



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatizálási és Energiarendszerek Intézet



ÓE-KVK

2023.

Hallgató neve:

Szporni Gábor István

Hallgató törzskönyvi száma:

T010958/FI12904/K



Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Szporni Gábor István

Szakdolgozat száma: SZD2310191113477942

Törzskönyvi száma: T010958/FI12904/K

Neptun kódja:

Szak: Napelemes rendszerek létesítése (szakmérnök)

Specializáció:

A dolgozat címe: Mobil bázisállomások energiaellátásának támogatása napelemes rendszerekkel

A dolgozat címe angolul: Supporting the energy supply of mobile base stations with solar systems

A feladat részletezése: 1. Napelem-, és energiatároló rendszer kapacitás tervezés
2. Tartószerkezet tervezés
3. Bázisállomások optimális energiafelhasználásának biztosítása
4. Gazdaságossági számítások

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

Külső konzulens neve: Vida Sándor

Munkahelye:

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 11. 29.

P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


belső konzulens


külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

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

Budapest, 2023 december 4.


.....
hallgató aláírása

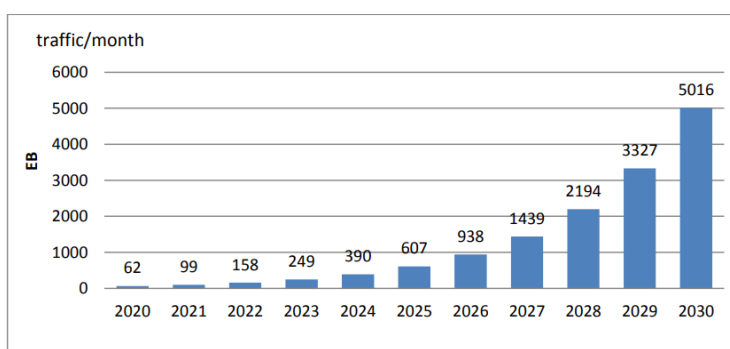
TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	5
2. Napelemes rendszerek használatának indokoltsága a telekommunikációs hálózatok esetében.....	8
2.1. Napelemrendszerek használatának telekommunikációs területei	9
2.2. Általános tervezési szempontok a különböző használati módoknál	11
2.3. Mobil bázisállomásokhoz telepített napelem rendszerekkel kapcsolatos nehézségek	13
2.4. A mobil bázisállomások esetén szóba jöhető napelemtelepítési megoldások	16
2.4.1. Gondos helyszín válogatás	17
2.4.2. A toronyra történő telepítéssel kapcsolatos megfontolások	18
2.4.3. Konténerre telepítés	18
2.4.5. Talajra történő telepítés.....	20
2.4.6. Vegyes telepítés (konténerre és toronyra, konténerre és földre, földre és toronyra)	22
3. Tervezési megfontolások, konkrét példák.....	23
3.1. Napelem rendszer kapacitás tervezés.....	23
3.2. Energiatároló kapacitás tervezése	28
3.3 Tartószerkezet tervezés	31
3.3.1. Földre történő telepítés	33
3.3.2. Konténer és földön álló vegyes tartó szerkezet	34
3.3.3. Távközlési toronyra szerelt tartószerkezet.....	36
3.3.4. Módosított, toronyra szerelhető tartószerkezet.....	40
4. Bázisállomások optimális energiafelhasználásának biztosítása	42
4.1. Az energiamenedzselő alkalmazások használata optimalizálási célokra	42
4.2. Néhány energiamenedzselő alkalmazás rövid bemutatása	49
4.2.3. A2B megoldás.....	49
4.2.4. Ericsson megoldás	56
5. Gazdaságossági számítások.....	61
5.1. Nettó jelenérték számítás	61
5.1.1. A kiadások számbavétele	62
5.1.2. Bevételek számbavétele.....	63
5.1.3. NPV számítás kiértékelése.....	64
6. Összefoglalás	66
6.1. Magyar nyelven	66
6.2 In English	67
Irodalomjegyzék / Hivatkozások	68

1. BEVEZETÉS

A telekommunikációs cégek jelentős energiafelhasználók, egyes becslések szerint jelenleg a világ energiafelhasználásának 2-3 %-ért felelősek¹, ami több okból is kihívás elé állítja az iparág szereplőit.

1. Exponenciálisan növekvő adatforgalom



1. ábra. A globális mobilforgalom becslése 2020-2030 között.²

Nem csak a fent látható ITU előrejelzés, hanem minden telekommunikációban résztvevő cég előrejelzései alapján exponenciális adatforgalom növekedés várható az előttünk álló években, ami hálózatok kapacitásának további növelését igényli, és ez óhatatlanul még több energiafelhasználást is feltételez ebben az iparágban.

2. Növekvő energiaárak



2. ábra. Energia árak a HUDEX-en.³

¹ <https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/energy-efficiency-2/>

² https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2370-2015-PDF-E.pdf

³ <https://hudex.hu/hu/piaci-adatok/villamos-energia/napi-adatok#year>

Már 2021-ben elkezdődött az energia árak növekedése, amit az Ukrán- Orosz háború rendkívüli mértékben felgyorsított. Az árak mostanra valamelyest csökkentek, de még mindig több mint a duplája a mostani ár a 2-3 évvel ezelőttinek.

3. Energiabiztonság

Az elmúlt évtizedekben Európában, és így Magyarországon is rendkívül magas szintű volt az energiabiztonság, hozzászoktunk, hogy jószerivel mindig és mindenhol van áram. A jelenlegi bizonytalan politikai helyzetben sokaknak ez a biztonságérzete rendült meg, és szinte valamennyi telekommunikációs cég elkezdte kidolgozni azokat a stratégiákat, hogy milyen felkészülésre van szüksége ahhoz, hogy alkalom adtán napi, akár többszöri, egy-két órás áramszünet esetén is biztosítani tudja az üzletmenetfolytonosságot.

4. Klímaváltozás, illetve ennek megakadályozását célzó stratégiák

Mind az EU, mind a magyar kormány nagyon komoly, kihívást jelentő CO₂ kibocsátási célokat ír elő 2030-ra, illetve 2050-re. 2030-ig a CO₂ kibocsátást 55%-kal kell csökkenteni, 1990-hez képest, míg 2050-re el kell érni a nettó nulla kibocsátást⁴.

A fenti kihívásokra keresve a lehetséges válaszokat két kézenfekvő megoldásra szoktak jutni a szakértők:

- Nagykapacitású, megújuló energiát hasznosító (Magyarországon leggyakrabban naperőmű) erőmű létesítése, vagy más által épített, ilyen erőműben megtermelt energia megvásárlása hosszú időszakra (PPA - Power purchase agreement: Áramvásárlási szerződés).
- A cégek a saját telephelyeiken telepítenek kiskapacitású erőműveket, amikkel az adott telephely energiaigényét, vagy annak egy részét biztosítani tudják.

⁴ <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/climate-change/>

Gondos tervezéssel, ezekkel a megoldásokkal mind a négy fenti kihívásra megoldás adható. Szakdolgozatomban a fenti két pont közül a másodikkal, a telephelyen történő, megújuló energiát hasznosító erőmű telepítésével fogok részletesen foglalkozni.

A szakdolgozat felépítése:

- A megoldandó probléma megfogalmazása és elemzése kapcsán felvázolom, hogy milyen kihívásokkal kell szembenézni, amikor működő mobil bázisállomások energiaellátását napenergiát hasznosító erőművel szándékozunk támogatni.
- Az Óbudai egyetemen folytatott mérnökszakképzési tanulmányaim, illetve a munkahelyemen végzett mérnöki tevékenység alapján áttekintem és elemzem a lehetséges megközelítési módokat.
- A műszaki paraméterek kiszámítása után néhány konkrét helyszínre koncentrálni bemutatom a kiválasztott megoldási módszer valós környezetben történő megvalósítását.
- A valós tapasztalatok és a gazdasági megfontolások alapján számba veszem a lehetséges továbbfejlesztési lehetőségeket.

2. Napelemes rendszerek használatának indokoltsága a telekommunikációs hálózatok esetében

Magyarország sűrű településszerkezettel rendelkezik, és a települések legnagyobb része elektromos hálózattal lefedett. Mivel a telekommunikációs hálózatok iránti igény, mind a fix, mind a mobil hálózatok tekintetében, főleg ezeken a helyszíneken merül fel, így általános megoldás, hogy a telekommunikációs eszközök energia igényét a könnyen elérhető, szinte állandóan rendelkezésre álló elektromos hálózatról oldják meg. A települések közötti útszakaszok sem olyan hosszúak, hogy azok pl.: mobil lefedése akadályt jelenthetne, de ha mégis szükséges települések közé bázisállomást telepíteni, annak elektromos ellátása is viszonylag egyszerűen, véges költségekkel megoldható.

Az elektromos hálózatok rendelkezésre állása és időbeli folytonossága szintén kiemelkedő hazánkban, így jelenleg ez sem indokolja a tömeges helyszíni energiatermelést.

Egészen 2022 év elejéig az elektromos áram ára is alacsonynak és stabilnak volt tekinthető. Az önálló energiatermeléshez szükséges befektetések költsége, és a megtermelt energia által kiváltott energia költsége alapján számított RoI (Return on Investment) megtérülési mutató 20 év felett volt, ami alapján a cégek nem az ilyen jellegű befektetéseket tekintették elsődlegesnek.

A helyzet 2022 év elején, a 2. ábrán bemutatott energiaárak hirtelen és drasztikus emelkedése, az Orosz-Ukrán háború okozta gázellátási bizonytalanságok miatt gyökeresen változott meg.

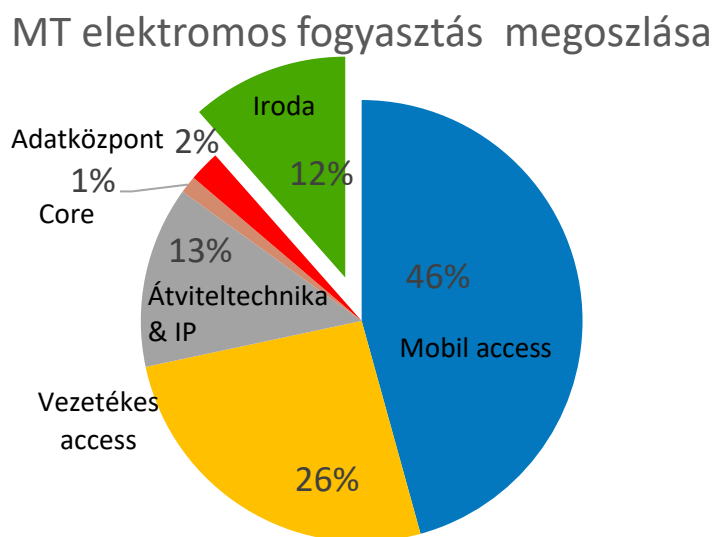
Az energiaárak már közel sem annyira kedvezők, mint korábban, sőt extrém magasnak mondhatók, és az energia ellátásbiztonság sem tűnik a jövőben annyira biztosnak, mint ahogy azt megszoktuk az előző évek / évtizedek során. Ez különben nem magyar sajátosság, hanem az európai energiarendszer orosz függése miatt, egész Európára igaz megállapítás. A fentiekben leírtak alapján (elszálló energiaárak, valószínűsített ellátási bizonytalanságok) a telekommunikációs ipar szereplői újra kezdik elővenni a korábban gazdasági alapon nem megtérülőnek tartott beruházásterveiket és újra vizsgálják ezeknek a beruházásoknak a vélhető előnyeit / hátrányait.

A helyszínen megtermelt energia azért is tűnik előnyösnek, mert nem csak az energiaköltségeket lehet ezzel csökkenteni a jövőben, hanem az energiaellátás biztonságát is lehet növelni, ha megfelelően átgondolt módon történik a beruházás.

2.1. Napelemrendszerek használatának telekommunikációs területei

Alapvetően két lehetőség áll rendelkezésünkre a napelemek használatakor, az egyiknél a fogyasztás helyszínén termeljük meg a szükséges elektromos energiát, a másiknál a fogyasztás helyszínétől függetlenül, egy központi helyen termeljük az áramot.

A telekommunikációs szektorban, az iparág szereplői igyekeznek mind a mobil, mind a vezetékes szegmensben szolgáltatni, mert így tudják legjobban kiszolgálni az ügyfelek igényeit, egyben a legköltséghatékonyabban is, mert vannak olyan központi (Core), és átviteltechnikai eszközök, amiket mindkét szegmensben tudnak használni.



3. ábra. A Magyar Telekom elektromos fogyasztás megoszlása 2022-ben.⁵

Bár a 3. ábrán konkrétan a Magyar Telekom elektromos energia fogyasztás megoszlását mutatom be, a terjedő iparági információk alapján, ez a megoszlás jól jellemzi a hasonló, mind a vezetékes, mind a mobil piacon versengő szolgáltatók fogyasztását.

⁵ Bessenyei-Szporni, Megújuló energia, energiahatékony hálózat című előadása, 2022. 11. 3.

Az ábrán látható, hogy a legnagyobb fogyasztó a mobil hálózat, aminek oka az országos, több technológián (2G, 4G, és most már részben 5G), több frekvencia sávon biztosított teljes lefedettség biztosítása. A növekvő mobil sáv szélesség igények miatt, újabb és újabb frekvenciasávokon, ráadásul egyre szélesebb frekvencia spektrumokon történik a jelek sugárzása és vétele, ami miatt a mobil ágazat fogyasztása hosszútávon várhatóan növekedni fog. Néha persze vannak üdítő, fogyasztáscsökkentő lehetőségek is, ilyen volt például 2022-ben a 3G hálózatok lekapcsolása, amivel jelentős energia megspórolható.

A következő nagy fogyasztó a vezetékes hálózat. Ennek a szegmensnek a fogyasztása csökkenő tendenciát mutat, aminek oka a rézhálózatok fokozatos kiváltása optikai hálózatokra. Az optikai hálózatokon nagyobb üzembiztonság, és nagyobb elérhető sáv szélesség mellett kisebb fogyasztással számolhatunk.

A harmadik nagy fogyasztó az átviteltechnikai hálózat, ami nélkül ez az iparág nem képes működni, mert ezen a hálózaton történik az adatok továbbítása az egyik helyszínről a másik helyszínre. Az 1. ábrán is bemutatott, folyamatosan növekvő adatforgalom miatt újabb és újabb, mind nagyobb adatforgalom kezelésére alkalmas eszközök telepítésére van szükség ezen a területen is. Szerencsére idő közben a technológia fejlődik, így az energiahatékonysága ezeknek az eszközöknek folyamatosan javul. Mindezek alapján ezen a területen a fogyasztás szinten maradása várható.

Az irodák és a boltok fogyasztása meghaladja a 10%-ot, várhatóan ezen a szinten marad is hosszútávon.

Az adatcenterek és a központok (Core hálózati eszközök) fogyasztása százalékosan nem tűnik soknak, de abszolút értékben jelentős. A technológia fejlődése itt is jó irányban hat a fogyasztásra, mert a régebben teremnyi méretű kapcsolóközpontok most már elférnek egy-két rack szekrényben. Így nem csak az elfoglalt gépterem négyzetméterek csökkennek, hanem a disszipált hő mennyisége is. Ez azért fontos, mert a Core és adatcenter berendezések működéséhez elengedhetetlen feltétel a környezeti hőmérséklet viszonylag alacsony és állandó szinten tartása, amihez jelentős energiát kell elhasználni. Ennek a két szegmensnek a fogyasztása hosszútávon a jelenlegi szinten várható.

A fentiekből látszik, hogy amennyiben az energiahatékonyságon szeretnénk javítani, akkor a mobil és vezetékes hálózatokra érdemes koncentrálni, mert egy-egy hatékonyságnövelő

beruházás, ezeken a területeken hozza a legnagyobb spórolást és nyilvánvaló tény, az el nem használt energia a legolcsóbb energia.

Energiatermelés szempontjából viszont megfontolandó bármelyik terület, ahol van elegendő hely a napelemek elhelyezésre, amiknek az elhelyezésére a géptermekek és adatcenterek esetében szóba jöhet a klasszikus háztetőre szerelt napelemrendszer technológia, ami lehet akár ferdetetős, akár lapostetős kivitelezésű.

A mobil bázisállomások esetében rögtön adódik az ötlet, hogy telepítsük a napelemeket a tornyokra, mert ott elég magasra felmenve, a környezet árnyékoló hatásától biztosan védve leszünk. Az ezzel a megoldással kapcsolatos problémákkal, többek között, a következő fejezetben foglalkozom.

2.2. Általános tervezési szempontok a különböző használati módoknál

Talán meglepő módon, de az iparági felhasználás esetén sem más szempontok okozzák a nehézségeket, mint az egyéni, családi felhasználás során, de természetesen vannak iparágra jellemző, sajátos nehezítések is.

Ha olyan helyszínre akarunk napelemeket telepíteni, ahol rögtön van energiafelhasználás is, akkor két kérdés merül fel:

1. mekkora a helyszíni fogyasztás, mekkora teljesítményű napelemrendszert akarunk telepíteni, és
2. mekkora a helyszínen elférő, telepíthető napelemrendszer?

Az első pont, első fele viszonylag könnyen megválaszolható, akár az energiakereskedőtől kapott villanyszámla elszámolás, vagy akár a helyszínen telepített eszközök ismert fogyasztási adatai alapján a helyszínek fogyasztása könnyen megismerhető.

Az, hogy mekkora kapacitású napelemrendszert akarunk telepíteni, az már nem annyira triviális kérdés.

Itt is több lehetőség áll rendelkezésünkre:

- A napelem rendszer csúcsteljesítménye mindig legyen kisebb, mint a helyszíni fogyasztás, ebben az esetben, a napelem rendszer DC feszültségét egy DC-DC konverteren keresztül lehet illeszteni a telekommunikációs eszközök által megkívánt – 48 V DC feszültséghez. Ebben az esetben biztosak lehetünk abban, hogy nem lesz túltermelés, minden megtermelt energiát azonnal fel tudunk használni.
- Ha van elegendő hely, akkor telepíthetünk nagyobb teljesítmény kapacitású napelemrendszert, mint amit az azonnali felhasználás indokol, de ebben az esetben gondoskodni kell a fel nem használt energia tárolásáról. A lehetséges megoldások:
 - DC-AC inverteren keresztül a többletet betápláljuk a hálózatba, majd, amikor már nem elégséges a napelem által megtermelt energia, akkor a hálózathoz vesszük az elektromos energiát (ez pont olyan, mint az otthoni felhasználás során).
 - A felesleges energiát a helyszínen akkumulátorokban tároljuk, és amikor szükségünk van rá, akkor az akkumulátor kapacitás erejéig onnan vesszük az energiát, és nem a hálózathoz.

Érdekes és szükségszerű a fenti lehetőségek előnyeinek és hátrányainak a vizsgálata.

A legegyszerűbb megoldás, ha soha nem termelünk több energiát, mint amennyire szükségünk van. Ez a megoldás költségek szempontjából is a legalacsonyabb, mert nem kell az energia tárolásáról gondoskodni. Viszont a nyereség oldalán is ez a megoldás a legkevésbé hasznos, mert hiába tudnánk több energiát termelni és ezzel több költséget spórolni, itt a megtermelt energia erősen korlátos lesz. Viszont van, ahol ez a megoldás adódik a környezeti adottságokból is, pl.: ha kevés napelem telepíthető, vagy pl.: a géptermek, adatcenterek tetején, ahol gyakorlatilag mindig kevesebb energia termelhető meg a tetőkön, mint amennyit a tető alatti épületben felhasználunk.

A DC-AC inverteren keresztül, a hálózatba történő visszatápláló megoldás a felhasználó szempontjából költséghatékony volt, és ezzel a megtermelt energiát is maximalizálni lehetett. Költséghatékony volt a felhasználó szempontjából, mert az elektromos hálózatot használta az energia tárolására, és sokáig a hálózatba betáplált és az onnan kivett energia ára is megegyezett.

Most már viszont, az ilyen módon történő telepítések esetében nem használható a szaldó elszámolás⁶, ezért ez a megoldás gazdaságilag egyre nehezebben igazolható.

Ezért, ha több energiát szeretnénk termelni, mint amennyit azonnal fel akarunk használni, akkor érdemes megfontolni a fel nem használt energia pl.: akkumulátorokban történő tárolását. Az egyik oldalon jelentkezik az az előny, hogy összességében több energiát, így több energiaköltséget tudunk spórolni, a másik oldalon viszont jelentősen megnő a beruházás költsége, mert a felhasználni kívánt, sokszor tölthető és kisüthető akkumulátorok ára jelenleg még igen magas.

2.3. Mobil bázisállomásokhoz telepített napelem rendszerekkel kapcsolatos nehézségek

A fenti megfontolások után vegyük sorba, hogy milyen nehézségekkel állunk szemben a telepítés tervezése során a mobil bázisállomások esetén.

- szűkös hely a földön (saját tulajdon esetén),
- bérleti szerződés módosítás / emelkedő bérleti díjak (bérlet telephely esetén),
- földre telepítés esetén árnyékolás (környező épületek, növények),
- konténerre telepítés
 - nincs elég hely,
 - nem megfelelő a tájolás,
- toronyra telepítés
 - szélterhelés,
 - nem megfelelő tájolás.

A két legjelentősebb probléma a szűkös hely, illetve a bérbeadói szerződés feltételei, amelyek gyakran össze is függenek.

Egy-egy mobil szolgáltató több ezer bázisállomással rendelkezik az ország területén, amiknek jelentős része bérelt helyszínen került megépítésre. A nagymennyiségű bérelt helyszín jelentős

⁶ <https://magyarkozlony.hu/dokumentumok/15cb808c782394fa4902bccb92e31175d9b742a/megtekintes>

bérleti kiadással jár, így magától értetődik, hogy a bérleti területek erősen szorítkoznak a ténylegesen használt területek nagyságára, ami gyakran a kb. 1 nm- területet elfoglaló kültéri keretből, az épület három sarkán felállított antennatartó szerkezetek, és az ezeket összekötő kábelezés által elfoglalt területből áll. Ha ezek mellé 25-30 nm napelemtáblát szeretnénk telepíteni, az olyan mértékben növelné meg a bérleti költségeket, hogy azt az energiaköltségeken nem lehetne realizálni. Így a bérelt helyszínek nagyrészt kiesnek a szóba jöhető napelemrendszer telepítések közül. Ez nagyon komoly probléma, mert a hálózatok legsűrűbb részét képező városi környezetben, szinte valamennyi helyszín bérelt épületre telepített bázisállomás.

A saját tulajdonú telephelyek esetében is felmerülhet a szűkös helyszín. Amikor egy bázisállomás telepítéséhez meg kell vásárolni az elfoglalt területet, szintén a költséghatékonysági szempontok dominálnak, ezért csak akkora területet szándékozik megvenni a szolgáltató, amekkorára éppen szüksége van. Persze van, amikor az eladó nem hajlandó eladni csak a telek sarkát, ilyen helyeken van most lehetőség a földre telepíteni napelemrendszereket.

A szűkös helykínálat olyankor is előtérbe kerülhet, amikor több szolgáltató osztozik egy területen. A szolgáltatók már viszonylag régóta igyekeznek úgy csökkenteni a hálózatépítés költségeit, hogy betelepülnek egymás telephelyeire. A közösen használt terület, valamint a közösen használt infrastruktúra (torony, antenna tartó szerkezet), jelentős spórolási potenciált biztosít, viszont most, amikor minden szolgáltató szeretne napelemeket telepíteni, a véges terület erősen korlátozza a lehetőségeket.

Jó ötletnek tűnhet, hogy telepítsük a napelemeket a tornyokra. A szolgáltatók által használt tornyok gyakran egyentervek alapján készültek és 30-40-50-60-70 méter magasak. Az antennák általában a torony tetején vannak (esetleg több körben egymás alatt, éppen a betelepülések miatt, mert a legértékesebb, legmagasabb helyszínen már nem fér el mindegyik szolgáltató), de így is van bőséges hely az antennák alatt a torony öv rúdjaiban, illetve az azokat összekötő merevítő rudakon.

Itt is problémába ütközhetünk, mert a tornyok nem végtelen terhelésre lettek tervezve, hanem a torony tetején elhelyezett antennák tartására. Tehát amikor a torony tervezésre kerül, akkor itt is költségoptimumra törekszenek a szolgáltatók, és olyan erős torony kerül megépítésre, ami

képes az előre meghatározott antennamennyiséget megtartani. Gyakran előfordul, hogy ha egy szolgáltató betelepül a másik szolgáltató tornyára, akkor a tornyot meg kell erősíteni, a növekvő terhelés miatt. Egy-egy ilyen toronyerősítés jelentős költséggel jár, ezért napelemtelepítés szempontjából nem járható út. Azt fontos megjegyezni, hogy ezek a tornyok nem dőlnek össze a rájuk telepített napelemtáblák súlya alatt, illetve a napelem táblák felülete által okozott megnövekedett szélterhelése miatt. A tornyok terhelése arra van számítva, hogy a rájuk szerelt antennákat, akár 150 km/h szélben is adott fokon belüli elhajlással, elcsavarodással képesek legyenek megtartani, mert az emberek ilyen nagy szélben is szeretnék használni a mobil hálózatokat. Gyakran vannak mikrohullámú antennák is szerelve a tornyokra, amik különösen érzékenyek az antenna elmozdulására, elhajlására, mert ezen antennák nyalábjának kúpszélessége pár fok. Tehát a mobil hálózatok lefedettsége és működőképessége szenvedne csorbát, amennyiben a tervezetnél nagyobb mértékű terhelést okoznánk a tornyokon.

Természetesen nem mindegy, hogy milyen magas toronyra akarunk napelemeket telepíteni. Egy 60-70m magas torony esetében relatíve sokkal kisebb extraterhelést okozunk, mint egy 30 vagy 40 m magas torony esetében, ugyan annyi napelemtábla elhelyezése során. Közelítő számítások alapján, ha 16-18 darab napelemtáblát akarunk elhelyezni a toronyra, akkor az így okozott extra toronyterhelés a különböző magasságú tornyok esetén:

30m	15-18%
40m	7-10%
50m	4-6%
60m	elhanyagolható
70m	elhanyagolható

1. táblázat. 16-18 napelem tábla okozta szélnyomás okozta terhelésnövekedés a különböző magasságú tornyokon.⁷

A szűkös hely és a szélterhelés mellett további „klasszikus” probléma lehet a nem megfelelő tájoltsága a meglévő infrastruktúrának. Például, ha a toronynak, ami általában háromszög keresztmetszetű, nincsen déli irányba néző síkja, akkor vagy több napelemet kell telepíteni a

⁷ Sigma-X Tervező és Tanácsadó Kft. „Napelem Panelek telepítése 30-40-50-60-70 m magas Telekom típustornyokra” című szakvélemény, ami a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján készült 2022.09. 28-án.

szükséges energiatermelés érdekében, vagy le kell mondani a megtermelhető energia egy részéről.

Nagyon gyakran nem csak egy, kb. 1 nm alapterületi kültéri keretben kerülnek elhelyezésre a mobil bázisállomás eszközei, hanem pl.egy 10 vagy 20 lábas konténerben. Remek ötletnek tűnik a konténer tetejére telepíteni a napelemeket, mert így nem csak energiát tudunk termelni, hanem a napsugárzás melegítő hatásától is óvni tudjuk a konténert és benne az eszközöket. Így kevesebb energiát kell elhasználni a konténer belsejének a hűtésére. Viszont itt is probléma, hogy annak idején a konténer telepítésekor nem volt szempont a déli tájolás, sőt, akkor az tűnt ideálisnak, hogy déli irányba minél kisebb felületét mutassa a konténer, a sugárzó hő minimalizálása miatt. Így a konténer tetejére történő telepítés során megint csak szuboptimális megoldást lehet elérni, vagy valamilyen egyedi, mérnöki megoldást kell keresni.

A napelemrendszerek örök ellensége az árnyékolás itt is nehézséget tud okozni. A tornyos bázisállomások gyakran növényzettel sűrűn körülvett területen helyezkednek el. Ezek visszavágása a birtokhatáron belül még csak-csak megoldható, de birtokhatáron kívül a tulajdonos beleegyezése nélkül nem végezhető el ez a feladat. Az ilyen engedélyek beszerzése gyakran körülményes, nem egyszer eredménytelen.

2.4. A mobil bázisállomások esetén szóba jöhető napelemtelepítési megoldások

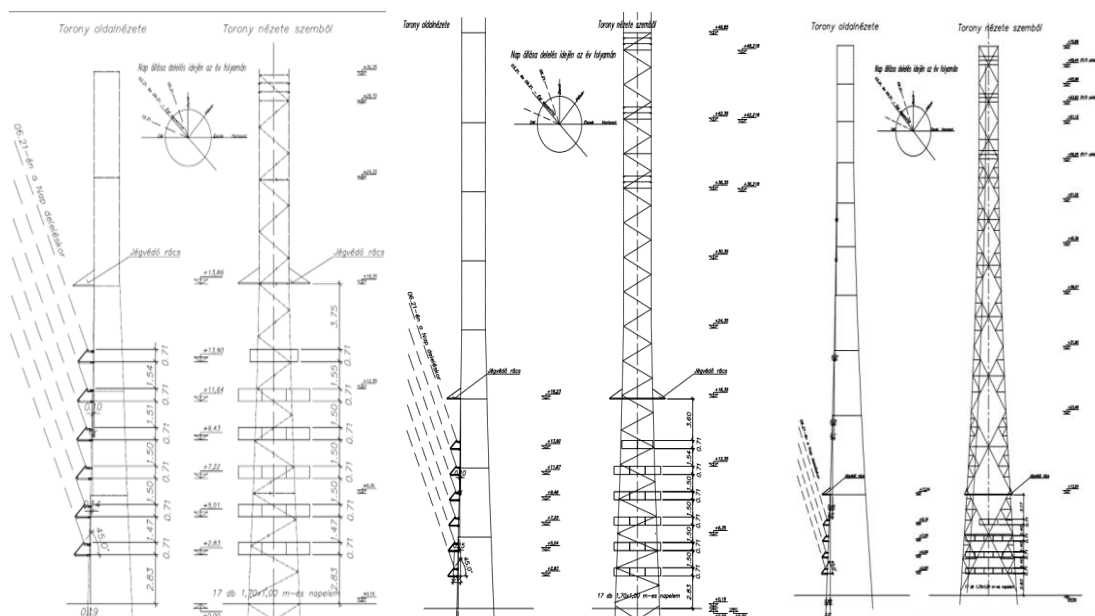
A Magyar Telekom hozzávetőlegesen 3750 mobil bázisállomással fedi le Magyarországot annak érdekében, hogy az előfizetők gyakorlatilag bármikor, bárhol hozzáférjenek a mobil szolgáltatásokhoz. Tehát rengeteg helyszín szóba jöhet az első erőművek telepítése szempontjából, a megfelelő telephely kiválasztását érdemes ésszel, sőt mérnöki megfontolások mentén megtenni.

2.4.1. Gondos helyszín válogatás

Főleg a napelemtelepítési mélyebb tapasztalatok megszerzéséig érdemes a legnagyobb sikerrel kecsegtető helyszínek kiválasztása. Így is lesznek nehézségek, így is lesznek meg nem valósítható beruházások, de ezek mennyisége a gondos bázisállomás szelekcióval minimalizálható. A megszerzett tapasztalatok alapján pedig, a korábban kirostált helyszínek egy részére is lehetségesé válhat a telepítés megvalósítása.

- Első körben érdemes a vidéki, saját tulajdonú, tornyos állomások figyelembevétele.
- Következő lépés a korábbi helyszíni tapasztalatok, illetve a meglévő fényképek alapján azoknak a helyszíneknek a kiválasztása, ahol a környező épületek, növényzet nem okoz problémát.
- Eldöntendő, hogy van-e elegendő hely a földre telepítéshez, vagy a konténerre / toronyra kell a telepítést elvégezni.
- A tornyoknál meg kell vizsgálni a jelenlegi kihasználtságot (szélterhelés szempontjából), hogy lehetséges-e a napelemtáblák elhelyezése a toronyra.
- Ha vannak ilyen tornyok, akkor azok közül érdemes olyanokat válogatni, amelyek egyik síkja minél inkább déli irányba néz.
- És nem utolsó sorban érdemes minél több toronymagasságú helyszínt kiválasztani, illetve konténeres helyszíneket is bevonni az első körös telepítésebe, hogy mindegyikkel megszerezzük az elsődleges tapasztalatokat.

2.4.2. A toronyra történő telepítéssel kapcsolatos megfontolások



4. ábra. 30m, 50m és 70m toronyra szerelt 17 darab napelemtábla elhelyezésnek vázlatos rajzai.⁸

A 4. ábrán, ahol méretarányos vázlatos tervek láthatók, jól átszik, hogy miért okoznak jelentősen nagyobb, relatív szélterhelést a napelemtáblák egy 30 méter magas tornyon, és miért nem okoz ez problémát egy 70 méter magas tornyon. Míg a 30 méteresnél a torony felét elhasználjuk a napelemekkel, addig a 70 méteresnél az alsó egyötöd részt sem foglaljuk el.

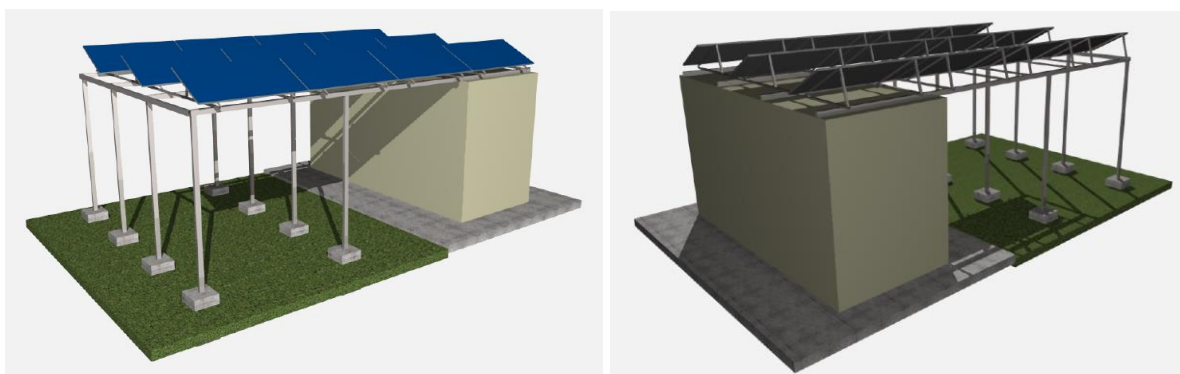
2.4.3. Konténerre telepítés

A konténeres helyszíneknél érdemes a konténerek, tudatos és ésszerű felhasználása. A konténerre telepítés nem okoz problémát a torony szélterhelésében, így bővebb listát tudunk készíteni a napelemtelepítések helyszínéül.

⁸ Sigma-X Tervező és Tanácsadó Kft. „Napelem Panelek telepítése 30-40-50-60-70 m magas Telekom típustornyokra” című szakvélemény, ami a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján készült 2022.09. 28-án.



5. ábra. Egy tipikus konténeres állomás, mögötte a távközlési toronnyal.⁹



6. ábra. Az 5. ábrán bemutatott konténer felhasználása napelem táblák telepítésére.¹⁰

Az 5. ábrán bemutatott konténer hosszanti tengelye É-D-i tájolású. A 5. képen látszik, hogy a konténer mellett van bőséges hely, így oldalirányba lehet terjeszkedni. Így ezen a helyszínen egy vegyes – konténerre és lábas tartószerkezetre támaszkodó – telepítésre kerülhet sor.

⁹ Magyar Telekom, Rákoscscaba 1 telephely fényképe, Magyar Telekom fénykép archivum.

¹⁰ Visimpex-Hungary Kft. tervei alapján, ami a Rákoscscaba 1 telephelyre készültek a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján.

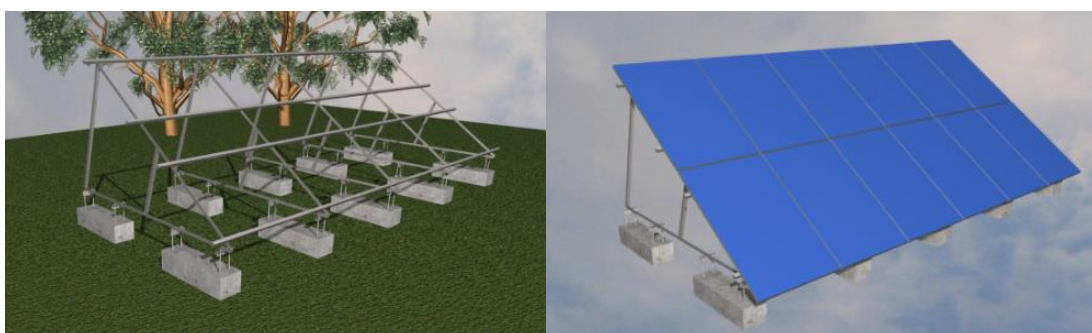
K-Ny-i tájolású konténerek esetében jöhet szóba a „sátortetős megoldás.



7. ábra. K-Ny-i tájolású konténerek esetén egy lehetséges szuboptimális megoldás.¹¹

2.4.5. Talajra történő telepítés

Ha van bőségesen hely a talaj szintjén, akkor a legegyszerűbb a talajra telepíteni a napelemeket.



8. Talajra telepített napelem táblák, és tartószerkezetük, vázlatos terve¹²

¹¹ <https://www.greenbuildingafrica.co.za/container-cold-room-powered-100-by-solar-pv>

¹² Visimpex-Hungary Kft. tervei alapján, ami a Katalinpuszta 1 telephelyre készültek a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján.



9. ábra. Talajra telepített napelem táblák, és tartószerkezetük, elkészült kivitelezése.¹³

A talajra történő telepítés egy speciális megoldása lehet, a talajra telepített, de megemelt, lábakon álló tartószerkezet használata. A talajszintű telepítés során lehet hangsúlyos probléma a környező növényzet, esetleg a kerítés árnyékolása. Ilyen esetekben, ha lehetőség van rá, akkor meg kell emelni a napelemeket a kerítés, esetleg a környezet növényzete fölé.



10. ábra. Növényzet, kerítés fölé emelt, talajszintű telepítés.¹⁴

¹³ EU-Solar Nyrt. által kivitelezett földre telepített napelemrendszer, a Magyar Telekom NYrt. Katalinpuszta 1 telephelyén.

¹⁴ <https://www.bnamericas.com/en/features/the-state-of-renewable-powered-mobile-towers-in-latin-america>

2.4.6. Vegyes telepítés (konténerre és toronyra, konténerre és földre, földre és toronyra)

Szinte bizonyos, hogy lesznek helyszínek, ahol nem lehet tisztán tornyos, konténeres, illetve talajra telepített kivitelezést elvégezni. Az ilyen helyszíneken vegyes telepítési módszerekben gondolkozunk. Tehát jut majd napelem a toronyra és a konténerre, vagy a talajra és konténerre, vagy a toronyra és a földre, esetleg mindhárom helyszínre.



11. ábra. Vegyes telepítési megoldás: konténerre és toronyra.¹⁵

A 2.4. fejezet összefoglalásaképpen leszögezhetjük, hogy több megoldás közül is válogathatunk a napelemek telepítése során, de azt leszögezhetjük, hogy mindegyik megoldás során egyéni tartószerkezet tervezése, gyártása és telepítése a feladata. Ez az oka annak, hogy nem lehet olcsó, egyentervek alapján gyorsan haladni, és ez a szempont a gazdasági számítások során is komoly megfontolásokat fog triggerelni.

¹⁵ T-Mobile Poland megvalósítás vegyes telepítésre

3. Tervezési megfontolások, konkrét példák

A 2.4. fejezetben megvizsgáltam azokat a megoldásokat, ahogy a napelemrendszereket telepíteni lehetséges telekommunikációs telephelyeken, a 3. fejezetben főleg az elektromos kapacitások (napelemrendszerek, energiatároló kapacitások) és részben a tartószerkezetek tervezését mutatom be.

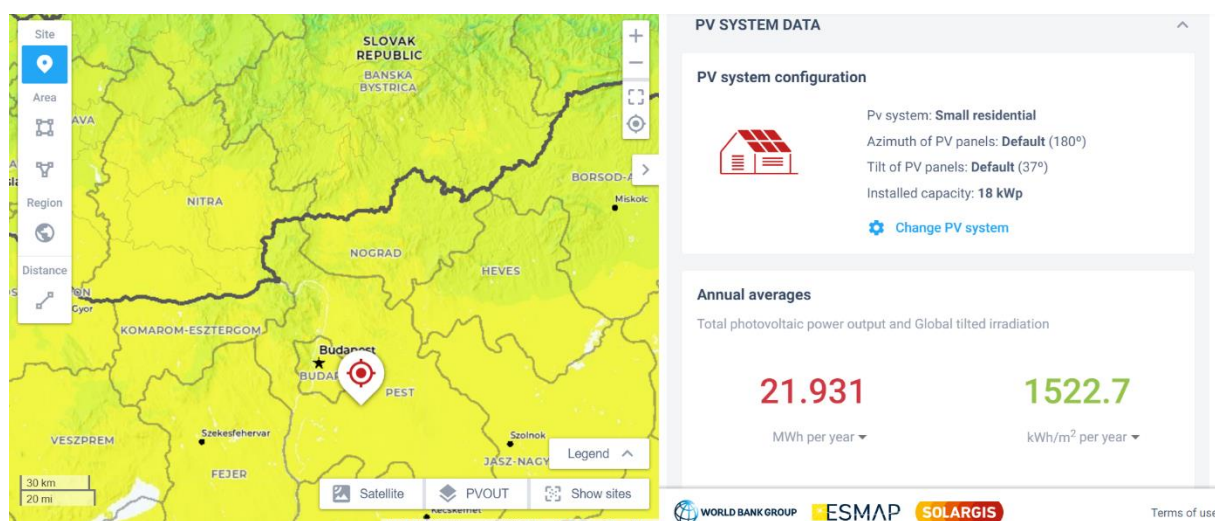
3.1. Napelem rendszer kapacitás tervezés

A korábbi fejezetek alapján a szóba jöhető megoldások közül az energiatárolóval kiegészített, DC-DC konverteres megoldás lesz a legszélesebb körben használt rendszer (a DC-AC konverteres megoldást a szaldó elszámolás kivezetése, az energiatároló nélküli DC-DC konverteres megoldást pedig a viszonylag alacsony energiatermelő képessége miatt vethetjük el az általános megoldások közül.)

Napjainkban egy mobil bázisállomás teljesítményigénye 2-2,5 kW átlagosan. Ettől természetesen vannak, akár lényeges eltérések. Nagyon nagy kapacitásigényt kezelő telephelyeken ennél lehet magasabb, mert a nagy mobil forgalom lekezelése miatt valamennyi használt mobil technológia (jelenleg 2G, 4G, 5G) és a technológiákon is több frekvencia spektrum is felhasználásra kerül. E miatt a bázisállomáson az átlagosnál több alapsávi jelfeldolgozó berendezés (Base Band unit vagy Digital unit), illetve rádiós végerősítő és vevő (Remote Radio unit) berendezés használata szükséges. Egy-egy ilyen telephely akár 5kW-nál is több teljesítményigényű lehet. Viszont ahol a bázisállomás kisebb forgalmat kezel (mondjuk egy kisebb falut ellátó telephely), ott nagy valószínűséggel csak 2G és 4G technológiák működnek, és ezek is csak korlátozott frekvenciaspektrumot használnak. Ezek a telephelyek 2 kW-nál is kevesebb teljesítménnyel megelégszenek.

A számításokat 2,5 kW-os, átlagos teljesítményigényre végzem el.

Egy ilyen telephely energiaigénye 8760 óra (órák száma egy évben) x 2,5 kW = 21 900 kWh. Ha ezt teljes egészében napelemmel szándékoznánk előállítani, akkor 18 kWp kapacitású napelemrendszerre lenne szükségünk.

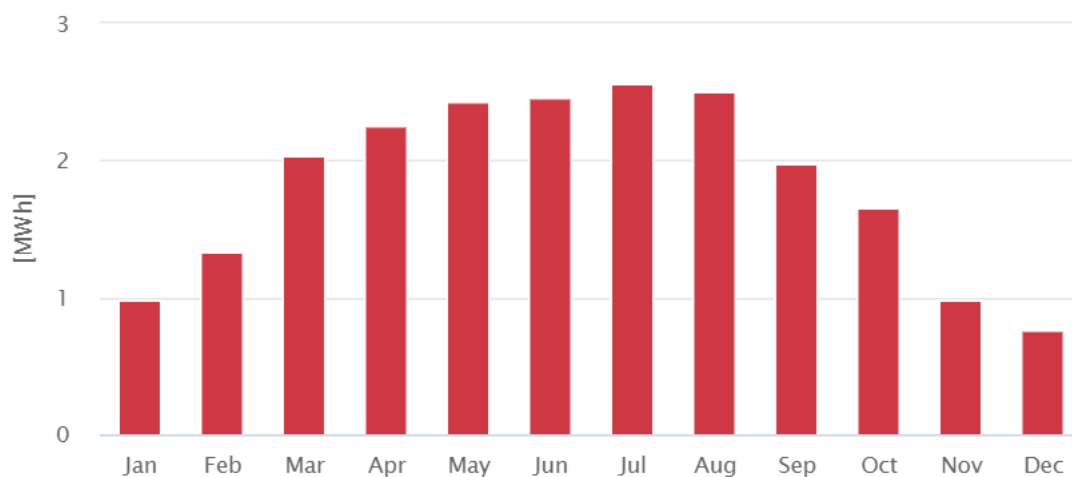


12. ábra. Globalsolaratlas.info alapján számolt napelemekkapacitás.¹⁶

A termelés havi eloszlását is könnyen megkapjuk a Globalsolaratlas.info oldal segítségével.

Monthly averages

Total photovoltaic power output



13. ábra. A 18 kWp teljesítményű napelemrendszer havi energiatermelés eloszlása a Globalsolaratlas.info alapján.¹⁶

¹⁶ <https://globalsolaratlas.info/map>

Mi több, az órás eloszlás is könnyen elérhet.

Total photovoltaic power output [kWh]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5					0	0	0					
5 - 6				0	1	1	1	0	0			
6 - 7			0	2	2	3	2	2	1	0		
7 - 8	0	1	3	4	5	5	5	4	4	3	1	0
8 - 9	2	4	6	7	7	7	7	7	6	5	3	2
9 - 10	4	6	8	9	9	9	9	9	8	7	4	3
10 - 11	5	7	9	10	10	10	10	10	9	8	5	4
11 - 12	5	7	9	10	10	10	10	11	9	8	6	4
12 - 13	5	7	9	10	9	10	10	10	9	8	5	4
13 - 14	5	7	8	8	8	9	9	9	8	7	4	4
14 - 15	3	5	7	7	7	7	8	8	6	5	3	2
15 - 16	1	3	4	5	5	6	6	6	4	2	1	0
16 - 17		0	2	3	3	3	4	3	2	0		
17 - 18			0	1	1	1	2	1	0			
18 - 19				0	0	0	0	0				
19 - 20						0						
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	32	48	66	75	78	82	83	81	66	54	33	25

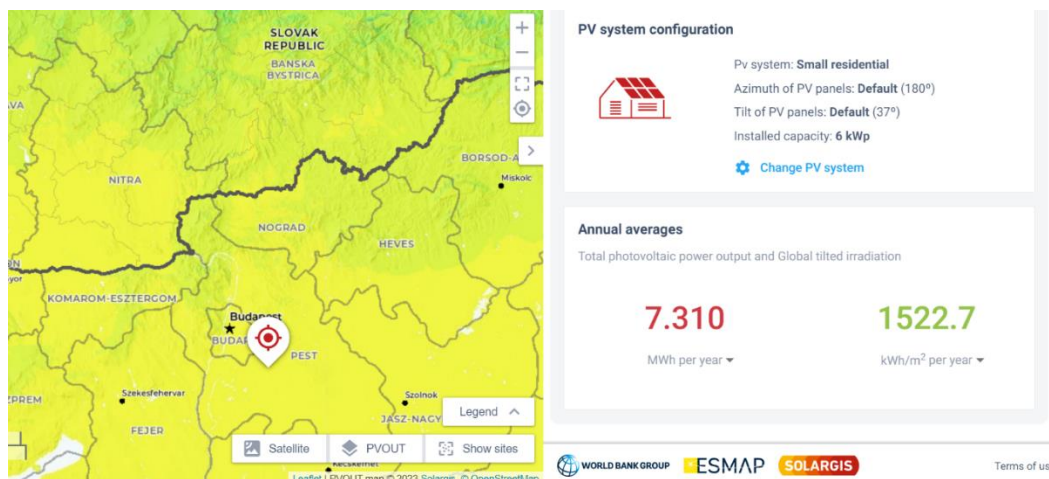
14. ábra. A 18 kWp teljesítményű napelemrendszer havi, órás energiatermelés eloszlása a Globalsolaratlas.info alapján.

Jól látszik, hogy késő tavasztól, kora őszig, a déli órákban a szükséges energia akár több mint négyszeresét is képes megtermelni a rendszer, de még télen is bőségesen elegendő (átlagban) a bázisállomás napközbeni működéséhez a megtermelt energia. Egy átlagos júliusi napon 83 kWh-t is megtermel a naperőmű, míg a bázisállomás működéséhez $24 \times 2,5 \text{ kW} = 60 \text{ kWh}$ elegendő.

Mivel nem cél az elektromos hálózattól teljesen független működési mód elérése, viszont a hálózatra történő visszatáplálást is el akarjuk kerülni, így csökkenteni kell naperőmű kapacitását.

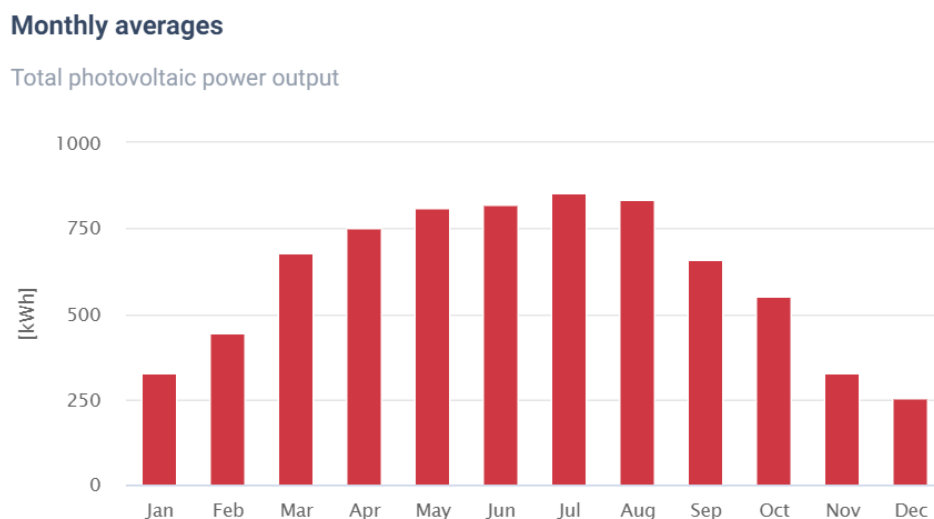
Tűzzük ki célul, hogy a 2-2,5 kW teljesítményigényű, napi 48-60 kWh energiafelhasználás felét, tehát 24-30 kWh energiát tudjunk megtermelni nyáron a tervezett naperőművünkkel.

Ennek az igénynek jól megfelel egy 6 kWp teljesítményű napelemrendszer.



15. ábra. Globalsolaratlas.info alapján számolt 6 kWp teljesítményű napelemrendszer éves energiatermelése.

Aminek havi energiaeloszlása így néz ki:



16. A 6 kWp teljesítményű napelemrendszer havi energiatermelés eloszlása a Globalsolaratlas.info alapján

Illetve az órás termelése:

Total photovoltaic power output [kWh]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5					0	0	0					
5 - 6			0	0	0	0	0	0	0			
6 - 7			0	1	1	1	1	1	0	0		
7 - 8	0	0	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0
8 - 9	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
9 - 10	1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1
10 - 11	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
11 - 12	2	2	3	3	3	3	3	4	3	3	2	1
12 - 13	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
13 - 14	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1
14 - 15	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	1	1
15 - 16	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0
16 - 17		0	1	1	1	1	1	1	1	0		
17 - 18			0	0	0	0	1	0	0			
18 - 19				0	0	0	0	0				
19 - 20						0						
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	11	16	22	25	26	27	28	27	22	18	11	8

17. ábra. A 6 kWp teljesítményű napelemrendszer havi, órás energiatermelés eloszlása a Globalsolaratlas.info alapján

Ennek a júliusi, átlagos napi termelése 27 kWh, ami megfelel a célkitűzésünknek, ami most éppen 24-30 kWh közötti termelés.

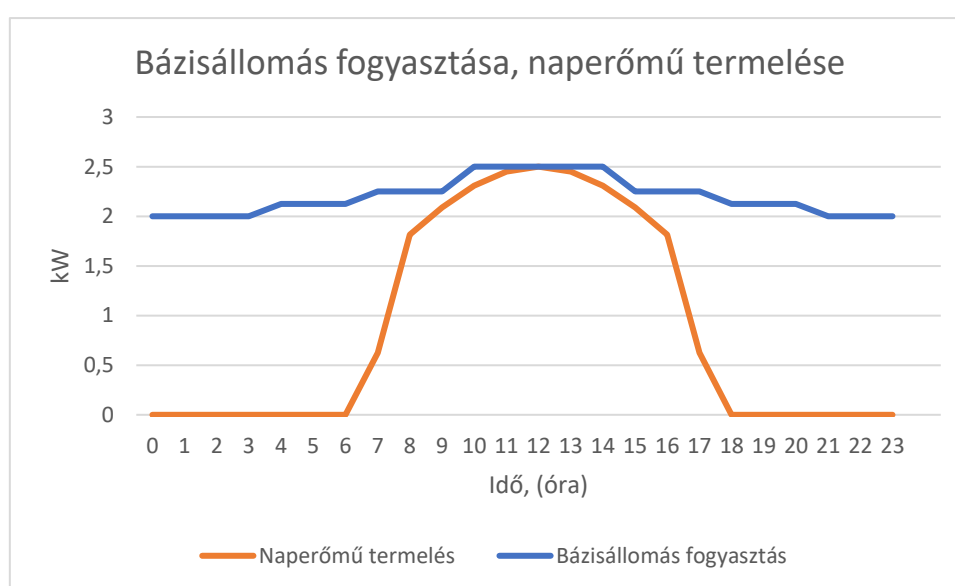
Az is látszik, hogy az éves energiatermelés 7 310 kWh, ami a 21 900 kWh energiaigény harmada. Ez azt jelenti, hogy a bázisállomás által felhasznált éves energiamennyiség 1/3-át tudjuk megspórolni, ennyivel tud csökkenni a működési költség, illetve az ehhez az energiamennyiség előállításához szükséges CO₂ csökkenés is elkönnyelhető a nyereség oldalon. Magyarországon, 2020-ban egy kWh elektromos energia előállítása 220 gramm CO₂ kibocsátással járt¹⁷, tehát egy ilyen helyszín megépítésével 1,6 tonna CO₂ kibocsátás csökkenés érhető el évente.

¹⁷ https://www.greenpolicycenter.com/wp-content/uploads/2023/02/GPC-2022_elorehaladasi-jelentes.pdf

3.2. Energiatároló kapacitásstervezése

Az energiatárolóra azért van szükség, hogy növelni tudjuk a naperőmű kapacitását, így több zöld energiát tudunk használni, amivel több költséget tudunk csökkenteni, illetve fokozni tudjuk a CO₂ kibocsátáscsökkentést is.

Ha nem terveznénk energiatárolóval, akkor az alábbi ábra szerinti termeléssel tudnánk számolni.



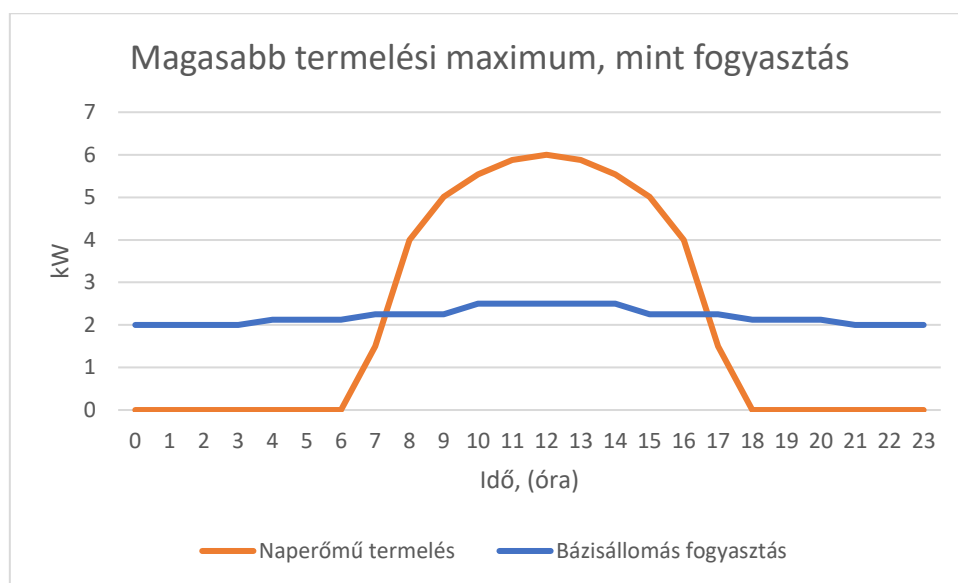
18. ábra. Bázisállomás fogyasztás és a naperőmű termelés elvi ábrája, ha annyi a csúcstermelés, amennyi a csúcsfogyasztás.

A bázisállomás fogyasztása az összes fogyasztáshoz képest, csak kis mértékben függ a bázisállomás által kezelt mobil forgalomtól, nap közben azért van kb. 10-20% fogyasztás növekedés, amit a kezelt forgalmon kívül a nap közbeni fokozott hűtési igény is (ez főleg nyáron jellemző) befolyásol. Összegezve, a bázisállomás fogyasztása majdnem zsinór fogyasztás, egy gyenge napközbeni emelkedéssel, ez is főleg nyári időszakban.

Átlagos, 2- 2,5 kW-os fogyasztást feltételezve, a maximális megtermelhető energia 2,5 kWh körül lenne naponta. Ehhez elegendő lenne, egy 2,5 kWp teljesítményű napelemrendszer, viszont ezzel csak, 3000 kWh energiát tudnánk megtermelni, ami a 21 900 kWh-s

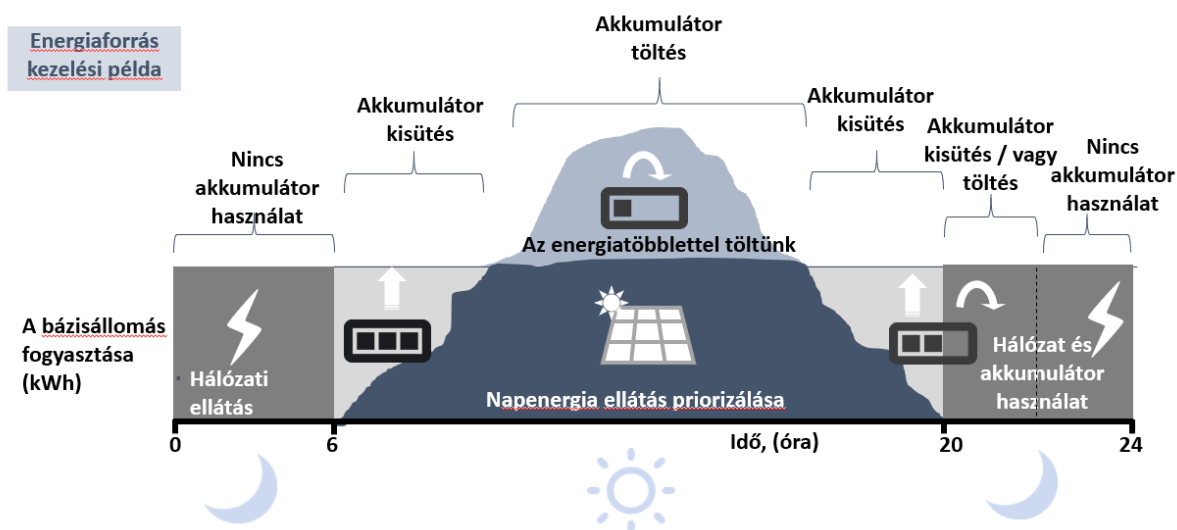
energiafogyasztásnak csak a hetede, a célul kitűzött 33% helyett. Igez, ebben az esetben nincs „felesleges” energiatermelés, minden energiát, amit megtermelünk, azonnal fel is használjuk a bázisállomás ellátására.

Ha számolunk a túltermelés lehetőségével, akkor 19. ábrán látható fogyasztási és termelési görbéket rajzolhatjuk fel.



19. ábra. Bázisállomás fogyasztás és a naperőmű termelés elvi ábrája, ha túltermeléssel számolunk.

Ahogy az a 19. ábrán látható, napsütéses időben, dél körül több a megtermelt energia, mint amit azonnal fel tudunk használni, és ennek a többletnek a tárolásáról gondoskodni kell, hogy később, amikor már nem elég a napelem által megtermelt energia a bázisállomás működéséhez, akkor fel tudjuk használni.



20. ábra Energiamenedzsment elvi ábrája, energiatárolós naperőmű esetén.¹⁸

A 20. ábrán mutatom az elvi működését, hogy hogyan lehetséges kezelni a különböző energiaforrásokat. Jól látható, az akkumulátorban tárolt energia segítségével kiszélesíthető az az időszáv, amikor nem szorulunk a hálózati energia felhasználására.

A kérdés az, hogy mekkora energiatároló kapacitásra van szükségünk, ha a már kiszámolt 6 kWp teljesítményű napelemrendszert akarjuk használni a 2-2,5 kW teljesítmény igényű bázisállomásmellé.

Ehhez meg kell nézni, hogy a 19 ábrán, nap közben mekkora a terület a kék és a narancssárga vonal között. Ha ezt kiszámoljuk, akkor 25 kWh-t kapunk, ami egy erősen felső számítás, mert:

- ha nem tudjuk ideális szögben beállítani a napelemeket, akkor már nem fognak ennyit termelni,
- az év nagy részében nem lesz ennyire ideális a napsütés, így a termelés sem 100%-os
- télen a nap később kel, korábban nyugszik, és a nap beesési szöge sem ideális.

Tehát felesleges a 25 kWh, ennél kevesebb energiatároló kapacitás is elegendő. A Magyar Telekom hálózatában a rádiós berendezések szállítója az Ericsson, és az Ericsson berendezés

¹⁸ Magyar Telekom Nyrt., belső, döntéselőkészítő prezentáció 'Napelemrendszer, akkumulátoros energiatároló telepítés' projekt kapcsán.

portfoliójában 100 és 200 Ah akkumulátorcsomagok érhetők el. A bázisállomás -48V feszültségről üzemel.

Könnyen számolható, hogy 2 db 200 Ah-ás akkumulátor csomaggal, nagyságrendileg 400 Ah x 50 V = 20 kW energia tárolható, ami jó mérnöki megközelítésnek tűnik.

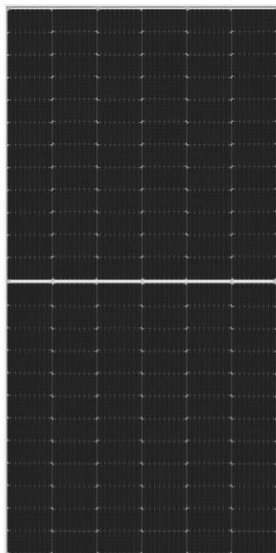
A fentiek alapján a 6kWp teljesítményű naperőmű kapacitás mellé 400 Ah (-48 V) akkumulátorkapacitást telepítve jól ki tudjuk szolgálni a 2-2,5 kW teljesítményt használó bázisállomást.

3.3 Tartószerkezet tervezés

6 kWp teljesítményű napelemrendszer telepítését kell elvégeznünk, az előző fejezetekben részletezett környezeti adottságok figyelembevételével. A már korábban is részletezett lehetséges három megoldás:

- Földre-,
- Konténerre és lábakra-,
- Távközlési toronyra történő telepítés.

A 6 kWp teljesítményű napelemrendszerhez 370 Wp Longi típusú napelemtáblák kerültek kiválasztásra a beszerzési eljárás során. Ezekből 16 darab elhelyezésére van szükség.



Névleges teljesítmény	370 W (STC)
Teljesítmény tolerancia	-0/+5 W
Általános termékgarancia	12 év
Teljesítménygarancia	25 év/84,8%, lineáris
Üresjáratú feszültség (Voc)	40,9 V
Névleges feszültség (Vmp)	34,4 V
Rövidzárási áram (Isc)	11,52 A
Névleges áramerősség	10,76 A
Modul hatásfok	20,30%
Isc hőmérsékleti együttható	+0,048 %/°C
Voc hőmérsékleti együttható	-0,270 %/°C
Pmp hőmérsékleti együttható	-0,35 %/°C
Üzemi hőmérséklet	-40 C-tól +85 C-ig
Maximális rendszer feszültség	1500 V DC
Maximális terhelhetőség előlről	5400 Pa (hó)
Cellák száma	120 db (6×20)
Méret	1755 x 1038 x 35 mm
Súly	19,5 kg
Kábel	4 mm ² , hossza 11m
Csatlakozó	MC4 kompatibilis

2. táblázat. A projekt során felhasznált Longi Solar 370W monokristályos napelem fontosabb tulajdonságai.¹⁹

A telepítés és a tartószerkezettervezés szempontjából leglényegesebb adat a méret és a súly.

¹⁹ <https://www.tisztaenergiak.hu/napelem-webshop/longi-solar-370w-monokristalyos-napelem/>

3.3.1. Földre történő telepítés

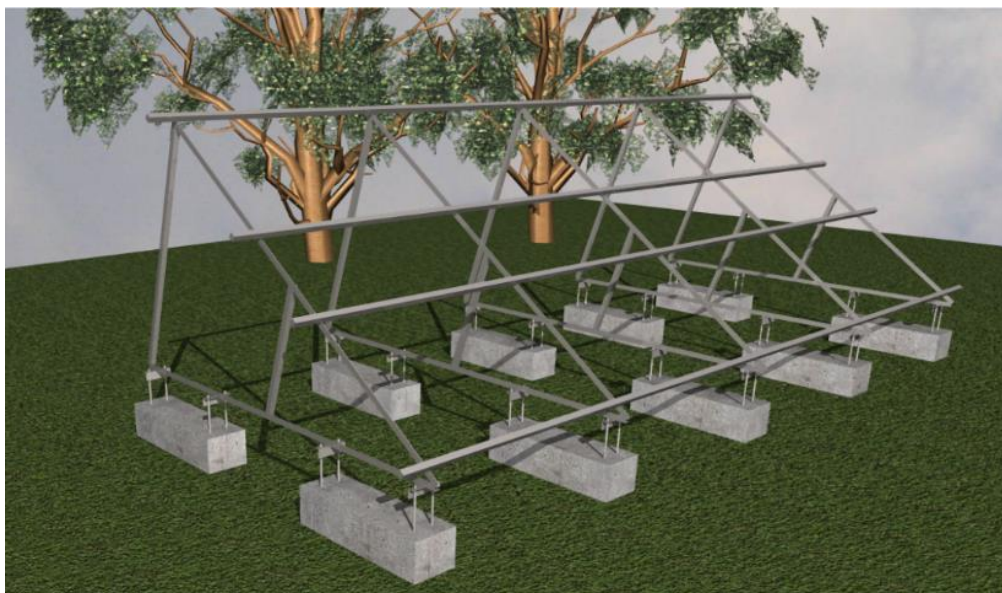
Amennyiben van elegendő, tiszta benapozottságú hely az adott telephelyen, akkor az egyik legkézenfekvőbb megoldás a talajra történő telepítés.

Előnye:

- viszonylag olcsó (a toronyra, illetve a konténerre történő telepítéssel összehasonlítva)
- könnyű a telepítési kivitelezés
- nem vesz el a torony terhelhetőségéből, így a torony 100%-ban kihasználható arra, amire épült, távközlési antennák hordozására
- esetleges meghibásodás esetén könnyű a javítása

Hátrány:

- viszonylag nagy területre van szükség, ezért kevés helyszínen jön számításba
- még kevesebb az olyan helyszín, ahol a környezettől semmilyen árnyékolást nem szenved el (nem árnyékolja, fa, bokor, épület, esetleg maga a távközlési torony)



21. ábra. A talajra telepítés során használt tartószerkezet.²⁰

²⁰ Visimpex-Hungary Kft. által készített, földre telepített napelemrendszer tartószerkezete, 16 db Longy 370 Wp napelemtábla hordozására, Katalinpuszta 1 telephelyen, ami készült a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján.

A lesúlyozást betontuskók, a vízszintezési lehetőséget menetes száraz biztosítják. A napelemtáblák két sorban, függőleges pozícióban kerülnek elhelyezésre. Az egymás feletti két sor, két stringre kerül elosztásra.

3.3.2. Konténer és földön álló vegyes tartó szerkezet

A konténer felülete általában nem elég nagy ahhoz, hogy elférjen rajta a 16 darab napelemtábla. Ezért van szükség arra, hogy a talajra is tudjon támaszkodni a tartószerkezet. A szerkezet magasságát meghatározza a konténer magassága.

Előnyök:

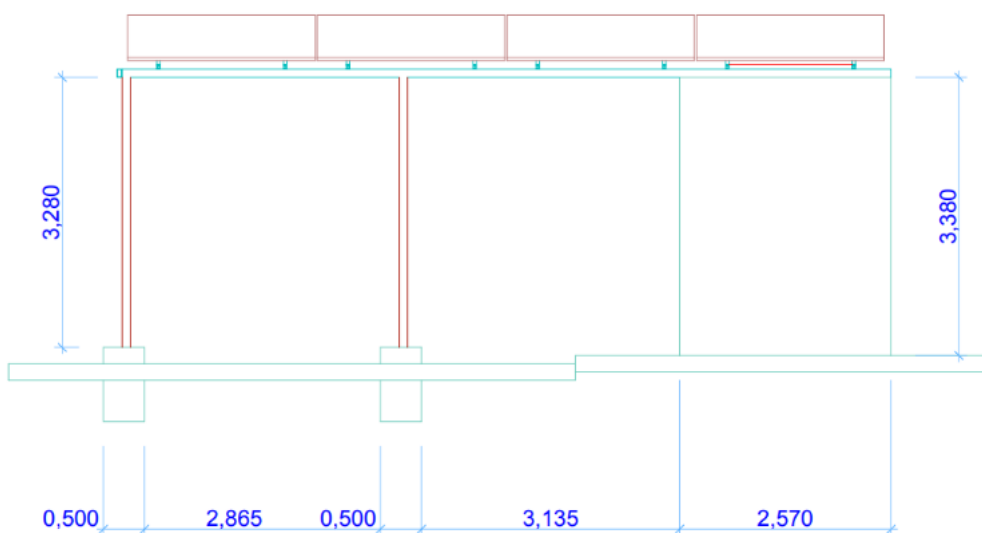
- hasznosítható a konténer, mint a tartószerkezet egy része,
- legalább 3 méter magasba emeljük a napelemtáblákat, kisebb az beárnyékoltság valószínűsége,
- a napelemek árnyékolják a konténert, így az kevésbé melegszik fel a napsütéstől, kevesebb energia szükséges a hűtéséhez.

Hátrányok:

- egyéni tervezés szükséges minden telephelyre,
- nehézkes a kivitelezés,
- a magasba történt kiemelés miatt nagyobb a szélterhelés, mint a talaj közelben
- esetleges meghibásodás esetén nehézkesebb a javítás.

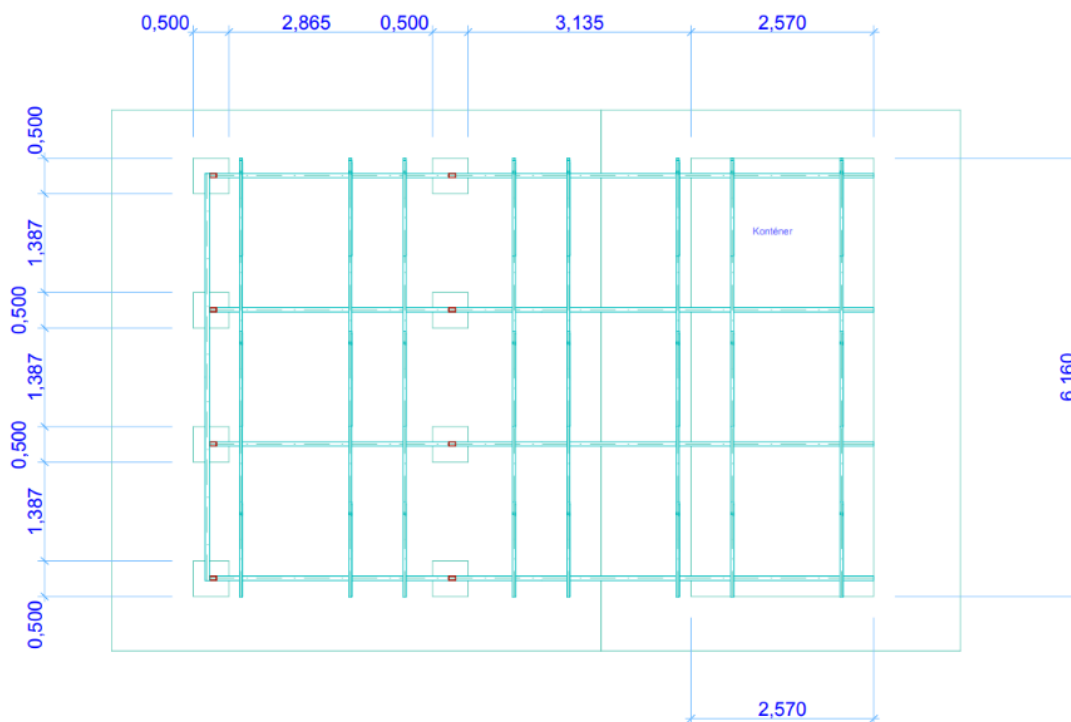


22. ábra. Konténerre és talajra, vegyes telepítésű tartószerkezet nézeti rajza.²¹



23. ábra. Konténerre és talajra, vegyes telepítésű tartószerkezet oldalnézeti tervei.²¹

²¹ Visimpex-Hungary Kft. által készített, földre telepített napelemrendszer tartószerkezete, 16 db Longy 370 Wp napelemtábla hordozására, Rákócscsaba 1 telephelyen, ami készült a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján.



24. ábra. Konténerre és talajra, vegyes telepítésű tartószerkezet felülnézeti rajzai.²¹

3.3.3. Távközlési toronyra szerelt tartószerkezet

A legtöbb helyszínen, ahol sor fog kerülni napelemrendszer építésére, ilyen tartószerkezettel lesz végrehajtva a telepítés. Ennek fő oka, hogy a toronyra települve, nincs szükség nagy területre a földfelszínen, ami általában nem áll rendelkezésre, de még a vegyes, konténer-állólábas, szerkezethez is több helyre van szükség, mint ha a toronyra a telepítenénk a napelemeket.

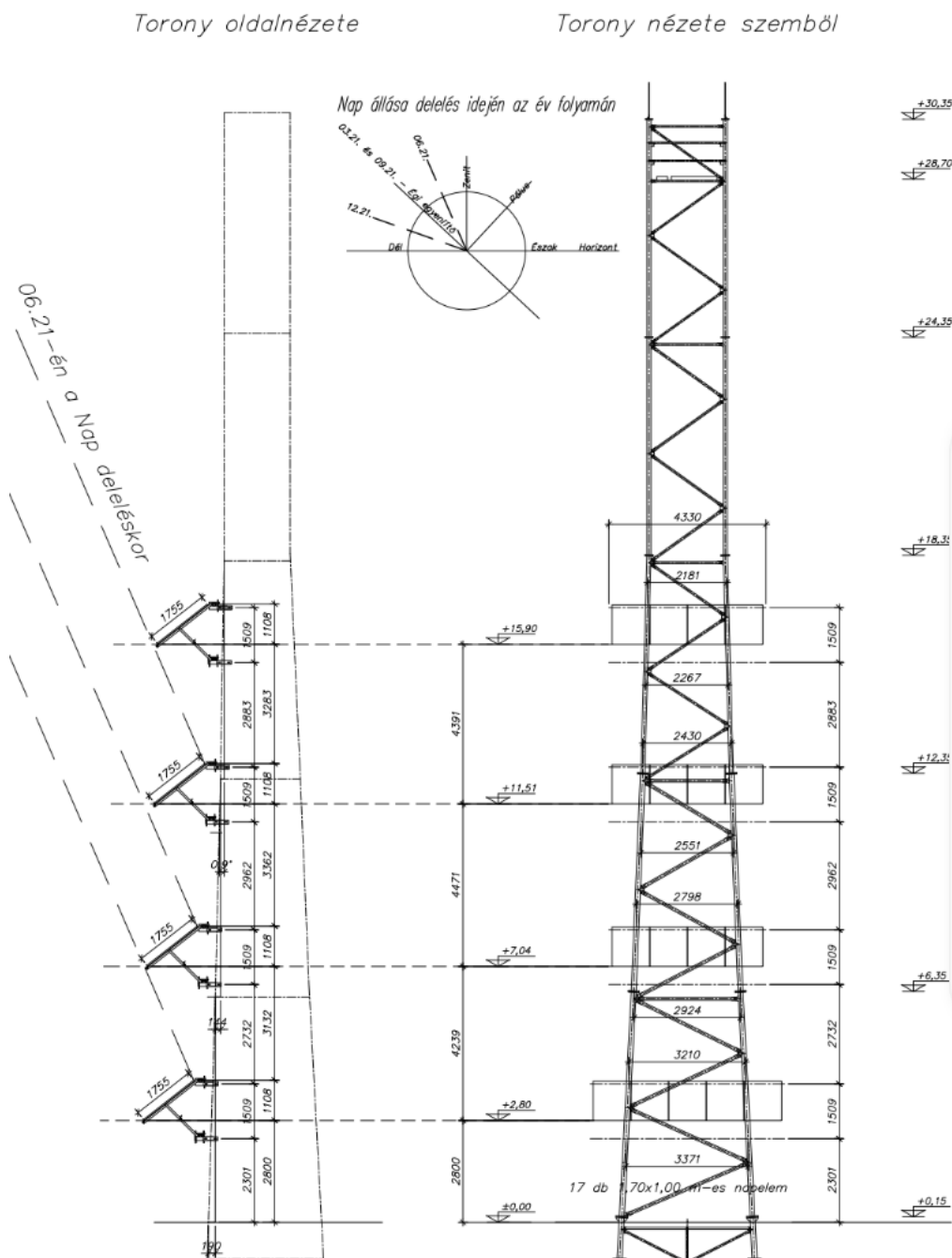
Előnyök:

- könnyen biztosítható az árnyékmentes benapozottság
- nincs szükség nagy földterületre a telephelyen vagy annak közvetlen környékén

- a torony biztosan marad a helyszínen, míg távközlési célokra történik a telephely felhasználása, minden más változhat a technológia fejlődése kapcsán (konténer kiürítésre kerülhet, ezért elbonthatják, stb.)
- magasabb tornyoknál (60-70m) nem okoz jelentős szélterhelés kihasználtság növekedést

Hátrányok:

- főleg alacsonyabb tornyoknál (30-40 méter magas) a szélterhelés kihasználtság 10% feletti mértékben romlik → kevesebb antenna helyezhető el a torony tetején, vagy erősíteni kellhet a tornyot
- telepítésük speciális (alpin technikai) tudást igényel
- minden helyszín, külön, egyéni tervezést igényel

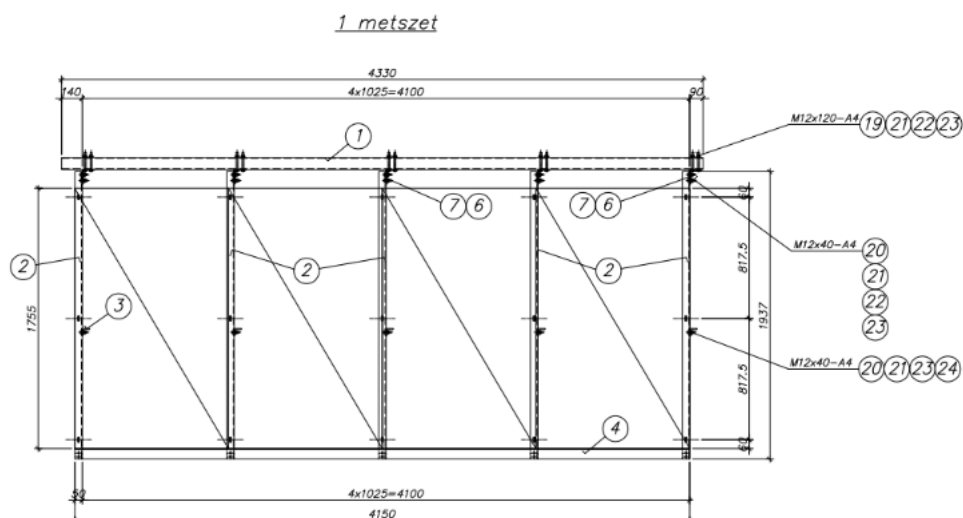


25. ábra. 30m-es toronyra szerelt 6kW teljesítményű napelemrendszer tartószerkezet
oldalsó és szembe nézeti tervei.²²

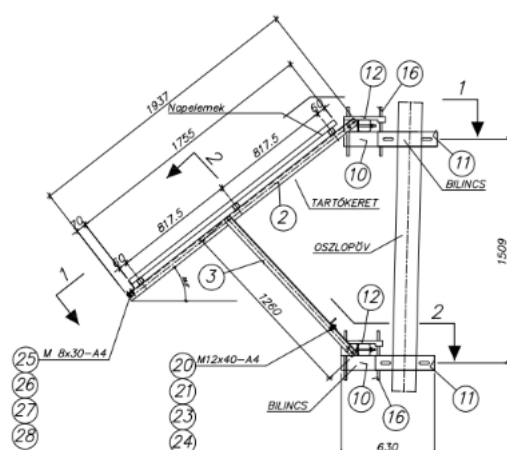
A 25. ábrán egy 30m-es toronyra szerelt napelemrendszer oldal-, és szembe nézeti terveit mutatom be. Jól látható, hogy a több sorban, egymás fölé elhelyezett napelemek

²² Szigma-X Tervező és Tanácsadó Kft. „Telekom Szolnok-J 30-es rácsos torony napelem tartószerkezet” kiviteli tervdokumentáció, ami a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján készült 2022. december 10-én.

nagyjából a torony felét elfoglalják, így a torony méretéhez képest nagy szélterhelést képesek okozni. Az is látszik a tervrajzról, hogy a napelemtáblák egymás árnyékolásának elkerülése miatt, fontos a nap beesési szögének a figyelembevétele, ami június 21-én a legmeredekebb, így a napelemsorok közötti távolságot erre a napra kell számolni, a veszteségek minimalizálása miatt.

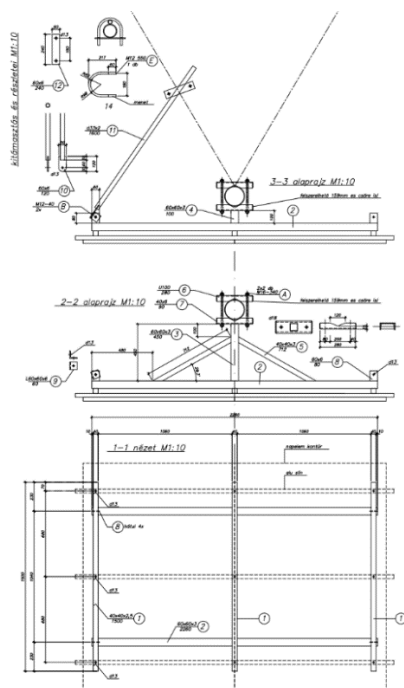


26. ábra. Egy négyes napelemtábla rendszer szembe nézeti terve.²²



27. ábra. Egy négyes napelemtábla rendszer oldal nézeti tervei.²²

A terveken is látszik, hogy jelentős mennyiségű acél mennyiség beépítésére van szükség a 6kW napelemrendszer hordozásához. A kivitelezés során több mint 1 tonna acél került fel a



29. ábra. Övrúdra szerelt könnyített és forgatható tartószerkezet felül és szembe nézeti tervei.²³



30. ábra. Övrúdra szerelt könnyített és forgatható tartószerkezet prototípusának szerelési próbája.²⁴

²⁴ Magyar Telekom Nyrt. Fénykép archívum.

4. BÁZISÁLLOMÁSOK OPTIMÁLIS ENERGIAFELHASZNÁLÁSÁNAK BIZTOSÍTÁSA

Az előző fejezetek alapján 6kWp teljesítményű napelemrendszereket, 400Ah-ás energiatárolókat szeretnénk telepíteni olyan bázisállomásokra, amik rendelkeznek hálózati csatlakozással is. A hálózatra nem tervezünk visszatáplálni, a felesleges, éppen fel nem használt energiát az akkumulátorban tervezzük tárolni. Optimális energiafelhasználásom azt értem, hogy biztosítani akarom, hogy minél inkább kihasználjam az „ingyen” energiát a napelemekből, tudatosan használjam az akkumulátorban tárolt energiát, figyelembe véve több környezeti hatást, pl.: aktuális energiaárakat, másnapi időjárást, esetleg előre ismert áramkimaradás idejét, a lokális és országos aktuális energiafogyasztást, stb.

Erre a problémára jelentenek egyre hatékonyabb megoldást az energia menedzselő szoftverek / applikációk.

4.1. Az energiamenedzselő alkalmazások használata optimalizálási célokra

Az optimalizálási tevékenység alapvető célja, hogy a telephelyen megtermelt, illetve tárolt energiát minél hatékonyabb módon tudjuk felhasználni, költségminimalizálás, illetve bevételmaximalizálás szempontok alapján. Az ilyen optimalizálási feladatok elvégzése rengeteg bemenő adat elemzése alapján oldható meg, ráadásul ezt minden termelő / fogyasztó helyszínen külön-külön kell elvégezni. Az optimalizálási tevékenységek alapfunkciói közé kell, hogy tartozzon pl.: a lokális és országos fogyasztási csúcsok levágása, a napon belüli energiaár csúcsok kezelése, stb.

Vegyük sorra azokat a funkciókat, amikre minden energiamenedzselő eszköznek szüksége van az optimalizálási célok elérése érdekében:

Valós idejű monitorozás:

Az energiagazdálkodási eszközöktől általános elvárás a valós idejű adatok szolgáltatása az energiafogyasztásról. Az aktuális fogyasztási adatok, és a korábbi időszakból eltárolt fogyasztási mintázatok összevetése segít beazonosítani, esetleg előre jelezni a csúcshasználati időszakokat. Ha van rá lehetőség, akkor hasznos az egyes fogyasztó eszközöket (gépkocsi töltők a garázsban), fogyasztó tereket (szerver szobák) külön-külön is mérni. Minél jobb felbontásban állnak rendelkezésünkre fogyasztási adatok és profilok / mintázatok, annál pontosabb képet tudunk alkotni a fogyasztási szokásainkról, illetve az összes fogyasztásunk összetevőiről. Annak megértése, hogy mikor és hol fogyasztják a legtöbb energiát, az első lépés a csúcsigény kezelésében.

Terhelés leválasztás / terhelés csökkentés:

Ha a valós idejű mérésekből nyert adatok historikus elemzése által sikerült megismerkednünk az egyes alfogyasztók „szokásaival”, tehát beazonosítottuk az egyes alfogyasztókat és az azokhoz tartozó fogyasztási mintázatokat, akkor meghozhatók azok a döntések, amik a fogyasztáscsökkentést egyes elektromos terhelések átmeneti csökkentésével / megszüntetésével érhetők el csúcsidőben. Ez azt jelenti, hogy bizonyos nem létfontosságú, de jelentős fogyasztó fogyasztását megszüntetjük, vagy csökkentjük, és ezzel az elektromos energiafogyasztást jelentős mértékben redukáljuk. Ilyen lehet pl.: a gépkocsitöltők visszaszabályozása a garázsban, vagy az iroda-, lakótér - hűtésének / fűtésének csökkentése egy-egy rövidebb időablakban. Az energiagazdálkodási eszközök szerepe ebben a kapcsolási tevékenységben lehet automatikus, sőt, ez az elvárt beavatkozási mechanizmus, mert a nagyon sok fogyasztó fogyasztásának figyelése, összevetése a fogyasztói mintázatokkal olyan mennyiségű adat feldolgozást igényelheti, ami emberi kézzel / aggyal nem követhető. Jobb ezt a gépekre bízni!

Energiafelhasználási csúcsok szétkenése:

Ez a stratégia magában foglalja az energiaigényes feladatok szétosztását az egyidejű energiaigény csökkentése érdekében. Például egy gyártó létesítményben bizonyos

folyamatokat különböző időpontokra ütemezhet, hogy elkerülje egyszerre több nagy igényt jelentő tevékenységet. A már klasszikusnak számító gépkocsitöltős példánál maradván, ez azt jelentheti, hogy a töltőket pl.: öt csoportba rendezzük, és ezeket a csoportokat külön-külön kapcsoljuk le, és mondjuk óránként változtatjuk a lekapcsolt csoportokat. Így mindegyik autó töltve lesz, de pl.: nem egyszerre (mondjuk reggel 8.00-kor a munkakezdéskor) kezdjük el tölteni valamennyit. Ha nem elég egy csoport lekapcsolása a célfogyasztás elérése érdekében, akkor le lehet kapcsolni még egy csoportot, végszükség esetén akár az összes töltő lekapcsolható. Hasonlóan a hűtés /fűtés szabályozás is megoldható, pl.: emeletenkénti vagy stragonkénti szabályozással.

Prediktív elemzés:

Egyes fejlett energiagazdálkodási eszközök prediktív elemzést használnak a csúcigényi időszakok előrejelzésére. Ennél a funkciónál az eszköz rendelkezésére állnak a korábbi mérési eredmények, amikből az egyes és az összesített fogyasztási minták megrajzolhatók. Ehhez további mérési / illetve előre jelzési adatokat (pl.: időjárásjelentési adatok) figyelembe véve valószínűsíthetővé válik a nap közbeni fogyasztási csúcsok kialakulásának az ideje. Azáltal, hogy előre látják, mikor várható csúcsok, a vállalkozások, otthonok proaktívan lépéseket tehetnek energiafogyasztásuk csökkentésére ebben az időszakban, pl.: különböző tevékenységek elvégzési idejének átütemezésével.

DSR (Demand side response) szolgáltatás támogatása:

Nem biztos, hogy csak a lokális fogyasztásra kell figyelni. Az országos energiatermelés és fogyasztás egyensúlyára is figyelemmel lehetnek ezek az eszközök. Lehet, hogy lokálisan éppen nincs is csúcsfogyasztás, ennek ellenére szükségessé válhat, hogy országos szinten csökkentsük a fogyasztást (pl: egy erőmű hirtelen meghibásodása miatti energiahiány miatt). Ilyenkor a MAVIR, s DSO-kon keresztül, vagy újabb energiatermelőket indítat, esetleg növeli az importot (ezek nagyon drága megoldások lehetnek), vagy a fogyasztás csökkentését várja el, az erre önként, előre szerződött

végfelhasználóktól. Ez a DSR szolgáltatás, amiért rendelkezésre állási díjat kapnak a szerződött végfelhasználók. Az energiamenedzsment rendszereknek képesnek kell lenniük arra, hogy az ilyen központi jelzéseket észleljék, és nagyon rövid idő alatt a megfelelő energiafelhasználási csökkentést végrehajtsák.

Akkumulátoros energiatárolás:

Akár a lokális, akár az országos csúcsfogyasztások kezelésében fontos szerepet kaphatnak az energiatároló eszközök. Sokkal nagyobb fogyasztás moduláció érhető el, ha nem csak néhány fogyasztó lekapcsolásával játszhatunk, hanem rendelkezésünkre áll energiatároló eszköz is. Ezek az eszközök az esetek túlnyomó többségében valamilyen akkumulátort jelentenek, és mivel ennél a felhasználási módnál fontos a sok töltés/kisütés ciklus hatékony kezelése, ezért ezt napjainkban leggyakrabban LiFePO₄ típusú akkumulátor használatát feltételezi. Ezek az akkumulátorok, akár 5-6000 töltés/kisütés periódust is kibírnak, ami napi egy-két ciklust feltételezve, akár 10 éves üzemidővel is tervezhetünk. A folyamat lényege, hogy alacsony igénybevételű időszakokban az akkumulátorok tölthetők, csúcsidőben pedig lemeríthetők, így a csúcsidőben csökken a hálózatról történő áramfelvétel. De ugyan ilyen fontos lehet a töltés időzítése is, mert ha energiabőség van éppen, akkor lehetséges, hogy az elektromos hálózat egyensúlyát pont az szolgálja, ha növeljük a fogyasztást.

Energiahatékony berendezések beazonosítása:

Az energiagazdálkodási eszközök optimalizáló funkciói segíthetnek azonosítani a nem hatékony berendezéseket, amelyek hozzájárulnak a csúcsigények kialakulásához. Az energiahatékonyabb készülékek és rendszerek beazonosítása, illetve a nem hatékony eszközök ilyenre történő megfontolt cseréje / kiváltása csökkentheti az általános energiafelhasználást és a keresletcsúcsok gyakoriságát.

Adatelemzés és jelentéskészítés:

Az energiagazdálkodási eszközök gyakran olyan jelentéskészítési funkciókkal rendelkeznek, amelyek betekintést nyújtanak az energiafelhasználási trendekbe. Ezen adatok elemzésével a felhasználók finom hangolhatják stratégiáikat a csúcsfogyasztás csökkentésére.

Szabályozási / energiakereskedelmi megfelelés:

Egyes régiókban a vállalkozásokra keresleti díjak vagy a csúcenergia-fogyasztással kapcsolatos szabályozások vonatkoznak, vagy fognak vonatkozni a jövőben. Másol az energiakereskedelmi szerződés elszámolása lehet negyedórás alapú, amihez energiafogyasztási menetrendet kell előre készíteni. A menetrendtől történő eltérés, mind alul-, mind felülfogyasztás esetén többletköltséget okozhat. Az energiagazdálkodási eszközök segíthetnek biztosítani a szabályozói, illetve a kereskedelmi megfelelést és elkerülni a szankciókat.

Az energiaárak csúcsainak levágása (Price shaving):

Az energiaárak csúcsai jellemzően nagy keresletű időszakokban vagy korlátozott energiaellátás esetén jelentkeznek. Ilyenkor a tőzsdei árak megugranak, mert egyre drágább energiatermelő eszközök bevonásával lehet az energiakereslet és energiatermelés egyensúlyát fenntartani. De, ha ilyen időszakban, a fogyasztónkat le tudjuk választani a hálózatról, és mondjuk a feltöltött akkumulátorokból vesszük ki az energiát, akkor két hasznunk is lehet:

- megkíméljük magunkat a drága energiaköltségektől
- segítjük a termelés / felhasználás egyensúlyának a helyreállítását.

A 'Price shaving' funkció lényege, hogy az energiamenedzselő eszköz figyeli az akkumulátorok töltöttségét, a tőzsdei árakat, és nagyon rövid idő alatt képes döntést hozni, hogy a lehetséges energiaforrások (hálózat, napelem, akkumulátor) közül melyikről érdemes venni az energiát.

Megújuló energia integrálása:

Az energiamenedzselő eszközök egyik legalapvetőbb funkciója, hogy integrálja megújuló energiaforrásokat, például napelemeket vagy szélturbinákat a rendszerek elektromos ellátásába. Ehhez olyan intelligens alkalmazásra van szükségünk, ami széleskörű adatelemzésre alkalmas, mert az összes eddig felsorolt funkció menedzselése mellett figyelembe kell vennie a rövid-, és középtávú időjáráselőrejelzéseket, hogy optimalizálni tudja a napelemmel / szélkerekek által termelt energia azonnali felhasználását, illetve tárolását.

Számlázás és költségkövetés:

Az energiagazdálkodási applikációk gyakran biztosítanak lehetőséget az energiaköltségek nyomon követésére, segítve a felhasználókat annak megértésében, hogy energiafogyasztásuk hogyan befolyásolja közüzemi számláikat. Ez megalapozza a feszes költségkontroll lehetőségét. Negyedórás elszámolás esetén ez a funkció is kiemelkedő hasznossággal bír, mert a számla nagysága nem csak az elfogyasztott energia mennyiségétől függ, hanem attól is, hogy mikor fogyasztottuk azt. Az ilyen költségelemzések utáni beavatkozások, a nélkül hozhatnak jelentős anyagi megtakarítást, hogy érdemi energiamennyiség felhasználási csökkenést kellene elérnünk, csak az energiafelhasználás időzítését kell optimálisan befolyásolni.

Figyelmeztetések és értesítések:

A felhasználók riasztásokat állíthatnak be a rendellenes energiafogyasztásra vagy a berendezés meghibásodására. Ez segít a problémák gyors kezelésében és az energiapazarlás megelőzésében. A megfelelő figyelmeztetések abban is segíthetnek, hogy tartani tudjuk a tervezett energiafogyasztási menetrendet, és így az előre meghatározott költségterveken belül tudunk maradni.

Automatizálás és vezérlés:

Egyes eszközök automatizálási funkciókat kínálnak az energiafogyasztó és termelőeszközök és rendszerek távoli vezérléséhez. Ez magában foglalhatja a világítás, a HVAC (fűtés, szellőzés és légkondicionálás) és egyéb berendezések beállítását az energiafelhasználás optimalizálása érdekében. Itt említeném meg azokat a speciális funkciókat, amikre nagy szükségünk van, a napelem erőművekkel kombinált energiatárolók esetében. Ezek az applikációk azok, amik vezérlik az akkumulátorok töltését és kisütését, figyelembe véve a naperőművek aktuális termelését, vagy akár más olyan tényezőket is, mint mondjuk a pillanatnyi negyedórás energiaár, vagy a másnapi időjárás.

Integráció:

Az energiagazdálkodási eszközöktől elvárt képesség, hogy integrálhatók legyenek más épületfelügyeleti rendszerekkel, IoT-eszközökkel (Internet of Things). Ez segítség lehet például többfunkciójú épületek (iroda, üzlet, technológia egy épületen belül) alfogyasztói mérésére, ezáltal a cég egyes területeinek a fogyasztásának a szétválasztására, így átfogó képet adhatnak az egyes területek elérő energiafelhasználásról.

Távoli hozzáférés:

A felhőalapú energiakezelési eszközök lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy bárholnan hozzáférjenek és kezeljék energiaadataikat, megkönnyítve ezzel a távfelügyeletet és a vezérlést.

Összességében az energiagazdálkodási applikációk hatékonyan fogják segíteni a szakértőket, cégeket, hogy megalapozott döntéseket hozzanak energiafelhasználásukkal, energiatermelésükkel kapcsolatban, csökkentsék az energiaköltségeket, csökkentsék a környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatásukat, és hozzájáruljanak egy fenntarthatóbb jövőhöz.

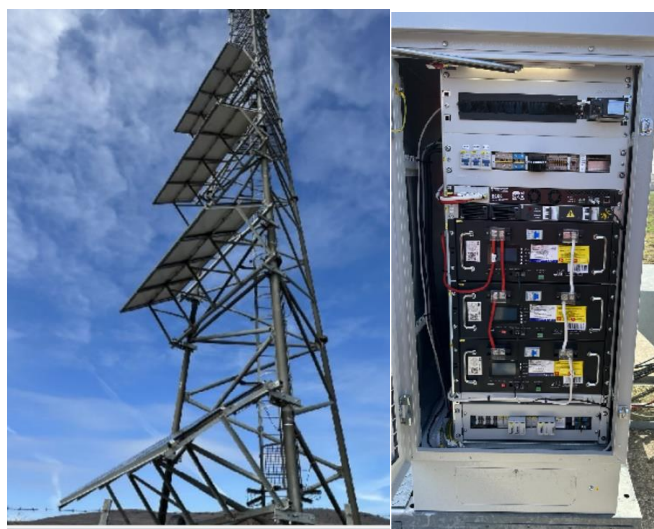
4.2. Néhány energiamenedzselő alkalmazás rövid bemutatása

A Magyar Telekom hálózatában pár helyszínen kipróbáltunk néhány, a piacon elérhető energiamenedzselő eszközt és applikációt. A beszállítók hozták általában az

- DC/DC konvertereket,
- akkumulátoraikat (nem biztos, hogy saját gyártmány) így biztosítva, hogy a megfelelő legyen az együttműködés a többi építőelemmel,
- a kommunikációs eszközt, amivel folyamatos két irányú kapcsolatot lehet tartani az eszközzel,
- és magát az energiamenedzselő applikációt.

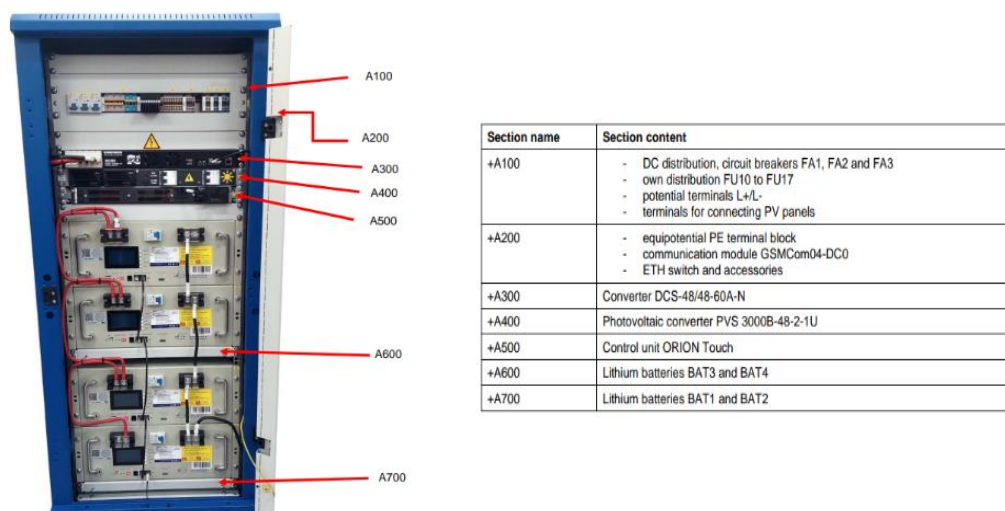
4.2.3. A2B megoldás

Két Magyar Telekom telephelyen működik A2B energia menedzselő rendszer, Tápiószelén és Szokolyán.



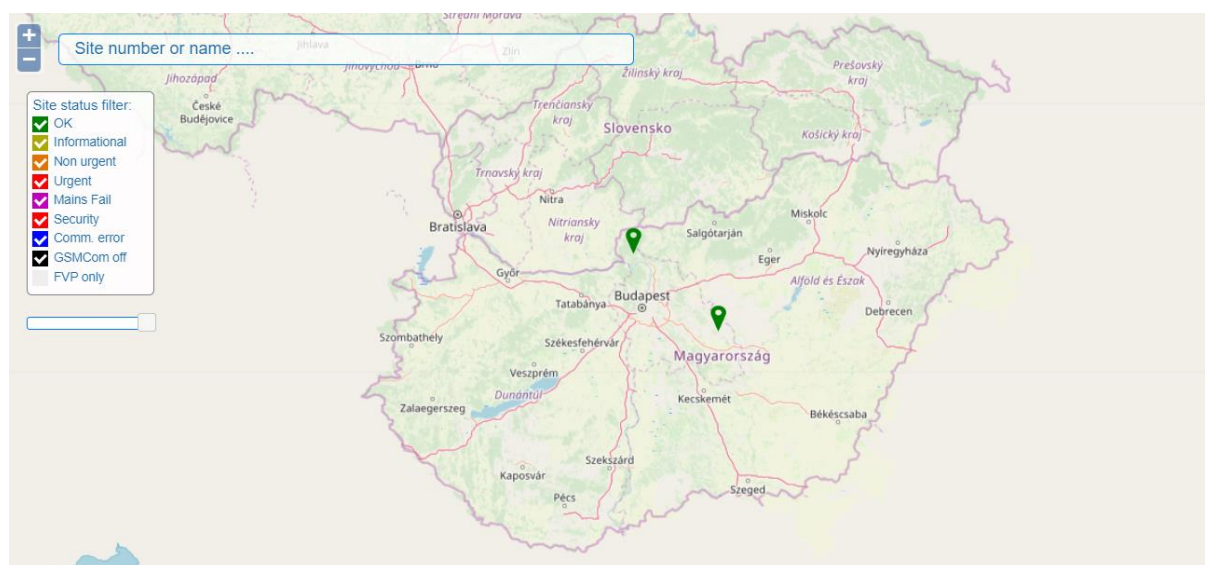
31. ábra. Szokolya 1 site, Távközlési toronyra telepített napelem rendszer, illetve a mellé telepített energiamenedzselő rendszer az akkumulátoros energiatárolóval.²⁵

²⁵ Magyar Telekom Nyrt. Fénykép archívum.



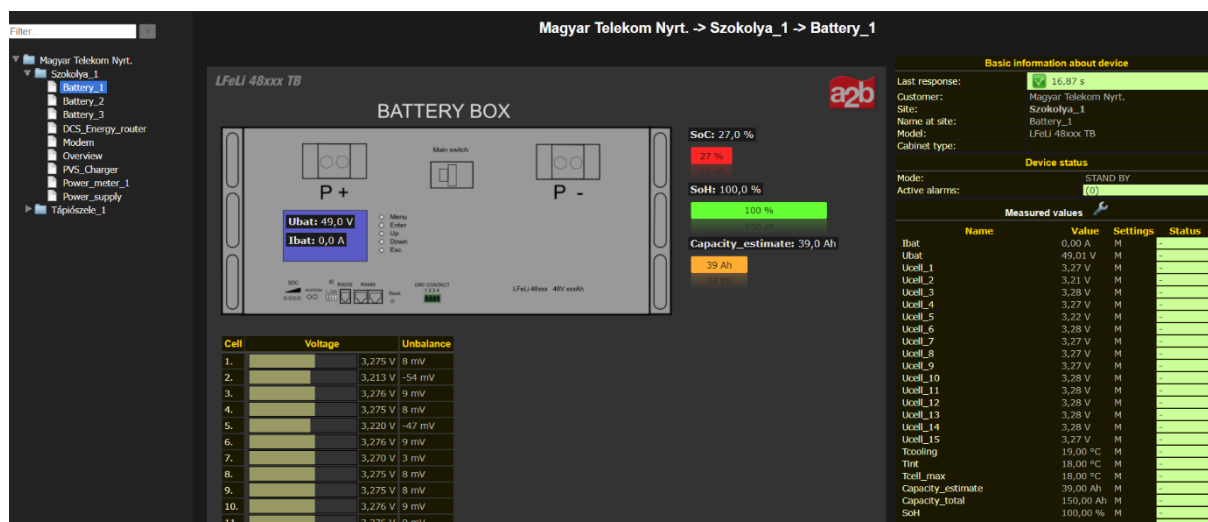
32. ábra. Az akkumulátoros energiatárolóval szekrény tartalma.²⁶

Az A2B rendszer grafikus felügyeleti felületének néhány képernyőképe:

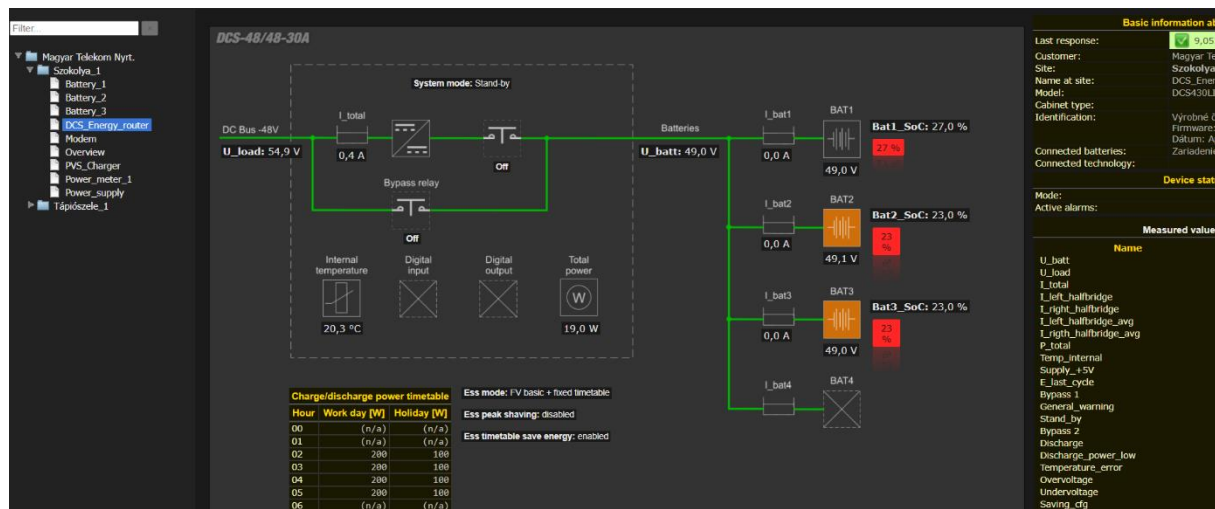


33. ábra. Grafikus felületen láthatók a site-ok fizikai elhelyezkedése.

²⁶ Telecommunication energy storage system TESS-3K-B22-O, Intallation and user manual, A2B, 2022.12.05.

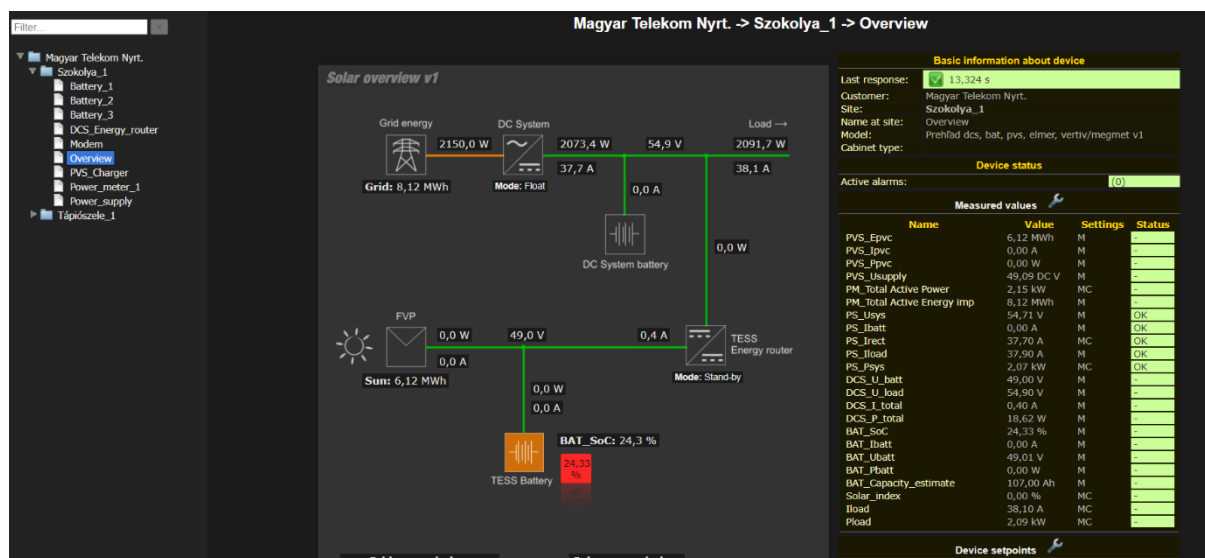


34. ábra. Lekérdezhetők az akkumulátor pakkok legfontosabb paramétereit egyenként (Battery_1, Battery_2, Battery_3)



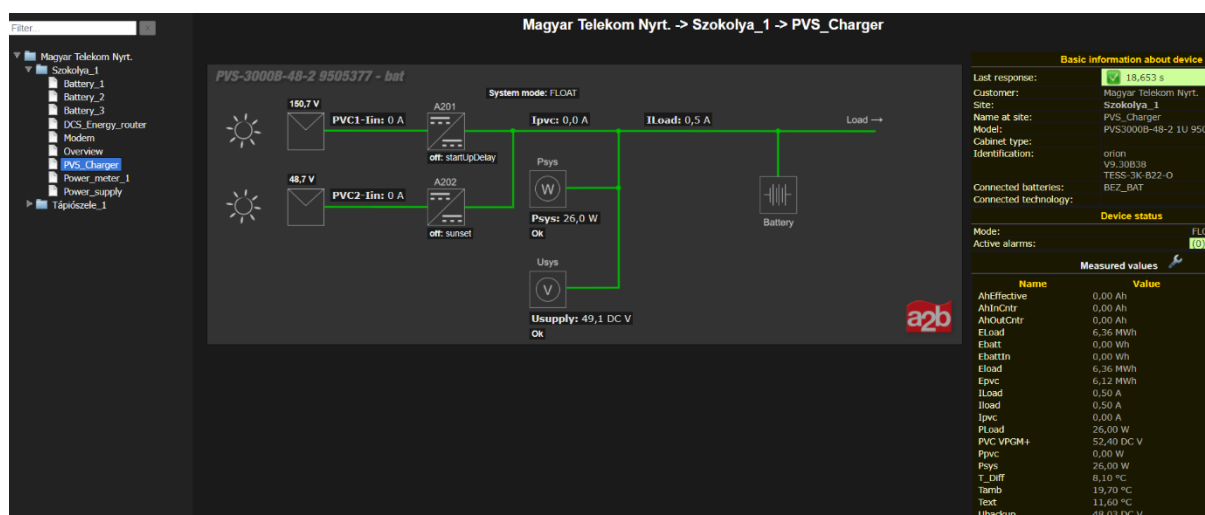
35. ábra. Energy router nézet.

Az energy router nézetben látható egy összegző kép az akkumulátor pakkok töltöttségéről, feszültségéről, áramáról. A szakdolgozat írásakor erősen borult az idő, ezért fordulhat elő, hogy nap közben nem töltődnek az akkumulátorok (mindegyik ágon 0A áram folyik).



36. ábra. Áttekintő nézet a felügyelt rendszerről.

Látható, hogy a borult idő miatt a napelem rendszer éppen nem járul hozzá az energiaellátáshoz, illetve az akkumulátorok viszonylag alacsony töltöttségi szintje (24,33%) az akkumulátorokról sem adunk energiát a rendszerbe. A bázisállomás, 2,15kW-os energiaigénye teljes egészében az elektromos hálózatról kerül kielégítésre.



37. ábra. A napelemrendszer felügyeleti képe.

Látható, hogy két string van kiépítve, és a borult idő miatt teljesítmény nem érkezik a napelemtáblákról (0A áram folyik mindkét stringen) a feszültség azért mérhető (150,7V, 48,7V).

Az aktuális állapoton kívül, természetesen a múlt eseményeinek riportozására is alkalmas a berendezés.

Select month: 10 - 2023						
Copy	Excel	Search Builder	Show	10	entries	Search:
Customer	Site	Site name	AC - Total [kWh]	DC - Solar produced A2B [kWh]	Complete?	
Total			2271.1	1011.0		
Magyar Telekom Nyrt.	Szokolya_1	Szokolya_1	861	536	Complete	
Magyar Telekom Nyrt.	Tápiószele_1	Tápiószele_1	1410.1	475	Complete	

Showing 1 to 2 of 2 entries

Previous 1 Next

38. ábra. 2023. 10. hó összesítő nézet

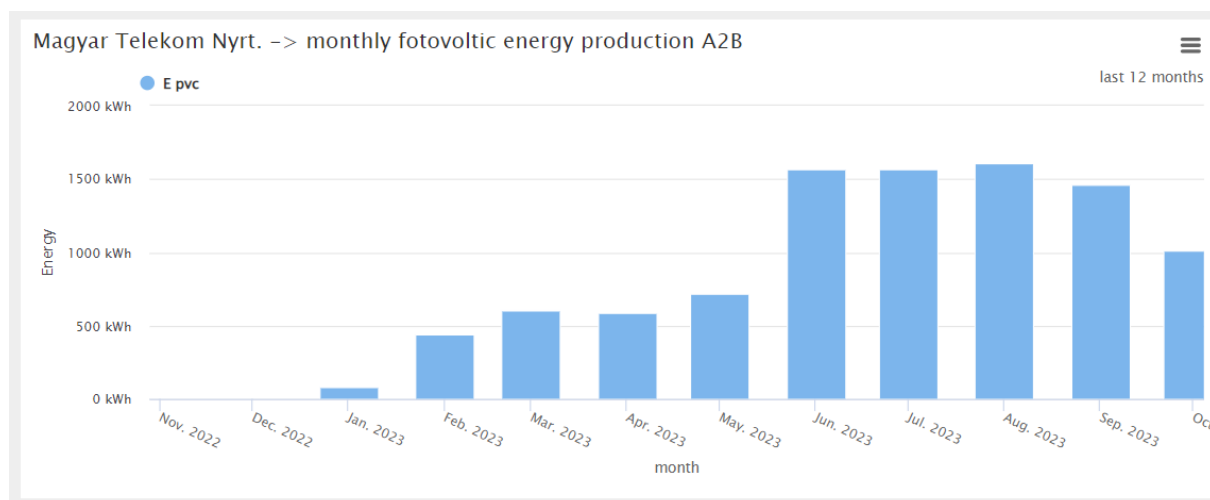
Select month: 07 - 2023						
Copy	Excel	Search Builder	Show	10	entries	Search:
Customer	Site	Site name	AC - Total [kWh]	DC - Solar produced A2B [kWh]	Complete?	
Total			1879.1	1565.0		
Magyar Telekom Nyrt.	Szokolya_1	Szokolya_1	649.2	714	Complete	
Magyar Telekom Nyrt.	Tápiószele_1	Tápiószele_1	1229.9	851	Complete	

Showing 1 to 2 of 2 entries

Previous 1 Next

39. ábra. 2023.07. hó összesítő nézet

Látható a fenti két ábrán, hogy Szokolyán jelentősen nagyobb hányadát tudjuk megtermelni a felhasznált energiának napelemekkel, mint Tápiószelén (Tápiószelén nagyobb a teljesítményigény). Az is látszik, hogy nyáron, júliusban Szokolyán a szükséges energiának több mint a felét biztosította a napelemrendszer, míg ez októberben kevesebb mint 40%.



40. ábra. Havi bontásban a megtermelt energia.

A fenti ábrán a két helyszín összesített energiatermelése látható, havi bontásban. Júniusban azért látható ugrás, mert Tápiószéle állomáson május végén indult el a napelemrendszer működése.



41. ábra. Az időjárás előrejelzésen alapuló tervezett energiatermelés, és a valós energiatermelés összevetése.

Az időjárás előrejelzés figyelembevétele fontos lehet pl. abból a szempontból, hogy alkalom adtán érdemes-e az olcsó éjszakai árammal feltölteni az akkumulátorokat, vagy még jobban megéri megvárni a napos másnapot, és a nepelemekkel elvégezni majd a feltöltést.

Hour	Charge/discharge power - Work day [W]	Charge/discharge power - Weekend [W]
00	0	0
01	0	0
02	200	100
03	200	100
04	200	100
05	200	100
06	0	0
07	0	0
08	0	0
09	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	-3000	-1000
19	-3000	-1000
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0

42. ábra. A maximális akkumulátor töltés és kisütési teljesítmény állítási lehetősége óránként.

A maximális akkumulátor töltés és kisütési teljesítmény állítás azért lehet lényeges pl., hogy ne rángassuk túlzott mértékben a hálózatot, illetve ne lépjük túl a rendszerhasználati díjba foglalt lekötött teljesítmény értéket, mert ezért büntetést kell fizetni a DSO-nak.



43. ábra. Az aktuális órás energiaárak.

A price shaving funkciónak szüksége van az aktuális energiaárakra, hogy amikor az energiaárak nagyon magas szintre szöknek, és van elegendő energia az akkumulátorokban, akkor le tudja választani a hálózatról a bázisállomást, így költséget lehet megspórolni.

4.2.4. Ericsson megoldás

A Magyar Telekom mobil hálózatában a hozzáférési rádiós hálózat beszállítója az Ericsson, így a mobil bázisállomások HW-ét és SW-ét a svéd gyártó biztosítja. Kézenfekvő megoldás, hogy használjuk, a már sok területen bevált szállító megoldását az energiamenedzselő alkalmazás tekintetében is. Ez a funkció a bázisállomásokon futó rádiós SW részeként érhető el ennél a gyártónál. Mivel a bázisállomások nagyon szoros felügyelettel vannak ellátva, és ennek a felügyeleti rendszernek a részét képezi az energiamenedzselő applikáció is, így ebben az esetben nem kellett külön megoldást keresni a felügyeleti rendszer megvalósításához, a kommunikáció biztosításához. Az energiamenedzselő applikáció nagyon hasonló módon paraméterezhető, menedzselhető, mint a többi rádiós funkció, illetve a működés is hasonló módon ellenőrizhető, riportozható, mint az összes korábban használt Ericsson eszköze.

A két site, ahol az Ericsson megoldást teszteltük Katalinpuszta 1 és Szolnok J bázisállomások voltak.



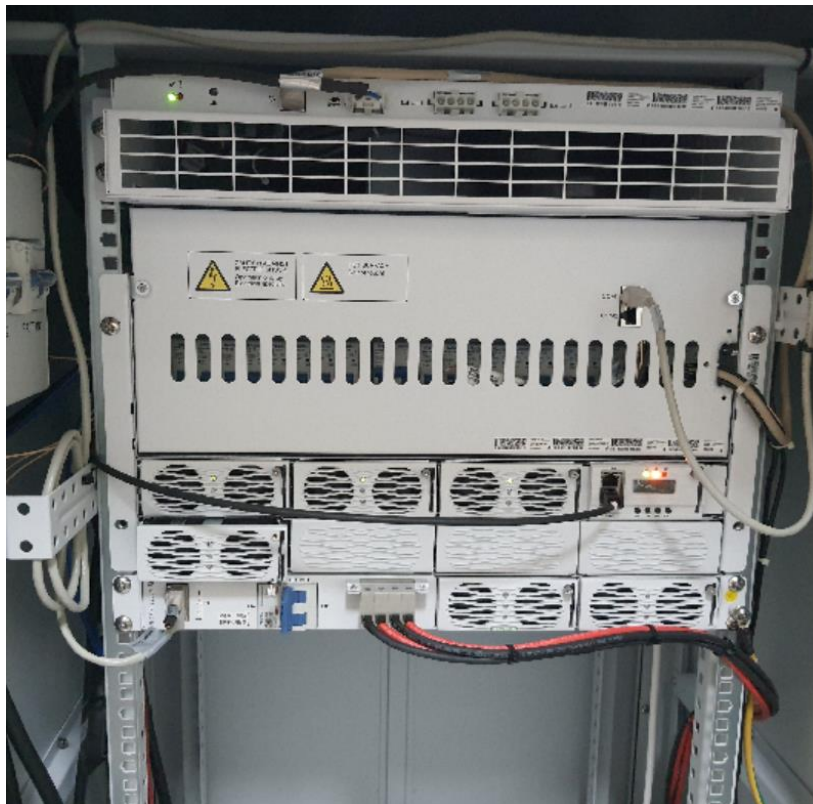
44. Katalinpuszta 1 állomás.²⁷

Katalinpusztán volt elegendő hely, hogy a napelemtáblákat a földre tudjuk telepíteni, ezért itt ezt a megoldást választottuk. Látszik, hogy ezen a helyszínen éppen a toronyra történő elhelyezés lett volna nehezebb, mert viszonylag alacsonyan van egy mikróhullámú antenna, így a napelemek nem is fértek volna el ezen a helyszínen a tornyon. Itt is 6 kWp teljesítményű napelemtábla rendszer lett telepítve. Ez bőven több mint, amire a bázisállomásnak szüksége van, ezért szintén telepítésre került 400 Ah (-48 V) akkumulátoros energiatároló is.

²⁷ Magyar Telekom Nyrt. Fénykép archívum.

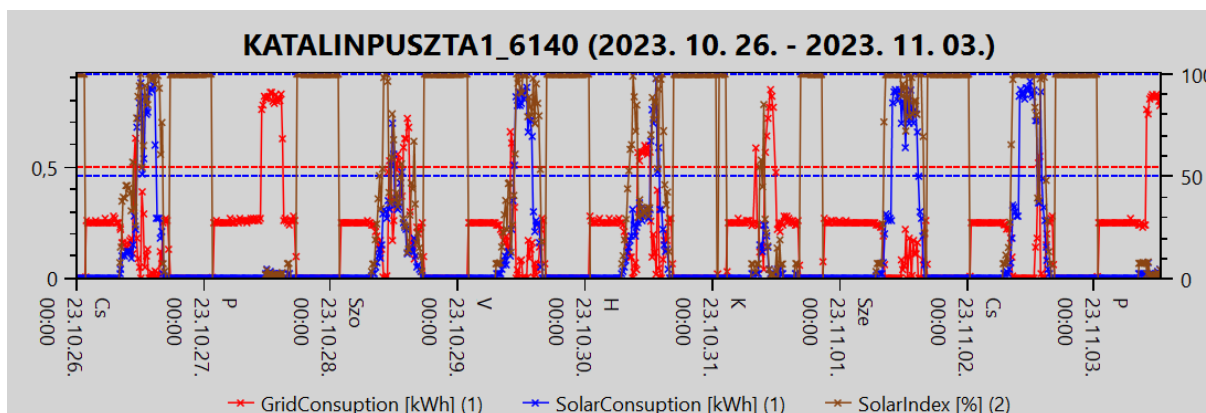


2x200 Ah-ás LiFePO4 akkumulátor, energiatárolásra.²⁷



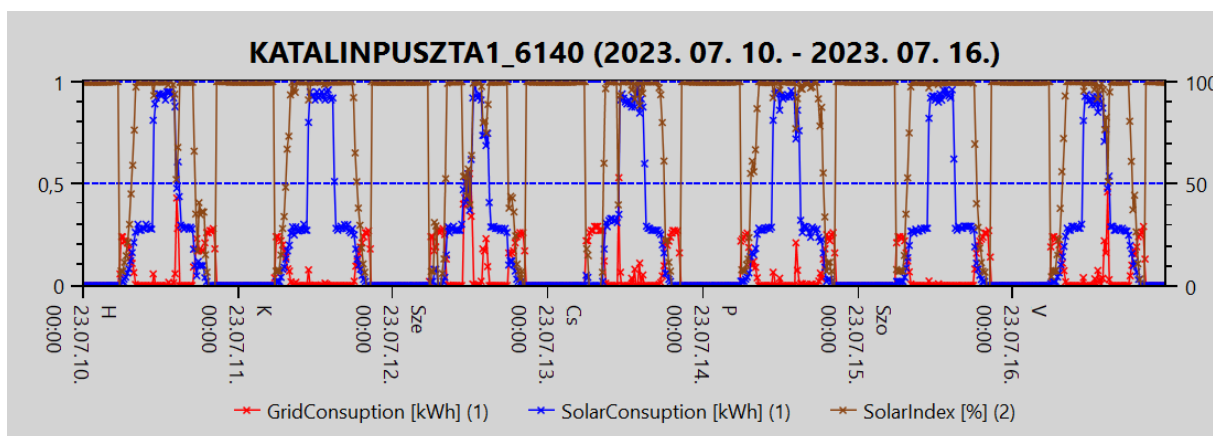
45. ábra. DC-DC konverter.²⁷

Néhány mérési eredmény:



46. ábra. A hálózatról (GridConsumption), a napelemrendszerből (SolarConsumption) rendszerből vett energia mennyisége, illetve ezek aránya, október végén, november elején.²⁸

Katalinpuszta egy kis fogyasztású hely, így az október végi időpont ellenére is viszonylag magas a napelemrendszerből vett energia aránya. Itt úgy van beállítva a rendszer, hogy napközben a napelemrendszer legyen az elsődleges energiaforrás és közben az akkumulátorok is töltődnek. Naplemente után csak az akkumulátorokat használjuk.



47. ábra. Ugyan ezek a mutatók nyáron.²⁸

Jól látszik, hogy szinte 100%-ban solar energia kerül felhasználásra, mert a kis teljesítmény igényt jószerivel egész napra tudjuk biztosítani a napelemekkel és az eltárolt energiával.

²⁸ Magyar Telekom Nyrt. Performance management rendszer.

A 4. fejezet összefoglalásaképpen megállapítható, hogy a 4.1. fejezetben felsorolt, energiamenedzselő applikációk optimalizáló funkciói közül van már, ami elérhető a jelenleg megvásárolható ipari alkalmazásokban, de vannak még olyan funkciók, amik jelenleg is fejlesztés alatt állnak. Abban biztos vagyok, az ilyen energiamenedzselő applikációk robbanásszerű fejlődés előtt állnak, mert egyre szélesebb körben lesznek használva ezek az eszközök mind ipari, mind az egyéni felhasználók körében, az elvárások velük szemben folyamatosan növekednek, és a gyártók egymással versengve igyekeznek majd ezeknek az elvárásoknak megfelelni.

5. GAZDASÁGOSSÁGI SZÁMÍTÁSOK

A telekommunikációs vállalatok általában jól prosperáló cégek, mert olyan társadalmi igényt elégítenek ki, amire mindenkinek – vállalkozások, multik, egyének, társadalmi szervezetek stb. – szüksége, igénye van. Mindemellett a telekommunikáció komoly tőkebefektetést is igényel, mert ahogy arra már többször hivatkoztam, az előfizetői igények folytonosan növekszenek, és ezeket csak újabb és újabb technológiák bevezetésével lehet követni. Tehát a telekommunikációs cégek évente jelentős pénzeket költenek el arra, hogy az alaptevékenységüket, a kommunikációs szolgáltatásokat versenyképes állapotban tartsák. Ezzel a típusú befektetéssel verseng minden más, nem alaptevékenységgel kapcsolatos beruházás költsége. Márpedig a napelem erőművek telepítése egy telekommunikációs cég esetében nem tartozik az alaptevékenységek közé. Viszont, ahogy azt a bevezetőben is leírtam, ezekre a beruházásokra, nem lehet tisztán költség / haszon elven tekinteni, a jelenlegi összetett politikai, társadalmi helyzet miatt. A megugró energia árak és azok volatilitása, az energiabiztonság, a klímacélok elérése, mind-mind olyan tényezők, amiket nem lehet csak a költség / haszon dimenziók mentén kiértékelni a naperőművekkel kapcsolatban, ennél sokkal szélesebb perspektívában kell ezeket a beruházásokat analizálni. Mindezek ellenére, a korlátos befektethető tőke, illetve az egymással versengő projektek nélkülözhetlenné teszik, hogy a bázisállomások mellé telepítendő napelemrendszerekre is elvégezzük a legalapvetőbb gazdaságossági számításokat.

5.1. Nettó jelenérték számítás

Definíció szerint a Nettó Jelenérték (net present value - NPV) az idő előrehaladtával kimenő és bejövő pénzáramok jelenértékeinek összege.

A feladat, hogy számba vegyük a naperőmű beruházással és üzemeltetéssel kapcsolatos valamennyi kiadásunkat, az egyes években elérhető bevételeket, illetve most konkrétan a

megtakarított energia árát, és mindezt transzformáljuk, diszkontáljuk egy időpontra, tehát vegyük figyelembe a pénz változó értékét.

5.1.1. A kiadások számbavétele

A kiadásoknál egyik nagy tétel a magának a naperőmű létesítésnek a bekerülési összege (kezdve a tervezéstől, a szükséges eszközök bekerülési összegén át, a telepítésig), míg egy másik tétel az erőmű üzemeltetésével összefüggő kiadások. Az üzemeltetési költségekbe beleértem magának az erőmű üzemeltetését (bár a naperőművek a viszonylag alacsony üzemeltetési tevékenységet igényelnek, de a hosszúra tervezett működési ciklusuk alatt biztosan lesznek meghibásodó napelemtáblák, konverterek, stb.) és a működésük felügyeletét és optimalizálását lehetővé számítástechnikai eszközök, sw-k, applikációk, háttértárolók folyamatos rendelkezésre állásának biztosító eszközöket és azok üzemeltetését.

Az NPV számítás során számba vett kiadások:

- Projekt előkészítés, projekt menedzsment, beszállító partnerek kiválasztása
- Tervezés1 (kapacitás számítások, PV számosság, akkumulátor kapacitás, telephelyek kiválasztása)
- Tervezés2 (a konkrét telephelyeken a naperőmű megtervezése)
- PV panelek, tartószerkezet, akkumulátorok bekerülési ára
- Energia menedzsment (EM) eszköz beszerzése
- PV rendszer telepítése (tartószerkezet, PV-k, akkumulátorok, EM eszköz)
- PV rendszer IT integrálása (felügyeleti rendszer kiépítése)
- Üzemeltetési költségek
- Esetleges bérleti díj növekedés

A fenti költségeket meghatározzuk, vagy megbecsüljük az előttünk álló évekre és ezeket összegezve megkapjuk az éves kiadásainkat.

5.1.2. Bevételek számbavétele

Ennél a beruházásnál alapvetően nem bevétellel, hanem elkerült költséggel tudunk számolni. Az elkerült költség abból származik, hogy a helyszínen megtermelt energiát nem kell megvásárolni az energiakereskedőtől, illetve azt nem kell „leszállítani” a DSO-nak, és az egyéb járulékos költségeket (jövedéki adó, MAVÍR PE, EKR, stb.) sem kell megfizetni.

Az elkerült költség számítás alapja a helyszíneken megtermelt energia mennyisége. Ez viszonylag könnyen becsülhető az interneten elérhető oldalak segítségével, pl.: a már említett <https://globalsolaratlas.info/> weboldalon. Mivel nem áll szándékunkban minden egyes helyszínen konkrétan kiszámolni a megtermelt energiát, ezért országos átlagban úgy számolunk, hogy 1 kW napelemtábla 1240 kWh energiát termel meg az első évben, és évente 0,45% termelési degradációt veszünk figyelembe.

A megtermelt energián túl, a költségek számításakor az energia árának a becslésére is szükségünk van, ami már sokkal nehezebb feladat, főleg napjainkban, amikor az energia ára éves összehasonlításban akár 100% eltérést is képes mutatni, de a havi, heti napi árak is rendkívül változékonyak.

A már korábban bemutatott HUDEX záróárak alapján készített ábra alapján (2. ábra) egy dolgot biztosan tudhatunk, az energiaárakat 10-20 évre előre megmondani lehetetlen vállalkozás. Marad a találgatás, illetve az aktuális környezeti hatások elemzése. Az EU-s klímacélok elérése érdekében a jövőben bizonyára nagyobb szerepet fognak kapni a megújuló energiát hasznosító erőművek, amik drágábban termelnek, mint a hagyományos erőművek. Ez alapján valószínűsíthető, hogy a 2020 előtti 40-50 Euro/MWh árak nem fognak visszajönni. Talán abban is lehet bízni, hogy az Ukrán – Orosz háború okozta, valós gazdasági okokkal nem magyarázható rendkívül magas energiaárak viszont konszolidálódni fognak. Középtávon a 80-120 Euró/MWh, hosszabb távon a 60-100 Euró/MWhs ársáv talán a legvalószínűbb.

Az energiaárakra jönnek a rendszerhasználati díjak (RHD), amiket szintén nem egyszerű megjósolni. Pont a sok, elosztott helyszínen történő naperőmű miatt jelentős változásokat kell elvégezni az elektromos hálózatokon, amely DSO kiadásokat nagy valószínűséggel viszont fogjuk látni a RHD díjakban is, de ennek mértékét megint csak becsülni lehet.

A fenti megfontolások alapján, hosszabb távon 0,2-0,25-0,3 Euró/kWh-s árat feltételezek (Best case, Normal Case, Worst case esetek) a számításaim során.

5.1.3. NPV számítás kiértékelése

A fenti számításokat elvégezve azt kaptuk (normal case estre), hogy a projekt jóval több mint 10 év alatt térül, ami a pénzügyi vezetés számára elfogadhatatlanul magas érték.

A magas térülési idő oka, a magas bekerülési költségek, amiket az alábbi tényezők okoznak:

- egyéni tervezés mindenhol,
- egyéni tartószerkezet gyártás mindenhol,
- jelentős súlyú acél tartószerkezet szükséges (helyszíneként több mint egy tonna),
- sajátos telepítési igények, nagyon gyakran alpin technika bevonásával,
- drága akkumulátoros energiatároló.

A fentiek miatt szükséges, az eredeti elképzelések további átgondolása:

- könnyített tartószerkezet tervezése
 - egyszerűbb, tömeges gyártás,
 - könnyebb (~ fél tonna) → kevesebb anyagszükséglet,
 - egyszerűbb telepítés,
- akkumulátoros energiatárolóval maximalizálni a költségcsökkentést és bevételt generálni:
 - price shaving: lehetőség szerint, amikor napon belül drága az energia, akkor napelemről, vagy akkumulátorról működni,
 - DSR (Demand side response) szolgáltatásban részvétel: az országos energiaegyensúly támogatása azáltal, hogy a bázisállomásokat akkumulátorról is tudjuk üzemeltetni, így tudjuk csökkenteni az ideiglenes felhasználási csúcsokat.

Az összes költségcsökkentő és bevétel maximalizáló ötlettel együtt is csak közelíteni lehetséges a térülést a 10 évhez, ami még mindig több, mint amire a pénzügyi vezetők szívesen bólintanak.

Ezért az ilyen projektek finanszírozásához külső segítséget kell egyelőre bevonni, amik lehetnek

- EU-s, vagy alkalom adtán magyar kormányzati támogatások
 - pl.: egy 50%-os támogatással már 6-8 évre lehozható a térülés, ami már finanszírozható kategória,
- EaaS (Energy as a Service) megoldás keresése, egy külsős céggel megépíttjük a naperőművet, a megtermelt energiát aktuális energiaáron kifizetjük az építőnek:
 - nincs szükség beruházási tőkére (CAPEX)
 - nem emelkedik a működési költség (OPEX)
 - térülés után alacsony költséggel megvásárolható az erőmű, ami még sokáig képes energiát termelni.

A gazdasági megfontolásokat összegezve, kijelenthető, hogy jelenleg még a bázisállomások mellé telepítendő, akkumulátoros energiátárolóval kiegészített naperőművek térülése túl hosszú időbe telik, ahhoz, hogy a cégek önálló finanszírozással indítsanak ilyen projekteket. Viszont külsős pénzügyi forrásokat, támogatásokat bevonva, már gazdasági szempontok alapján is megvalósulhatnak ilyen projektek. Ha ehhez még hozzávesszük ezeknek a projekteknek a klímastratégia célok elérését támogató hatását, akkor biztos vagyok abban, hogy a távközlési cégek tömegesen fognak ilyen jellegű beruházásokat végrehajtani, akár már a közeli években is.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

6.1. Magyar nyelven

Szakdolgozatomban a napelemes erőművek egy speciális felhasználási területét vizsgáltam, a jelenlegi Óbudai egyetemi tanulmányaim, illetve munkahelyi tapasztalataim alapján. Ez a vizsgált speciális terület a naperőművek lehetséges használata a távközlési iparágban volt. A 2. fejezetben rámutattam, hogy az erőművi, a kiserőművi, és a HMKE méretű naperőműveknek is lehet létjogosultsága ebben az iparágban. A három lehetséges erőműkapacitás közül a HMKE megoldást választottam szakdolgozatom főtémájának, amit elsősorban mobil bázisállomások energiaellátásának támogatására javaslok használni.

A 3. fejezetben bemutattam a napelemrendszer -, és energiatároló akkumulátor kapacitástervezését, illetve részletesen bemutattam a bázisállomás mellé történő telepítés során szóba jöhető tartószerkezeteket, illetve ezek tervezési szempontjait.

A 4. fejezetben a naperőművek gazdaságos működéséhez elengedhetetlenül fontos Energiamenedzselő (EM) eszközöket / applikációkat mutattam be, sorra véve ezeknek a szoftveres alkalmazásoknak az a legfontosabb építő köveit. Szintén ebben a fejezetben bemutattam két EM alkalmazást, a munkahelyi tapasztalataim alapján.

Az 5 fejezetben gazdaságossági számításokat végeztem el a NPV módszer felhasználásával és megállapítottam, hogy a jelenlegi ár környezetben, az ilyen jellegű beruházások a nem térülő kategóriába esnek, de megfelelő EU-s vagy kormányzati finanszírozási támogatás esetén már érdemes hozzákezdeni az ilyen projektekhez. Fontos hangsúlyozni, hogy az EU-s és kormányzati támogatások igénybevétele azért is valós alternatíva, mert ezekkel a naperőmű projektekkel nagyon hatékonyan hozzájárhat a távközlési ipar, az 2030-re és 2050-re kitűzött klímacélok eléréséhez.

6.2 In English

In my thesis, I examined a special field of the usage of solar power plants, based on my current studies in Óbuda university and my work experience. This investigated special area was the potential use of solar power plants in the telecommunications industry.

In Chapter 2, I pointed out that power plants, small power plants, and HMKE-sized solar plants can also have a right to exist in the telecommunication industry. Among the three possible power plant capacities, I chose the HMKE solution as the main topic of my thesis, which I recommend to be used primarily to support the energy supply of mobile base stations.

In the 3rd chapter, I presented the capacity planning of the solar panel system and energy storage battery, as well as presented in detail the supporting structures that can be considered during installation on to the base station, as well as their design aspects.

In Chapter 4, I presented Energy Management (EM) tools/applications that are essential for the economical operation of solar power plants, taking the most important building blocks of these software applications one by one. Also in this chapter, I presented two EM applications, based on my experience at work.

In chapter 5, I performed economic calculations using the NPV method and found that, in the current price environment, such investments fall into the non-returnable category, but in case of adequate EU or government funding support, it is worth to start such projects. It is important to emphasize that the use of EU and government subsidies is a real alternative, because with these solar power projects, the telecommunications industry can contribute very effectively to the achievement of the climate goals set for 2030 and 2050.

IRODALOMJEGYZÉK / HIVATKOZÁSOK

1. <https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/energy-efficiency-2/>
2. https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2370-2015-PDF-E.pdf
3. <https://hudex.hu/hu/piaci-adatok/villamos-energia/napi-adatok#year>
4. <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/climate-change/>
5. Bessenyei-Szporni, Megújuló energia, energiahatékony hálózat című előadása, 2022. 11. 3.
6. <https://magyarkozlony.hu/dokumentumok/15cb808c782394fa4902bccb92e31175d9b742a/megtekintes>
- 7., 8. Szigma-X Tervező és Tanácsadó Kft. „Napelem Panelek telepítése 30-40-50-60-70 m magas Telekom típus tornyokra” című szakvélemény, ami a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján készült 2022.09. 28-án.
9. Magyar Telekom, Rákosc saba 1 telephely fényképe, Magyar Telekom fénykép archívum.
10. Visimpex-Hungary Kft. tervei alapján, ami a Rákosc saba 1 telephelyre készültek a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján.
11. <https://www.greenbuildingafrica.co.za/container-cold-room-powered-100-by-solar-pv>
12. Visimpex-Hungary Kft. tervei alapján, ami a Katalinpuszta 1 telephelyre készültek a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján.
13. EU-Solar Nyrt. által kivitelezett földre telepített napelemrendszer, a Magyar Telekom NYrt. Katalinpuszta 1 telephelyén.
14. <https://www.bnamericas.com/en/features/the-state-of-renewable-powered-mobile-towers-in-latin-america>
15. Magyar Telekom Nyrt., Belső levelezés, T-Mobile Poland megvalósítás vegyes telepítésre
16. <https://globalsolaratlas.info/map>
17. https://www.greenpolicycenter.com/wp-content/uploads/2023/02/GPC-2022_elorehaladasi-jelentes.pdf
18. Magyar Telekom Nyrt., belső, döntéselőkészítő prezentáció 'Napelemrendszer, akkumulátoros energiáról telepítés' projekt kapcsán.
19. <https://www.tisztaenergiak.hu/napelem-webshop/longi-solar-370w-monokristalyos-napelem/>
20. Visimpex-Hungary Kft. által készített, földre telepített napelemrendszer tartószerkezete, 16 db Longy 370 Wp napelemtábla hordozására, Katalinpuszta 1 telephelyen, ami készült a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján.
21. Visimpex-Hungary Kft. által készített, földre telepített napelemrendszer tartószerkezete, 16 db Longy 370 Wp napelemtábla hordozására, Rákosc saba 1 telephelyen, ami készült a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján.
22. Szigma-X Tervező és Tanácsadó Kft. „Telekom Szolnok-J 30-es rácsos torony napelem tartószerkezet” kiviteli tervdokumentáció, ami a Magyar Telekom Nyrt. megrendelése alapján készült 2022. december 10-én.
23. Magyar Telekom Nyrt., Belső fejlesztés, Balogh Tamás RAN Supply Engineer tervei.
- 24., 25., 27. Magyar Telekom Nyrt. Fénykép archívum.
26. Telecommunication energy storage system TESS-3K-B22-O, Intallation and user manual, A2B, 2022.12.05.
28. Magyar Telekom Nyrt. Performance management rendszer.