosítja, akár +30% extra energiatermeléssel



TOPCon vagy HJT cellaszerkezet – fejlett cellatechnológia, amely jobb hatékonyságot biztosít különböző hőmérsékleteken

Kiegészítő technikai jellemzők a megbízható működésért:



Fejlett fényhasznosítás – kiváló teljesítmény gyenge fényviszonyok mellett is, pl. reggel vagy borús időben



PID ellenállás – védelem a feszültség okozta teljesítményromlás ellen, hosszú távú stabilitás



Dupla EL-vizsgálat – a panelek 100%-os elektronmikroszkópos átvizsgálása rejtett hibák ellen



Imp binning technológia – válogatás az azonos áramú panelekből, csökkentve a veszteséget sorba kötésnél



Extrém terhelhetőség – hőteher és szélállóság, időjárásálló kivitel

Milyen teljesítményű napelemet válasszunk?

3 kW-nál nagyobb rendszerekhez nagyobb PV modulok használata javasolt, mivel ezek wattonkénti ára olcsóbb, továbbá a nagyobb modulok használata segíthet a tartószerkezet költségeinek csökkentésében és a tetőn rendelkezésre álló hely optimálisabb kihasználásában.

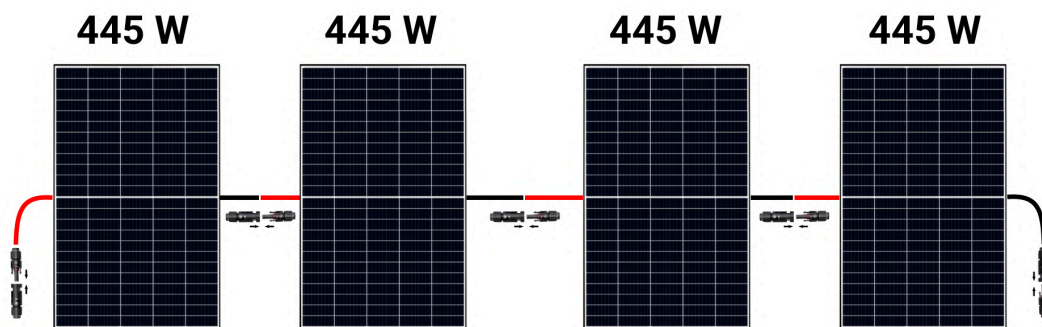
Napelemek sorba kötése:

Sorosan összekötött modulok esetén a feszültség növekszik, miközben az áramerősség változatlan marad. Az ilyen módon sorba kötött modulok egy "stringet" (sorozatot) alkotnak. Amennyire lehet, azonos típusú modulok sorba kötése javasolt a magas hatékonyság fenntartása érdekében. Általában nem ajánlott különböző napelemeket ugyanabban a sorozatban összekötni, de elfogadható, ha azok hasonló áramerősségűek. Ha eltérő modulokat köt össze sorozatban, a sorozat áramerőssége a legkisebb áramerősségű modulra csökken; más szóval, az áramerősség csak olyan erős lesz, mint a sorozat leggyengébb láncszeme.

A sztringek két modultól akár 20 vagy annál több modulig terjedhetnek, attól függően, hogy az inverter milyen feszültséget képes befogadni.

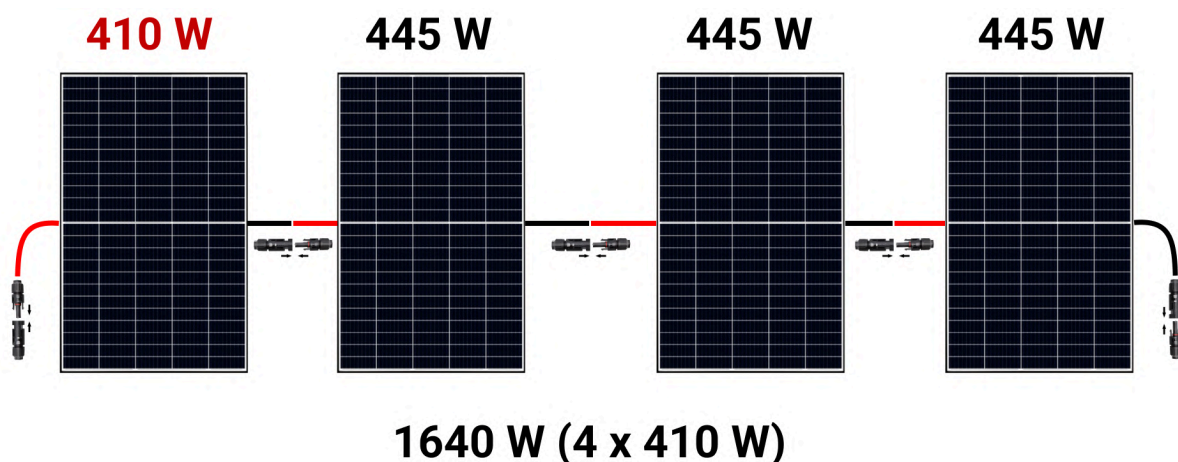
PV modulok soros kapcsolása esetén a modul pozitív csatlakozóját (+) összekötjük a következő modul negatív kimeneti csatlakozóval (-), majd annak negatív csatlakozóját a következő modul pozitív csatlakozójával, és így tovább.

A sorba kapcsolt modulok esetében az összteljesítményt az alábbi módon számoljuk:



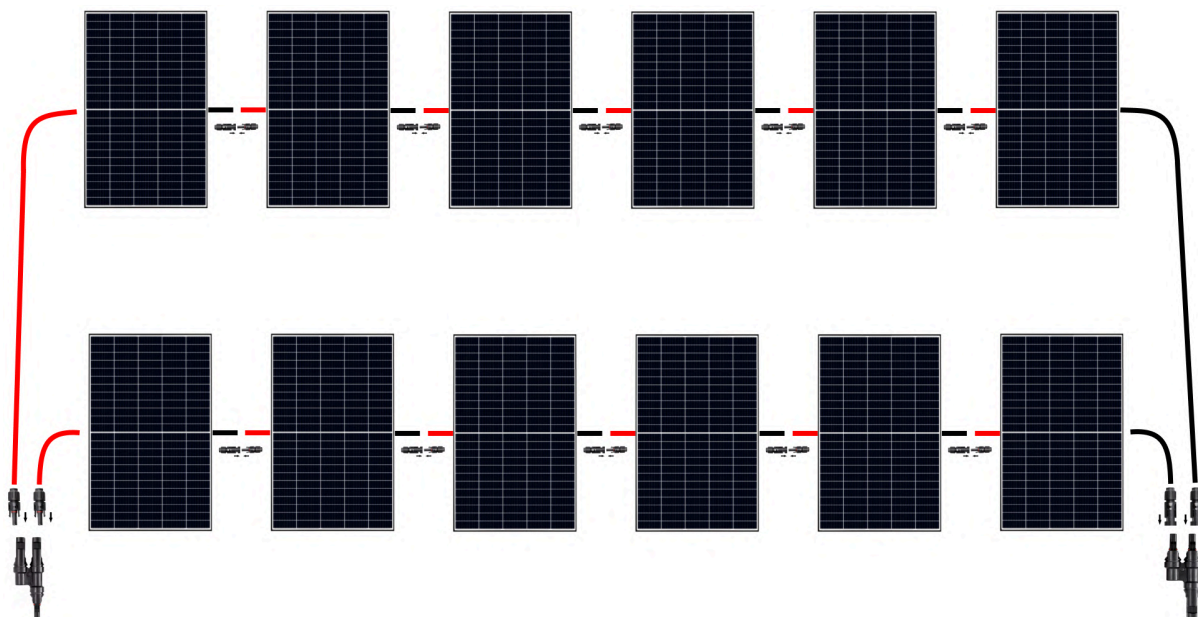
1780 W (4 x 445 W)

Ha sorba kapcsolt modulok között van olyan, amelyiknek a névleges teljesítménye kisebb, mint a többi modulé, akkor az az egész rendszer teljesítményét lehúzza. Tehát a sor teljesítményét a leggyengébb modul árama fogja meghatározni:



A fent említettekből adódóan a rendszer bővítésénél nem javasolt alacsonyabb teljesítménnyel rendelkező vagy használtan vásárolt modul beépítése.

Két sztring esetén MC4 Y csatlakozó párral párhuzamosítandó:



Különböző irányú panelek sorba kötve

Ha a napelemes rendszer egy inverteren vagy töltésvezérlőn működik, a rendszer teljesítménye a napfelkeltétől napnyugtáig azonos lesz az összes panelnél. A lenti képen látható, hogy a tetőn két csoportban telepített napelem nem kapja meg a maximális napfényt.



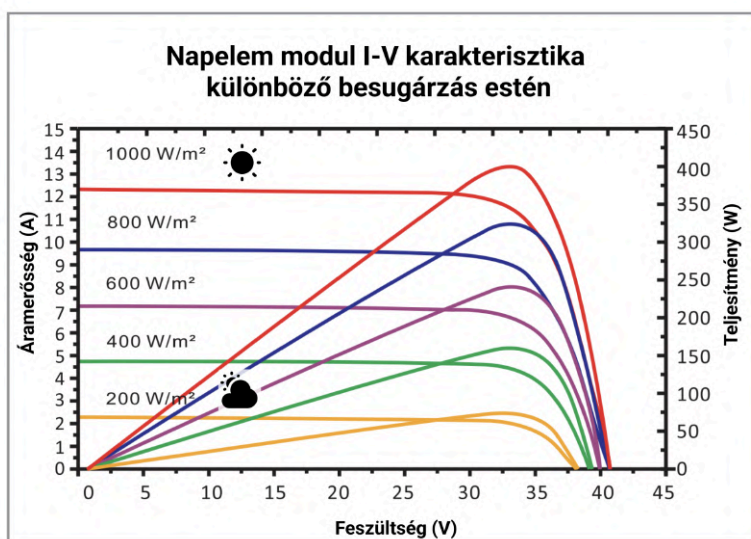
Ezt elkerülhető, ha külön töltésvezérlőt vagy több inverter stringet használasz minden napelem csoportra.

Napelem modul műszaki adatai

Minden napelem gyártó rendelkezik egy specifikációs lappal vagy adatlappal, amely bemutatja a modulokra vonatkozó részletes információkat. Az alábbiak segítenek megérteni, hogy mit jelentenek ezek az adatok és hogyan kapcsolódnak a rendszer tervezéshez.

A napelemek teljesítményét wattban mérik, amelyet az áram és a feszültség szorzataként kapunk meg. A feszültség a sorba kapcsolódó cellák számától, míg az áramerősség elsődlegesen a cellák méretétől függ.

I-V görbe példa különböző besugárzás esetén:



Az ábra a napelem modul I–V karakterisztikáját mutatja, vagyis azt, hogyan változik a panel kimeneti feszültsége (V) és áramerőssége (A) különböző körülmények között. A görbék alakja szemlélteti, hogy a napelem nem állandó feszültséget ad, hanem az időjárási viszonyoktól és a terheléstől függően változik a működési pontja.

A színes görbék különböző besugárzási szinteket jelölnek:

1000 W/m² → erős, tűző napsütés

800–600 W/m² → átlagos napsütés

400–200 W/m² → felhős, borult idő

A görbék csúcspontja azt mutatja, hol adja le a panel a legtöbb energiát – ezt hívják Maximum Power Pointnak (MPP).

Az inverterek beépített MPPT (Maximum Power Point Tracking) vezérlése folyamatosan a napelem feszültségét szabályozza, hogy megtalálja azt a pontot, ahol a panel a legnagyobb teljesítményt ($V \times I$) képes leadni. Az MPPT tehát másodpercenként többször is „mér és korrigál”, így a rendszer mindig az optimális munkaponton üzemel, és maximális hatásfokkal hasznosítja a napsugárzást.

A napelemek leadott feszültsége jelentősen ingadozhat, ezért töltésvezérlőt használata javasolt a leadott teljesítmény maximalizálása érdekében. (a működési feszültség és áramerősség szabályozásával).

A napelemes rendszer elektromos teljesítményét és megbízhatóságát számos egyéb külső tényező befolyásolhatja, mint például a hőmérséklet, a páratartalom, az elhelyezés és a napsugárzás mértéke, amelyek mind-mind a teljesítmény csökkenéséhez vezethetnek.

STC (Standard Test Conditions): Az STC a napelemek teljesítményének mérésére használt, általánosan elfogadott teszt körülmények. Az egységes tesztelési paraméterek lehetővé teszik a különböző napelemek összehasonlítását. A napelemeket 1000 W/m² napsugárzás mellett, 25°C-os cellahőmérsékleten és AM1.5 légköri állapotban tesztelik.

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): A napelem cellák várható működési teljesítményét jelöli. Ez a paraméter segít jobban megérteni a napelemek valós körülmények közötti teljesítményét, mivel a valós működési közeg jellemzően eltér az STC által meghatározott tesztelési paramétereiktől. A NOCT 800 W/m² napsugárzás mellett, 20°C-os környezeti hőmérsékleten és 1 m/s légsebességen vizsgálja a napelemek teljesítményét.

Példa:

Adat	STC	NOCT	Magyarázat
Maximális teljesítmény (Wp)	445	333.6	Ez azt jelenti, hogy a napelem hány watt energiát képes előállítani a megadott (STC/NOCT) körülmények között.
Üresjáratú feszültség (Voc/V)	49.4	46.5	A napelem által generált feszültség értéke, amikor nincs terhelés a rendszerben.
Rövidzárási áram (Isc/A):	11.52	9.28	Egy napelemcella a legnagyobb áramot rövidzárási, tehát 0 feszültség esetén adja le, ezt rövidzárási áramnak nevezzük.
Feszültség maximális teljesítménynél (Vmp/V)	41.2	38.6	Vmp az a feszültség, ahol a napelem a maximális teljesítményt produkálja (Pmax).
Áramerősség maximális teljesítménynél	10.8	8.65	Imp az áramerősség, ahol a napelem a maximális teljesítményt nyújtja (Pmax).
Panel hatásfok (%):	20.5%	20.5%	A panel hatékonysága a napelem által átalakított fényenergia százalékos aránya a beérkező fényenergiához képest. Egy magasabb hatásfok azt jelenti, hogy a napelem hatékonyabban képes átalakítani a napsugárzás energiáját elektromos energiává.

Árnyékhatás és sérülések

Ha egy napelemes rendszer egyes paneljei árnyékosak, azok a panel részleges teljesítményvesztéséhez vezethetnek, és az egész rendszer hatékonyságát drasztikusan csökkenthetik. Ezért nagyon fontos, hogy a napelemek olyan helyre kerüljenek telepítésre, ahol nincs árnyék.

Az árnyék sokféle lehet, annak kiterjedtsége, formája állandósága, stb. alapján. Mind más-más hatással van ezek függvényében az energiatermelésre és a napelem hosszútávú károsodására.

A hőmérséklet hatása

Ha egy napelem cellájának hőmérséklete meghaladja a 25 °C-ot, a teljesítménykimenet csökken a névleges teljesítmény alá. A napelemek kevésbé hatékonyan működnek magasabb hőmérsékletek mellett, mert a hő ellenállást ad az elektronok áramlásához. Minden 25 °C feletti fokon a modul teljesítménye körülbelül 0,5%-kal csökken. Nagyon hideg éghajlaton az

ellenkezője igaz: a csökkent belső ellenállás miatt a nagyon fényes téli napokon akár még a STC (Standard Test Conditions – szabványos tesztelési körülmények) teljesítménykimenetet is meghaladhatja.

Árnyékos helyre telepítés:

A napelemeket akadálymentes napfénynek kell érnie az év minden napján 9 és 16 óra között. Fontos tudni, hogy még kis árnyékok is súlyosan befolyásolhatják a panel teljesítményét.

A maximális hatás elérése érdekében a telepítést megelőzően felmérést kell végezni a telepítés helyén. A felmérést érdemes világos és napsütéses napon végezni, lehetőleg nyáron, amikor a fák teljes lombozattal rendelkeznek.

A helyszín felmérése során meg kell vizsgálni:

- Épületek – Meglévő épületek és minden olyan építkezés, amely a későbbiekben árnyékot vethet a helyszínen.
- Árnyékoló tárgyak – Kémények, villanyvezetékek, oszlopok, sövények és szomszédos tetők.
- Fák – ha télen végzed a helyszíni felmérést, vedd figyelembe, hogy télen a fák lombozat nélkül kisebb árnyékot vetnek.
- Dombok és más természetes akadályok.

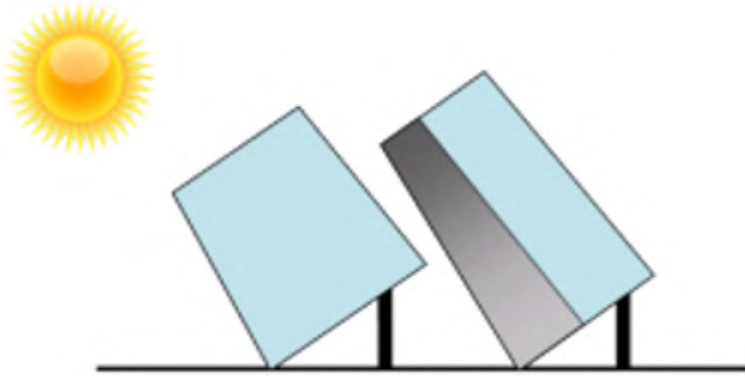
Egy napsütötte helyszín a nap bizonyos időszakában árnyékos lehet. Hasonlóképpen, ha a helyszín nyáron napsütötte, télen árnyékos lehet. Télen a Nap alacsonyabban száll az égen, közelebb van a horizonthoz, és hosszabb árnyékokat vet.

Fontos:

- A kiválasztott helyszínek árnyékmentesnek kell lennie. Próbáljon meg olyan helyszínt találni, amely egész nap maximális napfényt kap.
- Ellenőrizze a nap helyzetét különböző időszakokban.
- Ügyelni kell a tető állapotára, és ellenőrizni kell, hogy elegendő hely áll rendelkezésre a napelemek számára. Az árnyékoló objektumokat – például a kéményeket, az áramvezetőket, a sövényeket és a szomszédos tetőket – szintén figyelembe kell venni, mivel ezek hatással lehetnek a napelemek teljesítményére.

Az egyes napelem sorok közötti helyhiány árnyékolást okoz

Az ilyen árnyékolás akkor jelentkezik, amikor az egyik dőlt sorban elhelyezett napelem árnyékolja az azt követő sorban elhelyezett paneleket, és így azok nem kapják meg a maximális napfényt. Az árnyékolás súlyosan csökkenti a rendszer teljesítményét, különösen a monokristályos panelek esetében.



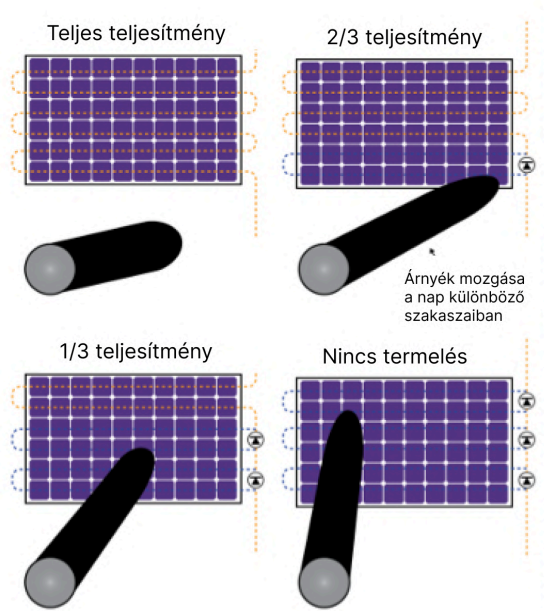
Az árnyékolás elkerülése érdekében biztosíts elegendő távolságot a napelem sorok között. Ajánlott legalább háromszoros helyet hagyni az egy dőlt sor legnagyobb magasságának a két egymás mellett elhelyezett napelem sor között.

Bypass dióda működése

Ha egy napelem cella árnyékban van vagy meghibásodik, annak feszültsége lecsökken, és akadályozhatja a többi cella megfelelő működését. Az árnyékhatás miatt az árnyékolt cellák ellenállása megnövekedik az ép cellákéhoz képest, így a többi cella rajtuk áthajtott árama miatt megnő a hőképződés. Emiatt a cellák túlmelegednek és tartósan károsodnak (ellenállás növekedésük állandósul).

Erre ad megoldást a bypass dióda, amely egyfajta áthidalóként működhet a rendszerben. A bypass dióda egy alternatív út biztosításával segít elkerülni a problémás cellát, így a többi cella továbbra is energiát termelhet. Ennek köszönhetően megvédi a cellákat a túlmelegedéstől, továbbá a teljes cellafüzér teljesítménye helyett csak egy töredéke esik ki.

Bypass dióda működése:



Napelem tartószerkezetek

A megfelelő napelem tartószerkezetek kiválasztása és telepítése létfontosságú a napenergia-rendszerünk hatékonysága és élettartama szempontjából. A rosszul kiválasztott vagy nem megfelelően telepített tartószerkezetek a következő problémákhoz vezethetnek:

- Instabil napelemek, amelyek a szél vagy más időjárási viszonyok hatására megrongálódhatnak vagy elmozdulhatnak
- Csökkent energia termelés a rossz pozícionálás vagy az árnyékolás miatt
- Az alacsony minőségű vagy nem megfelelő anyagokból készült szerkezetek korai elöregedése és meghibásodása

A napelem tartószerkezetek többféle típusra oszthatók, attól függően, hogy milyen felületre szeretnénk a napelemeket telepíteni:

Tetőn lévő napelem tartószerkezetek: Ezek a szerkezetek lehetővé teszik a napelemek telepítését különböző tetőtípusokra, mint a sík, ferde vagy különböző anyagokból készült tetők (például cserép, zindely, fém stb.). Fontos, hogy a tetőn lévő szerkezetek megfelelően legyenek kialakítva a tető anyagának és szerkezetének figyelembevételével.

Talajra telepített napelem tartószerkezetek: A talajra telepített szerkezeteket általában nagyobb napelem-rendszerekhez használják, például mezőgazdasági területeken, ipari létesítményeknél.

Napelemes parkoló állványok és egyéb innovatív szerkezetek: Egyre népszerűbbek az olyan innovatív szerkezetek, amelyek többfunkciósak, mint például napelemes parkoló állványok, amelyek nemcsak napenergiát termelnek, hanem fedett parkoló helyet is biztosítanak. Ilyen megoldások alkalmazása egyre elterjedtebb városi és közösségi projekteken.

A napelemek hatékonysága és élettartama nagymértékben függ a megfelelő tartószerkezet kiválasztásától.

4.2 Energiatárolók

A háztartások tipikusan reggel és este fogyasztanak többet, amikor a napelemes rendszer nem termel. Akkumulátorokkal megoldhatóvá válik a napelemek által termelt, de fel nem használt energia késleltetett, éjszakai vagy a fogyasztási csúcs időszakokban történő használata.

Akkumulátor típusok

Sokféle akkumulátor technológia létezik, mindegyiknek megvannak a saját egyedi előnyei és korlátai. Ebben a cikkben azokra az akkumulátor típusokra fogunk fókuszálni, amelyek a szigetüzemű / hibrid napelemes rendszerekhez ideálisak.

Minden projekt esetén egyedi mérlegelést igényel az akkumulátor típusának kiválasztása. Számos tényezőt figyelembe kell venni, mint például a felhasználási mód, a rendszer igényei, tárolási hely vagy a rendelkezésre álló költségvetés. Ezt követően lehet meghatározni a megfelelő akkumulátor típust, amely a lehető legjobban illeszkedik az adott rendszerhez és egyéb igényekhez.

A járművekben használt indító akkumulátorok széles körben elérhetőek és relatíve olcsók, de ha napelemes rendszerrel használják őket, 3-12 hónapon belül tönkre mehetnek. Az indító akkumulátorok használata NEM ajánlott napelemes rendszerekhez.

Ezek az akkumulátorok úgy lettek tervezve, hogy rövid idő alatt nagy mennyiségű energiát adjanak le és szinte mindig közel 100%-os töltöttségűek legyenek.

A napelem rendszerhez úgynevezett “mély-ciklusú” akkumulátorra van szükségünk. Ezek a típusú akkumulátorokat képesek kapacitásuk jelentős részét felhasználni. Az indító akkumulátorok túl gyakori mélykisütése súlyosan károsítja a benne található vékony lemezeket és ezáltal az akkumulátor élettartamát, míg a mély-ciklusú akkumulátorokat vastagabb lemezekből és más kémiai összetevőkből állítják elő, hogy ezáltal képesek legyenek mélyebb töltési ciklusokat is kezelni.

Most, hogy tudod, hogy mély-ciklusú akkumulátort kell keresned, melyiket válaszd?

Amennyiben gondozásmentes rendszert szeretnél összeállítani, akkor egy zárt rendszerű akkumulátor a legjobb választás.

A zárt kialakítás legjelentősebb előnye, hogy nincs szükség időszakos karbantartásra, kivéve az akkumulátor tisztántartását és teljes feltöltését.

Az alábbi típusú zárt akkumulátorok a leggyakoribbak:

- Ólom-savas akkumulátorok,
- Lítium akkumulátorok.

Fontos: Amikor az akkumulátorokat összekapcsoljuk, NE keverjük össze különböző típusú, modellű vagy korú akkumulátorokat!

Zárt rendszerű ólom-savas akkumulátorok

Két fő típusú “zárt” ólom-savas akkumulátor típusról érdemes említést tenni: Zselés és AGM.

Az AGM akkumulátorokban a savas elektrolit folyadék abszorbens anyaggal van átitatva, amelyet egy vékony szövet tart össze. Ez a szövet nem engedi, hogy az elektrolit folyadék kifolyjon az akkumulátorból, és a szövet szerepe miatt nincs szükség folyadéktöltésre. Az AGM akkumulátorok rendkívül alacsony ellenállással rendelkeznek, amely különösen alkalmassá teszi őket olyan alkalmazásokhoz, ahol a kisütés nagy áramerősséggel történik. Általában könnyebbek és olcsóbbak a zselés akkumulátorokhoz képest.

A zárt zselés akkumulátorokban a savas elektrolit gél állagú anyaggal van keverve. Az ólom-savas akkumulátorok közül a zselés akkumulátorok nyújtják a legjobb mélykisütés-tűrést és a leghosszabb élettartamot. A zselés akkumulátorok általában jobban

teljesítenek magas hőmérsékleten, de lassabban kell őket tölteni. A zselés akkumulátorok emellett hasznosak olyan felhasználásnál, ahol jelentős rezgés van, mivel a zselé megakadályozza az elektrolit mozgását. (Pl. lakókocsiban)

Fontos: A zárt ólom-sav akkumulátorok bármilyen pozícióban beszerelhetők a felhasználás helyén. Ugyanakkor minden ólom-savas akkumulátor megfelelő szellőzést igényel, még akkor is, ha “zárt” akkumulátornak vannak címkézve.

Lítium-ion akkumulátorok

Az ólom-savas akkumulátorok évtizedek óta a legnépszerűbb választást jelentették a szigetüzemű és hibrid napelemes rendszerekhez. Azonban az elektromos járművek térhódítása felgyorsította az akkumulátor technológia fejlődését, és ennek következtében a lítium-ion (Li-ion) akkumulátorok is elérhetővé váltak modern alternatívaként a szigetüzemű napelemes rendszerekhez.

Azáltal, hogy jelentősen nagyobb energiasűrűséggel, hosszabb élettartammal és könnyebb szállíthatósággal rendelkeznek, a lítium akkumulátorok egyre népszerűbbek a szigetüzemű napelemes rendszerekben.

Az ólom-savas akkumulátorokkal összehasonlítva a lítium-ion akkumulátorok ellenállóbbak a mélykisülés okozta károsodásokkal szemben, nem szükséges őket minden ciklusban teljesen feltölteni és jobban bírják a szélsőséges éghajlati körülményeket is.

A lítium-ion akkumulátorok belső kémiai összetétele lehetővé teszi, hogy szinte minden körülmények között hosszabb élettartammal rendelkeznek, mint az ólom-savas akkumulátorok. Például ha egy lítium akkumulátort minden nap 50%-ig merítünk le, majd 100%-ra töltjük, akkor akár tízszer tovább bírja, mint egy azonos kapacitású ólom-savas akkumulátor. A legtöbb lítium-vasfoszfát akkumulátor akár 90%-ig is lemeríthető anélkül, hogy jelentősen károsítaná a kapacitást, míg az ólom-savas akkumulátorok általában nem meríthetők le 50%-nál mélyebbre a kapacitásból anélkül, hogy drasztikusan csökkenne az élettartamuk.

A lítium-ion akkumulátorok egyetlen hátránya a magas beruházási költség, az ólom-savas és zselés akkumulátorokéhoz képest. Ugyanakkor a kezdeti beruházás hosszú távon vizsgálva a fent említett előnyökből adódóan megtérül.

A legtöbb lítium-ion akkumulátor rendelkezik valamilyen beépített Akkumulátorkezelő Rendszerrel (BMS). A BMS bármikor leválasztja az akkumulátorról a terhelést, ha hőmérsékleti problémát, áramerősség túlterhelést vagy feszültség ingadozást észlel.

Általánosságban elmondható, hogy az AGM akkumulátorok 1000 ciklusra képesek 50%-os kisütésnél ezzel 3-5 éves élettartammal kalkulálhatunk, míg a lítium-vasfoszfát akkumulátorok 6000 ciklusra képesek 80%-os kisütésnél, ezzel 10-15 éves élettartammal számolhatunk. Hosszú távon mindenképp a lítium-vasfoszfát akkumulátor a jobb megoldás.

Magyarországon szinte minden esetben a lítium-vasfoszfát (LiFePO₄) kémiai lítium-ion akkumulátorok kerülnek telepítésre. Vannak más lítium-ion kémiai összetételű energiatárolók is a piacon (pl lítium-nikkel-mangán-kobalt-oxid), viszont ezek nem elterjedtek (ár-érték arányban LiFePO₄ a legjobb). Ugyanakkor a lítium-ionra felsorolt tulajdonságok és előnyök a legtöbb esetben megegyeznek a különböző összetételeknél. (Mint pl kisüthetőség).

Az akkumulátor élettartamát meghatározó tényezők

Számos olyan tényező van, amely csökkentheti egy akkumulátor várható élettartamát. Mindegyik akkumulátor típusnak megvan a maga gyengesége. Ez a fejezet az alábbi főbb tényezőkre fog kitérni:

- Kisütési mélység (DOD)
- Merítési sebesség (ROD)
- Töltöttségi szint (SOC)
- Akkumulátor állapota (SOH)

Az első lépés az, hogy tisztában legyünk azokkal a tényezőkkel, amelyek károsíthatják az akkumulátorokat. Például a legtöbb ólom-savas akkumulátor élettartamát drasztikusan károsítja, ha a töltöttségi szintet 40%-a alá merítjük. Amikor az akkumulátor “károsodik”, akkor az akkumulátor állapota (SOH) csökken, amely azt jelenti, hogy az akkumulátor teljes kapacitása csökkent.

Az akkumulátor állapota (SOH) az akkumulátor jelenlegi energiatároló képessége az eredeti kapacitáshoz képest. A 100% SOH azt jelenti, hogy az akkumulátor új, míg a gyártók általában 70-80% SOH-nál javasolják az akkumulátor nyugdíjba vonulását és cseréjét.

Az akkumulátor töltésének és merítésének megértéséhez képzeljük el, mintha az akkumulátor egy lufi lenne. Ha a lufit többször maximális méretre fújjuk fel, majd teljesen kiengedjük, a lufi anyaga minden felfújással veszít a rugalmasságából, és előbb-utóbb tönkremegy. Képzeld el, hogy van egy másik lufid, amit csak félig fújsz fel. Ebben az esetben a lufi anyagát kevesebb stresszt éri, így tovább fog tartani, mint az előző lufi. Hasonlóképpen, ha az akkumulátorunkat túl sokszor töltjük fel és merítjük le teljesen, az állandó stressz a cellákban idővel károsodást okoz, ami csökkenti az akkumulátor élettartamát. Ezért fontos, hogy ügyeljünk az akkumulátorunk állapotára, és kerüljük a túlzott merítést és töltést. Ebben az példában a lítium-ion akkumulátorok egyszerűen jobb, erősebb lufi anyagból készülnek, mint a hagyományos ólom-savas akkumulátorok.

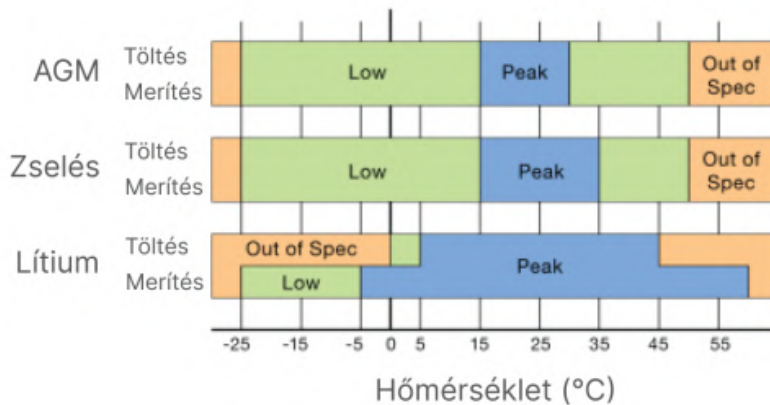
Példaképpen, egy 10% SOC ugyanaz, mint a 90% DOD.

Hőmérséklet

A lítiumionos akkumulátorok általánosságban jobban viselik a szélsőséges hőmérsékletet mint a ólom-savasak. Melegebb éghajlatokon, ahol az átlaghőmérséklet gyakran eléri a 30 °C-ot vagy annál magasabbat, az ólom-savas akkumulátorok élettartama kb. 50%-kal csökken a 22 °C-os átlag hőmérsékleten működő akkumulátorokhoz képest. A lítiumionos akkumulátorok élettartama azonban csak 45 °C feletti hőmérsékleten csökken drasztikusan.

Nagyon hideg környezetben az ólom-savas akkumulátorok elektrolitja annál valószínűbb, hogy befagy, minél mélyebb a kisülés. 0 °C alatti fagyponthőmérsékleten a lítiumionos akkumulátorokat nagyon lassan lehet tölteni. Ebből adódóan elérhetőek önfűtő funkcióval rendelkező típusok is.

Az alábbi ábra példát mutat arra, hogyan működnek a különböző akkumulátortípusok magas és alacsony hőmérsékleten. Az “Csúcsteljesítmény” tartományban a termékismertetőben leírtaknak megfelelően működik az akkumulátor, a “Kevésbé” teljesítmény tartományban azonban az akkumulátor működik, de a “Csúcs” teljesítmény tartományhoz képest csökkent hatékonysággal. Ajánlott sosem használni az akkumulátort a “Specifikáción Kívüli” tartományban, különösen a magas hőmérsékleten.



Merülési sebesség

Az akkumulátor töltésének vagy merülésének sebessége hatással van az akkumulátor kapacitására. Gyorsabb merítésnél a belső ellenállás nő és minél gyorsabban merítjük az akkumulátort, annál alacsonyabb lesz a hasznos kapacitása. Ezt nevezik Peukert-hatásnak.

A Peukert-hatás mértéke eltérő minden akkumulátor típus esetében, de minden akkumulátor típus esetében ez a hatás egyre nő az idő elteltével. A zárt ólom-savas akkumulátorok több belső ellenállással rendelkeznek mint a lítium-ion akkumulátorok.

Az alábbi táblázat mutatja a kapacitás változását, ha 20 órás merítést 8 óra csökkentünk különböző típusú akkumulátorokat.

Akkumulátor típus	Kapacitás csökkenés 8 óránál 20 órás merítéshez képest
Zselés, zárt ólom-savas	9%
AGM, zárt ólom-savas	7%
Lítium-ion	kevesebb mint 1%

Töltőáram limitálás

C-arány a töltés vagy kisütés sebességét jelenti az akkumulátor maximális kapacitásához képest. A gyors töltés vagy merítés károsíthatja az akkumulátort.

1C esetén az akkumulátor egy óra alatt teljesen lemerül. Tehát egy 100 Ah kapacitású akkumulátor 1C arány mellett óránként 100 Ah-al merül.

Savas akkumulátorokat 0,1C-vel szabad tölteni, tehát: 10A

LiFePO4 akkumulátorokat 0,5C-vel ajánlott max tölteni, tehát: 50A

C	Idő
5C	12 perc
3C	20 perc
1C	1 óra
C/2	2 óra
C/5	5 óra
C/8	8 óra
C/10	10 óra

Töltöttségi szint (SOC):

A Töltöttségi szint (SOC) az akkumulátorban jelenleg rendelkezésre álló energia becsült százalékos aránya, hasonlóan az autó benzintartályának mutatójához.

Az alábbi táblázat négy állapotát mutatja a különböző akkumulátorok állapotának példaként. A legjobb, ha a jó tartományban maradunk, és ritkán merülünk a nem biztonságos tartományba. Ha az akkumulátort túl gyakran merítik le 50% alá, az jelentősen csökkenti az élettartamot.

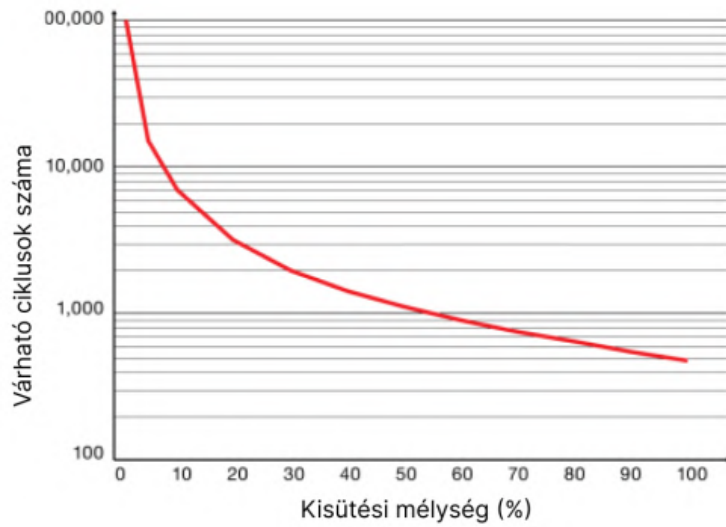
Ólom-savas	Lítium-ion	Töltöttségi szint (SOC)
Optimális	Optimális	100%
		90%
		80%
		70%
		60%
OK	Optimális	50%
Káros		40%
		30%
Káros	20%	
	10%	
	0%	
	OK	
	Káros	

Kisütési mélység (DOD)

Mélykisütési (DOD) az eredeti kapacitáshoz képest felhasznált energia százalékos aránya. Az akkumulátor töltöttségi szintjének megfordítása. Az akkumulátorok élettartama nagyban függ a kisütés mélységétől, azaz hogy a napi használat során mennyi a használt akkumulátor kapacitásának aránya. Például, ha egy teljesen feltöltött akkumulátor felére lemerül, akkor az 50%-os kisütési mélységnek felel meg.

Ha a kisütés mélysége minimális, akkor az akkumulátor több töltési-/kisütési ciklusra lesz képes.

A következő grafikon az életciklus és a kisütési mélység közötti fordított összefüggést mutatja be, és bemutatja, hogy az várható átlagos ciklusszám exponenciálisan csökken, ahogy a kisütési mélység növekszik. Nagyon hideg éghajlati viszonyok között ez még fontosabb, mivel minél mélyebb a kisütés, annál valószínűbb, hogy az akkumulátor befagy. A lítium-ion akkumulátorok is negatívan érintik a nagyon mély kisütés, de hatásuk kevésbé káros az akkumulátor hosszú távú egészségére, mint az ólom-savas akkumulátoroknál.

**Várható élettartam:**

Akkumulátor típus	Várható élettartam
Indító akkumulátor (Autókban használt)	3-12 hónap
Zselés, ólom-savas	3-8 év
AGM, ólom-savas	3-8 év
Lítium-ion	8-15 év

Akkumulátor Kezelő Rendszer (BMS) működése

A lítium-ion akkumulátorok biztonsági okokból mindig szükséges, hogy tartalmazzanak valamilyen elektronikát, amely védi a cellákat az extrém feszültség, hőmérséklet vagy zárlat ellen. Általában egy beépített akkumulátor-kezelő rendszer (BMS) tartozik az akkumulátor-csomaghoz, amely kiegyenlíti és védi az egyes akkumulátor cellákat.

A BMS (akkumulátor-kezelő rendszer) minden egyes cellát monitoroz, annak érdekében azok biztonságos feszültség tartományban maradjanak. Tévhit, hogy a biztonságos működés érdekében elegendő az akkumulátor csomag összefeszültségét határértéken belül tartani, figyelmen kívül hagyva az egyes cellák feszültségét. Ez a megközelítés azt feltételezi, hogy az összes cella teljesen kiegyensúlyozott, ami a valóságban nem így van. Az akkumulátor cellák ugyanis egyedileg változhatnak, és a belső jellemzők miatt ritkán tartják fenn ugyanazt a feszültséget. Ennek eredményeként az egyes cellák különböző mennyiségű energiát tárolnak és szabadítanak fel, vagyis amikor az akkumulátor csomagot többször feltöltik és lemerítik, az egyes cellák egyensúlya felborulhat.

Ha például egy 8 soros cellából álló csomag feszültsége 28,8 V, akkor az egy cellára jutó átlagos feszültséget 3,6 V-nak gondolhatnánk, ha a cellák feszültségét az összefeszültség átlagával számoljuk ki. ($28,8 \text{ V} / 8 \text{ cella} = 3,6 \text{ V/cella}$ átlagosan). Azonban minden cella eltérően működik. Minden akkumulátorcella (lítium, ólom-sav stb.) egyedi jellemzőkkel rendelkezik, beleértve a kapacitását, a belső ellenállás jellemzőit és az öregedési mintázatát is. A BMS előnye abban rejlik, hogy segíti kiegyenlíteni a cellák közötti eltéréseket. Képes aktívan újra kiegyensúlyozni az eltérő feszültségű cellákat, hogy az átlagos cellafeszültség és az egyes cella feszültségek közelítsék egymást. Továbbá, ha bármelyik cella veszélyes állapotba kerül, a BMS képes felismerni és leválasztani az akkumulátor csomagot a rendszerről.

	Kiegyensúlyozatlan pack (V)	Teljesen kiegyensúlyozott pack (V)
Cella 1	3.60	3.60
Cella 2	3.53	3.60
Cella 3	3.57	3.60
Cella 4	3.50	3.60
Cella 5	4.03	3.60
Cella 6	3.49	3.60
Cella 7	3.54	3.60
Cella 8	3.54	3.60
Pack Feszültség	28.80	28.80

A BMS-ben található különböző szenzorok lehetővé teszik az akkumulátor töltöttségi szintjének (SOC) és állapotának (SOH) meghatározásához szükséges paraméterek mérését és rögzítését.

Feszültség: Cella feszültség, maximális és minimális feszültség, valamint csomag feszültség.

Áramerősség: Az akkumulátorban található és az akkumulátorból áramló amper, csúcsáram és a maximális impulzus áram mérése.

Hőmérséklet: Legalább egy hőmérsékletérzékelő a legforróbb akkumulátorrész közelében.

A BMS méri az egyes cellák feszültségét, valamint a ki és beáramló áramot. A mérések alapján becsléseket ad az akkumulátor töltöttségi szintjére. Mivel ez csak egy megközelítő becslés, a BMS időnként jelentősen más SOC szintre “ugorhat” az adatok alapján.

Az akkumulátor kapacitása általában lineárisan csökken az idő és a használat során, így néhány év után már előre jelezhető, hogy várhatóan mikor kell cserélni az akkumulátort. Viszont fontos azzal is számolni, hogy a legtöbb akkumulátor SOH értéke lineárisan csökken a tervezett élettartam közepéig, majd ezt követően meredek csökkenésbe kezd. Nehéz megjósolni, hogy mikor fog bekövetkezni ez a gyors csökkenés, mert számos tényezőtől függ. Az akkumulátor gyártók által reklámozott élettartamot fenntartásokkal kell kezelni, és érdemes a részletes leírásban található értéket venni az akkumulátor élettartamának becsléséhez.

A BMS egyszerűbb verziója lehet a PCM vagy PCB (Védelmi áramkör modul vagy panel). A PCM egy analóg eszköz, amely nem tárol vagy szolgáltat adatot. Az egyetlen célja, hogy védelmet nyújtson az akkumulátor celláknak. Ezek jelentősen olcsóbbak lehetnek, és gyakran integrálásra kerülnek a lítium ion akkumulátorokban. Ha magas/alacsony feszültség, magas/alacsony áramerősség vagy magas/alacsony hőmérséklet érzékelhető, akkor a PCM/PCB leválasztja az akkumulátort a terheléstől. PCM/PCB képes kiváltani egy BMS-t, viszont a legnagyobb hátránya, hogy a mérések hiányában nem lehet pontosan meghatározni az akkumulátor állapotát (SOC-t). Emellett, ha a PCM veszélyes állapotot érzékel, azonnal leválasztja a rendszert anélkül, hogy bármilyen indikációt adna arra, hogy azt milyen okból tette. A legtöbb PCM olcsó és általában rossz minőségű, beszerelésük szakértelmet igényel. A PCM használata költséghatékony megoldás lehet, azonban a fent említett hátrányokat szem előtt kell tartani a rendszer összeállítása során.

Attól függően, hogy milyen kritériumok mentén állítjuk össze a rendszerünket, radikálisan eltérő következtetésekre juthatunk arról, hogy melyik akkumulátor-technológia a legideálisabb számunkra. Az akkumulátor kezdeti költsége fontos tényező lehet a rendszer költségvetésének tervezésekor, de rövidlátó lehet csak arra összpontosítani, hogy a kezdeti költséget alacsonyan tartsuk, amikor a drágább akkumulátor hosszú távon pénzt (vagy kellemetlenséget) takaríthat meg számunkra. A fenti összes tényező figyelembevételével a lítium-ion akkumulátorok képesek a legjobb és legmodernebb megoldást nyújtani a szigetüzemű napelemes energia rendszerek számára.

Alacsony és magas feszültségű akkumulátorok

Általánosságban elmondható, hogy az alacsony feszültségű rendszerek elsősorban a kisebb teljesítményű, 3–20 kW közötti lakossági vagy szigetüzemű napelemes rendszerekhez ideálisak. Ezzel szemben a nagyobb energiaigényű rendszerek esetében (20 kW felett), mint például az ipari létesítmények vagy nagyméretű lakossági beruházások, a magasfeszültségű megoldások bizonyulnak hatékonyabbnak, mivel jobb rendszer hatásfokot és alacsonyabb veszteséget biztosítanak. A két technológia tehát nem versenytársa egymásnak, hanem eltérő alkalmazási területeken optimális. Magyarországon a lakossági telepítéseknél mindkét típus előfordul, míg az ipari rendszereknél egyértelműen a magasfeszültségű kialakítások dominálnak.

Az alacsony feszültségű rendszerek fő előnye a kisebb beruházási igény és az egyszerűbb telepítés, mivel ezeknél a rendszereknél a veszteségek még nem számottevőek. Egyetlen 48 V-os akkumulátor is elegendő lehet egy kisebb háztartási rendszerhez, ami csökkenti a kezdő költségeket és leegyszerűsíti a kivitelezést.

Ezek a rendszerek különösen népszerűek szigetüzemű vagy kisebb lakossági alkalmazásoknál, ahol a cél az önellátás, biztonságos üzemeltetés és alacsony karbantartási igény. Hátrányuk ugyanakkor, hogy a nagyobb áramterhelés miatt vastagabb kábelezésre van szükség, a konverziós veszteségek magasabbak, ezért nagyobb rendszerekhez már kevésbé hatékonyak.

Ahogy a rendszer teljesítménye és a tárolt energiamennyiség növekszik, úgy válnak a magasfeszültségű rendszerek a hatékonyabb megoldássá. A magasfeszültségű inverterek kizárólag magasfeszültségű akkumulátorokkal kompatibilisek, és bár feszültségátalakító egységek segítségével elvileg lehetséges az illesztés, ezeknek a többletköltsége miatt ez a megoldás nem éri meg. A magasfeszültségű rendszerek előnye, hogy azonos teljesítmény mellett kisebb áram folyik a vezetékben, így csökkennek a vezetési és hőveszteségek, javul a rendszer összhatófoka. Ugyanakkor ezek a rendszerek nagyobb beruházási költséggel járnak, mivel mind az inverter, mind az akkumulátor lényegesen drágább, és az érintésvédelmi követelmények is szigorúbbak.

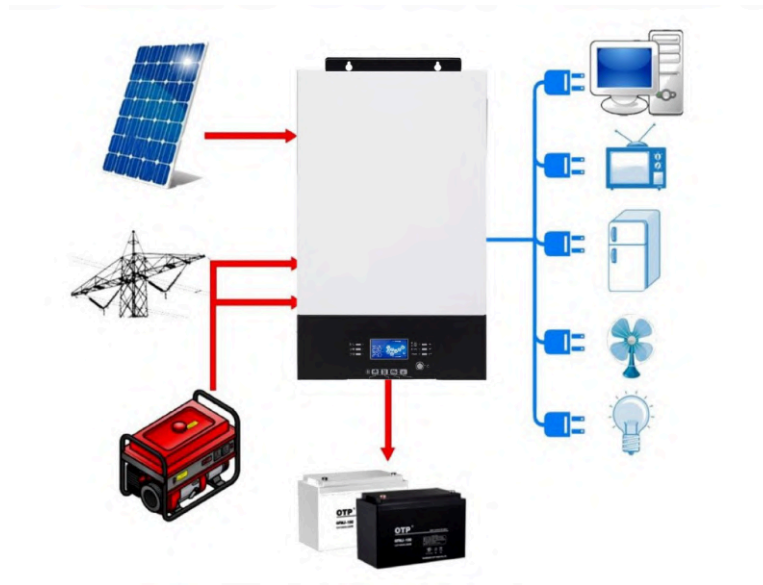
4.3 Inverterek

A modern napelem rendszerek szíve a megfelelő inverter, amely lehetővé teszi az energia hatékony hasznosítását. A napelemekből és az akkumulátorokból érkező alacsony feszültségű egyenáram nem alkalmas a háztartási gépek és berendezések működtetésére. Az inverterek átalakítják a napelemek által termelt egyenáramot (DC) váltakozó árammá (AC), amely közvetlenül használható az otthoni elektromos berendezésekhez, vagy visszatáplálható az elektromos hálózatba.

A korábbi inverter modellek kizárólagos funkciója a DC áram AC árammá alakítására volt, azonban az utóbbi időkben jelentős fejlődésen mentek keresztül ezek az eszközök. Az újabb modellek Intelligens modulok segítségével számos további funkciót is képesek ellátni, mint például az adatmonitorozás és a csatlakoztatott akkumulátorok töltésvezérlése.

Három fő típusa van az invertereknek, melyek mindegyike különböző felhasználási módokat kínál.

- **On-grid inverterek:** Ezek az inverterek közvetlenül kapcsolódnak az elektromos hálózathoz, és lehetővé teszik, hogy a megtermelt többlet napenergiát vissza tápláljuk a hálózatba. Az akkumulátoros energiátárolásra azonban nem alkalmasak.
- **Hibrid inverterek:** Ezek az inverterek rugalmas megoldást nyújtanak, mivel mind a hálózatra csatlakozva képesek a többlet energiát visszatáplálni, mind akkumulátorokkal is működhetnek, amelyek lehetővé teszik az energia tárolását. Így biztosítják a folyamatos energiaellátást, akár hálózati kimaradás esetén is.
- **Szigetüzemű inverterek:** Ezek az inverterek alapesetben teljesen függetlenek az elektromos hálózattól, és különösen hasznosak amennyiben nincsen a közelben villamos hálózat vagy a fogyasztás mértékéhez képest túlságosan bonyolult / költséges volna az ahhoz való kapcsolódás. Sok modell azonban képes generátorra vagy hálózatra is csatlakozni, így ha az akkumulátorok lemerülnek és a napelemek nem termelnek elegendő energiát, a rendszer automatikusan átvált a generátorra / hálózati áramra, biztosítva az energiaellátás folyamatosságát. A hálózatra csatlakozás lehetőségét, szabályait és engedélyezését minden esetben az aktuális szolgáltatói szabályzat tartalmazza.



Kettős konverzió és szoftveres védelem

Kettős konverzió technológiája egy rendkívül hatékony megoldás, amely az érzékeny eszközök felé védelmet biztosít a napelemes rendszerekben. Ennek lényege, hogy a kimeneten megjelenő áram teljesen független a bejövő áramtól, így garantálja, hogy az inverter által előállított energia mindig tiszta, stabil és mentes legyen a hálózati zavaroktól, valamint a feszültségingadozásoktól.

Egyfázis - három fázis

Az inverterek típusai közül az egy- és háromfázisú modellek különböző felhasználási célokat és teljesítményt kínálnak, attól függően, hogy mekkora az energiaigény és milyen típusú hálózat áll rendelkezésre.

Míg az egyfázisú inverterek könnyedén integrálhatók a hagyományos háztartási elektromos hálózatban, a háromfázisú inverterek működéséhez már háromfázisú elektromos hálózat szükséges. A három fázis biztosítja, hogy az energia három különálló fázisban áramoljon, egyenletesen elosztva a terhelést, ami különösen fontos nagyobb rendszerek és ipari fogyasztók esetén.

A háromfázisú inverterek telepítése előtt meg kell győződni arról, hogy a helyszínen már rendelkezésre áll-e háromfázisú hálózat. Amennyiben ez nem adott, annak kiépítése szükséges lehet, ami külön költségekkel és időráfordítással jár. A háromfázisú rendszer

kiépítése azonban hosszú távon megtérülhet, mivel lehetővé teszi a nagyobb energiahatékonyságot és stabilitást, különösen olyan épületekben, ahol nagy teljesítményű gépek, készülékek működnek. Tehát, ha egy háztartás vagy vállalkozás háromfázisú invertert szeretne használni, fontos előre megtervezni, hogy a megfelelő hálózati infrastruktúra rendelkezésre álljon, vagy gondoskodni kell annak kiépítéséről.

Teljesítmény: Állandó vs. Hirtelen terhelés

Az inverterek rendelkeznek egy névleges teljesítménnyel, amely az állandó terhelési kapacitásukat jelöli, valamint egy maximális pillanatnyi teljesítménnyel, amelyet rövid ideig képesek leadni. Ez a hirtelen fellépő terhelés általában legfeljebb kétszerese lehet az állandó terhelésnek, és csak néhány másodpercig tarthat. Például egy 8000 W névleges teljesítménnyel rendelkező inverter maximum pillanatnyi teljesítménye 16000 W, amelyet 10 másodpercig képes biztosítani.

A pillanatnyi maximális teljesítmény kiemelten fontos olyan esetekben, amikor motorokat, transzformátorokat vagy kondenzátorokat hajt meg a rendszer. Ide tartoznak például a hűtők, porszívók, elektromos szerszámok, szivattyúk és a kamera villanófényei. Ezen csúcs áramú fogyasztók induló teljesítménye akár tízszerese is lehet az állandó terhelésüknek, így nem szabad feltételezni, hogy a motor működni fog csupán azért, mert az állandó teljesítmény megegyezik az inverterével. A bekapcsolási áramot nem lehet hagyományos multiméterrel vagy energiafogyasztás-mérővel mérni. Ha meg szeretné határozni a motor bekapcsolási áramát, szüksége lesz egy oszcilloszkópra, vagy legalább egy áramcsipeszre, amely rendelkezik bekapcsolási áramlökést érzékelő funkcióval.

Készenléti vagy üresjárat teljésítmény

Az alacsony teljesítmény átalakítása során rossz hatásfok miatt elvesztegetett energia mellett az inverter aktív használaton kívül is mérhető mennyiségű készenléti teljesítményt használ. Tekinthejtük ezt az energiának, amire az inverternek szüksége van ahhoz, hogy bekapcsolva, felmelegedve és munkakész állapotban legyen. Néhány inverter akár 30-50 wattot is használhat alapértelmezetten, még akkor is, ha nem alakít át vagy tölt. Ez a készenléti teljesítmény, amit még üresjárat, tare, vagy terheletlen teljesítménynek is neveznek, jelentős terhet jelenthet az akkumulátorok számára, mivel akár 24 órán át is bekapcsolva lehet. Fontos, hogy az adott működési típushoz (például szigetüzem vagy hibrid üzem) megfelelő

invertert válasszunk, figyelembe véve annak készenléti teljesítményét is, hogy minimalizáljuk az energiaveszteséget és optimálisan működtessük a napelem rendszert.

Inverter megfelelő elhelyezése

Az inverter megfelelő elhelyezése létfontosságú a rendszer hosszútávú működése és biztonsága szempontjából.

Az eszközt lehetőleg közel kell tárolni a napelemekhez, hogy minimalizáljuk az energiaveszteséget. Azonban a hatékonyság mellett figyelembe kell venni a biztonsági és hőmérsékleti szempontokat is. Léteznek csak zárt térben, illetve épületen kívül elhelyezhető inverterek is.

Az inverterek, mint a legtöbb elektronikai eszköz, érzékenyek a hőmérsékleti változásokra és a magas páratartalomra. Ideális esetben az invertert száraz, jól szellőző helyen kell tárolni, ahol nincs kitéve az időjárás viszontagságainak. Az elhelyezésnél kerüljük a közvetlen napfényt és a szélsőséges hőmérsékleteket.

5. Rendszer méretezése és telepítése

Amennyiben egy 100%-ban szigetüzemű napelemes rendszerrel szeretnénk kiváltani az áram fogyasztásunkat, akkor kezdjük azzal, hogy növeljük otthonunk energiahatékonyságát. Az energiahatékonyság növelése azt jelenti, hogy tudatosan csökkentjük az elektromos áramfogyasztásunkat. Otthona energiahatékonysága elengedhetetlen ahhoz, hogy teljesen szigetüzemű napelemes rendszerrel váltsa ki a fogyasztását.

Az energia megtakarítása lényegesen olcsóbb, mint az energia előállítása, így otthona energiahatékonyságának javításával a napelemes rendszer mérete és ezáltal költsége is jelentősen csökkenni fog.

Elektromos fogyasztását sokféle módon csökkentheti:

- Válassz energiatakarékos háztartási gépeket: Amikor új háztartási gépeket vásárolsz, válassz olyanokat, amelyek energiatakarékosak és A+++ energiaosztályúak.
- Válassz energiatakarékos izzókat: Az energiatakarékos izzók kevesebb energiát fogyasztanak, és hosszabb élettartamúak, mint a hagyományos izzók.

- Kapcsold ki a készülékeket, ha nem használod őket: A készenléti (standby) állapotban hagyott készülékek is fogyasztanak energiát, ezért ha lehet, húzza ki a konnektorból, amikor nem használja őket.
- Használj időzítőt: Használj időzítőt, hogy be- és kikapcsold a készülékeket az előre időzített időpontokban.
- Használj okosotthon rendszert: Az okosotthon rendszerek lehetővé teszik, hogy távolról is vezérelhesd otthonod és energiát takaríthatsz meg azáltal, hogy optimalizárod a fűtést, hűtést és az egyéb készülékek használatát.

Minél több energiára van szükség, annál több energiát kell előállítania a napelemes rendszerrel. Tehát a napi elektromos igények kielégítése érdekében nagy és drága rendszert kellene vásárolni. Ez különösen igaz a szigetüzemű rendszerekre, amelyek többsége akkumulátor alapú, és az akkumulátor költsége a teljes rendszer akár 50%-át teszi ki. Minél magasabb az elektromos fogyasztás, várhatóan annál nagyobb és drágább akkumulátorra lesz szükség.

Energiatárolóval ellátott napelem rendszer méretezése:

Az energiatárolók optimális méretezése és a megfelelő termékek kiválasztása komoly kihívást jelent a legtöbb projektfejlesztő számára. A technológia annyira új, hogy a tervező és kivitelező cégek többsége nem rendelkezik azzal a fajta szoftveres támogatással, amely lehetővé tenné a gyors és egyedi igényeket kielégítő tervezést.

A rendszer komponensek kiválasztása és méretezése során a névleges teljesítmény és beépített kapacitás kiválasztása mellett fontos szempont többek között a gyártó által biztosított garancia, versenyképes ár, engedélyeztetés, hűtés, fűtés és tűzvédelem.

Egy rendszer tervezésénél fontos figyelembe venni az alábbi tényezőket:

- Optimális PV rendszer teljesítmény (DC kWp / AC kW).
- Optimális akkumulátor teljesítmény és kapacitás (kW és kWh).
- Villamosenergia-megtakarítás számítás (% és Ft/év).
- Nettó Jelenérték (Ft) és Belső Megtérülési Ráta (%).
- Megtérülési fedezeti pont számítás (év).
- Éves ciklusszám és élettartam (év).

A rendelkezésre álló adatok felhasználásával, illetve részletes statisztikai elemzéseket követően futtatott műszaki és gazdasági szimulációk segítségével határozhatók meg a lehetséges rendszerkonfigurációk. A helyszíni felmérés alapján és a gazdasági célkitűzések mentén kiválasztásra kerül a végfelhasználói és finanszírozói követelményeknek legjobban megfelelő rendszer, amelynek engedélyeztetését követően az iGreen Kft képesített telepítő csapata gondoskodik a projekt kulcsrakész kivitelezéséről. A folyamat nem ér véget a telepítéssel, a rendszer működése során szüntelenül zajlik a távfelügyelet, garantálva a rendszer rendeltetésszerű működését.

Egy napelemes rendszer telepítése nemcsak az elektromos ismeretek és a szakmai tapasztalat hiányában kockázatos, hanem bizonyos jogszabályokat és előírásokat is figyelembe kell venni a telepítés során.

1. Biztonsági kockázatok: A napelemes rendszer telepítésekor az áramellátás és az elektromos vezetékek kezelése nagyon veszélyes lehet. Helytelenül összeszerelt rendszer akár tűzveszélyt, komoly sérüléseket vagy akár haláleseteket is okozhat.
2. Teljesítménykiesés: Ha a rendszer nincs megfelelően telepítve, a panelek hatékonysága csökkenhet. Ennek eredményeként kevesebb energiát termelhet a rendszer, mint amennyire valójában képes.
3. Garancia elvesztése: A jótállás érvényesítéséhez a rendszert szakembernek kell telepítenie és ezt követően aláírásával igazolnia a megfelelő üzembe helyezést. Amennyiben a telepítő nem rendelkezik a szükséges tapasztalattal és képzettséggel, a garancia érvénytelen lehet.

Ha nincs megfelelő szaktudásod a napelemek telepítéséhez, mindig keress szakembert, hogy megbizonyosodj a napelemek optimális működéséről.

Bemutatkozás

Az iGreen Kft. szakértője a hibrid napelemes rendszerek tervezésének, értékesítésének és telepítésének. Cégünk az iGreen kettős konverziós és szoftveres védelemmel ellátott inverterek hivatalos forgalmazójaként a legfejlettebb technológiát kínálja. Kiemelt figyelmet fordítunk a kiváló minőségre, gyors kivitelezésre és professzionális megoldásokra, így Ön biztos lehet benne, hogy rövid idő alatt megbízható, hosszú távon is hatékony rendszert kap.