



ÓBUDAI EGYETEM

**Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet**



SZAKDOLGOZAT

**ÓE-KVK
2021.**

Hallgató neve:

Weigl Kristóf Ákos

Hallgató törzskönyvi száma:

T009534/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport:

Napelemesrendszerek létesítése



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Weigl Kristóf Ákos

Szakdolgozat száma: SZD21090213451325

Törzskönyvi száma: T009534/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: Napelemes rendszerek létesítése (szakmérnök)

Specializáció:

A dolgozat címe: Szombathely, Boldog Brenner János Óvoda lapos-tetőjére épülő 30 kW-os napelem rendszer tervezése

A dolgozat címe angolul: Planning of a 30kW PV system on to the flat top roof of Boldog Brenner János Nursery

A feladat részletezése: 1. A telepítendő rendszer méretének meghatározása, általános ismertetése

2. A telepítendő panelek és inverter típusainak bemutatása, meghatározása

3. A kábel, vezetékrendszer kiválasztása

4. Túlfeszültség-, túláramvédelmi készülékek kiválasztása

5. A tervezett rendszerhez felhasznált anyagok újra hasznosításának bemutatása

Intézményi konzulens neve: Dr. Holcsik Péter

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 11. 29.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:



.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021.

.....

hallgató aláírása

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Varga Tamás és Horváth András villamos tervező barátaimnak a szakdolgozat során nyújtott segítségéért!

Köszönetet szeretnék mondani tanárainknak, akik segítettek a szakmérnöki képzésben való felkészülésben. Külön köszönetet szeretnék mondani Gyapay Bettinának a szakdolgozat formázásában nyújtott segítségéért.

Továbbá köszönetet szeretnék mondani, barátaimnak szaktársaimnak, akikre sokszor lehetett számítani és akik segítettek, amiben tudtak.

Végül a legnagyobb köszönetet szeretnék mondani családom minden egyes tagjának, de leginkább feleségemnek Ibolyának, kislányomnak Izának és kisfiamnak Eriknek, akik nélkül nem vágtam volna bele. :)

Tartalom

Tartalom	9
1. Bevezetés	6
2. A napenergia felhasználása.....	7
2.1 Napelemes rendszerek	8
3. A HMKE.....	10
3.1 A tervezési fázis	10
3.2 Az igénybejelentési dokumentációhoz szükségesek adatok:....	11
3.2.1 A HMKE dokumentációhoz szükségesek adatok:	11
4. A HMKE rendszer méretezése.....	12
4.1 A helyszínre telepített panelek termelésének meghatározása...	13
4.2 A rendszer teljesítményének meghatározása.....	13
4.2.1 A panelek darabszámának meghatározása:	14
4.3 Az inverter kiválasztása.....	15
5. A napelem modulsorok méretezése	16
5.1 A napelem modulsor méretezése feszültség és áramra:	16
5.1.1 A modulsor feszültségének változása a hőmérsékletváltozás függvényében:.....	17
5.1.2 A modulsor áramának változása a hőmérsékletváltozás függvényében.....	17
6. A kábelezés és védelmi eszközök kiválasztása.....	18
6.1 A DC oldali kábel kiválasztása.....	18
6.2 A DC oldali biztosító betét kiválasztása.....	19
6.3 A DC oldali túlfeszültségvédelem kiválasztása	21
6.4 Az AC oldali kábel kiválasztása.....	23
6.4.1 Az AC oldali túláramvédelem kiválasztása	24
6.4.2 Az AC oldali túlfeszültségvédelem kiválasztása	24
6.5 Az inverter DC oldalát leválasztó tűzeseti kapcsoló kiválasztása	25
6.6 Inverter berendezés védelmét biztosító eszköz beállítási értékei	26
7. Érintésvédelem.....	27
8. A panelek újrahasznosításának lehetősége	29
8.1 Az újrahasznosításról.....	30
8.2 Az üveg újrahasznosítása	31
8.3 A műanyag újrahasznosítása	33

8.4	Az alumínium újrahasznosítása	34
8.5	A szilícium újrahasznosítása	36
9.	Összefoglalás	37
10.	Summary	38
11.	Felhasznált irodalom	39
12.	Mellékletek.....	40

1. Bevezetés

Tapasztalataim szerint az utóbbi években rohamosan nőtt a környezetemben telepített napelemrendszerek száma. Azonban ez a jelenség az egész hazánkra, más országokra sőt az egész világra igaz. Magam épületvillamossági tervezéssel foglalkozom. Emiatt sok megkeresés történik irányomba HMKE-rendszerek engedélyeztetési eljárásával kapcsolatban. Szakdolgozatomban egy konkrét jelenleg működő óvoda lapos tetőszerkezetére elhelyezendő napelem rendszer engedélyeztetésével kapcsolatban kerestek meg. A kivitelező arra kért, hogy az áramszámlák és a tetőfelület ismeretében határozzam meg a szükséges méretű rendszert.

A dolgozat első felében röviden bemutatom a napelemek felépítését, működését, valamint a jelenlegi HMKE-rendszerekhez kötődő engedélyezési eljárás rendet az E.ON területén.

A méretezés során először meghatározom, az épületre telepítendő rendszer nagyságát, figyelembe véve azt, hogy a megtermelt energiamennyiség lefedje az intézmény fogyasztását.

A következő lépésekben választom ki a napelem modulokat, majd a hozzá tartozó invertert. Az inverter gyári adatainak ismeretében a modulsorok méretét kiosztását, a szükséges kábelek, védelmi eszközöket a már meghatározott rendszerelemek ismeretében választom ki.

Végül a beépített rendszerelemek életciklusuk végén történő újra felhasználási lehetőségeit mutatom be.

2. A napenergia felhasználása

Az ipari forradalomtól kezdve napjainkig az emberiség energia éhsége exponenciális léptékkal növekedett/ növekszik. Az elmúlt évszázadok és évtizedek folyamán bebizonyosodott, hogy valamiféle határt szükséges szabni a föld kizsákmányolásának. A fosszilis energiahordozók kitermelése és felhasználása során rendkívül nagy az emberiség ökológiai lábnyoma, a sokak által vitatott klímaváltozással hozzájárul a Föld felelőtlen kiszippolyozásához.

Az emberiség számára a mai világban szinte elengedhetetlen a villamos energia, melynek természetes rendelkezésre állását a hétköznapi ember csak akkor veszi észre, mikor a hiányát tapasztalja meg.

A szükséges rossz mint, a villamos energia használata a környezetvédők számítógépeihez is szükséges. Nem lehet tehát kiiktatni életünkéből. A kérdés csupán az, hogy tudjuk-e kellőképpen mérsékelni a károsanyag kibocsátást. Abban egyetértés látszik, hogy célszerű a megújuló energiák irányába fordulni.

A megújuló energiák használat sok ember számára egyértelmű és egyetlen alternatív megoldásnak tűnik a környezetszennyezés elleni harcban. Nem térnék ki a napelem rendszerekhez felhasznált anyagok előállításnak környezetszennyező hatására, csupán a tervezett rendszerhez felhasznált anyagok életciklusának végén történő újra hasznosítását mutatom be dolgozatomban végén.

Tanulmányaink során megismertük, hogy a megújuló vagy alternatív energia kiaknázásával az emberiség energiaigényét nagy mértékben képesek lennénk fedezni:

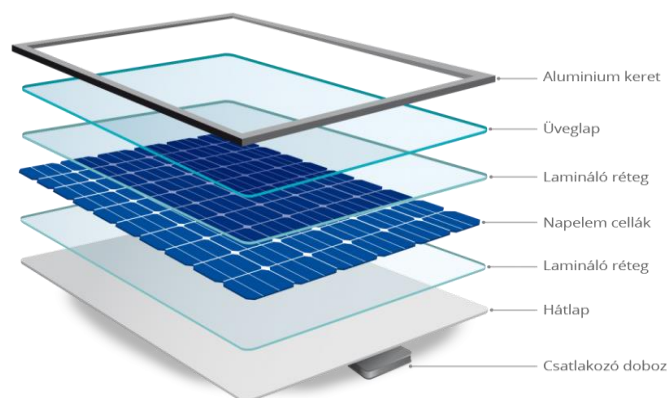
Magyarországnak sajnos nincsenek megfelelő esésű és bővizű folyói melyek, nyugati szomszédjainknál (Ausztria) lehetővé teszik azt, hogy szinte az ország minden egyes pontjára képesek vízerőművet építeni. Ha csak a környezetben található vízerőműveket nézzük Ikerháza 2,5 km-es üzemvízcsatornához tartozó erőmű mely 2,5 MW- teljesítményt képes leadni 8 m eséssel és 42 m³ víznyeléssel nem tűnik nagyon kecsegtetőnek.

Amiben talán jobbak vagyunk Magyarországon a geotermikus energiák: szintén komoly potenciállal bíró megújuló energiaforrás lenne. A mostani helyzetben viszont nagyon kecsegtetőek számunkra a napelemes rendszerek.

2.1 Napelemes rendszerek

A napelem olyan fotovoltaiikus elem, amely az őt érő napsugárzás hatására, közvetlenül villamos energiát állít elő. A folyamat a napelemet alkotó félvezetőrétegben játszódik le. Amikor fotonok eléri a napelem cellát, egy részük elnyelődik, egyik részük áthalad, és egy részük visszaverődik. A fotonok energiája a félvezető rétegben lévő atomok szabad elektronjait felszakítja, innentől kezdve már hasznosítható munkájuk, mivel elhagyták nyugalmi állapotukat.

A napelemes rendszerből villamos energia nyerhető ki, amit inverterrel alakítunk át. Az inverter, váltakozó áramot állít elő a panelekből kapott egyenáramból, a kimenetei áram feszültség nagysága és frekvenciája megegyezik a hálózati paraméterekkel.



2.1 ábra¹

Napelem felépítése

Leggyakrabban a kristályos és amorf (poli- és monokristályos) napelemeket alkalmazzák. Az amorfok ára kedvezőbb, bár egyéb

¹ <http://.easykit.hu/napelem-energiatakonysag-felsofokon/>

paramétereik tekintetében elmaradnak a kristályostól (hatásfok, élettartam). A kristályos napelemek hatásfoka szerint, a mono tiszta napsütésnél teljesít jobban, míg a polikristályos szórt fénynél, a különbség egy évi termelést figyelembe véve, már érezhető.

A Napelemes rendszerek kialakítási elvük szerint 3 félék lehetnek:

- vegyes üzemű rendszer (Bimodal)
- szigetüzemre alkalmas (Off-Grid)
- szigetüzemre nem alkalmasak (On-Grid)

Az ON-Grid rendszerek a következő elemekből épülnek fel:

- napelem modulok
- DC/AC oldali és védelem
- inverter (leválasztó kapcsoló, túlfeszültség védelem)
- Fogyasztásmérés (Áramszolgáltatói oldal)

3. A HMKE

Az energiatermelő rendszerek több típusát különböztetjük meg.

Háztartási méretű kiserőműnek röviden HMKE-nak minősül az a villamosenergia-termelő berendezés, ami: olyan kiserőmű, mely kisfeszültségű hálózathoz csatlakozik és melynek csatlakozási teljesítménye nem éri el az 50kVA-t.

A legtöbb HMKE csatlakozási dokumentáció megrendelése zömében magánemberektől családi házak 50kVA teljesítményt nem meghaladó beruházásokig terjed.

Az egyszerűbb és gyorsabb engedélyezési eljárás, miatt a napelemes HMKE -k kiépítése jelenleg a legkeresettebb, megújuló energia előállító berendezések közé tartozik.

A Beruházók zöme a kedvezőbb támogatási kondíciók miatt, valamint az egyre szigorodó energetikai előírások miatt kötelesek új létesítés esetén az épület energiaigényének 25%-át megújuló energiából fedezni. Kézenfekvő emiatt, hogy egy viszonylag gyors kivitelezhető megoldást keresnek. Nálunk a nyugati régióban, mint az ország szinte minden részében az elmúlt három évben érezhető robbanásszerű építkezési hullám sok (nem feltétlen villamos) szakembert sarkalt arra, hogy megjelenjen a piacon.

3.1 A tervezési fázis

A rendszerek kiválasztását és a műszaki tartalmat, mint az élet oly sok területén gazdasági szempontok befolyásolják. Természetesen a beépítendő teljesítményre vonatkozólag vannak, modellek, dőlésszög elhelyezkedés, épület energiaigénye stb. A tervezésért elkérhető összeg az energiaráfordítással nem mindig van arányban, ezért sokszor a Kivitelező keresi meg a konkrét elképzeléssel a tervezőt.

Átalában a következő formában:

- napelemek száma, típusa.
- inverter típusa.

Az engedélyezéshez szükséges csatlakozási dokumentációt az E.ON honlapján található formanyomtatványok kitöltésével majd leadásával lehet elindítani.

3.2 Az igénybejelentési dokumentációhoz szükségesek adatok:

- Igénylő neve, elérhetősége
- felhasználási hely
- felhasználási azonosító
- POD azonosító
- mérők gyári száma, rendelkezésre álló teljesítmény

3.2.1 A HMKE dokumentációhoz szükségesek adatok:

- inverter típusa
- napelemek száma
- inverter védelmi beállítási értékek
- AC oldal túlfeszültség védelem
- DC oldal túlfeszültség védelem
- leválasztó eszközök típusa
- AC/DC oldal vezeték keresztmetszet

A csatlakozási dokumentációt egy egyvonalas kapcsolási rajz teszi teljessé, melyen fel kell tüntetni:

- a panelek típusát
- modulsorok számát
- az invertert és védelmi eszközeit
- az AC elosztót
- és a fogyasztásmérés elvi rajzát

Ha a leadott dokumentumok mindegyike megvan és leadásra kerül, az E.ON visszaigazolja a dokumentáció helyességét és neki lehet látni a kivitelezésnek.

4. A HMKE rendszer méretezése

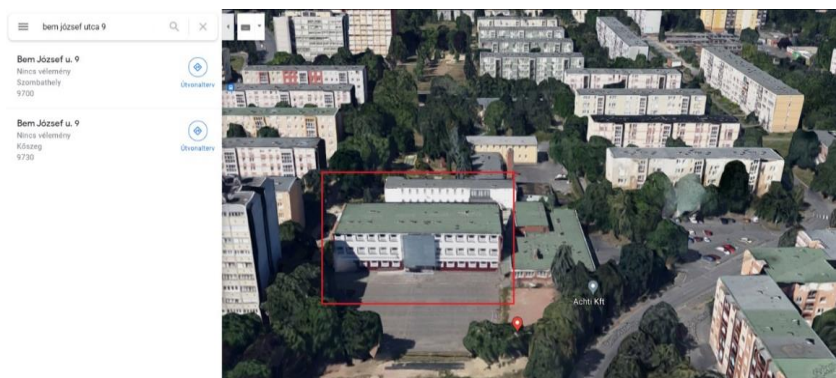
A szakdolgozatban szereplő konkrét eset, egy meglévő óvoda, ami 3x63A (44 kW) lekötött nappali teljesítménnyel rendelkezik. A Beruházó az épület lapostető szerkezetén, kíván napelemeket elhelyezni. A napelemek - inverteren keresztül – rátáplálnának a mért fogyasztói csatlakozó végpontra. A fel nem használt villamos energia az E.ON elszámolási mérőórán keresztül visszakerül a kommunális hálózatba, és az éves elszámolás részét képezi. A villamos fogyasztásmérő az épület előterének falbeugrásában van elhelyezve közvetlenül a villamos főelosztó mellett, a tetősík és a fogyasztásmérő közötti távolság 25m, (ezt a hosszt veszem figyelembe az AC oldali kábel feszültségesezésre történő méretezésekor).

A létesítmény ismertetése:

A tervezés helyszíne: 9700 Szombathely, Bem utca 9.

Rendeltetése: óvoda

Tartószerkezet elhelyezése: a tető lapostető, így összes napelemet tudjuk ideális déli tájolással 35- %-os dőlésszögre beállított tartószerkezeten elhelyezni.



4.1 ábra²

Az épület nézete műholdképen

²<https://www.google.com/maps/@47.2431094,16.6068695,167a,35y,124.55h,53.29t/data=!3m1!1e3>

4.1 A helyszíntre telepített panelek termelésének meghatározása

A létesítés célja, a hálózati villamos energiafelhasználás csökkentése és lehetőség szerint minél nagyobb arányú napenergiából történő pótlása, túltermelés nélkül. Egy napelemes rendszert úgy célszerű megtervezni, hogy: a létesítmény 1 éves fogyasztása feleljen meg a rendszerünk által megtermelt energiával.

Az óvoda átlag havi villamos energia fogyasztása 3000 kWh óra körül mozog, ez az érték 36.000 kWh.-t jelent évente, mely a méretezés alapját adja számunkra.

Az EU 1981-től egy PV projekt keretein belül gyűjt adatokat a földrajzi eloszlás szerint a besugárzási értékekre vonatkozólag. A termelési hozam meghatározásához elegendő 1 kWp megadása, ebből számolható az összes többi paraméter.

Az oldal használatakor megtudom adni a napelem rendszer pontos telepítés helyét. Az általam beállított telepítési jellemzőkkel (tájolás, dőlésszög, stb.) a szükséges rendszer méretét ezek alapján már megtudom határozni. (1. sz. melléklet).

A vizsgált adatokból kalkulált számítást letöltöttem, amiből kiolvasható a fontos, egy évre vonatkoztatott termelési érték, melyet a lenti ábrán piros négyzettel emeltem ki. (2. sz. melléklet):

A jelentés szerint 1kW beépített teljesítmény évi 1141 kWh.-tud termelni a megadott földrajzi viszonyok között optimális esetben.

4.2 A rendszer teljesítményének meghatározása

Az éves energia fedezéséhez szükséges teljesítmény meghatározása az alábbi képlet szerint történik.

$$\text{Rendszer teljesítménye} = \frac{\text{Összfogyasztás}}{\text{Megtermelt energia}} * 1\text{kWp}$$

behelyettesítve,

$$\text{Rendszer teljesítménye} = \frac{36.000 \text{ kWh}}{1141 \text{ kWh}} * 1\text{kWp} = 31,5\text{kWp}$$

Esetünkben: tehát egy 31,5 kWp teljesítményű napelem rendszer képes az évi energiaszükségletet fedezni.

4.2.1 A panelek darabszámának meghatározása:

A napelemek villamos teljesítménye manapság már nagyon széles teljesítményhatárok között mozog. A napelemek számát könnyedén megkaphatom, ha választok egy bármilyen típusú árban és teljesítményben megfelelőt. A választás a manapság elég gyakori anyagihiány miatt, a kivitelező kérése szerint a Trina Solar cég 375W teljesítményű típusára esik. (3.sz. melléklet):

$$\text{Panelek száma} = \frac{\text{Rendszer teljesítménye}}{\text{panel teljesítménye}}$$

$$\text{Panelek száma} = \frac{31,5\text{kW}}{375\text{W}} = 84\text{db}$$

Tehát a szükséges napelem panel darabszám 84db.

Napelem gyártója:	Trina Solar
Napelem típusa:	TSM-DE08M(II)
Napelem teljesítmény:	375 W
Üresjárási feszültség:	41,6 V
Rövidzárlati áram:	11,45 A
Munkaponti áram:	10,89 A
Munkaponti feszültség:	34,4 V
Feszültség hőmérsékleti együttható:	-0,26%/°C
Áram hőmérsékleti együttható:	-0,04%/°C

4.2 ábra.

A napelem főbb adatai

A standard tesztkörülmények: a panel adatlapján találhatóak: (3.sz. melléklet).

4.3 Az inverter kiválasztása

Az inverterek kiválasztásánál, figyelembe vett szempontok:

- inverter AC és DC oldali teljesítménye,
- munkapontok száma,
- feszültség, áram bemeneti értékei,
- védelmi eszközök megléte (AC, DC oldalon),
- túlfeszültségvédelmi eszközök megléte,
- hibaáram érzékelés,
- hatásfok
- kommunikáció (monitoringozás szempontjai)
- ár
- garanciális háttér, alkatrész ellátottság.

A tervezés során egy Huawei márkájú invertert választok, melynek nagy előnye, hogy a DC és AC oldalon T2-es beépített túlfeszültség-védelmet tartalmaz, ára kedvező és viszonylag jó szervízhálózattal rendelkezik. (4.sz. melléklet):

5. A napelem modulsorok méretezése

Fontos szempont a modulsor méretezésénél, hogy lehetőség szerint egyenlően osszam el őket és semmilyen körülmények között ne lépjem túl az inverter bementi feszültség semmilyen hőmérsékleti tartományban. Mivel az épület tetőszerkezete teljesen sík így nem kell a tető különböző tájolása miatt kiosztani a modulsort. Az inverter 4 munkapont követővel rendelkezik, a feladathoz elég a 3 munkapont felhasználása.

A DC oldalon a modulsor kiosztás a következőképpen alakul:

MPP A PV1+PV2 2x14	28db
MPP B PV1+PV2 2x14	28db
<u>MPP C PV1+PV2 2x14</u>	<u>28db</u>
Összesen:	<u>84 db</u>

5.1 A napelem modulsor méretezése feszültség és áramra:

A napelemek modulsorok bementi értékei STC esetén:

$$U_{mpp} = \text{modulszám} * V_{mpp}$$

$$U_{mpp} = 14 * 34,4V = 481,6V$$

$$I_{sc} = \text{modulsorok száma} * \text{rövidzárási áram}$$

$$I_{sc} = 2 * 11,45A = 22,9 A$$

párhuzamos modulsorok esetén 2x14 db A, B és C munkaponton.

5.1.1 A modulsor feszültségének változása a hőmérsékletváltozás függvényében:

-10°C esetén :

$$V_{oc} = -0,26\%^{\circ}\text{C} * (-10-25^{\circ}\text{C}) = \underline{+9,1\%}$$

$$\begin{aligned} U_{oc} &= V_{oc} * V_{oc}(-10^{\circ}\text{C}) * \text{modulszám} = \\ &= 1,091 * 14 * 41,6\text{V} = \mathbf{634,8\text{V}} \end{aligned}$$

+70°C esetén:

$$V_{oc} = -0,26\%^{\circ}\text{C} * (70^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = \mathbf{-11,7\%}$$

$$\begin{aligned} U_{oc} &= V_{oc} * V_{oc}(-45^{\circ}\text{C}) * \text{modulszám} = \\ &= 0,883 * 14 * 41,6\text{V} = \mathbf{514,25\text{V}} \end{aligned}$$

Az inverter teljes teljesítmény feszültségtartománya: 480 V ~ 800V, a számítások szerint a két szélsőséges hőmérsékleti tartományban (-10°C - +70°C) sem lépjük túl az inverter feszültség tartományát, emiatt nem várható a rendszer leállása.

5.1.2 A modulsor áramának változása a hőmérsékletváltozás függvényében

-10°C esetén

$$I_{sc} = +0,04\%^{\circ}\text{C} * (-10^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = \mathbf{-1,4\%}$$

$$I_{sc} = I_{sc} * I_{sc}(-10^{\circ}\text{C}) = -0,014 * 11,45 = \mathbf{-0,16\text{A}}$$

+70°C esetén

$$I_{sc} = +0,04\%^{\circ}\text{C} * (70^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = \mathbf{+1,8\%}$$

$$I_{sc} = I_{sc} * I_{sc}(45^{\circ}\text{C}) = +0,018 * 11,45 = \mathbf{+0,2\text{A}}$$

Tanulmányaink során már megtapasztaltuk, hogy a napelem panelek hőmérsékletváltozása során a panelek feszültségének hőfokfüggése sokkal nagyobb százaléku, mint az áramé.

6. A kábelezés és védelmi eszközök kiválasztása

A DC oldali kábelek kiválasztása nagy körültekintést igényel. Számomra mindenképpen fontos információ tartalmat a kábelgyártók a kábelek adatlapján megadják számunkra. Mivel a DC oldali kábelezés a tetőszerkezeten az éghajlati és egyéb külső viszonyoknak legjobban kitett részek közé tartozik (napsugárzás, eső, hó, fagy, hőmérsékletváltozás, savas közeg), emiatt nagyon fontos, hogy a kábel megfelelő tartósságú és tűrésű legyen. A kiválasztás során az alábbi szempontokat veszem figyelembe:

- névleges feszültség
- megengedett áramerősség
- környezeti hőmérséklet
- külső és belső szigetelés anyaga
 - magas kopásállóság
 - magas hőmérséklet tűrés
 - önkijólló legyen a kábel
 - UV és ózonálló

6.1 A DC oldali kábel kiválasztása

A panel kiosztásból kitudom számolni az egyes modulsorok áramát és feszültségét. Az előző fejezetben láthattuk, hogy a modulsorok maximális üresjárási feszültsége 619,2V, míg a solar kábelben folyó áram munkaponti áram 21,78A. A méretezéshez tehát ezt a két értéket vesszük figyelembe. A százalékos feszültségesést (ε) figyelembe véve (1%), kiszámítjuk a megengedett feszültségesést.

$$U'e = \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U}{2}$$

$$U'e = \frac{\varepsilon}{100} * \frac{619,2 \text{ V}}{2} = 3,096 \text{ V}$$

A vezetékhez szükséges keresztmetszet, a terhelő áram, a vezeték hossza, fajlagos ellenállása és a megengedett feszültségesésből számítható.

$$A = \frac{\rho}{U'e} * I * l$$

A =Szükséges keresztmetszet [mm²]

U'_e =A megengedett feszültségesés [3,096V]

ρ =réz fajlagos ellenállása [$0,0167(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m})$]

I =terhelő áram [A]

l = A vezeték hossza [m]

$$A = \frac{0,0167}{3,096} * 21,78 * 25 = 2,93 \text{ mm}^2$$

Így egy méretben nagyobb keresztmetszetű 6 mm² solar kábelt választok. (5. számú melléklet). A kábel kiválasztásánál az **MSZ EN 62305-5-52** szabvány **B.52-3** táblázatának **B1.**-es sora alapján a kábel terhelhetősége 54A. (6. számú melléklet). A fenti adatok szerint 1x6 mm² solar kábel kötegelve felületre rögzítve is 44 A-ig. terhelhető. A DC oldali kábel csatlakoztatása MC4-es csatlakozóval valósul meg. (7.sz. melléklet)

6.2 A DC oldali biztosító betét kiválasztása

A DC oldali biztosíték kiválasztásához kiszámoljuk a modulsorokban előforduló legnagyobb zárlati áramot biztonsági tényezővel korrigálva, valamint megadjuk a DC oldali feszültség maximumát (1000V). A DC oldalhoz csak DC oldali elemeket szabad használni, DC oldali biztosíték foglalatral DC oldali biztosíték kiválasztása szükséges.

A, B és C munkaponton

$$I_{scmax} = I_{sc} * I_{scstc}$$

$$I_{scmax} = I_{sc} * I_{scstc} = 1,25 * 22,9 = \mathbf{28,625 \text{ A}}$$

Biztonsági tényezővel korrigálva:

$$1,1 * I_{scmax} = 1,1 * 28,625 \text{ A} = 31,48 \text{ A.}$$

$$I_z > 1,25 * 22,9 = 28,625 \text{ A} > \text{megfelelő}$$

A választandó biztosító betét tehát: **gPV 30A.**

Az egyenáramú oldalhoz választott olvadó betét foglalatja:

Jellemzői:

Gyártó:	Eaton
Típus:	CHPV1U
Feszültség maximális értéke:	1000 VDC
Áram maximális értéke:	30 A
P disszipáció maximuma:	3 W
Szélesség:	18 mm
Kompatibilitás sinhez:	EN-60715
Alkalmazható biztosíték mérete:	10 x 38 mm

6.1 ábra.

A biztosító foglalat főbb adatai



6.2 a.b ábra.

A biztosító betét foglalat(a)³

Az olvadó biztosító (b)⁴

A biztosító aljzathoz választott 30A-es solar olvadó biztosító betét.

³<https://www.newegg.com/bussmann-hp10m30-test-equipment/p/2YK-01WW-000M2>

⁴https://solar.kte.hu/termek/villamos-vedelem/termek/eaton-bussmann@-olvado-betet-foglalat/category_pathway-22

Jellemzői:

Gyártó:	Mersen
Típus:	HP10M30
Karakterisztika:	gPV
Méret:	10 x 38 mm
Áram:	30A
Maximális rendszer feszültség:	1000V DC

6.3 ábra.

A biztosító betét főbb adatai

A fenti termékeket az alábbi linken található katalógusból választottam.

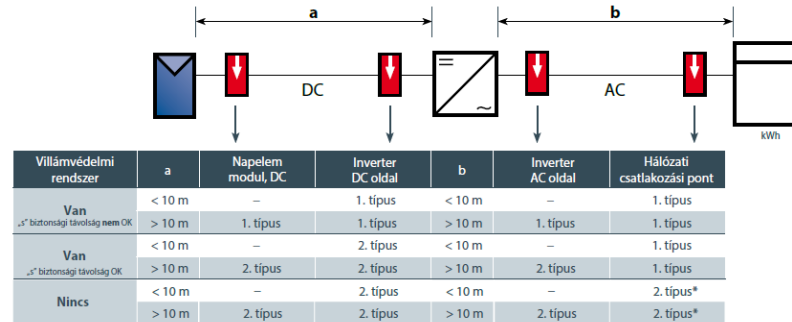
(https://solar.kte.hu/termek/villamos-vedelem/termek/eaton-bussmann®-olvado-betet-foglalat/category_pathway-22)

6.3 A DC oldali túlfeszültségvédelem kiválasztása

A DC oldali túlfeszültségvédelem kiválasztásához a DEHN.hu honlapján található tervezési kiválasztási mátrixot alkalmazom, mely iránymutatást ad mind a villámvédelem mind pedig a villámvédelem nélküli épület napelemes rendszer túlfeszültségvédelmének kiválasztásához. Így a gyártó ajánlott típusát fogom kiválasztani. Az épület rendelkezik normaszabvány szerinti villámvédelmi rendszerrel, ahol a biztonsági „s” távolság nem tartható. (8. számú melléklet, 9 számú melléklet).

Túlfeszültség-védelem kiválasztása

"a" távolság: napelem modul – inverter
 "b" távolság: inverter – hálózati tápellátás



*Abban az esetben 1. típusú túlfeszültség-védelmi készüléket kell választani, ha a villamosenergia-ellátás szabadvezetékes csatlakozású vagy van antenna a tetőn vagy ha az előbb említett feltételek valamelyike teljesül a szomszédos épületekre, illetve ha a szomszédos épületek valamelyikén van villámvédelmi rendszer kialakítva.

Napelem / inverter DC oldal 1. típus**		Inverter AC oldal 1. típus		Hálózati csatlakozási pont 1. típus	
Típus	Cikksz.	Típus	Cikksz.	Típus	Cikksz.
DCB YPV SCI 600	900 060	DSH TNC 255	941 300	DV M TNC 255	951 300
DCB YPV SCI 600 FM	900 065	DSH TNS 255	941 400	DV M TNC 255 FM	951 305
DCB YPV SCI 1000	900 061	DSH TT 255	941 310	DV M TNS 255	951 400
DCB YPV SCI 1000 FM	900 066			DV M TNS 255 FM	951 405
DCB YPV SCI 1500	900 062			DV M TT 255	951 310
DCB YPV SCI 1500 FM	900 067			DV M TT 255 FM	951 315

6.4 ábra⁵

Dehn kiválasztási mátrix

A mátrix szerint a DC oldalon 1. típusú túlfeszültségvédelmi eszközt szükséges elhelyezni (10. számú melléklet).

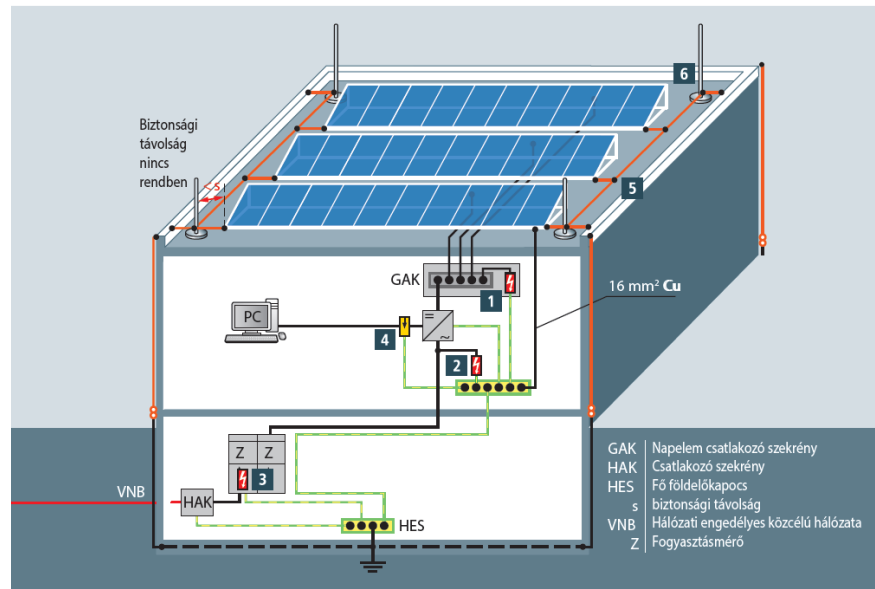
Gyártó:		DEHN DCB YPV SCI 1000 FM (T1+T2)	
Maximális DC oldali feszültség:		1000V	
Névleges levezetőképesség:		15kA	
Maximális levezetőképesség:		30kA	
Zárlati szilárdság:		1 kA	

6.5 ábra.

A DC oldali túlfeszültségvédelem főbb adatai

⁵ www.dehn.hu/sites/default/files/media/files/pv_selectionmatrix-hu_v2.pdf

Fontos megjegyezni, hogy a tartópanelek fém szerkezetét szükséges a villámvédelmi felfogókkal potenciálkiegyenlítés céljából 1x16 MKH zöld sárga vezetékkel összekötni arra megfelelő minősített kötőelemmel (pl. Dehn UNI földelőkapoccsal), mellyel a kontakt korróziót tudjuk elkerülni.

6.6 ábra⁶

Dehn védelmi javaslat

6.4 Az AC oldali kábel kiválasztása

Az inverter az iskola felső szintjén a gépészeti helyiségben lesz elhelyezve és innét táplál bele a villamos főelosztó inverter leágazásába. Az AC oldali kábel kiválasztásakor a kábel védőcsőben lesz elhelyezve és 25 m-t halad míg elér az elosztóba.

Az AC oldal kábel méretezése:

A $P_{\max}=30\text{kW}$

A szakaszt $l=25\text{m}$

$$I = \frac{P_e}{U_n \cdot \sqrt{3}} \cdot 1000 = \frac{30\text{kW}}{400 \cdot 1,73} \cdot 1000 = 43,4 \text{ A}$$

⁶ www.dehn.hu/sites/default/files/media/files/wp018_hu_pv_system_roof_lq.pdf

A csatlakozó vezetéken jelentkező maximális méretezési áram

$$I_m = 43,4 \text{ A}$$

Méretezési áram: $I_m = 43,4 \text{ A}$

$A = 16 \text{ mm}^2$ Cu terhelhetőség $I_t = 62 \text{ A}$

Az **MSZ EN 62305-5-52** szabvány **B.52-4** táblázatának **B2.**-es sora.

(11. sz. melléklet).

Választott vezeték típus: H05VV-F 5x16mm²

Ellenőrzés feszültségesésre:

Méretezési áram: $I_m = 43,4 \text{ A}$

Nyomvonalhossz: 25 m

$$\epsilon = \frac{\rho * I * l}{A} = \frac{0,0175 * 43,4 * 25}{16} = 1,18 \text{ V}$$

Számított feszültségesés százalékban:

$$\epsilon = \frac{\epsilon * \sqrt{3}}{0,75 * 400} * 100 = \frac{1,18 \text{ V} * 1,73}{300} * 100 = 0,68\%$$

$$\epsilon = 0,68\%$$

Az AC oldali kábelezést falon kívül vevőcsövekben kell végezni. A vezetékkötés szabványos villamos kötődobozokban történik.

6.4.1 Az AC oldali túláramvédelem kiválasztása

A túláramvédelmi kioldószervnek B típusú 50A-es 4 pólusú kismegszakítót, az AC oldali leválasztáshoz C típusú 4 pólusú 63A-es kismegszakító kerül elhelyezésre. (12. sz. melléklet).

6.4.2 Az AC oldali túlfeszültségvédelem kiválasztása

Az AC oldali túlfeszültségvédelem kiválasztásához hasonlóan a DC oldalhoz a DEHN.hu honlapján található tervezési kiválasztási mátrixot alkalmazom. Így a gyártó ajánlott típusát fogom kiválasztani.

Az épület rendelkezik norma szerinti villámvédelmi rendszerrel, ahol a biztonsági „s” távolság nem tartható. Az s biztonsági távolság számítását a 8. számú melléklet tartalmazza.

Így a mátrix szerint a DC oldalon 1. típusú túlfeszültségvédelmi eszközt szükséges elhelyezni. Az AC oldal túlfeszültségvédelmi berendezésnek a DC-hoz hasonlóan szintén T+T2 típusút kell választani.

A választott típus: DEHN DSH TNS 255.

Gyártó: DEHN DSH TNS 255	
Maximális tartós feszültség:	255 V AC
Névleges levezetőképesség:	12,5 kA
Maximális levezetőképesség:	50kA
Zárlati szilárdság:	25 kA
Előtét biztosíték:	160A

6.6 ábra.

Az AC oldali túlfeszültségvédelem főbb adatai

6.5 Az inverter DC oldalát leválasztó tűzeseti kapcsoló kiválasztása

A DC oldalon 3 modulsor fog 3 munkaponton keresztül csatlakozni az inverterhez (A,B,C). A napelemek kiosztását az egyvonalas NE-01 tervlap szerint kell szerelni (13. számú melléklet). A tűzeseti leválasztókapcsoló működtetését a bejárat közelében elhelyezett leválasztó kapcsolóval lehetséges. Az inverter a napelemek 10 m-es körzetén kívül helyezkedik el, ezért külön DC távleválasztót kell elhelyezni a TVMI vonatkozó része szerint. A tűzeseti leválasztáshoz alkalmas készüléket több gyártó közül a Santon cégcsoport termékét választottam, mely közvetlenül a napelemes mező közelében szakítja meg a DC oldali áramkört.

Az AC oldali leválasztás automatikus, a tűzeseti leválasztást követően az inverter érzékeli a hálózati oldal megszűnését és automatikusan lekapcsolja kimenetét. (14. sz. melléklet).

6.6 Inverter berendezés védelmét biztosító eszköz beállítási értékei

(HMKE előírás***)

A fentebb már kiválasztott eszközök mellett, az E.ON területén az alább beállítási értékekre kell az invertereket paraméterezni:

Feszültségcsökkenési védelem ($0,7U_n - 1U_n$):	$0,7 U_n * 5 \text{ min}^{**}$
Feszültségnövekedési védelem ($1U_n - 1,15U_n$):	$1,1 U_n * 1 \text{ min}^{**}$
Frekvenciacsökkenési védelem (47Hz - 50Hz):	$47,5 \text{ Hz} * 10 \text{ s}^{**}$
Frekvencianövekedési védelem (50Hz - 52Hz):	$51,5 \text{ Hz} * 10 \text{ s}^{**}$
Frekvenciafüggő teljesítmény szabályozó küszöbfrekvencia (50,2Hz – 52Hz):	50,2 Hz
Teljesítményszabályozás meredeksége:	40 %
Hálózatra kapcsolódás késleltetése (0,5min – 5min):	5 min
*beállítási érték	
**késleltetés értéke	

*** Készült az E.On háztartási méretű kiserőmű „Csatlakozási dokumentáció kivonat”- alapján.

Az egyvonalas kapcsolási rajzot a 13. számú melléklet tartalmazza

7. Érintésvédelem

Az alkalmazott érintésvédelem:

TN-S rendszer, védő egyenpotenciálra hozó hálózattal kiegészítve.

Az E-ON és a felhasználó hálózatának TN-C/TN-S határpontjain kell PEN vezető külön választását elvégezni. A PE és az N- vezetők szétválasztásuk után már nem összeköthetők! Az épületben védő egyenpotenciálra hozó hálózatot kell kialakítani (MSZ HD 60364-5-54 :2012)

A védő egyenpotenciálra hozó hálózatba be kell kötni az MSZ HD 60364-4-41:2018 szabvány 411.3.1.2. pontjai szerint:

A földelővezetőt, a fő földelő kapcsolót vagy – sínt, és az alábbi vezetőképes elemeket az összes épületre vonatkoztatva:

- minden közüzemi vezetéket mely idegen potenciált tud bevinni. (pl. gázcső, fém vízcső);
- a hozzáférhető fém gépészeti csöveket, (fűtés és légtechnika)
- ha az épület vasbeton, akkor annak épületszerkezeti fém részeit, ha ezek hozzáférhetőek, a távközlési kábelek fémköpenyeit , egyeztetve a szolgáltatók elvárásaival, előírásaival

Az épület belépési pontján kell a kívülről érkező érintett vezetőképes részeket bekötni lehetőleg minél közelebb a belépési ponthoz.

- minden villamos fogyasztó védővezetőjét,
- az EPH miatt kialakított összes mesterségesen kialakított földelést
- a külső villámvédelmi berendezés földelését (amelyik legközelebb esik)
- túlfeszültségvédelmi eszközök
- fém épületszerkezeti elemek (gép, épületszerkezet részek) amik:

- kiterjedése 5 m-nél nagyobb vízszintesen, vagy
- adott épület magasságánál nagyobb olyan fém csővezetékek melyek nincsenek elszigetelve villamosan
- fémkádák

A védő egyenpotenciálú összekötéshez használt, és a fő földelő kapcsolhoz vagy – sínhez csatlakozó védő összekötő vezetők keresztmetszete nem lehet kisebb:

- Cu 6 mm²-nél, vagy
- Al 16 mm²-nél, vagy
- acél használata esetén 50 mm²-nél.
- sugárasan bekötendő vezeték keresztmetszete: 4 mm² Cu

Nem lehet használni védővezetőnek: fémköpenyű vízcsöveket, éghető gázokat vagy folyadékokat tartalmazó csöveket, mechanikai igénybevételnek kitett épületszerkezeti elemeket, kábel- tálcát, -létrát és olyan elemeket melyeket nem erre a célra terveztek.

8. A panelek újrahasznosításának lehetősége

Fontos dolog, amit kevesen vesznek figyelembe, hogy a napelemek előállításuk során felhasznált villamos energia, kémiai anyagok majd az életsiklus végén keletkező szennyező anyagok szintén környezet károsítóak. Komolyabb vizsgálatok alapján a zöld energia kissé sötétzöld lehet még ha a laikusok számára úgy tűnik, hogy ennek a technológiának csak pozitív oldalai vannak.

Az energia mellyel szilícium rudakat növesztünk, akár szénérőműben termelt villamos energiával is készülhet. Az anyagok életsiklusa végén felmerül az újrahasznosítás kérdése, mely még nem jár csúcson és valószínűleg komoly fejtörést fog okozni a jövő szakembereinek, méghozzá nem is a távoli jövőben.

A lent ismertetett anyagban próbáltam átfogó képet adni a teljesség igénye nélkül a napelem modulok újra hasznosításáról. Az anyag elkészítése során külföldi és hazai tanulmányokat, cikkeket dolgoztam fel.

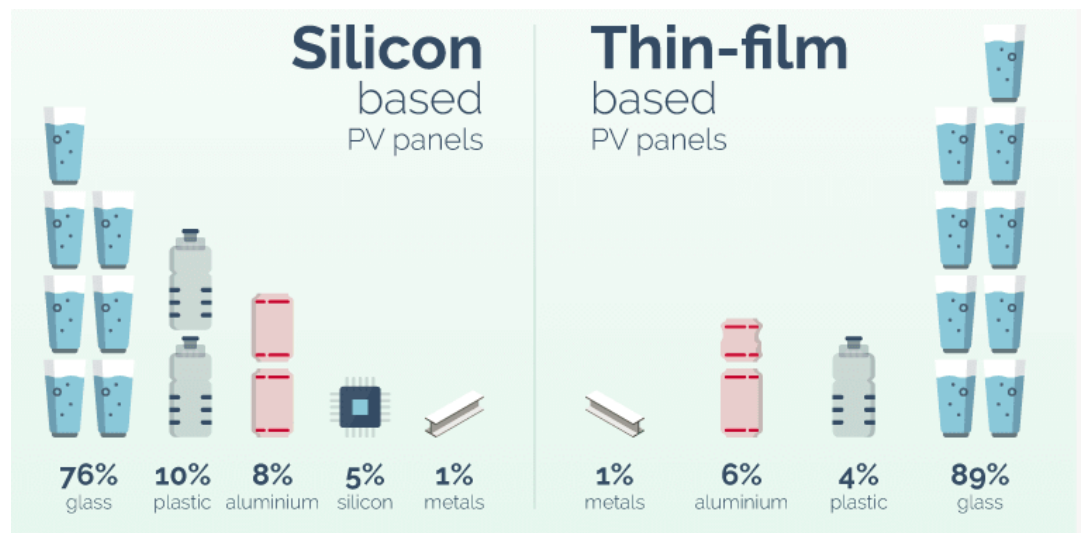
A napelemek átlagos élettartama körülbelül 20 év, ami valójába 35-40 évig is kitolható. Amit most láthatunk, hogy a 2020,2021-es években ugrásszerűen megnövekedett napelemek létesítésének az élettartama legkorábban 2040-2050-körül fog a végéhez közeledni.

Az újrafeldolgozás költsége manapság még jóval magasabb, mint ha tiszta új anyagot állítanánk elő, ráadásul az újrahasznosított anyagokminősége nem vetekszik a „friss” anyagokéval.

A napelemek legnagyobb százalékban tartalmaznak üveget, ezután következnek a polimer, alumínium majd a jóval kisebb százalékot jelentő egyéb fémek (Si,Cu, Pb stb.) Az ólom és az ón, ha a talajba és a talajvízbe szivárog egészségügyi és környezeti problémákat okoz, ezzel szemben a réz, az ezüst és a szilícium értékes lehetőséget kínál a hatékony visszanyerés esetén.

8.1 Az újrahasznosításról

Az újrahasznosítás az anyagok összegyűjtésének és kezelésének és feldolgozásának a folyamataként határozható meg, hogy új termékként újra felhasználható legyen, ahelyett, hogy szemétként kidobnák őket. A hulladékkezelés lehet fizikai (például aprítás), kémiai (például elégetés) és biológiai (például anaerob emésztő). Az újrafeldolgozásnak számos előnye van, például a természeti erőforrások megőrzése, a hulladéklerakókba és hulladékégetőkbe juttatott hulladék mennyiségének csökkentése, a szennyezés megelőzése és ezáltal a környezet védelme, energiatakarékosság és a zöldebb technológiák fejlődésének ösztönzése, értékes nyersanyagok szállítása az ipar számára és ezáltal az anyagcsökkentés termelési költségek, a gazdaság támogatása és biztonságának növelése, a gyártás támogatása és új munkalehetőségek megteremtése. Ezenkívül az újrafeldolgozás és a hulladék újra felhasználásának arányának növelése új anyagok és termékek előállításához vezet, és ezáltal új alkalmazásokat és piacokat teremt ezen anyagok számára.



8.1 ábra⁷

A panelek anyagösszetételei

⁷ <https://www.zoldpolc.hu/muanyagfajtak-es-szelektiv-gyujtesuk>

A modulok értékes anyagai közül a szilícium nyújtja a legjobb lehetőséget, mivel a napelemekből kinyerve a lítium-ion akkumulátorokban újra felhasználható. A fenti képen látszik, hogy a különböző panelek mely arányban tartalmaznak nyersanyagokat a hulladékfeldolgozás szempontjából.

Jól látható, hogy a legnagyobb részt típustól függetlenül tartalmazzuk:

- üveget (76-89%)
- alumíniumot (8%)
- műanyagot (4-10%)
- szilíciumot (5%)
- egyéb fém réz (1%)

A fenti anyagok újra hasznosítására több megoldást dolgoztak ki. Jelenleg azonban az újra hasznosítást nem lehet gazdasági szempontból kedvezőnek tekinteni.

Az alumínium keret eltávolítása után 100% -ban újra felhasználható.

Az üveg leválasztása után 95% -ban újra felhasználható.

A szilícium ostyák maratása és olvasztása után 85% -ban újra felhasználható.

8.2 Az üveg újrahasznosítása

Az üveghulladék szinte 100%-ban újrahasznosítható. A viszonylag egyszerű szétszerelési folyamatnak köszönhetően a tiszta üveg akár közvetlenül is újrahasznosítható.

Az üveg újrahasznosítás viszonylag környezet kímélő megoldás, ez olvasztást jelent, mellyel újra üvegpalackokat és egyéb termékeket tudunk előállítani.

Az olvasztás mint technológia, nagy energia megtakarításával jár. A panelek üvegét letisztítják megújízzák és szétválogatják.

A legelső lépésben megtisztítják az őrleményt, majd a nagyobb fémtárgyakat kiválogatják egy mágnes segítségével, a maradék fémrészecskéket nagynyomású levegővel fújatják ki. A tisztított őrleményt forró levegővel megszárazítják. A szárított üveg őrleményből kinyerésre kerül az alumínium.



8.2 ábra⁸

Az újra hasznosításra előkészített darált üveg

A következő lépésben az őrleményt bekeverik a tiszta nyersanyaghoz, amiből újabb üvegpalackokat, valamint síküveget készítenek. A másik újrahasznosítási mód, az építőipari alkalmazás. Az őrleményt különböző anyagokkal összekeverik, melyet közvetlenül útalapba, hőszigetelésként felhabosítva, esetleg dekoratív célokra alkalmaznak (üvegbeton).

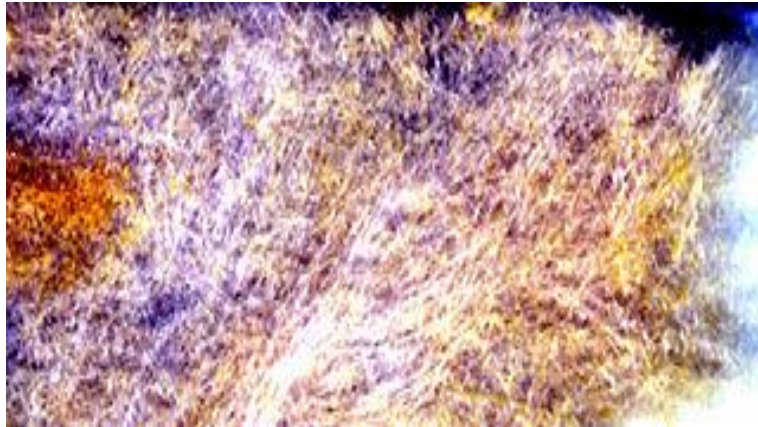


8.3 ábra⁹

Az üvegbeton (magyar szabadalom)

⁸ <https://bestmachinery.hu/uveghulladek-feldolgozasa-cogelme-uvegaprito-rendszerrel>

⁹ <https://avilagititkai.com/articles/view/magyarok-talalmanya-a-fenyatereszto-beton-az-egesz-vilagot-meghodithatja>

8.4 ábra¹⁰

Az üveg hőszigetelésként történő felhasználása (üveggyapot)

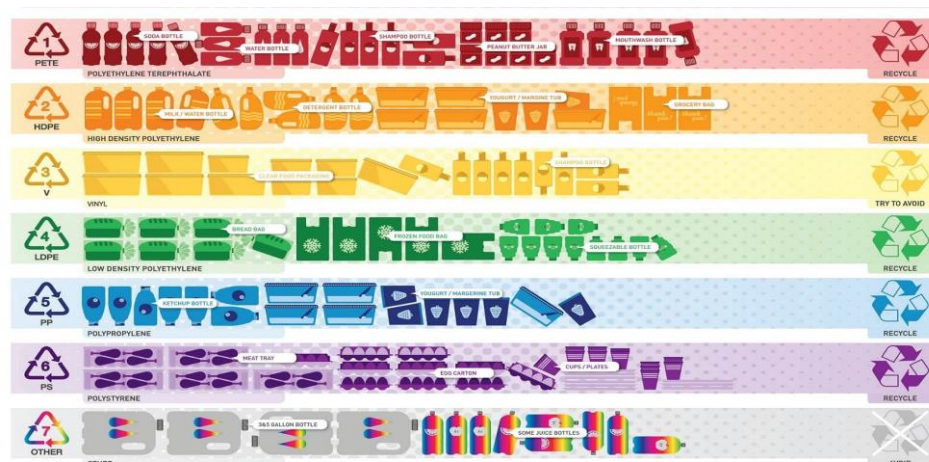
8.3 A műanyag újrahasznosítása

A panelek tokozása során (EVA-t) használnak az etilén és a vinil-acetát kopolimerje.

A forrásmunka keresése közben nagyon kevés anyagot találtam az EVA újra hasznosításáról. Az egyik legnagyobb tévhit, hogy minden típusú műanyag hulladék újrahasznosítható. Bár a műanyagok külsőre hasonlóan nézhetnek ki, kémiai szerkezetük és alapanyaguk nagyban különbözik. A plasztikfajták között léteznek olyanok is, amelyeket nem lehet szelektíven gyűjteni - és ezáltal újra hasznosítani sem.

A műanyagok keletkezésük alapján 1-7-ig terjedő besorolást kapnak:

¹⁰ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Üveggyapot>

8.5 ábra¹¹

A műanyagok újra hasznosítását segítő besoroló táblázat

Jelenleg az etilén-vinil-acetát kopolimer (EVA) újrahasznosítási aránya általában nagyon alacsony. Az újrahasznosító EVA habgyártó vállalatok szintén nagyon kevesen vannak. A probléma megoldásához szükséges az EVA hab újrahasznosítása. [3.]

Az anyag leválasztása után gyakorlatilag darálékot készítenek belőle, majd az anyag habosítása után kerül vissza az iparba. Itt jegyezném meg, hogy a habszivacs papucs esetében könnyű helyzetben vagyunk, de a panelekről meglehetősen nehéz az anyagot leválasztani.

A folyamatba fektetett energia nem minden esetben térül meg.

8.4 Az alumínium újrahasznosítása

A panelek oldalát képező keret alumíniumból készül, mechanikai leválasztás után szinte 100 %-ban újrahasznosítható.

Az alumínium hulladék újrahasznosítása jelentős gazdasági érdek, nagyon magas: közel 95 % energiát tudunk megtakarítani az újrahasznosításával. A folyamatot végtelenségig tudjuk minőség béli romlás nélkül megismételni.

¹¹ <https://www.zoldpolc.hu/muanyagfajtak-es-szelektiv-gyujtesuk>

A feldolgozás során először szétválogatják az anyagot amit összepréselésnek majd megőrölnék.

A megtisztított alumínium darálékot beolvasztják és új nyers rudakat öntenek belőle.

Az ipar számára a felhasznált alumínium 20%-át a hulladék adja. A hasznosított anyagot kettő csoportba sorolhatjuk: kovácsolt ötvözet és öntött ötvözet. Mérlegelendő még az is hogy, az elsődleges alumínium előállításakor rengeteg vörös iszap keletkezik, melyeknek az elhelyezése még a mai napig nem megoldott Magyarországon.



8.6 ábra¹²

A kész alumínium tömbök megmunkálásra várva

¹² <https://www.martinmetals.eu/otvoztlen-primer-femek>

8.5 A szilícium újrahasznosítása

A napelem panelek legértékesebb részei, melynek kinyerése nem egyszerű feladat egy indiai mérnöki intézet tudósai új hő alapú pirolízis folyamatot fejlesztettek ki az életciklusuk végére érő napelem panelek szilíciumtartalmának feldolgozására.

A pirolízis a szerves anyagok hő hatására bekövetkező bomlása. Erre rendszerint szélsőségesen magas hőmérséklet mellett és oxigén elvonásával kerül sor. „A folyadékágyas reaktorban zajló pirolízis a legjobb technika az olyan ipari léptékű újrahasznosítás folyamathoz, amely finom homokrészecskéket foglal magában, ezek a magas hőmérséklet hatására gyakorlatilag folyadékként viselkednek” – ismertették a kutatók. Az etilén-vinil-acetát (EVA) réteg és a hátsó bevonatok elpárolognak, amikor a modulok lapkáit a folyadékká alakított homokra helyezik. [5.]

A pirolízist követően mind az összetört, mind az ép lapkák kémiai maratási folyamaton esnek át, hogy visszanyerjék a tiszta szilícium lapkákat a szilícium-alapú napelem cellákból. Az ezüst feloldása salétromsav (HNO_3) segítségével történik, és utána visszanyerik a felesleges savat. Az alumíniumréteg és az n illetve p csatlakozókat is különböző savakra épülő megoldásokkal nyerik vissza. „A visszanyert szilícium tisztasága jórészt a savak töménységétől és az optimális hőmérsékleti feltételektől függ” – állítják a tudósok, és hozzátették, hogy az össze nem tört lapkákat újrahasznosítják új napelemcellák gyártásához, míg a törötteket nyersanyagként adagolják az új szilíciumtömbök létrehozása során. [6.]

Az a tény, hogy a hasznosítandó napelemek száma a következő két évtizedben gyarapodni fog, komoly kihívás elé állítja a szakembereket. Bízva abban, hogy feldolgozásuk a technológia és az ipar számára nem fog különösebb nehézséget okozni, megnyugtathatja a kétkedőket is, hogy érdemes a szolár energiatermelő egységek mellett továbbra is kitartani.

9. Összefoglalás

Az általam készített szakdolgozatban bemutattam egy 30kW-os napelem rendszer létesítését egy konkrét létesítményen keresztül: egy óvodára telepítendő HMKE rendszert méreteztem. A dolgozat első felében röviden ismertettem a napelemek felépítését, működését, valamint a jelenlegi HMKE-rendszerekhez kötődő engedélyezési eljárás rendet az E.ON területén.

A dolgozat második részében meghatároztam a kiválasztott építmény HMKE rendszer méretét, majd ezek szerint a beépítésre kerülő eszközök kiválasztását és műszaki paramétereit.

Végül a felhasznált anyagok életciklusának végén történő újra hasznosítását ismertettem.

10. Summary

In this thesis I would like to present the creation of a 30kW-os solar cell system through an actual construction: I will dimension a single HSPP (household size power plant) to be installed on the roof of a nursery.

In the first part I introduce the setup and functionality of the solar panels, then describe the permitting process of the current HSPP system in the E.ON-operated area.

In the second part I specify the parameters of the HSPP for the selected building followed by the selection of the necessary devices with detailed specifications.

In conclusion I explain the recycling of the materials used until the end of their product cycle.

11.Felhasznált irodalom

- [1] Mészáros L., Schottner K., (2015). Megújuló energiatermelő rendszerek, elérhető: <https://docplayer.hu/808728-Megujulo-energiatermelo-rendszerek-napelemes-eromuvek.html> (olvasva: 2021.02.05)
- [2.] Ism. (2014) (olvasva: 2021.03.05)
<http://www.magazix.hu/mi-tortenik-az-uveggel-utazas-az-ujrahasznositas-vilagaban/>
- [3.] Emiliano Bellini (2020)
<https://www.pv-magazine.com/2020/12/01/new-process-to-recover-pet-and-eva-from-recycled-solar-panels/> (olvasva: 2021.05.14)
- [4.] Ism, (olvasva: 2021.04.12)
<https://karisszabadi.hu/sites/default/files/11.%20A%20femek%20ujrahasznositasa.pdf>
- [5.] Shadia J. Ikhmayies (2020) (olvasva: 2021.03.05)
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-020-04218-0>
- [6.] Tom Schoder (2020) (olvasva: 2021.03.18)
<https://www.cedgreentech.com/article/can-solar-panels-be-recycled>

12.Mellékletek

- 1 számú melléklet: Adott földrajzi helyhez tartozó elhelyezés
- 2 számú melléklet: Adott elrendezéshez tartozó besugárzási érték
3. számú melléklet: Napelem adatlapja
4. számú melléklet: Inverter adatlapja
5. számú melléklet: DC kábel adatlap és teljesítmény nyilatkozat
6. számú melléklet: Az **MSZ EN 62305-5-52 B.52-3** táblázata
7. számú melléklet: MC4-es csatlakozó (fénykép)
8. számú melléklet: Veszélyes megközelítés számítása
9. számú melléklet: Villámvédelmi felfogórendszer és napelem rendszer elhelyezési terve
10. számú melléklet: DCB YPV SCI 1000 FM túlfeszültségvédelmi készülék adatlapja
11. számú melléklet: Az **MSZ EN 62305-5-52 B.52-4** táblázata
12. számú melléklet: AC oldali kismegszakító termékadatlapja
13. számú melléklet: Egyvonalas kapcsolási rajz
14. számú melléklet: Santon tűzeseti leválasztó kapcsoló adatlapja