



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar  
Villamos Energetika Tanszék

# Microgrid technológia alkalmazása egyetemi kollégiumnál

**TDK dolgozat**

Készítette:

Keöves András

Konzulens:

Dr. Iváncsy Tamás

2023

# Tartalomjegyzék

<b>Kivonat</b>	<b>3</b>
<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>1. Bevezetés</b>	<b>1</b>
<b>2. Topológia</b>	<b>3</b>
2.1. DC microgriddek . . . . .	3
2.2. AC microgriddek . . . . .	4
2.3. AC-DC microgriddek . . . . .	5
<b>3. Microgrid technológia alkalmazása egyetemi kollégium esetén</b>	<b>7</b>
3.1. Mérés . . . . .	7
3.1.1. Modell megalkotása . . . . .	7
3.1.2. Februári eredmények . . . . .	8
3.1.3. Májusi eredmények . . . . .	9
3.2. Napelem . . . . .	10
3.3. Akkumulátor . . . . .	13
3.4. Microgrid . . . . .	14
<b>4. Árszámítás</b>	<b>21</b>
4.1. Villamosenergia ára - 1.módszer . . . . .	21
4.2. Villamosenergia ára - 2.módszer . . . . .	22
4.3. METÁR . . . . .	23
4.3.1. METÁR fogalma . . . . .	23
4.3.2. METÁR felépítése . . . . .	23
4.3.3. Árazás . . . . .	23
4.3.4. Kötelező átvétel . . . . .	25
4.3.5. Módosított átvételi ár . . . . .	25
<b>5. Felhasznált modellek</b>	<b>26</b>
5.1. 1. modell: A jelenlegi állapot . . . . .	26
5.2. 2. modell: Napelem és akkumulátor . . . . .	26
5.3. 3. modell: Microgrid rendszer - 1. módszer . . . . .	27
5.4. 4. modell: Microgrid rendszer - 2. módszer . . . . .	27

<b>6. Eredmények</b>	<b>29</b>
6.1. Jelenlegi állapot vizsgálata a jelenlegi villamosenergia árral . . . . .	29
6.2. Jelenlegi állapot vizsgálata DAM villamosenergia árral . . . . .	30
6.3. Napelem és akkumulátoros eset vizsgálata a jelenlegi villamosenergia árral .	31
6.4. Napelem és akkumulátoros eset vizsgálata a DAM villamosenergia árral . .	32
6.5. 1. Microgrid rendszer vizsgálata a jelenlegi villamosenergia árral . . . . .	33
6.6. 1. Microgrid rendszer vizsgálata a DAM villamosenergia árral . . . . .	34
6.7. 2. Microgrid rendszer vizsgálata a DAM villamosenergia árral . . . . .	34
<b>7. Megtérülés</b>	<b>39</b>
7.1. Jelenlegi ár . . . . .	39
7.2. DAM ár . . . . .	40
<b>8. Konklúzió</b>	<b>42</b>
<b>Irodalomjegyzék</b>	<b>43</b>

# Kivonat

Napjainkban egyre nagyobb teret nyernek a microgridek. Ezek olyan kisméretű hálózatok, amelyek önállóan, vagy más kisméretű villamos hálózatokkal együttműködve üzemelnek. Az egyik fő jellemzőjük, hogy megújuló energiaforrásokat (főleg napelemeket) és energiátárolókat (főképp akkumulátorokat) alkalmaznak. Központjuk egy intelligens vezérlő, ami figyeli az időjárás előrejelzést és a piaci árakat és az alapján dönt a termelt villamos energia felhasználásáról, vagy a hálózathoz vételezésről azaz vásárlásáról.

A microgridek egyik fő alkalmazási területe épületekben van, így ebben a munkában azt vizsgáltam, hogy hogyan működik egy ilyen rendszer egy egyetemi kollégium esetén. Ilyen létesítmény esetén rendkívül fontos lehet a jobb energiamenedzsment, hiszen azzal jelentős mennyiségű pénzt lehet megtakarítani. Ebben az esetben nagy hangsúlyt kell fordítani az energiátárolókra, hiszen a villamos energia termelés és a fogyasztás csúcsai eltérő időben jelentkeznek, így a napelemek által megtermelt energia megfelelő felhasználásához az energiátárolók elengedhetetlenek. Ahhoz, hogy megfelelően tudjunk számolni 2 szoba alapján modelleztük a kollégium napi villamos energia felhasználását órás felbontásban és felhasználtuk 16 év napelem termeléses adatát, hogy a valóságnak minél inkább megfelelő adatokat kapjunk.

A magyar árazási rendszer és a Day Ahead Market árai alapján megállapítottuk, hogy mennyit lehet megtakarítani éves szinten, amennyiben szimplán csak napelemeket és akkumulátort használunk, és mennyit abban az esetben, amikor élünk a microgrid adta előnyökkel és az előrejelzések alapján hozunk döntéseket arról, hogy mikor és mennyi villamosenergiát vételezünk a hálózathoz.

# Abstract

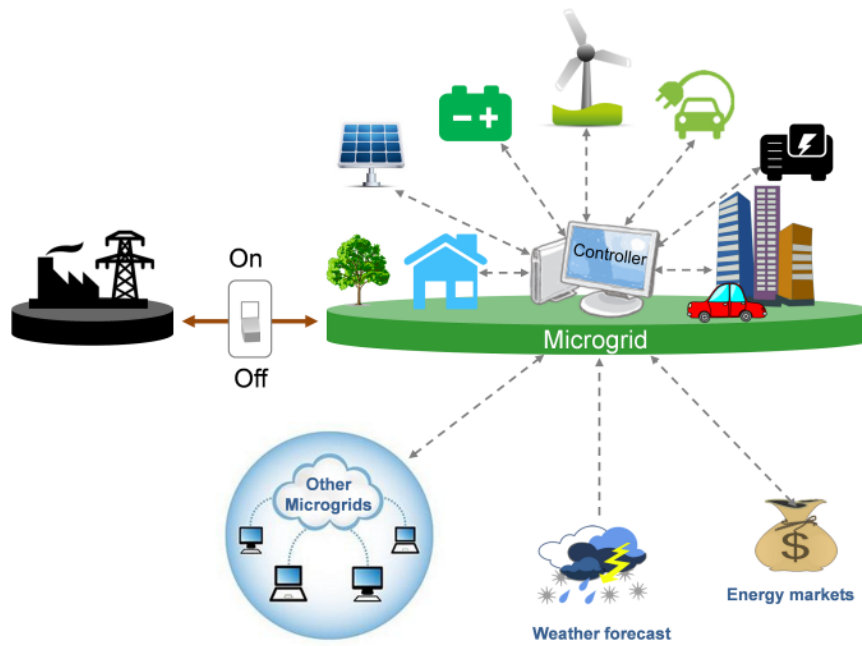
Nowadays microgrids are gaining more and more space. These are small-scale networks that operate independently or in cooperation with other small-scale electricity networks. One of their main features is that they use renewable energy sources (mainly solar panels) and energy storage (mainly batteries). They are centred around an intelligent controller that monitors weather forecasts and market prices to decide whether to use the locally generated electricity or buy electricity from the network. One of the main applications of microgrids is in buildings, so in this study I have investigated how such a system can operate in a university dormitory. In such a facility, better energy management can be extremely important, as it can save a significant amount of money. In this case, great emphasis should be placed on the battery, as electricity generation and consumption are at different times during a day, so storage is needed for the proper utilisation of solar panels. To be able to calculate properly, we have modelled the daily electricity consumption of the college on a 2 room basis with hourly resolution and used 16 years of solar PV generation data to get real data as close to real cases as possible. Based on the Hungarian pricing system and on the Day Ahead Market prices, we determined how much can be saved per year when simply using solar panels and batteries and how much when taking advantage of the microgrid and making decisions based on the forecasts about when and how much energy is required from the utility grid.

# 1. fejezet

## Bevezetés

A microgridek olyan kisméretű, önálló hálózatok, amelyek megújuló energiaforrásokat és energiatárolókat és lokális fogyasztókat is tartalmaznak és egyetlen szabályozható egységként működnek. A microgridet az különbözteti meg a nagy, központosított hálózattól, hogy itt az energiát a helyben lévő elosztott termelők termelik meg, míg a hagyományos hálózatnál az energia jelentős része a központi erőművekből származik, onnan átviteli- és elosztóvezetékeken keresztül jut el a fogyasztókig. A távolról történő villamosenergia szállítása nem túl hatékony, akár 8-15 százalékos szállítási veszteség is lehet. A microgrid ezt úgy küszöböli ki, hogy az energiát az ellátottak közelében termeli, a generátorok az épület közelében vagy az épületen belül, illetve napelemek esetén a tetőn található. A 21.században egyre több esetben van olyan időpillanat, amikor az energia iránya a fogyasztók felől van, köszönhetően a megújuló energiaforrásoknak [1]. Ez komoly problémákat okozhat a jelenlegi hálózaton, azonban megnyitja az utat a microgridek felé [2]. További előny, hogy a microgrid lekapcsolható a hálózatról és önálló működésre is képes. A szigetüzem lehetővé teszi, hogy még akkor is képes legyen villamos energiát szolgáltatni, amikor a közüzemi hálózat valamilyen oknál fogva nem üzemképes. Bár képesek önálló működésre is, általában a központi hálózathoz csatlakozva működnek. Kivétel ez alól az olyan távoli helyszín, ahol nincs központi hálózat, vagy az nagyon megbízhatatlan. Amíg a központi hálózat normálisan működik, addig a kettő egyfajta szimbiózisban működik. A microgrid ezenkívül még intelligens is. Ez az intelligencia a microgrid vezérlőből ered, amely nagyfokú kifinomultsággal kezeli a generátorokat, akkumulátorokat és a közeli épületek energiarendszereit, ahogyan az a 1.1. ábrán is látható. Ez a vezérlő több erőforrást is összehangol annak érdekében, hogy elérje a fogyasztó által meghatározott energiacélokat, mely vonatkozhat akár az energia költségeire, de akár arra is, hogy a felhasznált energia minél zöldebb legyen. A microgridek zöldebb működést tesznek lehetővé a megújuló energiaforrások felhasználásával, például a szél- és napenergia integrálásával. Energiaköltségeket takarítanak meg azzal, hogy tárolni tudják a villamos energiát és azt csúcskereslet idején a hálózatba juttatják. A microgridek használatával javított energiaminőség, növekedett energiabiztonság és az energiahatékonyság maximalizálása érhető el.

A világ népességének növekedése miatt az energiafelhasználás gyorsan növekszik. Egy tipikus fejlődő országban a GDP minden 1 százalékos növekedése 1,4 százalékos



Copyright Berkeley Lab

1.1. ábra. A microgridék általános felépítése

villamosenergia-igény növekedést eredményez [3]. Az energia iránti kereslet pedig 2035-ig előreláthatóan 40 százalékkal fog nőni, évente átlagosan 1,4 százalékkal, az olaj iránti kereslet pedig 2035-ig évente körülbelül 0,8 százalékkal fog növekedni. A világ azonban csak 40 évre elegendő tartalékkal rendelkezik kőolajból. Ezért a jövőben nagy szükség van a megújuló energiaforrások használatára, melyek integrálására az egyik legjobb és leghatékonyabb módszer a microgridék alkalmazása [4].

## 2. fejezet

# Topológia

A microgridek topológiáját tekintve 3 csoportra lehet azokat osztani. Léteznek egyenáramú (DC) microgridek, váltakozó áramú (AC) microgridek és hibrid (AC – DC) microgridek [4]. A legelterjedtebb messzemenőleg az AC technológia, amely több mint 80 %-ot tesz ki az összes microgrid közül, míg a DC csak 15 %-ot. Ez a szám ugyan fel fog emelkedni 2026-ra 36,6 %-ra, de még akkor is a váltakozó áramú microgridek lesznek többségben [5], [6]. Ebben a szakaszban az egyes típusok előnyei és hátrányai lesznek megvizsgálva, illetve gazdaságilag is összehasonlítom az AC és a DC microgrideket.

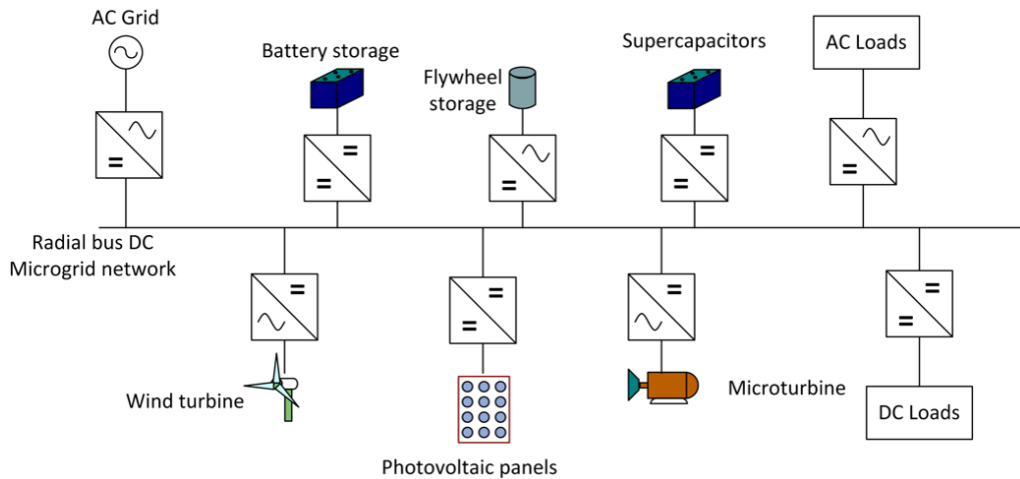
### 2.1. DC microgridek

Az egyenáramú microgridek legnagyobb előnye, hogy ide a legkönnyebb beintegrálni az egyenáramú energiaforrásokat és -energiatárolókat. A legelterjedtebb egyenáramú energiaforrás a napelem, míg az energiatárolók közül az akkumulátor. Ilyenkor nincs szükség DC-AC átalakítóra, hanem csak a feszültség szint konvertálásával lehet a napelemeket a gyűjtősínre csatlakoztatni. Mivel ez a költségeket jelentősen csökkenti, ezért olyan helyen, ahol jelentős mennyiségű egyenáramú energiaforrás található, ott előszeretettel használják a DC microgridet. Napelemes felhasználásnál 6-8 százalékkal hatékonyabb az egyenáramú verzió, mint bármelyik másik topológia. További előnye a DC microgridnek, hogy a vezérlésnél egyedül a gyűjtősín feszültség szintjét kell beállítani és figyelni. Az AC és a hibrid topológia esetében foglalkozni kell a feszültség mellett a frekvenciával, a meddő teljesítménnyel és a harmonikusokkal is. A reaktív áram hiányának köszönhetően ebben az esetben magasabb az átviteli hatékonyság és a rendszer jobb hibaelhárítási képességet biztosít [4], [7], [8], [9], [10].

A DC microgridek fő hátrányai közé tartozik a fő hálózathoz való csatlakoztatás nehézsége. Mivel a közüzemi hálózat váltakozó áramú hálózat, így konverterre van szükség ahhoz, hogy az egyenáramú microgridet ahhoz tudjuk csatlakoztatni, ahogyan az a 2.1. ábrán is látszódik. További árnyoldala az egyenáramú rendszereknek, hogy a feszültség stabilitása kizárólag a hatásos teljesítménytől függ. Míg a váltakozó áramú microgrideknél a valós teljesítményáramlás befolyásolása nélkül a feszültség stabilitását a rendszer reaktív teljesítményének szabályozásával tartják a kívánt értéken. DC microgrid esetében



a teljesítményáramlás javításához saját egyenáramú elosztóvezetékre van szükség. Annak köszönhetően, hogy főleg megújuló energiaforrásokat használnak DC microgriddek esetén, így a rendszerben inerciahiány fog fellépni. Az egyenáramú microgriddek esetén a védelem a legfőbb probléma. Az egyenáramú védelmi rendszerek még nem olyan kiforrtak, mint a váltakozó áramúak. A probléma ebben az esetben, hogy nincsen nullszekvenciás áram. További hátránya a DC microgriddeknek, hogy a szabványok még nagyon gyerekcipőben járnak összehasonlítva a váltakozó áramú szabványokkal [4], [9], [10], [11], [12].



**2.1. ábra.** A DC microgrid általános felépítése

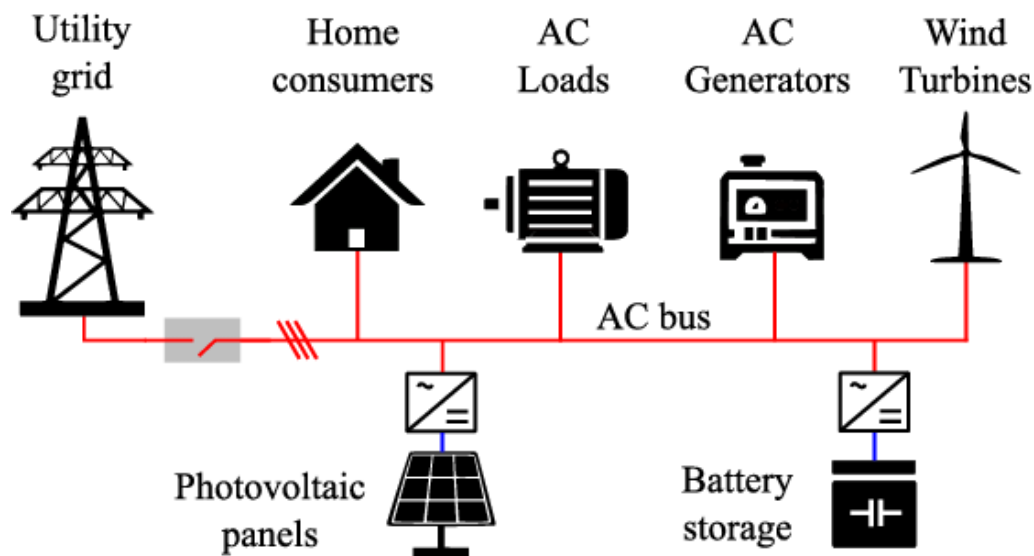
Az egyenáramú microgriddek fő felhasználási területe azon helyeken van, ahol a DC termelők és fogyasztók vannak többségben. Ilyen helyek a napelemparkok, elektromos töltőállomásokon, hajókon és tengeri járműveken, épületekben, valamint közterületek és utak világításánál [12], [13].

## 2.2. AC microgriddek

A váltakozó áramú microgriddek fő előnyei közé tartozik az, hogy könnyű összekapcsolni a hálózattal és hogy nincsen inerciaprobléma. Ahogy az a 2.2. ábrán is látszik, az AC fogyasztók esetén nincs szükség inverterekre és mivel a fogyasztók nagyrésze váltakozó áramú, így könnyebb azokat csatlakoztatni. Olcsóbb megépíteni a váltakozó áramú rendszereket köszönhetően az alacsonyabb építési- és anyag költségeknek. Megfizethető, fejlett védelem a jellemző az AC rendszerekre és létező, jól bevált szabványok vannak. További előny ezek mellett, hogy könnyű észlelnie a vezérlőnek, hogy mikor kell leválni a közüzemi hálózatról és kell szigetüzembe kapcsolni a frekvencia és fázisértékek alapján [4], [9], [10], [13].

Az AC microgriddek hátrányai közé tartozik, hogy nehéz és nem hatékony az egyenáramú-energiaforrások, energiatárolók és fogyasztók beintegrálása, hiszen ezek esetében drága DC-AC átalakítót kell alkalmazni. További hátrány, hogy bonyolult a vezérlése és éppen ezért nagymértékű szakértelemre van szükség a megfelelő működtetéshez, ugyanis szükség

van szinkronizációra, feszültségszabályozásra és figyelni kell a meddőteljesítményre is [4], [9], [10], [13].



2.2. ábra. Az AC microgrid általános felépítése

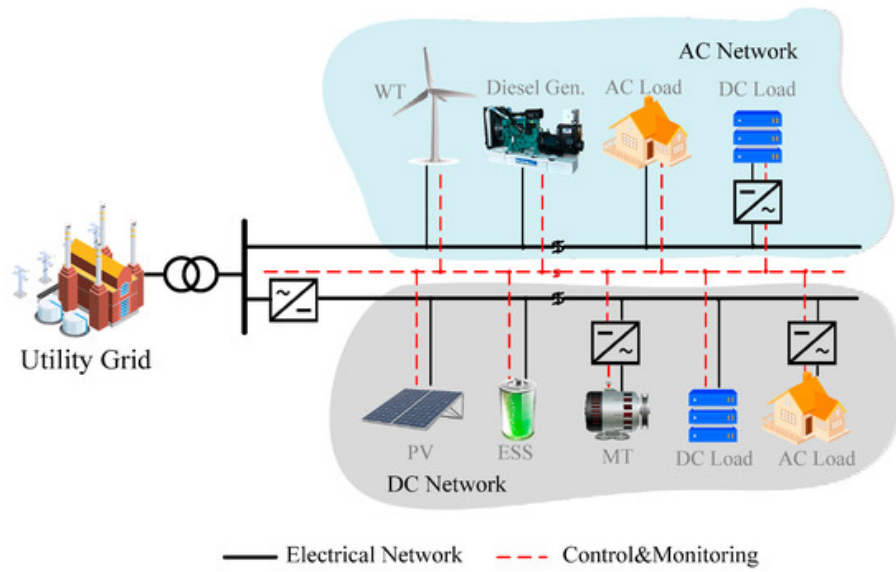
A váltakozó áramú microgridnek fő felhasználási területe azokban a közüzemi hálózatra csatlakoztatott épületekben van, ahol jelentős az AC fogyasztás. Jó példa ilyenre a nagyobb gyárépületek és azok a lakóépületek, ahol a már meglévő váltakozó áramú hálózatra építik ki a microgrid rendszert.

### 2.3. AC-DC microgrid

Az AC – DC microgridnek fő előnyei, hogy ez az AC és a DC topológia előnyeit is fel tudja használni. Rugalmasabb, mint az AC és a DC microgrid, javítja a teljesítmény minőségét és költséghatékony is. Megbízhatóbb, mint az AC microgrid, mivel kevesebb átalakítót használ, mint a teljesen váltakozó áramú. Széleskörű védelmi lehetőség áll fenn ebben az esetben, amit használni lehet. Mivel ebben az esetben van külön DC sín, így könnyű integrálni a DC energiatermelőket és energiátárolókat, valamint a fogyasztókat is, ahogyan az a 2.3. ábrán is látható [4], [14].

Az AC – DC microgrid hátrányai közé tartozik, hogy mivel sok konverterre van szükség, így az átalakítási költség nagy. Ahhoz, hogy a hálózatra tudjuk kapcsolni, egyénileg tervezett és átalakított konverterekre van szükség. Komplex és robusztus vezérlés kialakítására van szükség a teljesítmény javítása érdekében és azért, mert az egész rendszer sokkal bonyolultabb, mint az AC és a DC esetben. Habár a DC oldalon a szinkronizáció könnyen zajlik, az AC oldalon elég komplex és bonyolult feladat az [4], [14].

A hibrid microgridet főleg azokban az esetekben használják, ahol váltakozó áramú és egyenáramú fogyasztók is vannak. Tipikus példa erre a topológiára a szigetüzemben működő microgrid olyan helyeken, ahol nem felelt eléggé a közüzemi hálózat, hogy biztosítani tudja a folyamatos üzemi működést. Ezeken a helyeken a váltakozó áramú hálózathoz csatlakoztatják a dízel generátort, ami biztosítja a fogyasztók ellátását az esti



**2.3. ábra.** Az AC-DC microgrid általános felépítése

órákban, amikor az egyenáramú sínhez csatlakoztatott napelemek és akkumulátorok nem termelnek, illetve az energiatárolók töltöttségi szintje nem elegendő [15].

## 3. fejezet

# Microgrid technológia alkalmazása egyetemi kollégium esetén

### 3.1. Mérés

#### 3.1.1. Modell megalkotása

A példában a 490 darab kétszemélyes szobával rendelkező Kármán Tódor Kollégium esetén alkalmazott microgrid technológia működése került megvizsgálásra. Ehhez először az energiafelhasználást kellett megmérni a fogyasztási görbe megalkotásához. A kollégium esetén csak a szobákkal számoltam, a konyhák, folyosók, fürdőszobák, liftek és minden egyéb, nem a szobákhoz tartozó fogyasztók általi energiafogyasztást elhanyagoltam. A szobákban 3 különböző fogyasztót különböztethető meg: a hűtőgép, a lámpák és az elektromos eszközök. A hűtőgépnek és az elektromos eszközöknek a fogyasztását az egyszerűség kedvéért az időtől függetlennek lett tekintve, vagyis ugyanakkora órás fogyasztással számoltam az év összes napján. A lámpáknak a fogyasztása változónak lett modellezve attól függően, hogy az év melyik napján vagyunk. A mérést a világító berendezések esetén kétszer került elvégzésre, egyszer február végén, míg másszor május elején. Azt feltételezve, hogy lineárisan változik a napok hosszabbodása és rövidülése, jó becslést lehet adni a lámpák fogyasztására az év bármely napján. Előzetesen arra lehetett számítani, hogy napközben minimális a fogyasztás és csak a nélkülözhetetlen fogyasztók működnek, mivel a hallgatók az egyetemen vannak. Az esti órákban azonban jelentősen megnő a fogyasztás, hiszen a világítás mellett a hallgatók a szobájukban az elektromos eszközeiken tanulnak, vagy dolgoznak. A hét napjait tekintve azzal a feltételezéssel éltem, hogy a bentlakók a hétvégre hazamennek, így péntek estétől vasárnap délutánig nem várható semmi fogyasztással, csak a folyamatosan működő hűtőgép. A lámpák energiafelhasználásának a becslése szemrevételezéssel történt meg. 2 szobában került feljegyzésre, hogy melyik lámpa mikor lett be-, illetve kikapcsolva. A világítóeszközöket tekintve 4 különböző fényforrás található egy kollégiumi szobában: konyhai lámpa 9 W-os teljesítménnyel, 2-2 darab asztali- és ágy feletti lámpa, melyekben 30 W-os izzó található és a 4 fénycsövet tartalmazó nagy lámpa, melynek összteljesítménye 144 W. Ismerve az egyes lámpák teljesítményét, következtet-

Kezdet	Vége	Lámpa Energia- igénye [Wh]	Hűtő Energia- igénye [Wh]	Elektromos Eszközök Energia- igénye [Wh]	SZUM [Wh]	SZUM Kollégium [Wh]
00:00	00:59	25.5	2.69	0.23	28.42	13926.51
01:00	01:59	0	25.82	0.24	26.06	12767.82
02:00	02:59	0	26.35	17.79	44.14	21626.50
03:00	03:59	0	7.00	0	7.00	3429.29
04:00	04:59	0	19.32	0	19.32	9468.83
05:00	05:59	0	25.54	28.83	54.37	26642.09
06:00	06:59	0	9.91	22.21	32.11	15735.63
07:00	07:59	0	16.07	10.89	26.95	13207.25
08:00	08:59	0	26.18	0	27.30	13379.08
09:00	09:59	0	12.16	0	12.16	5959.29
10:00	10:59	0	13.16	0	13.16	6448.58
11:00	11:59	0	24.65	0	24.65	12079.72
12:00	12:59	0	17.10	0	17.10	8380.89
13:00	13:59	0	8.41	0	8.41	4121.67
14:00	14:59	0	27.15	0	27.15	13305.12
15:00	15:59	0	21.61	0	21.61	10588.07
16:00	16:59	15	4.82	0	4.82	2359.42
17:00	17:59	67.125	29.94	5.98	71.93	35244.42
18:00	18:59	156	22.66	0	94.66	46383.21
19:00	19:59	174	26.12	14.08	214.20	104956.95
20:00	20:59	138	15.58	43.39	232.97	114153.54
21:00	21:59	102	10.10	8.12	166.72	81690.91
22:00	22:59	156	31.45	0.33	162.29	79519.82
23:00	23:59	87	25.37	23.67	151.04	74010.25

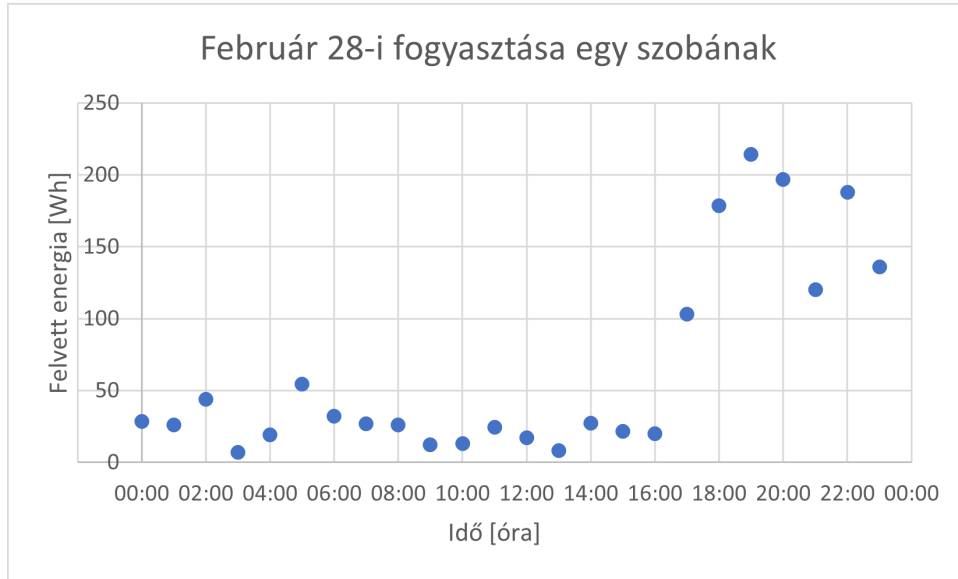
**3.1. táblázat.** A február végén mért adatok

ni lehet a szobák órás fogyasztására. A számoláshoz a 2 szoba energiafelhasználásának az átlaga lett felhasználva. A hűtőgépek és az elektromos eszközök fogyasztását Conrad Voltcraft Energy Logger 4000-es teljesítménymérővel mértem, majd a műszerhez járó gyári szoftverrel leolvasva az értékeket, egy Excelbe történtek azok kiexportálásra. Ezt csak 1 szobában tettem meg, ami a hűtőgépek esetében nem probléma, hiszen minden helyiségben ugyanolyan típusú hűtőgép berendezés található. Fogyasztók esetében lehet eltérés a szobákban, azonban a kollégium üzemeltetői tudnak ezzel kalkulálni, ugyanis a szobába való beköltözéskor meg kell adni a behozott elektromos eszközöket.

### 3.1.2. Februári eredmények

Február 28-án az 3.1. táblázatban látható eredményre jutottam, amit a 3.1. ábra szerint lehet az idő függvényében ábrázolni. Jól észrevehető, hogy a napközbeni fogyasztás elenyésző az esti csúcspozícióhoz képest.

Ábrázolva a 3.2. ábrán az egész kollégium heti fogyasztását az idő függvényében észrevehető, hogy a számításunknak megfelelően péntek délutántól vasárnap délutánig csak a hűtő ment, ezért ott nincs kiugró fogyasztásérték. A hét többi napján viszont megfigyelhető az esti csúcs, amikor mind a lámpák, mind pedig az elektromos eszközök fogyasztottak.



**3.1. ábra.** A február 28-i napi fogyasztása egy szobának

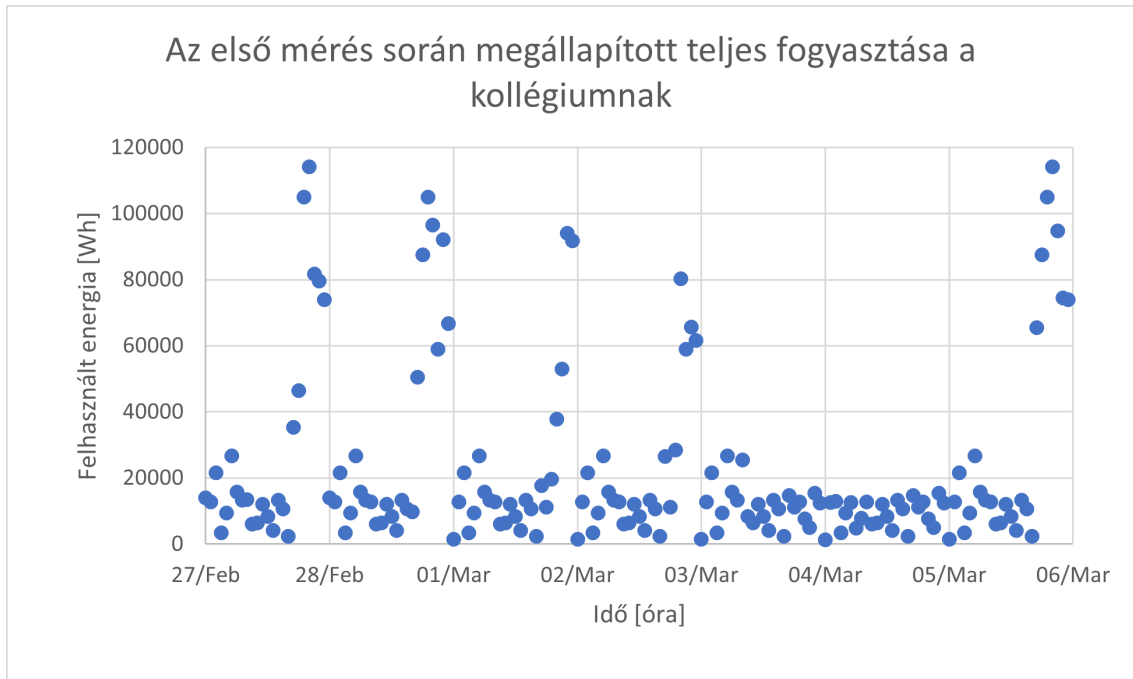
### 3.1.3. Májusi eredmények

Május 2-án újra megmérésre került a lámpák fogyasztása, hogy a két mért értékből már lehessen számolni a lineáris változással. Ekkor a 3.2. táblázatban látható eredményre jutottam, amit a 3.3. ábra szerint lehet az idő szerint ábrázolni.

A hűtőgép és az elektromos eszközök fogyasztásánál az lett feltételezve, hogy ez független attól, hogy milyen év- és napszak van, ezért egy áprilisban mért értéket használtam a számolás során végig. Ahogyan az a február végi és a májusi mérésből is látszódik, a lámpák általi fogyasztás csökkent. A mérések a 9. és a 18. naptári héten kerültek elvégzésre, a többi héten történő lámpafogyasztást a nappalok hosszának változásának linearitásával számolva és figyelembe véve a június 21-i és a december 22-i nyári- és téli napfordulót lehetett megkapni. A meghatározás úgy történt, hogy az egyes napok fogyasztását került viszonyításra a heti összfogyasztáshoz, majd a két százalékos értéket átlagoltam. Az így kapott napi százalékos értéket vettem alapul az év minden hetére. Azzal a feltételezéssel éltem, hogy a heti összfogyasztáshoz képest az év minden hetében ugyanakkora az egyes napok százalékos fogyasztása. Erre azért volt szükség, mivel csak 2 heti mért adat van, ami nem ad teljesen pontos eredményeket. A májusi adatok között van több olyan nap, amikor több volt a világítási eszközök fogyasztása, mint a hét ugyanezen napjain februárban. A heti fogyasztásnál viszont látszik a csökkenés a tél végi és a tavasz végi adatok között, így a feltételezést lehet alkalmazni. Ezek az értékeket heti leosztásban a 3.3. táblázatban láthatóak.

A 3.4. ábrán megjelenítve látható a linearitás a heti fogyasztásokban. A két töréspont a görbében a júniusi és a decemberi napforduló.

A fenti adatokkal számolva azt jön ki, hogy egy szobának az éves fogyasztása 413,45 kWh lesz. Ezt az értéket reálisnak gondolom, hiszen az MVM Next Zrt. adatai alapján az éves lakossági fogyasztás 2392 kWh/év/felhasználási hely volt [16]. A példában csak egy kicsi, 12 m<sup>2</sup>-es kollégiumi szobát vettem alapul, ahol nincsenek se fürdőszobai,



**3.2. ábra.** A február végi hét fogyasztásának ábrázolása

se pedig konyhai eszközök a hűtőgépen kívül, továbbá kettő ember lakik itt, míg máshol kettő felett van az egy felhasználási helyen élők átlaga, akik sokkal több és sokkal nagyobb teljesítményű fogyasztókat használnak.

### 3.2. Napelem

Annak érdekében, hogy a megvásárolandó villamosenergia mennyisége csökkentve legyen, napelemeket helyezünk el a tetőre. A kollégium épülete  $15 \times 100$  méter, így a tetőre maximum  $1500 \text{ m}^2$ -nyi napelemet lehet elhelyezni. A számolás során úgy igyekeztem napelemeket választani, hogy ne termeljenek sokkal többet, mint a napi energiaigény, de értelemszerűen jóval kevesebbet se. A számolást Longi solar mono napelemmel végeztem, ahol egy panelnek  $405 \text{ Wp}$  a csúcsteljesítménye  $25^\circ \text{C}$ -n és  $1000 \text{ W/m}^2$ -es besugárzás esetén [17]. A kalkulációhoz az Európai Bizottság PVGIS szoftverét használtam, ahol a térképen kiválasztott lokáció, a beépített csúcsteljesítmény, a rendszerveszteség, a dőlésszög és az azimut megadásával lehet az adatokat lekérni például csv formátumban 2005-től 2020-ig ahogyan az az 3.5. ábrán látható [18]. A dőlésszög, az azimut és a rendszer veszteségét optimális értéken hagytam, ami az első kettő napelemjellemező esetén  $41^\circ$  és  $-5^\circ$  volt a  $0 - 90^\circ$ -os és a  $-180^\circ - 180^\circ$ -os skálán, míg utóbbi értéke  $14\%$ -on lett hagyva.

A lekért eredmények többféleképpen kerültek feldolgozásra. Először csak a legújabb, 2020-as napelem adatokkal számoltam és más évek eredményeit nem vettem figyelembe. A 3.6. és a 3.7. ábrán ábrázoltam a 2020-as termelést és a 2023-ban mért fogyasztást a februári 28-i és a május 2-i napon. Azért ezek a napok lettek kiválasztva, mert ezekről a napokról van mért érték, így ezek a legpontosabb adatok. Ahogy az a 3.6. ábrán látható, a napelem 1 óra alatti maximális termelése közel megegyezik az aznapi maximális

Kezdet	Vége	Lámpa Energia- igénye [Wh]	Hűtő Energia- igénye [Wh]	Elektromos Eszközök Energia- igénye [Wh]	SZUM [Wh]	SZUM Kollégium [Wh]
00:00	00:59	102	2.69	0.23	104.92	51411.51
01:00	01:59	76.5	25.82	0.24	102.56	50252.82
02:00	02:59	0	26.35	17.79	44.14	21626.50
03:00	03:59	0	7.00	0	7.00	3429.29
04:00	04:59	0	19.32	0	19.32	9468.83
05:00	05:59	0	25.54	28.83	54.37	26642.09
06:00	06:59	0	9.91	22.21	32.11	15735.63
07:00	07:59	0	16.07	10.89	26.95	13207.25
08:00	08:59	0	26.18	0	26.18	12827.83
09:00	09:59	0	12.16	0	12.16	5959.29
10:00	10:59	0	13.16	0	13.16	6448.58
11:00	11:59	0	24.65	0	24.65	12079.72
12:00	12:59	0	17.10	0	17.10	8380.89
13:00	13:59	0	8.41	0	8.41	4121.67
14:00	14:59	0	27.15	0	27.15	13305.12
15:00	15:59	0	21.61	0	21.61	10588.07
16:00	16:59	0	4.82	0	4.82	2359.42
17:00	17:59	0	29.94	5.98	35.93	17604.2
18:00	18:59	0	22.66	0	22.66	11103.21
19:00	19:59	0	26.12	14.08	40.20	19696.95
20:00	20:59	76.5	15.58	43.39	135.47	66378.54
21:00	21:59	138	10.10	8.12	156.22	76545.91
22:00	22:59	174	31.45	0.33	205.79	100834.82
23:00	23:59	120	25.37	23.67	169.04	82830.25

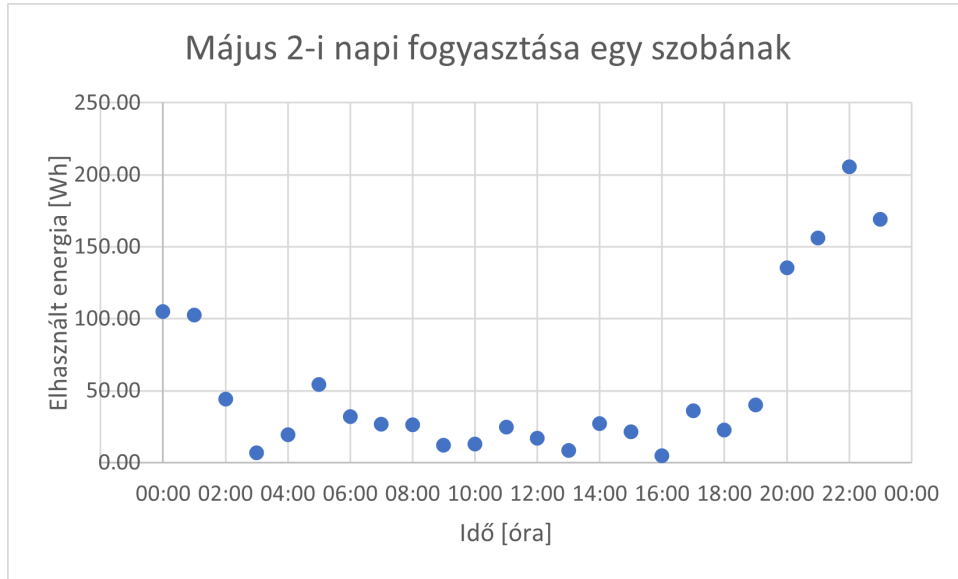
**3.2. táblázat.** A májusban mért adatok

fogyasztással. A méretezésnél erre az időpontra figyeltem, hogy itt ne legyen nagy eltérés, elfogadva, hogy a 3.7. ábrán ábrázolt májusi időpontnál ez nagyobb differenciát fog okozni.

A második felhasználási mód, amit megvizsgáltam az volt, hogy a 2005 és a 2020 közötti napelem termelési adatokból állítottunk fel egy átlagértéket minden órára. Ez pontosabb értéket ad, mivel az első esetben nem lehet tudni, hogy az adott év időjárás-függő napelem termelése mennyire tér el a „szokásos” értékektől. Ennek a kiküszöbölésére szolgál ez a módszer, ahol még ha volt is olyan érték, ami nem szokványos, akkor is csak kis súllyal fog beleszámítani a 16 évnyi adatba. Nem probléma az, ha valamelyik év felhősebb volt és ezáltal kevesebbet termeltek a napelemek, mert a jövőben is lehet olyan nap. Nem előnyös, ha csak az ideális esetre méretezünk, mert biztosan lesznek olyan időszakok, amikor nem lesz maximális termelés. Ennél a számolásnál is a februári és májusi fogyasztás adatokhoz hasonlítom az azonos naphoz tartozó termelés adatokat, mert így jobban nyomon követhető lesz az eredmények változása.

Ahogy az a 3.8. ábrán is látható, a 2020-as adatok sokkal magasabb értékek voltak, mint a 2005 és 2020 közötti adatok átlaga. Ezért is volt fontos, hogy a középértéket használják, mert a 3.6. ábrán ábrázolt februári adatokat használva a valóságtól eltérő eredményre jutottam volna. Észrevehető, hogy amennyiben csak a 2020-as napelem adatok kerülnek figyelembevételre, akkor a termelés ki tudja elégíteni a fogyasztási igényeket, amennyiben azonban a 2005 és 2020 közötti időszak átlagát néztük, akkor már egyértelműen kevesebbet





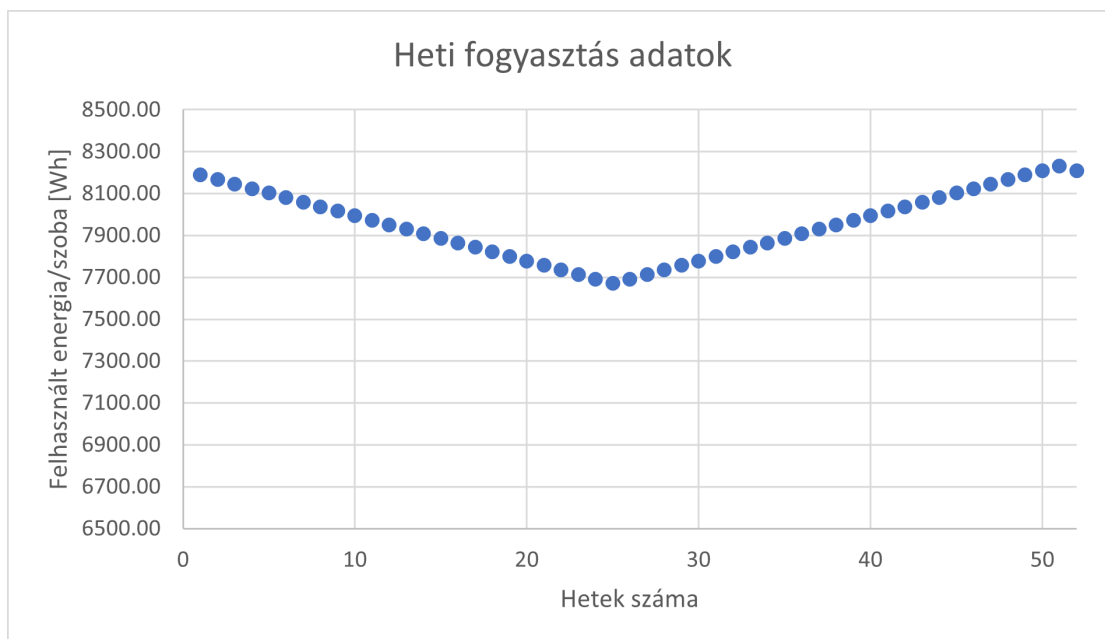
**3.3. ábra.** A május 2-i fogyasztás ábrázolása

termelnek a napelemek, mint amennyi szükséges lenne. A 3.9. ábrán látható májusi értékekről elmondható, hogy a 2020-as felhős idő ellenére az átlagot figyelembe véve látható, hogy szépen kialakul a napelemekre jellemző jelleggörbe. Emellett továbbá igaz az is, hogy itt is hasonló az eltérés a termelés és a fogyasztás között. Ahhoz, hogy a legrosszabb eset is figyelembe legyen véve, a december 22-i adatokkal kellene számolnunk, hiszen ekkor van a „legsötétebb nap”, tehát a napelemek várhatóan ekkor termelik a legkevesebbet, míg a lámpáknak köszönhetően ekkor lesz maximális a fogyasztás. Mivel keddre december 19-e esik, így a következetességet követve azt a nap lesz felhasználva a kalkulációhoz. A pontos eredményhez természetesen itt is az átlagolt napelem termeléssel számolunk. A fogyasztás becslés útján kapható, méghozzá úgy, hogy a február 28-i és a május 2-i százalékos lámpahasználatot átlagoljuk. Azzal a feltételezéssel élve, hogy a napi összefogyasztás nőtt és ez a magasabb fogyasztás az átlaghoz hasonlóan oszlik meg az órákban, de a hűtő és az elektromos eszközök fogyasztása ugyanaz.

Ahogy az látható a 3.10. ábrán, ekkor már sokkal kevesebbet termelnek a napelemek, mint amennyi a kollégium villamosenergia fogyasztása lenne. Napközben is csak épphogy fedezni lehet az igényeket, az esti órákra viszont semmit sem lehet az akkumulátorokban eltárolni. Nagyobb csúcsteljesítményű napelemek esetén a termelés nőne meg annyira, hogy nagyobb akkumulátorra lenne szükség, ami jelentősen megdobná az egész összköltségét.

A napelemek áránál 1300 Euro/kWp-el számoltam. Ezt az adatot egy microgridekkel is foglalkozó cégtől kaptuk, mely tartalmazza az összes extra költséget, ami a rendszer kiépítéséhez szükséges.

A napelemek esetén 10 éves élettartamot vettem figyelembe. Eszerint a megtérülés számításánál 10 évente újra be kell ruházni az összes felhasznált napelemre [19].



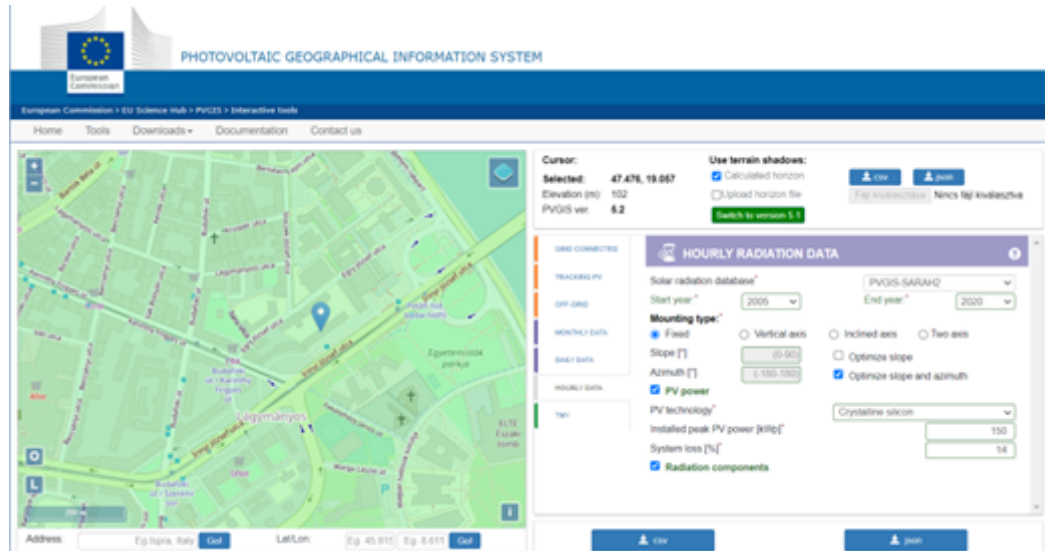
**3.4. ábra.** A heti fogyasztások ábrázolása hetekre való lebontás alapján

### 3.3. Akkumulátor

Ahogy az a 3.6. és a 3.7. ábrán is látszik, a termelői és a fogyasztói profil eltér egymástól. Máskor termelnek a napelemek és máskor van a fogyasztási igénynek a csúcsa. Ahhoz, hogy a nap közben megtermelt villamos energiát megfelelően lehessen hasznosítani, akkumulátorok kelljenek, amiben el tudjuk tárolni azt. Az akkumulátor használatával nemcsak a napelemrendszer teljes kihasználása és a microgrid stabilitása válik elérhetővé, hanem jelentős értéket ad hozzá a hálózathoz csatlakoztatott üzemhez. További előnye, hogy ezzel jelentősen lehet csökkenteni a költségeket, például ha völgyidőszakban töltjük fel az akkumulátort, míg a csúcsidőszakban sütjük ki. Ezáltal a csúcsidőszakban kevesebb villamos energiát kell vételezni a hálózatról. Az akkumulátor képes kiegyenlíteni az áramellátási megszakításokat, ezáltal egyenletesebb teljesítményt biztosít a rendszernek még akkor is, amikor a napelemek nem képesek termelni. Az akkumulátorok esetén a BSL-BATT ESS-GRID B100-as típust vettük alapul. A cég úgy hirdeti ezt a terméket, hogy a microgridekhez egy általános megoldást tud nyújtani. Ez az energiatároló 0,5 C töltés és kisütés értékkel tud működni. Ez azt jelenti, hogy 5 óra alatt képes feltölteni és ugyanennyi idő alatt képes kisütni.

A 3.4. táblázatban található a februári 28-i mérési eredményekhez állított akkumulátor adatai. Megfigyelhető, hogy napelemek és akkumulátor nélkül 104207 Ft-ot kell fizetni az aznapi villamosenergiaért, azokkal ez az összeg 43405 Ft-ra csökkenthető, míg az előrejelzést és a korábbi évek adatát figyelembe véve 37100 Ft-ba kerül csak.

A május 2-i adatokat figyelembe véve még nagyobb a megtakarítás ezzel a módszerrel. A februári számoláshoz hasonlóan itt is azt feltételeztem, hogy éjfélkor nullán volt az akkumulátor töltöttségi szintje, azaz az éjszakai fogyasztás kielégítéséhez már a hálózatról



**3.5. ábra.** A méréshez használt szoftver

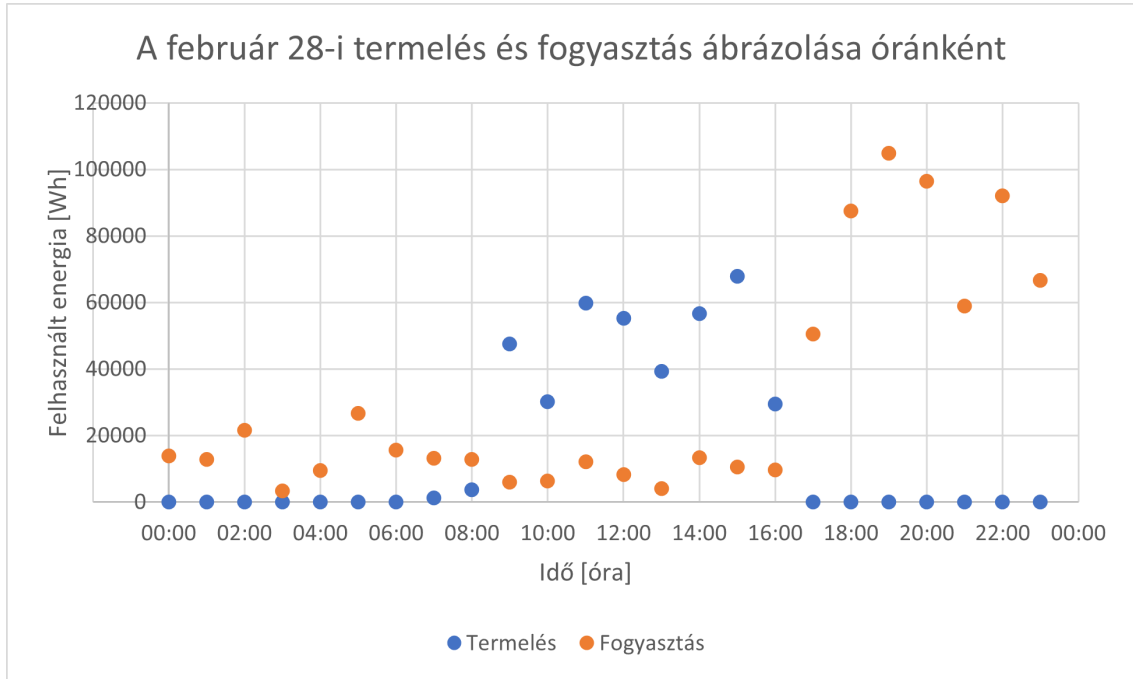
kellett vételezni a villamosenergiát. Ekkor napelem- és akkumulátormentesen 87687 Ft-ot kell fizetni az egész napi villamosenergiáért, napelemekkel ez az összeg 18383 Ft-ra csökkenthető, az előrejelzéssel pedig 17181 Ft-ra. Abban az esetben, amikor a nappali termelés jelentős, akkor nincs nagy differencia a két módszer között, hiszen akkor nem lehet a két árkategória közötti eltéréssel játszani. Ennek oka, hogy reggel 7 óra után már közel akkora a termelés, mint a fogyasztási igény, a napközben megtermelt villamos energia pedig elég ahhoz, hogy a csúcsidőszakos fogyasztás ki legyen elégítve.

Az akkumulátorok árát 600 Euro/kWh-val számoltuk, mely adatot a már fentebb említett cégtől kaptuk, mely szintén tartalmazza az összes extra költséget, ami a rendszer kiépítéséhez szükséges.

A hálózatok esetén használt akkumulátorok esetén 10 éves élettartam ciklussal számolunk. Azt feltételezzük, hogy 10 év után a teljes akkumulátor kapacitást cserélni kell. Elhanyagoljuk az akkumulátorok újrahaznosításával járó költségeket egyszerűsítés céljából.

### 3.4. Microgrid

Sima napelemes rendszerből 5 lépéssel lehet microgrid rendszert kialakítani. Első lépés egy audit és egy megvalósíthatósági tanulmány, amely során felmérésre kerülnek a microgrid igények. Ez a feladat megadja azokat az információkat, amelyek alapján a szakértők eldöntik, hogyan kell kiépíteni a microgrid rendszert a múltbeli napelem termelés, az energiafogyasztás és az energia árak alapján. Ezt egy személyes körbejárás követ, ahol meghatározásra kerülnek a kritikus fogyasztók, amelyeknek a lehető legtávolabb kell működniük. A következő lépés, hogy meghatározzák milyen fejlesztések szükségesek az épületen, hogy csatlakoztatni lehessen a napelemeket és a további elosztott termelőket. A harmadik lépés egy akkumulátor töltési analízis. A microgrid létrehozása nem annyira egyszerű, hogy egy megszakítón keresztül csatlakoztatjuk az akkumulátort. Az akkumulátor egy

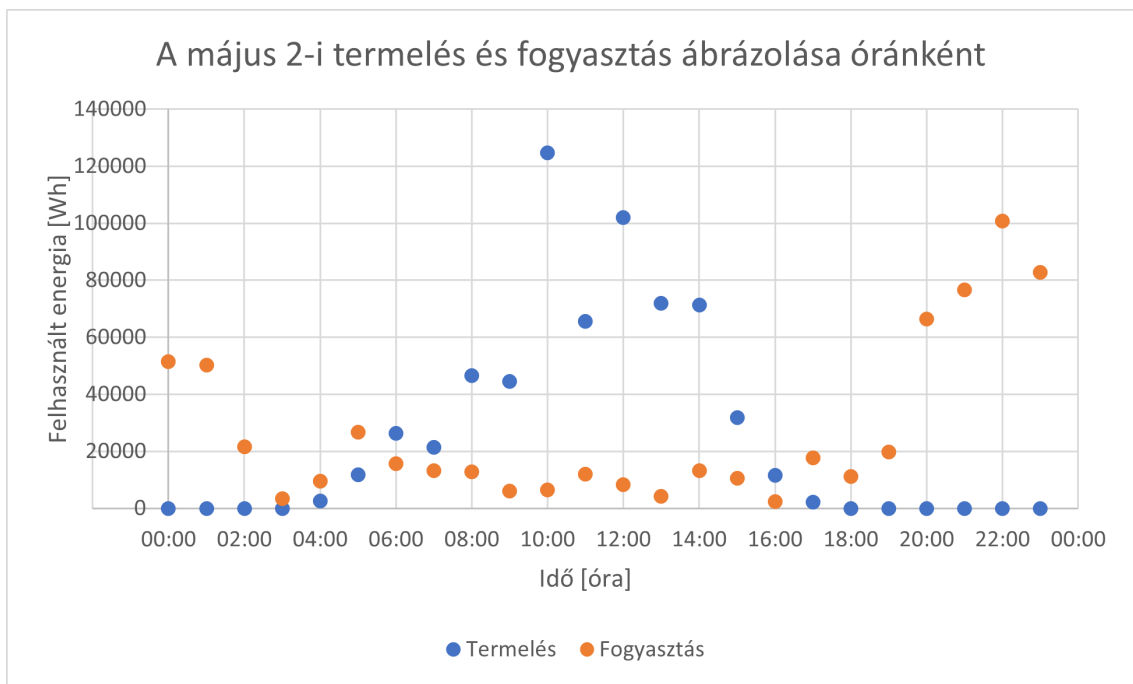


**3.6. ábra.** A február 28-i termelés és fogyasztás ábrázolása órás lebontásban

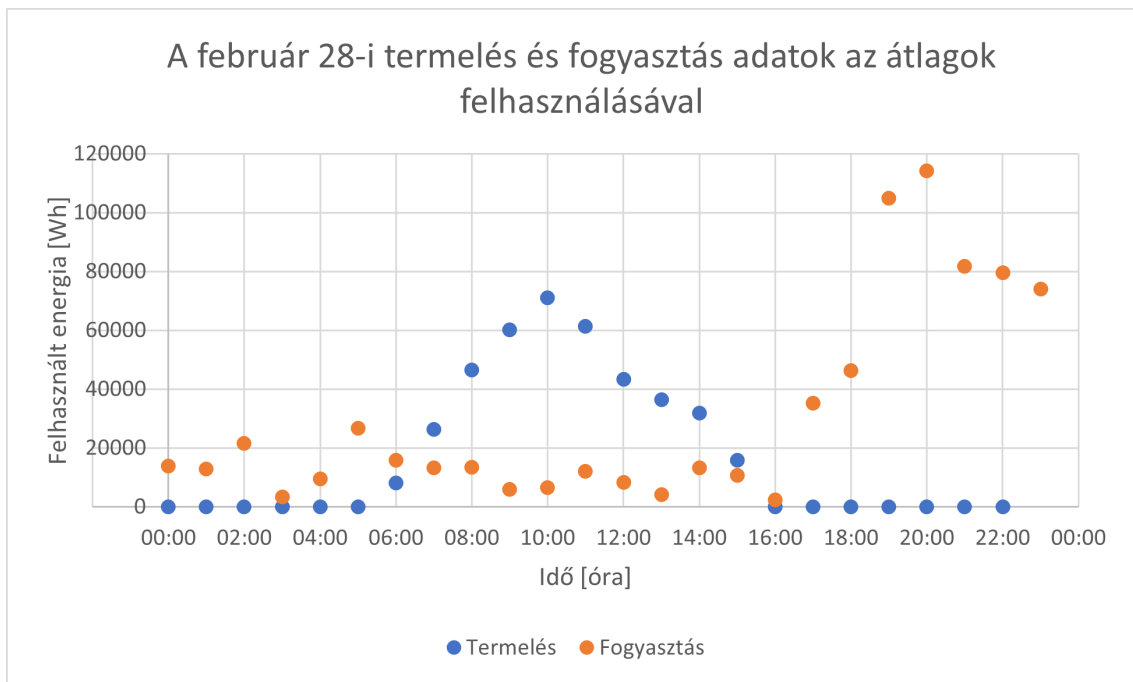
inverter alapú forrás, nem úgy működik, mint egy generátor, eltérő terhelési éslépés görbével, valamint más bekapcsolási áramtűréssel rendelkezik. Emiatt elengedhetlenné válik a fogyasztó-elemzés a microgridok esetén, amely meghatározza az akkumulátorok képességeit olyan feltételek mellett, mint a helyszíni terhelések bekapcsolási sorrendje üresjárat állapotból, az áramellátás időtartama, a valós és visszatáplálási teljesítményhatárok és az áramegyenlőtlenségi határértékek. Ez a 3.11. ábrán látható.

Ezt az elektromos elosztó berendezések, akkumulátorok és vezérlők beszerzése követ. Legvégül pedig a rendszer telepítése, üzembe helyezése, majd az évenkénti megelőző karbantartás és szigetelési tesztek vannak.

A microgrid általi extra telepítési költséget 50000 Euro-val számoltuk, mely egy 200 kWh feletti microgridre vonatkozó ár. Ezt az árat szintén a fent említett cég szolgáltatta számomra.



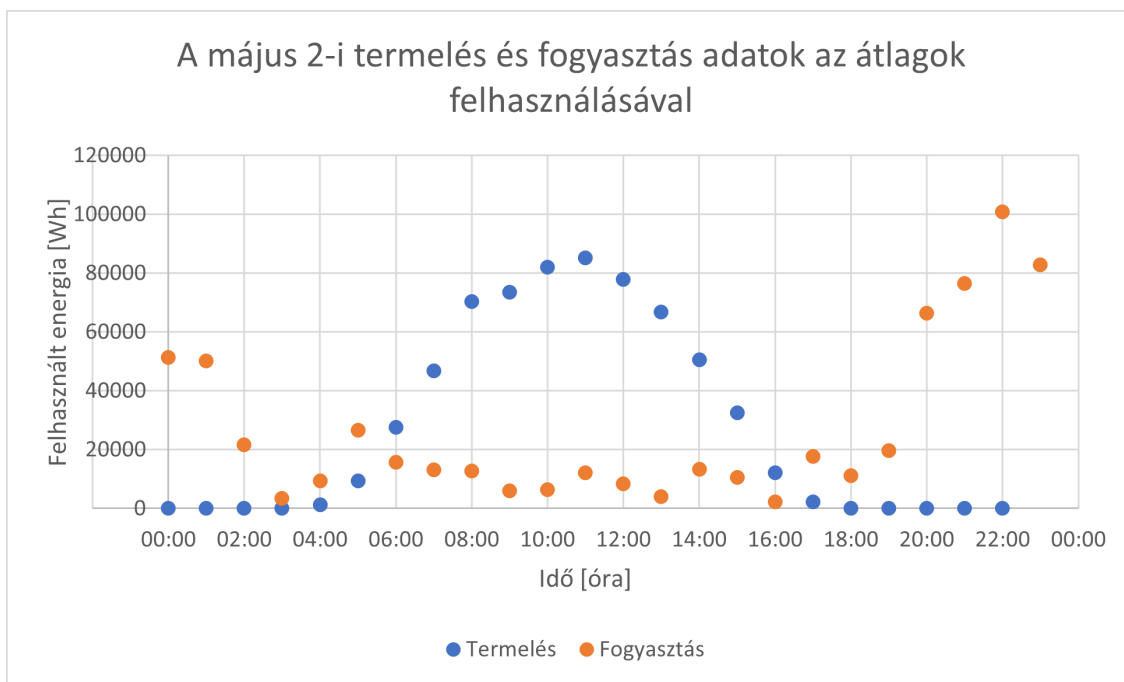
**3.7. ábra.** A május 2-i termelés és fogyasztás ábrázolása órás lebontásban



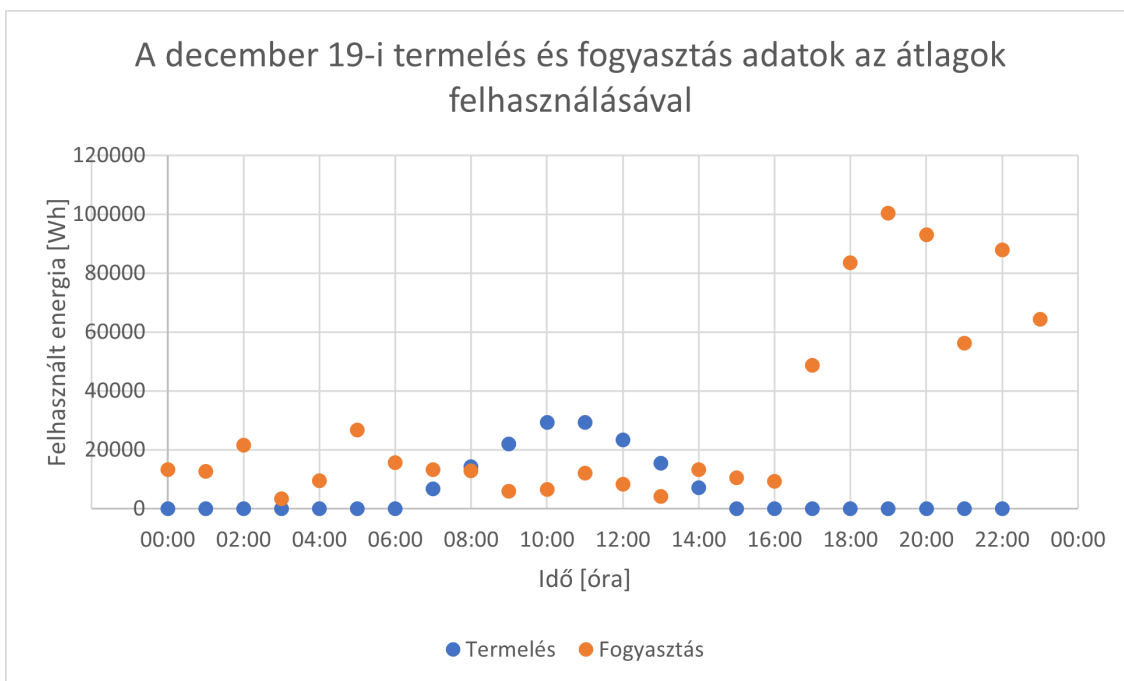
**3.8. ábra.** A február 28-i adatok ábrázolása az éves termelés adatok átlagának felhasználásával

Hét száma	Heti Lámpafogyasztás [Wh]	Heti hűtőfogyasztás [Wh]	Heti elektromos eszköz fogyasztás [Wh]	HETI SZUM/szoba [Wh]
1	3813.92	3144.11	878.79	7836.81
2	3792.33	3144.11	878.79	7815.23
3	3770.75	3144.11	878.79	7793.64
4	3749.17	3144.11	878.79	7772.06
5	3727.58	3144.11	878.79	7750.48
6	3706.00	3144.11	878.79	7728.89
7	3684.42	3144.11	878.79	7707.31
8	3662.83	3144.11	878.79	7685.73
9	3641.25	3144.11	878.79	7664.14
10	3619.67	3144.11	878.79	7642.56
11	3598.08	3144.11	878.79	7620.98
12	3576.50	3144.11	878.79	7599.39
13	3554.92	3144.11	878.79	7577.81
14	3533.33	3144.11	878.79	7556.23
15	3511.75	3144.11	878.79	7534.64
16	3490.17	3144.11	878.79	7513.06
17	3468.58	3144.11	878.79	7491.48
18	3447.00	3144.11	878.79	7469.89
19	3425.42	3144.11	878.79	7448.31
20	3403.83	3144.11	878.79	7426.73
21	3382.25	3144.11	878.79	7405.14
22	3360.67	3144.11	878.79	7383.56
23	3339.08	3144.11	878.79	7361.98
24	3317.50	3144.11	878.79	7340.39
25	3295.92	3144.11	878.79	7318.81
26	3317.50	3144.11	878.79	7340.39
27	3339.08	3144.11	878.79	7361.98
28	3360.67	3144.11	878.79	7383.56
29	3382.25	3144.11	878.79	7405.14
30	3403.83	3144.11	878.79	7426.73
31	3425.42	3144.11	878.79	7448.31
32	3447.00	3144.11	878.79	7469.89
33	3468.58	3144.11	878.79	7491.48
34	3490.17	3144.11	878.79	7513.06
35	3511.75	3144.11	878.79	7534.64
36	3533.33	3144.11	878.79	7556.23
37	3554.92	3144.11	878.79	7577.81
38	3576.50	3144.11	878.79	7599.39
39	3598.08	3144.11	878.79	7620.98
40	3619.67	3144.11	878.79	7642.56
41	3641.25	3144.11	878.79	7664.14
42	3662.83	3144.11	878.79	7685.73
43	3684.42	3144.11	878.79	7707.31
44	3706.00	3144.11	878.79	7728.89
45	3727.58	3144.11	878.79	7750.48
46	3749.17	3144.11	878.79	7772.06
47	3770.75	3144.11	878.79	7793.64
48	3792.33	3144.11	878.79	7815.23
49	3813.92	3144.11	878.79	7836.81
50	3835.50	3144.11	878.79	7858.39
51	3857.08	3144.11	878.79	7879.98
52	3835.50	3144.11	878.79	7858.39

**3.3. táblázat.** Heti energiafogyasztás 1 szobára



**3.9. ábra.** A május 2-i adatok ábrázolása az éves termelés adatok átlagának felhasználásával

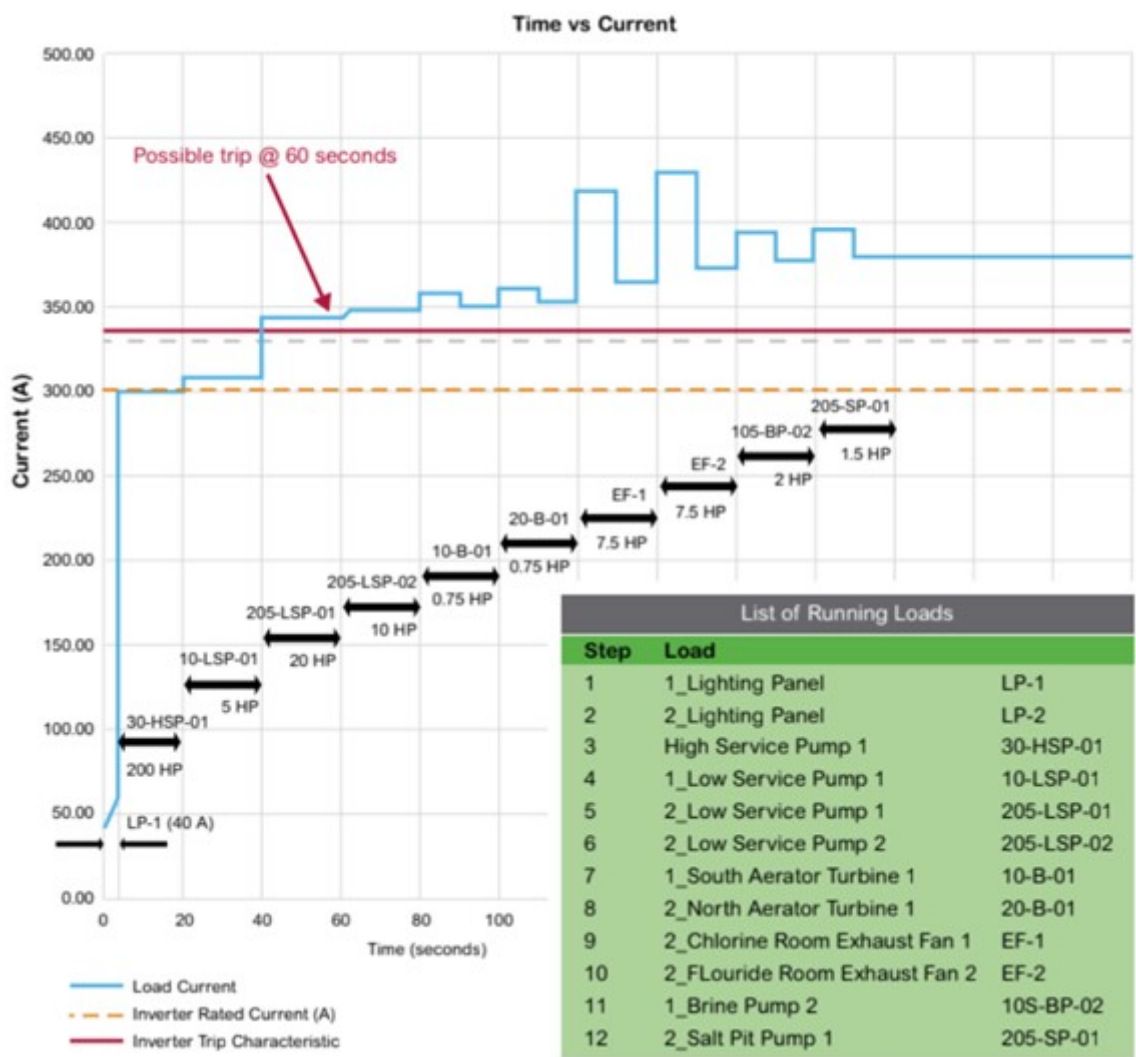


**3.10. ábra.** A december 19-i adatok ábrázolása az éves termelés adatok átlagának felhasználásával

Óra	Napelem [kWh]	Fogyasztás [kWh]	Akkumulátor töltöttség 1.módszer-nél [kWh]	Ár az 1.mód-szer-nél [Ft]	Akkumulátor töltöttség 2.módszer-nél [kWh]	Ár a 2.mód-szer-nél [Ft]	Ár ha nincs napelem [Ft]
00:00	0.00	13.9	0.00	1572.2	328.6	37100.7	1572.2
01:00	0.00	12.8	0.00	1441.4	314.7	0.00	1441.4
02:00	0.00	21.6	0.00	2441.5	301.9	0.00	2441.5
03:00	0.00	3.4	0.00	387.1	280.3	0.00	387.1
04:00	0.00	9.5	0.00	1069.0	276.9	0.00	1069.0
05:00	0.00	26.6	0.00	3007.7	267.4	0.00	3007.7
06:00	8.1	15.7	0.00	864.5	248.8	0.00	1776.5
07:00	26.3	13.2	13.1	0.00	259.4	0.00	2014.3
08:00	46.5	13.4	46.2	0.00	292.7	0.00	2040.6
09:00	60.2	6.0	100.4	0.00	339.5	0.00	908.9
10:00	71.0	6.4	164.9	0.00	404.5	0.00	983.5
11:00	61.3	12.1	214.2	0.00	459.4	0.00	1842.4
12:00	43.3	8.4	249.1	0.00	490.6	0.00	1278.2
13:00	36.4	4.1	281.4	0.00	518.6	0.00	628.6
14:00	31.9	13.3	299.9	0.00	546.3	0.00	2029.3
15:00	15.9	10.6	305.2	0.00	548.9	0.00	1614.9
16:00	0.00	2.4	302.8	0.00	538.3	0.00	359.9
17:00	0.00	35.2	267.6	0.00	536.0	0.00	5375.4
18:00	0.00	46.4	221.2	0.00	500.7	0.0	7074.3
19:00	0.00	105.0	116.3	0.00	454.3	0.00	16007.9
20:00	0.00	114.2	2.1	0.00	349.4	0.00	17410.5
21:00	0.00	81.7	0.00	12138.0	235.2	0.00	12459.4
22:00	0.00	79.5	0.00	12128.2	153.5	0.00	12128.2
23:00	0.00	74.0	0.00	8355.3	74.0	0.00	8355.3
<b>Ár</b>	-	-	-	<b>43405.07</b>	-	<b>37100.7</b>	<b>104207</b>

**3.4. táblázat.** A február 28-i árak összehasonlítása a két különböző módszerrel





3.11. ábra. Microgridék fogyasztó-elemző tulajdonsága

## 4. fejezet

# Árszámítás

### 4.1. Villamosenergia ára - 1.módszer

A villamosenergia árának meghatározásánál az ELMŰ Hálózati Kft. oldalán megtalálható adatokat vettem figyelembe. Közintézményi felhasználókra az A3-as tarifa vonatkozik, ami alapján csúcsidőszakban, vagyis 07:00 és 23:00 között 152.5 Ft/kWh az áfával és egyéb tételekkel növelt ár, míg a völgyidőszakban 23:00 és 07:00 között 112.89 Ft/kWh, ahogyan az a 4.1. táblázatban is látható [20].

Kezdet	Vége	Villamosenergia ára [Ft/kWh]
00:00	01:00	112.89
01:00	02:00	112.89
02:00	03:00	112.89
03:00	04:00	112.89
04:00	05:00	112.89
05:00	06:00	112.89
06:00	07:00	112.89
07:00	08:00	152.5
08:00	09:00	152.5
09:00	10:00	152.5
10:00	11:00	152.5
11:00	12:00	152.5
12:00	13:00	152.5
13:00	14:00	152.5
14:00	15:00	152.5
15:00	16:00	152.5
16:00	17:00	152.5
17:00	18:00	152.5
18:00	19:00	152.5
19:00	20:00	152.5
20:00	21:00	152.5
21:00	22:00	152.5
22:00	23:00	152.5
23:00	00:00	112.89

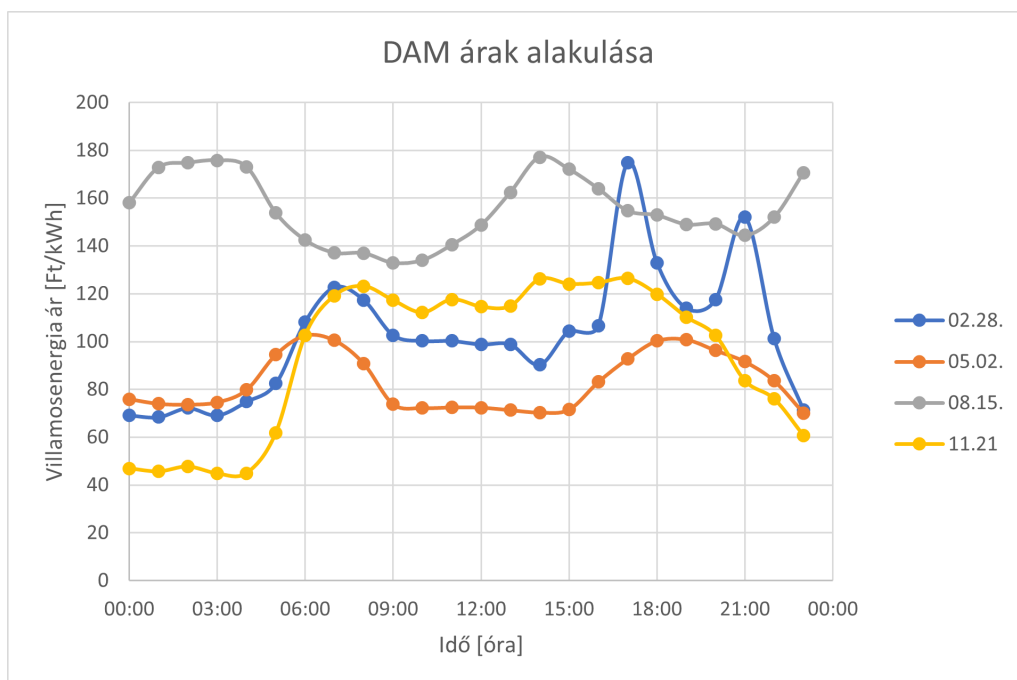
4.1. táblázat. ELMŰ árak

A mérések és megfigyelések alapján megállapítható, hogy a napi fogyasztás 70 %-a csúcsidőszakban történik, míg a maradék 30 % a völgyidőszakban. Ez alapján alap üzemben, napelem és akkumulátor nélkül éves szinten 26 millió forintba kerül a villamosenergia beszerzése a kollégiumnak. A másik számolásnak az alapja a microgrid intelligens tulajdonsága. A rendszer a korábbi évek adataiból tud következtetni az aznapi várható termelésre és a fogyasztásra, a differencia pedig a völgyidőszak során kerül beszerzésre olcsóbban, ezzel is csökkentve a kiadást. Ebben az esetben külön kell figyelni arra, hogy a tavaszi és a nyári hónapokban a napközben megtermelt energiát este nem fogyasztják el, így ott hajnalban kevesebbet kell vételezni a hálózatról.

## 4.2. Villamosenergia ára - 2.módszer

Jelenleg Magyarországon kéttartifás ármeghatározás van, ahogy az a korábbi részben látható volt, azonban a világon egyre több helyen alkalmaznak óránként, vagy akár negyedóránként változó villamosenergia árat a lakosság számára is

Ahhoz, hogy ezt a legjobban le lehessen modellezni, a HUPX oldalán elérhető Day-Ahead Market (DAM) 2022-es árait használtam. Ahogy az a 4.1. ábrán is látható, ilyenkor szépen kirajzolódik a reggeli és az esti csúcs. Előzetesen arra lehet számítani, hogy amennyiben ezt az árat használom, akkor sokkal nagyobb differencia lesz a napelemes-akkumulátoros és a microgrides rendszer között, hiszen a microgrid tud számolni azzal, hogy mikor milyen áron lesz elérhető a villamos energia és ennek tudatában tárol energiát az akkumulátorokban.



4.1. ábra. Day-Ahead Market árak

## 4.3. METÁR

### 4.3.1. METÁR fogalma

2017 január 1-től bevezetésre került a METÁR támogatási rendszer (Megújuló Energia Támogatási Rendszer) [21]. A régi KÁT rendszer lezárásra került, ami azt jelentette, hogy 2016. december 31-ét követően új KÁT jogosultság iránti kérelem már csak a METÁR hatálya alatt nyújtható be, azonban a régi kötelező átvételi rendszer (KÁT) érvényben marad a régi termelőkre a meglévő szerződéseik szerinti kifutásig. A rendszer finanszírozása a KÁT-tal egyezik meg, így új nevet kaptak a rendszer elsődleges finanszírozói is: „KÁT és Prémium pénzeszköz fizetésére kötelezettek”. Erre azért volt szükség, mert az Európai Unió Hivatalos Lapjában 2014. június 28-án megjelent az Iránymutatás a 2014–2020 közötti időszakban nyújtott környezetvédelmi és energetikai állami támogatásokról (2014/C 200/01) szóló bizottsági közlemény (a továbbiakban: Iránymutatás), mely 2016-tól más kereteket határoz meg a megújuló villamosenergiatermelés támogatás tekintetében, mint a korábbi uniós reguláció:

- A termelőknek közvetlenül a piacon kell értékesíteniük a villamos energiát és a működési támogatást a piaci áron felül fizetett felárként (piaci prémiumként) kell nyújtani.
- A kedvezményezetteknek szokványos kiegyenlítési feladataik vannak, amennyiben vannak likvid, napon belüli piacok.
- Intézkedéseket kell hozni annak biztosítására, hogy a termelőket ne ösztönözze semmi arra, hogy negatív árak esetén is termeljenek villamos energiát.
- Bizonyos kapacitás felett prémium kizárólag tiszta, világos, átlátható, nem diszkriminatív versenyztetési ajánlattételi eljárás során nyújtható.

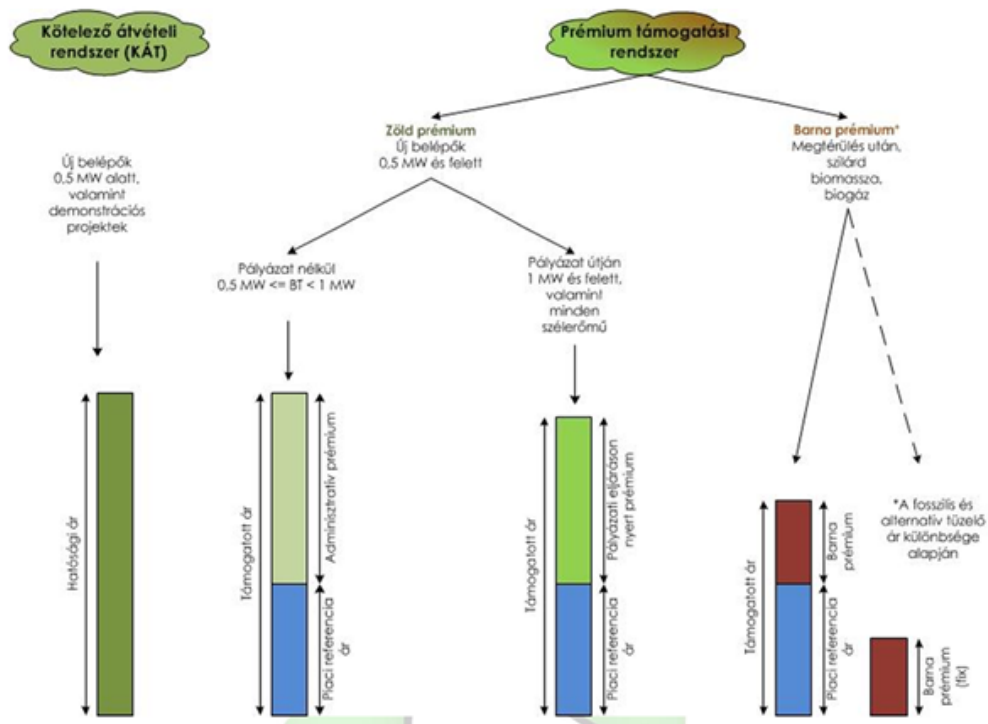
### 4.3.2. METÁR felépítése

Ahogy az a 4.2.képen látható, a METÁR-nak két eleme van, a KÁT és a prémium támogatási rendszer. 0,5 MW beépített teljesítmény alatti megújuló energiát (kivéve szél) felhasználó új építésű erőművek, valamint a demonstrációs projektek a kötelező átvétel alá esnek. A 0,5 MW-ot elérő, de 1 MW alatti erőműveknek (kivéve szélerőművek) kiosztott támogatási jogosultságok mértékét a MEKH állapítja meg (adminisztratív prémium). Minden szélerőmű és minden 1 MW-ot elérő erőmű csak versenyztetési eljárásban kaphat támogatási jogosultságot. Kormányközi megállapodás alapján külföldi telephelyű megújuló erőmű is pályázhat.

### 4.3.3. Árazás

Az árazáshoz használt jogszabályok, szabályzatok:

- A VET, különösen a 9-13/A §-ok,



4.2. ábra. A METÁR felépítése

- 2017. január 1-től a Hivatalhoz benyújtott új KÁT vagy Prémium jogosultság kérelem esetén:
  - a megújuló energiaforrásból termelt villamos energia kötelező átvételi és prémium típusú támogatásáról szóló 299/2017. (X. 17.) Korm. rendelet (a továbbiakban: METÁR rendelet),
  - a megújuló energiát termelő berendezések és rendszerek beszerzéséhez és működtetéséhez nyújtott támogatások igénybevételének műszaki követelményeiről szóló 55/2016. (XII. 21.) NFM rendelet,
  - a megújuló energiaforrásból termelt villamos energia működési támogatásának mértékéről szóló 17/2016. (XII. 21.) MEKH rendelet, o a megújuló energiaforrásból származó villamos energia termelési támogatás korlátairól és a prémium típusú támogatásra irányuló pályázati eljárásról szóló 62/2016. (XII. 28.) NFM rendelet.
- a megújuló energiaforrásokból nyert energiával termelt villamos energia működési támogatásának finanszírozásához szükséges pénzeszköz mértékének megállapítási módjára és megfizetésére vonatkozó részletes szabályokról szóló 63/2016. (XII. 28.) NFM rendelet (a továbbiakban: Finanszírozási rendelet),
- a magyar villamosenergia-rendszer Kereskedelmi Szabályzata (a továbbiakban: KSZ),
- a MAVIR ZRt. Üzletszabályzata (a továbbiakban: Üzletszabályzat),

- Üzemi szabályzat és Elosztói szabályzatok.

#### 4.3.4. Kötelező átvétel

Az átviteli rendszerirányító (továbbiakban: Befogadó) az Üzletszabályzata szerinti KÁT mérlegkör-tagsági szerződést köt az átvételi kötelezettség alá eső villamos energia termelőivel (továbbiakban: KÁT termelő vagy KÁT mérlegkör-tag). A Befogadó a mérlegkör-tagsági szerződés és a vonatkozó jogszabályok alapján, hatósági áron vásárolja meg a KÁT termelők által termelt villamos energiát, 32.28 Ft/kWh áron. A KÁT termelő – amennyiben az egyéb jogszabályi feltételeknek megfelel – jogosult a KÁT mérlegkörhöz csatlakozni.

A Menetrendadásra kötelezettek kötelesek minden hónapban a Finanszírozási rendelet 2. §-ában meghatározottak szerint zónaidős bontású termelési tervvel a következő 12 hónapra prognosztizálni a KÁT mérlegkört érintő termelésüket, illetve a hónap minden napjára napi menetrendet adni, továbbá jogosultak napon belüli menetrendet nyújtani, valamint önálló kiegyenlítő menedzsment keretében napon belüli menetrend alapú és valós idejű kiegyenlítéssel csökkenteni kiegyenlítetlenségeiket. A Menetrendadásra kötelezetteknek a menetrendektől való eltérés tekintetében teljes kiegyenlítési kötelezettsége van. A benyújtott menetrendek 6 (napi vagy napon belüli) és az önálló kiegyenlítő menedzsment alapján a Befogadó meghatározza a KÁT termelők menetrend-eltéréseit, melyek alapján szabályozási pótdíjat számláz a KÁT mérlegkör-tagok (vagy Menetrend-csoport Képviselők) felé.

A számolás során az egyszerűsítés miatt elhanyagoltuk a pótdíjat, amit a menetrendtől való eltérés esetén kell fizetni. Amennyiben figyelembe vettük volna, akkor nagyobb eltérés alakult volna ki a microgrides rendszer és a napelemes-akkumulátoros eset között. Ennek oka, hogy a microgrid rendszer az időjáráselőrejelzésből és a korábbi évek termelési adataiból tud következtetni a következő napi várható termelésre, ez alapján tudja módosítani a leadott menetrendet. Egy egyszerű napelemes rendszer erre nem képes, ezáltal ott egy váratlan időjárási körülmény következtében komolyabb pótdíj kerülhet kiszámlázásra.

#### 4.3.5. Módosított átvételi ár

Azokra az esetekre, amikor a 2.módszerben használt árakat használjuk a kötelező átvételi árat megváltoztattuk. Mivel sok esetben kisebb a DAM villamosenergia ára, mint a korábban meghatározott átvételi ár, így hogy elkerüljük azt, hogy többért tudjuk visszatáplálni az adott órában a hálózatba, mint amennyiért vettük, hiszen ez ellentmondás lenne. Pont akkor olcsó az ár, amikor az a cél, hogy minél többen vegyenek, mert jelentős többlettermelés van. Ekkor nem célja a hálózat üzemeltetőnek, hogy még több energia legyen visszatáplálva. Hogy elkerüljük az ilyen állapotokat, egységesen 0 Ft/kWh-s átvételi árat állapítottunk meg.

## 5. fejezet

# Felhasznált modellek

A számítások során 4 különböző modellt használtunk és ezeket hasonlítottuk össze.

### 5.1. 1. modell: A jelenlegi állapot

Az első modellben a kollégium jelenlegi állapota került modellezésre le azzal, hogy nem vettem figyelembe se napelemet, se akkumulátort. Ebben az esetben nincsen semmiféle energiatermelés, csak fogyasztás, amit az aktuális órában lévő villamosenergia áron vételezünk a hálózatról.

A többi modellhez hasonlóan ezt is Excel-ben alkalmaztam. Itt volt a legegyszerűbb dolgom, mivel csak össze kellett szorozni az éppen aktuális fogyasztási igényt az aktuális árral, hogy megkapjuk mennyi az óránkénti villamosenergia költsége.

Előnye ennek a modellnek, hogy ilyenkor nem történt semmi változtatás és beruházás az épületen, a beruházási költség nulla. Ugyanakkor az is belátható könnyen, hogy mivel ilyenkor nincsen napelem termelés, ami csökkentené a hálózatról vételezendő villamosenergia mennyiségét, így az éves villamosenergia költség is sokkal magasabb lesz, mint a napelemes esetekben.

### 5.2. 2. modell: Napelem és akkumulátor

A második modellben már figyelembe lett véve a napelem és az akkumulátor. Ilyenkor a napelemek az extra termelést akkumulátorokban tárolják, amit egyből felhasználnak, amikor már nincsen termelés. Ha az akkumulátor is lemerül, akkor pedig a hálózatról történik a villamosenergia vételezése az adott órára vonatkozó árazás alapján.

A modellben az alábbi számításokat hajtottam végre:

- Az akkumulátor töltöttségét úgy állapítottam meg, hogy amikor több volt a termelés, mint a fogyasztás, akkor a "felesleg" az akkumulátort töltötte. Amikor nem nulla volt a töltöttsége és a fogyasztás nagyobb volt, mint a termelés, akkor először az energiátárolóból lett kinyerve a hiány és csak azután a hálózatról. A feltöltésnél és a kisütésnél figyelni kellett természetesen arra, hogy ne lépjük túl a maximális kapacitást, de 0 alá se menjünk be.

- A felesleg megállapításánál azokra az órákra kell figyelni, amikor teljesen fel van töltve az akkumulátor, hiszen ekkor lesz olyan helyzet, hogy vissza kell táplálni a közüzemi hálózatra. Ez akkora mennyiséget érint, amennyivel nagyobb az előző órai töltöttség és az aktuális órai termelés összege és az aktuális órai fogyasztás különbsége a maximális kapacitásnál. A visszatáplálásból származó bevételt a visszatáplált energia nagyságából és az átvételi ár szorzatából kapjuk.
- Akkor kell a hálózatra szorulni, amikor a akkumulátor előző órai töltöttségi szintjének és az aktuális órai termelésének összege, valamint az aktuális fogyasztás különbsége kisebb, mint 0. Amennyi az eltérés a zérustól, annyi villamosenergiát kell beszerezni. A vételezési ár meghatározásánál könnyű dolgunk van, hiszen ezt a beszerezendő villamosenergia mennyiséget kell beszorozni az aktuális árral.

### 5.3. 3. modell: Microgrid rendszer - 1. módszer

A harmadik modellben már figyelembe lett véve a microgrid intelligens tulajdonsága. Ebben az esetben a napi legolcsóbb villamosenergiaár esetén legyen töltve az akkumulátor, hogy aztán a későbbi drágább ár esetén ne a hálózatról kelljen vételezni, hanem már rendelkezésre álljon. Előnye, hogy ilyenkor már egyfajta intelligencia szerint történik a döntéshozás, hogy mikor legyen a töltés, mikor pedig a kisütés. Ennek a modellnek az a hátránya, hogy a villamosenergia akkor a legolcsóbb, ami után úgyis termelni fognak a napelemek. Ilyenkor a felesleget vissza kell termelni a hálózatba, ahol az átvételi ár jóval kevesebb, mint amennyiért azt vételeztük.

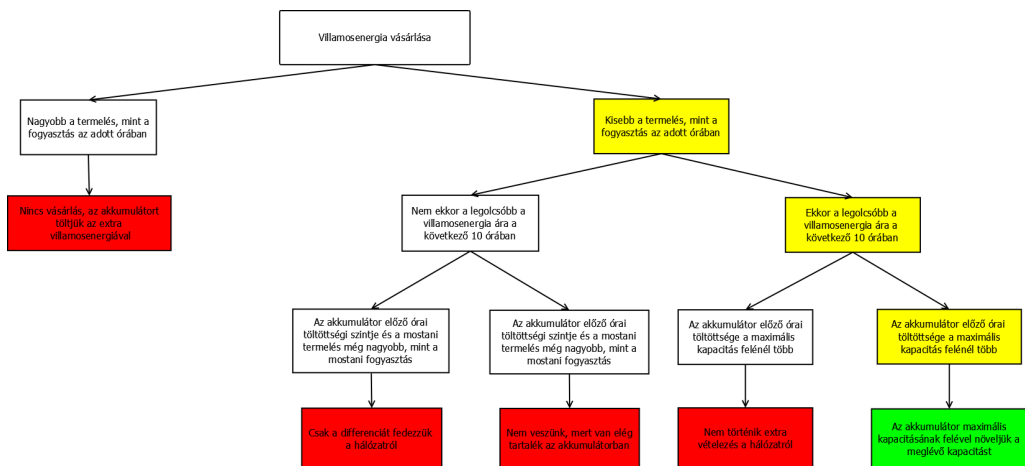
Ez a modell az aktuális árazásra lett kalibrálva, vagyis amikor két tarifa van csak, az alábbi módszer szerint:

- 23 órakor mindig feltöljük az akkumulátort a maximális kapacitásának felére, hogy ezzel kielégítsük az éjszakai fogyasztási igényt.
- Május 1 és Szeptember 30 között máskor nem is töltünk, hiszen akkor már a reggeli órákban van akkora termelés, hogy ne kelljen a hálózatról venni.
- Február 1 és Április 30, valamint Október 1 és November 20 között annyi változást végzünk, hogy reggel 6 órakor a maximális akkumulátor kapacitás negyedére töltjük azt, hogy azon rövid szakaszban is legyen olcsó villamos energia, amikor már elfogyott a 23 órás feltöltés és még a termelés sem elegendő a fogyasztás maximális kapacitás felére töltjük fel a kapacitást, hiszen ott később lesz napelemes termelés.

### 5.4. 4. modell: Microgrid rendszer - 2. módszer

A negyedik modellt az óránként változó DAM árra kalibráltam, hiszen itt figyelembe veszi a rendszer, hogy mekkora lesz a villamosenergia ára a következő órákban, ezzel pedig a 3.modell hiányossága lett kijavítva. A modell működése grafikusan a 5.1. ábrán van megjelenítve.





5.1. ábra. A 2. Microgrid módszer leírása grafikusán

A modell az alábbi módon lett kalibrálva a számítások során:

- Amennyiben nagyobb a termelés, mint a fogyasztás, akkor a piaci ártól függetlenül nem veszünk onnan villamosenergiát, hanem a többlet energiát tároljuk el az akkumulátorban, figyelembe véve, hogy ne legyen nagyobb a töltöttsége, mint a maximális kapacitás, hiszen ez komoly hibája lenne a modellnek.
- Ha nagyobb a fogyasztás, akkor azt vesszük figyelembe, hogy a jelenlegi piaci ár hogyan viszonyul a következő 10 óra árához:
  - Ha ekkor a legolcsóbb és az akkumulátor töltöttsége a maximális kapacitás felénél kisebb, akkor a maximális kapacitás felével töltjük az energiatárolót. Ha a felénél nagyobb a jelenlegi kapacitás, akkor nem történik semmiféle vételezés.
  - Ha nem ekkor a legolcsóbb, akkor az akkumulátorból próbáljuk kielégíteni a villamos igényeinket. Ha ezt meg tudjuk csinálni, akkor értelemszerűen nem veszünk semmit. Ha viszont nem elég a jelenlegi töltöttség akkor muszáj a hálózatról ellátni a fogyasztóinkat, figyelembe véve, hogy ne menjen a modellben a töltöttség mínuszba.

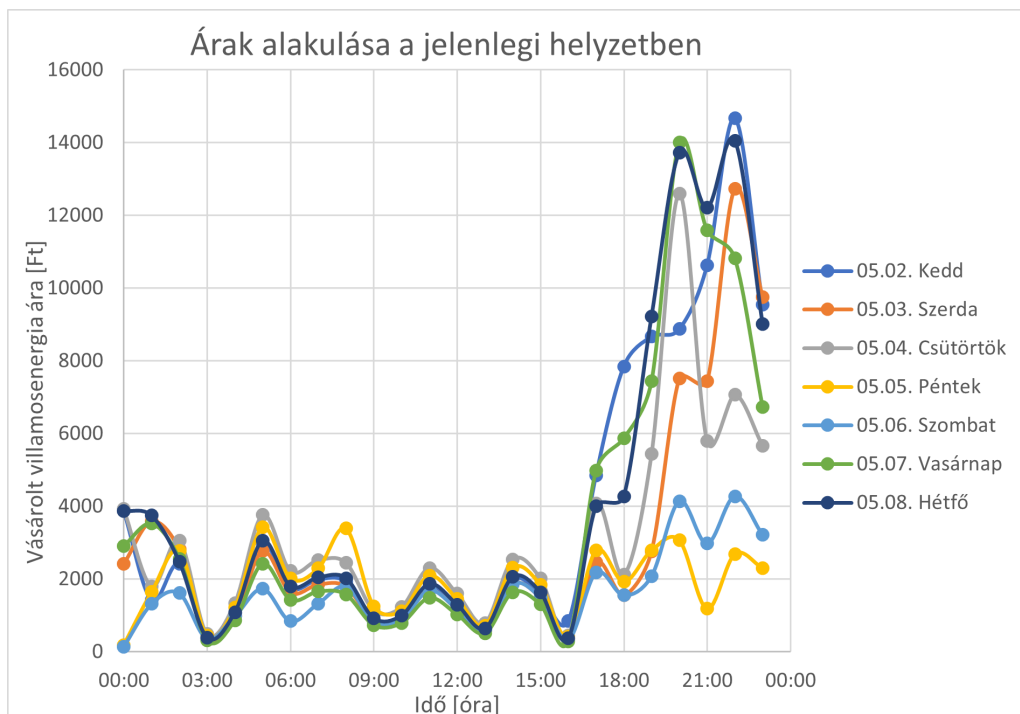
Mivel ebben az esetben használjuk a módosított átvételi árat, ami 0 Ft/kWh, így nincs is értelme visszatermelni a hálózatba, hiszen azt ingyen tennénk meg. Ennek a modellnek a célja, hogy a fogyasztókat mindig ellássa energiával és nem az, hogy minél nagyobb profitot termeljen. Jelentős mértékben bonyolítaná a modellt, ha figyelembe vennénk azt is, hogy amikor nagyon drága az aktuális piaci ár, akkorra mindenképpen maradjon annyi töltöttség az akkumulátorban, hogy ezt fedezni tudja és azokban az órákban semmiképpen se kelljen a hálózatról venni. Azonban ez jelentősen megbonyolítaná a jelenlegi modellünket, így ebben a munkában nem vesszük ezt figyelembe.

## 6. fejezet

# Eredmények

### 6.1. Jelenlegi állapot vizsgálata a jelenlegi villamosenergia árral

A jelenlegi állapot szerint nincs sem energiatároló, se energiatermelő egység a kollégiumban. Emiatt a szükséges villamosenergia kerül beszerzésre az éppen aktuális ár alapján. Ekkor az óránkénti beszerzési ár május 2 és május 8 között a 6.1. ábra szerint alakul. Mivel itt csak 2 tarifa van, ezért jól lekövetik ezek a görbék a fogyasztás görbét. Annyi eltérés van, hogy 07:00 és 23:00 között a nagyobb ár miatt nagyobb számmal van megszorozva, ezáltal jobban eltér a 23:00 és a 07:00 közötti időszaktól.

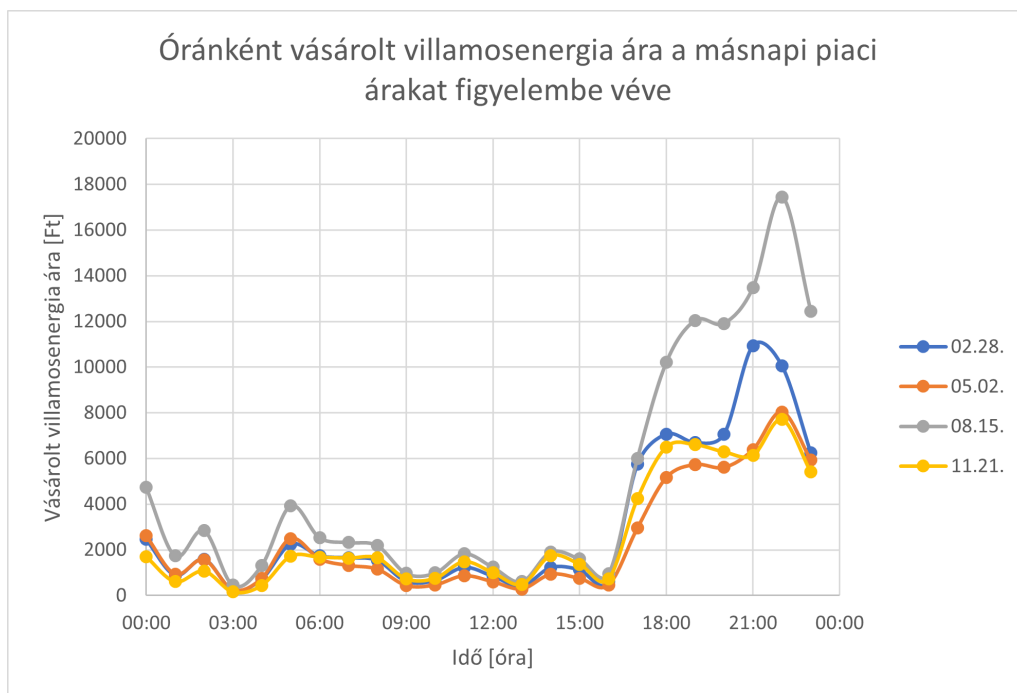


6.1. ábra. Árak alakulása a jelenlegi helyzetben

Ismerve az óránkénti fogyasztást és az óránkénti villamosenergia árat, könnyen meg lehetett határozni az éves költségét ennek az állapotnak. Eszerint a modell szerint az éves villamosenergiára fordított kiadás 27013728,09 Ft.

## 6.2. Jelenlegi állapot vizsgálata DAM villamosenergia árral

Ebben az esetben a Day-Ahead-Market áraival számoltam, ami óránként változik. Itt figyelembe kell venni, hogy az éves átlagára a villamosenergiának 103,8462 Ft/kWh-ra adódott, ami jelentősen kisebb, mint a jelenlegi 139,3 Ft/kWh-s átlagár. Látható, hogy az éves költségek aránya közel megegyezik a villamosenergia kWh-kénti átlagárával. Ez csupán a véletlen műve, mivel a Day-Ahead-Market árai folyamatosan változnak, tehát voltak olyan időpillanatok, amikor az aránynál nagyobb eltérés volt a vételezett energia árában, míg voltak olyan órák is, ahol az aránynál lényegesen kisebb ár alakult ki. Ennek oka, hogy a Day-Ahead-Market árai között volt 397,898 Ft/kWh-s és 0,0076 Ft/kWh-s érték is.



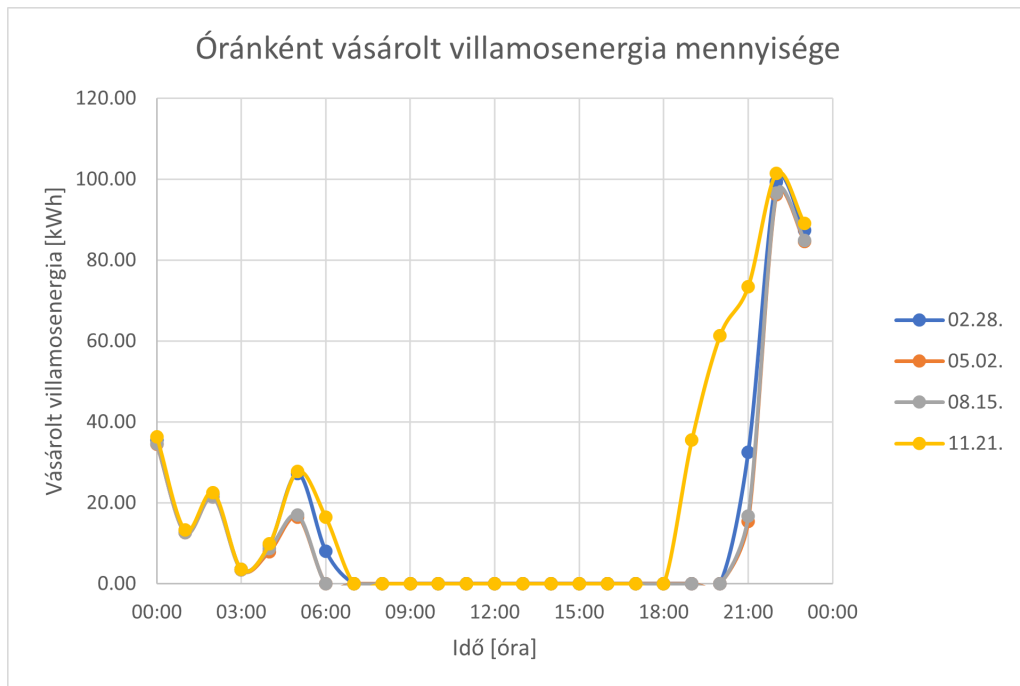
**6.2. ábra.** Óránként vásárolt villamosenergia ára a másnapi piaci árakat figyelembe véve

Ahogy az a 6.2. ábrán is látszódik, jelentős eltérés van az eltérő időpontokban vásárolt villamosenergia között. Annak ellenére, hogy a nyári napforduló környékén van a legkisebb fogyasztás, mégis augusztusban fizettünk a legtöbbet a villamosenergiáért a vizsgált időpontok között. Ennek az oka, hogy nyáron jelentősen magasabb a DAM piaci villamosenergia ár, mint télen, így fordulhat elő, hogy egy órában közel 18000 Ft-ot is fizettünk a villamosenergiáért. Ekkor az éves költség 20330117,76 Ft-ra adódik.

### 6.3. Napelem és akkumulátoros eset vizsgálata a jelenlegi villamosenergia árral

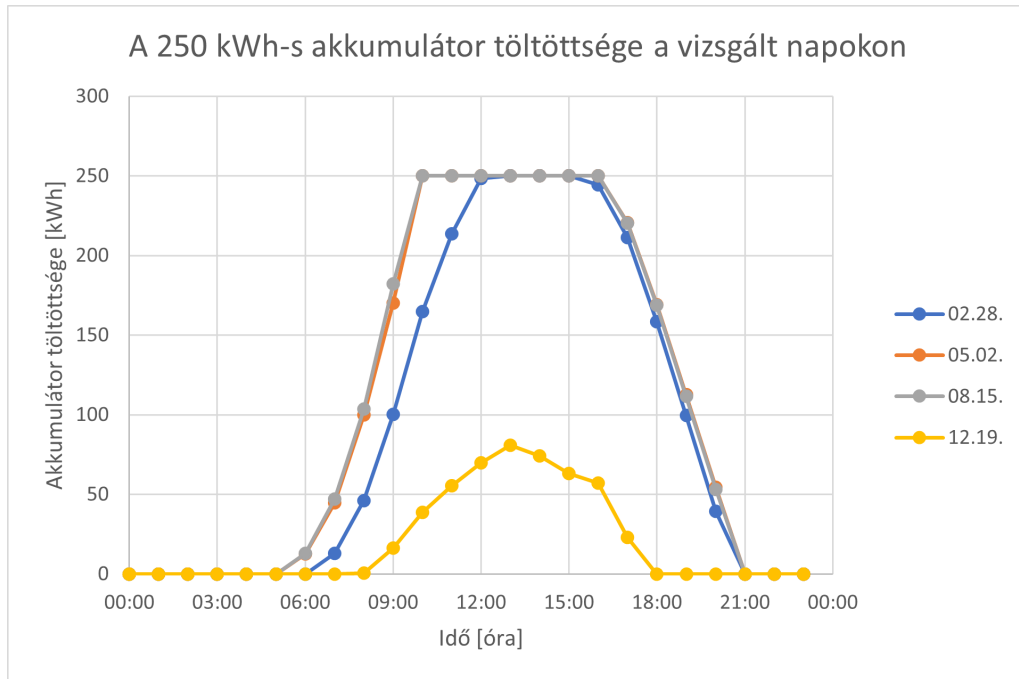
Ebben az esetben már számít az, hogy mekkora a napelem csúcsteljesítménye és az akkumulátor kapacitása, illetve az is számottevő, hogy lesz olyan időpont, amikor a hálózatra vissza kell táplálni. A bemutatott példában 250 kWh-nak választottuk meg a kapacitást és 150 kW-nak a csúcsteljesítményt. A vizsgált napok a február 28-a, május 2-a, augusztus 15-e és december 19-e. Ezeket úgy választottuk meg, hogy azonos napra essenek (mind-egyik hétfő) és 4 eltérő évszaktól legyenek, hogy legyen értelme összehasonlítani őket.

Az akkumulátor töltöttsége és a töltöttségi szintje a 6.4. és a 6.5. ábrán látható a vizsgált napokon. Látható, hogy a legtöbb esetben napközben az akkumulátor maximumra töltődik, ami tartalékot aztán a délutáni-kora esti órákban fel is használ a kollégium. Látható az is, hogy ebben az esetben a napközbeni fogyasztást tudjuk a napelemekkel fedezni, 7 óra és 21 óra között. Az esti fogyasztás esetén mindenképpen a hálózatról kell vételezni a hiányzó mennyiséget. Ennek következménye, hogy ilyenkor a villamosenergiát muszáj lesz a magasabb tarifa szerinti áron is vásárolni, hiszen ahogy az grafikusán is meg van jelenítve a 6.3. ábrán, nem elég az 23 óráig, hogy akkor megint az alacsony ár szerint legyen a villamosenergia beszerezve.



6.3. ábra. Óránként vásárolt villamosenergia mennyisége napelem és akkumulátor esetén

Ebben az esetben az éves költség 7507078,84 Ft-ra adódik, köszönhetően többek között annak is, hogy 2123704,27 Ft-ért tudtuk visszatáplálni a hálózatra azt az energiát, amit nem tudtunk az akkumulátorban eltárolni.

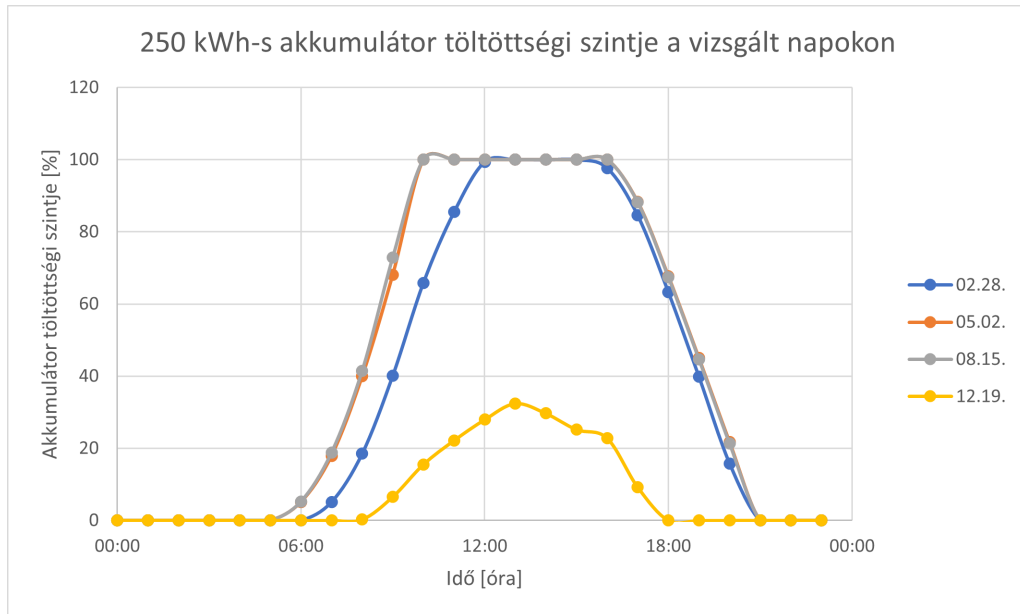


6.4. ábra. A 250 kWh-s akkumulátor töltöttségének alakulása

#### 6.4. Napelem és akkumulátoros eset vizsgálata a DAM villamosenergia árral

Ebben az esetben az akkumulátor töltöttségében nincs eltérés a jelenlegi ár esetén lévő töltöttségtől, ami a 6.4. ábrán látható. Ennek az az oka, hogy nem változik sem a termelés, sem a fogyasztás és ebben az esetben nincs semmiféle intelligens beavatkozás sem. Jelentős eltérést az fog okozni, hogy melyik időszakban mennyit kell fizetni a hálózatról beszerzett villamosenergiáért. Ahogyan az a 6.6. ábrán is látható, az augusztusi időpontban sokkal többet kell fizetni a villamosenergiáért, mint bármelyik másik időpontban, annak ellenére is, hogy jóval közelebb van a nyári napfordulóhoz, mint például a novemberi időpont, tehát jelentősen kevesebb az elfogyasztott villamosenergia. Ennek oka a 6.2. ábrán látható, miszerint igen komoly eltérés van a DAM árak között az eltérő időpontokban.

Összehasonlítva azzal a korábbi esettel, amikor ugyanúgy csak napelem és akkumulátor van, viszont a jelenlegi árazást vesszük alapul, akkor megállapíthatjuk, hogy van olyan időszak, amikor többet fizetünk köszönhetően annak, hogy akkor magasabb a villamosenergia ára és van olyan is, amikor az átlagárak arányánál jóval kevesebbet fizetünk. Ebben az esetben éves szinten 6,665 millió forintot kell fizetni a hálózatról vételezett energiáért, ami az arányokat tekintve kevesebb, mint amit az átlagárak alapján várhattunk volna, hiszen ez csak a 69,21%-a annak az esetnek, amikor a mostani kéttarifás ár van. Ezzel szembe az átlagárak aránya 74,55%.



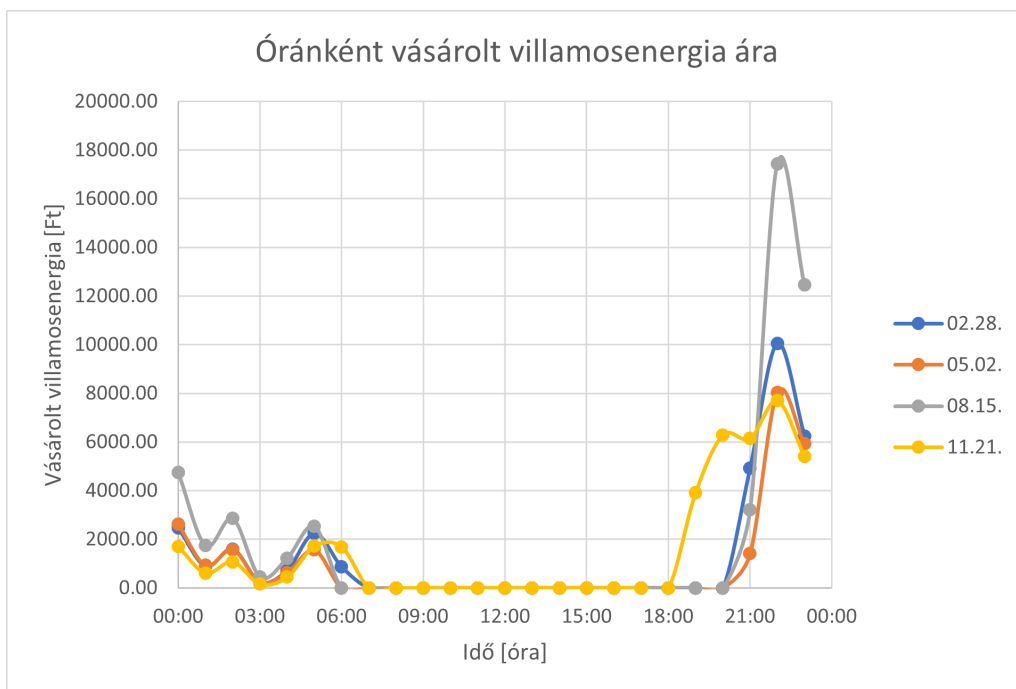
6.5. ábra. 250 kWh-s akkumulátor töltöttségi szintjének alakulása

## 6.5. 1. Microgrid rendszer vizsgálata a jelenlegi villamosenergia árral

Ahogy a 6.7. ábrán látható, azzal, hogy reggel a felére töltjük az akkumulátort November 21-én, elérjük a maximális kapacitását a nap folyamán és este 21 óráig nincs szükségünk arra, hogy a hálózatra szoruljunk villamosenergiáért. Látható az is, hogy az éjszakai feltöltésnek köszönhetően nem fog reggelre lemerülni az akkumulátor, így nincs szükség arra, hogy már a drágább tarifán vegyünk villamosenergiát.

Viszont annak köszönhetően, hogy korán feltöltésre kerül az akkumulátor, így napközben jelentős mennyiséget kell visszatáplálni az átvételi áron. Mivel a novemberi példában csak 1 órára érjük el a maximális kapacitást, de akkor is termelődik fel nem használt és már el nem tárolható energia. Ahogy az a 6.8. ábrán is látható, a májusi és az augusztusi vizsgált napokon jelentős mennyiséget kell visszatáplálni annak ellenére, hogy akkor nem történt plusz villamosenergia elraktározása. A februári esetben is azokban az órákban történik visszatáplálás, amikor a májusi és augusztusi esetben, azonban itt jóval kevesebb mennyiségű energiát kell visszaengedni.

Mivel a METÁRban nincs eltérés az óránkénti visszatáplált energia árában, ezért ezek a különbségek is jól látszódnak. A 6.9. ábra jellegre teljesen megegyezik a 6.8. ábrához, azt viszont nagyon szépen mutatja, hogy a májusi és az augusztusi vizsgálatok során akár 2000 Ft feletti összegért tudunk visszatáplálni, amivel jelentősen csökkenthetők a költségek. Az éves költség ekkor 5661263,38 Ft-ra adódik, köszönhetően annak, hogy 2510429,38 Ft-ért tudtuk a felesleges energiát visszatáplálni a hálózatra.



6.6. ábra. Óránként vásárolt villamosenergia ára DAM ár esetén

## 6.6. 1. Microgrid rendszer vizsgálata a DAM villamosenergia árral

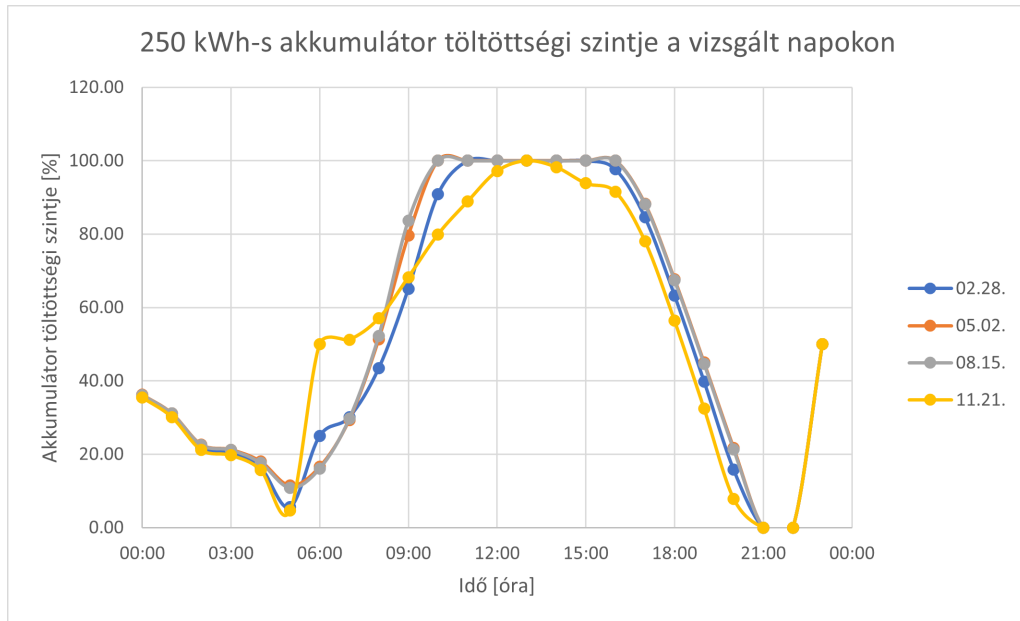
Ebben az esetben annyival módosítottuk a microgrid intelligens tulajdonságát, hogy 6 óra helyett 2 óraker lett feltöltve a maximális kapacitás negyedéig, hiszen a másnapi piacról általánosságban elmondható, hogy 2-3 óraker a legalacsonyabb az ár. Mi a modellben azért 2 óraker vesszük a villamosenergiát, mert akkor hamarabb lesz elérhető a fogyasztói igény kiegészítésére. Amúgy sem célunk, hogy túl sok energia legyen az akkumulátorokban, hiszen várhatóan nagyobb lesz majd napközben a termelés, mint a fogyasztás és mivel az átvételi ár 0 Ft/kWh, így visszatáplálni nagyon nem éri meg.

Jól látható a 6.10. ábrán, hogy a hajnali töltés minden esetben elegendő ahhoz, hogy addig kihúzzuk, amíg nem lesz több a termelés a fogyasztásnál. Hátránya ennek a modellnek, hogy napközben akkor sem tud beavatkozni, ha akkor olcsóbb bizonyos napokon az ár, mint hajnali 2-3 óraker. További hátránya, hogy így az esti órákban mindenképpen rá vagyunk szorulva a hálózatra, amikor a legdrágább a villamosenergia ára, tehát akkor ígyis-úgyis vételezni szükséges, ahogyan az a 6.11. ábrán is látszódik.

Ebben az esetben 7022248,51 Ft az éves költség.

## 6.7. 2. Microgrid rendszer vizsgálata a DAM villamosenergia árral

Ebben a modellben, ahogy korábban írtuk csak akkor történik vételezés, amikor legolcsóbb az adott órai ár a következő 10 órához képest és a töltöttség kisebb, mint a maximális



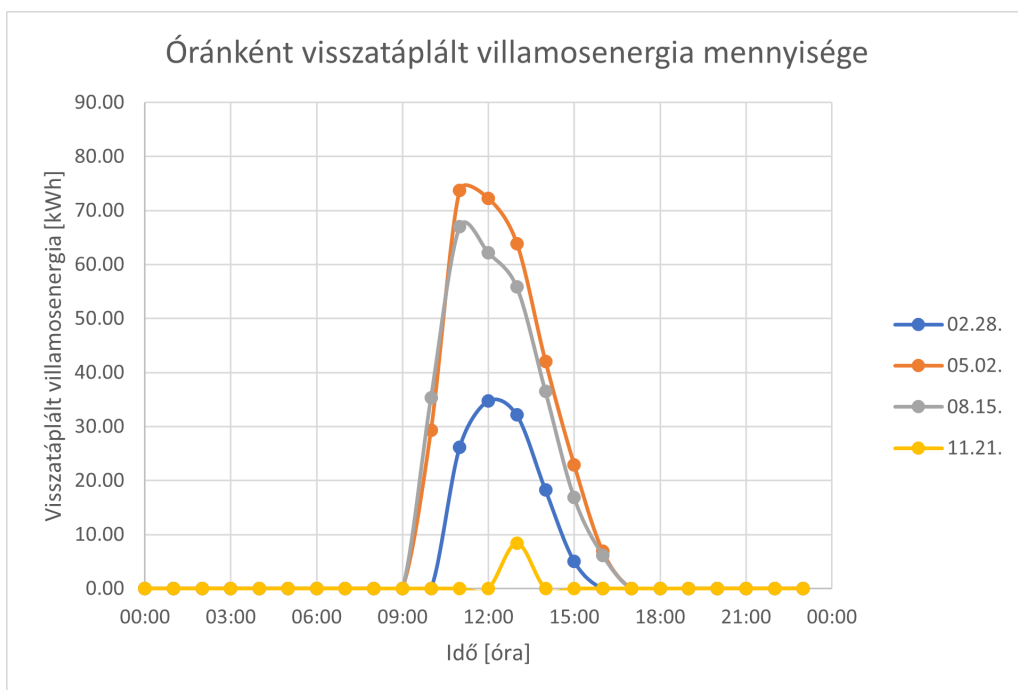
**6.7. ábra.** 250 kWh-s akkumulátor töltöttségi szintje 1. microgrid rendszer esetén a vizsgált napokon

kapacitás fele. Ahogyan az a 6.12. ábrán is látszik, a vizsgált 4 időpontban nem volt ilyen állapot, így a március 1-ét egy 5.időpontként is ábrázoltunk.

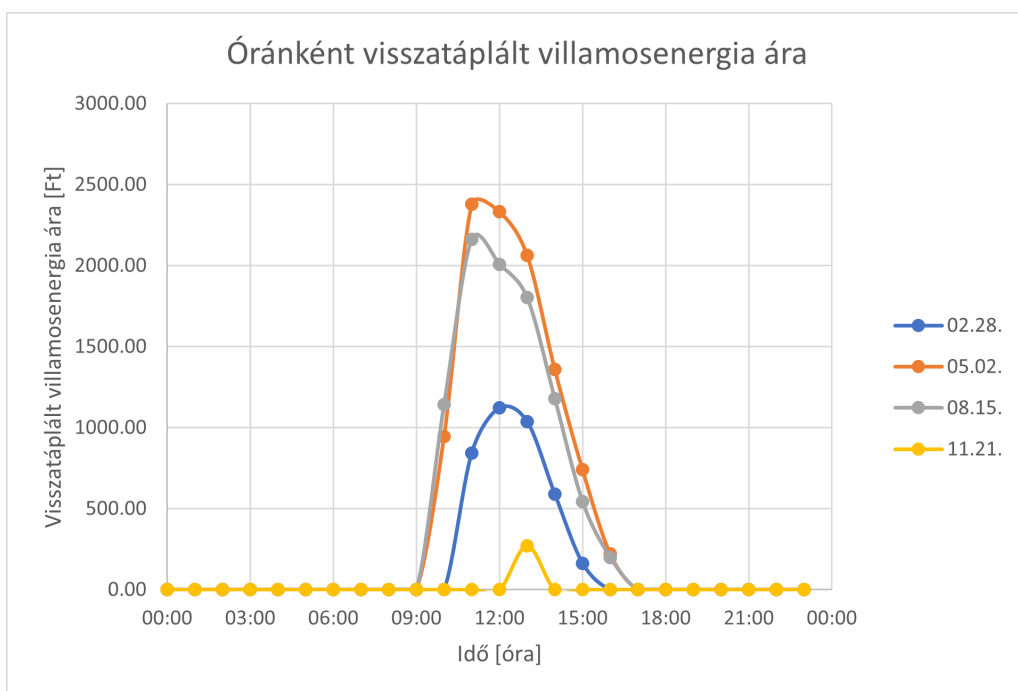
A 6.13. ábrán is jól látszódik, hogy március 1-én 23 órakor történt vételezés és a 125 kWh-nyi energiát vételeztünk a hálózatról, ami a maximális kapacitás fele.

Ez a modell alapján az éves költség 6653159,35 Ft-ra adódik.

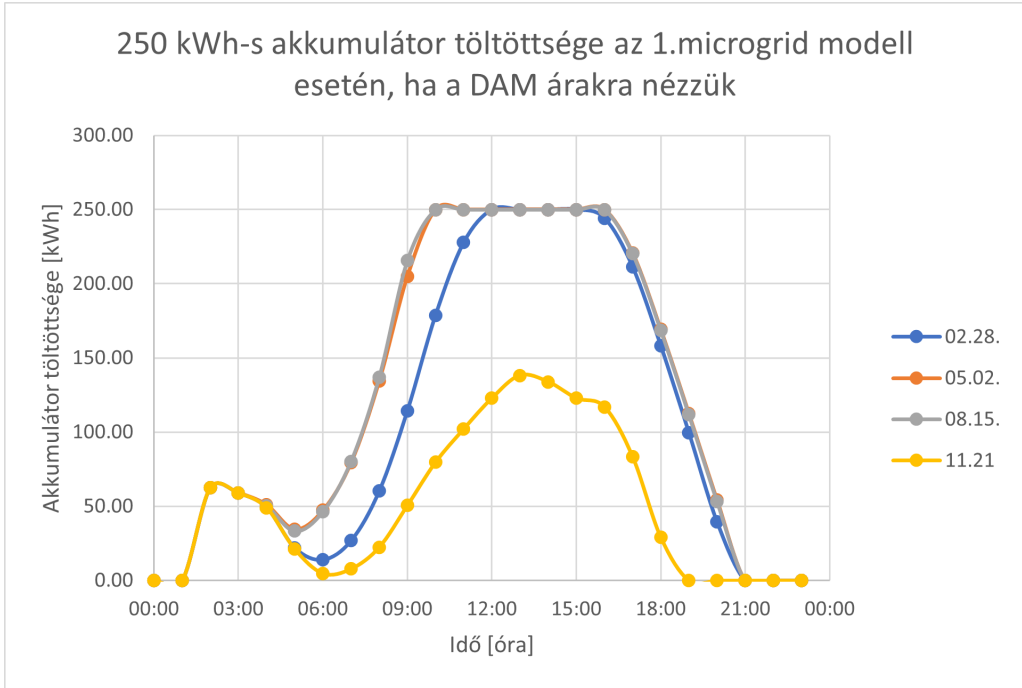




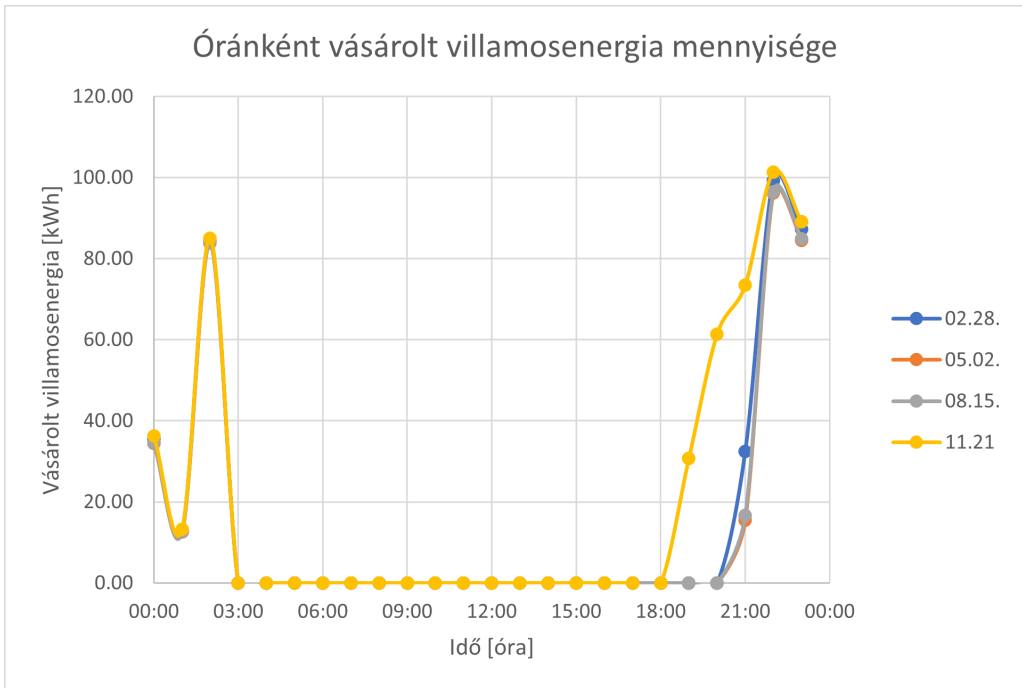
6.8. ábra. Óránként visszatáplált villamosenergia mennyisége 1. microgrid rendszer esetén a vizsgált napokon



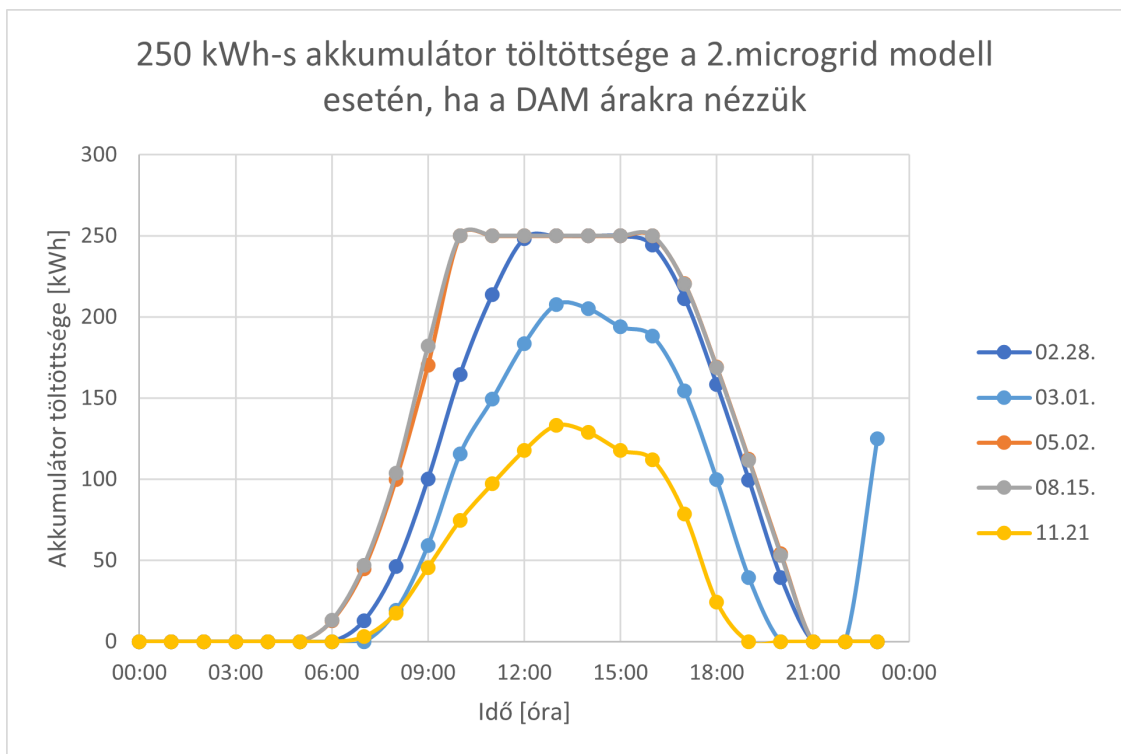
6.9. ábra. Óránként visszatáplált villamosenergia ára 1. microgrid rendszer esetén a vizsgált napokon



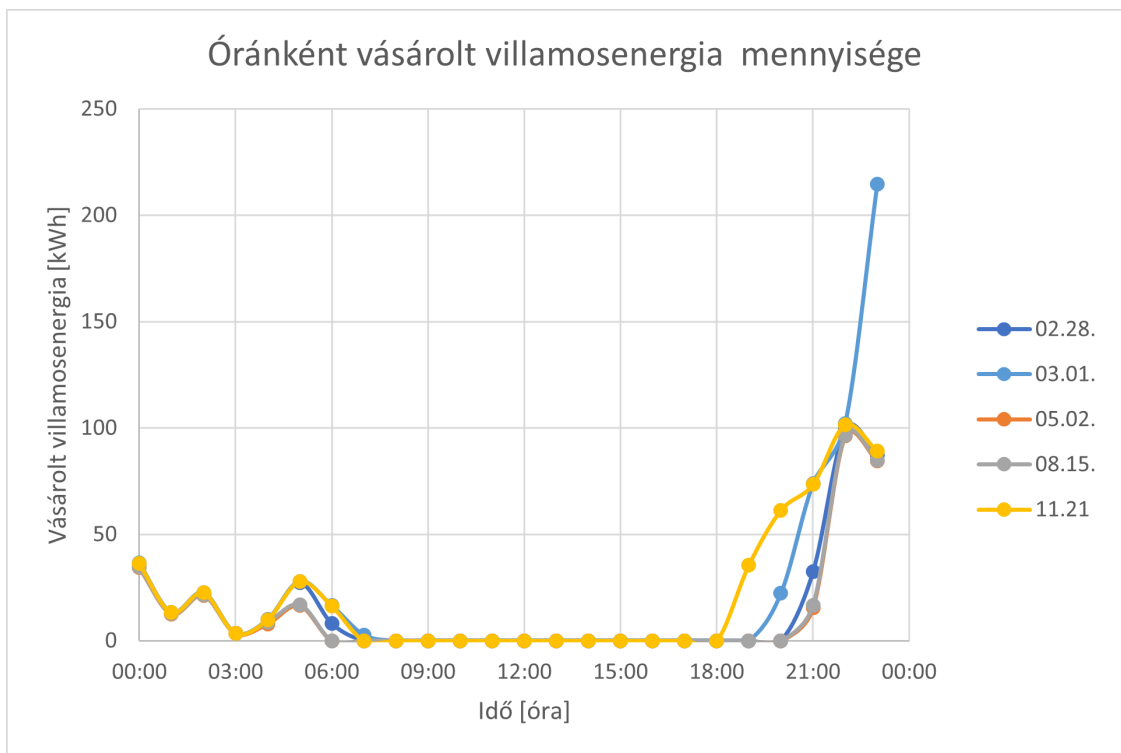
**6.10. ábra.** 250 kWh-s akkumulátor töltöttségi szintje 1. microgrid rendszer és DAM árak esetén a vizsgált napokon



**6.11. ábra.** Óránként vásárolt villamosenergia mennyisége 1. microgrid modell és DAM árak esetén



**6.12. ábra.** 250 kWh-s akkumulátor töltöttségi szintje 2. microgrid rendszer és DAM árak esetén a vizsgált napokon



**6.13. ábra.** Óránként vásárolt villamosenergia mennyisége 2. microgrid modell és DAM árak esetén

## 7. fejezet

# Megtérülés

### 7.1. Jelenlegi ár

Ahhoz, hogy megtérülést lehessen számolni, szükség van a beruházási költségekre, az éves költségekre, az éves villamosenergiaárra, valamint az éves kamatlábra. A korábbi számolásokhoz hasonlóan, itt is 150 kW-os csúcsteljesítményű napelemet és 250 kWh-s kapacitású akkumulátort vettem alapul. Napelem esetén 1300 Euro/kW-el, akkumulátor esetén 600 Euro/kWh-val számoltam, microgrid esetén pedig 50000 Euro-val. Az Euro/Forint átváltást 380 Ft/Euro-nak vettem, az éves villamosenergiaár növekményt 8 %-osnak. A Magyar Nemzeti Bank 2023 szeptemberi Inflációs Jelentése alapján év végére 8 %-os infláció lesz várható. A megtérülésnél figyelembe lett véve, hogy az akkumulátorok 10, míg a napelemek 20 évet bírnak, így ennyi idő után újabb beruházás történik.

Ezek alapján:

- Napelem beruházási költsége:  $150 \text{ kW} * 1300 \text{ Euro/kW} * 380 \text{ Ft/Euro} = 74100000 \text{ Ft}$
- Akkumulátor beruházási költsége:  $250 \text{ kWh} * 600 \text{ Euro/kWh} * 380 \text{ Ft/Euro} = 57000000 \text{ Ft}$
- Microgrid beruházási költsége:  $50000 \text{ Euro} * 380 \text{ Ft/Euro} = 19000000 \text{ Ft}$

Ekkor a teljes beruházási költség napelemes és akkumulátoros esetben 131100000 Ft, míg microgrides esetben 150100000 Ft lesz.

A megtérülés számításánál negatív értékkel vesszük figyelembe a beruházási költséget, majd ehhez adjuk hozzá az éves megtakarítástnak a szorzatát az éves villamosenergiaár növekménnyel és a hányadosát a kamatlábbal. Képlettel leírva az alábbi módon lehet ezt számítani:  $NPV = -C_0 + \sum_{mv=1}^n c_{mv} * \frac{(1+v)^{mv}}{(1+i)^{mv}}$ , ahol:

- $C_0$  a kezdeti beruházási költség
- $mv$  a beruházástól számított év
- $c_{mv}$  az évenkénti költség különbsége
- $v$  a villamosenergiaár éves növekvése

- $i$  az éves kamatláb

Látható, hogy mivel  $i$  és  $v$  értéke megegyezik, így ezt a részt el is tudjuk hagyni.

Évek	Jelenlegi állapot	Napelem+akkumulátor	Microgrid
0	-	-131,100,000.00	-150,100,000.00
1	-	-111,593,350.84	-128,747,535.29
2	-	-92,086,701.69	-107,395,070.58
3	-	-72,580,052.53	-86,042,605.87
4	-	-53,073,403.37	-64,690,141.16
5	-	-33,566,754.21	-43,337,676.45
6	-	-14,060,105.06	-21,985,211.74
7	-	5,446,544.10	-632,747.03
8	-	24,953,193.26	20,719,717.68
9	-	44,459,842.42	42,072,182.39
10	-	6,966,491.57	6,424,647.10
11	-	26,473,140.73	27,777,111.81
12	-	45,979,789.89	49,129,576.52
13	-	65,486,439.04	70,482,041.23
14	-	84,993,088.20	91,834,505.94
15	-	104,499,737.36	113,186,970.65
16	-	124,006,386.52	134,539,435.36
17	-	143,513,035.67	155,891,900.07
18	-	163,019,684.83	177,244,364.79
19	-	182,526,333.99	198,596,829.50
20	-	70,932,983.15	88,849,294.21

**7.1. táblázat.** Megtérülés számítása a jelenlegi villamosenergia árra

Ahogy az látható a 7.1. táblázatban, hogy a beruházást követő 7. évben már megtérül a napelem és akkumulátoros eset, míg a microgrides eset csak a 8. évben. A 10. évben lévő új akkumulátoros beruházás sem lesz komoly hatással a megtérülésre, hiszen akkor is pluszban maradunk. Az is szépen látszik, hogy a microgrides beruházás a 11. évben térül meg a napelemes akkumulátoros esethez képest, hiszen itt ugyanazokat a beruházásokat hajtjuk végre.

## 7.2. DAM ár

Abban az esetben, amikor DAM árakkal számoltunk, akkor a 7.2. táblázat szerinti módon alakultak az éves költségek.

Éves költség		Differencia 1	Differencia 2
Beruházás nélkül	20,330,117.76	-	-13,664,515.70
Akksi+PV	6,665,602.06	13,664,515.70	-
1. microgrid modell	7,022,248.51	13,307,869.25	-356,646.45
2. microgrid modell	6,653,159.35	13,676,958.41	12,442.72

**7.2. táblázat.** Az eltérő modellek éves költségei DAM árak esetén

A számolási módszer megegyezik a jelenlegi ár esetén használt módszerrel, hiszen abban nem történt semmiféle változás.

Évek	Jelenlegi állapot	Napelem+akkumulátor	Microgrid1	Microgrid2
0	-	-131,100,000.00	-150,100,000.00	-150,100,000.00
1	-	-117,435,484.30	-136,792,130.75	-136,423,041.59
2	-	-103,770,968.60	-123,484,261.50	-122,746,083.17
3	-	-90,106,452.90	-110,176,392.25	-109,069,124.76
4	-	-76,441,937.21	-96,868,523.00	-95,392,166.35
5	-	-62,777,421.51	-83,560,653.75	-81,715,207.93
6	-	-49,112,905.81	-70,252,784.50	-68,038,249.52
7	-	-35,448,390.11	-56,944,915.25	-54,361,291.10
8	-	-21,783,874.41	-43,637,046.00	-40,684,332.69
9	-	-8,119,358.71	-30,329,176.75	-27,007,374.28
10	-	-51,454,843.01	-74,021,307.50	-70,330,415.86
11	-	-37,790,327.32	-60,713,438.26	-56,653,457.45
12	-	-24,125,811.62	-47,405,569.01	-42,976,499.04
13	-	-10,461,295.92	-34,097,699.76	-29,299,540.62
14	-	3,203,219.78	-20,789,830.51	-15,622,582.21
15	-	16,867,735.48	-7,481,961.26	-1,945,623.80
16	-	30,532,251.18	5,825,907.99	11,731,334.62
17	-	44,196,766.88	19,133,777.24	25,408,293.03
18	-	57,861,282.57	32,441,646.49	39,085,251.44
19	-	71,525,798.27	45,749,515.74	52,762,209.86
20	-	-45,909,686.03	-72,042,615.01	-64,660,831.73
21	-	-32,245,170.33	-58,734,745.76	-50,983,873.31
22	-	-18,580,654.63	-45,426,876.51	-37,306,914.90
23	-	-4,916,138.93	-32,119,007.26	-23,629,956.49
24	-	8,748,376.77	-18,811,138.01	-9,952,998.07
25	-	22,412,892.46	-5,503,268.76	3,723,960.34
26	-	36,077,408.16	7,804,600.49	17,400,918.75
27	-	49,741,923.86	21,112,469.74	31,077,877.17
28	-	63,406,439.56	34,420,338.99	44,754,835.58
29	-	77,070,955.26	47,728,208.24	58,431,793.99
30	-	33,735,470.96	4,036,077.49	15,108,752.41

**7.3. táblázat.** Megtérülés számítása a Day-Ahead-Market árral

Ahogy az látható a 7.3. táblázatban, ebben az esetben sokkal később fog megtérülni a beruházás. A napelemes és akkumulátoros beruházás esetén a 24. évben térül meg, utána marad stabilan pluszban a költség, ezellen még a 30. évben történő beruházás sem tud mit tenni. Az 1. microgrid modell a 26. évben térül meg és ez is pluszban marad a 30. éves beruházások után is. A 2. microgrid modell pedig a 25. évben fog stabilan előjelet váltani.

## 8. fejezet

# Konklúzió

Konklúzióként levonható, hogy a jelenlegi árazás alapján megéri a microrides beruházás, ugyanis belátható időn belül meg fog térülni és még a sima napelemes és akkumulátoros esetet is leghagyja. A változó áras esetben azonban ez nem mondható el, ott a napelemes és akkumulátoros beruházás éri meg a legjobban, azonban a 2. microgrid modelles eset is megtérül. A lassú megtérülés oka az, hogy az alkotott modell nem tökéletes. Ebben a dolgozatban azonban nem foglalkoztam komolyabb modellel, hiszen az jelentős mértékben megnehezítette volna a már így sem egyszerű számítást.

# Irodalomjegyzék

- [1] G. S. Thirunavukkarasu, M. Seyedmahmoudian, E. Jamei, B. Horan, S. Mekhilef, and A. Stojcevski, „Role of optimization techniques in microgrid energy management systems—a review,” *Energy Strategy Reviews*, 2022.
- [2] A. R. N.W.A. Lidula, „Microgrids research: A review of experimental microgrids and test systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011.
- [3] F. R. Badal, P. Das, S. K. Sarker, and S. K. Das, „A survey on control issues in renewable energy integration and microgrid,” *Protection and Control of Modern Power Systems*, 2019.
- [4] K. Jithin, P. P. Haridev, N. Mayadevi, R. H. Kumar, and V. P. Mini, „A review on challenges in dc microgrid planning and implementation,” *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, pp. 1–21, 2022.
- [5] E. Planas, J. Andreu, J. I. Gárate, I. Martínez de Alegría, and E. Ibarra, „AC and DC technology in microgrids: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 43, no. C, pp. 726–749, 2015.
- [6] C. Srivatava and M. Tripathy, „Dc microgrid protection issues and schemes: A critical review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 151, p. 111546, 11 2021.
- [7] M. Neves, M. Aredes, H. Khezri, E. Ida, and M. Aredes, „Advantages of grid-tied dc microgrid,” pp. 1–6, 11 2017.
- [8] Y. Zhang, Y.-W. Wang, J.-W. Xiao, and X.-K. Liu, „Predefined-time secondary control for dc microgrid,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 69, no. 12, pp. 13504–13513, 2022.
- [9] „Diving into the differences between ac microgrids and dc microgrids,” 2021. Accessed: 2023-05-25.
- [10] H. Lotfi and A. Khodaei, „Ac versus dc microgrid planning,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 8, no. 1, pp. 296–304, 2017.
- [11] J. Kumar, A. Agarwal, and V. Agarwal, „A review on overall control of dc microgrids,” *Journal of Energy Storage*, vol. 21, pp. 113–138, 2019.



- [12] T. Dragičević, X. Lu, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero, „Dc microgrids—part ii: A review of power architectures, applications, and standardization issues,” *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 31, no. 5, pp. 3528–3549, 2016.
- [13] Z. Jin, M. Savaghebi, J. C. Vasquez, L. Meng, and J. M. Guerrero, „Maritime dc microgrids - a combination of microgrid technologies and maritime onboard power system for future ships,” in *2016 IEEE 8th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC-ECCE Asia)*, p. 179–184, IEEE Press, 2016.
- [14] R. A. Kaushik and N. M. Pindoriya, „A hybrid ac-dc microgrid: Opportunities & key issues in implementation,” in *2014 International Conference on Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGCCEE)*, pp. 1–6, 2014.
- [15] A. López-González, B. Domenech, and L. Ferrer-Martí, „Sustainability and design assessment of rural hybrid microgrids in venezuela,” *Energy*, vol. 159, pp. 229–242, 2018.
- [16] „Átlagos éves fogyasztás,” 2022. "<https://www.mvmnext.hu/aram/pages/aloldal.jsp?id=550565>" Accessed: 2023-05-25.
- [17] „Longi solar mono napelem 405wp black frame,” 2023. [https://www.napelemmarket.hu/napelem\\_modul/longi\\_solar\\_mono\\_napelem\\_405wp\\_black\\_frame](https://www.napelemmarket.hu/napelem_modul/longi_solar_mono_napelem_405wp_black_frame) Accessed: 2023-05-25.
- [18] „Photovoltaic geographical information system,” 2023. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html) Accessed: 2023-05-25.
- [19] M. S. Chowdhury, K. S. Rahman, T. Chowdhury, N. Nuthammachot, K. Techato, M. Akhtaruzzaman, S. K. Tiong, K. Sopian, and N. Amin, „An overview of solar photovoltaic panels’ end-of-life material recycling,” *Energy Strategy Reviews*, 2020.
- [20] „Villamos energia díjak az egyetemes szolgáltatásban nem lakossági ügyfeleknek 2022. augusztus 1-jétől,” 2021. <https://www.mvmnext.hu/aram/servlet/download?type=file&id=15559> Accessed: 2023-05-25.
- [21] „Megújuló támogatási rendszer,” 2022. "[https://www.mavir.hu/documents/10258/0/K  T\\_  s+Pr  mium\\_rendszer\\_ismertet  se\\_tiszta\\_20220301.pdf/0457ebeb-3132-c1f1-5876-524e98ac0e34?t=1646313299499](https://www.mavir.hu/documents/10258/0/K  T_  s+Pr  mium_rendszer_ismertet  se_tiszta_20220301.pdf/0457ebeb-3132-c1f1-5876-524e98ac0e34?t=1646313299499)" Accessed: 2023-11-01.