

SZAKDOLGOZAT

Hallgató neve: Zilahi Balázs Gergő

ÉV: 2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Létesítményenergetikai szakmérnök szakirányú
továbbképzési szak

A DOLGOZAT CÍME:
Naperőművi méretezés Ipari létesítmények energia
optimalizálásához

Belső konzulens: Név: **Dr. Szabó Márta**
beosztás: Egyetemi Docens

Belső konzulens
intézete/tanszéke: Épületgépészeti és
Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Név: **Libor János**
beosztás: Ügyvezető

Készítette: Név: **Zilahi Balázs Gergő**

MŰSZAKI INTÉZET
Létesítményenergetikai szakmérnök szakirányú továbbképzési Szak

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Zilahy Balázs Gergő

részére

A szakdolgozat címe:

Naperőművi méretezés Ipari létesítmények energia optimalizálásához

Feladatkiírás:

A szakdolgozat keretén belül tekintse át a napelemes rendszereket.
Méretezzen napenergiás rendszert egy adott ipari létesítményhez.
Készítse el az üzleti tervet.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Libor János ügyvezető

Belső konzulens: Dr. Szabó Márta, MATE, Műszaki Intézet

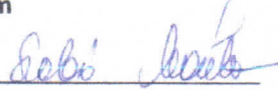
A dolgozat beadási határideje: 2024. év április hó 22. nap

Kelt: Gödöllő, 2024. év március hó 07. nap

Jóváhagyom

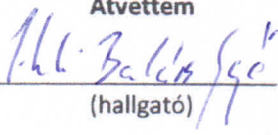


(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

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

Kelt: Budapest, 2024. év április hó 17. nap



(külső konzulens)

Tartalomjegyzék:

1.	Bevezető.....	3
2.	Mi a napelem:.....	3
2.1	Típusok	4
2.1.1	Monokristályos napelempanel.....	4
2.1.2	Polikristályos panel.....	4
2.1.3	Vékony rétegű panel	4
2.1.4	Hybrid napelem	5
2.2	Tartószerkezetek	6
3.	Inverter:.....	7
3.1	Mi az inverter	7
3.2	Működése.....	7
4.	Napelemes rendszerek:.....	8
4.1	lakossági:	9
4.2	ipari létesítmények és naperőművek:.....	10
5.	Napenergia tárolása	10
5.1	akkumulátor	10
5.2	hidrogéncella.....	11
5.3	egyéb alternatíva.....	12
6.	Tervezés:.....	13
6.1	Elméleti rész	15
6.2	Szabvány és jogszabály előírások:	16
6.3	Tervezési előzmények	18
6.4	Napelemes rendszer kialakításának lépései adott projekten	19
6.5	Energia mérleg.....	19
6.6	Engedélyeztetés	20
6.7	Tervezés.....	22
7.	Üzleti terv:	35

7.1	Koncepció	35
7.2	Kivitelezés.....	40
8.	BREEAM minősítés	42
9.	Befejezés és összegzés	45
10.	Conclusion and Summary.....	46
11.	Irodalom jegyzék	48

1. Bevezető

Napjaink legfontosabb kérdése az energia és annak felhasználási módja. Eszközeink, gyáraink és a mindennapi közlekedés nagy része már elektromos áram felhasználásával üzemel. Mivel társadalmunk energia igényei mára nem tarthatók fel csupán fosszilis, nem megújuló energia révén társadalmunk és technikai fejlődésünk teret nyer magának a megújuló energia, valamint az energia hatékonyság terén. Szakdolgozatom jelen korunk egyik úttörőjéről, a napenergiáról, valamint annak felhasználásáról készül, melyet egy jelenleg is készülő ipari létesítményen keresztül kívánok bemutatni. A dolgozat célja bemutatni mi is a napelem, mily módon lehet felhasználni, milyen előnyei és hátrányai vannak, valamint Magyarországon jelenleg milyen módon lehet engedélyeztetni, valamint a hálózatra rácsatlakoztatni.

2. Mi a napelem:

Mai viszonylatban használt napelemes rendszerek felépítése a következő, adott egy műanyag borítás, rajta egy nagy tisztaságú szilícium cellákból felépített panel és ezen egy edzett üveglap. A napelem paneleket sorosan felfűzik, a panelen kialakított csatlakozási pontok segítségével majd ezen panelek leadott teljesítményét összegyűjti egy inverter, ami átalakítja a napból felvett energiát, ami végül továbbításra kerül a hálózatra. A következő fejezetekben ezt a leegyszerűsített rendszert fogom részletezni, valamint bemutatni felhasználási területeit és kialakítási formáit.

Napelem esetén hatékonyságot befolyásoló tényezők:

- por és pizok
- évszakok
- elhelyezkedés
- hőmérséklet
- árnyékhata
- besugárzási tényező
- panelek tájolása

Egy panelre rávetített magyarázat alapján a legjobb hatásfokkal az a panel rendelkezik, amely tiszta felületen, nyári időszakban, minél közelebb az egyenlítőhöz, átlagosan 21°C-os hőmérsékleten üzemel, a panelre árnyék nem vetül, 90° éri el a nap sugara és dél felé van tájolva. Természetesen ilyen ideális állapotot nem lehet, vagy nagyon magas költségekkel tud kialakítani jelenleg bármilyen felhasználó. Magyarországon jelenleg A déli tájolás javasolt, 1,5-es felhő tényező mellett 1.000W besugárzás éri merőlegesen a napelemet és 25°C-os átlaghőmérsékletet feltételezünk.

2.1 Típusok

2.1.1 Monokristályos napelempanel

A mono, azaz egy kristályos napelem, ami egy szilícium tömbből van kialakítva. A panelek gyártása során ezeket a tömböket osztják fel egyenlő részekre.

A paneltípus előnyei:

- legjobb hatásfokkal rendelkezik kb. 15-20%
- direkt napsugárzást jól tud hasznosítani
- panel előállításának technológiája napjainkra igen hatékony

Paneltípus hátrányai:

- felhősebb időben csökken a teljesítmény
- amennyiben a panel magasabb hőfokon üzemel, csökken a teljesítmény
- érzékeny a dőlésszögre, valamint a tájolásra

2.1.2 Polikristályos panel

Gyártása során több szilícium tömbből van kialakítva, a tömbök összekötését ónszalaggal valósítják meg.

Panel típus előnyei:

- olcsó előállítás
- szórt fényt jó hatásfokkal tudja hasznosítani

Paneltípus hátrányai

- direkt napsugárzást nem megfelelően hasznosítja
- hatásfoka alacsonyabb 13-18%

2.1.3 Vékony rétegű panel

Vékony rétegű vagy amorf panel. Jelen esetben is szilíciumból készül a felület, de itt gőzöléses technológiával, rendkívül vékony rétegeket hoznak létre.

Paneltípus előnyei:

- tájolásra kevésbé érzékeny
- felülete alakítható így felhasználási módja több
- előállítási költsége alacsonyabb
- nem érzékeny a forró éghajlatra

Paneltípus hátrányai:

- kisebb hatásfokkal üzemel
- kristályos panelekhez viszonyítva nagyobb felületen tudja ugyan azt a hatásfokot elérni
- élettartama kisebb

2.1.4 Hybrid napelem

A hibrid napelemes rendszerek legfontosabb jellemzője, hogy egyidejűleg termel napenergiából származó villamos energiát és melegvizet. A napelemes panel mögött folyadékot keringetünk, ami ezáltal felmelegszik. Mivel a folyadék hőt von el a paneltől, így annak hűtése megoldott és a panel teljesítménye nem csökken.

Paneltípus előnyei:

- Ugyanazon a felületen több energiát termel
- Nincs teljesítmény csökkenés, mert a panel nem tud túlhevülni
- Két rendszerbe tud energiát termelni

Paneltípus hátrányai:

- A rendszer bonyolultságából adódóan nagyobb a hiba lehetősége
- Gyártása költségesebb



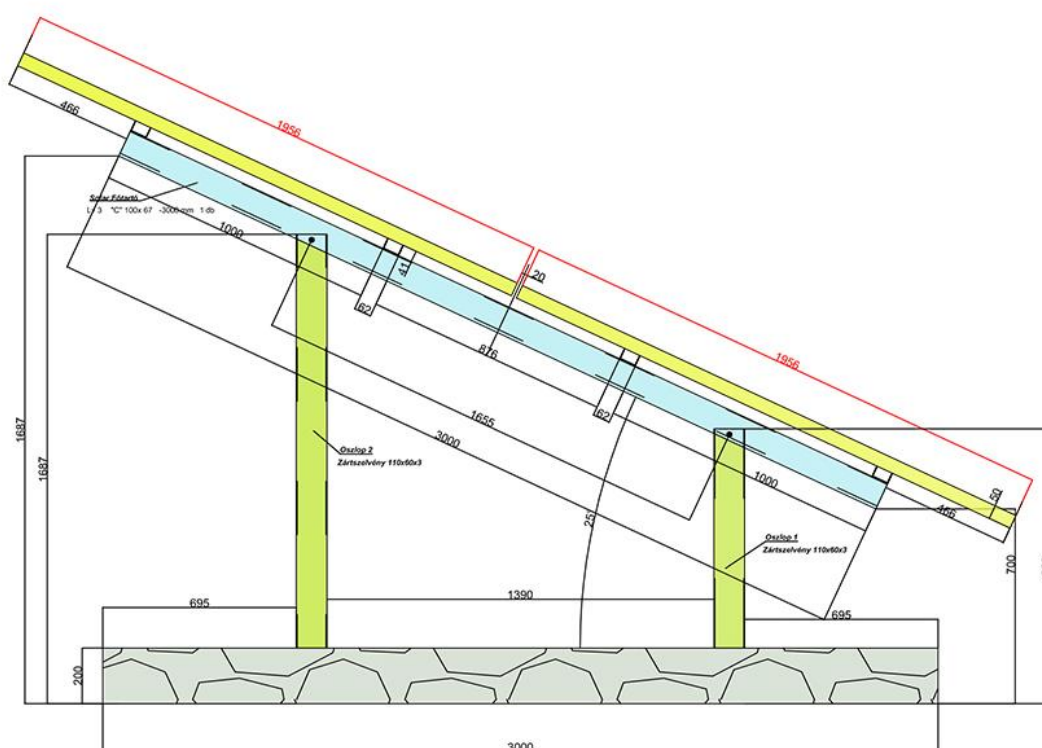
1. ábra Panel típusok (Forrás: <https://www.eu-solar.hu>)

2.2 Tartószerkezetek

Minden napelemes rendszer fontos eleme a tartószerkezet. A tartószerkezet határozza meg, milyen módon van telepítve egy rendszer, milyen beesési szöggel érkezik a panel felületére a napsugárzás és a rendszer telepítése során igen magas költséget képvisel.

A tartószerkezet lehet ferde tetőre kialakított, tető kampókkal ellátott sínes rendszer, földre telepített, talajcsavarral rögzített önálló tartószerkezet és lapos-, vagy lemeztetős kivitelre épített tartószerkezet.

A tartószerkezet feladata elsősorban a panelek rögzítése adott felületre, a szögek beállítása a beeső sugarakhoz viszonyítva, ennek előnye, hogy közel bármilyen felületen megoldható a közel optimális beesési szög. A felülettől való eltartással a panel mögötti felhevült légréteg természetes úton átszellőztethető. Ez szükséges, mert a panelek hatásfoka csökken a panel hőmérsékletének megnövekedésével. A talajcsavaros és kampós megoldások esetében a rögzítés csavaros kötással megoldott, viszont nagy felületen telepített (ipari létesítmények, nagyobb lapostetők vagy lemeztetők) esetében számolni kell a szélhatással. A rendszer stabilitása érdekében, ilyen esetekben, súlyozást alkalmazunk. Ennek előnye, hogy a rendszer stabil lesz, hátránya, hogy a tető statikailag nagyobb terhelést fog kapni.



2. ábra Napelemes panel tartószerkezet (Forrás: <https://pellerdsun.com/muszaki-tartalom>)

3. Inverter:

A napelemes rendszerek által termelt energia DC (egyenáram) formájában kerül rá a hálózatra a panel után közvetlenül. Mivel az energia ezen formáját nem tudjuk hasznosítani közvetlenül így úgynevezett átalakítót, azaz invertert kell alkalmaznunk, ami a DC elektromos energiát átalakítja AC (váltakozóáramú) villamos energiává. Ez lehetővé teszi, hogy a napelemes rendszer által termelt energiát fel tudjuk használni közvetlen az eszközeinken vagy a kereskedelmi hálózaton.

3.1 Mi az inverter

A napelemes inverter tehát mindennapi eszközeink és közhálózatunk számára is felhasználható energiává alakítja a napelem által megtermelt energiát. Az inverter főbb feladatai:

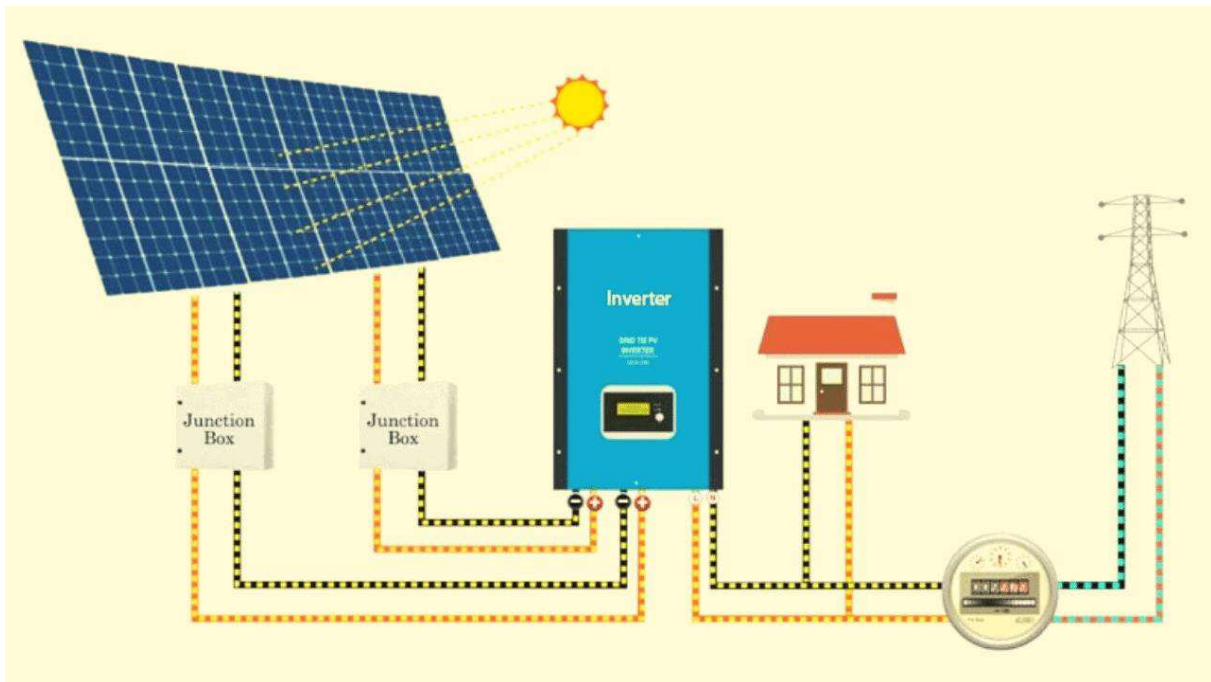
- **DC-AC átalakítás:** az inverter átalakítja a napelemek által megtermelt egyenáramot váltakozóárammá.
- **Maximális teljesítmény kinyerése:** az inverternek a lehető legoptimálisabb módon kell a kinyert energiát hasznosítania, ami erősen függ a napsugárzástól és az időjárástól. Az inverter feladata a körülmények változásaira a leggyorsabban reagálni és a lehető legnagyobb hatásfokot elérni.
- **Monitoring és adatszolgáltatás:** napjaink legfontosabb feladata a folyamatos kontroll adatok alapján. A piacon jelenleg kapható inverterek zöme képes a rendszer aktuális állapotát bemutatni, a kinyert energiát optimalizálni és akár beavatkozás is végrehajtható vagy automatikusan vagy manuálisan.
- **Biztonság:** az inverterek feladata a hálózat irányába az elsődleges védelem ellátása. Minden inverternek kell tartalmaznia DC és AC oldali túlfeszültség védelmet, valamint leválasztási lehetőséget és rövidzár elleni védelmet is.

3.2 Működése

Az inverter alapvető funkcióját korábban már tárgyaltuk, hogy DC-AC átalakítást végez, de ezen átalakítás során az alábbi lépések szükségesek:

- **Bemeneti DC áram:** A napelem panelben elhelyezett félvezetők napfény hatására egyenáramot hoznak létre és az inverterbe bekötött úgynevezett stringeken (sorosan egymás után kötött napelem panelek) keresztül eljut az egyenáram az inverterbe.
- **MPPT vagy Maximum Power Point Tracker:** egy optimalizáló egység, ami folyamatosan figyeli a napelemek teljesítményét és azok teljesítmény függvényében a lehető legjobb hatásfokot próbálja elérni, adott fényviszonyok között.
- **DC-AC átalakítás:** az inverterben található áramkörök szerepe az, hogy az egyenáramú (DC) energiát váltakozóáramú (AC) energiává alakítsák. Ehhez az inverter használ egy nagyfrekvenciás tranzisztormeghajtó áramkört, amely a DC bemeneti energiát egy olyan hullámformává alakítja, amely hasonlít a hagyományos váltakozó áramhoz.

- **Kimeneti AC oldali áram:** a már átalakított váltakozó áram itt lép ki a már felhasználható formájában a hálózatra. A korábban már említett monitorozási és biztonsági, valamint védelmi eszközök is itt találhatók.



3. ábra Inverteres rendszer működése (Forrás: <https://napelemtanacsok.hu/napelemes-rendszer-reszei-mukodese>)

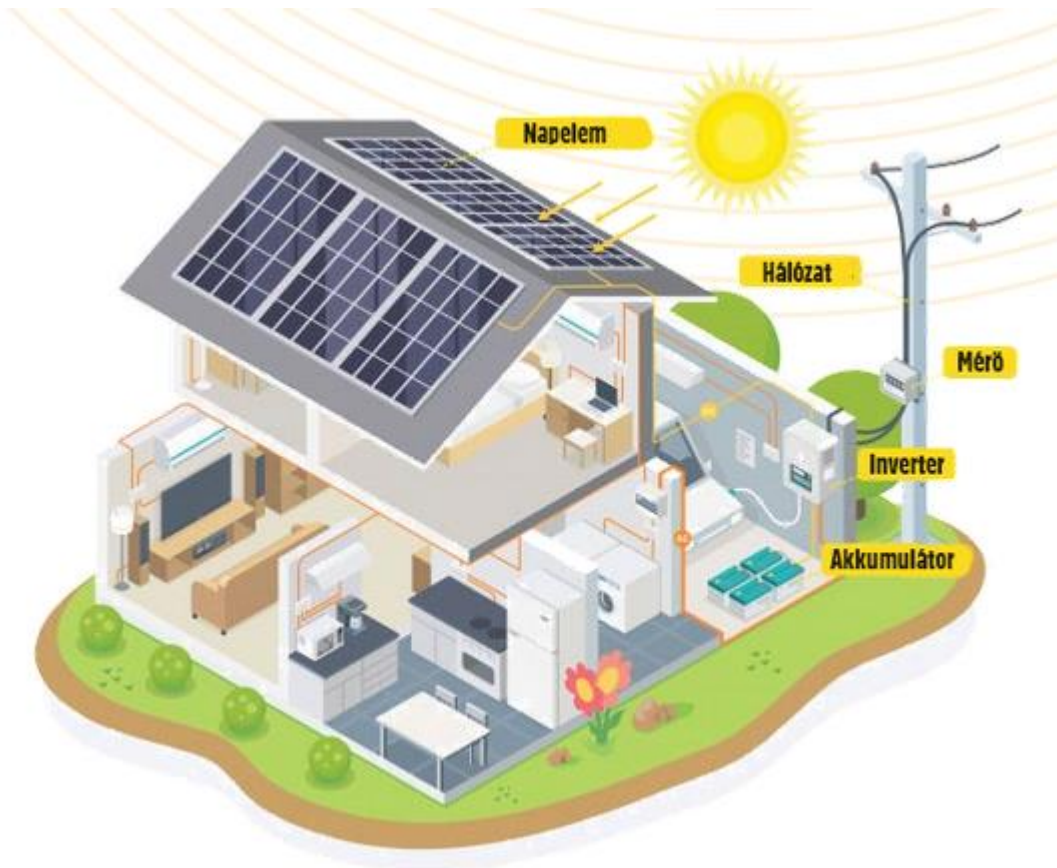
Az inverterek alapvető funkciói és átalakítási folyamatai ezek volnának, de pár olyan szempontot is figyelembe kell venni, amik közvetlen műszaki felépítésüket nem befolyásolják. Elengedhetetlen, hogy minden invertert csak szakember építhet be, fontos, hogy betartsuk minden aktuális előírását és típus engedélyezési elvárását az adott terület hálózati szolgáltatójának. Fontos figyelembe venni az inverterek elhelyezését, érdemes naptól és esőtől elhatárolt helyen kialakítani, aminek van természetes vagy mesterségesen kialakított szellőztetése, ugyanis az inverter igen érzékeny a magas hőre, illetve a magas hőingadozásra. Nem utolsó sorban pedig fontos, hogy az inverter méretezése megfelelő legyen, bár az inverterek egy 10-20% közötti túlterhelést képesek lekezelni az eszköz meghibásodása nélkül, fontos szempont a megfelelő teljesítményű inverter kiválasztása a tervezés során.

4. Napelemes rendszerek:

A napelemes rendszer elemeit korábbiakban megtárgyaltuk, most rendszerszinten felépített alkalmazásukról esik pár szó. Lakossági szinten megemlíjtük a napelemes rendszer hálózatra kapcsolt fázis alapon történő csatlakozását. Megkülönböztetünk egy fázisú és három fázisú rendszert. Egy fázis esetén a szolgáltató komoly megkötéseket alkalmaz, egyfázisú termelő egység jelenleg Magyarországon csak 2,5 kVA-ig telepíthető. Három fázis esetén inkább az inverter és annak üzemmódja az, ami megkülönbözteti a rendszert.

Szigetüzemről beszélünk abban az esetben, ha a napelemes rendszer és a hozzá tartozó inverter semmilyen módon nincs rácsatlakoztatva a közüzemi hálózatra. A megtermelt energia egy a rendszerhez méretezett akkumulátor telepet tölt és a rendszerre kapcsolt fogyasztók erről az energia tárolóról vannak megtáplálva.

Hibrid napelemes rendszerről beszélünk akkor, ha a megtermelt energiát eltároljuk akkumulátorokban viszont a közüzemi hálózatra is rá van kötve a rendszer. Ezen megoldás esetén az inverter szoftvere menedzseli, a felhasználó beállított paramétereinek alapján, hogy az energiát a fogyasztók, mikor és hogyan használják.



4. ábra Napelemes rendszer koncepció (Forrás: <https://www.yuxtaenergy.hu>)

4.1 lakossági:

Lakossági szinten jelenleg két féle rendszerről beszélhetünk. Az egyik a jelenleg is közüzemi hálózatra energiát vissza tápláló rendszer, a másik pedig a hálózatra vissza nem tápláló rendszer, melyet egy úgynevezett vissz watt rendszerrel ellátott, úgymond korlátozott rendszer. Az újonnan megjelent hibrid rendszerek Magyarországon még új engedélyezési típusnak számítanak, jelenleg is átalakulásban lévő rendszer végleges és pontosan szabályozott kialakítása még nincs. Lakosság esetében általában 10-30kVA-es rendszerről beszélünk, három fázisú rákötéssel általában déli vagy kelet-nyugati tájolású panelekkel.

4.2 ipari létesítmények és naperőművek:

A napelemes rendszerek felépítése és rendszertехnikai elemei ugyan azok, ami változik a rendszer méretének növekedésével az a hálózatra való kapcsolási mód, valamint a kapacitás.

Ipari létesítmények energia felhasználásának csökkentése esetén már 50 kVA feletti de még 500kVA alatti (kiserőmű) rendszereket létesítéstünk. A rendszert ezen esetben telepíthetjük az ingatlan tetejére vagy ha az ingatlan területén elegendő a hely, akkor a földi telepítés is megvalósítható. Napjainkban a helyhiány és a jogszabályok által előírt zöld felület megmaradása építési helyen igen fontos így a napelemes rendszerek egyik új megoldási módja, hogy a parkolókat telepítik be napelemmel. Ebben az esetben egy olyan tartószerkezetet telepítünk, amely alatt elférnek a személygépkocsik és a szerkezet tetejére telepítjük a paneleket.

Naperőművek esetén már mind tervezés mind engedélyezés szintjén más eljárásról beszélünk. Az erőmű szintű napelemes rendszerek már MW-os teljesítmény szinten hasznosítanak napenergiát. Előnye a rendszernek, hogy árnyékosabb vagy borúsabb napokon is jelentős energiát termel, valamint a nap gyakorlatilag, amíg létezik az energiaforrás is elérhető. Hátránya a rendszernek, hogy beruházási költsége magas, valamint jelentős környezet terhelési hatása van. Itt alapvetően a szükséges helyigény és a szükséges beruházási, egyéb, rendszerek kiépítését értjük. Erőművi szinten már a hálózatra való kapcsolás is bonyolultabb, a rendszer stringjei és inverterei egyből transzformátorok, úgynevezett BHTR-ek (beton házas transzformátor állomás) érkezik. Az ide beérkezett egyenáram már középfeszültségű váltakozó árammá lesz átalakítva, amit egyből egy alállomásra továbbítunk és nagyfeszültségre (100kV) feltranszformálunk és a nagyfeszültségű hálózaton továbbítjuk.

5. Napenergia tárolása

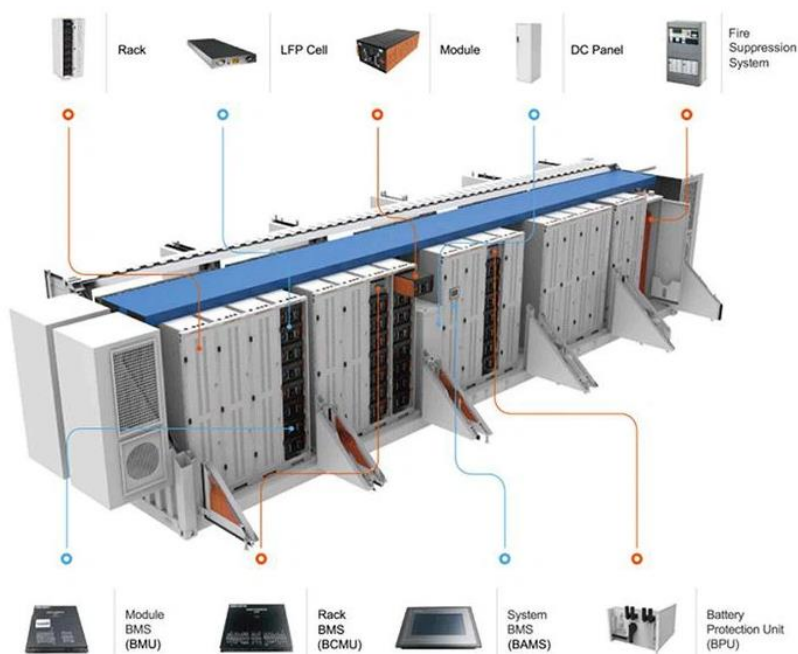
Napelemes rendszerek esetében, amennyiben nem megoldható a közüzemi hálózatra való visszatáplálás, érdemes a rendszerben megtermelt energiát eltárolni. Mivel a tárolási módszerek napjainkban korlátozottak mind helyhiány mind költségek figyelembevétele miatt, így ezen rendszerek napjainkban is komoly fejlesztések alatt állnak.

5.1 akkumulátor

Az egyik napjainkban is elterjedt tárolási mód az akkumulátoros energia tárolás. Kisebb rendszerek esetében az akkumulátorok tárolási kapacitását hozzá igazítjuk a fogyasztók energiafogyasztásának mértékéhez. Itt meg kell határozni, hogy milyen külön-külön meglévő fogyasztóink vannak. Amikor azok összes teljesítményét és energia igényét meghatároztuk (energia mérleg) jöhet az akkumulátor telepek méretezése. A rendszer elején el kell dönteni, hogy 12V vagy 24V-os rendszerű akkumulátorokat használunk, ez azért fontos, mert az akkumulátorokat az inverter fogja vezérelni a későbbiekben és az inverter kiválasztása után a két rendszer feszültségszintje között nincs átmenet. Amennyiben a rendszer mérete és fogyasztóinak száma nagy mértékű akkor a rendszer méretét két dolog befolyásolhatja, a

felhasználó számára szükséges áthidalási idő, valamint az akkumulátorok számára kialakítható hely.

Ipari rendszerek energiatárolói napjainkban zárt konténerekkel vannak megvalósítva. A tárolók megfelelnek az előírt szabványoknak és egyéb tűz és biztonságvédelmi előírásoknak. A konténer tartalmazza az akkumulátorok elhelyezéséhez szükséges tartószerkezeteket, szellőztetéséhez szükséges gépészetet, hűtő és fűtő klímaegységet a belső hőmérséklet optimális kialakításához. Tartalmazza a vezetékösszeköttetéshez szükséges átvezetéseket és a belső rendszer vezérlőegységeit.



5. ábra Akkumulátoros tároló, konténeres kivitel (Forrás: <https://www.sunpalsys.com>)

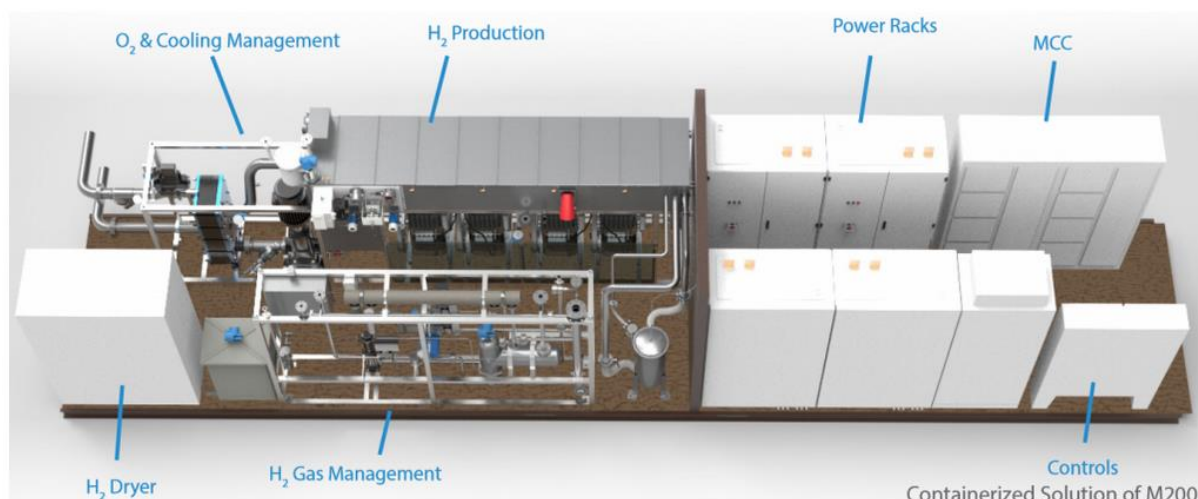
5.2 hidrogéncella

Említés szintjén érdemes megemlíteni a hidrogén cellás energia tárolást. A technológia jelenleg nem engedheti meg, hogy bármely általános területen felhasználható legyen, de technikai szempontból a közeljövő egyik meghatározó energia tárolási módja lehet. Jelen írásban csak a „Zöld Hidrogén” és annak is a napelemes rendszerekkel való előállítását említem meg.

A zöld hidrogén olyan energia tároló, ami csak megújuló energiák által előállított hidrogén. Napelemes rendszerek esetén a nap energiájából nyert villamos árammal vizet bontanak elektrolízissel hidrogénre és oxigénre a hidrogént ezek után cseppfolyósítják és így tárolják esetlegesen szállítják. A hidrogént a későbbiek folyamán égetéssel hővé és villamos energiává vissza lehet alakítani.

Sajnos a technológia ezen formája igen alacsony közel 4%-os hatásfokkal tud csak hidrogént előállítani. Hátránya a technológiának a magas költségek mind kiépítés mind üzemeltetés

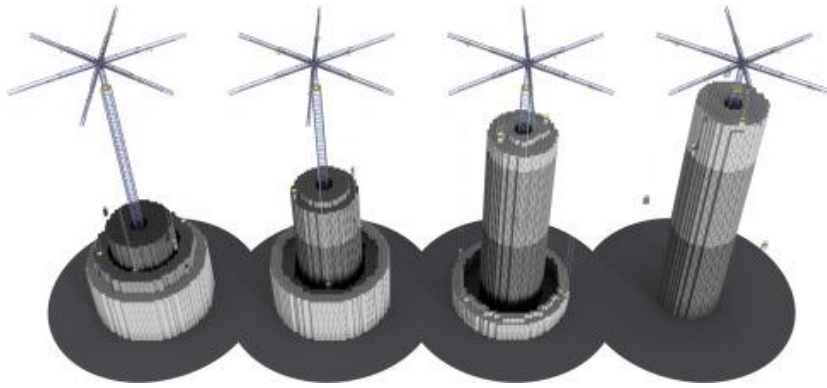
szempontjából. A technológia továbbá igen tűz és robbanás veszélyes, így a szükséges biztonsági előírások és technológiai utasítások sem engedik a rendszer elterjedését.



6. ábra Elektrolizáló rendszer, konténeres kialakításban - Proton Onside (Forrás: <https://www.hfc-hungary.org/elektrolizis>)

5.3 egyéb alternatíva

Az energia tárolás egyéb megoldási módja lehet napjainkban az, hogy az azonnal fel nem használható megtermelt energiát egy fizikai rendszer megemelésével vagy átalakításával tároljuk el. Az elvi felépítés, hogy a fel nem használt energia megmozgat egy emelő rendszert és felemelünk egy súlyt, a súly rögzítésre kerül, vagyis „tárol” és amikor szükséges az energia visszanyerése a súlyt elengedik és a rendszer alaphelyzetre visszaállása közben egy generátor mozgatásával a befektetett energiát visszanyerjük. Mivel jelenleg a technológia még fejlesztés alatt áll így a pontos hatásfok és használhatóságról még nem áll rendelkezésre elegendő adat, valamint maga a rendszer is igen helyigényes. Lokálisan építményekkel lehet megoldani a gravitációs energia tárolást, globálisan pedig bányák átalakításával tervezik a rendszereket kiépíteni.

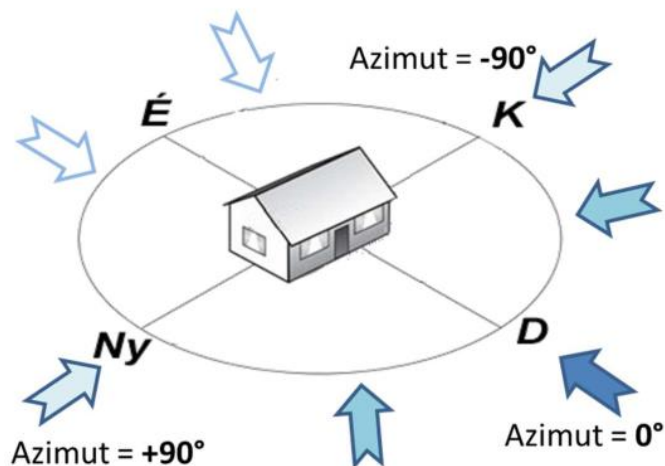


7. ábra Gravitációs tároló koncepció terv (Forrás: <https://www.linkedin.com/pulse/overview-different-battery-storage-technologies-nick-lusson>)

6. Tervezés:

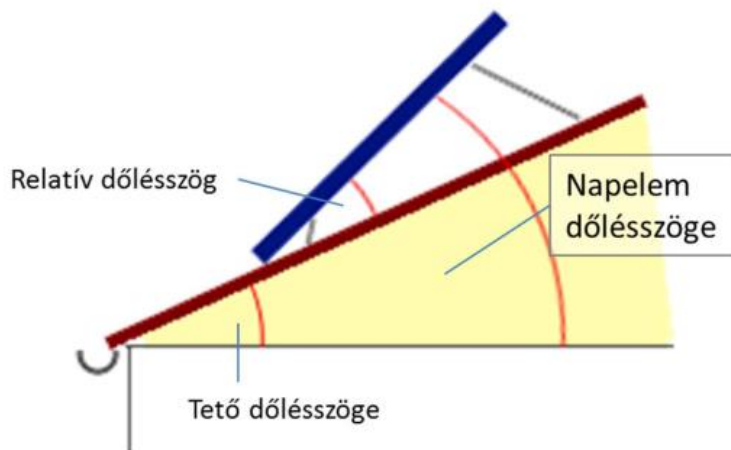
Az szakdolgozat témáját tekintve napenergia felhasználásával történő energiatermelés és az ehhez tartozó rendszer tervezését részletezem majd a következőkben. Általánosan hazánk területén a napsütéses órák száma 1750 és 2050 óra között alakul. A napenergia hasznosítás szempontjából optimálisan a déli tájolású panelek a legjobbak, amik 30-40 fokos dőlésszöggel vannak beállítva. Ennek a beállításnak az átlagos beérkezett energia hozama körülbelül 1400-1500 kWh/m² energiát jelent.

A napelemes rendszerek akkor érik el a legjobb hatásfokot, ha a felületre merőlegesen érkezik be a napsugár, itt a legtöbb a besugárzás és a legkisebb a visszaverődés. Ezt a szöget nevezzük Azimutnak vagy Azimut-szögnek, ez a tájolás mutatja meg, hogy milyen mértékű az ideális Déli tájoláshoz képest az eltérés fokában.



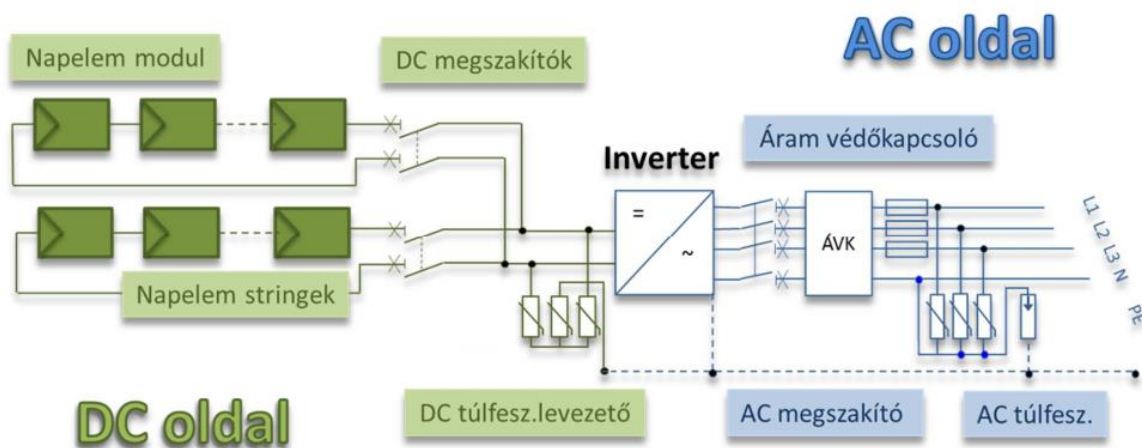
8. ábra Tájolás (Forrás: Magyar Mérnöki Kamara - Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez)

A napelem panel dőlésszögét minden esetben a vízszinteshez kell viszonyítani. A dőlésszög a fény beérkezési szögének a meghatározásához kell, tehát a modul tényleges dőlésszögének a meghatározásánál nem az adott felületet relatív szögét határozzuk meg, hanem az abszolút dőlésszöget. Tájolás és dőlésszög meghatározáshoz tervezés esetén egy napelemes rendszer korong diagrammot tudunk segítségül venni.



9. ábra Panel dőlés szögek (Forrás: Magyar Mérnöki Kamara - Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez)

Napelemes rendszer villamos berendezéseinek létesítési követelményei jelenleg a MSZ HD 60364-7-712:2016 Kisfeszültségű villamos berendezések. 7-712. rész: Különleges berendezésekre vagy helyekre vonatkozó követelmények. Napelemes (PV-) rendszerek ICS: 27.160 Napenergia; 91.140.50 Villamosenergia-ellátó rendszerek szabvány tartalmazza.



10. ábra Napelemes rendszer elvi kapcsolási sémája (Forrás: Magyar Mérnöki Kamara - Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez)

6.1 Elméleti rész

DC oldali rendszerelemek és védelmeik követelményei:

A szabvány szerint amennyiben a rendszerelemek elviselik az $1,35 \cdot I_{sc}$ áramot (I_{sc} – zárlati áram) nem kell a DC oldalon védelmet kialakítani. A napelemeket az adatlapok alapján külön kell vizsgálni. Ökölszabály, hogy 2 string párhuzamos kapcsolásakor nem kell DC oldali védelmi készülék. 3 string esetén számítást kell végezni. 4 string esetén védelmi készülék szükséges. Üzemzavar miatt kialakuló polaritás megfordulás léphet fel a stringeken így Polaritás- érzéketlen panelvédelmet kell alkalmazni.

A napelemek sorban vannak kötve ezáltal feszültségeik összeadódnak. A feszültség szint mértékét változtatja a környezeti hőmérséklet így minden esetben figyelni kell a $U_{oc\ max}$ -ra ($U_{oc\ max}$ – legnagyobb üresjárás feszültség). A rendszernél figyelembe kell venni, hogy egyenárammal dolgozunk, a rendszerelemeket úgy kell kiválasztani minden esetben, hogy a kapcsoláskor nincsen null-átmenet, tehát hiba esetén létrejövő ív esetén az ívoltás nehezebb. Olyan készülékeket, szerelvényeket, sorkapcsokat válasszunk, melyek egyenáramra és PV specifikus rendszerekhez vannak kifejlesztve.

Munkaponti tartomány:

Az inverterek folyamatosan figyelik a rendszer teljesítését az inverterre jellemző áram és feszültség munkaponti tartományain belül. Az inverterek minden pillanatban a rendszer villamos teljesítése alapján az MPPT –vel (Maximum Power Point Tracker) a maximális teljesítmény pontot követik (MPP – Maximum Power Point) és szabályozzák a konverziójukat.

Inverter jellemzők, Munkapont figyelés és optimalizálás:

Minden rendszer, amennyiben több stringből áll, figyelni kell a minden egyes kör időszaki teljesítményére. Abban az esetben, ha az egyes stringek teljesítménye eltérő a többi string paramétereitől, akkor az inverternek tudnia kell kezelni adott helyzeteket. Az eltérő teljesítmények adódhatnak időszakos árnyékhatastól, eltérő tájolásból adódó időszakos besugárzási különbségekből. Az optimális hozam elérése tervezési kérdés, ha a napelem-mező vagy mezők közel azonos mértékben termelnek, akkor elegendő olyan invertert betervezni a rendszerbe, amelyek egy darab munkapont követővel (MPPT) rendelkeznek. Amennyiben viszont a mezők nem tudnak azonos szinten energiát termelni egyidejűleg, abban az esetben több munkapont követővel rendelkező rendszert kell alkalmazni.

6.2 Szabvány és jogszabály előírások:

MSZ HD 60364 7-712:2016 főbb pontjai:

- A PV-szerkezeteket az egyenáramú oldalon feszültség alatt állónak kell tekinteni még akkor is. Ha a rendszer le van kapcsolva a váltakozó áramú oldalról (712.41)
- DC oldalon védelem céljából a környezet elszigetelésén vagy a földetlen helyi egyenpotenciálú összekötésen alapuló védelmi módok alkalmazása tilos (712.413.3 és .4)
- A kábeleztést úgy kell kialakítani, hogy a vezetőhurkok területét a lehető legkisebb legyen (712.444.4.4)
- A szerkezeteket úgy kell szerelni, hogy elősegítse a biztonságos karbantartást, szervizmunkát (712.513.1)
- Kábeleket és vezetékeket úgy kell kiválasztani és szerelni, hogy a földzárlat és rövidzárlat kockázata minimális legyen (712.522)
- Kábel- és vezetékrendszerek legyenek ellenállóak a várható külső hatásokkal, széllel, jegesedéssel, hőmérséklettel és napsugárzással szemben (712.522.8.3)
- PV inverter karbantartásra leválasztó eszközöket kell beépíteni a DC és az AC oldalára is (712.536.2.1.1)
- PV inverter DC oldalára szakaszoló-kapcsolót kell beépíteni (712.536.2.2.5)
- Minden kötődobozra figyelmeztető feliratot kell elhelyezni, hogy az aktív részek a PV inverterről leválasztás után is feszültség alatt maradhatnak (712.536.2.2.5.1)

Jogszabályi előírások:

Energiatermelő rendszerek típusai

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

- Erőműnek minősül az 500 kVA-nál nagyobb, de 50 MW-nál kisebb teljesítményű erőmű

Jelen szakdolgozat egy 4MW-os rendszer tervezési, méretezési és beruházási részletezését tartalmazza, így a rendszer kiserőműnek minősül.

Napelemes rendszer tervezésének lépései:

A tárgyi napelemes rendszer kialakítása vegyes, a panelek egy trapézlemez ferdetetőre kerülnek telepítésre, amelyet inverterekkel összegyűjtünk és az épület homlokzatán levezetve egy BHTR állomáson egyből KÖF hálózatra táplálunk be.

1. BHTR – Betonházas transzformátor állomás felépítése:
 - KÖF helyiség
 - Transzformátor kamra
 - Kisfeszültségű és installációs helyiség
2. Fogyasztás mérő szekrény:

A fogyasztás mérés a hálózati leágazási ponton lesz kialakítva. A jelen jogszabályoknak megfelelően a napelemes rendszert el kell látni egy vissz-watt védelemmel, melynek műszaki jelentősége, hogy a hálózatra vissza nem lehet táplálni a megtermelt energiát.
3. Elhelyezés:

Mind a paneleket mind a BHTR állomást pozícionálni kell. A panelek kiosztásánál a tetőre felkerülő gépészet és további előírások által meghatározott védőtávolságok betartását kell szem előtt tartani. A földön telepített BHTR esetében pedig a közművek és egyéb az épülethez tartozó kiszolgáló létesítmények pozíciója fogja meghatározni az állomás helyzetét.
4. Villámvédelem és földelés:

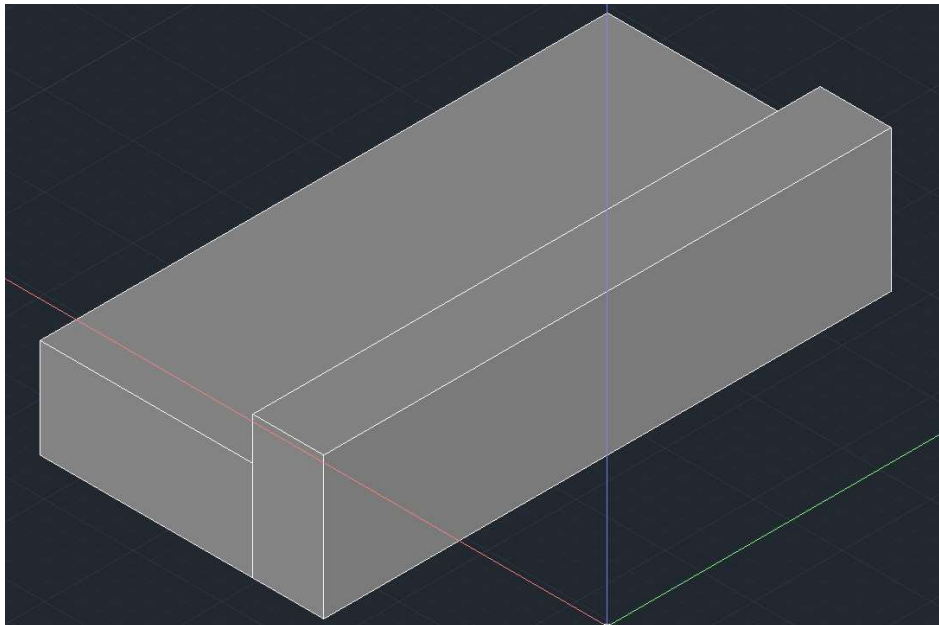
Mivel az épületnek van már alpból villámvédelme és földelése, így az ehhez tartozó szabvány szerinti kialakítást kell már csak megtervezni.
5. Stringek méretezése és panel mennyiségek meghatározása.

Tetőfelületen lévő elhelyezések alapján meg tudjuk határozni a panelek mennyiségét és ki lehet alakítani egy szükséges szting számot az így kialakult teljesítményekhez tudunk választani invertert és meg tudjuk határozni azok szükséges darabszámát.
6. Szükséges szabványok:
 - MSZ EN 62271-202:2023 Nagy-/kisfeszültségű, előre szerelt alállomás
 - MSZ EN 60269-6:2011/A1:2024 Kisfeszültségű biztosítók. 6. rész: Kiegészítő követelmények napenergiát hasznosító fotovillamos energiarendszerek védelmére szolgáló biztosítóbetétekre
 - MSZ HD 60364-7-712:2016 Kisfeszültségű villamos berendezések. 7-712. rész: Különleges berendezésekre vagy helyekre vonatkozó követelmények. Napelemes (PV-) rendszerek
 - MSZ EN IEC 62446-2:2020 Foto villamos (PV-) rendszerek. Vizsgálati, dokumentációs és karbantartási követelmények.
7. Legfontosabb villamos tervek:
 - Séma rajz (egyvonalas összefüggési rajz)

- Középfeszültség tervei, termelő kábel vezetékjogi terve
- Csatlakozási terv, Fogyasztás mérő terve, engedélyezés
- Installációs elosztó terve
- Termelő kábel vezetékjogi terve
- Sorkapocs szintű áramút tervek
- Villámvédelmi, földelési terv. Túlfeszültségvédelem
- Terepi kábelezési terv
- Kábel lista, azonosítók
- string kiosztás terve
- AC, DC elosztók tervei (string inverternél), Terepi elosztó (központi inverternél)
- Állomás elrendezési terve
- Védelmi terv (transzformátor, elosztók védelmei, biztosító értékek)
- Vagyonvédelmi terv
- Felügyeleti rendszer terve
- Alállomási telemechanika módosítása
- Kiserőművi telemechanika terve

6.3 Tervezési előzmények

Miért is jött létre ez a szakdolgozat téma és miért fontos ilyen módon részletezni a Napelemes rendszerek tervezését szabvány és jogi részleteit. Cégem jelenleg is terület és ingatlan fejlesztési projekteket indít és vezényel le és az egyik futó projektünkön adott Megrendelő nem logisztikai, hanem gyártó jellegű csarnokot kíván építeni. A cél, hogy az üzemképes csarnok energia igényét ne a jelenlegi közhálózatról egyedül, hanem más alternatív energiaforrással is el legyen látva. Az ingatlan egy betáplálási ponttal rendelkezik, melyről 22kV-os rendszeren keresztül KÖF körhálózattal tápláljuk meg az ingatlant. A csarnok energia igénye egy 1500kVA-es energiaigénnyel indul és egy 3 éves ciklus alatt több lépcsőben eléri majd a 4MVA-es energia igényt. Mivel a csarnok alap területe, tetőfelületen is, 50.000 m² így adott volt a kérdés, hogy miért nem telepítünk rá naperőművet. A projektet bonyolította, hogy a csarnok kialakítása egy 14 méteres és egy 20 méteres csarnokrészből is áll, aminek a tájolása Dél-Keleti. Sajnos a magas csarnokrész pont a Keleti irányból érkező napot takarja és így igen magas a csarnok maradék tető felületére érkező árnyékhata. Tehát az igény adott, el kell érni egy 4MW-os rendszer létesítését, napelemes rendszerrel, ami megtáplálja a csarnokot KÖF hálózaton keresztül.



11. ábra Csarnok elvi felépítése (Saját készítés)

6.4 Napelemes rendszer kialakításának lépései adott projekten

Mielőtt felmerült az alternatív energia bevezetése a csarnok hálózatába megelőzte egy villamos tervezés. A tervezés alapköve egy energia mérleg elkészítése. Az energia mérleg tartalmaz minden villamos teljesítmény igényt, ami az épületben üzemelni fog. Gépészeti egységek, hűtés – fűtés, légcserre, villamos fogyasztók, gyártó eszközök stb. Miután tisztázódott a végleges fogyasztók száma és elkészült az energia mérleg a napelemes rendszer kialakításának témaköre következett. Első körben az építész és statikus tervezőktől adatszolgáltatást kell kérni, hogy milyen terheléseket bír el a tető felület, valamint a gépészet által betervezett gépek pozíciója és a bevilágítók pontos helye is szükséges.

6.5 Energia mérleg

Az napelemes rendszer igényének alapja a csarnokot kibérlő cég energia igényén alapul. A szükséges energia meghatározásához a villamos tervezés során létrejött energia mérleg adja az alapot. Az energia mérleg készítője Libor János villamos tervező. A tervező kollégával együtt hoztuk létre a szükséges eszközök listáját Megrendelői igények és a csarnok alap energia szükségletének felhasználásával. Az energia mérleg felépítése a következő:

- Felsorakoztatjuk az elosztókat, ami a transzformátorhoz fog tartozni, jelen dolgozat esetében egy transzformátorhoz egy darab főelosztó tartozik (TR2-MDB2) és minden a főelosztókhoz tartozó alelosztót is fel kell sorolni (pl.: Irodaterület, Kultúr, Földszint stb.).
- A transzformátoron lévő beépített teljesítmény után számítunk egy egyidejűséget és ugyancsak számítunk egy áramigényt és egy egyidejűséget

- Miután megvannak a transzformátorhoz tartozó energia igények számítunk egy tartalékot, ez egy kötelező érték, aminek meg kell lennie mindenképpen a transzformátorok esetén.
- Miután megvannak az értékeink a transzformátoron minden egyes transzformátorral elvégezzük ugyan ezt a műveletsort (TR1, TR2, TR3...TRn), a kapott energiaigényeket összegezzük és végül megkapunk egy össz energia igényt.
-

1. táblázat Transzformátor terhelhetősége - Libor János energiamérlege alapján

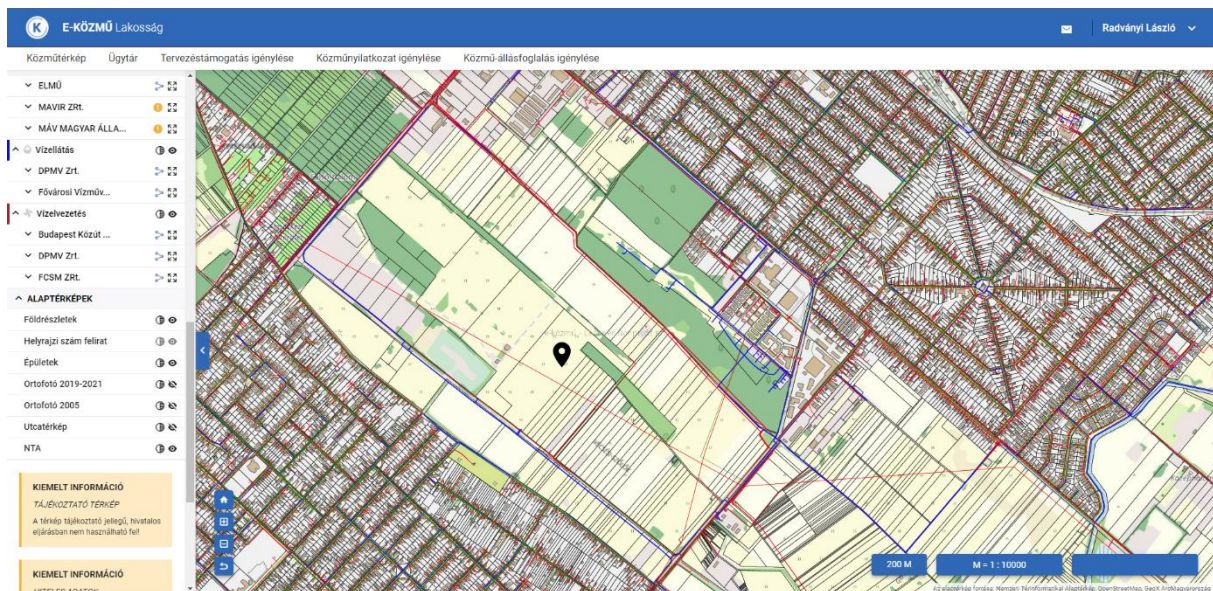
TRANSZFORMÁTOR 2. - TERHELÉSE				
TRANSZFORMÁTOR 2- TERHELTSÉGES	P _{be} (kW)	P _{ei} (kW)	I _n (A)	I _e (A)
TR2-MDB2	1153,0	767	1667	1109
	P _{be} (kW)	P _{ei} (kW)	I _n (A)	I _e (A)
TR2 transzformátor (15% TARTALÉKKAL)	1326	882	1916	1275

Miután elkészült az energia mérleg meghatározásra került, hogy a végleges energia felhasználása az ipari létesítménynek közel 4 MW. A következő lépés az volt, hogy meghatározzunk egy hasonló termelési kapacitással rendelkező napelemes rendszert, ami csökkenteni tudja a felhasznált energia szükségletet a hálózat irányából.

6.6 Engedélyeztetés

Első lépés egy kiserőmű igénybejelentés során, hogy a szolgáltató felé elküld a beruházó vagy tulajdonos egy Igény bejelentő lapot, amely tartalmazza a következő adatokat:

- Beruházó adatait.
- Igénybejelentő adatai, amennyiben nem ugyan az.
- Postai és számla adatok.
- Erőművi információk.
- Csatlakozási pont, mely tartalmazza a meglévő mérési pont adatait vagy új bejelentés esetén igényelni kell egy mérési pontot.
- Tulajdoni lap.
- Helyszínrajz, helyrajzi számmal mely elérhető az e-közmű oldalán



12. ábra Helyszín rajz (Forrás: E-közmű)

Miután az igénybejelentés megtörténik a szolgáltató irányába és elbírálják az igényt, a szolgáltató összeállít egy Műszaki Gazdasági Tájékoztatót (továbbiakban MGT), ami tartalmaz minden műszaki információt a tervezéshez.

Helyszín	[REDACTED]
Beruházó	[REDACTED]
Beépített gép(ek), inverterek össz. névleges teljesítménye	4000 kW
Primer energiaforrás	nap
Gép(ek) típusa	inverter
Létesítés célja	önfogyasztás csökkentése betáplálás nélkül

13. ábra Kiserőmű igénybejelentésben szereplő paraméterek (Forrás: Szolgáltatói MGT)

Meglévő csatlakozási pont adatai:

Meglévő csatlakozási pont fogyasztási hely azonosító száma / mérőszám	-
Meglévő csatlakozási pontra szerződött vételezési irányú teljesítmény:	1500 kVA (megvalósítás alatt)
Meglévő csatlakozási ponton rendelkezésre álló termelői irányú teljesítmény:	-
Mérés feszültség szintje	22 kV

Az ELMŰ Hálózati Kft. hálózati kapcsolata az erőmű felé:

Csatlakozási pont feszültség szintje:	22 kV	
Csatlakozási pont:	Elosztói tulajdonú állomásban rendszerhasználói közép feszültségű kábel végelzárója	
Csatlakozási pont EOY koordinátái (mely a tervezés során pontosítandó)	X: 228288	Y: 664224
Transzformátor-állomás száma:	később kerül meghatározásra	
KÖF vonal 1.	Vecsés/Aratás	
Fő betáplálási iránytól eltérő esetben (tartalék üzemi irány) termelés megengedett	NEM	
KÖF vonal 2.	-	

14. ábra MGT csatlakozási és szolgáltatói adatok (Forrás: Szolgáltatói MGT)

6.7 Tervezés

A továbbiakban végig vezetem a tervezési folyamatot, amely alapján elkészültek a tervek. Mivel nincs villamos tervezői jogosultságom, így a tervező, aki a terveket elkészítette Pádár Zsolt villamos tervező volt, a tervezés folyamatán, mint projektvezető segítettem végig. Feladatom továbbá az volt, hogy az elkészült számításokat visszaellenőrizzem, a terveket áttekintsem és hiba esetén javításra visszaküldjem.

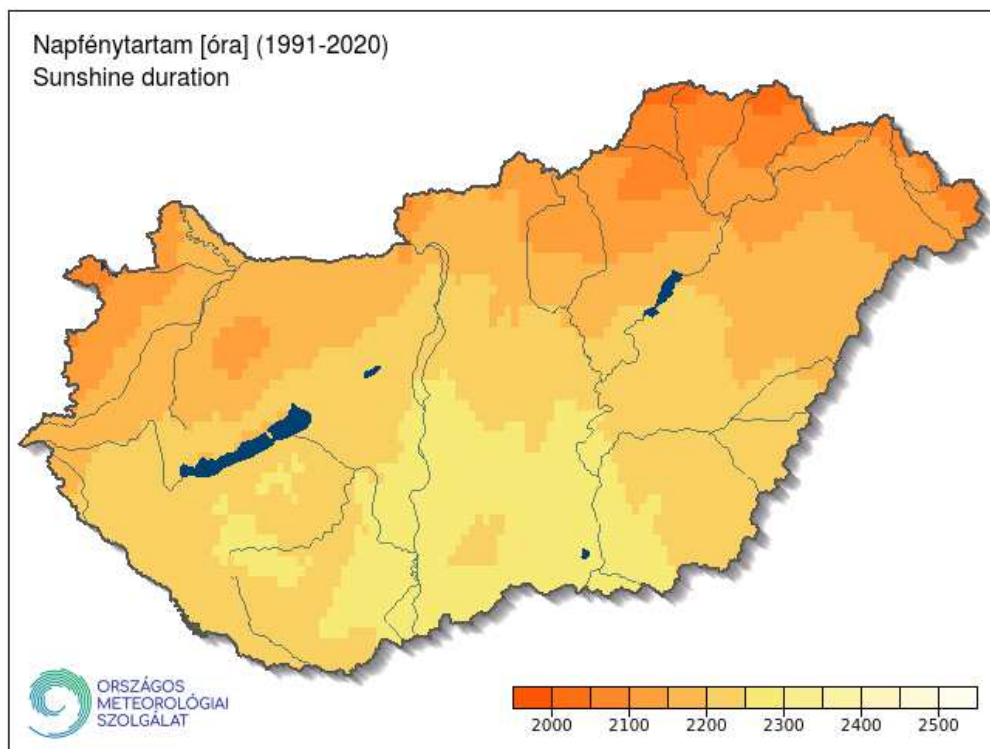
A továbbiakban részletezem milyen adatszolgáltatás kell a tervezéshez, milyen tervezési számítások vannak, milyen írásos dokumentációnak kell elkészülnie és milyen terv típusokat kell elkészíteni. A koncepció és az engedélyezési tervezési fázist nem szedem munkámban külön, mert a művelet és a tervek végkimenetele gyakorlatilag egyezik.

Első lépésben, hogy a tervezés el tudjon kezdődni be kellett kérni a további szakági tervezők munkáját. Szükségesek az épület tető rajzai, épület metszetei, homlokzati tervei, helyszínrajz, gépészeti elhelyezési rajzok, villámvédelmi terv és mindenekelőtt szükséges egy szerkeszthető terv is.

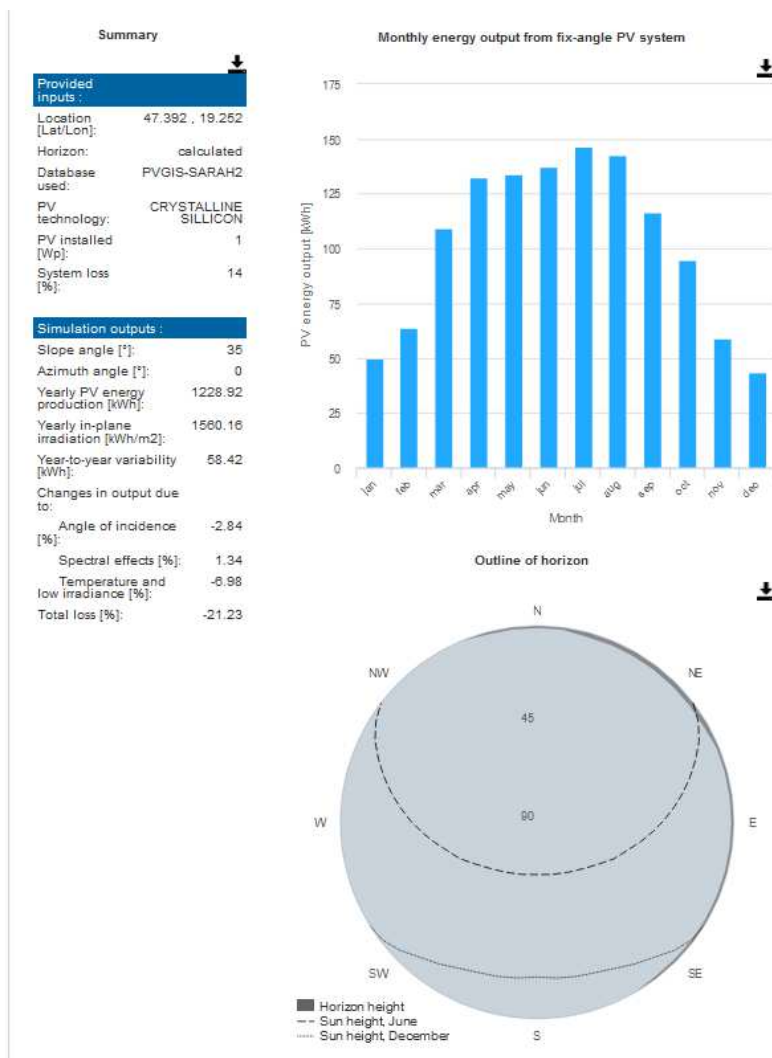
Következő lépésben elkészül egy műszaki leírás. A dokumentum elején meghatározzuk a projekt előzményeit, ki a megrendelő, miért jött létre a projekt. Bemutatásra kerül a tervező és nyilatkozik arról, hogy a jogosultságok, amikkel rendelkezik azok a Mérnöki kamara által is elismert.

Következő lépésben meghatározásra kerül a napsütöttség órák száma és a napfénytartam. Ezt meg tudjuk tekinteni a Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit honlapján (MET) valamint a PVGIS.com honlapon. Utóbbi ingyenesen is elérhető programon pontos cím vagy helyrajzi

szám alapján is tudunk rendszert pozícionálni. Lehet választani a besugárzási adatbázisok közül, bár ilyenkor a program felajánlja a legoptimálisabb adatszolgáltatási pontot és érdemes azt használni is. Amennyiben tervező vagy megrendelő már kiválasztott panel típust akkor akár az is beállítható, de jellemzően szilícium kristályos napelem típust alkalmazunk Magyarországon. Beállítható a beépített PV rendszer teljesítménye is, de amennyiben ez még nem meghatározott érdemes 1 kWp-ot alkalmazni. A következőkben beállítható a rendszer vesztesége, panelek beépítésének módja és dőlésszöge, tájolása. Többszöri adat próbálkozás után megállapítottuk, hogy adott projekten számunkra, ami az adatok mértékén módosított, az a dőlésszög volt. A tájolás is változtatott volna magán az adatok kinyerésén, de speciálisan Megrendelő kijelentette, hogy a rendszer déli tájolású legyen.



15. ábra Napsütéses órák száma (Forrás: met.hu)



16. ábra PVGIS adatszolgáltatás kalkuláció (Forrás:pvgis.com)

Következő lépésben meghatározásra kerülnek az előírások, mint a védőtávolságok, a helyszínen tapasztalható állapotok, tűzszakaszok és hogy a tervezés milyen fázisokra lesz későbbiekben bontva. Esetünkben, amit érdemes megemlíteni, hogy a tetőfelületen két szinten történik a tervezés, egy +13,95 méter és egy +18,94 méter magas felületen.

A rendelkezésre álló fogyasztási adatok alapján és a termelési előrejelzések felhasználásával meghatározható a PV rendszer mérete:

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

A rendszer méretének meghatározása után megtudunk határozni egy napelemes modul számot:

$$\text{Modulszám} = \frac{\text{PV rendsze teljesítménye}}{\text{Kiválasztott PV panel teljesítmény}}$$

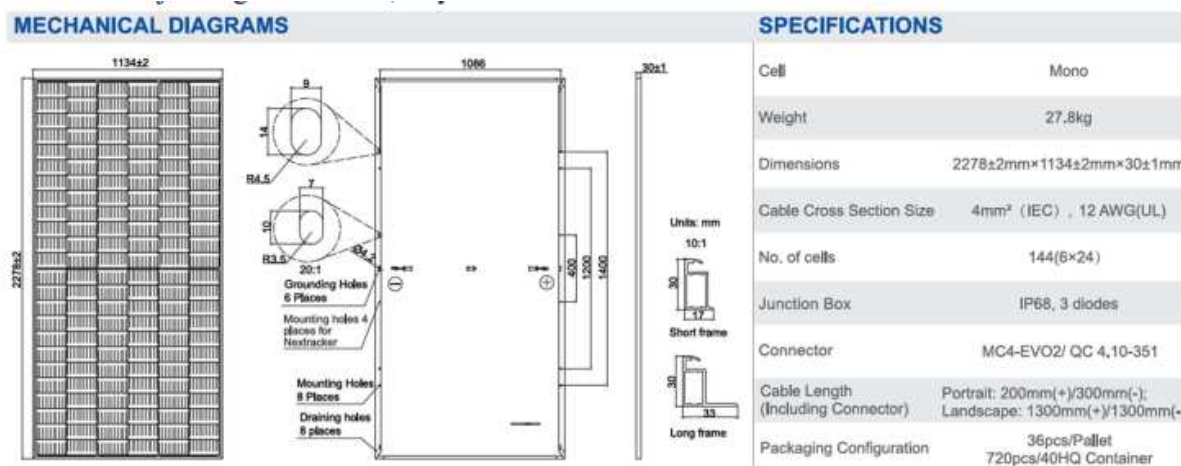
Mivel a számításokhoz szükséges kiválasztani egy napelem típust, ez adott projekten is megtörtént. A kiválasztás típusa a következők alapján zajlott le:

- Méretileg legyen a legnagyobb.
- Súlya viszont ne haladja meg a statikában meghatározott pontszerű terhelést tartószerkezettel együtt

Így a kiválasztott típus a következő lett: JAM7230 545 Wp

Típus	JAM7230 545Wp		
Névleges teljesítmény (MPP)	P_{MPP}	W	545
Névleges áram (MPP)	I_{MPP}	A	13.04
Névleges feszültség (MPP)	U_{MPP}	V	41.8
Rövidzárási áram	I_{SC}	A	13.93
Üresjárási feszültség	U_{SC}	V	49.75
Áram hőmérsékleti tényező	α	%/K	0.045
Feszültség hőmérsékleti tényező	β	%/K	-0.275
Zárlati visszatápláló áram:	I_R	A	25

17. ábra Panel villamos adatai (Forrás: Pádár Zsolt projekt műszakileírás)



18. ábra Fizikai adatszolgáltatás (Forrás: Pádár Zsolt projekt műszaki leírás)

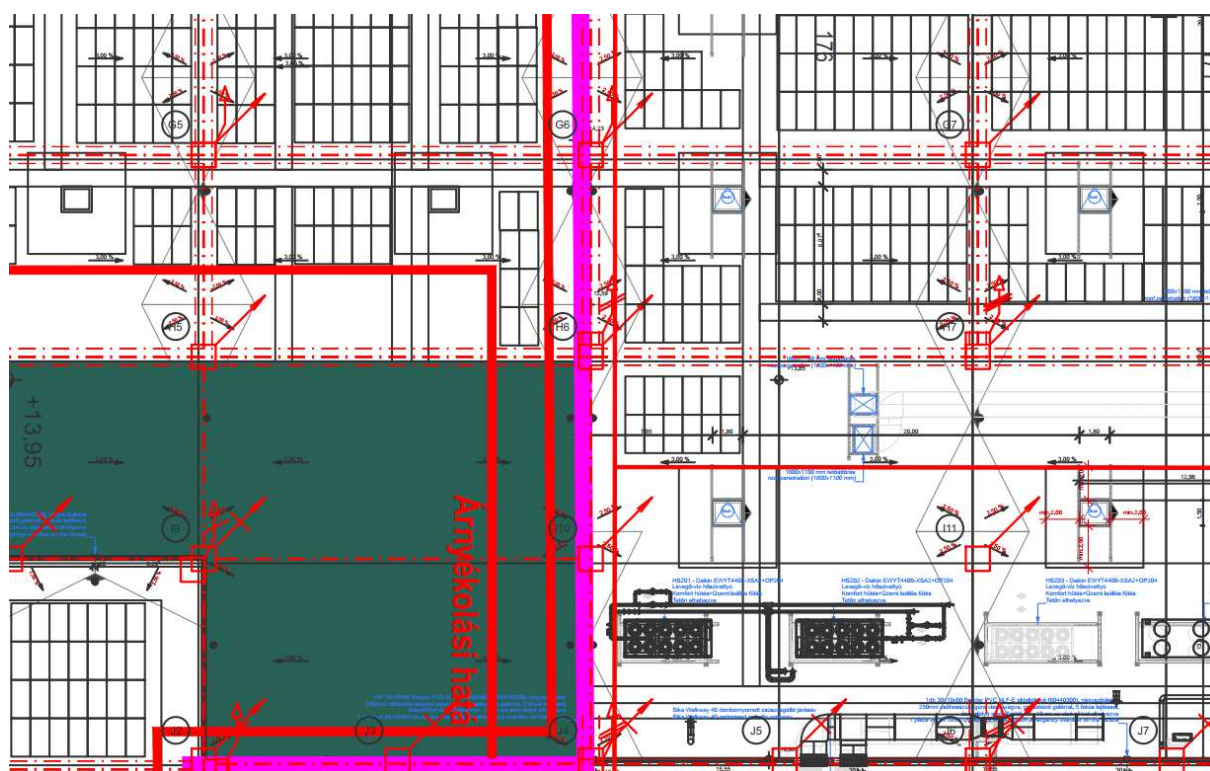
Mivel az épület szintkülönbséggel rendelkezik és az EOv helyes helyszínrajz alapján igen nagy árnyékhataás lesz a rendszeren, ezzel kalkulálni kell későbbiekben, valamint az árnyék rendszerre való vetületét jelölni kell a terveket. Ez nem számított érték, hanem tervező program rajzolja ki és kalkulál adatokkal.

A korábbi adatok alapján adott projekten 7560 darab panel szükséges a rendszerhez, mivel erre szükséges egy DC csúcsteljesítményt (P_{DCpeak}) számolni azt a következő képpen tudjuk elvégezni:

$$PDC_{peak} = 7560 * 545 = 4120200 \text{ Wp} \Rightarrow 4120,2 \text{ kWp}$$

ahol, a rendszerhez szükséges panelek számát megszorozzuk az általunk kiválasztott panel típus teljesítményével és így megkapjuk a rendszerünk csúcs teljesítményét.

Meg kell említeni, hogy adott projekten probléma volt a terhelhetőség, ezért figyelni kellett arra, hogy bár a napelemez rendszerrel kalkuláltak, nagyobb mennyiségű plusz teher nem volt elhelyezhető a tetőfelületen, valamint mivel alpból van a rendszeren egy nagyobb árnyék hatás és meg volt szabva megrendelő által a minimum elérendő teljesítmény, a panelek egymásra gyakorolt árnyékhatását is figyelni kellett. A megoldás az, hogy a paneleket 0° dőlésszögben helyezzük el egy egyedi acél tartószerkezeten, így nem kell kalkulálni a 15° rendszer árnyékhatásával, közelebb kerülnek a panelek is egymáshoz, valamint nem kell számolni szélterheléssel és a panelek lesúlyozásával, ezáltal a többlet súly is elmarad, ami terhelné a tetőt.



19. ábra Modul elhelyezés tetőn (Forrás Pádár Zsolt tervrészlet)

A következő lépés az inverter kiválasztása. Jelen esetben a tervező kérésére az ehhez felhasznált excel táblázatot nem jelenítem meg, viszont az elvi felépítését és a folyamatot leírom. Magyarországon jelenleg minden szolgáltatónál van egy engedélyezési lista, amely tartalmazza azokat az inverter típusokat, amiket fel lehet használni és be lehet építeni. Tervező ezek közül kiválaszt, egy korábbi tapasztalatok alapján, ezen rendszerhez alkalmazható inverter típust, valamint a panel típusa is be lesz táplálva a rendszerbe. Mivel itt már a panelek kiosztásának folyamata is megkezdődött nagyjából látja a tervező, hogy hány string és azon mennyi darab panel tud majd csatlakozni az inverterhez. Tehát megvannak az eszközök

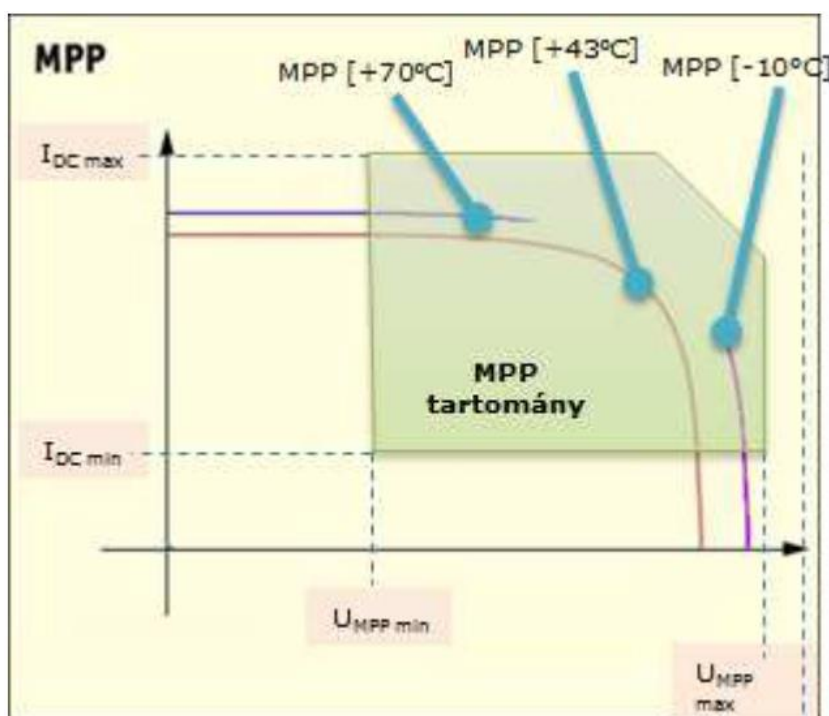
paramétereit és maga az inverter adatait szét vannak osztva a táblázatba a stringek és a panelek és a bevitt adatok alapján a korábban képletezett táblázat kimutatja, hogy az inverter a terhelést elbírja-e vagy sem. Amennyiben túl van méretezve vagy éppen séggel alul az inverter, azt jelzi a táblázat és szükséges egy másik inverter alkalmazása.

Természetesen az inverterek meghatározására is van előírás és olyan ökölszabályok, amelyeket figyelembe kell venni, de a gyakorlatiasság és az idő szűkítése céljából a tervezők saját táblázatokat és programokat alkalmaznak. Az ökölszabály az, hogy az inverter mindig az üzem idejének a lehető legnagyobb részén a munkaponti tartományán belül működjön.

$$U_{MPPmin} \leq U \leq U_{MPPmax}$$

Viszont ügyelni kell arra, hogy az inverterre soha ne kerüljön nagyobb feszültség vagy áram érték, mint a megengedett maximum.

$$U_{oc} < U_{DCmax} \text{ és } I < I_{DCmax}$$



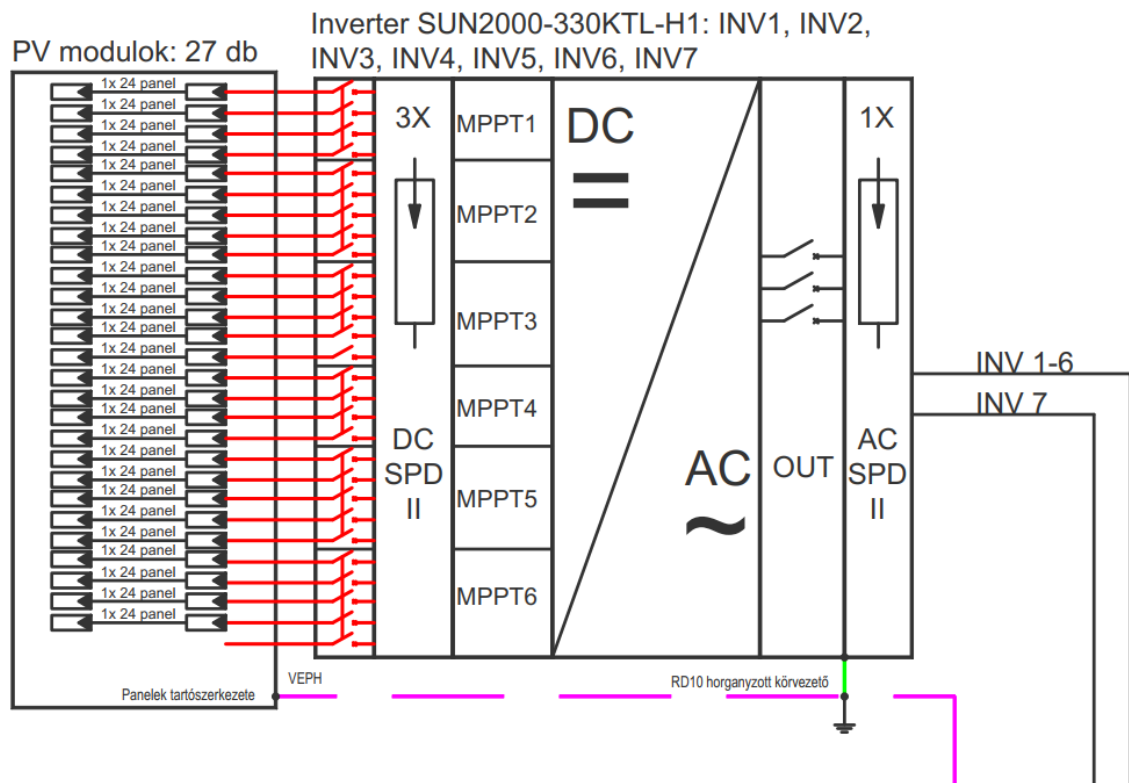
20. ábra Munkapont meghatározása (Forrás: Magyar Mérnöki Kamara)

Az általunk kiválasztott inverter végül is egy SUN2000-330KTL-H1 típusú inverter, aminek minden stringjén 24 darab panel lett elhelyezve. 12 darab inverter szükséges a komplett rendszerhez inverterenként 23;24;27;28 darab string lett kialakítva.

Ami alapján a stringek és a rajuk lévő panelek meg lettek határozva:

- Rendszer maximális feszültsége

- Inverter maximális feszültsége
- Inverter MPP (munkapont) feszültségtartománya



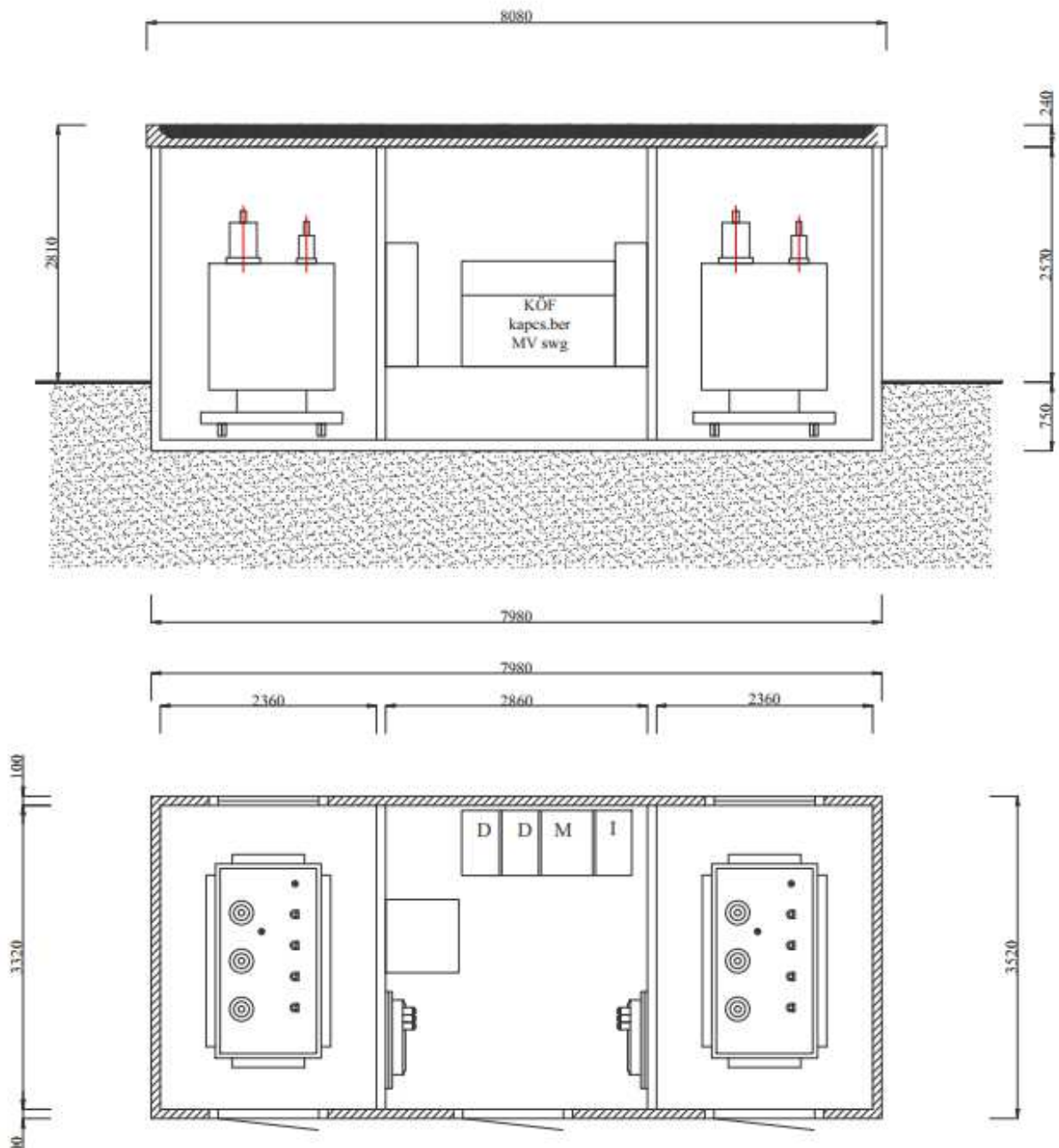
21. ábra Inverter modul kiosztás (Forrás Pádár Zsolt tervrészlet)

Következő lépésként a PV rendszer védelmeinek meghatározása következne, de esetünkben a rendszer középfeszültségen lesz a hálózatra táplálva, így a rendszer védelmi részt a BHTR-ek meghatározásánál részletezem.

Tartószerkezeti tervezés és önárnyékolási hatás figyelembevétele ezen projekten nem szükséges, a tervezett rendszer 0° dőlésszöge miatt egymásra a panelek árnyékhatast nem fejtenek ki, valamint a panelek egy egyedi tartószerkezeten lesznek elhelyezve, mivel el kell kerülni a többlet súlyt. Az ok a balansz súly miatti többlet terhelés, mivel a tetőre telepített rendszerek esetén számolni kell a szél által generált erőhatásokkal.

Betonházas transzformátor állomás (BHTR):

A BHTR állomásoknak minden esetben teljesítenie kell a vonatkozó érvényes szabványokat és a tervezés során előírt specifikációkat. Az erre vonatkozó szabvány az MSZ EN 62271-202:2014. A BHTR állomásnak rendelkeznie kell továbbá építészeti és tűzvédelmi minősítéssel is. Az állomás tervezett élettartalma minimum 30 év legyen és karbantartásra ne legyen szükség.



22. ábra BHTR állomás (Forrás: Pádár Zsolt terv részlet)

Középfeszültségű kapcsoló berendezés:

A KÖF kapcsolóberendezésnek gáz- vagy légszigetelésű felfűzött hálózati kompakt kapcsolóberendezésnek kell lennie, aminek meg kell felelnie az MSZ EN 62271-200:2011 Nagyfeszültségű kapcsoló-készülékek. 200. rész: 1 kV-nál nagyobb és legfeljebb 52 kV névleges feszültségű, váltakozó áramú, fémtokozott kapcsoló-berendezések szabvány minőségi követelményeinek.

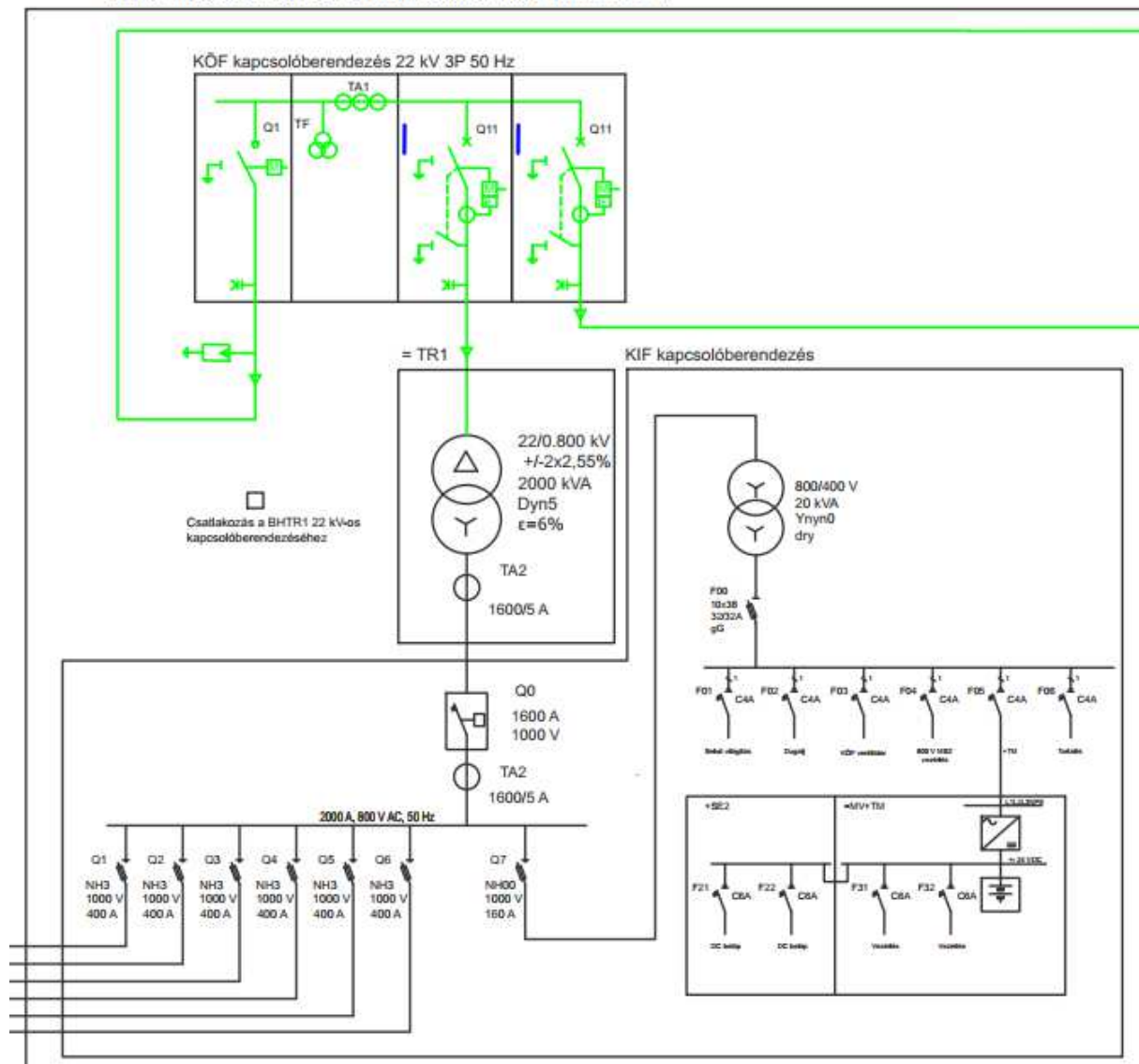
Az kapcsoló berendezés névleges adatai a következők lettek:

- Névleges feszültség 24 kV
- A berendezés termikus határárama 10 kA
- A berendezés dinamikus határárama 25 kA
- A berendezés termikus időhatára 1s
- Védettségi szint nagyfeszültségű berendezésen IP 4X D

A berendezésnek 4 db leágazása van:

- Kitáplálási mező
- Mérőmező
- 1.sz PV transzformátor mező
- 2. sz transzformátor mező

Betonházas transzformátorállomás BHTR PV



23. ábra BHTR PV rendszer kapcsolási rajz (Forrás: Pádár Zsolt tervrészlet)

Transzformátor

A 22/0,8 kV-os választott transzformátornak teljesíteni kell a vonatkozó érvényes szabványok követelményeit. A transzformátornak meg kell felelnie az MSZ EN 60076 Teljesítménytranszformátorok szabványsorozat minőségi követelményeinek. A transzformátor legyen hermetikusan zárt, háromfázisú, olajszigetelésű kültéri berendezés. A készülék szekunder oldalon 2000 kVA névleges teljesítménnyel rendelkezzen. Természetes hűtéssel, kényszerhűtés nélkül. A transzformátorokat tartós üzemre és 20 °C átlagos környezeti hőmérsékletre kell méretezni. Normálüzemnél és a megengedett terhelésnél biztosítani kell, hogy az ne csökkentse az elvárt élettartamot.

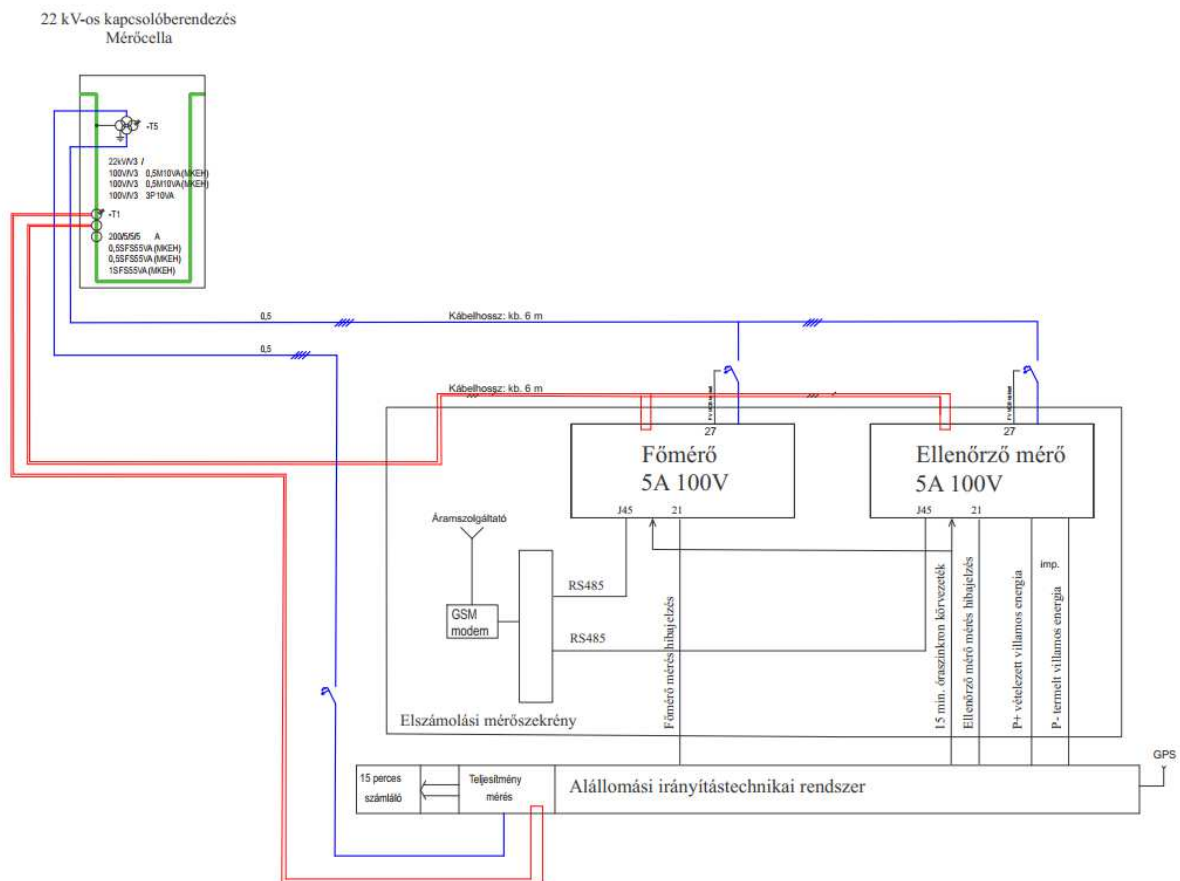
Minden BHTR állomás rendelkezik egy kisfeszültségű oldali kezelő állomással is vagyis egy KIF kapcsoló berendezéssel ezen kapcsolóberendezéseknek meg kell felelniük az MSZ EN 61439-2:2012 Kisfeszültségű kapcsoló és vezérlőberendezések 1. rész: Általános szabályok, MSZ EN 61439-2:2012 Kisfeszültségű kapcsoló és vezérlőberendezések 2. rész: Teljesítménykapcsoló és teljesítményvezérlő berendezések szabványok követelményeinek.

A kisfeszültségű kapcsolóberendezések közös jellemzője:

- Névleges feszültség (Un): 460/800 V
- A berendezés névleges frekvenciája: 50 Hz
- A berendezés névleges termikus határárama: 40 kA
- A berendezés névleges id_h határa: 0,5 s
- A berendezés dinamikus határárama: 80 kA
- A kisfeszültség_ hálózat földelési rendszere. TN-C-S
- Védettség a kisfeszültség_ berendezésben: IP 3X D
- A kisfeszültség_ hálózat földelési rendszere. TN-C-S

Védelmi rendszerek

Minden napelemes rendszernek, főleg, ha KÖF oldali kapcsolás is van, rendelkeznie kell védelemmel. Feladata a környezet védelme a villamos rendszeren belül fellépő hibák esetében. A védelem zárlatok, hibás működés, illetve nem megfelelő feszültség szintek esetén lekapcsolja a rendszert az érintett hálózatról. Minden KÖF oldali leágazás hálózat irányába történő védelmi paramétereit adott hálózat szolgáltató határozza meg. Esetünkben ez a szolgáltató az E-ON-ELMŰ Hálózati Kft. volt. Alapvető feladata továbbá a védelemnek a szigetüzem kialakulásának megakadályozása és a naperőmű közcélú hálózatára való visszatáplálás megakadályozása.



24. ábra PV KÖF hálózat mérési séma (Forrás: Pádár Zsolt tervrészlet)

A feladat végrehajtásához a szigetüzem elleni védelem a következő elemeket tartalmazza:

- Feszültség csökkenési védelem
- Feszültség növekedési védelem
- Frekvencia csökkenési védelem
- Frekvencianövekedési védelem
- Frekvenciaváltozási védelem
- automatikus visszakapcsolás
- Teljesítmény irány védelem

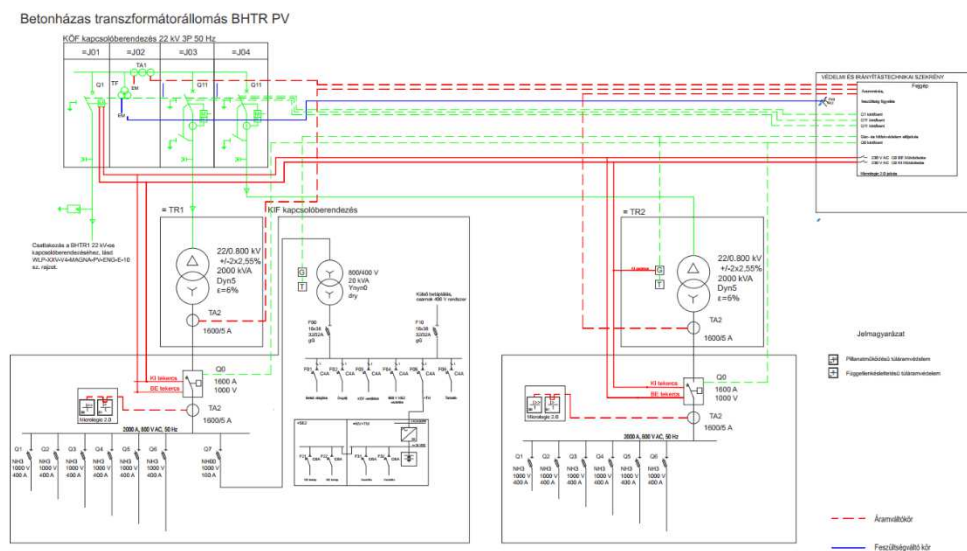
KÖF oldalon a transzformátor további védelmi beállításait nem részletezem nem közvetlen témája a szakdolgozatnak. Ami viszont fontos része az inverterek védelme. Az inverterek önnálló védelemmel rendelkeznek melyek működéséről az elosztói engedélyes által elfogadott típusengedély tanúskodik. Minden engedélyezett inverter rendelkezik sziget üzem elleni védelemmel, melynek feladata a kommunális szigetüzem kialakulásának megakadályozása. A 800 V-os feszültség kimaradás esetén a beépített szigetüzem elleni védelem kikapcsolja az inverterbe épített megszakítót. Ezen funkció a következőket tartalmazza:

- Feszültség csökkenési védelem
- Feszültség növekedési védelem

- Frekvencia csökkenési védelem
- Frekvencianövekedési védelem
- Frekvenciaváltozási védelem

Irányítástechnika:

Az irányítástechnika feladata a hozzá tartozó állomásrész teljes körű megfigyelhetőségének és vezérelhetőségének biztosítása üzemi és üzemzari helyzetben. A naperőmű irányítástechnikai rendszere két részből áll. Az erőmű IT rendszerével való kommunikációt egy mezőgép látja el. A kiserőmű solar irányítástechnika rendszere a PV stringekhez tartozó Huawei inverterek TCP/IP hálózatáról, továbbá az önálló adatgyűjtő által gyűjtött adatokat kezeli, jeleníti meg, illetve továbbítja, biztosítva a távfelügyeletet és a távkezelést. A Huawei inverterek sajátossága, hogy képesek vivőfrekvenciás kommunikáció alkalmazására az erősáramú kábelhálózaton keresztül. Így nem szükséges külön távközlési kábelek lefektetése, csak a BHTR 0800 V-os elosztójába kell egy hálózat csatoló modult telepíteni, amely képes az AC kábeleken jövő jelek leszűrésére és a gyári Huawei átjáró felé történő továbbítására. A külső kapcsolatokat GPRS modemem keresztül biztosítja a rendszer.



25. ábra BHTR PV állomások kapcsolódási viszonya irányítási rendszerhez (Forrás: Pádár Zsolt tervrészlet)

További védelmek:

Minden eszköznek rendelkeznie kell túlfeszültség védelemmel, földeléssel, érintés védelemmel és villámvédelemmel, ezen dolgozatban csak megemlítsük ezen paraméterek.

Tartószerkezet:

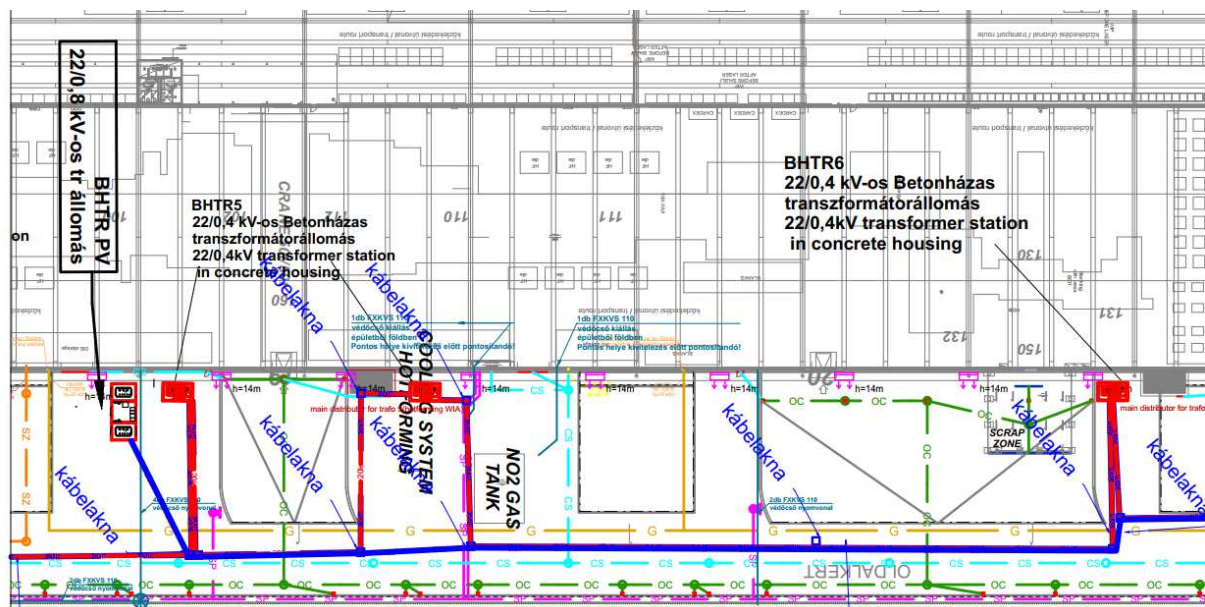
Korábban említett tartószerkezetre a német gyártású K2 Base System lapos tetőre kialakított Dome Zero System elemeit választottuk ki. A termék mind a tartó bekerülési ára miatt, mind a beszállíthatósága miatt került kiválasztásra.

Csatlakozási és engedélyezési folyamatokhoz szükséges tervek:

- Helyszínrajz
- Elvi nyomvonal rajz
- Egyvonalas rajz
- Átnézeti rajz
- Alaprajz
- Védelmi blokkvázlat
- Mérési terv egyvonalas
- Mérési terv áramutas
- Mérési terv mérőszekrény
- Zárlati rátáplálás

Szükséges további dokumentációk:

- Elosztói Engedélyes által kiadott műszaki és gazdasági feltételeket tartalmazó tájékoztató (MGT) levél
- Inverter adatlap
- Transzformátor adatlap
- Megbízó levél
- Tervezői nyilatkozat
- Termelői nyilatkozat
- Tulajdoni lap másolatok
- Ingatlan tulajdonosi hozzájárulások



26. ábra PV BHTR elhelyezés (Forrás Pádár Zsolt tervrészlet)

7. Üzleti terv:

Mint minden megvalósítandó projekt az ötlet megfogalmazása után a pénzről szól. Elő kell teremteni egy pénz volument, ami fedezi a projekt kiadásainak költségeit. Minden befektetés legyen az külső befektetőtől kapott anyagi összeg, önerő vagy hitel konstrukció által megkapott anyagi mennyiség a cél, hogy a befektetés megtérüljön. Minden befektetés, a jelen piaci körülmények között, elvárja, hogy a pénzügyimérleg vagyis a befektetett összeg megtérülése, 5-7 éven belül billenjen át pozitív már profitot hozó befektetéssé.

Jelen dolgozat témája két féle konstrukción keresztül valósulhat meg a közeljövőben:

- Külső fél által anyagi befektetés
- Hitelkonstrukció bank bevonásával

Bár létezik jelenleg Magyarországon pályázat által elnyerhető állami összeg, amit fel tudnak használni a cégek, jelen projekt a tulajdonviszonyok és a létesítmény minősítése miatt nem juthat hozzá ezen pénzösszegekhez, dolgozatom nem fejt ki jobban az adott témát.

Mivel pénzügyi oldalon és kimutatások szintjén mind a befektető, mind a bank hasonló jellegű adatszolgáltatást kér így csak a témakör végén egy összegzésben fogok kitérni a különbségekre.

7.1 Koncepció

Miután megszületett az ötlet és fel lett vázolva az elképzelés, valamint a szükséges energia mennyiségek és tervezői, valamint helyszíni paraméterek is letisztázódtak meg lett határozva a szükséges energia mennyisége. Meghatároztuk hozzá a panelek mennyiségét és létrejött egy koncepció terv. Első körben a projektvezetés kiküldi az alapokat – tetőfelület, statika, energia igény – olyan kivitelező cégeknek, akik célirányosan napelem parkok telepítésével foglalkoznak és az általuk beküldött ötletek, valamint elképzelések alapján rangsorolja a kivitelezésre jelölhető személyeket. A megmaradt cégek összecszerű ajánlatait most már a projektvezetés ártükör formájában kimutatja és minden cég műszaki képviselőjével egyeztet, mit is tartalmaz egy adott ajánlat. Az így rangsorolt három kivitelezőt kiválasztják, az árakat további finomítás révén megpróbálják lejjebb pozícionálni és végül kikerül egy nyertes.

Projektvezetés eközben két, az árajánlat és koncepciók bekérése mellett, futó feladat közül választhat. Ha a cég rendelkezik korábbi tapasztalattal kivitelezési rutinnal és szoftverrel magának készíthet egy költség kalkulációt, ha nem rendelkezik ilyen jellegű tapasztalattal külsős céget keres fel.

Esetünkben egy külsős cég segítségével határoztuk meg a bekerülési költségeket, melyet kérésre és a tulajdoni jogokra tekintettel részben torzítok, részben nem beazonosíthatóvá teszek, valamint a komplett számítási folyamatokat nem tüntethetem fel dolgozatomban.

Első körben létrejön maga a projekt költség kalkuláció, ahol az erre megfelelő döntéshozók meghatároznak egy mértéket méghozzá arról, hogy az adott kivitelezést mekkora mértékben

finanszírozzuk hitelből és mekkora legyen az önerő. Esetünkben ez egy 20% önerő és egy 80% hitel felhasználásával létrejövő kivitelezés.

Költség megtérülési számítások:

$$\text{EBIT átlagos értéke (Mft)} = \frac{\sum_{\text{év}=1}^{25} \text{EBIT}_{\text{év}}}{25 \text{ év}}$$

$$\text{EBITDA átlagos értéke (Mft)} = \frac{\sum_{\text{év}=1}^{25} \text{EBITDA}_{\text{év}}}{25 \text{ év}}$$

$$\text{Belső megtérülési ráta (IRR)(\%)} = \langle \text{Cashflow 0. év} \mid \dots \mid \text{Cashflow 25. év} \rangle$$

$$\text{Adózott tőkearányos jövedelmezőség (\%)} = \frac{\text{Kommulált Cashflow}}{\text{Önerő} * 25 \text{ év}}$$

Beruházás megtérülése (nominális cash – flow alapján) (év) = Nominális cash-flow alapján számolt megtérülés

$$\text{Beruházás megtérülése (NPV) (év)} = - (\text{Beruházás}) + \sum_{\text{év}=1}^{25} \frac{\text{Cashflow}_{\text{év}}}{(1+\text{Infláció})^{\text{év}}} > 0$$

$$\text{DSCR átlagos értéke} = \frac{\sum_{\text{év}=1}^{25} \text{DSCR}_{\text{év}}}{25 \text{ év}} = \frac{\sum_{\text{év}=1}^{25} \frac{\text{EBITDA}_{\text{év}}}{\text{adósságszolgálat}_{\text{év}}}}{25 \text{ év}}$$

$$\text{EBITDA kamatfedezeti mutató} = \frac{\sum_{\text{év}=1}^{25} \frac{\text{EBITDA}_{\text{év}}}{\text{kamatfizetés}_{\text{év}}}}{25 \text{ év}}$$

$$\text{Hitelösszeg / átlagos EBITDA} = \frac{\text{Hitelösszeg}}{\text{EBITDA átlagos értéke (Mft)}}$$

Szakdolgozatom témája inkább a műszaki vonulatban határozza meg részletesebben a naperőmű kivitelezését, de elkerülhetetlen, hogy egy ilyen jellegű beruházás költség oldalát is megvizsgáljuk részleteiben. Feljebb részletezett számítások egy táblázatos rendszeren számolnak a bevitt adatok alapján a költségekkel. Meghatározzák a hitel konstrukciók költségeit, beleértve a kamatot, az inflációt, a bekerülési költségeket, a karbantartási költségeket, a futamidőt és a megtérülést. A számítások és az összefüggések a fenti képleteknél jóval összetettebbek és minden számítás esetén az aktuális banki és egyéb hitel ajánlatokat kell figyelembe venni, valamint az általunk meghatározott költség tervezeteket, kivitelezési ajánlatokat, valamint egyéb járulékos költségeket is bele kell vinni a költség kalkulációnkba.

Továbbiakban pár alapfogalmat is meghatározok, melyeket figyelembe kell venni egy költségkalkuláció során.

- **Éves névleges hozam (MWh):** A naperőmű DC oldali méreteiből számolt és hozzá tartozó becsült éves termelése a rendszernek. Alapja a PVGIS által adott információk vagy egy a készítő által megadott egyedi teljesítmény kalkuláció.
- **Rendszer kimeneti (AC) teljesítménye (MW):** A tervezett naperőmű AC, vagyis inverter oldali névleges teljesítménye.
- **Átvételi áram ára (Ft/kWh):** A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény és a megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia,

valamint a kapcsoltan termelt villamos energia kötelező átvételéről és átvételi áráról szóló 389/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet (KR.) alapján meghatározott kWh áram ár.

- **Területigény:** A rendszer részére fenntartott föld vagy tetőfelület, amely biztosítja az árnyékolásmentes működést.
- **Önfogyasztás (MWh/év):** PVGIS teljesítmény kalkuláció a magyarországi adatok alapján 1kW beépített DC kapacitásra.
- **Teljesítmény kalkuláció /kWp (kWh/év):** Egyedileg megadott éves hozam 1kW beépített DC kapacitásra.
- **Erőmű tervezett élettartama (25 év):** 25 év, mely megegyezik a napelemre a gyártó által kínált hozamgaranciával. Valamennyi megtérülési számítás erre az időtávra vonatkozik a kalkulációkban.
- **Éves működési költségek:** Az első éves költségek összesítése, Milliő forintban.
- **Üzemeltetés és szerviz költségek:** Éves rendszeres felügyeleti, karbantartási, takarítási feladatok ellátásának díja.

A következőkben azokat a tételeket határozom meg, amik a beruházó oldaláról és tervezett, valamint általános adatokból meghatározandó és a későbbiekben ezen adatokból számol a kalkulátorunk.

Működési költségek:

- Üzemeltetés és szervizköltségek, amiket meg kell határoznia a beruházónak. Ide értendő a panelek takarítása, villamos felülvizsgálatok, inverter és egyéb eszköz csere, hibajavítás. Egy 4 MW-os rendszer esetében körülbelül 2-3 millió forintos költséggel kalkuláltam.
- Telek vagy földterület bérleti díj: Sok esetben bár a rendszer tulajdonban van, ahol a rendszer elhelyezkedik nem feltétlen. Esetünkben a tetőfelületet a beruházó bérelni fogja, aminek lesz bérleti költsége. Ennek az általam meghatározott összege 46 millió forint/év.
- Személyi költségek, könyvelés, egyéb adminisztráció: Mindenképpen kell egy költséget definiálnom az olyan jellegű háttér munkákra, amik közvetetten érintik a projektet. Ezen költségek általában adminisztratív jellegűek a kivitelezés után és 6 millió forintos költséget határoztam meg hozzá

A következőkben a kalkulációs programból kivett adatokat szemléltetem majd. A program részlet egy finanszírozási és pénzügyi számításokból álló fejezet része. Meghatározható benne a hitel mértéke, a kapott ajánlat alapján a kamat, futamidő, az önerő és a hitelösszeg forintban. Számolunk továbbá inflációval, elvárt hozammal a korábban meghatározott költségekkel, valamint az előírt adók mértékével:

2. táblázat Finanszírozási kalkulációk (Forrás: Had Consult Kft)

FINANSZIROZÁS

Hitel nagysága (%)	80,00
Hitelkamat (%)	5,00
Futamidő (év)	10,00
Hitelösszeg (M Ft)	559,70
Önerő (M Ft)	139,93

3. táblázat Költség oldali adatok (Forrás: Had Consult Kft)

PÉNZÜGYI / ADÓZÁSI ADATOK

Infláció (%) - INF	4,00
Befektetéstől elvárt hozam (%)	6,00
Üzemeltetési díj éves növekedése (%)	2,00
Telek bérleti díjának éves növekedése (%)	0,00
Biztosítási díj éves növekedése (%)	2,50
Áram visszavételi árának éves növekedése (%)	0,00
Számviteli ÉCS	STANDARD
Értékcsökkenés az adó tv. (TAO) alapján (%)	5
Számviteli veszteségből adódó adóelőny felhasználása	Nem
Iparüzési Adó (%)	2
Társasági adó alsó kulcsának határa (árbevétel, M Ft)	500
Társasági adókulcs a határig (%)	9
Társasági adókulcs a határ felett (%)	9

A következőkben meg kellett határozni, hogy milyen paraméterekkel dolgozik a naperőműves rendszer, annak milyen áram átvételi lehetőségei vannak a rendszer milyen önfogyasztást lát el és milyen éves energia hozammal kalkulálhatunk a napelemes rendszer alapján. Meg kell határoznom egy beruházási költséget, amelyet korábbi kivitelezők által megadott költségekből tudok meghatározni.

4. táblázat Műszaki alapadatok (Forrás: Had Consult Kft)

NAPERŐMŰ BEFEKTETÉS MŰSZAKI ALAPADATAI

Projekt kimeneti (AC) teljesítménye (MW)	4,000
átvételi áram ára (Ft/kWh)	52,00
Területigény	0,000
Önfogyasztás (MWh/év)	10
Teljesítmény kalkuláció /kWp (kWh/év)	1 431,000
Erőmű tervezett élettartama (25 év)	25
Éves névleges hozam (MWh)	3 578

5. táblázat Rendszer telepítési költségei (Forrás: Had Consult Kft)

INSTALLÁCIÓS KÖLTSÉGEK

Beruházás költsége (Ft)	1 202 500 000
AC névleges teljesítmény (MW)	2,000
DC névleges teljesítmény (MW)	2,500
Fajlagos beruházási költség (MFt/ MW)	481,000
Deviza árfolyam (EUR / HUF)	385
Fajlagos beruházási költség (M EUR/ MW)	1,249

Végezetül pedig egy kivitelezési költségkalkuláció, amely tartalmazza a rendszer főbb paramétereit, panelmennyiségeket, invertereket és kiegészítő költségeket. A táblázat általában saját tételek és a kivitelező által még hiányolandó eszközök vagy munkafolyamatok kiegészítésével jön létre.

6. táblázat Kivitelezési költségkalkuláció (Forrás: Had Consult Kft)

A beruházási költségek részletezése előzetes						
4 MW						
Tétel megnevezése						
s.sz.	tétel	mennyiség		Becsült költség		Becsült költség
				anyag	díj	összesen
1	22kV-os KÖF kábelek	1	klt	5 000,00 Ft	750 000,00 Ft	5 750 000,00 Ft
2	1250kVA-es BHTR állomás	4	klt	25 000,00 Ft	3 000 000,00 Ft	112 000 000,00 Ft
3	100kVA-es AC elosztók/leválasztók	40	klt	300 000,00 Ft	150 000,00 Ft	18 000 000,00 Ft
4	0,4kV-os kábelek és nyomvonal (átlagos hossz 180fm)	3600	fm	25 000,00 Ft	5 000,00 Ft	108 000 000,00 Ft
5	Visszatáplálás elleni védelemkiépítése	1	klt	5 000,00 Ft	5 000 000,00 Ft	10 000 000,00 Ft
6	Inverterek 50kVA-es	40	db	1 000,00 Ft	50 000,00 Ft	42 000 000,00 Ft
7	DC tűzeseti leválasztók (10-es)	50	db	200 000,00 Ft	25 000,00 Ft	11 250 000,00 Ft
8	Solar kábel és csatlakozó +nyomvonal	40000	fm	600,00 Ft	600,00 Ft	48 000 000,00 Ft
9	Napelemek 500Wp	10000	db	60 000,00 Ft	3 500,00 Ft	635 000 000,00 Ft
10	Tartószerkezet K-NY	10000	klt	10 000,00 Ft	5 000,00 Ft	150 000 000,00 Ft

Összesen: 1 202 500 000,00 Ft

11	Mérnök díjak/ Projekt vezetés/ FMV . (3-4MFT/hó) - kivitelezési időben	1	klt	Ft	- 12 000 000,00 Ft	12 000 000,00 Ft
12	villamos mérések stb...	1	klt	Ft	- 3 500 000,00 Ft	3 500 000,00 Ft
13	Villámvédelem	1	klt	8 500 000,00 Ft	5 000 000,00 Ft	13 500 000,00 Ft
14	Csatlakozási terv készítés	1	klt	Ft	- Ft	4 000 000,00 Ft
15	Engedélyezési terv készítés	1	klt	Ft	- Ft	4 000 000,00 Ft
16	Összevont erőműi engedély megszerzése, ha kell üzleti terv és ügyintés	1	klt	Ft	- Ft	- Ft
17	Naperőmű kiviteli terv készítése	1	klt	Ft	- Ft	5 000 000,00 Ft
18	Kiviteli tervhez épület statika készítése	1	klt	Ft	- 2 000 000,00 Ft	2 000 000,00 Ft
19	Visszawatt védelem programozása	1	klt	Ft	- 1 500 000,00 Ft	1 500 000,00 Ft
20	Üzembe helyezés levezénylése	1	klt	Ft	- 1 500 000,00 Ft	1 500 000,00 Ft
21	Megvalósulási dokumentáció készítése	1	klt	Ft	- 500 000,00 Ft	500 000,00 Ft
22	AFFR szabályozás - tervezés- kivitelezés	1	klt	- Ft	15 000 000,00 Ft	15 000 000,00 Ft
23	Komplett szerelés					80 000 000,00 Ft

Tényleges kivitelezés és a hozzá tartozó problémákat, valamint többlet szükségleteket a következő fejezetben részletezem.

7.2 Kivitelezés

Miután felmerült az igény, meg lett tervezve a szükség és ki lett választva a végrehajtó pár szót említék a kivitelezéséről egy ilyen rendszernek. Mivel esetünkben az adott napelemes rendszer egy ipari csarnok tetőfelületén lesz kivitelezve így több probléma lép fel, valamint egy 4 MW-os rendszer helyigénye igen nagy még kompakt csomagolt esetben is.

A kivitelezése a napelemes rendszernek a következő forgatókönyv szerint volt eltervezve. A csarnok szerkezetkész állapota után, a hő és füstelvezető ablakok, valamint a gépészet tetőre kerülő egységei után megkezdődik a napelempark kivitelezése. Az első probléma a helyszínen szállítandó anyagok mennyisége. Mivel a kivitelezés más szakágak részéről még folyik így a helyi építésvezetésnek meg kell szerveznie, egy ilyen nagy volumenben érkező anyagok logisztikáját, a többi anyag érkezésével. Ennek megfelelően késznek kell lennie egy olyan organizációs úthálózatnak, ami tud fogadni nagy mennyiségű szállító járművet, valamint a BHTR telepítéséhez szükséges egy nagy terhelést is elviselő útszakasz megléte máskülönben nem kivitelezhető a daruzás.

Következő probléma, amit meg kell oldania a kivitelezőnek és az építésvezetésnek, hogy a helyszínen tárolni kell az anyagokat, ehhez általában szükséges pár raktár konténer a nagyobb

értékű anyagok számára, valamint elkordonozható területre, hogy a deponált anyagokat ne tudják elvinni. Itt a kivitelező általában kialakít magának egy egyszerűbb kamera rendszert is, hogy ha bármi bűncselekmény történik az igazolható legyen.

Következő probléma az idő faktor, mivel esetünkben a napelemes rendszernek kell a tetőfelületen utoljára kiépítve lennie, de érdemes már az épület átadásánál üzemeltetnie, mivel a gépparkok, daruk és egyéb munkálatok már átadás után nincsenek napi szinten a helyszínen, valamint a csarnokban végzett munkálatok miatt a kivitelezés sokkal körülményesebb módon valósítható meg. Az építés esetében 4 hónapos kivitelezési idő lett meghatározva, itt a kivitelezőnek 3 hónap építés és egy hónap beüzemelés lett beütemezve, valamint a jelenleg futó csarnok építésénél több védőcsöves előkészítés lesz, amellyel a későbbiekben nem kell már burkolatot bontani esetlegesen földmunkát végezni.

A következő megoldandó probléma maga az építés. Mivel a tetőfelület statikája kalkulált a napelemes rendszerrel és némi többlet tartalékkal, hogy karbantartás és munkavégzés végezhető legyen, azzal viszont nem, hogy a megépítés során feldeponált anyag tömege pontszerű terhelését nem bírja el a tető. Tehát a probléma adott és így a kivitelezőnek figyelnie kell arra, hogy a feldeponálás során azonnal szétosztva kell elhelyezni mind a tartószerkezet mind a panelek összességét, a daruzás így minimálisan megoldható a GEDA használatával viszont nőne az idő intervallum. Jelenlegi megállapodás, hogy a daru feldeponál, de nem engedi el a tartását az anyag tömegének, a tetőfelületen rögzítik a deponált anyagok, hogy ne legyen annak kilengése és egyből szét lesz hordva a tetőfelületen.

Összegezve a kivitelezése egy ilyen rendszernek igen összetett. Az anyag menedzsment a deponált terület védelme és az építkezésen belüli anyagok mozgatása mellett figyelnie kell minden szakági résztvevőnek a másakra, mind időben mind szerelés közben, a tetőfelület statikájára figyelni kell, valamint a nagy mennyiségű kábelezés, tartószerkezet és panelek megépítése is előtérbe kerül.

Legfontosabb kivitelezéshez szükséges tervek:

- Séma rajz (egyvonalas összefüggési rajz)
- Középfeszültség tervei, termelő kábel vezetékJogi terve
- Csatlakozási terv, Fogyasztás mérő terve, engedélyezés
- Installációs elosztó terve
- Termelő kábel vezetékJogi terve
- Sorkapocs szintű áramút tervek
- Villámvédelmi, földelési terv. Túlfeszültségvédelem
- Kábel lista, azonosítók
- string kiosztás terve
- AC, DC elosztók tervei (string inverternél), Terepi elosztó (központi inverternél)
- Állomás elrendezési terve
- Védelmi terv (transzformátor, elosztók védelmei, biztosító értékek)

Valamint szükséges dokumentáció:

- Részletes, tételes költségvetés

- Minden részletre kiterjedő műszaki leírás, generál tervező szintű
- Karbantartási terv (műszaki leírás tartalmazhatja)
- Áramszoigáltató engedélyek, egyeztetések jegyzőkönyvei

8. BREEAM minősítés

BREEAM azaz Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Egy rendszer, aminek célja egy fenntartható épületminősítési rendszer, amelyet az Egyesült Királyságban fejlesztettek ki. Az épületek környezeti teljesítményének értékelése és rangsorolása a cél. BREEAM rendszer tehát elősegíti az építőiparban való fenntarthatóság előre mozdítását, amelyek az építési előírásokon túl mutatnak.

Főbb szempontok, amely alapján a BREEAM rendszer pontjai kaphatók:

- Energiatakarékosság: Az épület energiahatékonyságának értékelése, beleértve az energiafogyasztást és az alternatív energiaforrások felhasználását.
- Vízgazdálkodás: A vízfelhasználás hatékonyságának és a vízforrások megóvásának értékelése.
- Anyaghasználat: Az építési anyagok fenntarthatóságának értékelése, például az újrahasznosított anyagok használata és a helyi erőforrások előnyben részesítése.
- Helyszíni ökológia: Az építkezés helyének természeti környezetére gyakorolt hatások értékelése és a biodiverzitás megőrzése.
- Projektmenedzsment: A fenntartható tervezés és építés folyamatának kezelése, ideértve az érintett felek együttműködését és a kommunikációt.
- Egészség és jólét: Az épületben dolgozók vagy lakók egészségének és jólétének javítása, például a megfelelő légminőség biztosítása és a kényelmes belső klíma kialakítása.
- Szennyezés: A környezeti szennyezés minimalizálása, például a víz- és légszennyezés csökkentése.



27. ábra BREEAM felépítése (Forrás: <https://www.ecoreal.fi/en/service/breeam-in-use-environmental-classification>)

Mivel a dolgozat témáját tekintve villamos oldalról közelítjük meg a rendszert így a következőket vettük figyelembe:

- Energiatakarékosság: Az épület energiafelhasználásának optimalizálása és csökkentése, például hatékony világítási rendszerek és energiahatékony fűtés-hűtési rendszerek alkalmazásával. Mivel a csarnok Megrendelője nem a fűtési rendszert részesítette előnyben, lévén a bent elhelyezett eszközök hőtermelése nagyából kielégíti a csarnok hőigényét így a világítási rendszer váltotta ki az ilyen irányú pontozási rendszert. A csarnokvilágítás egy egyedi sinés rendszerre épülő világítási rendszer, ami megfelel a gyártósori körülményekhez szükséges lux mennyiségével, de energiafelhasználás tekintetében nem növekszik az igény.
- Megújuló energiaforrások: A megújuló energiaforrások, például napenergia, szélenergia vagy geotermikus energia integrálása az épületbe a hagyományos energiaforrások kiegészítésére vagy helyettesítésére. Alábbi pont kielégítésére szolgált a tetőfelületre tervezett Szolár rendszer. Mivel csúcsidőben a rendszer megközelítőleg tudja majd szolgáltatni a csarnok termeléséhez szükséges energiaigényt így a besorolási minősítése is javul.
- Energiatakarékos felszerelések: Az energiahatékony berendezések és eszközök, például energiahatékony világítás, intelligens energiafelhasználó rendszerek és fogyasztásmérők használata az energiafogyasztás monitorozására és optimalizálására.
- Szabályozás és irányítás: Az intelligens épületirányítási rendszerek és automatizálás alkalmazása az energiafelhasználás szabályozására és optimalizálására az épület különböző területein. Jelen esetben egy alap BMS rendszer kerül kiépítésre, amely az alapvető funkciók ellátásában játszik majd szerepet. Koncepcionálisan be van tervezve

az épületbe egy mindent lefedő automatizálási rendszer, de annak megvalósítása csak szakaszosan lesz megvalósítva.

- Zöld energiaellátás: Az épületben előállított zöld energia, például napenergia vagy más megújuló energiaforrások használata, amely hozzájárul az épület energiafüggetlenségéhez vagy legalábbis csökkenti a hálózati energiafelhasználást.

Pár szót említsünk a besorolási szintekről, lévén az ingatlan értékét végül is a besorolási szint növeli. A BREEAM rendszer pontjai alapján az alábbi szintek érhetőek el:

- **Nem minősített:** Az épület nem kapott BREEAM besorolást, vagy még nincs kész a teljes értékelés.
- **Pass:** Az alapvető fenntarthatósági követelményeket teljesíti, de nem éri el a magasabb besorolási szinteket.
- **Good:** Az épület jó szinten teljesít a fenntarthatósági kritériumok tekintetében.
- **Very Good:** Az épület nagyon jó szinten teljesít a fenntarthatósági kritériumok tekintetében.
- **Excellent:** Az épület kiváló szinten teljesít a fenntarthatósági kritériumok tekintetében.
- **Outstanding:** Az épület kiemelkedő szinten teljesít a fenntarthatósági kritériumok tekintetében.

Ahhoz, hogy egy ilyen besorolási procedura elfogadásra kerüljön és gördülékenyen átmenjen az engedélyezési és besorolási procedúrán az alábbi dokumentációkat kell átadni:

Projektdokumentáció: Az építészeti tervek, a szerkezeti tervek, a mechanikai és elektromos tervek, valamint az egyéb műszaki dokumentációk, amelyek az épület tervezéséhez és kivitelezéséhez szükségesek.

- Épületadatok: Az épület mérete, elhelyezkedése, területi adottságai, kapcsolódó infrastruktúra stb.
- Anyagminősítések: Az épületben használt anyagok és termékek minősítésére vonatkozó dokumentumok, amelyek bizonyítják azok fenntarthatóságát és környezetbarát jellegét.
- Engedélyek és tanúsítványok: Az építési engedélyek, környezetvédelmi engedélyek, energetikai tanúsítványok stb.
- Mérési adatok és riportok: Az energiafogyasztás, vízfogyasztás, hulladékkezelés stb. mérésére és monitorozására vonatkozó adatok és riportok.
- Felhasználói dokumentáció: Az épület üzemeltetésével és fenntartásával kapcsolatos dokumentációk, útmutatók, rendszerek leírásai stb.
- Fotódokumentáció: Fotók az építési folyamatról, az elkészült épületről és annak környezetéről.

Milyen okból fontos tehát a BREEAM besorolás megszerzése, első sorban az a cél, hogy a tervezés és a kivitelezés is a leg optimálisabb rendszereket hozza létre a leg jobban felhasználható anyagokból, amelyek illeszkednek a környezethez és nem terhelik meg azt. A besorolás továbbá fontos az épület értékének szempontjából is, lévén az ingatlan vagy bérbe lesz adva vagy értékesítésre kerül. Esetünkben a bérleti szerződés havi értékének növelése, valamint kiegészítő szolgáltatás, mint energia értékesítés, a cél.

9. Befejezés és összegzés

A cég, ahol dolgozom több raktárcsarnok kivitelezését hajtotta már végre viszont eddig nem volt olyan csarnok, ahol a bérlő már egy gyártási folyamattal együtt rendelte meg a létesítményt. Projektvezetőként részese voltam a csarnok technológiai villamos tervezésének és felmerült bennünk a kérdés, hogy a kapott eszközök energia igények alapján a gyár fogyasztása magas lesz, amikor eléri a fogyasztási csúcsot. Adott volt a csarnok teteje és felvetült a napelem kérdése. Mivel a cég, aki a csarnok kivitelezését végzi, a BREEM minősítést is kitűzte céljának, így szükséges volt egyfajta energia menedzsment bevezetése. A feladatom innentől kezdve egy pilot projekt létrehozása volt, ahol be kellett mutatnom egy napelemes rendszert, fel kellett építenem egy költségvetést kivitelezés és anyagszükséglet oldalról, szükséges volt egy megtérülés és egy költség konstrukció létrehozása. Le kellett szűkítenem három kivitelezőre a projektet, akik megvalósíthatják a végleges projektet, részt vettem a rendszer engedélyeztetésében, valamint jogi háttérének tisztázásában és végső, de nem utolsó soron végig vezettem a tervezési fázist a rendszernek. Projektvezetőként több kollégámmal együtt dolgoztam, bevontam külsős jogi és pénzügyi tudással rendelkező céget és szakértőt. Tervezői jogosultság és szükséges programok hiánya végett tervezővel is egyeztettem és támogattam munkáját, valamint szolgáltatóval is kapcsolatot tartottam, hogy sikeres legyen a projekt.

Észrevételek és személyes tapasztalatok:

Sajnos manapság a külső információk hatására az emberek a napelem szó hallatán csak a lakossági szintet tudják értelmezni. Egy kis erőművi engedélyeztetés, annak jogi és kereskedelmi háttere már nem könnyen átadható az emberek tudatába. Igen bonyolult és nehezen utána járható a magyarországi energia piac helyzete, elég zárt rendszerben és sokszor kiforratlan egymásnak ellent mondó passzusokkal kell dolgozni. A mai gazdasági helyzetben is nehezen lehet kalkulálni mind kivitelezői szinten, mind költség szinten. Napi szintű árváltozások miatt csak költség becslésekre lehet hagyatkozni, ami sokszor nehezen tud átmenni egy pénzügyi rendszeren vagy egy vezetőségen. Kivitelezői oldalon sem könnyebb a helyzet, sokan nem készítettek még ilyen rendszert, de a munkaerő piaci helyzetek miatt elvállalják a munkát, a nagyobb kivitelezők pedig hajthatatlan módon csak a saját rendszermegoldásaikkal akarnak dolgozni. Ezeket kiszűrni és egy megfelelő kivitelezőt kiválasztani igen nehéz feladat. Tervezési oldalon bár irányelvek megvannak határozva, két tervező sose tervez ugyan úgy, így fontos, hogy minél jobban tudatában legyünk annak, mit miért csinál adott tervező. A legnehezebb talán mégis a szakágak és a Megrendelői igények kielégítése, adatok bekérése és a folyamatos változtatások lekövetése.

Összegzése a projektnek, amit megvalósítottam:

- A költségbecslések alapján 5-7 éven belül meg tud térülni egy ilyen kivitelezés egy jó bérleti szerződéssel.
- 50.000 m²-en megvalósítható egy 4MW-os rendszer még nagy árnyékhatás esetén is.
- Beruházók és vezetők számára, mindig fel kell mutatni alternatívát, vagy készíttetnek maguknak
- Bár a fogyasztása a csarnoknak 4MW és a rendszer is 4MW ezek csak papíron kiszámolt értéket, egyik rendszer sem fogja egyidejűleg megtermelni ezt a mennyiséget
- Alternatív energiaforrások és tárolók bevezethetők lennének a rendszerbe, de amint költség oldalt is vizsgálnak, gyakorlatilag elvetik a lehetőséget a cégek
- A BREEM minősítés lényege érthető, de a skála elavult sokkal kisebb költségbefektetésekkel is el lehet érni magasabb minősítést.
- Olyan napelemes rendszert, aminek célja a hálózatra való visszatáplálás gyakorlatilag kiserőművi szinten nem lehet megvalósítani. A közcélú hálózatok nem bírják el, ilyen jellegű engedélyeztetés nem lehetséges
- Anyag és kivitelezési költség szinten viszont a projekt elkezdése óta javult a helyzet, a költségek gyakorlatilag feleződtek és bár konkrét összeget nem írhatok egy közel 800 milliós költségből meg lehet építeni egy ilyen rendszert.

10. Conclusion and Summary

The company I work for has already executed the construction of several warehouse facilities; however, until now, there hasn't been a warehouse where the tenant ordered the facility along with a manufacturing process. As a project manager, I was involved in the electrical planning of the warehouse technology, and the question arose regarding the energy consumption of the factory, especially when it reaches its peak consumption. The roof of the warehouse was already in place, prompting the consideration of solar panels. Since the company undertaking the construction also aimed for BREEAM certification, it was necessary to introduce a form of energy management. My task from then on was to create a pilot project where I had to present a solar panel system, establish a budget from the implementation and material needs perspective, develop a return on investment and cost structure. I narrowed down the project to three contractors who could execute the final project, participated in the system's permitting process, clarified its legal background, and ultimately oversaw the system's design phase. As a project manager, I worked with several colleagues, involved an external company and expert with legal and financial knowledge. Due to the lack of design authority and necessary programs, I also coordinated with the designer and supported their work, as well as maintained contact with the service provider to ensure the project's success.

Feedback and Personal Experiences:

Unfortunately, nowadays, due to external influences, people can only interpret solar panels at a residential level. The complexities of obtaining permits for small power plants, along with their legal and commercial aspects, are not easily conveyed. The situation in the Hungarian energy market is very complicated, working within a closed system with often contradictory and undeveloped passages. Even in today's economic climate, it's challenging to calculate both at the contractor and cost levels. Due to daily price fluctuations, estimates can only rely on cost estimations, which often struggle to align with financial systems or management. On the contractor side, the situation is equally challenging. Many have not yet designed such systems, but due to labor market conditions, they take on the work, while larger contractors rigidly adhere to their own system solutions. Filtering these and selecting an appropriate contractor is a difficult task. On the design side, although guidelines are established, no two designers design the same way, so it's important to understand why a designer does what they do. Perhaps the most challenging aspect is satisfying the demands of different sectors and the client, requesting data and tracking continuous changes.

Summary of the Project I Executed:

- Based on cost estimates, such an implementation can pay off within 5-7 years with a good lease agreement.
- A 4MW system can be implemented on 50,000 m², even with significant shadow effects.
- For investors and managers, presenting alternatives is always necessary, or they create them themselves.
- Although the warehouse's consumption is 4MW and the system is also 4MW, these are only calculated values on paper; neither system will simultaneously produce this quantity.
- Alternative energy sources and storage could be introduced into the system, but once the cost side is examined, companies practically dismiss the possibility.
- The essence of BREEAM certification is understandable, but the scale is outdated; higher ratings can be achieved with much smaller investments.
- A solar panel system aimed at feeding back into the grid practically cannot be realized at the level of a small power plant. Public networks cannot handle it, and such permits are not feasible.
- However, the situation has improved in terms of material and implementation costs since the start of the project; costs have practically halved, and although I cannot specify an exact amount, a system can be built from a budget of nearly 800 million.

11. Irodalom jegyzék

<https://nvsolar.hu>

<https://www.eu-solar.hu>

<https://www.mnnsz.hu>

<https://szakopiusz.hu>

<https://www.tiszaenergiak.hu>

Mészáros Lajos; Schotter Károly: Magyar Mérnöki Kamara ELEKTROTECHNIKAI TAGOZA - Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez, 2015. február

<https://smgrs.eu/hidrogen-rendszerek>

<https://www.tuv.com/landingpage/hu/hydrogen-technology/main-navigation/production>

<https://www.hfc-hungary.org>

<https://raketa.hu/a-gravitacio-lehet-a-jovo-energiataroloja>

<https://www.eon.hu>

<https://tervlap.hu>

<https://www.ecoreal.fi/en>

<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-breeam>

<https://mkeh.gov.hu>

<https://net.jogtar.hu>

<http://szabvanykonyvtar.mszt.hu>

Véghely Tamás: Napelemek és napelemrendszerek szerelése, Cser Kiadó, 2012

Véghely Tamás: Napelemes rendszerek villamos berendezései, Cser könyvkiadó és ker. kft., 2014

Tervezők:

Libor János villamos tervező V-VN-01-17160

Pádár Zsolt villamos tervező EN-VI, EN-ME, 01-2912

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Zilahi Balázs Gergő
A Hallgató Neptun kódja: INI70K
A dolgozat címe: Naperőművi méretezés Ipari létesítmények energia
optimalizálásához
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István
Campus
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

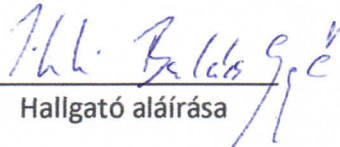
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024 év április hó 21 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

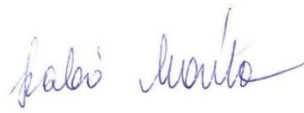
NYILATKOZAT

Zilahi Balázs Gergő (hallgató Neptun azonosítója: INI70K) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / **nem javaslom**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2024 év április hó 21 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.