

SZAKDOLGOZAT

Varsányi Ferenc
Energiagazdálkodási Szakmérnök

Gödöllő
2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Energiagazdálkodási Szakmérnök Szak**

**PUSZTASZABOLCSI AGRÁR ZRT. BIOGÁZ TERMELÉSI ÉS
HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI**

Belső Konzulens:	Dr. Schrempf Norbert Attila Egyetemi tanár
Külső konzulens:	Frits Péter Attila Agrármérnök
Készítette:	Varsányi Ferenc SCVMVF Levelező tagozat
Tanszék/ Intézet	Műszaki Tanszék Műszaki és informatikai képzések tanszék

**Gödöllő
2023**

Tartalom

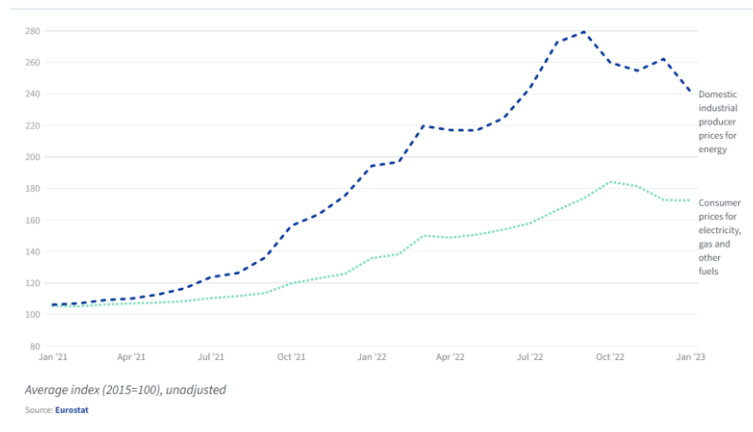
1	Bevezetés.....	2
2	Magyarország villamosenergia hálózata	4
2.1	Történeti áttekintés.....	4
2.2	Villamosenergia elosztó rendszer hierarchiája.....	6
2.3	Magyarország villamosenergia mix összetétele	8
2.4	Fogyasztói oldalról érkező kihívások	11
2.5	Energia termelői oldalról érkező kihívások	13
3	Energiaközösségek	18
3.1	Az energiaközösség definíciója:.....	18
3.2	Egy E.ON energiaközösség minta projekt elemzése.....	18
3.3	Virtuális erőműmodell értelmezése energiaközösségek szempontjából.....	20
4	Korszerű biogáz technológiák.....	25
4.1	Biogáz fogalma	25
4.2	Biogáz alapanyagok	25
4.3	Biogázok csoportosítása alapanyag szerint	25
4.4	A biogáz termelés folyamata	25
4.4.1	Hidrolízis	27
4.4.2	Savtermelés (acidogenezis)	27
4.4.3	Ecetsavtermelés (acetogenezis)	27
4.4.4	Metántermelés (metanogenezis)	27
4.5	Szubsztrát tápanyag összetétele	28
4.6	Biogáz előállítási technológiák	29
4.7	Biogáz felhasználásának energetikai ismeretei.....	33
5	Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. biogáz termelési lehetőségeinek bemutatása.....	36
5.1	Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. bemutatása.....	36
5.2	Rendelkezésre álló biogáz alapanyagok	36
5.3	Energetikai számítások	37
5.4	Biogáz technológia kiválasztása	39
5.5	Projekt elméleti időterve.....	40
5.6	Projekt cashflow és megtérülési idő	41
6	Összefoglaló.....	43
7	Hivatkozások.....	2

1 BEVEZETÉS

A 21. században az energia fogyasztás az emberi életforma lételemévé vált. A mai kor embere bármilyen tevékenységet is folytat folyamatosan energiát fogyaszt. Az energia felhasználásnak egyik legfontosabb formája a villamosenergia felhasználása. A villamosenergia könnyen elérhető mind a háztartásokban, mind az ipari felhasználóknál. A villamosenergia előnye, hogy gyorsan, egyszerűen alakítható át további energia fajtává, mint például, hő, mechanikai, vagy mozgási energiává.

A villamosenergia, annak ellenére, hogy energiává alakítható, nem energiaforrás, ez az energiaforma, az energia könnyebb szállítási céljából jött létre. Energiaforrásnak nevezzük azokat az anyagokat, melyeket átalakítva, hő, mechanikai, villamosenergiát nyerünk. Energiaforrás például a szén, vagy az uránium, amiből az atomenergiát állítjuk elő, de megújuló energiaforrás a szél és a nap, a hidrogén is, hiszen ezek a források emberi léptékkal korlátlan mértékben állnak rendelkezésre és energiává alakításukkal károsanyag kibocsátás nem keletkezik. Mint az előbbiekből kiderült a villamosenergia egy energiafajta, de az egyetlen energia, amit nem tudunk átalakítás nélkül felhasználni. Míg a hőenergia melegít, a helyzeti energia más energiaszintre emeli a tárgyat, a villamosenergia csak átalakítva használható (még a villamos sem villamosenergiával működik, hanem abból előállított mágneses tér alakul át mozgásienergiává), használata azért népszerű korunkban, mert kényelmes fajtája az energia átvitelnek, „csak” egy vezeték kell hozzá s máris ott van az energia a felhasználói helyen. A kényelem és a sokféle hasznosítási lehetőség, a modern világban megkerülhetetlenné, nélkülözhetetlenné tette a villamosenergiát és a társadalom tudósok többsége, a világ további társadalmi és gazdasági fejlődésének alapjait látják a villamosenergia elérhetőségében.

Ez az elérhetőség látszott korlátozódni az elmúlt években. A fogyasztói társadalmak számára az első krízist a COVID-19 pandémiás időszak hozta, mikor rá kellett ébrednie a felhasználóknak és az ellátásért felelős csoportoknak, hogy könnyen beállhatnak ellátásilánc problémák a villamosenergia piacon. A piac a problémákra áremelkedéssel reagált, ami 2020 december és 2021 december között közel duplájára emelkedett energia árakban jelentkezett Európában (1. ábra). [3]



1. ábra/ Felhasználói és házi energia árak alakulás 2021 január és 2023 január között 100-nak a 2015-ös árszínvonalat választva- forrás Eurostat

Oroszország Ukrajnai inváziója tovább növelte az ellátás bizonytalanságát, ami két szempontból sem volt kedvező az Európai villamosenergia iparnak, az egyik szempont, hogy 2022 elején éppen Ukrajna Európai villamosenergia hálózatba (UCPTE) integrálásán dolgoztak a szakemberek, amit 2022 júniusára meg is valósítottak, viszont az említett invázió miatt az Ukrán hálózatot ért támadások megnehezítik az együttműködést. Energetikai szempontból pedig az Orosz-Ukrán konfliktus másik kihívása, hogy Európában villamosenergia előállításához használt Orosz földgáz elérhetősége bizonytalanná vált.

Ebben a világgazdasági környezetben én úgy gondolom, hogy az alternatív energiaforrások felhasználása egyre hangsúlyosabbá kell, hogy váljon minden nemzetgazdaság számára. Magyarország kormánya is kinyilvánította az energia import függőség csökkentési szándékát, hogy nagyobb lehetőséget kell adni a hazai energia termelési lehetőségek kiaknázásának. Az alternatív villamosenergia termelésnek számos megoldása létezik manapság, képesek vagyunk napból, szélből, földhőből, műanyagból, biológiai hulladékból stb. villamosenergiát előállítani gazdaságos formában, de az is rendkívül fontos, hogy milyen hálózat áll rendelkezésünkre a villamosenergia elosztására, illetve milyen finanszírozási; elosztási; energia felhasználási lehetőségek vannak akár a hálózatok fejlesztésére, vagy az erőművi kapacitások bővítésére jelenleg a világban.

A dolgozatomban, ezért először a magyarországi villamosenergia rendszer, termelés, felhasználás, elosztás szempontjából történő elemzését végzem el, majd egy alternatív fogyasztási és finanszírozási formát mutatok be, végezetül pedig egy biogáz előállítási lehetőséget fogok megvizsgálni, egy potenciálisan sok biomasszát előállító mezőgazdasági vállalat esetében.

2 MAGYARORSZÁG VILLAMOSENERGIA HÁLÓZATA

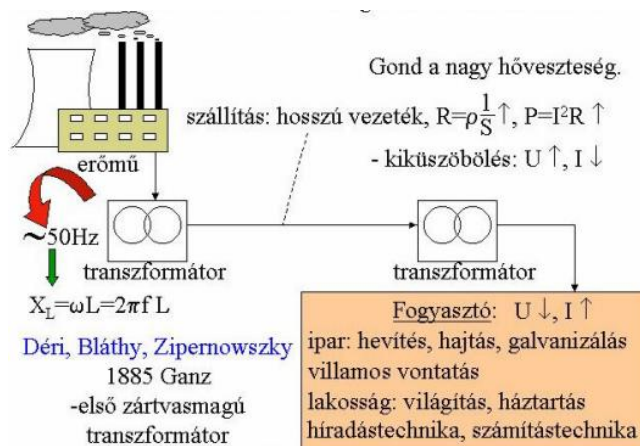
2.1 Történeti áttekintés

Magyarországon a villamosenergia előállítására épülő ipar az 1800-as évek közepén, még a kiegyezés előtt megalakult Ganz-gyár, Mechwart András vezetése alatt indított elektrotechnikai részlegével indult világszínvonalú útjára. Mechwart András 1878.-ban létrehozta a Ganz-gyár elektromechanikai részlegét és annak vezetésével Zipernowsky Károlyt bízta meg.

Zipernowsky így ír a saját szerepéről az önéletrajzában:

„Azon célból, hogy az electromos világításnak minél szélesebb körben való elterjedése elérhetővé, csakhamar szükségesnek mutatkozott azon feladat megoldása, miként lehet nagyobb területeket egy központból legcélszerűbben a szükséges electromos energiával ellátni. E kérdés megoldásával ezen évben a legtöbb elektrotechnikus foglalkozott, noha számba vehető praktikus eredmény nélkül. Én is Déri Miksa barátommal együtt már régóta ezen kérdéssel foglalkozván, ezen időben vele közösen egy világítási rendszert szabadalmaztattam, mely abból állott, hogy egy központi telephelyen magas feszültségű váltóáram termeltetvén, ezen áram azután több motordinamóba jut, melyek a megvilágítandó helyekhez közel vannak felállítva. Ezen motordinamók a magas feszültségű váltóáramot alacsony feszültségű egyenárammá alakítják át, mely az egyes fogyasztókhoz bevezethető. Ezen rendszer azonban akkoriban nagyobb elterjedést nem nyert és csak évekkel későbbben használtatott fel a budapesti légszesztársulat által Budapest városa egy részének egyik külföldi cég által épített telepéből való megvilágítására.” (Antal , 2013, old.: 13)

Zipernowsky a fent idézet mondataival le is fektette az villamosenergia hálózat feladatát és megoldási módját (2. ábra) (Tomozi & Dr Hodossy, 2004, old.: 48).



2. ábra Zipernowsky villamosenergia átviteli hálózat

Az elektromos hálózat feladata, egy központi helyről, az erőműből, eljuttatni a villamosenergiát a fogyasztási helyszínre.

A módja pedig, abban áll, hogy magas feszültséget létrehozva, azt a fogyasztóhoz közel kis feszültséggé átalakítva, bevezetni az energiát a fogyasztókhoz.

A cél 1885. óta nem változott, a fent részletezett mód viszont igen, hiszen a szakemberek felismerték, hogy a hálózat veszteségeit minimális szinten tartása érdekében érdekesebb a villamosenergiát váltóáram formájában bevezetni a háztartásokba s a háztartási készüléken belül egyenirányítani, amennyiben ez szükséges.

Az első erőművek még egyedi ipari igények kiszolgálására épültek s hatósugarukba tartozó felhasználókat sziget üzemű rendszerben látták el. A villamosipar fejlődésével lehetőség nyílt először a lokális erőművekhez földrajzilag közel található, magasabb számú felhasználó csatlakoztatására, jellemzően városok, nagyobb közösségek bekapcsolása az elektromos hálózatba, majd a felhasználók távolságának a növelésére, akár távolabbi városok, felhasználói csoportok bekapcsolására, a még mindig sziget üzeműen működő erőművekhez. Az igények mind minőségi, mind mennyiségi növekedése egyre több biztonsági tartalék energia termelését követelte meg az egyes szolgáltatóktól a megfelelő szintű ellátás biztosítása céljából, ezért logikusnak és pénzügyileg is gazdaságosabbnak számított, a második fejlődési szint kidolgozása.

A fejlődés következő lépcsőjében a szigetüzemben működő erőművek hálózatba kötésével a beruházók előnyei a következők voltak:

A szükséges beépítendő tartalék teljesítmény csökken.

Csúcsterhelés esetén a hálózatba kapcsolt erőművek kiegészítik egymást.

Amennyiben földrajzilag nagy területen építjük ki a hálózatot az időeltolódás miatt a csúcsteljesítmények is időeltolódással jelentkeznek a hálózaton.

Gazdaságos terheléelosztás (alaperőmű, csúcserőmű, üzemzavari tartalék gépegyeségek).

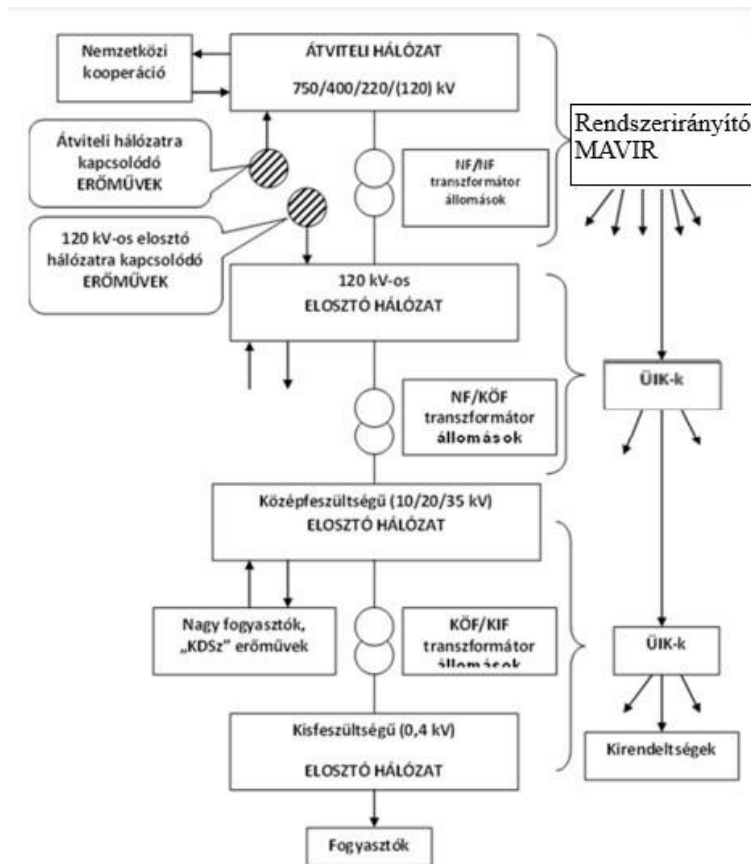
Nagy rendszerben nagyobb egységteljesítmények miatt jobb hatásfok.

Hurkolt hálózatban kevesebb a veszteség

Az első hálózatok kiépítését a rendelkezésre álló technológia hátráltatta, hiszen szigetelő anyagnak a telekommunikációban használatos szigetelő anyagokat használták, ami 40kV-os hálózatok kiépítését tette szigetelési ellenállás szempontjából lehetővé. A szigetelő anyagok fejlesztésével az 1900-as évektől létrejöhettek a 120kV; 150kV; 380kV-os hálózatok és a feszültség növelésével már a hálózat által áthidalható távolságok is növekedni tudtak. A távolságok növekedése meghozta az országokon átnyúló hálózatok kialakításának lehetőségét.

2.2 Villamosenergia elosztó rendszer hierarchiája

Ennek a dolgozatnak nem a villamosenergiahálózatok történetének dokumentálása a célja, csak fontosnak láttam a hálózatok mögötti tudományos fejlődés bemutatását. Az időben egy nagyot ugorva s nem részletezve a háborúk, vagy a keleti és nyugati blokk hatását a villamosenergia ellátó rendszerekre eljutunk az 1993-as évhez, mikor Magyarország a Visegrádi államokkal együtt benyújtotta az európai villamosenergiahálózathoz (UCTE) való csatlakozásra, ami csatlakozás 1997-re teljes jogú tagként létre is jött. Az erőművek és a fogyasztók nemzetközi hálózatához való csatlakozáshoz ki kellett alakítani a hálózat vezérlésének hierarchiáját.



3. ábra/ Nemzetközi átviteli hálózatok hierarchiája (forrás:Dr. Aszódi Attila: FF_09_VillErendsz-Kltsg_20191113 (bme.hu), saját módosítás órai jegyzet alapján)

A villamosenergia elosztó rendszer főbb részei (3. ábra):

Alaphálózat

Azon hálózatokat soroljuk ide, melyek az erőművekben termelt villamosenergia összegyűjtésére az erőművek együttműködésére valamint az összegyűjtött energia nagy fogyasztói súlypontokba történő szállítására szolgálnak. A magyar villamos elosztó rendszerből (VER) ide tartozik a 750; 400 és 220 kV-os rendszer. Sokszor ezeket a hálózatokat gerinc hálózatnak is nevezzük

Nemzetközi kooperációs hálózat

A szomszédos országok alaphálózatait köti össze, villamosenergia export-import céljára szolgál

Főelosztó hálózat

Feladata, a villamosenergia elszállítása az alaphálózati csomópontokból az elosztó hálózat csomópontjaiba. 120 kV-os szabad vezetékes és 120 és 35 kV-os földvezetékes hálózatok.

Elosztó hálózat

Azok a közép feszültségű hálózatok, melyek a főelosztó hálózatot kötik össze a fogyasztói hálózat transzformátoraival vagy a közép feszültségű fogyasztókkal. 20 kV-os szabad vezetékes, illetve 10, 20 kV-os kábeles hálózat.

Fogyasztói elosztó hálózat

Kisfeszültségű hálózatok, melyek a fogyasztók közvetlen ellátására szolgálnak

A kiépített Magyarországi alaphálózat vázlata a (4. ábra) ábrán látható



4. ábra/Magyarország villamosenergia alaphálózata

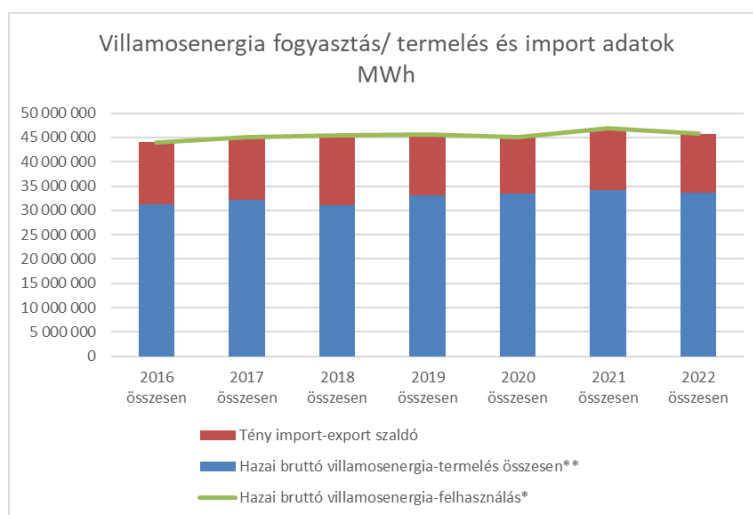
Az alaphálózaton belüli vezérlést és magyarországi hálózatnak nemzetközi elosztó hálózathoz, az UPCTE-hez való csatlakozását, azzal való export/ import tevékenységeket az 3. ábra alapján a rendszerirányító, Magyarországon a MAVIR Zrt. látja el, míg a hálózat fenntartási és fejlesztési funkció az MVM feladata. A rendszerirányításban a MAVIR Zrt. feladata a következő (forrás MAVIR:hu):

„A MAVIR Zrt. gondoskodik a magyar villamosenergia-rendszer megbízható, hatékony és biztonságos irányításáról, a szükséges tartalékokról az erőművekben és a hálózaton. Felügyeli és gyarapítja a hálózati vagyont, elvégzi a megfelelő, üzembiztos ellátáshoz szükséges felújításokat, karbantartásokat és fejlesztéseket. Biztosítja a villamosenergia-piac zavartalan működését, további bővítését, az egyenlő hozzáférést a rendszerhasználók számára. Összegzi a

villamosenergia-ellátás szereplőitől kapott adatokat. Összehangolja a magyar villamosenergia-rendszer működését a szomszédos hálózatokkal. Koordinálja a nemzetközi szakmai együttműködéseket.”

2.3 Magyarország villamosenergia mix összetétele

A MAVIR-nek folyamatosan kezelnie kell a magyar fogyasztók, magyarországi villamosenergia termeléshez képest jelentkező túlfogyasztását, vagyis a villamos energia importot és azokban az esetekben, mikor a magyar villamosenergia ipar túltermel, akkor pedig a villamosenergia exportot. A magyar villamosenergia fogyasztók igényeiről a 5 ábra mutat egy átfogó éves képet:



5 ábra Magyarország villamosenergia fogyasztása (forrás: MEKH.hu)

A 5 ábrából látszik, hogy Magyarország 2016.-óta folyamatosan, évente, közel 10 000 000 MWh-val több villamosenergiát fogyaszt, mint amennyit meg tud termelni, ebből következik, hogy import szaldós a villamosenergia gazdálkodásunk.

A MAVIR honlapján az export- import szaldó 10 perces frissítéssel nyomon lehet követni (www.MAVIR.hu). A napi spot képeknél többet mondó Magyarország 2022-es villamosenergia export/import szaldó kimutatása, 2-1. táblázat (forrás: MEKH.hu)

2-1. táblázat Magyarország Villamosenergia Export/ Import szaldó eredménye

Ország	MWh
Ausztria	2 814 548
Szlovákia	13 083 325
Ukrajna	2 986 483
Románia	-949 030
Szerbia	-128 465
Horvátország	-4 553 243
Szlovénia	-1 102 907
2022 Export/ Import szaldó	12 150 711

Az 2-1. táblázat-ban az adatok import szempontból kerültek elemzésre, vagyis ahol pozitív adatot látunk ott import többletet termel a Magyar villamosenergiaipar, ahol pedig negatív számot látunk, ott export többletet termelt a villamosenergia ipar. A 2-1. táblázat jól mutatja a MAVIR feladatát, közel 40 millió MWh villamosenergia irányítását évente.

A 12 millió MWh negatív szaldó, ami a Magyarország villamosenergia fogyasztásának közel ¼-e, a magyar villamosenergia szektor az import kitettségére mutat rá. Amennyiben a villamosenergia import kitettségünket tovább vizsgáljuk, a jobb megértéshez hozzá kell tennünk, hogy a magyar villamosenergia mix közel 20%-a földgázból állítódik elő (forrás: MEKH.hu - 4.1 Országos villamosenergia-ellátás havi adatai). Az évente Magyarországon felhasznált földgáznak, viszont csak 12-16%-a hazai kitermelésű földgáz (forrás: MEKH.hu – 3.2. Éves-földgázmérleg), az importált földgázzal és az export-import szaldóval átkalkulálva Magyarország villamosenergia iparának import függőségét, a 2-2. táblázat eredményét kapjuk

2-2. táblázat Magyarországi villamosenergia ipar földgáz és import függése

	Import földgázból előállított villamosenergia [MWh]	Villamosenergia ellátás import kitettsége [MWh]	Magyarországon nem import földgázból előállított villamosenergia [MWh]	Magyarországon nem import földgázból előállított villamosenergia
	MWh	MWh	MWh	%
2016	5 292 142	18 017 183	26 018 352	59,08%
2017	6 515 135	19 391 505	25 665 838	56,96%
2018	5 945 464	20 293 658	25 124 286	55,32%
2019	7 218 522	19 803 872	25 856 633	56,63%
2020	7 650 085	19 327 883	25 808 475	57,18%
2021	8 248 496	21 003 064	25 920 856	55,24%
2022	7 389 957	19 540 668	26 217 295	57,30%

A 2-2. táblázat rámutat, hogy Magyarországnak a villamosenergia importja és az import földgázból előállított villamosenergia összege, a felhasználás 45% körüli értékén mozog már évek óta, ami a tényleges import függőségünket mutatja.

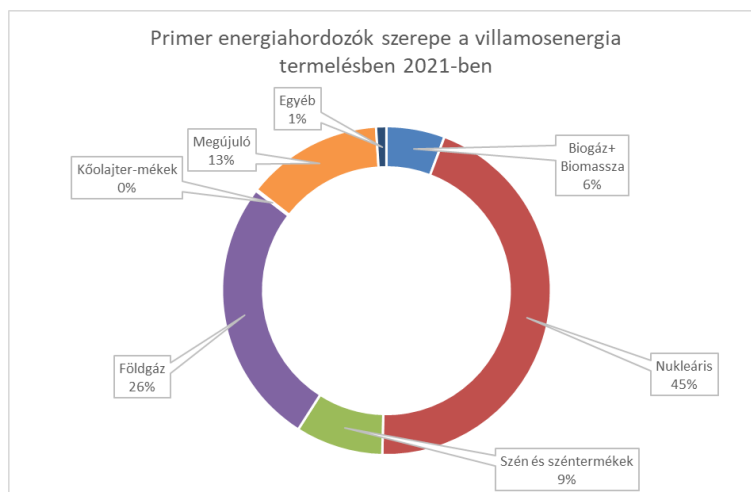
Magyarországon megtermelt villamosenergiához a következő energiahordozókat használta fel a villamosenergia ipar 2021-ben:

- Atomenergia: 45%
- Fosszilis energia: 35%
- Megújuló energia: 19%
- Egyéb: 1%

A fenti adatok jól tükrözik, hogy a Magyarországon előállított villamosenergia, a fosszilis energia nagyságával összemérhető részét állítja elő megújuló energiából, viszont az import függőség problémáját továbbra is kezelni kell.

Az villamosenergia import függőségének egyik csökkentési lehetősége a hazai megújuló energia potenciál nagyobb kiaknázása. A napenergia nagyobb felhasználására már történtek intézkedések, későbbiekben részletezni fogom a napenergia hasznosításával megjelent problémákat. A megújuló energiaforrások csoportjához tartozik a biomassza és szélenergia is, amely felhasználásában hatalmas potenciálok rejlenek. A szélenergia további kiaknázásának törvényi feltételei nem adóttak, így ennek nagyobb hozzájárulásával az energia mixben nem lehet számolni.

Az Agrár Kutató Intézet által készített és az Agro Napló folyóiratban publikált, átfogó biomassza helyzetértékelés alapján, Magyarország biomassza vagyona 350-360 millió tonnára becsülhető. Ebből 110-120 millió tonna, az úgynevezett elsődleges vagyis növényi biomassza, ami újratermelődik. A tanulmány alapján a megújuló energiaforrások nagyobb része, 65 százaléka a hőtermelésben, 33 százaléka a villamosenergia-termelésben, míg a fennmaradó hányad a bioüzemanyag-gyártásban hasznosult 2007-ben. Ha kihasználnák a megújuló biomassza-potenciált, az így termelt energiával a hazai primer energiafelhasználás mintegy negyedét-ötödét lehetne kiváltani. A hazai primer energia felhasználás egy ötöde viszont elegendő lenne a villamosenergia termeléshez használt földgáz közel felének kiváltásához 6. ábra.



6. ábra Magyarországi primerenergiahordozó felhasználás villamosenergia előállítására 2021-ben (forrás: www.MEKH.hu-4-1- országos villamosenergia ellátás havi adatai)

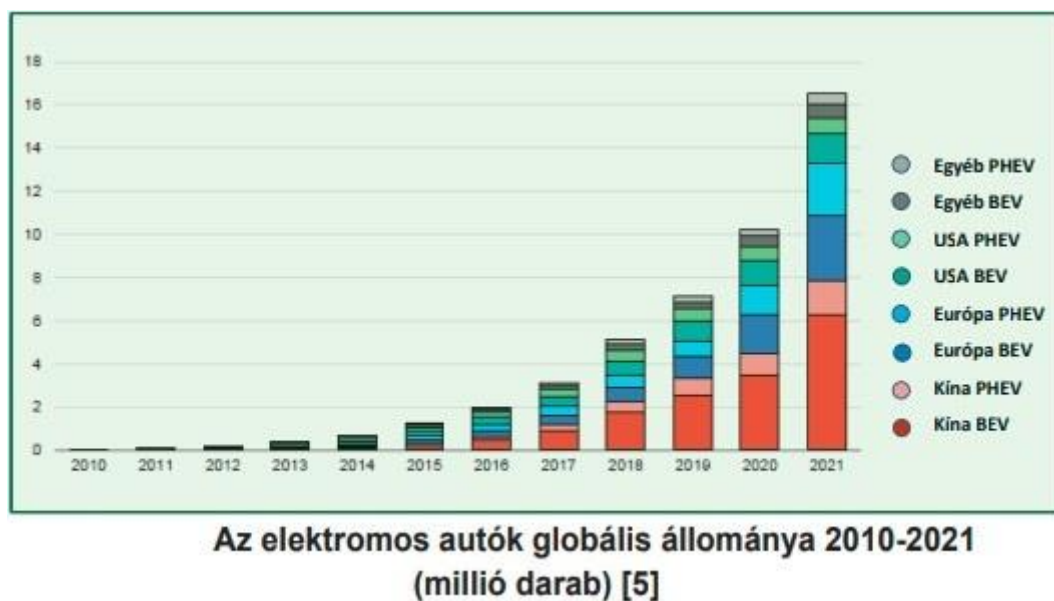
A MAVIR hálózatának az energia irányától és előállítási formától függetlenül kezelnie kell az éves közel 8 millió MWh energia export, 12 MWh import és 30 millió MWh hazai termelésből összetevődő villamosenergia forgalmat. A villamos ellátó hálózat tervezési és üzemeltetési szempontból folyamatosan új kihívásokat ad rendszerirányítónak.

A villamosenergia termelés és felhasználása időbeni eltérése következtében fellépő hálózati problémák

2.4 Fogyasztói oldalról érkező kihívások

Az egyik kihívást a fogyasztói igények növekedése, illetve annak súlypont eltolódása jelenti a hálózat számára. Új ipartelepek, új giga gyárak nyílnak folyamatosan Magyarországon, melyek villamosenergia ellátását meg kell oldani. Az újonnan alapított gyárak, jellemzően nem olyan helyen nyílnak, ahol villamosenergia előállító központ, vagyis erőmű van, hanem ahol munkaerő többlet, vagy egyéb befektetői előnyök (víz; vasút, támogatás stb.) vannak. A 2000.-es évek elején Magyarország legfontosabb ipari parkjai Székesfehérvár, Komárom körzetében voltak megtalálhatók, míg a 2020-as években ez a súlypont áttolódik Győr, Kecskemét, Debrecen területekre. Az új területeken középtávon kapacitás bővítés szükséges.

A fogyasztói oldalon lévő igények megváltozása, nem csak geológiai eltolódást jelent, a jövőben jelentkezni fog az időbeni eltolódást is. Az elektromobilitás, az elektromos autók elterjedésével számolni kell a fogyasztói elosztó hálózaton.



7. ábra Elektromos autók számának alakulása a világban (Nemes & Pomázi, 2023, old.: 3)

Ezek az új eszközök viszont más fogyasztói karakterisztikával és más időbeni terheléssel jelentkeznek a hálózaton. A 7. ábra az elektromos autók globális térnyerését mutatja, az exponenciális növekedési trend Magyarországon is kimutatható, így a magyar infrastruktúrának is reagálni kell az igényekre. A tervezőknek olyan napi terheléssel kell számolniuk, ami akár a jövőben egy második fogyasztási csúcsidő kialakulásához vezethet. Irodaházak parkolóiban kiépített töltők miatt az irodaépületek villamosenergia fogyasztása meg fog növekedni és amennyiben az elektromos autók töltését a használók otthon akarják megtenni, az irodai munkaidő végén komoly hálózati terheléssel kell majd kalkulálni a fogyasztói elosztó hálózaton is. A fogyasztói elosztóhálózaton ez az igény szinte bizonyosan hálózatbővítést tesz szükségessé egyes nagy városok gazdag, de sűrűn lakott negyedeiben (az itt lakóknál fognak először megjelenni az elektromos autók). Az elektromos autók elterjedésének másik kihívása, hogy meg fog növekedni a gyorsöltési igény, ami a kisfeszültségű hálózatok lecserélését fogja igényelni közép- és nagyfeszültségű hálózatokra, a 20kV- egyenáramú töltést meg lehet oldani 400V-os hálózatról is, de akkor a rövid idő alatt a vezetékeken átfolyó teljesítmény miatt nagy keresztmetszetek kiépítésére lesz majd szükség.

Az elektromos autókra sok infrastruktúra fejlesztő úgy tekint, mint mozgó akkumulátorokra. Az elektromos autók akkumulátora okostöltők alkalmazása esetén a hálózaton lévő termelési csúcs időben töltődhet, és esetlegesen ezek akkumulátoraikban tárolt energiáit lehet majd visszatölteni termelési csúcsidő után a hálózatba. Ennek a feladatnak a megoldására nem csak okos töltők kellene, hanem olyan eszközökre is szükség lesz melyek a gépjármű elektromos energiáját hálózati energiává tudják alakítani, a technológia erre már több mint 100 éve létezik,

de gazdaságos kialakítása szükséges. Amennyiben az elektromos autók akkumulátorát csak tároló kapacitásnak tekintjük, a tároló kapacitás segíthet a hálózati csúcs teljesítmények összehangolásában, viszont az elektromos gépjármű, mozgó eszköz, ezáltal a töltés és kisütés helye nem feltétlenül fog olyan területre esni, ahol az energiát a leghatékonyabb módon fel tudjuk használni. Az elektromos autó akkumulátorának ilyen jellegű „közösségi” használata sok egyéb kérdést is felvet, például pénzügyi elszámolási kérdést, hiszen amikor autóbba energiát töltünk, a betöltött energiáért fogyasztónak fizetnie kell, a fogyasztó, ilyen módon már szállít is energiát, kérdés, valaki finanszírozza-e neki, a közösségi célra használt tároló kapacitást. Az is természetesen kérdés lesz majd, hogy mennyi az a minimum energia, ami alá az okos töltő nem engedheti az akkumulátort kisütés módban stb..

2.5 Energia termelői oldalról érkező kihívások

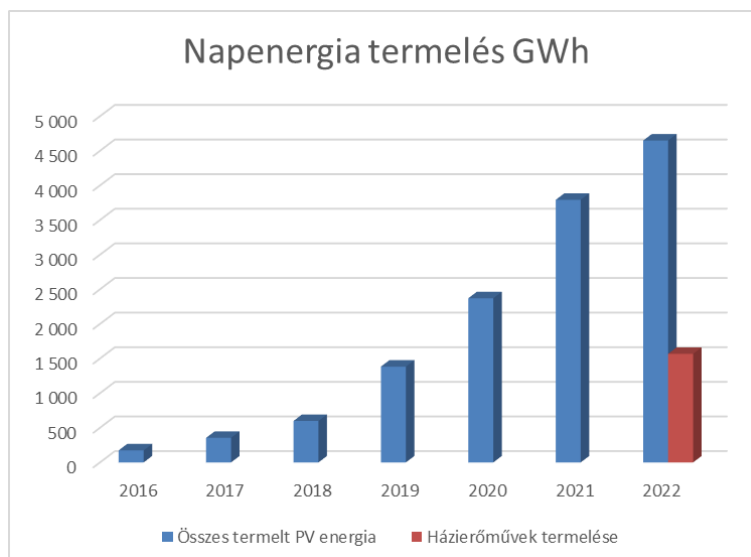
Az energiatermelési oldalon nagy feladatot jelent az ipari méretű > 50 kW , PV, vagyis a napenergia erőművek közel egy időben fellépő nagy mennyiségű villamosenergia termelése. Ez a probléma nem csak a MAVIR hálózatában jelentkezik, hanem az európai rendszer üzemeltetőjén is. Mivel egész Európa és így az európai villamosenergia hálózat is az Északi féltekén fekszik, a napsugárzása meglehetősen egy időintervallumban éri el az európai naperőműveket.

Magyarországon főképp az elosztó (20 kV), esetleg a főelosztó (120 kV, 35 kV) hálózathoz csatlakoztak az elmúlt években telepített, napenergiát hasznosító 500 kW-tól több megawatt teljesítményű erőművek. Ezek az erőművek Magyarország nagyságából adódóan földrajzilag viszonylag kis területen helyezkednek el, így a napsugárzás is megközelítőleg egyszerre éri őket, ezzel termelési többletet okozva a hálózaton. Az 1.4 ábrán is látható, hogy a hálózatra kapcsolt termelők termelése évről évre rohamosan, szinte már-már exponenciálisan növekszik. Ez a növekedés bár összefügg Magyarország Nemzeti Energia Stratégiájával, de komoly megoldandó feladatokat ró a villamoshálózat üzemeltetőjére (MVM) és a hálózattírányítóra. Mivel, mint említettem, a magyar alaphálózat az európai rendszer része és Európában is a magyarral azonos időben van nappal, a magyar termelt többletet exportálni a többi országban is fellépő csúcstermelés miatt nem lehetséges. Az időjárásfüggő megújulóknak térnyerésével az európai döntéshozóknak hamarosan választ kell adniuk arra a kérdésre, hogy mihez kezdjen Európa a fölösleges energiával? A PV panelek jelenlegi telepítési ütemével a napsütötéses órákban a napenergia termelés egyre gyakrabban a fogyasztást meghaladó többlet áramot fogja

eredményezi a fogyasztási-völgy időszakokban, ami már maguknak a megújuló energiatermelésnek a visszaszabályozását is szükségessé teheti, míg a csúcsidőszakok kielégítése és a hálózati kiegyenlítés egyre inkább a földgáz, biogáz és olajtüzelésre fog támaszkodni. A hálózati túltermelést, egy ideig az erőművek lekapcsolásával, szabályzásával vagy a termelt villamosenergia tárolásával lehet kompenzálni.

Magyarországon, az ALTEO Nyrt. az ELMŰ, a MET holding tulajdonában lévő zuglói és kazincbarcikai valamint százhalombattai akkumulátoros tároló telepek rendelkeznek összesen, megközelítőleg 25 MWh energiátároló kapacitással. Amennyiben a magyar elektromos elosztó hálózaton 20 MW-nál nagyobb többlet termelés, vagy 25 MWh nagyobb teljesítmény többlet jelentkezik, további tároló kapacitás hiányában, az egyetlen mód kapcsolható többlet felhasználással elhasználni a termelési többletet. Ez a kapacitás nem energiátároló, azonban lehet olyan vezérelt készülékek hálózata, melyek egy úgynevezett „smart grid”-be kapcsolva közvetlenül a hálózati irányítótól kapják termelési csúcsidőben az indulási parancsot és végeznek munkát a felhasználóknak.

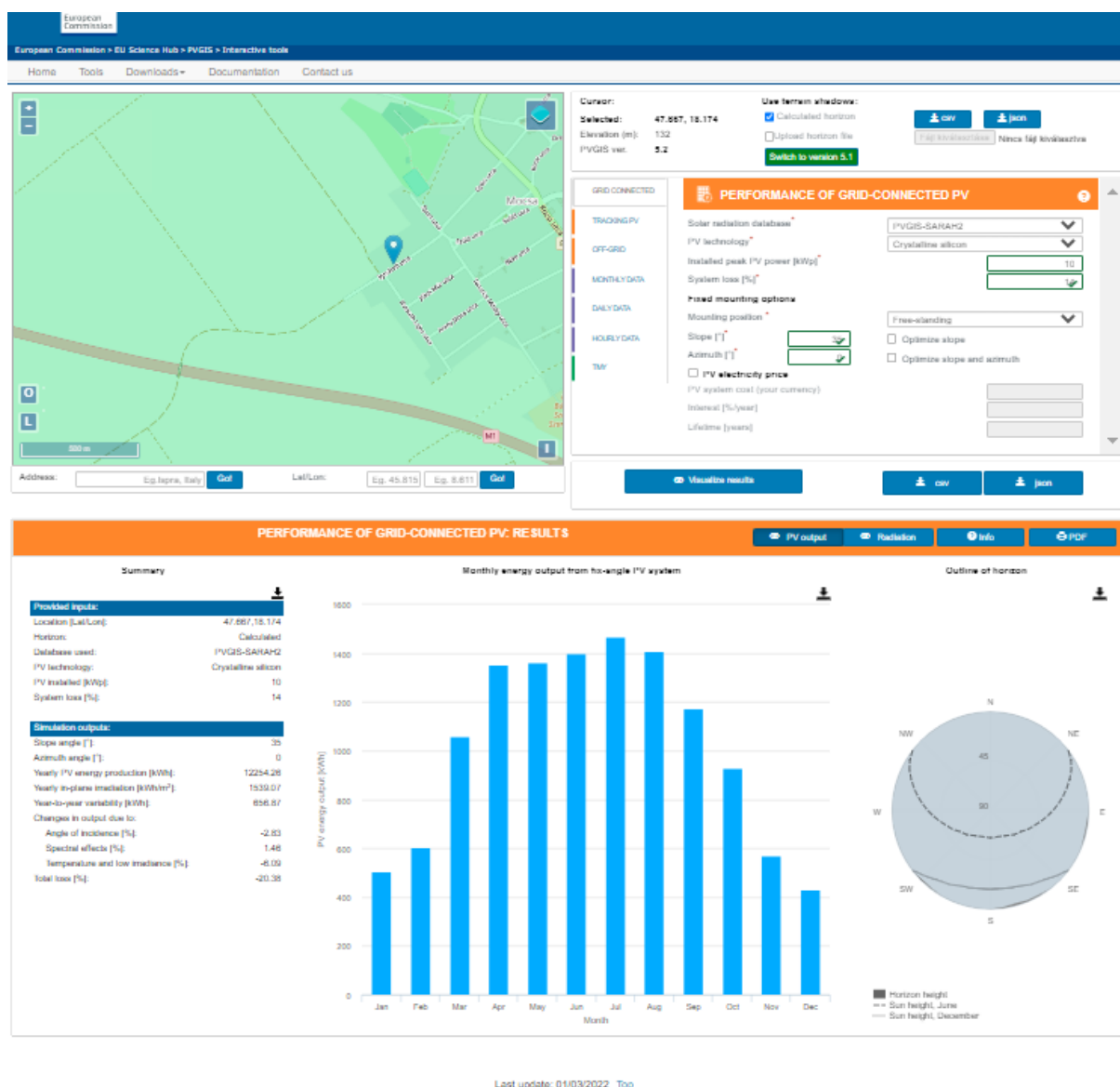
A villamosenergia termelői oldalról érkező másik kihívás a hálózat menedzsment felé, miszerint napjainkra megjelentek a fogyasztói elosztó hálózatokon is a termelők. Addig míg még a 2000.-es évek elején is a fogyasztói elosztó hálózatra kapcsolt fogyasztók, szó szerint csak fogyasztottak villamosenergiát, a 2010-es évektől megjelentek a lakóssági 50kW-nál kisebb teljesítményű napelem telepek (HMKE- Háztartási Méretű Kiserőművek), ezek megjelenésével az eddig tisztán fogyasztói oldal villamosenergia termelővé lépett elő. Ezek a termelők a 400V-os fogyasztói elosztó hálózathoz csatlakoznak és jellemzően lakóházak tetején elhelyezett napelem parkok termelik a villamosenergiát. A lakóházaknál létesített házierőművek elektromosenergia termelését az 1.4 ábra mutatja.



8. ábra Magyarországi napenergia termelés változása (forrás: www.MEKH.hu- 4-1- országos villamosenergia ellátás havi adatai)

Sajnálatos módon az 8. ábra csak 2022-es házi erőművi termelési adat került bemutatásra, melynek oka, hogy a Magyar Energetikai és Közmű-szabályzási Hivatal statisztikai adatbázisában 2022 előtt nem tartották számon a HMKE termelést. Az egyetlen elérhető adat viszont mutatja, hogy 2022-ben Magyarországon a háztartási kiserőművek termelése 1568 MWh volt, ami meghaladta a 2019-ben mért teljes magyar PV alapú villamosenergia termelést. A házierőművek villamosenergia termelése, kis területen, egy transzformátor elosztó területén belül keletkezik. A magyarországi hálózatokba telepített KÖF/ KIF (20kV/ 400V) transzformátorok a 20kV-os hálózat felé történő visszatermelésre nem képesek. A transzformátor területén keletkezett többlet termelést a transzformátor hatásterületén kell elfogyasztani vagy tárolni.

A 2022 év végéig a HMKE szektorba telepített 1632 MW-os teljesítmény elektromosenergia termelése azonos termelési görbével rendelkezik, mint az európai villamosenergia elosztóhálózatot terhelő ipari méretű PV rendszereké.



9. ábra Moca község napsugárzási adatai havi bontásban (forrás: EU PVGIS interactive tools)

Az 9. ábra egy magyar kisfeszültségű hálózatra csatlakoztatott fogyasztó- elektromosenergia termelési adatait látjuk, a fogyasztónál, a lakóház tetőszerkezetén egy 10 kWp méretű PV HMKE van telepítve. Az ábrán látható, hogy öt hónapon keresztül a kiserőmű 1200 kWh feletti villamosenergiát képes termelni, jellemzően olyan napszakban, mikor a lakosság nincs otthon, nem tudja azonnal felhasználni a megtermelt energiát. A példa csak egyetlen fogyasztó PV energia termelésére vonatkozott, de egy kisebb településen is több 10 olyan fogyasztó lehet, aki, mint termelő lép be a villamosenergia hálózatba, belépésükkel a megtermelt, de el nem fogyasztott villamosenergia mennyisége is sokszorozódik.

2022 augusztusában bejelentett „rezi csökkentés-vége”, vagyis az energiahordozók államilag fixált árfolyamának megszüntetése, a lakossági villamosenergia termelés robbanásszerű növekedésével járt. A lakossági villamosenergia termelés olyan mértékű többlet termeléssel és

ezáltal terheléssel jelentkezett a kiefeszűltűgű hálózaton, ami veszélyeztetete a fogyasztói elosztóhálózatok ellátásbiztonságát. Az ellátásbiztonság megőrzése és a fogyasztói elosztó hálózatok védelme érdekében, 2022 októberében Magyarország Kormányának szabályzó intézkedéseket kellett eszközölnie.

2022. október 26.-án a Magyarközölnyben megjelent új szabályzás értelmében (forrás: portfolio.hu)

„csak az a háztartási méretű kiserőmű helyezhető üzembe, amely kizárólag saját villamosenergia fogyasztásának kielégítése érdekében termel villamos energiát, az így üzembe helyezett háztartási méretű kiserőművek közcélú hálózatba történő feltáplálásának lehetősége ideiglenesen felfüggesztésre kerül”

A Kormányrendelet hatályba lépésével a fogyasztói elosztó hálózatra nehezedő terhelés növekedését ideiglenesen megoldotta a Kormány, de többlet termelés tárolására, ennek az elosztó hálózatba (20kV) vagy a főelosztó hálózatba (35 kV; 120 kV) történő transzformálására fizikai, műszaki megoldásra lesz szükség.

A műszaki fejlesztés mellett, további megoldás fogyasztási oldalról olyan jellegű fogyasztói csoportok létrejötte jelenthet, ahol a termelés és a fogyasztás időbeli eltolódását a csoport fogyasztóinak a fogyasztási szokása kiegyenlíti. Ilyen csoport az energiaközösség, melyet a következő fejezetben mutatok be.

3 ENERGIAKÖZÖSSÉGEK

3.1 Az energiaközösség definíciója:

[3] Az energiaközösség alapvetően energiatermelők és fogyasztók összessége. Önkéntes és nyitott részvételen alapul, a tagok vagy részvényesek irányítják, akik lehetnek természetes személyek, kisvállalkozások, helyi hatóságok. Elsődleges célja nem a pénzügyi haszonszerzés, hanem tagjai, részvényesei vagy a működési területe számára környezeti, gazdasági és szociális közösségi előnyök biztosítása; - úgy, mint energiatermelés, beleértve a megújuló forrás alapú termelést, energiaelosztás, energiaellátás, energiafogyasztás, aggregálás, energiatárolás vagy energiahatékonysági szolgáltatások. De ide tartoznak az elektromos járművek feltöltésére irányuló szolgáltatások, továbbá egyéb energetikai szolgáltatások kínálata is tagjai vagy részvényesei számára.

Az energiaközösség az energetikai területen még viszonylag új fogalomnak számít. 2019-ben fogalmazta meg az EU az energiaközösséggel kapcsolatos alapelveit. A 2019/ 944 irányelve 4. és 5. pontja olyan energiaunió kialakítását vázolja fel (forrás: Európai unió hivatalos lapja), „amelynek középpontjában a polgárok állnak, amelyben a polgárok magukénak érzik az energetikai átállást, a polgárok pénztárcája látja hasznát az új technológiáknak, és a polgárok aktívan részt vesznek a piaci folyamatokban, és ahol a kiszolgáltatók megfelelő védelemben részesülnek”.

A gyakorlatban a fenti definíció valós életre vetített modelljét úgy kell elképzelni, hogy egy energiaközösségbe tömörül több, jellemzően eltérő fogyasztási profilú fogyasztó és villamosenergia termelő, amennyiben létező termelői kapacitások- fogyasztói igények kezeléséről, összehangolásáról beszélünk.

3.2 Egy E.ON energiaközösség minta projekt elemzése

E.ON sajtószoba 2022.03.25 sajtóközlemény [19]:

„Példaértékű energiaközösséget hoz létre Szolnokon az E.ON:

Intelligens városi energiamodell valósul meg az E.ON Hungária Csoport és Szolnok önkormányzatának együttműködésében

A megyei jogú város intézményei energiaközösségekbe kapcsolódnak.

6 helyszínen 9 napelemes erőmű épül (összesen 330 kWp teljesítménnyel-szerk), melyek az önkormányzat tulajdonában lévő intézményeket látják majd el energiával, köztük óvodákat, orvosi rendelőt, bölcsődét és lakóházakat is.

A projekt keretében egy napelemekkel ellátott ún. carport is létesül, ahol az e-autósoknak öt gyorsöltő, és egy nagyteljesítményű 75 kW-os villámöltő biztosítja a jövőben a tiszta energiával megtehető kilométereket.

A beruházás jelentős mértékben hozzájárul Szolnok város klímastratégiai célkitűzéseinek mielőbbi eléréséhez, valamint költséghatékonyabb energiaellátásához.”

A fenti E.ON sajtó bejelentés tartalmát értelmezve szeretném kifejtetni, mit is jelent az én értelmezésemben a korszerű és az EU alapelveinek is megfelelő energiaközösség modell.

Az első mondattal egyetértek, az energiaközösségi modell megfelelő működéséhez szükséges az intelligens településmodell.

Kik alkotják az energiaközösséget Szolnok város esetében?

A megyei jogú város intézményei

A modell akkor működik jól, ha a finanszírozásba is beszállnak a tagok, vagyis magukénak is érzik a projektet, a szolnoki projekt esetében a tagok állami intézmények, vagyis az állam száll be a projektbe az E.ON mellé társ finanszírozóként.

Milyen fogyasztói szokású csoportok vesznek részt a projektben?

A közösség akkor működik, ha eltérő fogyasztói szokásokat összesítünk egy csoportba. A szolnoki példa esetében az energiaközösség tagjai közelítőleg azonos fogyasztási karakterisztikával rendelkeznek, vagyis az fogyasztási igényük közel egyszerre jelentkezik a hálózaton és szűnik meg.

A projektben még egy carport létesül elektromos autó töltővel és egy gyorsöltőt is létesítenek. A projekt keretein belül telepített carport- elektromosautó töltő, az azonos fogyasztói mintájú fogyasztóicsoportok egyidejű energia igényét képes időben eltolni, de a kérdés a carport esetében is, a használói kör. Amennyiben a carport, valamelyik Szolnoki intézmény parkolójában van elhelyezve, és a telepítésének célja, hogy az intézmény dolgozói tölthessék róla a gépjárműveiket, akkor a töltő egység is az irodai órák időszakára mutat a hálózat felé energia igényt.

Milyen megújuló energiaforrást telepítenek a projekt keretein belül?

A projekt keretein belül 6 helyszínen 9 napelemes erőmű épül, összesen 330 kWp teljesítménnyel, illetve egy 50 kVA-es akkumulátort is telepítenek az épületek energia igényének jelentős részének fedezése céljából.

Az energiaközösségbe tömörült tagoknak meglátásom szerint olyan megújuló energia alapú villamosenergia termelésbe kell invesztálniuk, ami nem vagy csak csekély mértékben időjárás vagy napszak függő.

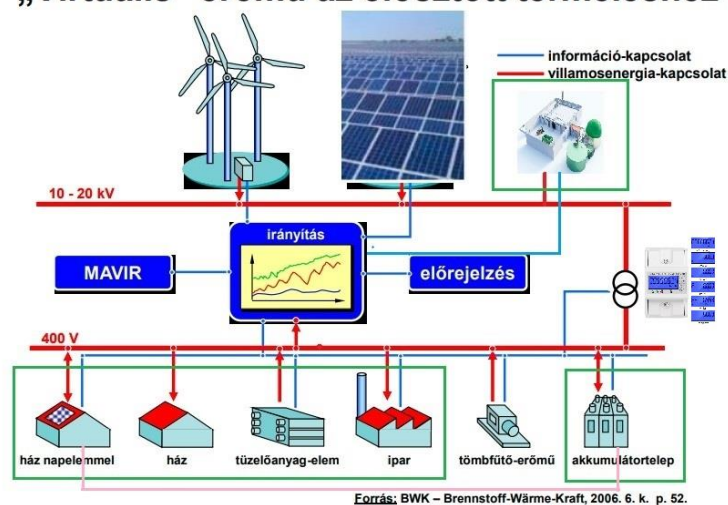
Kellemetlen lenne egy, a carport-ra sötétedés után, 10%-os akkumulátor töltöttségi szintű autós helyzete, ha az említett carport tisztán PV energiával lenne táplálva és nincs a porthoz elektromos tároló kapacitás telepítve, a projekt dokumentációját nem ismerve, a fentebb említett tároló kapacitás célja a carport energiaellátásának biztosítása.

Szolnokon a 330 kWp teljesítményű PV erőmű, ideális dőlésszöget és tájolást feltételezve, áprilistól augusztusig 40 MWh feletti teljesítményt termel havonta (PVGIS- interactiv tools segítségével számolva), a hálózatba kapcsolt fogyasztók teljesítmény igényét nem ismerve, mindenképpen komolyabb tárolási kapacitás telepítésével kötném össze az erőmű üzembehelyezését. Az MVM javaslata alapján, lakóssági fogyasztók esetén, 1 kWp beépített csúcsteljesítményű rendszerhez 1,2-1,4 kWh [18] tároló kapacitás beépítése célszerű, az erőműre kapcsolt fogyasztók napsütéses órák utáni villamosenergia igényeinek kiszolgálására! A szolnoki példát nem érdemes tovább elemezni, álláspontom szerint a szolnoki megoldás nem energiaközösségnek, hanem egy e-autó töltővel kibővített napelem rendszernek felel meg.

3.3 Virtuális erőműmodell értelmezése energiaközösségek szempontjából

Az energia közösségek működését, a következő ábrán látható, virtuális erőmű modell segítségével mutatom be.

„Virtuális” erőmű az elosztott termeléshez



10. ábra Virtuális erőmű modell alkalmazása energiaközösségek fogyasztás és termelés vezérlésére (forrás Dr. Tóth László- Energia ellátó rendszerek előadás jegyzet, szerző által módosítva)

A 10. ábra zöld keretbe foglalt ház, ház napelemmel, ipar elnevezésű hálózati szereplők eldöntik, hogy együttesen egy energiaközösséget hoznak létre.

A ház, ház napelemmel ábrák lefedhetnek egy teljes falu, vagy egy utca házait, az ipar pedig ugyanezen falu vállalkozóit és mezőgazdasági szövetkezetét.

Az energiaközösség felméri a területén található megújuló energia termelési lehetőségeket és négy beruházás finanszírozásának lehetőségeit fogja megvizsgálni.

A lakóssági HMKE rendszerek többlet termelésének akkumulátoros tárolási lehetősége (10. ábra pink vonal), ez történhet osztott, vagy központi megoldással.

Osztott energiatárolás esetén, minden HMKE mellé egy akkumulátor telepet telepítenek s ezek kapcsolódnak a 400V-os rendszerhez. A PV többlet termelés, az akkumulátor telep megfelelő méretezése esetén, feltölti az akkumulátort, majd fogyasztási csúcs időben az akkumulátor leadja a feltöltött energiát a hálózat felé. Ennek a tárolási módnak a hiányossága, hogy az egyedi tároló kapacitások összege magasabb lesz, mint a központi tároló igény, hiszen a $(P_{termelt} - P_{fogyasztott})$ képlet alapján méretezett tárolási kapacitás nem veszi figyelembe a közösséghez csatlakozott, villamosenergiát nem termelő fogyasztók fogyasztását. Előnye viszont az, hogy nem kell hozzá egyenáramú hálózatot kiépíteni a központi tárolóig

Központi energiatárolás esetén az egyes napelemrendszerek inverterei, egy „smart grid” hálózat vezérlésével csak a fogyasztói elosztóhálózat pillanatnyi igényét termelik a hálózatba, a megtermelt energia fel nem használt részét egy központi tárolóba irányítja. A központi tároló átalakítja az energiát a fogyasztói elosztó hálózatnak megfelelő feszültségszintre, ezzel kiszolgálhatja egy másik transzformátor körbe kötött hálózat energia igényét és a nem termelő, de fogyasztó hálózati szereplőket, a többlet energiát pedig átalakítás nélkül DC-formában tárolja. A tárolt energiát a fogyasztói csúcs időszakban visszatermeli a fogyasztói hálózatba. A megoldás előnye, hogy az akkumulátor telep dolgozhat akár több körbe kapcsolt transzformátor hálózatával, így a többlet termelés több hálózat között oszlik meg. A több hálózati kör termelés és fogyasztás karakterisztikája könnyebben kiegyenlíthetők, így kisebb tárolókapacitás elegendő a termelési csúcs teljesítmények tárolására. A megoldás hátránya, hogy amennyiben HMKE-k földrajzilag nagy alapterületen helyezkednek el, a DC hálózat kialakítása költséges lehet.

A lakóssági HMKE rendszerek többlet energia termelésének elraktározása Hidrogén előállítással és a Hidrogén tüzelőanyagcellák segítségével villamosenergiává alakítása.

Ebben az esetben az energiaközösség nem vagy csak minimális mennyiségű akkumulátoros tárolási kapacitásba fektet be. A megtermelt villamosenergia többletet, kihasználva, hogy a PV telepek DC energiát állítanak elő, Hidrogén előállításra használják fel. A megoldáshoz szükséges a DC energia hálózat kiépítése a központi H₂ előállító hely és a HMKE rendszerek között. A rendszer működése nagyban megegyezik az előző pontban részletezett központi tárolású rendszer működésével, a smart grid-en keresztül a rendszerirányító vezényli a HMKE inverterét, de a termelés felesleg Hidrogén formájában raktározódik el a rendszerben. A tüzelőanyagcellák termelésének, szintén a smart grid által történő vezérlésével lehet a hálózati termelési és fogyasztási csúcsokat összehangolni. A megoldás előnye az akkumulátoros tárolással szemben, hogy a Hidrogén tárolás hosszú időn keresztül veszteség mentesen megoldható. Az elnyúló termelési csúcsok s időben, akár hónapokkal később jelentkező fogyasztási többlet igények is összehangolhatók.

Az energiaközösséghez csatlakozott mezőgazdasági egység által termelt biomassa felhasználása biogáz erőmű létesítésével. Ez a megoldás az elosztó hálózathoz kapcsolódó erőmű nehezen értelmezhető a fogyasztói hálózat terhelésének csökkentése szempontjából, de a biogáz erőmű is a smart gridhez van kapcsolva s a rendszerirányító úgy tudja vezérelni a villamosenergia termelést, hogy villamosenergia csúcs termelési időszakokban csökkenti, fogyasztási csúcs időben, pedig növeli az erőmű termelését.

Az energiaközösséghez csatlakozott önkormányzat tulajdonához tartozó, a víz minőségének romlása miatt nem használt két ivóvíz kút segítségével hőszivattyús közösségi központifűtés és HMV rendszert épít ki. Ennek a döntésnek csak minimális hatása van a villamosenergia rendszerre, hiszen azt csak a villamosenergia fűtési célra használt részével tehermentesíti.

A negyedik pontban kifejtett megújuló energiahasznosítási lehetőséggel azt szeretném érzékeltetni, hogy az energiaközösségek nem csak villamosenergia előállítására, tárolására szerveződhetnek, hanem minden megújuló energia felhasználás segít az energiaközösség környezet terhelésének csökkentésben.

Beruházási költségek tekintetében a négy verzió a 3-1. táblázatban részletezett módon néz ki:

3-1. táblázat Energia hatékonysági lehetőségek

	Beruházási igény	Ipari hasznosításhoz technológia	Állami támogatás	Közösségi részvétel lehetősége
Akkumulátoros energiatárolás	Magas	Elérhető	Szükséges	Igen
Hidrogén alapú energiatárolás	Magas	Kísérleti	Szükséges	Igen, nagy forrás igény szükséges
Biogáz üzem létesítése	Magas	Elérhető	Szükséges	Igen, nagy forrás igény szükséges
Hőszivattyús rendszerű fűtés rendszer	Magas	Elérhető	Szükséges	Igen, nagy forrás igény szükséges

Az energiaközösség, létrehozásának egyik célja a közösségek energia tudatosságának növelésén felül a közösségi finanszírozás bevonása a megújuló energiát hasznosító projektekbe. A közösségi finanszírozás úgy működhet csak, ha a résztvevőknek, az energia közösség tagjainak anyagi érdekében áll a közösségbe pénzügyileg is befektetni. A fenti példák közül a két leginkább befektetés intenzív projekt a Hidrogén alapú energiatárolás és a biogáz erőmű létesítése. Ezen két projekt megvalósításához komoly állami finanszírozás szükséges. Az akkumulátoros energia tárolás és a hőszivattyús rendszer kiépítése kisebb befektetést követel meg a beruházóktól. A megfelelő tároló kapacitás megtervezése után a közösség úgy dönt, hogy összeadják a projekt megvalósításához szükséges 50%-os önrészt, illetve az állam vissza nem térítendő támogatással az önkormányzat pedig saját tőkéjével lép be a finanszírozásba. A példában, 14 háztartás, 3 ipari szereplő lép be a közösség támogatói közé. Az ipari szereplők motiváló tényezője, a csökkenő villamosenergia díjak lehetnek.

Minden közösségi tag a finanszírozásba a motivációja pénzügyi érteken megfelelő összeggel lép be, ezzel a pénzügyi szerepvállalásának megfelelő részesedésre jogosult a közösség bevételeiből. Az én példám, mivel elméleti, minden háztartás azonos összeggel, illetve az ipari résztvevők is a meghatározott összeggel vesznek részt a finanszírozásban.

3-2. táblázat Energiaközösség közösségi finanszírozás résztvevői a részesedésük

	Befektetés [HUF]	Részesedés [%]
Ház 1	3 000 000	0,404%
Ház 2	3 000 000	0,404%
Ház 3	3 000 000	0,404%
Ház 4	3 000 000	0,404%
Ház 5	3 000 000	0,404%
Ház 6	3 000 000	0,404%
Ház 7	3 000 000	0,404%
Ház 8	3 000 000	0,404%
Ház 9	3 000 000	0,404%
Ház 10	3 000 000	0,404%
Ház 11	3 000 000	0,404%
Ház 12	3 000 000	0,404%
Ház 13	3 000 000	0,404%
Ház 14	3 000 000	0,404%
Ipari szereplő 1	50 000 000	6,739%
Ipari szereplő 2	100 000 000	13,477%
Ipari szereplő 3	200 000 000	26,954%
Önkormányzat + állami támogatás	350 000 000	47,170%
Teljes beruházási költség keret	742 000 000	

A 3-2. táblázat egy lehetséges finanszírozási példát mutat be s az egyes résztvevők részesedését a közösség beruházásának hasznából.

Miből jön a haszon?

A 10. ábra felvázolt rendszere nem tud transzformálni villamosenergiát a 20 kV-os elosztó hálózatba, ezért kellett a tároló kapacitás, a smart grid és a vezérlés. A közösség a villamosenergia szolgáltató felé a 10. ábra transzformátor jel mellett található, villanyórával jelölt ponton mért fogyasztást köteles megfizetni. Az akkumulátoros tárolókapacitás esetlegesen más transzformátorokhoz tartozó fogyasztókat is elláthat, ez kifejezetten olyan esetekben megoldható, ha több 20kV/ 400V-os transzformátor kör található egymás közelében. Az elméleti projekt bemutatásomat ezen a ponton be is fejezem, mert olyan kérdéshez értem, ami pillanatnyilag nem megoldott, törvényileg nem szabályozott terület.

Az elkövetkező években, amennyiben a megújuló energia felhasználására és energia felhasználás csökkentésre motivált fogyasztói közösségeket szeretnének látni a magyar energia piacon, a következő kérdésekre kell megtalálni a választ a törvényalkotóknak:

- Kinek a tulajdonában lesznek az energiaközösség területén található villamosenergia hálózatok?
- Ki tartja karban, fejleszti az energiaközösség területén lévő hálózatokat?
- Ha mindez marad az egyetemes szolgáltató feladata, milyen elszámolással, jogokkal, kötelezettségekkel fog tartozni az energiaközösség felé?
- Hogyan kalkulálendő az energiaközösség belső elszámoló ára?
- Hogyan kalkulálendő az egyes fogyasztók villamosenergia költsége?
- Mi történik azokkal a fogyasztókkal, akik az energiaközösség területén élnek és fogyasztanak, de nem tagjai az energiaközösségnek?
- Hogyan számítandó az energia ára, ha az energiaközösség mint szolgáltató lép fel s tovább értékesíti az általa megtermelt villamosenergiát másik KIF hálózatnak, esetleg egy másik energiaközösségnek?
- Az ellátás biztonsága érdekében nem célszerű az egy transzformátorhoz tartozó területeket egy kvázi szigetüzemként üzemeltetni, ha más körökkel is összekötik akkor, hogy történik az elszámolás?
- Az energiaközösségek lehetnek akár egy nagyváros lakói, ekkor hogyan történik az elszámolás, kit nevezünk egy ilyen nagyságú területen szolgáltatónak s mi az energia átadási pont?

4 KORSZERŐ BIOGÁZ TECHNOLÓGIÁK

4.1 Biogáz fogalma

A biogáz megújuló energiaforrás, szerves anyagok bomlásakor keletkezik oxigénmentes körülmények között, mikrobák közreműködésével. Fő alapanyaga az állati hígtrágya, növényi- és vágóhídi hulladékok, energianövények, szennyvíziszap, kommunális szerves hulladék, melyből többféle fermentáción alapuló technológiával állítanak elő magas metán tartalmú gázt.

4.2 Biogáz alapanyagok

Biomasszának nevezünk a földön minden olyan szén tartalmú természetes anyagot, amely földön termelődik, vagy valamilyen tevékenység következtében keletkezik. A biomassza alapanyagok másodlagos fajtáját szoktuk biogáz alapanyagnak nevezni, a másodlagos biomassza sok esetben az elsődleges biomassza alapanyagok felhasználásának mellék termékei, ilyenek a szennyvíz, az almos vagy hígtrágya esteleg élelmiszeripari vagy állati, maradványok, tetemek.

4.3 Biogázok csoportosítása alapanyag szerint

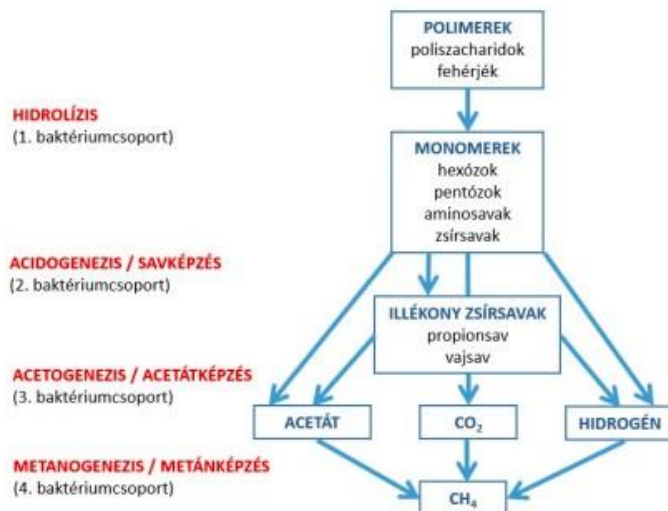
A biogázok elsődleges csoportosítása a termelés helye szerint történik, amely szerint három nagy csoportot lehet elkülöníteni:

- hulladéklerakó telepen keletkező gázok (depóniagáz);
- növénytermesztésen és állattenyésztésen alapuló gázok;
- szennyvízkezelő telepeken keletkező gázok (szennyvíztelepi gáz)

4.4 A biogáz termelés folyamata

A biogáz termelés a szerves anyagok oxigéntől elzárt, anaerob környezetben történő bomlásakor jön létre.

Az anaerob lebontásban szerepet játszó aktív mikroorganizmusok kizárólag az anaerob mikroorganizmusok közé tartoznak. Ennek a baktériumcsoportnak nagyon sok olyan faja van, melyek fakultatív vagy kizárólagos anaerobok. Az anaerob szervesanyag bomlás többlépcsős folyamat, melyet a 11. ábra mutat be.



11. ábra Biogáz termelés anaerob folyamatának szakaszai

Minden egyes szakaszban meghatározott fajtájú baktériumok dolgoznak. A lebontásra kerülő anyagokat a mikroorganizmusok sok köztes termékén keresztül alakítják végül biogázzá. Az eredetileg a szerves anyagokban megkötött szén a biogázban lévő metánná és szén-dioxiddá alakul. Ebből következően a metánképző azaz metanogén baktériumok kulcsfontosságú szerepet kapnak a folyamatban, mivel ők felelősek a biogáztermelésért. A képződött metán 70%-át olyan baktériumok állítják elő, melyek alapanyagként acetátot használtak fel, ellenben a biogáznak csak 30%-a képződik hidrogént és szén- dioxidot hasznosító mikroorganizmusok által.

A metánképződés sebessége függ:

- a szerves anyag minősége (szubsztrát összetétel),
- anaerob biomassza jelenléte, koncentrációja, adaptálódása,
- a szervesanyag és a biomassza érintkezésének hatékonysága, keveredés és
- kontakt idő (tervezés határozza meg),
- környezeti tényező, hőmérséklet, pH,
- nyomelemek jelenléte.

4.4.1 Hidrolízis

Az első lépésben baktériumok által kiválasztott ún. exoenzimekkel megtörténik a szerves makromolekulák, mint pl. a fehérjék, zsírok és a keményítő lebontása kisebb molekulákká, monomerekké, melyeket a következő lépcsőben a savképző, acidogén baktériumok tovább tudnak bontani. A hidrolizáló mikroorganizmusok exoenzimeket bocsátanak ki, melyek az olyan nagy makromolekulákat (polimereket), mint pl. a fehérjék, zsírok és a keményítő, a baktériumsejten kívüli térben kisebb méretű oldható molekulákká (monomerekké), pl. aminosavakká, zsírsavakká és cukrokká bontják le. Míg a keményítő hidrolízise gyors folyamat, addig a zsírok és egyéb lebegőanyagok (növényi sejtfalak) hidrolitikus bomlása lassan történik.

4.4.2 Savtermelés (acidogenezis)

A szervesanyag átalakítás második lépésében a savképző acidogén baktériumok (más néven erjesztő baktériumok) a kis szerves molekulákat tovább bontják még egyszerűbb vegyületekre, mint pl. illékony zsírsavak, alkoholok, CO₂ és H₂. Ezek mellett H₂S és NH₃ is megjelenhet melléktermékként. A savtermelés fő termékei az illékony zsírsavak:

- hangyasav
- ecetsav
- propionsav
- (izo)vajsav
- (izo)valeriánsav

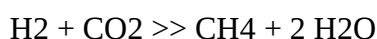
4.4.3 Ecetsavtermelés (acetogenezis)

A harmadik lépésben az illékony zsírsavakat, tejsavat és alkoholokat az ecetsavtermelő baktériumok ecetsavvá alakítják.

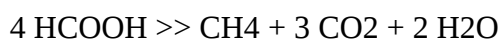
4.4.4 Metántermelés (metanogenezis)

A korábbi lépcsők végtermék molekuláit (hidrogén, hangyasav, metanol, metilamin, ecetsav) a metántermelő baktériumcsoport alakítja metánná (CH₄) a következő reakcióegyenletek szerint.

Hidrogén



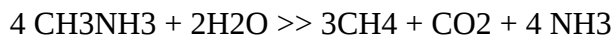
Hangyasav



Metanol



Metilamin



Ecetsav



Ezekből a reakciókból energia szabadul fel, melyet a baktériumok saját növekedésükre fordítanak. Amikor a szubsztrátban könnyen és gyorsan bontható vegyületek vannak jelen, a metánképződés nagy sebességgel következik be a folyamatban.

4.5 Szubsztrát tápanyag összetétele

A biogáztermelés alapanyaga minden olyan szerves anyag lehet, amely a baktériumok által könnyen lebontható.

Az alapanyagok (szubsztrátumok) gázkihozatalát nagymértékben meghatározza a zsír-, a fehérje- és a szénhidráttartalom. Minél nagyobb az alapanyag zsírtartalma, annál nagyobb a gázkihozatal, míg a fehérje nem kedvez a gázképződésnek. Emellett elmondható, hogy minél nagyobb a szubsztrátum szárazanyag és szerves szárazanyag tartalma, annál nagyobb lesz a fajlagos biogázkihozatal. Egyes tápanyagok, úgy, mint a nitrogén (N) és a foszfor (P), létfontosságúak az anaerob bontási folyamatokhoz.

Az anaerob folyamatokban szükséges nitrogén mennyisége elhanyagolható az aerob folyamatokban szükséges nitrogén mennyiséghez képest.

A nitrogén, amely fontos makroelem az anaerob folyamatok számára, több formában lehet jelen a szubsztrátban:

- oxidált formában, mint nitrát (NO_3) vagy nitrit (NO_2),
- a metanogének számára sem a nitrát (NO_3) sem a nitrit (NO_2) nem elérhető nitrogénforrás, sőt, inhibíciót, azaz a biokémiai folyamatok gátlását okozzák.
- redukált formában, mint ammónium (NH_4)

Az ammónium (NH_4) sok szubsztrátban megtalálható, az anaerob szervesanyag lebontási folyamatok fontos tápanyaga. Az ammónia koncentráció megnövekedhet a fehérjék és aminosavak lebontása során. Magas nitrogéntartalmú, pl. fehérjét vagy ammóniasókat tartalmazó, szubsztrátok feldolgozása során ammóniainhibíció, azaz ammónia okozta gátlás léphet fel, mely 1000 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentráció felett kezd jelentkezni, bár a hatását a pH érték erősen befolyásolja. Kutatások szerint az ammónium-nitrogén az anaerob reaktorokban kétféle

formában van jelen: egyrészt ammónium ion (NH_4^+) formában, másrészt szabad oldott ammónia (NH_3) formájában a következő reakció szerint: $\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+$

A nagyobb NH_4 koncentráció vagy a magasabb pH az egyensúlyt a több szabad NH_3 képződése irányába tolja el, pl. ugyanazon szubsztrátban magasabb pH értéken több szabad oldott ammónia lesz. Az ammónia okozta gátlás (pH értéktől függetlenül) 80 mg/l szabad NH_3 koncentráció felett jelentkezik

7,0 pH értéken a szabad ammónia az összes ammónium-nitrogén 1,1%-át teszi ki, míg 8,0 pH értéken a koncentrációja már 10,2%-ra emelkedik.

komplex vegyületekben, mint a fehérjék, aminosavak, metilamin vagy sejtanyag.

A redukált formában lévő nitrogént (NH_4) és az egyszerű szerves vegyületekben lévő nitrogénformákat együttesen Kjeldahl nitrogén tartalomnak nevezzük.

Az ammónia és a Kjeldahl nitrogén egy része vehető fel nitrogén tápanyagként az anaerob metanogén baktériumok számára.

Fontos ismerni a befolyó szubsztrát összetételét a nitrogén és foszfor mennyiségéhez képest. A tápanyagok vagy eleve már könnyen elérhető formában kell jelen lenniük, vagy olyanná kell alakulniuk a lebontási folyamatok során. A baktériumok számára könnyen felvehető nitrogén forma az ammónium-nitrogén ($\text{NH}_4\text{-N}$), a könnyen felvehető foszfor forma pedig a foszfát-foszfor ($\text{PO}_4\text{-P}$).

Az anaerob rendszerben a baktériumok számára elérhető tápanyagok mennyisége nőhet a lebontási folyamatok során felszabaduló mennyiség által, viszont ezek mennyiségét csökkenhetik a csapadékképződési folyamatok.

Ököl szabályként elmondható, hogy az anaerob rendszerben akkor van feleslegben a nitrogén és a foszfor, amennyiben a szubsztrátban mért koncentrációjuk meghaladja az alábbi minimálisan szükséges értékeket:

$\text{NH}_4\text{-N}$: 10 mg/l

$\text{PO}_4\text{-P}$: 5 mg/l

A tápanyagok adagolásának optimalizálása legtöbb esetben költségmegtakarítást okoz. Fontos viszont, hogy nagy odafigyelés mellett végezzük az adagolás csökkentését, ugyanis, ha elhúzódó hiány alakul ki, akkor a rendszer stabil működését megingatja.

4.6 Biogáz előállítási technológiák

A biogáz előállítási technológiákat osztályozhatjuk (12. ábra)

- Az eljárások csoportosíthatók a fermentálandó szubsztrátok szárazanyag-tartalma tekintetében
 - nedves fermentációs eljárás, ahol a szubsztrátok szárazanyag-tartalma: 8-12 %;
 - félszáraz fermentációs eljárás, ahol a szubsztrátok szárazanyag-tartalma: 12-25 %;
 - száraz fermentációs eljárás, ahol a szubsztrátok szárazanyag-tartalma: 30-40 %.

A gyakorlatban a nedves fermentációs eljárás terjedt el, a félszáraz és száraz fermentációs technológiát kevésbé alkalmazzák

- A Szubsztrát feldolgozási technológiák és a fermentorok konstrukciójának összefüggésében
 - szakaszos
 - folyamatos üzemű
- A fermentorokban uralkodó hőmérséklet szerint, amely - a mikrobák életfeltételeit szabályozza - a biogáztermelés történhet
 - mezofil (37-39 °C-os)
 - termofil (50-55 °C-os)

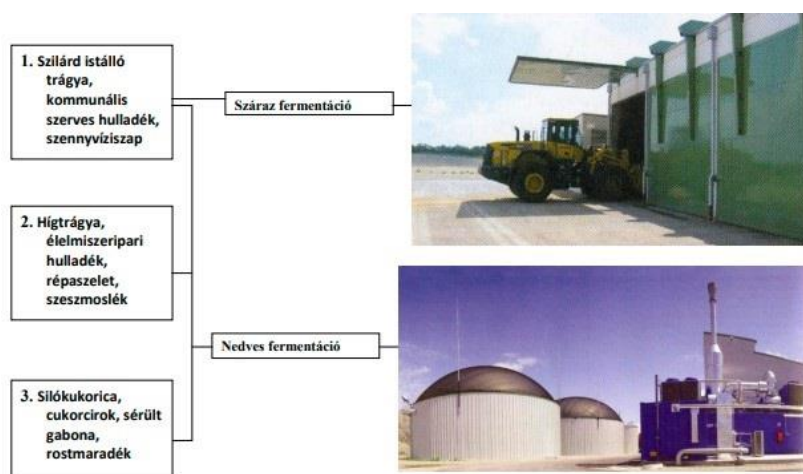
A termofil tartományt az adott baktériumtörzs gyors tevékenysége jellemzi, amelyet a rövid tartózkodási idő is szemléltet. A biogázképződés gyorsasága akár 30-50 %-kal is nagyobb, mint mezofil körülmények között. Viszont a termofil baktériumok nagyon érzékenyek a környezeti változásokra, míg a mezofil technológiai stabilitása kedvezőbb. A tudomány említ még egy pszichrofil nevű technológiát is, ami <20 °C-on működik, de ennél a technológiánál nagyon lassan indul be az alacsony hőmérséklet miatt a gázképződés (70 nap), így ezt a technológiát nem alkalmazzák.

Emellett elmondható, hogy a biogázképződés nem exoterm, azaz nem hőfelszabadulással járó, hanem endoterm folyamat, vagyis a rendszerbe hőt kell bevinni a működéshez. A szükséges hőbevitel gazdaságossági kérdései következtében is előnyösebb a mezofil hőmérsékleti tartomány alkalmazása.

A biogáz képződést a technológiai hőmérséklet mellett a kémhatás is befolyásolja, az optimális pH érték 6,5-8,5 között helyezkedik el. Jelentős szerepe van a vízmennyiségnek, a szén/nitrogén aránynak, valamint a mérgező anyagok jelenlétének is. Az egyik legmeghatározóbb tényezőként az alapanyagok minősége, összetétele említhető a keletkezett gázmennyiség szempontjából, amit már az előző alfejezetben részleteztem.

A folyamatos üzemű biogáztermelő berendezések nyersanyaggal való feltöltése megszakítás nélkül zajlik, amely esetben mindig a betöltött szubsztráttal azonos tömegű erjesztett iszap

A szakaszos ütemű technológia esetén időszakosan történik a berendezés tápanyaggal való feltöltése, melyek meghatározott ideig tartózkodnak a lezárt berendezésben további alapanyag hozzáadása nélkül. A rothasztás a hőmérséklettől függően 30-100 napig is eltarthat. Ezt nevezik batch-eljárásnak, amely a legegyszerűbb biogáztermelési módszer. További előnye, hogy a friss és az erjesztett alapanyag nem érintkezik egymással, vagyis higiéniai szempontból optimális.



12. ábra Biogáz technológiák

Az előtároló tartályban történik meg a szubsztrátok megfelelő receptúra alapján történő összeállítása.

A fermentorokban történik a szerves anyagok lebontása anaerob, azaz levegőtől elzárt környezetben, amelyek technológiától és az alapanyagok minőségétől függően 20-30 napot tartózkodnak itt. Az egyenletes gázfejlődéshez és a minél nagyobb mértékű gázkinyeréshez a fermentorokban lévő alapanyagok folyamatos keverését kell megoldani, mechanikus vagy hidraulikus módon. A keverőlapátok a tartály keresztmetszetében vertikálisan mozgathatók, így a teljes térfogatban képesek az alapanyag keverésére, illetve a zsírtartalmú anyagok felületi

kéregképződését is megakadályozzák. A kombinált tárolóban történik meg az utóerjesztés és a biogáz tárolása.

Az utótárolóban kerül tárolásra a kierjedt trágya. A visszamaradó trágya, gyakorlatilag biotrágya, mezőgazdasági felhasználásra kerül. A biotrágya használatának előnyei a mezőgazdaság számára:

A visszamaradó trágya, hígított állagú, az eredeti trágyához képest, a mezőgazdasági felhasználás során, a hígtrágya kihordására alkalmas gépekkel lehet a szántóföldeken elteríteni. Az istállótrágya intenzív szagát adó gázok, a biogáz termelés során felszabadultak, így a biotrágyából tárolás vagy kihordás során nem szabadulnak fel szagok

A biogáz technológiával kezelt trágya gyommag és bakteriológiai kórokozó tartalma lényegesen kisebb, mint a szálas trágyáé, hiszen a gyommagvak nagy része feldolgozásra került a biogáztermelés, acidogenezis (savtermelődé) folyamata során. A baktériumok nagyrésze pedig nem élte túl a folyamat során a hőkezelést.

A szerves kötésű nitrogének, a biogáz termelés során a növények számára azonnal felvehető formába került, így az jobban hasznosítható a kihordás után

A megtermelt biogázt tárolókba gyűjtik. A gáz összetevők közül a két leginkább káros anyag, a kén és a széndioxid eltávolítása után, a biogáz, közel földgáz minőségűvé tisztítható. A tisztítás és kéntelenítés utáni biogáz mint energiahordozó felhasználható:

- hőtermelésre gázégők alkalmazásával
- háztartásokba bevezetve fűtésre, főzésre
- gázmotorokban áram és hőtermelésre
- tisztítás és a metánkoncentráció növelése után gázhálózatba történő betáplálásra vagy üzemanyagként (buszok, egyéb járművek hajtására), esetleg palackosgázként, palackokba töltve.

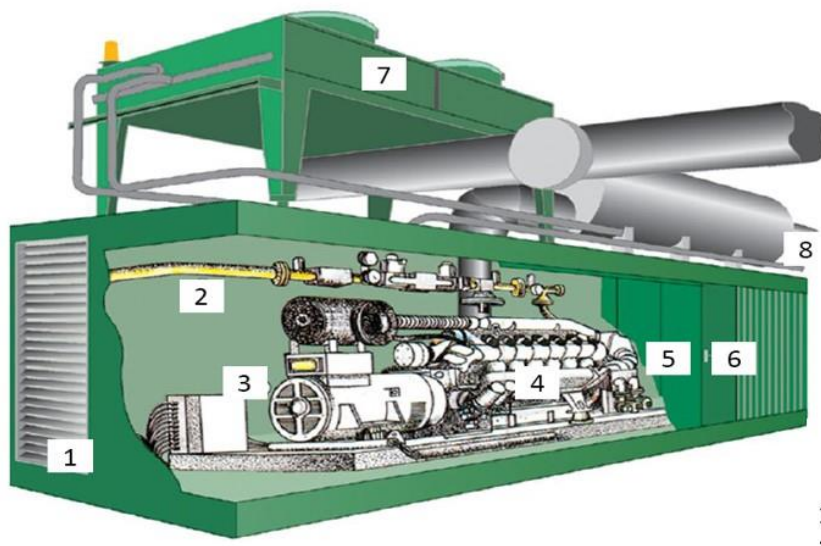


13. ábra Biogáz felhasználás GE-Jenbacher gázturbinában elégetve (forrás Stallprofi.hu)

4.7 Biogáz felhasználásának energetikai ismeretei

A biogázt tisztítás után a legtöbb esetben a 13. ábra látható konténer gázturbinában alakítják energiává égetéssel

A 13. ábra lévő konténer falait kibontva a 14. ábra található gépészetet találjuk



14. ábra A gázturbina konténer robbantott ábrája

Az Innio (régebben GE) Jenbacher ezeket a gázturbina konténereket készen, előre elkészített formában szállítja a felhasználási helyre. A konténer részei a következők:

- levegő beömlő
- Gáz vezeték

- Generátor
- Gázturbina
- Vezérlés
- Bejárat
- Kondenzátor- hőcserélő
- Füstgáz elvezetés

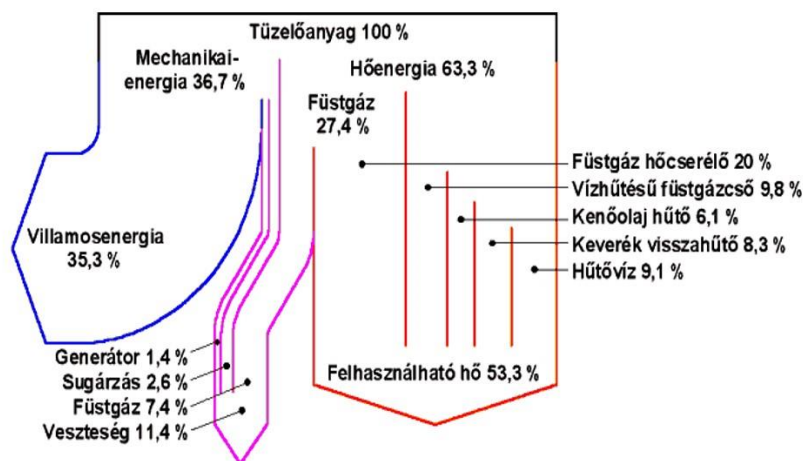
Energetikai szempontból elemezve a biogáz villamosenergiává alakítását, a gázturbina hatásfokát kell megvizsgálnunk. A hatásfokot a bevitt gázenergia és a megtermelt villamosenergia hányadosaként kell jellemeznünk ebben az esetben. $\eta = P_{\text{vill}} / P_{\text{gáz}} [\%]$. A korszerű turbinák hatásfoka napjainkban már eléri a 35%-os értéket. Ez azt jelenti, hogy egy egység biogázból, energiájának maximum 35% hasznosul villamosenergiaként, a többi energia hulladékhőként távozik a turbina gáz kibocsájtó csőrendszerében. A megépített rendszer energetikai hatásfokát úgy tudjuk növelni, ha a hulladékhő hasznosítását megoldjuk, ekkor a hulladékhőből kinyert energia hozzáadódik a rendszer által megtermelt energiához. A felhasználás lehet hőcserélős átalakításon keresztül fűtés, használati melegvíz stb.

A rendszer hatásfoka ekkor a következő képpen alakul:

$$\eta_{\text{rendszer}} = (Q_{\text{hő}} + Q_{\text{vill}}) / Q_{\text{gáz}}$$

Megfelelő hő hasznosítással a hulladékhő akár 50%-a is hasznosítható, így a rendszer hatásfoka, már 80% körülire is kialakítható.

Az energetikai folyamatábrát a 15. ábra mutatja be:



15. ábra Biogáz üzem energetikai folyamatábrája (forrás Dr. Tóth László Biogáz technológiák-órai jegyzet)

A fent leírtakból illetve a leírtak 4.4 ábrán található vizualizációjából, a folyamatábrából látszik, hogy a biogáz üzemeket úgy érdemes telepíteni, hogy lehetőség legyen a hulladékhő

feldolgozására. A tisztán villamosenergiát előállító erőmű gazdaságos üzemeltetése kérdéses lehet.

5 PUSZTASZABOLCSI AGRÁR ZRT. BIOGÁZ TERMELÉSI LEHETŐSÉGEINEK BEMUTATÁSA

5.1 Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. bemutatása

[21] A Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. Pusztaszabolcson, a Mezőföld szívében fekvő kizárólag magyar tulajdonban lévő tejgazdaság, A gazdálkodásunk a teljes termék-utat lefedi. Ennek megfelelően magunk állítjuk elő a takarmányokat, a saját holstein-fríz állományunkon keresztül termeljük meg a tejet, melynek körülbelül az 50%-át mi magunk dolgozzuk fel. A feldolgozott termékeket pedig saját márkás üzleteinkben illetve viszonteladóinkon keresztül értékesítjük.

Gazdaságunk jelenleg 1.200 Ha területen gazdálkodik, melyből nagyjából 500 ha az általunk bérelt terület, a többi terület megművelését pedig bérművelésben végezzük tagjainknak és a környékbeli földtulajdonosoknak. Ez a mennyiségű terület nem tette lehetővé, hogy szántóföldi árúnövényeket helyezzük előtérbe, azonban remek lehetőséget adott a megfelelő minőségű és mennyiségű takarmány előállítására.

Teljes egészében áttértünk a tápanyag utánpótlás tekintetében a tehenészet által biztosított szerves trágyázásra. A szerves trágyát még az istállóban kezeljük a Sobac® baktérium és gomba kultúrával, mely elősegíti a trágya gyorsabb hasznosulását és a talajszerkezetet átalakítva egy lazább talajt eredményez, végül pedig összességében egy tápanyagban gazdag, szárazságnak jobban ellenálló termőtalajt kapunk vegyszer mentesen. Ezt a technológiát forgatás mentes talajműveléssel folytatjuk.

A tehenészetben a szemléletváltásnak köszönhetően rengeteg újítást és fejlesztést hajtottunk végre, valamint növeltük az állatlétszámot. 2011-ben éves átlagban 552 tehénnel rendelkezünk, addig 2017. évben már 688-al. Fontosnak tartom kiemelni, hogy a tehénlétszám emelkedést saját állatállományból értük el, nem vásároltunk üszöket a létszámnöveléshez. Ehhez a közel 25%-os létszámnövekedéshez természetesen rengeteg fejlesztésre és munkára volt szükség.

5.2 Rendelkezésre álló biogáz alapanyagok

A Pusztaszabolcsi Agrár Zrt területén keletkező biogáz alapanyagok a következők:

5-1. táblázat Biogáz termelésre elérhető biomassa anyagok a Pusztaszabolcsi Agrár Zrt-nél

	Éves megtermelt mennyiség	Napi keletkezés	Biogáz termelésre felhasználható mennyiség
Tejsavó (liter)	70000	191,8	191,8
Silókukorica (t)	6000	16,4	1,6
Istálló trágya (t)	9000	24,7	24,7

Az 5-1. táblázat alapján, a Pusztaszabolcsi Agrár Zrt-től kapott adatokat vettem figyelembe, az adatok átadásakor hangsúlyozták, hogy sok lágyszárú, olajos növény alapú biomassa keletkezik, de ezeket biomassa kazánokban eltüzelik fűtési céllal. Amennyiben a biogáz számítások azt az eredményt hozzák, hogy a fűtési kapacitást ki lehet váltani a biogáz turbina hulladékhőjével, akkor a biogáz alapanyagok mennyisége és listája változhat! A „biogáz termelésre felhasználható mennyiség”- oszlopot azért iktattam be, mert a Pusztaszabolcsról kapott információk alapján éves szinten 6000 tonna silókukoricát takarítanak be és ezt az állatok etetésére fel is használják. Tapasztalataim szerint, ennek a felhasználásnak mindig van vesztesége, ezért 10% veszteséggel számoltam, amit biogáz termeléshez terveztem be

5.3 Energetikai számolások

Az energetikai számolásokhoz a 16. ábra-ból érkező értékekkel számoltam.

Sor-szám	Alapanyag szubsztrát	Szárazanyag-tartalom (%)	Biogázhozam (m ³ /t)	Metán (CH ₄) tartalom (%)
I.	<u>Állati trágyák</u>			
1.	Marhatrágya	25-30	40-50	60
2.	Sertéstrágya	20-25	50-60	60
3.	Baromfi trágya	30-35	70-90	60
4.	Marha hígtrágya	8-11	20-30	60
5.	Sertés hígtrágya	7-8	20-35	60-70
II.	<u>Szántóföldi növények</u>			
1.	Silókukorica	20-35	170-200	50-55
2.	Kalászos teljesnövény	30-35	170-220	55
3.	Cukorrépa	23-25	170-180	53-54
4.	Répalevél	16-18	70-80	54-55
5.	Fűszénáz	25-50	170-200	54-55
III.	<u>Élelmiszeripari melléktermék</u>			
1.	Melasz	80-90	290-340	70-75
2.	Szőlőtörköly	40-50	250-270	65-70
3.	Gyümölcstörköly	25-45	250-280	65-70
4.	Sörtörköly	20-25	100-130	59-60
5.	Gabona szeszmoslék	6-8	30-50	58-65
IV.	<u>Kommunális hulladék</u>			
1.	Konyhai élelmiszer-hulladék	9-37	50-480	45-61
2.	Szennyvíziszap	5-24	35-280	60-72
3.	Zöldkaszálék	10-12	150-200	55-65

16. ábra Biomassa alapanyagok biogáz hozama

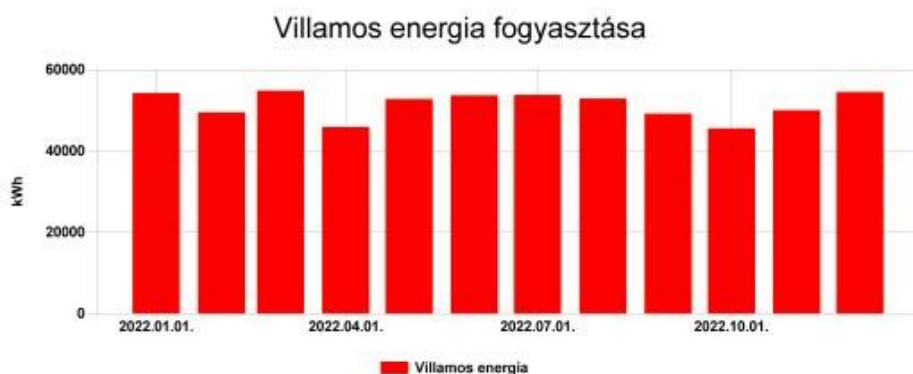
5-2. táblázat Biogáz erőmű teljesítmény kalkulációja

	Éves megtermelt mennyiség	Napi keletkezés	Szárazanyag tartalom (%)	Higítási igény 10%-os szubsztráthoz	Biogáz termelésre felhasználható szubsztrát mennyiség
Tejsavó (liter)	70 000	191,8			191,8
Silókukorica (t)	6 000	16,4	25,0	2,5	4,1
Istálló trágya (t)	9 000	24,7	25,0	2,5	61,6

	Napi biogáz termelődés [m3]	Napi Metán termelés [m3]	biometán fűtőértéke [MJ]	Biometánból naponta előállított energia [kWh]	Biogáz reaktorba feldolgozható teljesítmény (kW)	Reaktor által leadott villamos teljesítmény [kW]
Tejsavó (liter)						
Silókukorica (t)	1 900,7	1 007,4	36 147,2			
Istálló trágya (t)	6 934,9	4 161,0	149 307,7			
Összesen			185 454,9	51 556,5	2 148,2	752

A 5-2. táblázatban található kalkulációm alapján a biogáz üzem biogáz termelése 752 kW- os villamos teljesítmény telepítését teszi lehetővé. A rendszerből közel 1400 kW teljesítményű hulladékhő távozik. A 4.5 fejezetben kifejtettem, hogy teljes biogáz előállító rendszer csak akkor lehet magas hatásfokú, ha a hulladékhő hasznosítását megoldjuk a projekt során. A Pusztaszabolcsi Agrár Zrt-től kapott információim szerint a Zrt., 2 db 100kW-os és 2 db 35 kW-os biomassza kazánt üzemeltet szárítók fűtésére időjárás függvényében terhelve. Ezeket a kazánokat ki lehetne váltani a hulladékhő hasznosító rendszerrel, amivel a Zrt. biomassza beszerzési problémái is megoldódna.

2022-es éves energetikai szakreferens jelentés alapján a Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. havi energia fogyasztása a következők szerint alakult:



Pénzügyi ellenőrző tábla

Villamos energia	Fogyasztás (kWh)	Ekvivalens energia fogyasztás (kWh)	CO2 (t)	Költség (Ft)
2022.01.	54210	54210	19,787	1986758
2022.02.	49511,8	49511,8	18,072	2121475
2022.03.	54825,8	54825,8	20,011	2109761
2022.04.	45887,8	45887,8	16,749	2117934
2022.05.	52825,8	52825,8	19,281	2437974
2022.06.	53678,8	53678,8	19,593	2477324
2022.07.	53783	53783	19,631	2490096
2022.08.	52891,8	52891,8	19,306	2464257
2022.09.	49225,8	49225,8	17,967	2287093
2022.10.	45572,8	45572,8	16,634	2126276
2022.11.	50034,8	50034,8	18,263	2332327
2022.12.	54537,8	54537,8	19,906	3747931

17. ábra



Pénzügyi ellenőrző tábla

Földgáz	Fogyasztás (MJ)	Ekvivalens energia fogyasztás (kWh)	CO2 (t)	Költség (Ft)
2022.01.	150545	41818,056	7,724	1950997
2022.02.	135429	37619,167	6,948	1317935
2022.03.	115630	32119,445	5,932	1067028
2022.04.	87158	24210,556	4,472	1305738
2022.05.	95865	26629,167	4,918	1217077
2022.06.	68410	19002,778	3,51	836051
2022.07.	51933	14425,833	2,664	666874
2022.08.	63173	17548,056	3,241	1185607
2022.09.	89789	24941,389	4,607	2448377
2022.10.	77295	21470,834	3,966	1814728
2022.11.	95397	26499,167	4,894	1600794
2022.12.	15921	4422,5	0,817	83683

18. ábra

Az éves energetikai szakreferens jelentésből (17. ábra; 18. ábra) látható, hogy a Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. havonta átlagosan 50 000 kWh villamosenergiát és ezzel közel megegyező, 42 000 kWh földgáz energiát fogyasztott. Bár a Zrt.-től kapott információk alapján a telephelyen telepített biomassa kazánokat használják fűtécélokra, a földgáz energia fogyasztási karakterisztikája olyan görbét mutat, ami alapján arra lehet következtetni, hogy a földgázt is fűtési célokra használták. A szakreferensi adatokból a júliusi, körülbelül 50 000 MJ (~14 000 kWh) fogyasztás miatt, 14 000 kWh technológiai jellegű felhasználás részarányt mondanék a földgáz fogyasztásból, de elképzelhető, hogy ezt az energiát is hőenergia előállítására használták szárítóokban.

5.4 Biogáz technológia kiválasztása

A 4. pontban részletesen kifejtettem egyes biogáz technológiáknak előnyeit és hátrányait, ebben a pontban már nem térek ehhez vissza, nem ismételném magam. A kiválasztott technológia egy két reaktor tartályos, folytonos töltésű, mezofil, nedves technológia.

A döntésemet leginkább az befolyásolta, hogy a feldolgozandó alapanyag mennyisége tekintetében fontosnak látom a két reaktor működését, fontosnak tartom az egyenletes gáz

hozamot, amit a két reaktor tartály és a folytonos technológia tud biztosítani. A nedves, körülbelül 10% szárazanyag tartalmú, mezofil technológia mellett pedig annak megbízhatósága, kis energia igénye és érzékenysége miatt döntöttem.

A technológia épület igényei:

Előkészítő, keverő csarnok; Fermentor 1; Fermentor 2; Utótároló; gáz tározó; Gázturbina konténer; Transzformátor ház

5.5 Projekt elméleti időterve

Kivitelezőkkel tartott konzultációm alapján a projektet következő főbb pontokra lehet bontani: Előzetes megvalósítási terve elkészítése; Tervezés; engedélyeztetés; kivitelezés; üzembehelyezés- műszaki átadás; felfuttatás; üzemszerű működés.

Az előzetes megvalósítási tervben el kell készíteni a pontos biogáz alapanyag vagyion felmérését, a megfelelő és pontos energetikai számításokat és egy technológiai vázlatot, valamint a projekt pénzügyi tervét.

A tervezés fázisban, kijelölik a megvalósítás helyét és elkészítik az építészeti, gépészeti, villamos terveket, megegyeznek technológiai beszállítókkal és kivitelezőkkel.

Az engedélyezés során hatósági engedélyek beszerzése szükséges [20] ezek a következők:

- Építés engedély
- Környezetvédelmi engedély
- Villamos csatlakozási engedély
- Kiserőművi összevont engedély
- Vezetékjogi engedély
- Vízjogi létesítési engedély
- Hulladék kihelyezési engedély
- Erjedési maradék kihelyezési engedély

A kivitelezés időszaka a leginkább kiszámítható hosszúságú idő a projektben, hiszen ebben a szakaszban technológiákkal kell dolgozni, ezeknek kötési és száradási, esetleg szállítási ideje van.

Üzembe helyezés - műszaki átadás során a kivitelezők átadják a létesítményt az üzemeltetőnek, illetve a hatóságok képviselői által az engedélyekben szereplő adatok ellenőrzése történik meg.

Felfutás, a beoltott szubsztrát gázképződésének elindulása, a telep folyamatos gáz szolgáltatásának időszakáig. Ez az időtartam függ a választott technológiától, a legelterjedtebb alkalmazott mezofil technológiánál 30 nap.

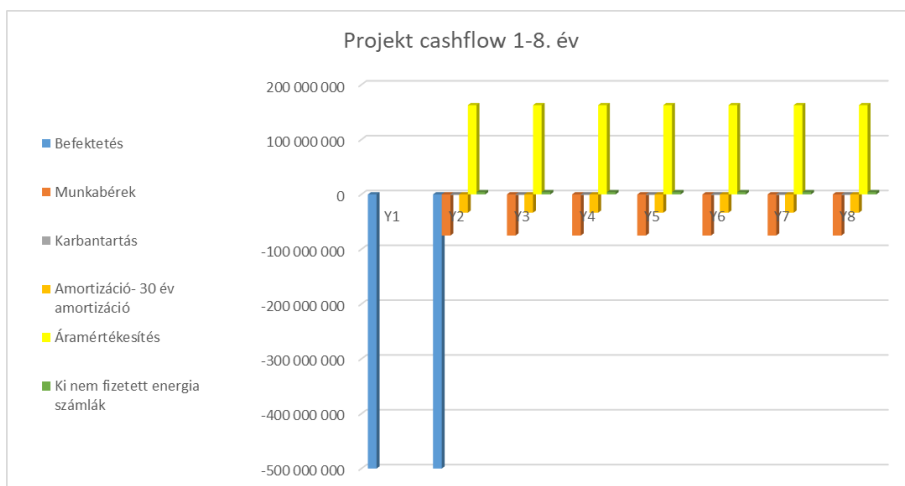
Biogáz projekt időterve															
Projekt főbb lépései	Szükséges idő	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14
Tervezés	1 hónap														
Engedélyeztetés	1 hónap														
Kivitelezés	8 hónap														
Üzembehelyezés, műszaki átadás	2 hónap														
Felfutás	1 hónap														
Üzemszerű működés															

19. ábra Projekt elméleti időterve

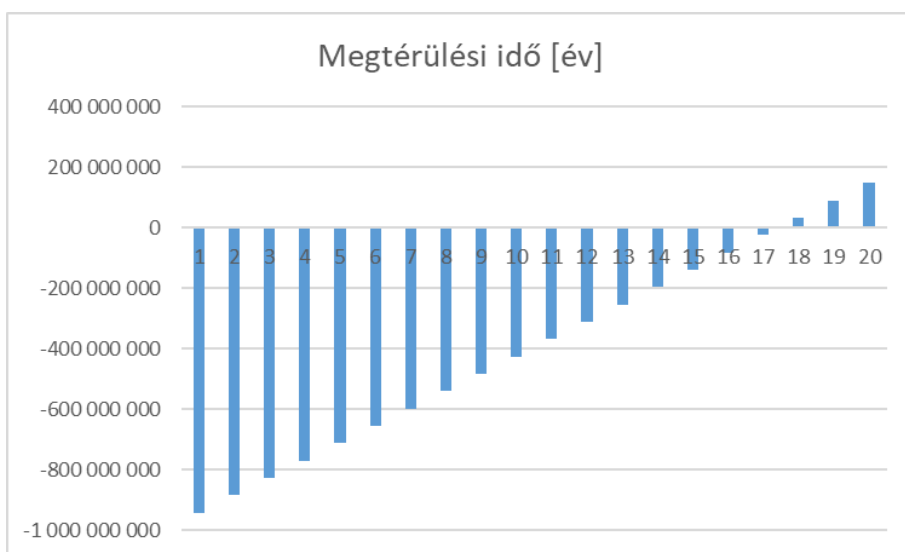
Biogáz erőmű projektek kivitelezőivel tartott konzultációim alapján elkészített időtervet mutat az 19. ábra oszlopai egy-egy hónapot jelentenek. Az időterv alapján a projekttel kapcsolatos pozitív döntéstől számítottan, optimális esetben 13. hónapban működhet a biogáz erőmű.

5.6 Projekt cashflow és megtérülési idő

A biogáz üzem finanszírozása a projekt elején magas befektetéssel jár, ami a komoly pénzeszköz igényt követel meg a befektetőtől. A kivitelezőkkel tartott konzultációm során az 1 000 000 HUF/ kW beruházási összeget kaptam lehetséges költségnek, ennél a 750 kW-os telepnél 1 000 000 000 HUF költséget jelenítettem meg a cashflow 20. ábra. A 20. ábra negatív tartományában megjelenített elemek, a beruházási összeg, az éves munkabére költségek, az éves karbantartási költségek és a beruházás amortizációja 30 évre egyenletesen lebontva. A pozitív oldalon a 17. ábra; 18. ábra alapján vett éves energia számlák és a KAT, nem nap- és nem szélerőműben termelt villamosenergia 2022. január 01.-től érvényes átlag árával számolt éves bevétel van feltüntetve. Nem számoltan a biomassa kazánokban eltüzelt tüzelőanyagok megtakarításával, mert azokról pontos adatokat nem kaptam. A vállalkozás éves nyeresége ~57 000 000 HUF, ezzel kalkulált megtérülési idő kb. 18 év (21. ábra).



20. ábra Cashflow



21. ábra Megtérülési idő

6 ÖSSZEFOGLALÓ

A dolgozatom adatainak összegyűjtésekor tapasztaltam, hogy a Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. az elmúlt évek során komoly erőfeszítéseket tett biomassza vagyona hasznosítására. A vállalkozás területén két, összesen 270 kW-os biomassza kazán már működik, amit fűtés célú hőenergia előállításra használnak, a vállalkozás jelenleg tervezi ennek a kazán kapacitásnak a bővítését egy bála égető kazánnal. Adatgyűjtésem során, a magas szintű biomassza felhasználás miatt sok esetben azt a választ kaptam, hogy ilyen, vagy olyan biogáz alapanyaggal (biomasszával) nem is kalkuláljak, mert azt már felhasználják. A számításaimat így csak a velem megosztott dokumentumokban elérhető istállótrágyára és silókukoricára alapoztam. A leegyszerűsített számításaim meglátásom szerint a minimum elérhető szintet tartalmazzák, valós projekt igény esetén végzett feltárás véleményem szerint több alapanyagot és magasabb biogáz előállítási potenciált talál majd.

A számításaim alapján a 750 kW-os biogáz erőmű, havi közel 540 MWh villamosenergiát képes előállítani, napi 24 órás és havi 30 napos termelést feltételezve. Ezzel szemben a Pusztaszabolcsi Agrár Zrt energia fogyasztása nem több mint 100 kWh havonta. Ha a négy biomassza kazán hulladékhőből történő kiváltását is számításba veszem az energia mérleg készítésekor, elmondható, hogy a projekt bőséges energia tartalékkal rendelkezik, az hálózati átvető felé. Az erőmű akár energiaszállítás nélkül, Pusztaszabolcs egy részének ellátására is képes lenne. Az egyszerűsített cashflow és megtérülési számítások elvégzésekor, a már említett 540 MWh villamosenergiát lecsökkentettem havi 10% karbantartási vesztséggel és 90%-os elérhetőséggel, ezzel is szerettem volna biztonsági faktort tenni a gazdaságossági számításaimba.

Mivel dolgozatomban megemlítettem az energiaközösség fogalmát, és a Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. Pusztaszabolcs szélén lakóházak övezetéhez közel helyezkedik el, érdemes lenne a falú egy részét a biogáz projektbe bevonva egy energiaközösség tagjaként megvalósítani a biogáz üzemét. Az energia közösség létrehozásával a rendszerirányító szabályozná a smart griden keresztül a gázturbinák teljesítményét, ezzel a biogáz tartályokat használnánk a rendszer akkumulátoraként. A megvalósított rendszerrel csökkenhetne a fogyasztói elosztó hálózati terhelést, biztosítani tudnánk a környék fogyasztási csúcs és völgy, esetleg mélyvölgy periódusainak egyenletesebb hatását a fogyasztói hálózat és az elosztó hálózat felé.

A klimapolitikaiintezet.hu honlapon, 2022.09.07.-én megjelent „A biogáz-termelés helyzete és jövője Magyarországon – szakpolitikai elemzés”[20] alapján a biogáz telepek létesítésének legfőbb akadályai a következők:

Kérdéses és változó jövedelmezőség: az alapanyagok és végtermék árának változékonysága.

Nem körültekintő tervezés: az üzemek jelentős részét nem úgy tervezték, hogy a villamos áram mellett a termelt hőenergiát is teljes egészében hasznosítani lehessen, azaz a biogáz erőmű 'kapcsoltan' működhessen.

A megfelelő minőségű és mennyiségű olcsó alapanyag hiánya: az alapanyag rendelkezésre állás szempontjából nem önellátó üzemek esetén sok esetben a tartós alapanyaghiány vezetett a működtetés felfüggesztéséhez.

Körülményes és drága engedélyeztetési eljárás: minimum 24-25 engedélyt kell beszerezni a biogáz üzem építőnek a létesítmény létrehozásához, az üzemeltetéshez és a zöldáram hálózatra táplálásához szerződést kell kötni a Magyar Energia és Közüzemi Hivatallal. A szerződésben előre megadott betáplálási tervet kell rögzíteni, az ettől való – bármilyen irányú – eltérést a Hivatal bünteti.

A biometán termelés támogatásának a hiánya: a biometán termelés engedélyezett, de nem támogatott, a földgáz hálózatba való betáplálás esetén ugyanazok a szabályok vonatkoznak a biometánra, mint a földgázra, a hálózati kapcsolódás minden költsége a biometán betáplálóra hárul, nincs nyilvános biometán töltőállomás az országban.

Dolgozatomban megoldási javaslatot adtam a fent említett problémák nagyobb részére, illetve én is igyekeztem rámutatni a biogáz projektek adminisztratív, bürokratikus problémáira az engedélyezési eljárásban.

7 HIVATKOZÁSOK

Antal , I. (2013). *A magyar villamosenergia-ipar kialakulása 1878-1895*. Budapest: Magyar Tudománytechnikai Intézet MMKM Elektrotechnikai múzeuma.

Nemes , C., & Pomázi, I. (2023). Akkumulátorok szerepe az energia átmenetben. *Magyar Energetika*, 1.

Tomozi, G., & Dr Hodossy, L. (2004). *Electrotechnika jegyzet*. Győr: Széchenyi István Egyetem.

1. <https://www.zoldpalya.hu/otthon/energiakozosseg-rising-eco-319721.html>
2. <https://nkfih.gov.hu/hivatalrol/online-sajto/tudja-mi-az>
3. <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/energy-prices-2021/>
4. https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyarorsz%C3%A1g_villamosenergia-%C3%A1tviteli_h%C3%A1ll%C3%B3zata
5. <https://klimapolitikaiintezet.hu/cikk/milyen-hatassal-jar-megnovekedett-napenergia-termeles>
6. <https://ember-climate.org/insights/research/necp7/>
7. <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>
8. <https://www.mvm.hu/hu-HU/Tevekenysegunk/AtvitelRendszerIranyitas>
9. <https://www.mavir.hu/web/mavir/rendszeriranyitas>
10. https://oktatok.reak.bme.hu/tantargyak/wp-content/uploads/sites/44/2019/11/FF_09_VillErendsz-Kltsg_20191113.pdf
11. https://www.eszk.org/attachments/1293/ea/Tihanyi_Zoltan_ESZK_20160505.pdf
12. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hu/sheet/45/a-belso-energiapiac>
13. <https://villanyautosok.hu/2021/03/14/latvanyos-grafikonokon-magyarorszag-aramtermelese/>
14. <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20221027/megjelent-a-kormany-rendkivuli-dontese-a-napelemekrol-575247>
15. [AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS \(EU\) 2019/ 944 IRÁNYELVE - \(2019.június 5.\) - a villamos energia belső piacára vonatkozó közös szabályokról és a 2012/ 27/ EU irányelv módosításáról \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0944)
16. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2010/07/gepesites/a-biomassza-hasznositasa-magyarorszagon>
17. <https://mvmoptimum.hu/blog/napelem/lokalis-energiatarolas-napelemrendszerekhez/>

18. <https://www.eon.hu/hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/peldaerteku-energiakozosseget-hoz-letre-szolnokon-az-eon.html>
19. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2011/01/gepesites/a-biogaz-uzemek-engedelyezesi-folyamata>
20. <https://klimapolitikaiintezet.hu/elemzes/biogaz-termeles-magyarorszag-szakpolitikai-elemzes>
21. <pusztaszabolcsiagrar.hu/content/pusztaszabolcsitej>

FÜGGELÉKEK

SZAKDOLGOZAT

TARTALMI KIVONATA

Dolgozat címe: Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. biogáz termelési és hasznosítási lehetőségei

A dolgozatot készítő hallgató neve: Varsányi Ferenc

Energiagazdálkodási Szakmérnök levelező tagozat

Műszaki és Informatikai képzések tanszék/ Műszaki Intézet

Belső témavezető: Dr. Schrempf Norbert Attila, Egyetemi tanár, MATE- Műszaki intézet

Külső témavezető: Frits Péter, Agrármérnök, Pusztaszabolcsi Agrár Zrt.

A dolgozatomban bemutattam Magyarország villamosenergia hálózatának hierarchiáját és rámutattam a nemzetközi hálózathoz való csatlakozásnak a fontosságára. A magyar villamosenergia export- import szaldóján keresztül kifejtettem a villamosenergia hálózat import függőségét. Az importfüggőség elemzése után bemutattam a lehetséges import csökkentési eljárásokat, megemlítettem, a megújuló energiaforrások fontosságát termelt villamosenergia mennyiségében. Rámutattam a magyar és nemzetközi hálózat gyenge pontjára napelemes erőművek túltermelése esetén, ami a magyar KÖF hálózaton is problémát okoz. Kitértem a magyar KÖF elosztó hálózatot érintő kihívásokat, amit a fogyasztói és termelési szokások változásából keletkezett. A KIF hálózaton megjelent HMKE- a Háztartási Méretű Kiserőművek hatását is elemeztem, valamint az erre a hatásra 2022 szeptemberében adott Kormányzati válasza is kitértem.

A KIF hálózatot, a fogyasztói elosztó hálózaton megjelent villamosenergia termelők hatásának csökkentési módszereként bemutattam egy új fogalmat az energetikában. A fogyasztóicsoport kifejezését és értelmezését.

A megújuló energiaforrások termelése közül a biogáz technológiát mutattam be, annak folyamatait és energia mérlegét.

A biogáz technológiák bemutatása után kiválasztottam a szerintem legkedvezőbb technológiát a Pusztaszabolcsi Agrár Zrt biogáz termeléséhez s a rendelkezésre álló adatokból elvégeztem a megtermelhető villamosenergia mennyiségének a kiszámítását. Kitértem a biogáz erőmű engedélyeztetése körüli bürokráciára, illetve bemutattam egy lehetséges építkezési projekt tervet. A projekt terv után pedig bemutatta a projekt cash flow-ját és a megtérülési idejét.

RESUME

Created by: Ferenc Varsányi

MATE University Gödöllő, Energy management specialist faculty

Title of the work: Analysing of the biogas production possibilities at the Pusztaszabolcs Agrár Zrt. agricultural company

Internal consultant: Norbert Attila Schrempf, Phd., MATE

External consultant: Péter Frits, Agricultural engineer

In my work I analysed the Hungarian electrical distributions system, described its hierarchy and the role of the controlling body. I analysed the Hungarian electrical energy export- import balance and showed the import dependency of the Hungarian electrical network, also suggested the import numbers reduction with renewable sources. Described the drawback of the recent large Photo Voltaic powerplant installations on both the middle and low voltage networks. Explained the newly introduced phrase, the energy-community.

From the available renewable power generation technologies, I deeply explained the biogas production technology and selected the most suitable one for the Pusztaszabolcs Agrár Zrt. agricultural company. After the selection I made the necessary calculations to determine the biogas production potential. After determining the necessary biogas plant, I created the project plan and its cash flow and return of investment.

MŰSZAKI INTÉZET
Energiagazdálkodási Szakmérnök

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Varsányi Ferenc

részére

A szakdolgozat címe:

A Pusztaszabolcsi Agrár Zrt. biogáz termelési és hasznosítási lehetőségei

Feladatkiírás:

A villamos energiatermelés helyzete Magyarországon. A termelés és a felhasználás időbelisége által okozott hálózatterhelés. Az energiaközösségek előnyei-hátrányai. A korszerű biogáz technológiák bemutatása. A Pusztaszabolcsi Agrár Zrt.-nél keletkező biomassa energetikai hasznosításának lehetősége. A Pusztaszabolcsi Agrár Zrt.-hez adaptálható biogáz termelő technológia kiválasztása. A keletkezett biogáz hasznosítási lehetősége

Közreműködő tanszék: Műszaki Menedzsment

Külső konzulens: *Frits Péter Agrármérnök, Pusztaszabolcsi Agrár Zrt.*

Belső konzulens: *Dr. Schrempf Norbert Attila egyetemi tanár, MATE, Műszaki Intézet*

Beadási határidő: 2023. május hó 15. nap

Gödöllő, 2023. május hó 04. nap

Jóváhagyom

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem

(hallgató)

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

Gödöllő, 2023. május hó 04. nap

(külső konzulens)