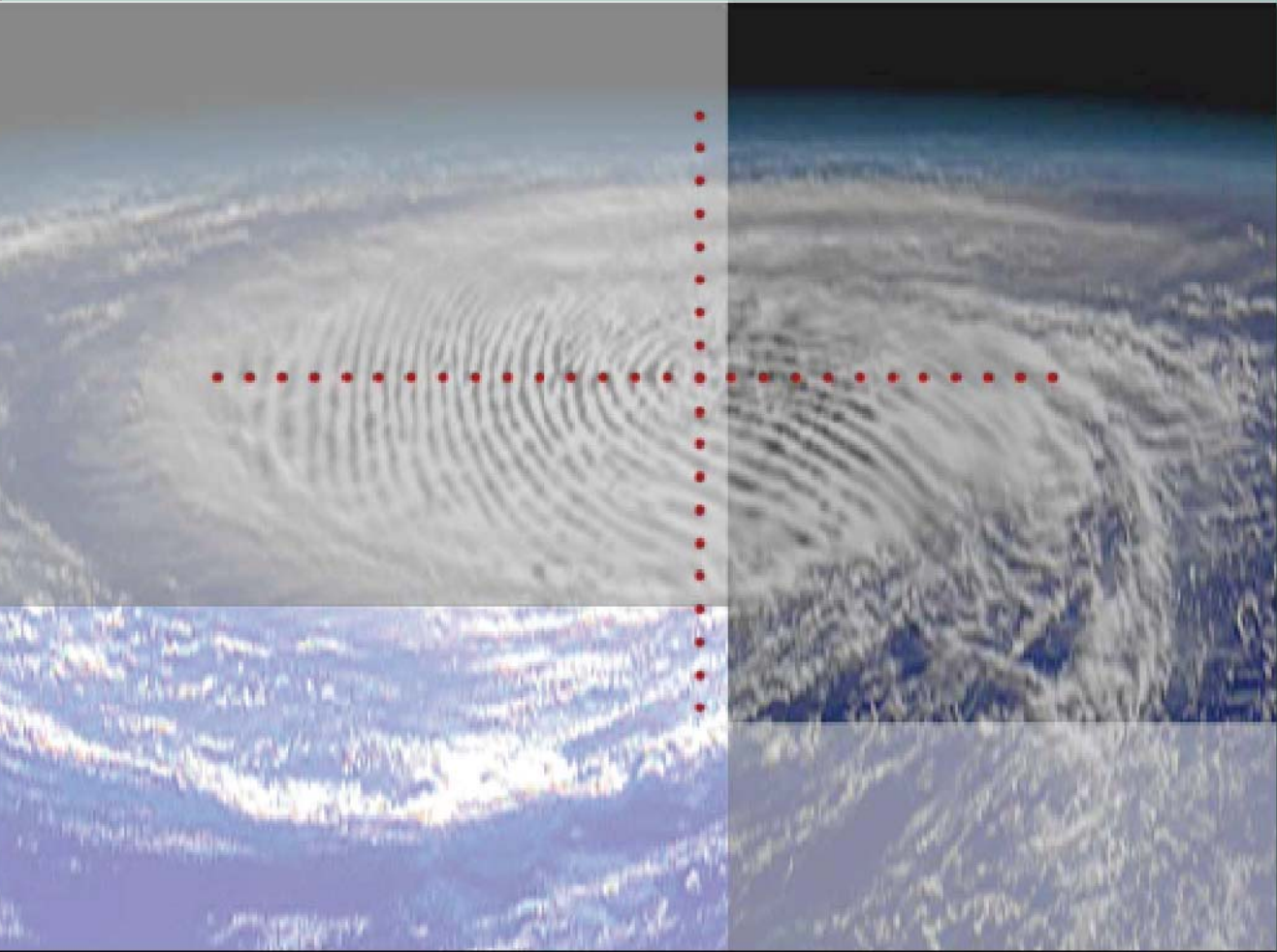




Környezetvédelmi  
és Vízügyi  
Minisztérium

# KLÍMAPOLITIKA



A biomassza energetikai alkalmazásának  
jövője, aktuális problémái

## Tartalomjegyzék

Ábrák jegyzéke .....	4
Táblázatok jegyzéke .....	4
Bevezetés .....	6
<b>1 A biomassa energetikai célú hasznosításának jellemzői Magyarországon 2007-ben .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 A biomassa szerepe a megújuló energiafelhasználásban .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Fontosabb jellemzők .....</b>	<b>13</b>
1.2.1 A felhasználás technológiája .....	13
1.2.2 Felhasznált alapanyagok, mennyiségek .....	13
1.2.3 Hatásfok .....	16
<b>1.3 Piaci hatások .....</b>	<b>16</b>
1.3.1 Tűzifapiac .....	16
1.3.2 Kis fűtő- és erőművek .....	18
1.3.3 A villamos energia átvételi rendszere .....	20
<b>1.4 Egyéb biomassa .....</b>	<b>22</b>
1.4.1 Folyékony bioüzemanyagok .....	22
1.4.2 Biogáz .....	23
<b>2 Az energetikai biomassa-termelés és hasznosítás céljai és általános keretfeltételei .....</b>	<b>23</b>
<b>3 A biomassa közvetlen égetéssel történő hasznosításának fenntarthatósági feltételei .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 Alapanyag-termelés .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Feldolgozás .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Közvetlen égetés .....</b>	<b>29</b>
<b>4 A biomassa közvetlen égetéssel történő hasznosítása .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Alapanyag-termelés - erdőgazdálkodás .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Alapanyagtermelés – szántóföldi fás szárú energiaültetvény .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3 Alapanyagtermelés – szántóföldi lágyszárú energiaültetvény .....</b>	<b>38</b>
<b>4.4 Alapanyagtermelés – melléktermékek energetikai hasznosítása .....</b>	<b>40</b>
<b>4.5 Feldolgozás .....</b>	<b>41</b>
4.5.1 Bálázás .....	41
4.5.2 Aprítás .....	42
4.5.3 Brikettálás .....	42
4.5.4 Pelletálás .....	43
<b>4.6 Szállítás .....</b>	<b>43</b>
<b>4.7 Közvetlen égetés .....</b>	<b>43</b>
<b>5 A biomassa folyékony üzemanyagként való felhasználása .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1 Az alapanyagtermesztés feltételei .....</b>	<b>48</b>
5.1.1 Hazai növényi alapanyagok .....	48
5.1.2 Alapanyag-import .....	50
<b>5.2 Fenntarthatósági szempontok .....</b>	<b>51</b>

	5.2.1 A feldolgozás feltételei .....	51
<b>5.3</b>	<b>Fenntarthatósági feltételek</b> .....	<b>56</b>
	5.3.1 A szállítás feltételei.....	57
	5.3.2 A felhasználás feltételei.....	58
<b>5.4</b>	<b>Bioüzemanyagok teljes energiamérlege és az életciklus környezeti hatásai..</b> .....	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>A biogáz termelése és felhasználása</b> .....	<b>66</b>
<b>6.1</b>	<b>A biogáztermelés alapjai</b> .....	<b>67</b>
<b>6.2</b>	<b>A biogáztermelés alapanyagai</b> .....	<b>69</b>
	6.2.1 Biogáztermelésre alkalmas anyagok.....	69
<b>6.3</b>	<b>A biogáz felhasználása</b> .....	<b>70</b>
<b>6.4</b>	<b>A biogáztermelés technológiája</b> .....	<b>71</b>
	6.4.1 Fermentációs technológiák .....	73
	6.4.2 Technológiai összehasonlítás.....	75
	6.4.3 Összegzés.....	78
	6.4.4 Az egyes fermentortípusok általános jellemzői .....	78
<b>6.5</b>	<b>Életciklus elemzés</b> .....	<b>80</b>
	6.5.1 A vizsgált rendszerek tulajdonságai .....	80
	6.5.2 Ökológiai elemzés .....	82
	6.5.3 Következtetések.....	83
<b>6.6</b>	<b>Fenntartható biogáztermelési stratégiák energianövényekből, a területi adottságokhoz alkalmazkodó vetésváltással, fajtaválasztással és optimális betakarítással</b> .....	<b>84</b>
	6.6.1 A fenntartható biogáztermelés elve és potenciálja .....	84
	6.6.2 Gabona alapú biogáztermelés .....	85
	6.6.3 Biogáztermelés kukoricából .....	86
	6.6.4 Lágyszárú energianövények célirányos termesztése biogáz üzemek számára .....	87
	6.6.5 Biogáz hozamok .....	90
	6.6.6 Növényi alapanyagok tárolása.....	91
<b>6.7</b>	<b>Biogáz és levegővédelem</b> .....	<b>92</b>
<b>6.8</b>	<b>A biogáz földgáz minőségre történő tisztítása és további hasznosítása</b> .....	<b>93</b>
	6.8.1 Hazai lehetőségek .....	95
<b>6.9</b>	<b>A biogáz, mint üzemanyag</b> .....	<b>96</b>
	6.9.1 Bioetanolt vagy biometánt? .....	98
<b>6.10</b>	<b>Összefoglalás</b> .....	<b>99</b>
<b>7</b>	<b>Potenciálok</b> .....	<b>100</b>
<b>8</b>	<b>Javaslatok</b> .....	<b>102</b>
<b>9</b>	<b>Irodalomjegyzék</b> .....	<b>106</b>
<b>10</b>	<b>Melléklet</b> .....	<b>111</b>
	<b>Az energia autonómia jelentősége - A Mezőcsáti Kistérség energia autonómiájának lehetőségei</b>	

## Ábrák jegyzéke

1. ábra A megújuló energia aránya a teljes villamosenergia-felhasználáson belül, 2003-2006 .....	9
2. ábra A megújuló energi aránya a teljes villamosenergia-felhasználásból 2010-ben, az EU és a tagállamok vállalásai alapján .....	10
3. ábra Az egyes megújuló energiaforrások aránya a megújuló energia termelésben Magyarország, 2005 .....	11
4. ábra Potenciálbecslések a megújulókra Magyarországon, illetve a teljes magyarországi primerenergia-ellátás 2005-ben. ....	12
5. ábra Tűzifa felhasználás Magyarországon 2002-2005. ....	17
6. ábra A lakossági gáz- és tűzifa árak, valamint a biomasszából termelt villamosenergiamennyisége, 2003-2007 .....	18
7. ábra A kötelező átvétel alá eső villamos energia mennyiségének (GWh) és a termelők....	21
8. ábra A biomassza energetikai hasznosításának lehetséges útjai .....	31
9. ábra Szárázórléses etanolgyártás .....	52
10. ábra Hidegsajtoltósos biodízelgyártás .....	55
11. ábra Tervezett biofinomító anyag- és energiaáramlás.....	57
12. ábra Output/Input energiamérleg különböző alapanyagok esetén .....	62
13. ábra Dízel és biodízel környezeti hatásai teljes életciklusban.....	64
14. ábra Különböző alapú bio- és alternatív üzemanyagok életciklusának ÜHG mérlege. ....	65
15. ábra A biogáztermelés szakaszai .....	68
16. ábra 1 ha alapanyagból nyert üzemanyagokkal megtehető km-ek száma.....	97

## Táblázatok jegyzéke

1. táblázat Jelentősebb megvalósult energetikai beruházások. ....	14
2. táblázat A nagyteljesítményű biomasszas erőművek kvótái és az általuk értékesített zöld áram alakulása .....	15
3. táblázat A fenntartható termelés és felhasználás feltételei .....	25
4. táblázat A szántóföldi energianövény termesztés környezeti veszélyei és lehetőségei.. ....	28
5. táblázat Vizsgált hatáskategóriák ill. CO <sub>2</sub> és SO <sub>2</sub> -egyenértékek. ....	32
6. táblázat Jellemző erdészeti választék és arányai .....	33
7. táblázat Fafajok jellemző hozamai, energiatartalma és sűrűsége, vágásforduló.....	34
8. táblázat Az erdőgazdálkodás kibocsátásai. ....	35
9. táblázat Fás szárú energianövények várható hozamai és jellemzői hazánkban. ....	36

10. táblázat Nyár és fűz rövid vágásfordulójú (RVF) energiaültetvények termesztéstechnológiája .....	37
11. táblázat Fűz energiaültetvény kibocsátásai .....	37
12. táblázat Nyár energiaültetvény kibocsátásai összehasonlításban .....	37
13. táblázat Lágyszárú energianövények hazánkban várható hozamai .....	38
14. táblázat Gabonák hozamai .....	38
15. táblázat Várható hozamok összehasonlításban .....	39
16. táblázat A kender termesztéstechnológiája .....	39
17. táblázat Lágyszárú energianövények kibocsátásai összehasonlításban .....	40
18. táblázat Energetikailag hasznosítható melléktermékek .....	40
19. táblázat A hőhasznosítás energiamérlege és kibocsátásai .....	44
20. táblázat Lágyszárúak és fás szárúak beltartalmi értékei .....	45
21. táblázat Hazai bioetanol alapanyagok mezőgazdasági termesztésének igényei .....	49
22. táblázat Hazai biodízel alapanyagok mezőgazdasági termesztésének igényei .....	49
23. táblázat Magyarország mezőgazdasági termelése .....	50
24. táblázat 1 liter bioetanol előállításához szükséges inputok .....	53
25. táblázat Gabonanövények kihozatala .....	53
26. táblázat Bioetanol előállításának energiaszükséglete és fajlagos kibocsátásai .....	54
27. táblázat Gabonanövények kihozatala .....	55
28. táblázat Biodízel előállításának energiaszükséglete és fajlagos kibocsátásai .....	56
29. táblázat Bioetanol főbb jellemzői a benzinhoz viszonyítva .....	58
30. táblázat Biodízel és dízel motorhajtóanyagok főbb jellemzői .....	61
31. táblázat RME és bioetanol használatának környezeti hatásai .....	63
32. táblázat Egy liter benzin, illetve ennek megfelelő mennyiségű bioetanol gázemissziói (g) ..	64
33. táblázat Biogáztermelő reaktorok kivitelezési változatai .....	74
34. táblázat Biogázüzemi fermentortípusok összehasonlítása .....	78
35. táblázat A vizsgált üzemek tulajdonságai .....	81
36. táblázat Villamos és hőenergia hasznosítás a vizsgált üzemek esetében .....	82
37. táblázat Fosszilis energiafelhasználás, ill. károsanyag kibocsátás biogáz termelés során ..	82
38. táblázat Az egyes kultúrnövények szárazanyag hozama ha-ra vetítve .....	89
39. táblázat Gabonafélékből és szilázsokból nyerhető biogáz mennyisége .....	90
40. táblázat Az 1 ha-on megtermelhető üzemanyagok mennyisége és az azzal megtehető km- ek száma különböző bioüzemanyagok esetében .....	97
41. táblázat A környezetbarát biomassa potenciál és a jelenlegi biomassaigény összehasonlítása .....	101

## **Bevezetés**

Az energiaszektor átalakítása kiemelkedő jelentőséggel bír a növekvő szükségletek kielégítése és a fellépő károk elkerülése terén egyaránt. Emellett stratégiai szerepet játszik a biztonságpolitikában és a gazdaságpolitikában. A fentiek fontosságára utalnak az EU intézményei által megfogalmazott stratégiák, politikák, állásfoglalások és tanulmányok. A teljesség igénye nélkül néhány: An Energy Policy for Europe – Communication from the Commission, Comissions Green Paper - A European Strategy for sustainable, competitive and secure energy – COM(2006) 105 final, A bioüzemanyagokra vonatkozó uniós stratégia - COM(2006) 34 végleges, Energy and Environment in the European Union – EEA Report 8/2006 stb. Ezen irodalmak alapján az EU-s törekvések három célkitűzés köré csoportosíthatóak: az energiaellátás biztonsága, környezeti fenntarthatóság és versenyképesség. Az egyes célok elérését azonban jelentős mértékben segítheti a másik cél, amennyiben a megújítható energiaforrások hasznosításáról van szó. Tehát ezen energiaforrások különösen is hozzájárulhatnak a három célkitűzés együttes eléréséhez.

Az energetikai célú biomassza hasznosítás számos előnnyel jár a fosszilis tüzelőanyagokkal és egyes más megújuló energiaforrásokkal szemben: sok esetben alacsonyabb költség, pozitív externáliák, rövidtávú időjárás-változástól való nagyobb függetlenség, kedvező vidékfejlesztési hatások (A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv, COM(2005) 628 végleges). Ezen előnyök azonban csak megfelelő szabályozás esetében érvényesülhetnek.

A biomassza energetikai hasznosítására jellemző ugyanis, hogy az energiatermelés e módjai mind gazdaság-társadalmi, mind ökológiai-energiahatékonysági hatásait tekintve különösen függenek a mindenkori szabályozástól. Ezért kedvezőtlen szabályozási környezet esetében a megújuló energiaforrások hasznosítása nemhogy nem járul hozzá a környezetvédelmi célkitűzések teljesítéséhez, hanem gazdaság-társadalmi és ökológiai károkat okoz az energiahatékonyság figyelmen kívül hagyása mellett, illetve következtében.

### **A kutatás célja**

A kutatás elsődleges célja a jelenlegi hazai energetikai célú biomassza hasznosítás helyzetértékelése, az ebben rejlő lehetőségek és veszélyek meghatározása. További feladat a környezeti fenntarthatóság szempontjainak megfelelő, biomassza energetikai célú hasznosításának bemutatása, mely alapot ad a rövid-, közép-, és hosszú távú fejlesztési irányok meghatározásához.

Kutatásunkban az energetikai célú biomassza hasznosítás alatt értjük a biomassza közvetlen égetéses hasznosítását, a bioüzemanyagok előállítását, és a biogáztermelést. A kutatás keretében megvizsgáljuk és leírjuk a jelenlegi állapotot, majd megvizsgáljuk a különböző hasznosítási módok fenntarthatósági feltételeit. Átfogóan kívánjuk vizsgálni a fenti hasznosítási módok egész életciklusára vonatkozó jellemző környezetterhelési, energiahatékonysági, ökológiai hatásait. Ezen túlmenően javaslatokat fogalmazunk meg azon műszaki és jogszabályi feltételekkel kapcsolatban, melyek mellett hosszabb távon a hazai adottságok kihasználása nagy hatékonysággal és fenntartható módon biztosítható.

Az eredmények alapján javaslatot teszünk a legkedvezőbbnek ítélt biomassza hasznosítási irány támogatásának kialakítására.

### **Módszertan**

A tanulmány elkészítésére szűk három hónap állt rendelkezésre. Az idő tehát behatárolta lehetőségeinket, melynek következtében kénytelenek voltunk hazai és nemzetközi irodalmi adatokra, elemzésekre támaszkodni. A gödöllői Szent István Egyetem és a budapesti Műszaki Egyetem szakértőivel együttműködve lehetőségünk volt korábbi, e tudományos műhelyek által jegyzett kutatási tapasztalatokat is felhasználni. Számos területen, így pl. az energetikai célú szántóföldi növénytermesztésben, vagy a bioüzemanyagok és a biogáz felhasználásában hazai empirikus eredmények hiányában, nemzetközi szakirodalomra és adatokra kellett támaszkodnunk.

A jelenlegi hazai energetikai célú biomassza hasznosítás helyzetének rövid bemutatását követően a hangsúlyt a különböző biomassza hasznosítási módok fenntarthatósági feltételeinek meghatározására, bemutatására helyeztük. Ezen belül vizsgáltuk a jelenleg is alkalmazott közvetlen égetés, az első generációs bioüzemanyagok (bioetanol, biodízel), összevetésben a második generációs bioüzemanyagokkal, valamint a biogáz (kitérve az üzemanyag célú hasznosításra is) technológiáira. A fenntarthatósági feltételek meghatározásához az életciklus-szemléletű (LCA) megközelítést alkalmaztuk. Ennek keretében vizsgáltuk az egyes technológiák alkalmazásánál fellépő üvegházhatást, valamint az anyag- és energiamérlegeket.

A döntéshozók felé tett javaslatainkat a fenntarthatósági szempontok alapján fogalmaztuk meg, abban a reményben, hogy azok a várhatóan a közeljövőben elfogadásra kerülő klíma-, energia- és megújuló energia stratégiákba is beépülnek.

A tanulmány mellékleteként egy kistérségi energiaautonómia-vizsgálatot csatoltunk, mely a mezőcsáti kistérség példáján mutat be egy a vidékfejlesztésben eredményesen alkalmazható modellt.

Munkánk fontos része volt a 2007. május 13-án a témában megrendezett kerekasztal-beszélgetés, ahol az addigi részeredményeket mutattuk be abból a célból, hogy az ott elhangzott javaslatokat beépítve egy szélesebb konszenzuson alapuló, a döntéshozatalt segítő háttér tanulmány készülhessen.



# 1 A biomassza energetikai célú hasznosításának jellemzői

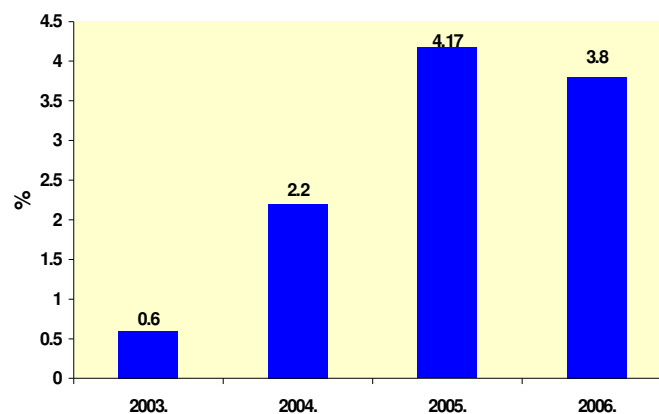
## Magyarországon 2007-ben

### 1.1 A biomassza szerepe a megújuló energiafelhasználásban

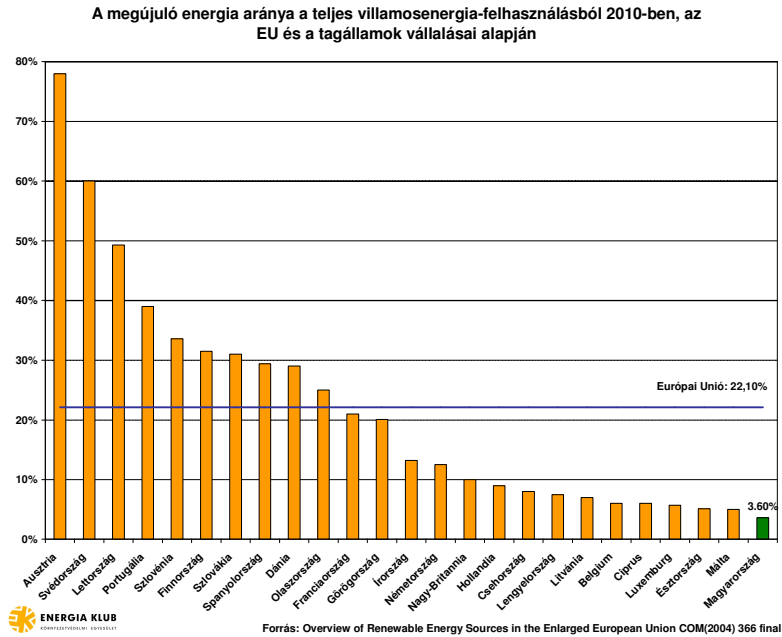
Az Európai Parlament és a Tanács 2001/77/EK a belső villamosenergia-piacon a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia támogatásáról szóló irányelvéhez igazodva Magyarország felé megfogalmazott elvárás, hogy 2010-re a bruttó villamosenergia-fogyasztás 3,6%-ára emelkedjen a megújuló energia részaránya. Ez a vállalás a hazánk Európai Unióhoz való csatlakozásáról szóló 2004. évi XXIX. törvény mellékletében lett rögzítve. Teljesítése, mint tagállamra nézve kötelező érvényű.

Amint az 1. ábrából is kitűnik, Magyarország már 2005-ben elérte a 2010-re tervezett célértéket.

E látványos teljesítmény mögött, szabályozási oldalon egyrészt az ország adottságaihoz és az EU tagállamaihoz viszonyítva is szerény célérték (2. ábra), másrészt a támogatási rendszer „sikeressége” áll (Grábner, 2006). Az ösztönző villamosenergia-átvételi rendszer a többször módosított 2001. évi CX. törvény (továbbiakban: VET) és az ehhez kapcsolódó rendeletek által szabályozott.



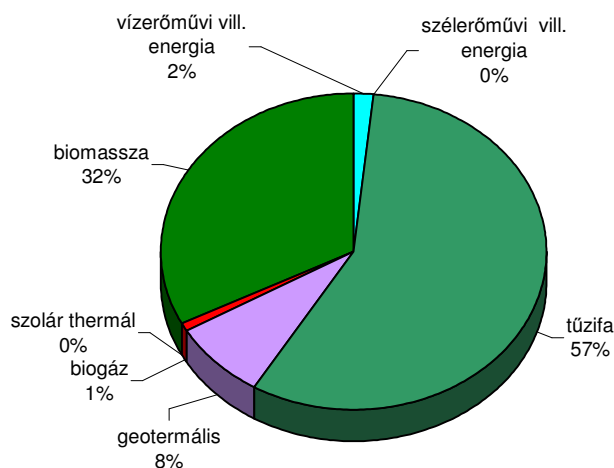
1. ábra A megújuló energia aránya a teljes villamosenergia-felhasználáson belül, 2003-2006. Forrás: MAVIR Zrt., MEH



2. ábra A megújuló energi aránya a teljes villamosenergia-felhasználásból 2010-ben, az EU és a tagállamok vállalásai alapján

Magyarország jelenlegi megújuló energia felhasználásának döntő részét a biomassza energetikai célú hasznosítása teszi ki (3. ábra). Ezen belül is jellemzően a közvetlen eltüzelés, illetve együttégetés technológiáját alkalmazzák túlnyomórészt villamosenergia-, kisebb részben hőtermelés céljából. Az ábrán látszik, hogy a biomasszából származó hő- és villamosenergia közel 90%-át adja a teljes megújuló „portfóliónak”. Ennek nagy része (57%) tűzifa, amelyet nagy mennyiségben használ a lakosság, általában alacsony hatásfokú kazánokban, másik része az összes egyéb növényi melléktermék. Ez utóbbiba sorolnak olyan anyagokat is, mint pl. az egyes erőművekben égetésre került paprika, maghéjak stb.

Megoszlanak a vélemények abban a tekintetben, hogy valóban indokolt-e és hosszú távon fenntartható-e a biomassza felhasználás ilyen mértékű dominanciája a megújuló energiafelhasználásban. Amennyiben csak a potenciál-adatokat nézzük, azt láthatjuk, hogy különböző intézetek/szakértők eltérően ítélik meg az egyes erőforrásokban rejlő lehetőségeket (4. ábra, lásd 12.o.). Az ábrából az is kitűnik, hogy a biomassza potenciálja, a becslések szerint jóval elmarad a napenergiáétól, de a szélenergiában rejlő lehetőségeknek is csak a felét teszi ki. Természetesen nem mindegy, hogy az adott potenciálérték egy elméleti maximumot, vagy a jelenlegi társadalmi-, gazdasági-, technológiai szinten kiaknázható értéket jelöli. Az ábrán feltüntetett eredmények egyike sem felel meg az összes előbb felsorolt kritériumnak, de legalább a jelenlegi technológiai szinten kinyerhető energiamennyiségeket jelölik. Ez azt



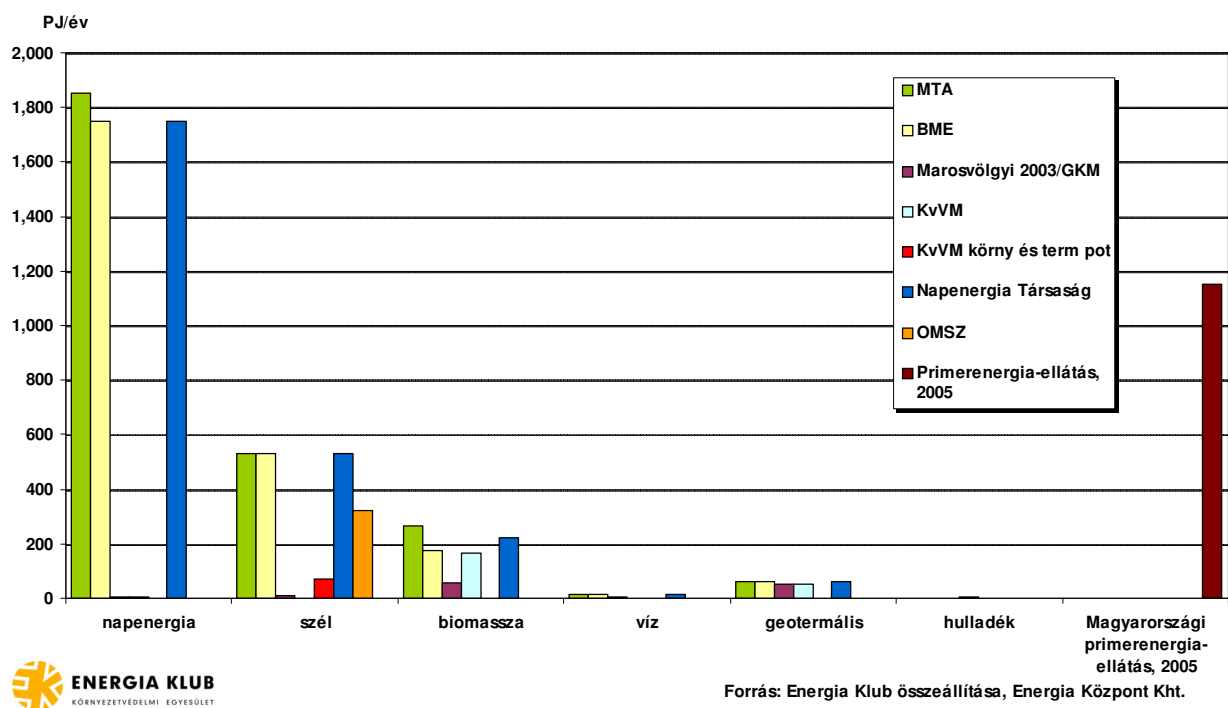
3. ábra Az egyes megújuló energiaforrások aránya a megújuló energia termelésben Magyarországon, 2005. Forrás: Energiaközpont Kht.

jelenti, hogy pl. a napenergiánál nem a beérkező napsugárzás alapján számított, hanem már a potenciális felhasználható felületekkel finomított értéket látjuk. A szélerő energiánál találjuk talán a legnagyobb különbségeket, hiszen pl. az Országos Meteorológiai Szolgálat által becsült értékek több mint négyszeresen múlják felül a KVVM környezet- és természetvédelmi potenciálját. Ez abból adódik, hogy míg az OMSZ szakemberei egy meghatározott földfelszín feletti magasságra (100m) határoztak meg szélességeket és abból kinyerhető energiamennyiséget, addig a minisztérium azt vizsgálta, egyáltalán mekkora területen engedélyezhető szélenergia felállítás. Utóbbi esetében a védett területeket eleve kizárták és viszonylag nagy védőtávolságokkal is számoltak (min. 400m) a nem lakott területek, vonalas infrastruktúra mellett.

A fentiekből is látszik tehát, hogy hazánkban ez idáig nem készült egy minden megújuló erőforrást, technológiai-, gazdasági-, társadalmi feltételek alapján vizsgáló potenciál felmérés. Ezek az adatok így kizárólag szemléltetés céljára használhatók, de biztonsággal kiolvasható belőlük, hogy Magyarország megújuló energiaforrások tekintetében nem szegény ország és akár a mai technológiai szint mellett is a jelenlegi primerenergia-felhasználás jelentős részét megtermelhetnénk velük.

Fontos, hogy miután megvizsgáltuk a potenciálokat, nehogy arra a következtetésre jussunk, hogy csak a legnagyobb értékkel bíró erőforrást érdemes hasznosítani. A megújuló energiaforrásoknak egyik alapvető tulajdonsága a kis energiasűrűség, melyből következik többek közt, hogy érdekesebb helyben felhasználni őket, mint nagy távolságokra szállítani. Regionális szinten természetesen teljesen eltérő sorrendet kaphatunk, mint országosan. Így

értelmetlen lehet egyfajta erőforrást erőltetni az egész országban, mint ahogy ma a biomasszával történik, ha adott területen sokkal kedvezőbb pl. a geotermális-, vagy a szél adottság. Megéri tehát adott területen egy optimális megújuló-mixet kialakítani, mint pl. az ún. bioszolár fűtőművek esetében, ahol a napenergiás rásegítéssel ugyanakkora teljesítményhez kevesebb biomasszát kell felhasználni, mintha nélküle hasznosítanánk. Ennek egy komplexebb változata, amikor még több fajta megújuló forrást hasznosító berendezést kapcsolunk egy rendszerbe, melyek együttműködnek.



4. ábra Potenciálbecslések a megújulókra Magyarországon, illetve a teljes magyarországi primerenergia-ellátás 2005-ben.

A potenciálszámításokat ugyanakkor nem tekinthetjük állandónak, statikusnak, hiszen azok időben, pl. a technológia fejlődésével, és/vagy az energiahatékonyság növekedésével jelentős mértékben módosulhatnak. Itt utalnánk arra, hogy az 1990-es évek első felében még nem nagyon mertek Magyarországon szélenergia hasznosításról beszélni, mivel úgy gondolták az akkori technológiai szint mellett csak a tengerparti övezetekben alkalmazható gazdaságosan. Néhány éven belül azután megjelentek a belső kontinentális területen is gazdaságosan üzemeltethető turbinatípusok.

## 1.2 Fontosabb jellemzők

### 1.2.1 A felhasználás technológiája

Magyarországon ma a biomasszából, csekély kivételtől eltekintve, közvetlen eltüzeléssel állítanak elő hő- és villamosenergiát. A szilárd anyagokat legkézenfekvőbb eltüzelni, és a nyert gőzt, forróvizet vagy füstgázt hasznosítani hőellátásra, villamosenergia-termelésre, vagy kapcsolt energiatermelésre (Büki, 2006). A hasznosításban résztvevő berendezések széles skáláján megtaláljuk a háztartásokban alkalmazott kis 25-50 kW-os fa- és vegyestüzelésű kazánokat, és a nagy, 5-50 MW-os fűtő-, vagy erőművi egységeket is. Egyes erőművekben biomassza együttégetés folyik, ami azt jelenti, hogy a biomasszát valamilyen fosszilis tüzelőanyaggal (lignit, szén stb.) együtt, ugyanabban a kazánban égetik.

**Ajka (Bakony) Erőmű**  
fotó: Dr. Kádár Péter



Egy-két kivételtől eltekintve általános jellemzője a fent említett technológiának hazánkban az alacsony hatásfok. Ez igaz a kiskazánok többségére a lakossági szektorban és az erőművi berendezések döntő többségére egyaránt. Az erőművi szektorban a már korábbi alacsony hatásfokkal rendelkező széntüzelésű blokkokat alakították át fatüzelésre, ezáltal az energia előállítása környezetkímélőbbé vált, de a hatásfok nem változott. Egy-két mintaprojekt keretében felépültek 5-10 MW nagyságú, korszerű, nagy hatásfokú fűtő- és kiserőművek is, de a jelenlegi hazai energiapiaci feltételek között egyelőre kérdéses a jövőjük.

A lakossági szektorban a korszerű, nagy hatásfokú pellettüzelésű, vagy faelgázosító kazánok még nem tudtak széles körben elterjedni. Ezek a berendezések ugyan már hazánkban is könnyen beszerezhetők, de probléma pl. a pellettüzelés esetében, hogy az alapanyag-ellátás rendszere szinte egyáltalán nincs kiépítve hazánkban.

### 1.2.2 Felhasznált alapanyagok, mennyiségek

Kétségtelen, hogy ma Magyarországon az egyik legnagyobb vita a biomassza energetikai célú hasznosításával kapcsolatban arról szól, hogy vajon van-e elegendő mennyiségű fa hazai erdőségeinkben, mellyel kiszolgálható az erőművi szektor. Továbbá, hogy milyen ökonómiai és ökológiai hatásokkal jár mindez.

Előjáróban megjegyezzük, hogy nagyon nehéz ma pontos mennyiségekről beszélni, mivel kizárólag azokat az adatokat ismerjük, melyek az állami erdészetek több éves üzemtervei és a folyónövedék alapján mondják meg az erdőkből kitermelhető faanyag-tömeget. Ezekből az olvasható ki, hogy vannak még tartalékok, tehát az erőművi szektor keresleti oldalon való belépése nem okozza az erdőállomány csökkenését. Ennek ellentmondani látszik az ökológusok és energetikai szakértők egybehangzó véleménye, miszerint elértük már az erdők terhelhetőségének határát, a további igényeket egyéb forrásokból, pl. energetikai ültetvényekről tudjuk csak kielégíteni. A Biomassza Erőművek Egyesülése közlése szerint az erdőgazdálkodásban a jelenleg kb. 6 millió m<sup>3</sup> kitermelésre kerülő faanyagból 3,6 millió m<sup>3</sup> – t tesz ki az apadék és a tűzifa együttesen. Ennek jelenleg 88,5%-át hasznosítják jelenleg az erőművek. Ebből következően az erőművek üzemeltetői is azon a véleményen vannak, hogy további igények az erdészetekből nem, vagy csak korlátozott mértékben elégíthetők ki.

Beruházás	Évi átlagos faanyag-igény
Távhőtermelés Szigetvár (2 MW)	2 200 t/év
Távhőtermelés Mátészalka (5 MW)	6 000 t/év
Távhőtermelés Papkeszi (5 MW)	1 000 t/év
Távhőtermelés Körmeny (5 MW)	6 000 t/év
Távhőtermelés Szombathely (7 MW)	8 000 t/év
Hő- és villamosenergia-termelés Balassagyarmat (2 MW)	12 000 t/év
Hő- és villamosenergia-termelés Szentendre	20 000 t/év
Pécsi Erőmű (49 MW)	330 000 t/év
Kazincbarcikai Erőmű (30 MW)	200 000 t/év
Ajkai Erőmű (20 MW)	192 000 t/év
Vértesi Erőmű (xx MW)	~100 000 t/év (A szerk.)

1. táblázat Jelentősebb megvalósult energetikai beruházások. Forrás: GKM

Természetesen nem szabad megfeledkezni arról a tényről, hogy a – részint a kárpótlás – nyomán a hazai erdők 40%-a magánkézben van. Ez utóbbiakról pedig szinte alig van reális képe az Állami Erdészeti Szolgálatnak. Az illegális fakivágások zöme feltehetően ezeken a területeken folyik. További ellentmondásnak tűnik, hogy az erőművek már így is mintegy 30%-ban importforrásból fedezik faigényüket. Arról, hogy a külföldi beszerzés helyén fenntartható erdőgazdálkodásból termelték-e ki a faanyagot, még kevesebb információval rendelkezünk.

Az illegális és nem fenntartható erdőgazdálkodásból származó faanyag energetikai célokra történő erőművi felhasználását hivatott megakadályozni az a rendelkezés, mely 2005-ben került be a „zöld áram” átvételéről szóló rendeletbe. Ebben az erőművektől megkövetelik a

faanyagra vonatkozó származási bizonyítványt. A szabályozás megtörtént, innentől csak az a kérdés, hogy van-e apparátus, mely betartásának érvényt tud szerezni. Tudomásunk szerint a MEH-nek csekély erőforrása van az erőművek ellenőrzésére. Elmondásuk szerint nagyobb gondot jelent számukra annak vizsgálata, hogy az adott erőműtől átvett „zöld áram” teljes egészében biomasszából származik-e vagy sem. Különösen nehéz ezt megállapítani ott, ahol pl. szénporhoz kevernek faforgácsot, vagy az előzőekben már említett egyéb mezőgazdasági melléktermékeket.

A tűzifán kívül ugyanakkor biomassza címén, elsősorban a Mátrai Erőműben különböző mezőgazdasági melléktermékeket is felhasználnak, így forgalomból kivont paprikát, szőlőtörkölyt, húslisztet stb. Ez utóbbi alapanyagok azonban nem állnak stabilan rendelkezésre. Egyebek mellett erre hivatkozva csökkentette a Magyar Energia Hivatal a 2006-ban a Mátrai Erőműtől kötelezően átveendő „zöld áram” mennyiségét. Az átvételre vonatkozó kvótákat más biomasszát használó erőműveknél is csökkentette a Hivatal (2. táblázat). Ennek köszönhetően, természetesen csökkent a „zöld áram” aránya a teljes villamosenergia-felhasználáson belül a 2005-ös 4,17%-ról 3,8%-ra 2006-ban (1. ábra).

<b>Erőmű</b>	<b>Átvett villamos energia (GWh) 2005</b>	<b>Átvett villamos energia (GWh) 2006</b>	<b>2006/2005 (%)</b>	<b>Kvóta (GWh) 2006</b>
Mátrai Erőmű Rt.	409	120	- 71%	120
Bakonyi Erőmű Rt.	76	55	- 28%	55
Bakonyi Bioenergia Kft.	183	156	- 15%	195
Pannongreen Kft.	341	335	- 2%	335
AES Borsodi Erőmű Kft.	271	191	- 30%	280
Tiszapalkonya	225	177	- 21%	180
Vértesi Erőmű Rt.	0	54	-	55

2. táblázat A nagyteljesítményű biomasszás erőművek kvótái és az általuk értékesített zöld áram alakulása

### **1.2.3 Hatásfok**

Ahogy az előzőekben említettük, a biomassza felhasználás, azon belül is a tűzifa zöme szén tüzelésről fatüzelésre átalakított erőműben történik. Az átalakított erőművek villamos energia előállításának átlagos hatásfoka ma sem több, mint 27% (Büki, 2006). Ez átlagérték, ami természetesen azt jelenti, hogy van ennél magasabb hatásfokkal üzemelő, mint pl. a pécsi (~33%) és sajnos alacsonyabb, mint a kazincbarcikai erőmű (25%) (Kohlheb, 2004). Az erőművek hatásfoka nem tévesztendő össze a Biomassza Erőművek Egyesülésének honlapján is olvasható kazánhatásfokkal, mely 90-92%. Nagy kérdés ugyanis, hogy a kazán által megtermelt hőt hogyan és mire használják. Az összh hatásfok növelhető akkor, ha kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés történik, de önmagában a villamosenergia-termelés hatásfoka ekkor sem nagyon vihető 35-40% fölé. Ez nem csak a faaprítékkal üzemelő, hanem más szilárd biomasszát közvetlenül égető pl. szalmaerőművekre is igaz.

Felmerül a kérdés tehát, hogy érdemes-e a támogatást és a közel 1 millió t/év faanyagot ilyen alacsony hatásfokú erőművekre fordítani. Mindezt úgy, hogy létezik korszerűbb technológia mind a kapcsolt-, mind a hőtermelés esetében. Ma Magyarországon a megújuló energiával termelt hő nem élvez olyan támogatást, mint az ily módon termelt villamos energia átvétele. Az erőművek tehát nem motiváltak a hő hasznosításában. Ráadásul a támogatott átvételhez kötődő szabályozásban sem szerepel előírt, vagy elvárt hatásfok, bár a MEH közlése szerint az új VET-ben már ez is szerepelni fog.

## **1.3 Piaci hatások**

### **1.3.1 Tűzifapiac**

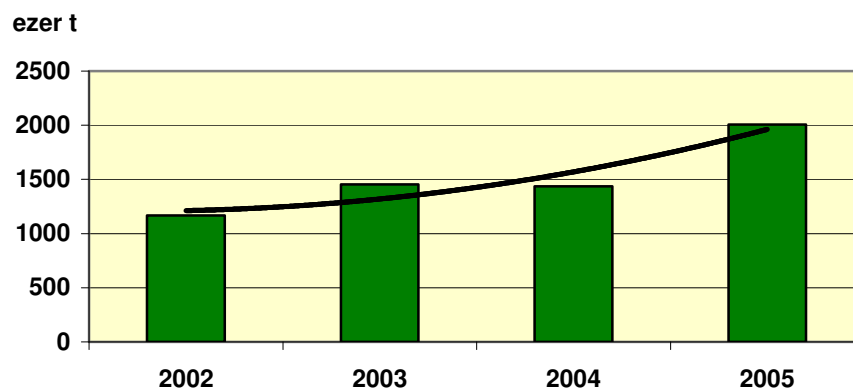
Általában véve a biomassza alapanyagokat, kialakult piacról Magyarországon egyelőre még nem beszélhetünk. Az energetikai igények kialakulása magával hozhatja egyes melléktermékek főtermékké válását, de összességében ma még az energiaszektor a mezőgazdasági melléktermékek igen csekély részét használja fel energetikai célokra és a jelenlegi trendeket figyelembe véve várható, hogy nem is ez lesz a fő irány, sokkal inkább az energetikai célú növénytermesztés.

A 2004-től intenzíven elindult erőművi fejlesztések döntően a tűzifa és egyéb erdészeti melléktermékek hasznosítását célozta meg. A tűzifának, szemben más biomasszával már kialakult piaca volt hazánkban is, így az erőművek által támasztott rövid időn belül



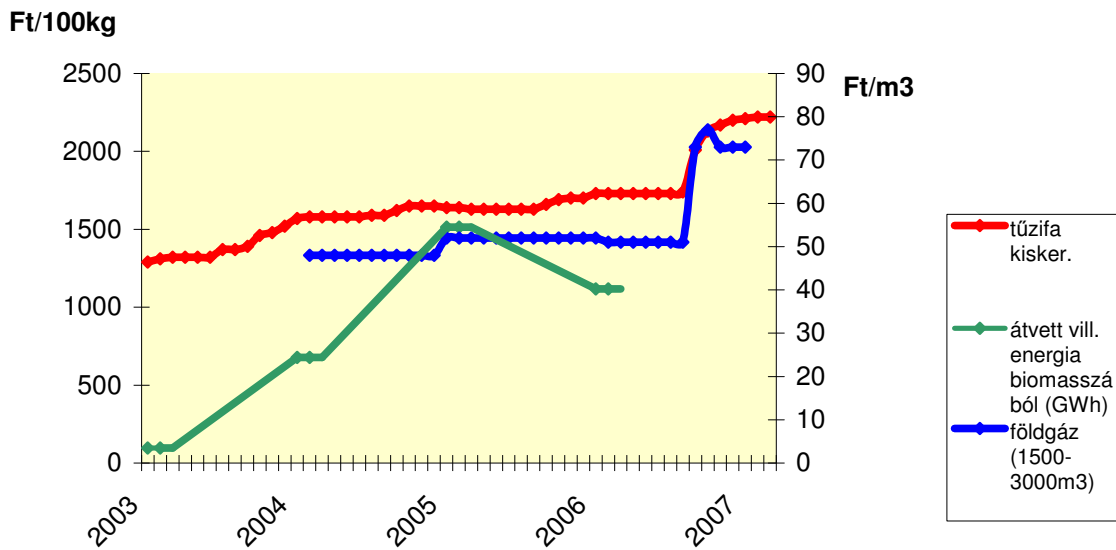
megemelkedett kereslet jelentős hatással volt a korábban kialakult kereslet-kínálati viszonyra. A tűzifapiac fogyasztói oldalának szereplői a lakosság, a mezőgazdaság, kommunális fogyasztók, faipar, exportáló kereskedők, energiaszektor (Kohlheb, 2004).

Nem egyszerű feladat elemezni a piaci viszonyokat akkor, ha ellentmondásos adatokat találunk a szakirodalomban és a statisztikákban. Az 5. ábrán a tűzifafogyasztás alakulása látható az Energiaközpont adatai alapján. Egy 2004-ben készült tanulmányból (Kohlheb, 2004) kiderül azonban, hogy a két intézet, a KSH és az Energiaközpont – ez utóbbi az Erdészeti Hivatal adatai alapján – felmérései között komoly eltérések lehetnek. Míg a KSH a háztartások költségvetési adatai alapján gyűjti, kizárólag nominális adatokkal, addig az Energiaközpont, az Erdészeti Hivatal adatszolgáltatása alapján kizárólag a hivatalos forgalomba került és az állami erdészetek által értékesített tűzifamennyiséget tartják számon. A KSH becslések így túlzóak, az utóbbiak viszont túl alacsonyok, mivel nem tartalmazzák a magánerdészetek által eladott, és természetesen az illegális kereskedelem forgalmát.



5. ábra Tűzifa felhasználás Magyarországon 2002-2005. Forrás: Energiaközpont Kht.

Különböző szakmai fórumokon sokat hallunk arról, hogy az utóbbi években jelentősen megemelkedett tűzifa ár az energiaszektorban megjelent keresletnek köszönhető. Az áremelkedések mind a lakossági, mind az ipari és energetikai szektorban érezhetőek voltak. A lakossági piacon, ahogy azt a 6. ábrán is láthatjuk, a tűzifa ára 2003-tól 2007 elejére 50-ről 80 Ft/m<sup>3</sup>-re, mintegy 60%-al növekedett. Az erőművi szektorban 1 GJ-nyi megtermelt energia költsége a korábbi 600 Ft-ról 1300 Ft-ra emelkedett az alapanyagköltség árának emelkedése miatt (Kohlheb, 2004).



6. ábra A lakossági gáz- és tűzifa árak, valamint a biomasszából termelt villamosenergia mennyisége, 2003-2007.  
 Forrás: KSH, MEH

Az ábrán látható, hogy a lakossági tűzifa ára inkább a földgáz lakossági árával mozgott együtt az utóbbi években, semmint az erőművek felfutó termelésével. Köszönhető ez annak, hogy a háztartások igen nagy aránya, mintegy 80%-a (KSH, 2004) csatlakozott már a vezetékes földgázhálózatra. A gázár emelkedése esetén egyre többen állítják használatba a régi vegyestüzelésű kazánjukat, ami keresletnövekedést generál a tűzifa piacán is, ahol az erőművek által már korábban lekötött mennyiségek miatt hiány alakul ki és növeli az árakat.

Az árak és a piaci kínálat a fa vonatkozásában, az utóbbi években nem csak a lakossági, hanem az ipari oldalon is változni látszik. Ugyan az erőművek és az erdészetek ipari minőségű fát nem használnak energiatermelésre, mégis a fa- és papíripar képviselői folyamatos aggodalmuknak adnak hangot (FAGOSZ, 2005). Miszerint ha az eddig tapasztalt mértékben növekszik az erőművek kereslete, az akár az ipari minőségű faanyag piacát is veszélyeztetheti.

### 1.3.2 Kis fűtő- és erőművek

A hatásfokkal kapcsolatban már kifejtettük, hogy a szilárd biomassza közvetlen eltüzelése esetén magas hatékonyságot érhetünk el akkor, ha kapcsoltan hőt és villamos energiát, vagy csak hőenergiát állítunk elő. A nagy erőművek biomassza beruházásai előtt már elindultak olyan kisebb zöldmezős beruházások, melynek keretén belül városi fűtőművek váltottak át a

korábbi olajtüzelésről faapríték-tüzelésre. Ilyen kisebb művek találhatók Körmenten, Mátészalkán, Papkesziben, Szentendrén (fűtő- és erőmű), Szigetváron, Szombathelyen stb. Több közülük Európai Unió támogatásból valósult meg. 2005 óta üzemel Magyarország első falufűtőműve is Pornóapátiban, melynek érdekessége, hogy itt a távhőrendszert is ki kellett építeni. Természetesen nem szabad megfeledkezni az 1980-as években épült tatai fűtőműről sem, mely az első biomassza égető távfűtőmű az országban.

Ezek a kisebb 5-10 MW-os fűtőművek testesítik meg ma tulajdonképpen a biomassza hasznosításban a decentralizált energiatermelést, melyek képesek, ill. képesek lennének az általuk felhasznált alapanyagot helyben, max. 20-30 km-es körzetben beszerezni, nem borítva fel így az ökológiai és ökonómiai egyensúlyt sem.

A Körmenten, Mátészalkán, Szentendrén, Szombathelyen folytatott interjúink alapján összegezhető, hogy ezek a kis fűtőművek egyfajta csapdahelyzetbe kerültek. A projektek kidolgozásakor a tervezők úgy kalkuláltak, hogy vagy helyben beszerezik az erdészetektől a szükséges alapanyagot, vagy ahol ez nem állt rendelkezésre, ott helyi energetikai ültetvényekről fogják a hosszú távú ellátást biztosítani. Akkoriban az Erdőtörvény szabályozása értelmében azonban energetikai célokra rövid vágásfordulójú fás szárú ültetvényt nem lehetett létesíteni, akkor sem, ha az szántóterületen valósul meg. Jelenleg ez a szabályozás tudomásunk szerint már módosult. Maradt volna tehát a faipari hulladék és az erdészetekből származó apadék, ill. tűzifa. Az erdészetek készletei azonban tk. az egész országban az akkor még el sem indult nagy erőművek által teljes mértékig előre le voltak kötve.

Az egyik oldalon tehát alapanyaghiánnyal, a másikon pedig a támogatott lakossági földgáz árakkal kellett (volna) megküzdenie az új biomassza fűtőműveknek, ami egészen a 2006. évi energia áremelésig szinte lehetetlen volt. Támogatás pedig, mint ahogy azt korábban említettük a megújulókból termelt távhő árában nincs, így egyedül az alacsony hatásfokkal bíró villamosenergia-termelés képes profitot termelni a beruházóknak.

Nyugat-Magyarországon ugyanakkor már nem csak a hazai nagy biomassza erőművek kereslete szívja el az alapanyagot, hanem a szomszédos ausztriai biomassza erő- és fűtőművek kereslete is. Érdekeség, hogy a Körmenthez közeli Güssingben és a bécsi Simmering (25 MW) erőműben is azt kommunikálják, hogy teljes mértékben a környező szövetségi erdészetektől szerzik a faanyagot és hogy elegendő faanyag áll rendelkezésre, így nem kell importálni távolabbi területekről.

### 1.3.3 A villamos energia átvételi rendszere

Magyarországon a már korábban említett 2001/77/EK direktívában megfogalmazott célok elérése érdekében az ún. kötelező átvétel (feed-in tariff) rendszere lett bevezetve, melyet a Villamos Energia Törvény (2001.CX.) (VET) szabályoz. A VET többszöri módosítása révén alakult ki a ma szintén módosítás előtt álló tk. vegyes rendszer, mely egyszerre alkalmaz fix átvételt és mennyiségi kvótákat. Az átvételi ár fix (2005 óta 23 Ft/kWh, mely évente az infláció mértékéig korrigálnak), technológiánként differenciálatlan, és nem degresszív. Némi technológiai differenciálás történt 2005-ben, amikor a törvényben megkülönböztették az időjárástól függő (nap, szél) és az időjárástól független (biomassza, geotermális, víz) megújuló energiaforrásokat. A jelenlegi gyakorlatban a MEH valójában egyenként bírálja el a projekteket és többnyire a pénzügyi megtérülési idő, valamint a villamosenergia-rendszerbe illeszthetőség alapján ad ki engedélyeket és 10-15 éves garanciákat a kötelező átvételre. A kötelező átvételre e mellett meghatározza az éves átveendő mennyiségeket is.

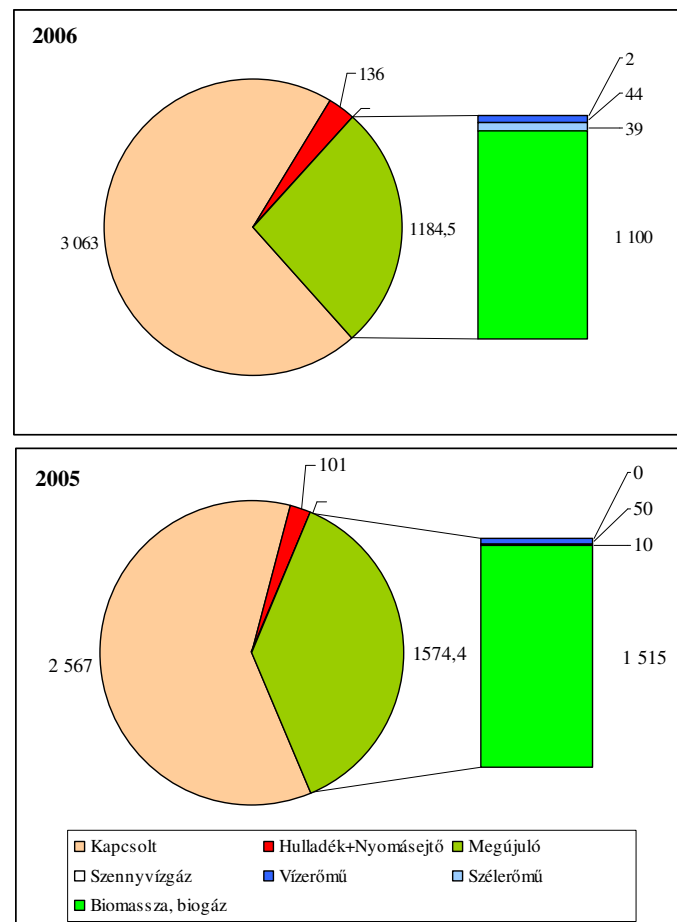
Az átvételi rendszer forrása a villamos energia fogyasztói árába épített ún. rendszerhasználati díj. A közüzemi szolgáltatók kötelesek a MEH által engedélyezett, a területükön működő erőművektől a termelt villamos energiát átvenni és kifizetni a termelőknek a piaci árnál magasabb kötelező átvételi árat. A piaci ár és a kötelező átvételi ár közötti különbözetet ezután a MAVIR Zrt. (Magyar Villamosenergia Ipari Rendszerirányító) téríti meg számukra a már említett díjtételből.

Ez a rendszer jelenleg teljes átalakítás alatt áll, mivel Magyarországnak az Európai Unió tagállamaként 2007 júliusától végre kell hajtania a villamosenergia-piacon a teljes piacnyitást. Ez a kötelező átvételi rendszerre nézve azt jelenti, hogy megszűnnek (átalakulnak) a közüzemi szolgáltatók, akik tovább nem kötelezhetők a megújulókból termelt villamos energia átvételére.

A kötelező átvétel rendszerének a piaci liberalizáció okán kialakult átalakítási kényszere mellett 2004-től folyamatos szakmai vitákat generált az is, hogy a biomassza hasznosítás robbanásszerű (mennyiségi!) fejlődése addig nem látott ütemben növelte a kötelező átvétel alá eső villamos energia mennyiségét, ennek nyomán pedig az ún. Kompenzációs Célú Pénzeszköz (KÁP) kasszájának kiadási oldalát és hiányát. A Magyar Energia Hivatal (MEH) rendszeresen közzé teszi a KÁP összetételének, változásainak alakulásáról szóló jelentéseit.

Ezek alapján az alábbiakban tájékozódhatunk a kötelező átvétel alá eső termelés alakulásáról (Tóth – Csikós, 2007).

Az alábbi ábrán is láthatjuk, hogy a „KÁP-kasszának” van egy másik nagy kiadási oldala is, amely eddig még minden évben felülmúlta a megújulókat, ez pedig a kapcsolt energiatermelés. Ez utóbbi gázmotoros erőművi egységeket jelent, melyek magas hatásfokkal képesek hő és villamos energiát termelni.



7. ábra A kötelező átvétel alá eső villamos energia mennyiségének (GWh) és a termelők megoszlásának alakulása. Forrás: MEH

2006-ban a KÁP kifizetés 47,2 milliárd forint volt, melynek két-harmada a kapcsoltan termelt villamos energia átvételét fedezte. Az elszámolt KÁP összeg így közel másfélszerese az előző évi, 2005-ös értéknek, ami 31,6 Mrd Ft volt. A kapcsolt termeléssel összefüggésben elszámolt KÁP közel a duplájára növekedett 2006-ban, míg a „zöld áramra” elszámolt összeg nem változott jelentősen, így a kapcsoltak részesedése a KÁP-ból 54%-ról 68%-ra növekedett. Az ábrából az is látható, hogy pl. 2006-ban a megújuló energiára fordított KÁP-összegek 92%-ban a biomassza erőművek által termelt villamos energia átvételét finanszírozták.

## **1.4 Egyéb biomassza**

A jelenlegi helyzetkép egyértelműen a szilárd biomassza közvetlen erőművi eltüzeléséről szól, ahogyan azt a fentiekben kifejtettük. Legalább egy pár szó erejéig foglalkozni kell azonban az egyéb energetikai célú biomassza hasznosítás terén jelenleg már zajló fejlesztésekkel, pl. a folyékony bioüzemanyagok és a biogáz terén, melyek már a közeljövőben átformálhatják a mai helyzetképet.

### **1.4.1 Folyékony bioüzemanyagok**

A folyékony bioüzemanyagok közé soroljuk az ún. első generációs növényi alapú motorhajtóanyagokat. Két fajtája a növényi alkohol, másnéven bioetanol, illetve a növényi olajokból származó biodízel. Hazánkban jelenleg főleg az agrárium fejlesztése kapcsán nagy reményeket fűznek elsősorban a bioetanol-kapacitás kiépítésének.

A villamos energiához hasonlóan itt is Európai Unió elvárás is ösztönzi hazánkat a biokomponensek arányának növelésére az üzemanyagokban. Az erről szóló 2003/30/EK irányelv alapján Magyarország a stratégiai elképzelések alapján 2010-re teljesíti az Unió 5,75%-os célt.

A bioetanol-kapacitás növelésére az FVM 2006-os számításai szerint reális célkitűzés lehet 2013-ra 490 ezer tonna bioetanol előállítás, amiből 350 ezer tonna export célokat szolgálna.

Biodízeltől ugyanakkor a tárca mintegy 220 ezer tonna előállítását tartja megvalósíthatónak 2013-ra (GKM – FVM – KvVM, 2006).

A tervezett kapacitásokkal kapcsolatban ugyanakkor meglehetősen nagy különbségeket találunk az egyes forrásoktól függően. Jól példázza ezt, hogy a fent említett 2013-ra szóló FVM 2006-ból származó célkitűzést több mint négyszeresen haladja meg a 2007-ben kalkulált, a KEOP forrásaiból támogatni tervezett kapacitás, mely 1410 kt/év termeléssel számol (Inter 2004, 2007). Mindezek mellett pedig érdekes, hogy a piac 2010-re 700 kt-val számol, ami összhangban lehet a KEOP-elképzelésekkel (F.O. Lichts, 2007).

## **1.4.2 Biogáz**

A biogáz hasznosítása ma Magyarországon mondhatni gyermekcipőben jár. A mezőgazdasági biogáztermelésben egy-két mintaprojekt valósult meg. Elterjedtebb a szeméttelpeken keletkező depóniagáz és a szennyvíztisztítás során kinyert gáz felhasználása.

A gáztörvény módosítása nyomán ugyan már lehetőség van a megfelelően tisztított biogáz földgázhálózatba történő betáplálására, de egyelőre nem látszik, hogy a közeljövőben a gyakorlatban ilyen kezdeményezés elindulna, elsősorban a gazdaságossági feltételek miatt. Meg kell jegyezni, hogy a jelenleg érvényben levő 27/2007 (TV.17.) FVM rendelet mellékletében található biogáz tisztításra vonatkozó technológiai követelmény csak a kénhidrogén eltávolítását fedi. Az ún. biometán előállításához szükséges folyamatokhoz ez nem elegendő, annak ellenére, hogy a rendelet földgáz minőséget említ.

A biogáz-technológia az egyik a megújuló energiaforrások közül, mely a hazánkban érvényben levő technológiáinként differenciálatlan átvételi áras rendszer hátrányait szenvedti.

A mezőgazdasági biogáztermelés, mely megfelelő alternatívát nyújthat(na) mind a hígtrágya, mind a lágyszárú növények kezelésére, hasznosítására és kis méretei miatt ideális a decentralizált energiatermelés szempontjából, egyelőre a kormányzati stratégiai tervezés szintjén indokolatlanul háttérbe szorul a bioüzemanyagok és a szilárd biomassa tüzeléssel szemben.

## **2 Az energetikai biomassa-termelés és hasznosítás céljai és általános keretfeltételei**

A biomassa energetikai hasznosításának tervezésekor elengedhetetlen a felhasználás indokainak, céljainak pontos meghatározása, hiszen ennek függvényében kell kialakítani a legmegfelelőbb termelési rendszereket. A biomassa energetikai felhasználásának egy nemzetgazdaságon belül sokféle indoka lehet:

- Üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése
- Import függőség kiváltása – önellátás növelése
- A mezőgazdasági termelés jövedelmezőképességének növelése, diverzifikálása
- Exportbevételek növelése
- A külföld nyersanyaggal való ellátása
- Befektetői igények kielégítése

Természetesen a fenti indokok, célok különböző súllyal szerepelhetnek egy stratégia megalkotásakor, a fenntarthatóság szempontjából mégis kijelölhetőek azok az elvek, amelyek valamelyest predestinálják a fenti célok rangsorát.

Ezen elvek szerint a biomassza energetikai felhasználása mindenképp először környezetvédelmi szempontból indokolt, amely mögött az üvegházhatású gázok (ÜHG) csökkentésének lehetősége áll. Tehát nem célszerű olyan rendszerek kialakítása és működtetése, amelyek több ÜHG kibocsátással járnak, mint a felváltott rendszerek. Fontos célok az energetikai függetlenség növelésére irányuló bioenergetikai fejlesztések, amelyek egyben az importkiadások csökkentésével és a külkereskedelmi mérleg javításával járhatnak együtt. Továbbá a vidéki népesség több lábbon állását, energetikai függetlenségét, jövedelmének növelését és kiszámíthatóbbá tételét szolgáló fejlesztések növelhetik a vidék megtartó erejét. Kérdéses azonban az olyan irányú beruházások fenntarthatósága, amelyek kizárólag egy-egy befektetői csoport profitérdekeit szolgálják és/vagy külföldi nyersanyagellátásra irányulnak. Ezekben az esetekben könnyen előfordulhat ugyanis, hogy az energetikai biomassza termelésével, feldolgozásával a környezetben és a társadalomban több kár keletkezik, mint a korábbi termelési rendszerben. Ez pedig egyértelmű jele a fenntarthatóság csökkenésének.

Nyilvánvaló, hogy az új, bizonytalan területen gyökeret verni készülő vállalkozásokat segíteni, támogatni szokták. Azonban a fenntarthatóság és az adóbevételek hatékony elosztása érdekében csak olyan esetben indokolt támogatás folyósítása, ahol a piaci folyamatok nem képesek honorálni azokat a pozitív externáliákat, amelyek a termelési rendszer működése során keletkeznek. Mivel ezek az externáliák a társadalom egésze szempontjából hasznosak, jogos ezeket a nemzeti adóbevételekből honorálni!

Amennyiben magunkévá tesszük, hogy az energianövény termesztés és hasznosítás fő feladata a fosszilis energiahordozók kiváltásán keresztül a fosszilis széndioxid kibocsátás csökkentése és ezáltal a klímaváltozás problémáinak mérséklése (BirdLife, 2005), és nem cél egyes lobbyérdekek kiszolgálása, vállalatcsoportok gazdasági céljainak megvalósítása, ezen cél megvalósítása az alábbi kedvező hatásokkal járhat együtt:

- Környezetvédelmi hatás (környezeti elemeket érintő kisebb terhelés)
- Természetvédelmi hatás (bio-és tájdiverzitás növekedése, fragmentáció csökkenése)
- Vidékfejlesztési hatás (több lábbon állás, jövedelembiztonság, munkahelyteremtés, helyi társadalmi kohézió – együtt végzett munka)



- Társadalmi hatás (táji, egészségügyi-életminőség alakulása, rekreációs, energiatudatosság, környezettudatosság erősödése)
- Nemzetgazdasági hatás (fosszilis importfüggőség csökkentése – külkereskedelmi mérleg javítása)

Ezen szinergiák kihasználása a fő cél mellett mindenképpen feladata a termelést és hasznosítást szabályozó politikának! Ezért a Biodiverzitás védelme keretirányelv és a Vízkkeretirányelv előírásainak figyelembevétele a fenti szinergiák megvalósításában megkerülhetetlen.

A fő cél és a szinergiák együttes megvalósulásának általánosságban is megfogalmazható feltételei vannak. Ilyen a környezeti, társadalmi és gazdasági szempontból egyaránt fenntartható termelés és hasznosítás és az aktuális technológiai szinten megvalósítható legkedvezőbb energiahatékonyság. Ennek érdekében az egyes fenntarthatósági pillérek mentén a termelés és hasznosítás folyamatában a 3. számú táblázatba foglalt feltételeknek kell teljesülniük.

	<b>Környezeti feltételek</b>	<b>Társadalmi feltételek</b>	<b>Gazdasági feltételek</b>
<b>Termelés</b>	Fenntartható termelés:	Helyi közösségek igényeinek figyelembe vétele;	Jövedelmezőség;
	energiahatékonyság - termőhelyi körülményekhez illeszkedő növénymix és termeléstechológia;	Táji és rekreációs igények szem előtt tartása	Rugalmas termelési szerkezet;
	Természetes élőhelyek védelme		Hold-up problémák kezelése;
			Piaci verseny biztosítása;
			<u>Méretgazdaságosság</u>
<b>Logisztika</b>	A szállítási szükséglet minimalizálása; A környezetet legkevésbé terhelő szállítási mód alkalmazása	A helyi közösségek mindennapjait legkevésbé zavaró szállítási mód megválasztása	Költséghatékony és biztonságos szállítás
<b>Feldolgozás</b>	Az energiahatékonysági és környezetvédelmi szempontoknak leginkább megfelelő technológia	Helyi közösségek igényeinek figyelembe vétele az energiaautonómia és munkahelyteremtés szempontjából	Jövedelmezőség; Méretgazdaságosság; Kapacitáskihasználás
<b>Felhasználás</b>	A környezeti elemeket és a természetes élőhelyeket legkevésbé terhelő és az energiahatékonysági szempontokat figyelembe vevő infrastruktúra és	Felhasználóbarát technológia; Az energiatudatosságot erősítő használat;	Megfizethető technológiák

3. táblázat A fenntartható termelés és felhasználás feltételei

A feltételek mindegyikének megvalósulása az aktuális politikai szabályozástól függ, nem valósul meg magától, vagy a piaci mechanizmusok hatására!

Fontos, hogy a célkitűzések egy egységes stratégia mentén fogalmazódjanak és valósuljanak meg, amelynek meghatározása pontos előzetes felméréseket igényel. A stratégia tükrében kell eldőlnie az olyan kérdéseknek is, hogy pl. mire „jobb” használni a biomasszát:

üzemanyagnak, villamos energiának vagy hőenergiának? Mi „jobb” bioüzemanyag: a biodízel vagy a bioetanol?

Az elővigyázatosság elvének érvényesítése érdekében a fejlesztéseket kellő ütemezéssel szabad csak végezni folyamatos monitorozás mellett, hogy az esetleges hibák, veszélyek időben elkerülhetők legyenek (BirdLife, 2005).

Az alábbiakban az egyes biomassza energetikai hasznosítási módok szerint részletesen tárgyaljuk a fenntartható hasznosítás feltételeit.

### **3 A biomassza közvetlen égetéssel történő hasznosításának fenntarthatósági feltételei**

#### **3.1 Alapanyag-termelés**

Az alapanyag-termelés fenntarthatósági megítélése szempontjából meg kell különböztetnünk abszolút és relatív fenntarthatóságot. Az abszolút fenntarthatóság elve szerint csak teljesen zárt rendszerek tekinthetők fenntarthatónak, amelyekből nem lép se ki se be anyagáram. Ezzel szemben relatíve fenntarthatónak mondhatunk egy termelési rendszert, ha kedvezőbb fenntarthatósági mutatókkal rendelkezik, mint a korábbi, leváltott rendszer.

A biomassza energiahordozók teljes életútjára vonatkozó LCA leírásból nyilvánvaló, hogy a környezeti terhelések túlnyomó része (80%) az alapanyag előállítása során keletkezik. Különösen jellemző ez akkor, amikor az alapanyagot intenzív mezőgazdasági módszerekkel (sok talajmunka, magas műtrágya és vegyszerhasználat) állítják elő. Ezért az energetikai biomassza életciklusának már ebben a kezdeti fázisában törekedni kell a minél természetesebb módon történő termesztésre. A relatív fenntarthatóság elvét alkalmazva arra kell törekedni, hogy a korábban a környezeti, társadalmi fenntarthatóság szempontjából rosszabb tulajdonságú vegetáció ne váltsa fel. Tehát legalább olyan, vagy kedvezőbb hatású „energiaültetvény” kerüljön a korábbi növényzet helyére.

Hazánkban a legjobb energiahatékonysággal az erdőkben termelhető meg a közvetlen tüzelésre legalkalmasabb nyersanyag, a tűzifa. Nem minden erdő és nem minden erdőművelési mód teljesíti azonban a fenntarthatóság feltételeit. Előnyben kell ezért részesíteni az őshonos fafajokból álló elegyes és vegyes korösszetételű természetes módon felújított erdőkől származó dendromasszát. Ugyanis környezetvédelmi szempontból aggályosnak ítélni az intenzív, sok talajmórgatással és emiatt nagy erózióveszéllyel járó

ültetvényszerű fatermesztés, erdőgazdálkodás. Továbbá természetvédelmi szempontból sem tekinthető értékes élőhelynek és genetikailag biztonságos állománynak a gyorsan növényöző fajokból álló sűrű, sorokban ültetett erdő. A relatív fenntarthatóság elve szerint tehát nem kívánatos az a tendencia, amelynek következtében őshonos fajokból álló természetközeli erdőket gyorsan növényöző fajokból álló (nemes nyár, akác stb.) ültetvényszerű erdőkkel váltanak fel. Az erdők művelését illetően olyan erdőgazdálkodással művelt erdőkben származó tűzifa részesítendő előnyben, amely megőrzi a termőhely termőképességét, megakadályozza az eróziót és biztosítja a természetes vegetáció hosszú távú fennmaradását.

A szántóföldön létesülő energiaültetvények esetében szintén a relatív fenntarthatóság elvét célszerű alkalmazni. Tehát előnyben kell részesíteni az olyan szántóföldi kultúrákat, amelyek a korábbinál kevesebb talajműveléssel járnak, hosszabb ideig biztosítják a talaj takarását, kevesebb műtrágya és vegyszerhasználattal is biztos és magas hozamot teremnek és genetikailag nem szennyeznek a környező természetes növényzetet, valamint özönnövényként való megjelenésük is kizárt! Ilyen szempontból legkívánatosabbnak ítéltetők a fás szárú ültetvények, majd a teljes növény (pl. gabona, kender) hasznosítását lehetővé tevő termelési rendszerek és legkevesebb javasoltak a sok ápolást és vegyszert és nehéz gépek működtetését igénylő ipari növények. Az ápolási munkák és a külső anyagbevitel (műtrágya, növényvédőszer) jelentősen csökkenthető, ha a termőhely adottságaihoz illeszkedő növényfajta illetve fajtát választunk energianövénynek (EEA, 2006. p. 63-64).

A lágyszárú növények beltartalmi adottságaik miatt közvetlen égetésre kevésbé alkalmasak, mint a fás szárúak. Felmerülhet tehát a kérdés, miért nem telepítünk akkor természetes erdőt minden szántóföldi területre? Ezen kérdés megválaszolásához is fontos lenne tudni, milyen prioritásai vannak a magyar energiapolitikának. Amennyiben az import fosszilis tüzelőanyag kiváltása a cél, valóban indokolt lenne az élelmiszeripari növénytermesztés számára főleg területeken, természetesen a természetvédelmi szempontok figyelembevételével, természetes erdőket létesíteni. Ezen területek azonban a jelenlegi szabályozás következtében végleg kikerülnek a mezőgazdasági művelésből és tulajdonosaik már kizárólag csak erdőként művelhetik őket. Ez a szigorú szabályozás jelenleg sok földtulajdonost elriaszthat az erdőtelepítéstől és a lényegesen rugalmasabb szántóföldi energiaültetvények irányába tereli az érdeklődőket. Továbbá a szántóföldi fás szárú energianövények mellett szól az is, hogy megfelelő körülmények között, ahol a talajviszonyok intenzívebb művelést is lehetővé tesznek, nagyobb hozamot képesek biztosítani, mint amennyi a konvencionális erdőgazdálkodásból származhat. Így növelheti a felhasználható energetika biomassza

menyiségét és ezáltal csökkentheti a természetes erdőkre a tűzifaigény növekedéséből adódóan nehezedő „nyomást”. A 4. számú táblázat a szántóföldi energianövény termesztés környezeti veszélyeit és lehetőségeit foglalja össze.

Környezeti problémák	Okok	Veszélyek	Lehetőségek
Erózió	gyakori talajművelés, fedettlen földterületek	intenzív szántóföldi energianövények extenzív területekre	állandó talajtakarást nyújtó, kevés talajmunkát igénylő évelő kultúrák, extenzív művelési mód
Talaj tömörödés	gyakori talajművelés nehéz gépekkel, fejletlenebb gyökérszövet	nagy víztartalmú és sok talajművelést igénylő kultúrák	extenzív művelési mód, kevesebb talajmunka, betakarítás fagyott talajon, mélyen gyökerező fajok
Talaj savanyodás	műtrágyázás	intenzív tápanyagigényű kultúrák	szerves trágyázás, zárt termelési ciklus
Talaj szennyezés	műtrágya és növényvédőszer kimosódása	monokultúra, nagy vegyszer- és műtrágyaigényű kultúrák	a termőhelyi adottságokhoz illeszkedő vetésforgó, jó tápanyagfelvevő és gyomelnyomó képességű növények
Víz szennyezés	műtrágya és növényvédőszer kimosódása	monokultúra, nagy vegyszer- és műtrágyaigényű kultúrák	a termőhelyi adottságokhoz illeszkedő vetésforgó, jó tápanyagfelvevő és gyomelnyomó képességű növények
Másodlagos szikesedés	öntözés, fejletlenebb gyökérszövet	nagy vízigényű kultúrák	kis vízigényű, kedvező vízgazdálkodású növények
CO <sub>2</sub> kibocsátás növekedése	gyepek feltörése, intenzifikáció	intenzifikáció	extenzív művelési mód, gyepterületek fenntartása
Táji és biodiverzitás csökkenése	szántóföldi monokultúrák	monokultúra	vetésforgó bővítése energianövényekkel, többféle eltérő tulajdonságú energianövény termesztése, élőhely biztosítása

4. táblázat A szántóföldi energianövény termesztés környezeti veszélyei és lehetőségei. Forrás: EEA 2006.

### 3.2 Feldolgozás

A feldolgozás célja, hogy a biomassa a hasznosítást szolgáló technológiai feltételeknek megfeleljen, amelyek háttérben kevésbé hatékonysági, mint inkább kényelmi szempontok állnak. Mivel a biomassa feldolgozása további energiaigénnyel jár, ami növeli az egész életciklusra vonatkozó energiainput nagyságát és mivel ez az energiamennyiség általában fosszilis eredetű, előfordulhat, hogy a biomassa használatától várt ÜHG csökkentési cél nem valósul meg, hiszen a termelés és feldolgozás során majdnem annyi ÜHG képződik, mintha az energianövény által megtermelt energiamennyiséget eleve fosszilis energiahordozóval állítanánk elő. Ezért a feldolgozás minimumfeladat, ami azt jelenti, hogy a legkisebb mértékű feldolgozásra kell törekedni egyrészt az alapanyag, másrészt az alapanyagot hasznosító technológia megválasztásával. Pl. nem célszerű tűzifát aprítás után még pelletálni, hiszen vannak apríték tüzelő berendezések, amelyek hasonló határfokon és kényelmi feltételek mellett működnek, mint a pellettüzelők. Ha a feldolgozás elkerülhetetlen, energetikailag a leghatékonyabb eljárás használata indokolt!

A fenti szempontok alapján brikettálás, pelletálás csak azon anyagok, elsősorban hulladékok, esetében hatékony, amelyek más módon semmiképpen nem hasznosíthatóak (nem égethetőek el) a rendelkezésre álló technológiai lehetőségekkel.

A szállítás hasonlóképpen minimumfeladat! Itt törekedni kell az olyan hasznosítási lehetőségek kialakítására, melyek helyben, illetve rövid szállítási távolságok mellett teszik lehetővé a biomassza hasznosítását. Mindenképpen elkerülendő tehát pl. az olyan termelési rendszer, amelynek során a megtermelt fás szárú biomasszát aprítják, szárítják, pelletálják, majd egy távoli országba exportálják.

### **3.3 Közvetlen égetés**

A biomassza közvetlen égetéssel történő hasznosítása során két termék előállítására van lehetőség (a pirolízis gázok termelésétől itt eltekintünk). Egyrészt az égetés során keletkező hő fűtésre használható, amelynek hatásfoka 50-95% között lehet a tüzelés technológiájától függően. Másrészt a termelt hővel generátorban elektromos áram is előállítható, azonban az áramtermelés során sok hulladék hő is képződik, hiszen az elektromos áram termelés az egész folyamatra vonatkoztatott hatásfoka ritkán éri el a 30%-ot. Ezért célszerű a hulladék hő felhasználását is megoldani, amelynek segítségével a hatásfok akár 90% fölé is emelkedhet.

Nagy gond azonban, hogy ha egy üzem fő célja a biomassza égetéssel elektromos áram előállítása, nehezen tud megfelelő hőfelvevő kapacitást találni közvetlen környezetében, hiszen a megtermelt hő messzire nem szállítható, a közelben kell fűtésre felhasználni. Ezért az ilyen üzemek többségében nem is hasznosítják a hulladék hőt, hanem az a környezetbe távozik. Vagyis ezen üzemek a felhasznált biomassza energiájának csupán kb. harmadát hasznosítják, a többi veszendőbe megy. Ez azonban azt is jelenti, hogy azonos mennyiségű hasznos energia előállításához ezek az üzemek kétszer-háromszor nagyobb területet igényelnek az alapanyag megtermeléséhez, mint a kapcsolt hő és villamos energia termelésére képes üzemek.

A fentiek alapján energetikai, környezetvédelmi és természetvédelmi szempontból egyaránt olyan üzemek működtetése a kívánatos, amelyek telephelyének és méretezésének legfőbb meghatározója az alapanyag távolsága mellett a hőhasznosítási lehetőség. Ha biztosított az üzem által termelt hő fűtésre való felhasználása, mellette kapcsoltan termelhető elektromos áram is, amelynek értékesítése sokkal kevésbé helyhez kötött és ezért könnyen értékesíthető.

Cél tehát kapcsolt hő és villamos energia termelésére alkalmas üzemek létesítése, amelyek elektromos áram termelése a fűtési igényekhez igazodik!

#### **4 A biomassa közvetlen égetéssel történő hasznosítása**

A fejezet a biomassa energetikai hasznosításán belül a közvetlen égetéssel történő hasznosítás bemutatásával foglalkozik.

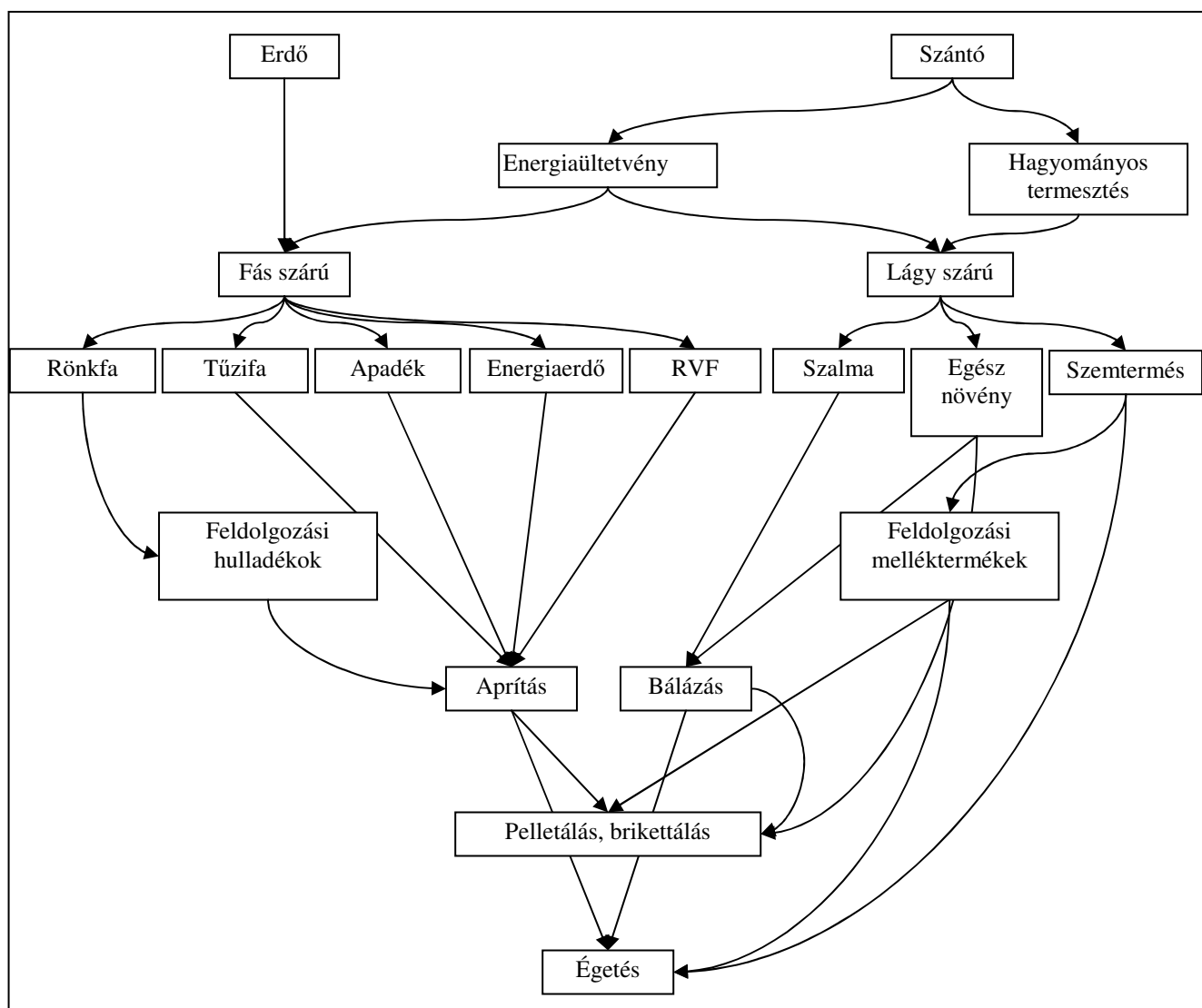
Közvetlen égetéssel történő hasznosításra mind fás mind lágyszárú növények egyaránt alkalmasak lehetnek. A fás szárú növények közé sorolhatjuk az erdőgazdálkodásból származó faanyagot és apadékot, illetve a közvetlenül energetikai hasznosítás céljára termelt energiaerdőt vagy a szántóföldi fás szárú energiaültetvényt. Lágyszárú energianövényeket elsősorban közvetlen energetikai ültetvényeken termesztnek, de egyes szántóföldi növények (pl. gabonák) és melléktermékeik is alkalmasak közvetlen égetésre. Így hasznosítható melléktermékek a gabonák szalmája, a bioüzemanyagok egyes melléktermékei (pl. olajpogácsa). A lágyszárú energianövények között tartjuk számon a kínai nádat, a kendert és bizonyos feltételek mellett a Szarvasi-1 energiafüvet.

A megtermelt energianövények, vagy az energetikai hasznosításra szánt hulladékok több előkészítési fázison is áthaladhatnak, amíg végül eltüzelésre kerülnek: Ilyen fázisok lehetnek az aprítás, a tömörítés (bálázás, pelletálás, brikettálás). De minden egyéb előkészítés nélkül is elégethetőek egyes melléktermékek (pl. napraforgóhéj, pelyva) és a gabonamagvak (Nemes, 2006).

Az elégetés különféle kazánokban, kályhákban történhet meg elsősorban hőtermelés, de bizonyos esetekben pusztán elektromos áramtermelés és kedvező esetben kapcsolt hőtermelés céljából.

A 8. számú folyamatábra az égetésre kerülő biomassa átalakítási lépéseit foglalja össze.

A közvetlen égetéssel történő hasznosítás bemutatása és értékelése az életciklus szakaszait követi és a rövid technológiai bemutatás mellett az életciklus leírás módszertanát követve az energiahatékonysági és emissziós mutatók ismertetésére szorítkozik. Első lépésben az energetikai hasznosításra szánt biomassa termelési jellemzőit kívánjuk bemutatni, majd a szállítás és feldolgozás lépéseinek jellemzése következik, végül a biomassa égetésének és az így keletkezett energia hasznosításának a mutatóit ismertetjük az egyes technológiák függvényében.



8. ábra A biomassza energetikai hasznosításának lehetséges útjai

Az egyes eljárásokat jellemző főbb paraméterek a következők:

- Energiahatékonyság: O/I hányados, területegységre jutó energiahozam
- Környezeti hatások: üvegházhatás, savasodási potenciál, eutrofizációs potenciál
- Ökológiai és az emberi egészségre ható tényezők

A kibocsátott szennyező anyagok értékei az alábbi táblázatban megadott egyenértékek alapján összesíthetők.

		Antropogén üvegházhatás CO <sub>2</sub> -egyenérték kg- ban/káros anyag kg-ban	Földi ökoszisztémák savasodása SO <sub>2</sub> - egyenérték kg-ban/káros
CO <sub>2</sub>	Széndioxid	1	
CH <sub>4</sub>	Metán	21	
N <sub>2</sub> O	Dinitrogén-oxid	310	
SO <sub>2</sub>	Kén-dioxid		1
NO <sub>x</sub>	Nitrogén-oxidok		0,7
NH <sub>3</sub>	Ammónia		1,88
HF	Fluor-hidrogén		1,6
HCl	Klór-hidrogén		0,88

5. táblázat Vizsgált hatáskategóriák ill. CO<sub>2</sub> és SO<sub>2</sub>-egyenértékek. Forrás: Hartmann-Kaltschmidt 2002, p. 263.

#### 4.1 Alapanyag-termelés - erdőgazdálkodás

A fás szárú energianövények termesztése, termelése hazánkban többféle művelési ágban és eltérő szabályozás alá eső területen történhet: hagyományos erdő, energiaerdő, energiaültetvény. Ilyen szempontból különbséget kell tenni az energiaerdő és az energetikai faültetvény között. Az energiaerdő erdőgazdálkodási művelési ágba tartozó, de speciális céllal létesített és üzemeltetett erdő. A hagyományos művelésű erdők átminősítésével, illetve energiafa-termesztés céljára történő telepítéssel jöhet létre. Az energiaerdőre érvényesek ugyan az Erdőtörvény előírásai, de az üzemtervezéskor a lehető legnagyobb tömeghozamok elérése céljából a gyorsan növvő, sarjastatható fafajokat kell előnyben részesíteni, és az optimális mértékűre kell csökkenteni a vágásérettség korát, vagyis le kell rövidíteni a vágásfordulót. A vágásforduló időtartama lehet mini (1 - 4 év), midi (5 - 10 év), rövid (10 - 15 év), közepes (15 - 20 év) és hosszú (20 - 25 év). Az erdőművelés és a fakitermelés a hagyományos erdészeti technológiákkal és technikákkal folyik, azonban az energiaerdőben csak energetikai hasznosításra termelnek faanyagot. Hazánkban energiaerdőnek leginkább a gyertyán, juhar, hárs, fűz, éger, nyír és az akác használható.

Az energetikai faültetvény már nem erdőművelési, hanem mezőgazdasági ültetvénygazdálkodási művelési ágba sorolandó, energiafa termesztésére létesített ültetvény. Így az energetikai faültetvény művelését nem szabályozza az erdőtörvény. Az üzemmódot illetően két változatát különböztetjük meg:



- „Újratelepítéses üzemmód esetében az ültetvényt talaj-előkészítést követően az adott termőhelyi viszonyok között legnagyobb tömeget (t/ha) adó fafajjal (monokultúrában), a hagyományosnál nagyobb tőszámmal (5-8 ezer tő/ha) telepítik. Az ültetvényt 8-15 éves korban tarvágással kitermelik és egységes választékká (tűzifa vagy energetikai apríték) készítik el. A végvágást követően a vágásterületen talaj-előkészítést végeznek, majd ismételt telepítésre kerül sor.
- Sarjaztatásos üzemmód esetében az ültetvényt nagy tőszámmal (13.000-15.000 tő/ha) telepítik, jól sarjadó fafajokkal. A nagy tőszám miatt 3-5 éves korban tarra vágják. A levágott ültetvény külön beavatkozás nélkül töről sarjad, és 3-5 éves korban ismét vágható. A kitermelést 5-7 alkalommal megismételhetjük, azaz egy telepítésre 5-7 levágás tervezhető.” (Forrás: <http://www.zoldtoll.hu> ; Antal Edit)

A hagyományos erdőgazdálkodásból származó biomassa (dendromassza) hazánkban a mindenkori üzemtervi szabályozásnak megfelelő termelési periódusban kitermelt faanyag vagy annak bizonyos hányada, illetve a vágástéren keletkező főképpen gallyakból és fakéregből álló hulladék (apadék). Ezek jellemző arányát mutatja a 6. táblázat.

Választék	%
Ipari fa	45
Tűzifa	35
Apadék	20
Összesen	100

6. táblázat Jellemző erdészeti választék és arányai

A jelenlegi szabályozás értelmében, azt, hogy az erdő hozamából mennyit értékesítenek tűzifaként, a mindkori keresleti-kínálati helyzetet tükröző árviszonyok határozzák meg. Magas tűzifaárak esetében előfordulhat, hogy a teljes hozam tűzifaként értékesül vagy exportra kerül.

Az erdőből kitermelhető fahozam korlátozott a különböző rendeltetésű erdőkben. A legkevésbé korlátozott a kitermelés a gazdasági erdőkben. A védelmi rendeltetésű és egyéb erdőkben a kitermelés korlátozott. Magyarországon kb. az erdőterületek 10%-án van érvényes hozamkorlátozás, oly módon, hogy a vágásérettség idejét 400 évben állapítják meg. A többi erdőterületre, legyen az gazdasági vagy védelmi rendeltetésű erdő elsősorban területi korlátozások vannak, melyek az egyszerre tarra vágható terület maximális nagyságát írják elő.

Ez azonban mozaikos kitermelést alkalmazva jelentősen nem korlátozza a hozamot (Dudás, 2004)

A hazánkban véghasználatban elérhető egyes fafajok hozamait az alábbi, 7. számú táblázat összegzi.

Növény	Jellemző mutatók					
	Energiatart. [MJ/kg]	Átlaghozam [t/ha/év]	Energiahozam [GJ/ha/év]	Nedvesség tartalom	Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	Vágásforduló
Tölgy - k	11,5	2,9	33,2	0,4	0,69	100
Tölgy - kn	11,5	2,5	29,1	0,4	0,69	120
Tölgy - cs	11,5	2,3	26,2	0,4	0,69	100
Bükk	11,5	3,7	42,4	0,4	0,68	100
Gyertyán	11,5	2,5	28,2	0,4	0,83	80
Akác	11,5	5,1	58,2	0,4	0,77	30
Éger	9	3,5	31,8	0,4	0,53	50
Hárs	9	3,5	31,8	0,4	0,53	50
Nyár - f&sz	9	4,3	38,4	0,4	0,5	60
Nyár - óriás	9	4,0	35,8	0,4	0,5	35
Fűz	9	3,9	35,3	0,4	0,5	45

7. táblázat Fafajok jellemző hozamai, energiatartalma és sűrűsége, vágásforduló. Forrás: Danszky 1972, Juhász 2007

Az erdőművelés energiahatékonyságát illetően magyarországi kalkulációk nem állnak rendelkezésünkre, ezért a nemzetközi szakirodalom adataira támaszkodunk. A nemzetközi adatok alapján az erdőművelés igen kedvező energia kihozataalt mutat. Az 1 m<sup>3</sup> kérgezett faanyagra vonatkozó és a teljes termelési életciklust felölelő energiaszükséglet<sup>1</sup> 150-200 MJ/m<sup>3</sup>, attól függően, hogy kisebb (3-4 m<sup>3</sup>/ha/év) vagy nagyobb hozamú (9 m<sup>3</sup>/ha/év) területről van szó (Berg-Lindholm 2003, p. 37). További különbséget okoz a betakarítási technológia, amely a nagyüzemi gépesített technológia esetében 32 MJ/m<sup>3</sup>, míg a motormanuális (kézi láncfűrész) megoldás esetében 27 MJ/m<sup>3</sup>. Feltételezve, hogy a kitermelt fa átlagos energiatartalma 7700 MJ/m<sup>3</sup>, a termeléshez szükséges 200 MJ energiamennyiség mindössze 3%-ot képvisel.

A legnagyobb energiaszükséglettel ugyanakkor a szállítási feladatok rendelkeznek, amelyek a teljes energiaigény 53-56%-át is képesek fölemészteni (Berg-Lindholm 2003, p. 38). Az 1 ha-ra vonatkozó utómunkálatok (tuskózás, gyökérfésű stb.) energiaszükséglete azonban lényegesen alacsonyabb energiaszükséglettel jár és elsősorban a domborzati viszonyoktól függ. Kedvezőtlen domborzati viszonyok mellett 1670 MJ/ha – 300 m<sup>3</sup> véghasználati

<sup>1</sup> Tartalmazza a csemetenevelés, ültetés, ápolás, kitermelés, szállítás energiaszükségletét egyaránt.

hozammal számolva  $\sim 5,5 \text{ MJ/m}^3$ , míg kedvező domborzati viszonyok mellett  $1280 \text{ MJ/ha}$   $\sim 4,2 \text{ MJ/m}^3$ .

Tekintve a hazai erdők hozamát ( $\sim 7200 \text{ MJ/m}^3$ ) és a motormanuális tisztítási és betakarítási technológiát tartalmazó termelés hozzávetőleges energiaszükségletét ( $147 \text{ MJ/m}^3$ ), a hazai erdőgazdálkodás O/I hányadosa  $\sim 50$ . Nem természetes felújítás esetében az utómunkálatok energiaigénye ( $\sim 5 \text{ MJ/m}^3$ )  $\sim 47$ -re rontja ezt a számot.

Az egyes erdészeti műveletek eltérő energiaszükséglettel járnak, és különböző terhelést jelentenek környezetükre. Az erdészeti munkaműveletek az alábbiak:

- I. kivétel: telepítés vagy felújítás
- Ápolás és pótlás
- Befejezett ápolás és tisztítás
- Törzskiválasztó gyérítés
- Növedékfokozó gyérítés
- Véghasználat (Juhász 2007)

Az erdőgazdálkodás káros anyag kibocsátása elsősorban a szaporítóanyag termelésből, ápolási munkákból, kitermelési munkákból és a szállításból adódik. Az alábbi táblázat ezen kibocsátásokat tartalmazza.

Munkafázis	Üvegházhatás	Savasodás	Eutrofikáció
	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> kéreg nélküli rönk	mol H <sup>+</sup> /m <sup>3</sup> kéreg nélküli rönk	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> kéreg nélküli rönk
Szaporító anyag	599	0,1	13
Erdőápolás	299	0,1	12
Kitermelés	5100	1,6	389
Szállítás	7060	1,4	331

8. táblázat Az erdőgazdálkodás kibocsátásai. Forrás: Berg-Lindholm 2003, p. 40.

## 4.2 Alapanyagtermelés – szántóföldi fás szárú energiaültetvény

A szántóföldön termelt ún. rövid vágásfordulójú energiaültetvények leggyakoribb növényei a nyár és fűz különböző hibridjei. Ezen növények magas hozamot képesek produkálni intenzív termesztési körülmények között, azonban igen érzékenyek a termőhely adottságait illetően.

Ennek következtében kedvezőtlen körülmények között hozamuk a hagyományos erdők hozamát sem éri el. Az ültetvényeket 20-30 évre telepítik általában szárdugvánnyal és 2-5 évente aratják. Mind a termőhely iránti érzékenység, mind pedig az intenzív műtrágyázást és növényvédelmet igénylő kultúrákhoz hasonlóan ezen ültetvények is inkább a jó termőképességű és jó vízellátottságú talajokon termelnek megbízhatóan magas hozamot, amely általában 7-25 t/ha/év<sup>2</sup> között ingadozik.

A hazánkban alkalmasnak ítélt fafajok várható átlaghozamát és egyéb jellemzőit az alábbi táblázat mutatja be.

Fás szárú energiauültetvények						
Növény	Energiatart. [MJ/kg]	Átlaghozam [t/ha/év]	Energiahozam [GJ/ha/év]	Nedvesség tartalom	Vágásforduló	Élettartam
Akác - RVF	11,5	7,9	91,3	0,4	4	20
Nyár - RVF	9	20,0	180,0	0,4	4	20
Fűz - RVF	10	30,0	300,0	0,4	4	25

9. táblázat Fás szárú energianövények várható hozamai és jellemzői hazánkban.  
 Forrás: Marosvölgyi 1998; Führer et al. 2003, Bai 1999; Bai et. al 2002; DEFRA (a); Gergely 1988, RVF – rövid vágásforduló, <http://www.biomasszaeromuvek.hu/biomassza/energiaultetvenyek>

A termesztéstechnológia részleteit a 10. számú táblázat foglalja össze.

A termelés energia O/I hányadosa elsősorban a termőhely minőségétől és technológiától függ. Ennek értelmében az extenzíven művelt jó termőképességű területeken 20, míg az intenzíven művelt rossz termőképességű területeken értéke csak 3 (Kohlheb et al., 2003). Egyes tanulmányok ennél sokkal kedvezőbb arányokról is beszámolnak intenzív technológia esetében: 55,3-78,5 (Heller et al. 2003, p. 157)

<sup>2</sup> 40%-os nedvességtartalommal

NYÁR		FŰZ	
Műveletcsoportok	Műveletek, anyagszükséglet	Műveletcsoportok	Műveletek, anyagszükséglet
Talaj-előkészítés	Nyáron 1. glyfosate hatóanyagú gyomirtás	Talaj-előkészítés	Nyáron 1. glyfosate hatóanyagú gyomirtás
	Közép-mély szántás, mélylazítás, boronálás		Közép-mély szántás, mélylazítás, boronálás
	Szántás előtt szerestrágyázás		Szántás előtt szerestrágyázás
	Tavasszal 2. glyfosate hatóanyagú gyomirtás		Tavasszal 2. glyfosate hatóanyagú gyomirtás
Vetés, telepítés	Magágykészítés, március-május között ültetés csemeteültetővel, vagy átalakított káposztaültetővel kisgazdaságokban 10-12000 tó ha sűrűségben	Vetés, telepítés	Magágykészítés, március-május között ültetés csemeteültetővel, vagy átalakított káposztaültetővel kisgazdaságokban 12-15000 tó ha sűrűségben
Növényápolás	Gyomirtás ültetés után három nappal	Növényápolás	Január-február között 1. éves növedék visszavágása
	Január-február között 1. éves növedék visszavágása		Kontakt gyomirtóval gyomirtás
	Kontakt gyomirtóval gyomirtás		Amennyiben szükséges gombaölő és rovarölő szerek használata
	Amennyiben szükséges gombaölő és rovarölő szerek használata	Tápanyagutánpótlás	Április-június között 1. éves növedék műtrágyázása 40 kg/ha hatóanyaggal
Tápanyagutánpótlás	Április-június között 1. éves növedék műtrágyázása 40 kg/ha hatóanyaggal	Tápanyagutánpótlás	Március-augusztus között 2. éves növedék műtrágyázása 60 kg/ha hatóanyaggal
	Március-augusztus között 2. éves növedék műtrágyázása 60 kg/ha hatóanyaggal		Március-augusztus között 3. éves növedék műtrágyázása 100 kg/ha hatóanyaggal
	Március-augusztus között 3. éves növedék műtrágyázása 100 kg/ha hatóanyaggal		Betakarítás
	Betakarítás	Október-december között 4. éves növedék betakarítása speciális vágószerkezettel felszerelt kombájnnal	Ültetvény felszámolása
Ültetvény felszámolása	15 cm-es tarlómagasságra visszavágni	Ültetvény felszámolása	Glyfosate hatóanyagú gyomirtás
	Glyfosate hatóanyagú gyomirtás		Tárcsával, mélylazítóval oldalgyökerek átvágása
	Tuskók kiforgatása exkavátorral		Szárazítás és tárcsázás (5-10 cm mélyen)

10. táblázat Nyár és fűz rövid vágásfordulóú (RVF) energiaültetvények termesztéstechnológiája  
Forrás: DEFRA (a)

Az alábbi táblázatok a fás szárú energia ültetvények életciklusa során keletkező kibocsátásokat összegzi.

	Üvegházhatás	Savasodás	Eutrofikáció
Növény	Mg CO <sub>2</sub> eq./ha	kg SO <sub>2</sub> eq./ha	kg PO <sub>4</sub> /ha
Fűz	11,1	77,7	13,7

11. táblázat Fűz energiaültetvény kibocsátásai. Forrás: Heller et al. 2003, p. 159.

Nyár-RVF		Termelés	Szállítás	Apríték
Primér energiaráfordítás	TJ <sub>Prim</sub> /TJ <sub>BM</sub>	0,0413	0,0247	0,03
ÜHG emisszió	kg CO <sub>2</sub> ekvivalens/TJ <sub>BM</sub>	11 166	2 291	2 465
Savasodás	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/TJ <sub>BM</sub>	69	8	19
Humán és ökotoxicitás	kg NO <sub>x</sub> ekvivalens/TJ <sub>BM</sub>	33	7	20
	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/TJ <sub>BM</sub>	9	3	4

12. táblázat Nyár energiaültetvény kibocsátásai összehasonlításban. Forrás: Hartmann-Kaltschmidt 2002, 275;  
TJ<sub>BM</sub> – tera Joule biomassza

Összehasonlítható és értékelhető eredményeket csupán az utóbbi táblázat mutat, amelynek alapján az intenzív nyárültetvény energetikailag kedvezőnek mondható, hiszen 24-szeres hozamot produkál 1 egységnyi befektetett energia után. A környezetbe kibocsátott szennyezései alapján azonban kedvezőtlenebbnek ítélandó, mint az erdészeti faapríték, különösen az összesített CO<sub>2</sub> és SO<sub>2</sub> kibocsátása mondható magasnak az intenzív technológia következtében.

### 4.3 Alapanyagtermelés – szántóföldi lágyszárú energiaültetvény

A lágyszárú energianövények közül Magyarországon leginkább a kendert, a kínai nádat (*Miscanthus*) és a Szarvasi-1-es néven ismert energiafűvet fogadják el. A várható hozamokat az alábbi táblázat összesíti.

Lágyszárú energiaültetvények						
Növény	Energiatart. [MJ/kg]	Átlaghozam [t/ha/év]	Energiahozam [GJ/ha/év]	Nedvesség tartalom	Vágásforduló	Élettartam
Energiafű	15	13,0	195,0	0,15	1	15
Kínai nád	13	17,0	221,0	0,15	1	15
Kender	15,7	12,5	196,3	0,1	1	1

13. táblázat Lágyszárú energianövények hazánkban várható hozamai.  
Forrás: DEFRA (b), Barcsák et al. 1989; Janowszky 2002; Iványi

Egyre inkább energianövénynek számít azonban a gabona is, mind a teljes növény vonatkozásában, mind pedig a szemtermést tekintve. A gabonák hazánkban várható főtermék és melléktermék hozamait az alábbi táblázat összegzi.

	Szemtermés			Szem- szalma arány	Szalmahozam		
	alacsony	közepes	magas		alacsony	közepes	magas
	t/ha/év				t/ha/év		
Őszi búza	4,0-6,0	6,0-7,5	7,5-9,5	1:1,1-1,4	4,4-8,4	6,6-10,5	8,3-13,3
Tavaszi búza	3,0-5,0	5,0-6,0	6,0-8,5	1:1,1-1,4	3,3-7,0	5,5-8,4	6,6-11,9
Őszi rozs	3,0-4,5	4,5-5,5	5,5-8,5	1:1,3-1,5	3,9-6,8	5,9-8,3	7,2-12,8
Őszi tritikálé	3,5-5,0	5,0-6,0	6,0-9,0	1:1,2-1,4	4,2-7,0	6,0-8,4	7,2-12,6

14. táblázat Gabonák hozamai. Forrás: Hartmann-Kaltschmidt 2002, p. 91

Az alábbi táblázat az egyes lágyszárú energianövények adatait tartalmazza összehasonlításban fás szárú növényekkel, illetve mezőgazdasági melléktermékekkel.

Biomassza szilárd tüzelőanyag	Jellemző éves hozam (víztart.=15% t/ha)	Fűtőérték (víztart.=15%; MJ/kg)	Bruttó éves tüzelőanyaghozam
			GJ/ha
Apadék	1	15,6	16
Gabonamagvak	7	14	98
Gabonaszalma	6	14,3	86
Teljes gabonanövény	13	14,1	183
Repcemag	1,5	17	35-55
Repceszár	3,5	14,2	46-65
Teljes repcenövény	4-5,5	16	82-120
Cukorcirok szeszmoslék	11	7,3	80
Széna	4	14,4	58
Miscanthus (3. év)	15	14,6	219
Takarmányfűvek	8	13,6	109
RVF faültetvények	12	15,4	184

15. táblázat Várható hozamok összehasonlításban. Forrás: Hartmann-Kaltschmidt 2002, p. 77,  
[http://www.biomasszaeromuvek.hu/biomassza/mezogazdasagi\\_termekek](http://www.biomasszaeromuvek.hu/biomassza/mezogazdasagi_termekek)

A lágyszárú energiaültetvények hasonló termesztéstechnológiával rendelkeznek, mint az intenzív fás szárú ültetvények, azonban itt minden évben akár többször is történik betakarítás. Ezért a fás szárú ültetvényekhez képest kevésbé biztosítanak talajtakarást és élőhelyet. A kender esetében még ennél is kedvezőtlenebb a helyzet, hiszen itt egy egyéves növényről van szó, amely letermése után talajművelés következik. Ugyanakkor más szempontból (pl. magas szerves trágya igény, a vetésforgóba való illeszthetőség, jó beltartalmi értékek) a kender kedvezőbbnek mondható, mint egyes évelő lágyszárú energianövények.

ROSTKENDER	
Műveletcsoportok	Műveletek, anyagszükséglet
Talaj-előkészítés	Tarlóhántás, közép-mély szántás, szántáselmunkálás, magágykészítés
Vetés, telepítés	Március végén-április elején gabonavető géppel, hengerezés 85 kg/ha vetőmagszükséglettel
Növényápolás	Vetés után mechanikai gyomirtás
Tápanyagutánpótlás	Istállótrágyázás (30 t/ha) szántás előtt
Betakarítás	Augusztus végéig kenderkombájjal vagy rotációs kasza, nagybálázó – kétmenetes módon

16. táblázat A kender termesztéstechnológiája

A lágyszárú energianövények energetikai jellemzőit és várható környezeti terheléseit mutatja az alábbi táblázat összehasonlításban más energianövényekkel.

		Apríték	Szalma	Tritikálé	Miscanthus	Nyárfa-RVF
Primér energiaráfordítás	$TJ_{Prim}/TJ_{BM}$	0,02	0,07	0,1	0,05	0,05
ÜHG emisszió	kg CO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{BM}$	1 963	7 916	17 794	9 078	11 260
Savasodás	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{BM}$	14	56	120	73	64
Humán és ökotoxicitás	kg NO <sub>x</sub> ekvivalens/ $TJ_{BM}$	15	31	54	23	31
	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{BM}$	3	12	22	9	9

17. táblázat Lágyszárú energianövények kibocsátásai összehasonlításban.  
Forrás: Hartmann-Kaltschmidt 2002, p. 273

A táblázat adatai alapján elmondható, hogy a gabonaalapú energianövények energia kihozatala ( $TJ_{Prim}/TJ_{BM}$ ) és a kibocsátási értékei a legkedvezőtlenebbek, ugyanakkor az erdészeti apríték minden szempontból a legkedvezőbb.

#### 4.4 Alapanyagtermelés – melléktermékek energetikai hasznosítása

Mellékterméknek tekinthetjük a mezőgazdasági, illetve erdészeti termelés vagy feldolgozás során keletkező hulladékokat. Az erdészetben a vágástéri apadék és a gyérítési hulladék tekinthető mellékterméknek. A faipar során pedig mindenféle fűrészipari hulladék (háncs, forgács, fűrészpor) és a kiselejtezett fabútorok, burkolatok jelentkeznek hulladékként. Az erdészeti apadék mértéke a mindenkori véghasználati hozam ~ 20%-a. Ennek begyűjtése azonban nem megoldott, részben a vágástéren kerül elégetésre. A faipari hulladék kb. 4500 m<sup>3</sup>-t tesz ki, amelynek jelentős része falemezipari illetve lakossági hasznosításra kerül (Forrás: <http://www.biomassaeromuvek.hu/erdogazdalkodas/erdosultseg>).

A mezőgazdaság területén elsősorban a termesztett növények szára (szalma) és a kertészeti nyesedék képezi a termelés során keletkező melléktermékeket. Az ipari feldolgozás folyamán a maghéj, ocsú és az olajpogácsa hasznosítható leginkább energetikailag. Ezek hazai hasznosítható volumenét az alábbi táblázat foglalja össze.

Mezőgazdasági melléktermékek	Hozam t/év	Hasznosítható %	Felhasználható t/év	Energiatartalom GJ/t	Energiahozam PJ/év
Kukoricaszár és csutka	14 000 000	30%	4 200 000	13,0	54,6
Kalászosok szalmája	7 000 000	30%	2 100 000	13,5	28,4
Napraforgó szár	1 000 000	30%	300 000	11,5	3,5
Szőlővenyige	200 000	40%	80 000	14,8	1,2
Gyümölcsfanyesedék	400 000	40%	160 000	14,8	2,4
Fa hulladék	1 500 000	40%	600 000	15,0	9,0
Összesen:	24 100 000		6 840 000		90,0

18. táblázat Energetikailag hasznosítható melléktermékek  
Forrás: Barótfi, Kocsis; 1999, 58-60 – Vass 1999, 8-9, Barótfi 2000, p. 10



A táblázat alapján elmondható, hogy az égethető mezőgazdasági melléktermékek magas energiatartalommal rendelkeznek, azonban viszonylag alacsony hányaduk hasznosítható. A magyar hozamokat figyelembe véve ezen melléktermékek 90 PJ éves energiahozammal bírnak. Az EEA (2006, p. 52) tanulmánya alapján azonban Magyarország hulladékból nyerhető teljes energiapotenciálja mindössze 87 PJ/év, amely már tartalmazza az összes egyéb módon hasznosítható szerves és szervetlen hulladékot.

Ökológiai szempontból a mezőgazdasági és az erdészeti termelés során keletkező melléktermékek nagy részének (vágástéri gallyak, szalma) a termőhelyen kellene maradnia a tápanyagforgalom zárása érdekében. Ezért nem szerencsés ezen hulladékok nagy volumenben való betakarítása különösen olyan területeken, ahol a mesterséges tápanyag-visszapótlás nem engedélyezett. Ugyanakkor a szalma nagyobb mennyiségű beszántása a talaj C:N arányának kedvezőtlen eltolódásához (ún. pentozán hatás) vezet, amelyet N műtrágya adagolásával kell ellensúlyozni (Barótfi 2000, p. 10).

A melléktermékek termelésének energetikai és kibocsátási mutatóinak bemutatásától eltekintünk, mert azok szorosan összefüggenek a főtermék mutatóival.

## **4.5 Feldolgozás**

Az égetésre szánt biomassza a betakarítás után akár több lépcsőben is átalakítási folyamatokon mehet keresztül, amelyek javítják szállíthatóságát, eltarthatóságát, az égésterbe való adagolhatóságát és égési tulajdonságait. Ilyen átalakítási folyamatok a tömörítés (bálázás, pelletálás, brikettálás), aprítás (szecskázás, hasítás, forgácsolás, bálabontás) és szárítás. Az alábbiakban ezen folyamatokat mutatjuk be energiaigény és hatékonyság szempontjából.

### **4.5.1 Bálázás**

A bálázás a szalma és esetleg szárzúzott fiatal fás szárú növények esetében alkalmazható technológia. Kis és nagy hasábbálák valamint körbálák készíthetőek, amelyek hozzávetőleges sűrűsége 150-300 kg/m<sup>3</sup>, a kis hasáb bála súlya 25-30 kg, a nagy hasábbála súlya 600-1000 kg, a körbála súly pedig 600-700 kg. Kisbálázó gép 25 kW teljesítmény igényű teljesítménye: 13 t/h. A körbálázó teljesítményigénye 40 kW, teljesítménye szalmában 25 db/óra vagyis ~15

t/h szalma. Ennek alapján az erőgép 30%-os hatásfoka mellett  $0,001-0,002 \text{ MJ}_{\text{Prim}}/\text{MJ}_{\text{BM}}$  energiafogyasztással kell számolni.

#### 4.5.2 Aprítás

A tüzelésre kerülő alapanyag aprítása történhet rönkfa esetében hasítással, darabolással és forgácsolással. A forgácsolással aprító gépek szeletelő, dob vagy csiga rendszerben apríthatnak. A legkeményebb alapanyag aprítására a csiga aprítók alkalmasak, de ezek készítik a legnagyobb méretű forgácsot (20-80 mm) és igénylik a legtöbb energiát is (30-130 kW, teljesítményük  $50-40 \text{ m}^3/\text{h}$ ). A dobforgácsológépek 5-80 mm hosszú forgácsot készítenek 15-100 kW teljesítményigény mellett  $15-100 \text{ m}^3/\text{h}$  teljesítménnyel. A szeletelő forgácsológépek a legpuhább fafajok forgácsolására alkalmasak, energiaszükségletük 8-105 és teljesítményük  $2-60 \text{ m}^3/\text{h}$  (Hartmann-Kaltschmidt 2002, p. 100). A tüzelőanyag még apróbb szerkezetűre történő aprítását kalapácsos darálók és különböző őrlő szerkezetek végzik.

A szalmatüzelés esetében a pontos és folyamatos adagolás érdekében a bálákat különböző bálabontókkal (tépdob, szeletelő, kaparóaljzat) szétbontják (Hartmann-Kaltschmidt 2002, p. 101). Az így újra laza szerkezetűvé vált szalmát futószalag továbbítja a tüztérbe.

#### 4.5.3 Brikettálás

A brikettálás folyamán az aprított állapotban lévő növényi részek préselése történik meg általában dugattyús vagy csigas prések segítségével. A tömörítés következtében az anyag sűrűsége nő, ami a brikettálás esetében  $0,8-1,4 \text{ t}/\text{m}^3 \rightarrow 1-1,1 \text{ t}/\text{m}^3$  sűrűségnövekedést jelent. Különösen hatékony a tömörítés a porszerű faipari hulladékok esetében, ahol a hulladék térfogata hetedére-tizedére csökkenhet. A brikettek átmérője  $\text{Ø}100-155 \text{ mm}$  között ingadozik. A folyamat hatásfoka 98-99%-os, ami azt jelenti, hogy a tömörített anyag energiatartalmának 1-2%-át használódik el a brikettáláskor, vagyis a teljes előállítási folyamat hatékonysága további 1-2%-al romlik. A brikett fűtőértéke 17-18 MJ/kg, ami magasabb a hasábfűtőértékénél.

A brikettálás energiaigénye Marosvölgyi szerint (Marosvölgyi 2002, p. 125) 40-80 kWh/t, azaz 0,1386 MJ/kg. Így hatékonysága 99%-os is lehet. Nagyban befolyásolja azonban az energiaigény alakulását a brikettálandó alapanyag nedvességtartalma, amelynek következtében a folyamat hatékonysága 70-80%-ra is csökkenhet.

#### 4.5.4 Pelletálás

A pelletálás, akár csak a brikettálás, a tömeg/térfogat arány javítására szolgál, és hengermatricás vagy síkmatricás pelletáló berendezésekben történhet. Az elérhető maximális sűrűség 0,7-0,9 t/m<sup>3</sup>. A pellet átmérője Ø6-12 mm között lehet, fűtőértéke 17,3-18 MJ/kg.

A pelletálás energiaigényére vonatkozóan eltérő adatok állnak rendelkezésre. Marosvölgyi (Marosvölgyi 2002, p. 119) szerint 32,5-38,5 kWh/t, ami 0,138 MJ/kg értéket jelent a pelletált anyag 10-14%-os nedvességtartalma esetében. Patzek-Pimentel (2005, p.344) szerint a pelletálás energiaigénye akár 16 MJ/kg is lehet, vagyis a pelletált fa energiatartalmának (20 MJ/kg sz.a.) 80%-át felemészti. Valamelyest alacsonyabb eredmények származnak ugyanezen tanulmányból, ahol az aprítás (0,8 MJ/kg<sup>3</sup>), a szárítás (4 MJ/kg) és a pelletálás (1,8 MJ/kg) együttes értéke 6,6 MJ/kg 55%-os nedvességtartalmú alapanyag és 10% nedvességtartalmú pellet esetében (ebenda, p.345). Ezen adatok már közelebb állnak Marosvölgyi (2002, p.125) értékéhez, amely 30%-os nedvességtartalmú alapanyag brikettálásakor 2,16 MJ/kg (600 kWh) energiaigénnyel számol.

Mindkét eljárás akkor mondható hatékonynak, ha egyébként nem hasznosított hulladékok energetikai felhasználását eredményezi, hiszen ilyenkor az aprítás és esetleg a szárítás energiaszükséglete is elmaradhat.

#### 4.6 Szállítás

Az energetikai célra szánt biomassa szállítása történhet feldolgozott, vagy feldolgozatlan formában. A hatékony szállítás érdekében célszerű a térfogat/tömeg arányt csökkenteni. Ez különösen a nagy térfogattal rendelkező melléktermékek, hulladékok esetében indokolja a préselést, tömörítést. A szállítás energiaigénye 1,4-5 MJ/tkm között ingadozik, attól függően, hogy milyen hatékonyságú a motor és hány tonnás a teherautó. Természetesen minél nagyobb a motor és az egyszerre elvihető súly, annál hatékonyabb energetikailag a szállítás.

#### 4.7 Közvetlen égetés

A biomassa közvetlen égetése sokféle módon történhet a kis háztartási kályháktól egészen a nagy kapacitású kazánokig. Az égetés hatásfoka elsősorban az égetés tökéletességétől és a

---

<sup>3</sup> Ugyanebben a tanulmányban Patzek-Pimentel (2005) idézi Spinelli és Hartsough (2001) tanulmányát, amely szerint az aprítás energiaigénye mindössze 0,123 MJ/kg aprított faanyag, ellentétben a 0,8 MJ/kg-os értékkel.

hőcserélők teljesítményétől, valamint a keletkezett hő hasznosítási módjától függ. Ezt pedig az égetés és az égető berendezés típusa határozza meg. Két alapvető típust különböztethetünk meg: direkt tüzelők és előtéttüzelők, más néven elgázosító kazánok. A direkttüzelők egy tüztérrel rendelkeznek és általában kisebb teljesítményű berendezések. Ilyenek a pl. háztartási kályhák, kandallók, amelyek hatásfoka 40-60% közé tehető. Az előtéttüzelők osztott tüztérrel rendelkeznek, ahol először primer levegő hozzákeverésével tökéletes égés történik, amelynek során pirolízis gázok keletkeznek. Ezek a második tüztérben szekunder levegő bevezetésével égnak el biztosítva a tökéletes égést. Az ilyen berendezések általában nagyobb kapacitásúak, de kereskedelmi forgalomban vannak már akár 90-95%-os hatásfokkal rendelkező vezérelt égetést biztosító háztartási kazánok is, ahol  $\lambda$ -szonda segítségével mesterséges úton biztosítják a tökéletes égéshez szükséges levegő bejuttatását az általában osztott tüztérbe. A hatékony hőelvonást keringtető szivattyúval ellátott rendszer biztosítja (Marosvölgyi 2002, p. 103-109 nyomán).

Nagyban meghatározza az égetés hatásfokát a keletkezett hő hasznosítása is. Ha pusztán fűtésre használjuk a megtermelt hőt, általában 70-80% körüli hatásfokot érhetünk el. Ha a hőt generátorokban villamos energia termelésére használjuk, a hatásfok nem lehet több 30%-nál. Kapcsolt hő és elektromos áram termelés esetében érhető el a legmagasabb, 90% körüli hatásfok. Ezen hasznosítási különbségek az energiahatékonyságban és a kibocsátásokban is megmutatkoznak. Az erre vonatkozó eredményeket az alábbi táblázat foglalja össze.

		Csak elektromos áram				Kapcsolt hő+e.áram			
		Tritikálé (tn)	Miscanthus	Nyárfa R.VF	Tűzifa	Tritikálé (tn)	Miscanthus	Nyárfa	Tűzifa
Primér energiaráfordítás	GWh <sub>prim</sub> /GWh	0,43	0,24	0,25	0,17	0,15	0,08	0,09	0,06
ÜHG emisszió	kg CO <sub>2</sub> ekvivalens/GWh	287 004	178 898	182 044	71 322	101 988	63 884	65 282	25 784
Savasodás	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/GWh	4 580	2 626	1 931	1 312	1 627	938	692	474
Humán és ökototoxicitás	kg NO <sub>x</sub> ekvivalens/GWh	2 571	1 070	1 302	1 161	914	382	467	420
	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/GWh	1 738	1 048	551	427	618	374	198	154

19. táblázat A hőhasznosítás energiamérlege és kibocsátásai. Forrás: Hartmann-Kaltschmidt 2002, p. 285

A táblázat alapján egyértelmű, hogy a kapcsolt hő és villamos energiatermelés minden tekintetben kedvezőbb számokat mutat. Tehát a biomassza közvetlen égetése akkor mondható hatékonynak, ha az egyszerre hőt és áramot is termel. Ezért a villamos energiatermelés csak abban az esetben indokolt, ha egyben a termelt hő is hasznosul, vagyis ilyen erőművek szakaszos, a fűtési szezonra korlátozott üzemeltetése indokolt!

Az égetés melléktermékeit nagyban meghatározza az égetett anyag beltartalma is. A lágyszárú növények összetétele más, mint a fásszárúaké, több cellulózt és kevesebb lignocellulózt tartalmaznak. Továbbá N, P, K tartalmuk is magasabb. Ezért a lágyszárú energianövények eltüzelésekor - a fatüzeléshez képest- több a salak, nagyobb a nitrogén- és klórtartalom a füstgázban és alacsonyabb a salakolvadási hőmérséklet. Svájci vizsgálatok szerint, míg a fában csak 0,002% a Cl-tartalom, addig a takarmányfű 0,982%, az energiafű 0,348%, a télibúza szalmája 0,223% klórt tartalmaz (Barótfi et al. 2001, p. 132). Mindez megnöveli az emissziót és az üzemeltetési kiadásokat. A füstgáz magas klórtartalma pedig többlet korrózióhoz vezet és a határértékek túllépését is eredményezheti.

Feltételezhető, hogy az intenzív termesztési mód bizonyos mértékig növeli az energianövények nemkívánatos beltartalmi értékeit és így bár nagyobb a hozam, de az égetés szempontjából silányabb a minőség (Kohlheb et al., 2003). A kedvezőtlen beltartalmi értékek javíthatóak a kimosódás lehetőségének növelésével, vagyis pl. a többször megázott szalma vagy széna beltartalmilag alkalmasabb tüzelésre, mint a frissen szárított.

Az alábbi táblázatok a lágyszárúak beltartalmi értékeit tartalmazza faaprítékkal összehasonlításban.

Biomassza	Kémia összetevők [sz.a. t%]						Fűtőérték [MJ/kg]
	C	H	O	N	S	Cl	
Búzaszalma	45,6	5,8	42,4	0,48	0,082	0,19	17,3
Kukoricaszár	45,7	5,3	41,7	0,65	0,12	0,35	17,5
Kender	46,1	5,9	42,5	0,47	0,1	0,2	15,7
Bükkfa	47,9	6,2	45,2	0,22	0,015	0,006	18,5
Kéreg	47	5,4	40	0,4	0,06	0,019	16,2
Nyárfa+kéreg	47,5	6,2	44,1	0,42	0,031	0,004	15
Miscanthus	47,5	6,2	41,7	0,73	0,15	0,22	17,4

20. táblázat Lágyszárúak és fás szárúak beltartalmi értékei. Forrás: Hartmann-Kaltschmidt 2002, p 396

A lágyszárúak égetési melléktermékei, az alacsony sűrűségből származó szállítási problémák és a tömörítés többlet energiaszükséglete miatt közvetlen égetésre inkább a fás szárú növényeket javasoljuk, a lágyszárú növények friss zöld állapotban alkalmasabbak biogáz előállítására.

## 5 A biomassza folyékony üzemanyagként való felhasználása

A közlekedés a villamos-, és hőenergia-szolgáltató szektor mellett a legnagyobb energia felhasználó: az ország teljes végső energiafelhasználásának mintegy 25%-át használjuk szállítási és közlekedés céljára. Emellett a közlekedés a hazai CO<sub>2</sub> kibocsátás kb. 20%-ának okozója, ezen belül túlnyomórészt a közúti közlekedés. Lényeges azonban, hogy az egyéb szektorokra jellemző általános csökkenéssel szemben a közlekedés energiafelhasználása és CO<sub>2</sub> kibocsátása is folyamatosan növekszik (csak 1990 és 1999 között 19%-kal!). A gépjárművek száma, a megtett utaskilométerek és az aggregált üzemanyagfogyasztás is egyaránt folyamatos növekedést mutat a fajlagos fogyasztás fokozatos csökkenése ellenére. A VPOP adatai alapján mintegy 30%-kal nőtt a hazai üzemanyagfogyasztás 2001 és 2006 között.

Az energia és klímapolitika világszerte kiemelt célként jelöli meg a közlekedési célú energiafelhasználás környezetbarát, alacsony karbon-intenzitású lehetőségeinek bevezetését és kutatását. Az alternatív (pl. elektromos, hibrid- vagy hidrogén) meghajtású motorok fejlesztése mellett az egyik legjelentősebb fejlesztési terület a biomasszából készülő folyékony motorüzemanyagok (bioüzemanyagok) fokozott alkalmazása. Előbbiekhez képest a bioüzemanyagok egyik nagy előnye ugyanis, hogy a jelenlegi gépjárművekben alkalmazott műszaki megoldások mellett is lehetőség nyílik a bioüzemanyagok – technológiától függő arányban történő – bekeverésére a hagyományos motorhajtóanyagokba (benzin, gázolaj).

Tanulmányunkban a legelterjedtebb bioüzemanyagok (biodízel és bioetanol) életciklus szemléletű elemzésére vállalkozunk a hazai és nemzetközi kutatási eredmények és tanulmányok megállapításaira is támaszkodva.

Bioetanol alatt olyan növényi eredetű etil-alkoholból (etanolból) álló anyagot értünk, amely benzint helyettesítő, vagy annak adalékaként szolgáló motor-üzemanyag előállítására alkalmas (Otto-motorokhoz). Bioetanolt jellemzően vagy az oktánszámnövelő metil-tercier-butil-éter (MTBE) helyettesítéseként használnak etil-tercier-butil-éter (ETBE) formájában, vagy pedig a motorbenzinbe keverik valamekkora térfogatszázalékban. Ismert keverékek az E2, E5, E10, E15, E20, E25, E50, E85 (a szám az etanol térfogatszázalékát jelenti a motorbenzinben) keverék.

A biodízel telítetlen zsírsavakból előállított metilészter (átészterezett növényi olaj). Előállítása történhet növényi olajokból: Európában a repce és napraforgó terjedt el (RME – repce-metil-észter, SME – napraforgó-metil-észter), továbbá pálmaolajból (CPO), illetve használt

sütőolajból, állati zsiradékokból. Biodízel is különböző arányban keverhető a hagyományos dízelolajjal (Diesel-motorokhoz).

Az EU bioüzemanyagokról szóló 2003/30/EK irányelve az összes üzemanyag-felhasználáson belül 2010-re 5,75%-os, 2020-ra pedig 10%-os kötelező felhasználási referenciaértéket ír elő (energiatartalom alapján!). Az 5,75%-os referenciaérték elérése a 2010. évi várható benzin- és gázolaj-fogyasztást figyelembe véve az EU-25 tagállamaiban kb. 12,6 millió tonna bioetanol-, valamint 11,5 millió tonna biodízel-felhasználást jelent, azonban az EU-25 tagországi 2005-ben csupán 1,4%-os részarányt értek el (Popp, 2007). Az európai üzemanyagszabványok átvételével Magyarországon is biztosítanunk kell az összhangot az elérni kívánt bioüzemanyag-hányad és az üzemanyagokba bekeverhető biokomponensekre vonatkozó szabványok között is (VPOP, 2007)

Az Európai Unió a környezeti szempontból is fenntartható bioüzemanyag előállításra törekszik. Tehát a fosszilis energiatartalom és ÜHG kibocsátás csökkentése mellett a magas energiaigényű bioüzemanyag-feldolgozási technológiák kerülését, továbbá az energetikai célú erdőművelés, valamint mezőgazdálkodás fenntartható művelését is peremfeltételként határozza meg a bioüzemanyagok felhasználását ösztönző célelőirányzatok mellett.

A bioüzemanyagok előállítására és alkalmazására vonatkozó irodalmi forrásokban fellelhető gazdaságossági számítások és elemzések természetesen mindenkor az aktuális szabályozás figyelembevételével (vám, adó, környezetvédelmi díjak, kőolaj aktuális piaci ára, stb.) készülnek, továbbá többnyire nem tartalmazzák teljes társadalmi (externális) költségeket, amelyeket azonban figyelembe kell venni a döntéshozatal során!

Mindemellett, a mai piaci viszonyok és technológiák esetében az EU-ban előállított biodízel kb. 60 euró/hordó olajár körül, míg a bioetanol 70-90 euró/hordó áránál térül meg. Ezzel szemben pl. a legnagyobb bioetanol-gyártó Brazíliában már hordónkénti 35-40 dolláros áránál, a második helyen álló USA-ban pedig hordónkénti 44 dolláros áránál válik versenyképessé a bioetanol az olajjal szemben (Popp, 2007).

A fölösleges mezőgazdasági kapacitások felhasználása bioüzemanyagok előállítására semmiképpen nem tekinthető a fosszilis források globális alternatívájának. És bár jelenleg a fejlett országok agrártútermelésének levezetésére szolgáló vonzó opcióként is megjelenik a bioüzemanyagok előállítását szolgáló mezőgazdálkodás, de egy a közelmúltban megjelent MTI hír is jól illusztrálja, hogy nemcsak etikai és morális, hanem szociális kérdéseket is felvet

az élelmiszernövények egyszerű tüzelőanyagként vagy motorhajtóanyagként való felhasználása.

***Miután egy hét leforgása alatt mintegy negyedével nőtt a nemzeti ételnek számító, kukoricaliszt-alapú tortilla ára Mexikóban, a mexikói kormány pénteken jóváhagyta a vámmentes kukoricaimportot.***

*Eduardo Sojo gazdasági miniszter 450 ezer tonna amerikai, és 200 ezer tonna más országokból származó kukorica vámmentes bevitelét engedélyezte. Mexikóvárosban egy kiló tortilla ára elérte a tíz pezót (71 eurócent). Az emelkedés háztartások millióit érinti, hiszen Mexikóban a tortilla mindennapos eledel, sokan naponta több étkezéshez is fogyasztják.*

*A felszökő árakért egyebek között a spekulánsokat teszik felelőssé, szakértők szerint azonban a kukoricaárakat az is felhajtja, hogy egyre nagyobb a kereslet a kukoricából előállított etanol, mint bio-üzemanyag iránt az Egyesült Államokban.*

*MTI 2007. január 14.*

## **5.1 Az alapanyagtermesztés feltételei**

Ebben a fejezetben a bioüzemanyagok előállításához alkalmazott mezőgazdasági művelés és nyersanyag-feldolgozás környezeti hatásait mutatjuk be a hazai lehetőségek figyelembevételével, és röviden kitérünk az esetleges alapanyagimport lehetőségeinek vizsgálatára is.

### **5.1.1 Hazai növényi alapanyagok**

A bioetanol gyártásának alapanyaga vagy magas cukortartalmú növény (pl. cukorrépa, cukornád) vagy olyan anyagot tartalmazó növény, melyet kémiai-biológiai reakciók sorozatával cukorrá lehet alakítani (pl. keményítőtartalmú növények, tehát kukorica, búza, burgonya stb., vagy cellulóz tartalmú növények: fa, fűfélék, gabonaszárak, szalma). A bioetanol termelés így széleskörű nyersanyagbázisra épülhet, valamint lehetőséget kínál a jelenlegi mezőgazdasági melléktermékek és hulladékok felhasználására is. Jelenlegi technológiával többnyire egyszerű cukrokat és keményítőt tartalmazó növények feldolgozásával állítanak elő bioetanol. A közeljövő technológiáját azonban mindenképpen a jelenleg intenzíven kutatott cellulóz és hemicellulóz alapú, ún. másodikgenerációs bioetanol-előállítás jelentheti. Magyarországon elsősorban a kukorica, búza és a csicsóka, valamint a cukorrépa jelentheti az elsőgenerációs bioetanolgyártás nyersanyagbázisát.



Műveletcsoportok	Őszi búza Műveletek, anyagszükséglet	Szemes kukorica Műveletek, anyagszükséglet	Csicsóka Műveletek, anyagszükséglet
Talaj-előkészítés	Tarlóhántás, kultivátorozás, hengerezés	Tarlóhántás, hengerezés, gyomirtás kultivátorral, istállótrágyázás	Tarlóhántás, hengerezés,
	Közép-mély szántás, fogasolás, gyűrűs hengerezés	Közép-mély szántás, boronálás, simítózás	Közép-mély szántás, boronálás, simítózás
Vetés	Magágykészítés kombinátorral	Magágykészítés kombinátorral	Magágykészítés kombinátorral
	Vetés október 10-20 között, 5 millió db csíraszámmal	Vetés április közepétől 60-70 ezer db tőszámmal	Gumók ültetése március-április közepétől
Növényápolás	Tavasszal gyomfésűvel mechanikai gyomirtás	Vetés előtt talajfertőtlenítés	Gyomirtás szükség esetén kultivátorral
	Amennyiben szükséges gombaölő és rovarölő szerek használata	Kelés után gyomirtás fogással, szükség esetén vegyszeres gyomirtás, rovar-és gombaölő szerek alkalmazása	Szántáskor 50 kg N; 150 kg P; 200 kg K műtrágya hektáronként a magas terméshez
Tápanyagutánpótlás	Szántáskor 50 kg N; 40 kg P; 72 kg K műtrágya hektáronként	Szántáskor 50 kg N; 66 kg P; 132 kg K műtrágya hektáronként	Fejtrágyaként 50 kg N/ha
	Fejtrágyaként 50 kg N hektáronként	Fejtrágyaként 100 kg N műtrágya hektáronként	Extenzív körülmények között műtrágyázást nem igényel
Betakarítás	Betakarítás gabonakombájnnal a szemek 16%-os nedvességtartalmánál	Betakarítás szeptember-októberben a szemek 25-40%-os nedvességtartalmánál	Betakarítás szeptember-októberben a szemek 25-40%-os nedvességtartalmánál

21. táblázat. Hazai bioetanol alapanyagok mezőgazdasági termesztésének igényei

A biodízelgyártás legelterjedtebb növényi alapanyagai világszerte a repce, napraforgó, valamint a szója és pálmaolaj. Biodízelt előállítanak továbbá állati zsírokból is és használt

Műveletcsoportok	Napraforgó Műveletek, anyagszükséglet	Repce Műveletek, anyagszükséglet
Talaj-előkészítés	Tarlóhántás	Tarlóhántás, hengerezés
	Közép-mély szántás, boronálás, simítózás	Közép-mély szántás, boronálás, simítózás
Vetés	Magágykészítés kombinátorral	Magágykészítés kombinátorral
	Vetés április közepétől, 50-60 ezer tőszámmal	Vetés augusztus végén, szeptember elején 1 millió db csíraszámmal
Növényápolás	Vetés kisorolása után lazítás, gyomirtás kultivátorral	Méhkímélő rovarölő szerek használata ősszel és tavasszal
	Amennyiben szükséges gombaölő és rovarölő szerek használata	Gyomirtás nem szükséges, a növény jó gyomelnyomó
Tápanyagutánpótlás	Szántáskor 41 kg N; 60 kg P; 140 kg K műtrágya hektáronként	Szántáskor 40 kg N; 70 kg P; 86 kg K műtrágya hektáronként
	Magágykészítéskor 42 kg N hektáronként	Fejtrágyaként 60 kg N műtrágya hektáronként
Betakarítás	Betakarítás átalakított gabonakombájnnal a kaszatok 16-18%-os nedvességtartalmánál	Betakarítás egy- vagy kétmenetben a magok 10-12%-os nedvességtartalmánál

22. táblázat. Hazai biodízel alapanyagok mezőgazdasági termesztésének igényei

sütőolajból is. Magyarországon a napraforgó és a repce jelenti a biodízel széleskörben alkalmazható potenciális növényi alapanyagait.

Az 23. táblázat a jelenlegi kínálati oldalt reprezentálja, feltüntetve Magyarország kukorica- és búzatermelésének (bioetanolhoz) valamint napraforgó- és repcetermelésének (biodízelhez) 5 éves (2001-2005) átlagait az egyes hazai régiókban.

Régiók	Repce	Napraforgó	Kukorica	Búza
	<b>[ezer tonna]</b>			
<i>Észak-Magyarország</i>	42	142	287	506
<i>Észak-Alföld</i>	20	243	1577	898
<i>Dél-Alföld</i>	30	229	1282	1147
<i>Közép-Magyarország</i>	16	62	256	244
<i>Közép-Dunántúl</i>	26	111	833	597
<i>Nyugat-Dunántúl</i>	45	51	655	498
<i>Dél-Dunántúl</i>	41	101	2088	739
<b>Összesen</b>	<b>220</b>	<b>939</b>	<b>6978</b>	<b>4629</b>

23. táblázat. Magyarország mezőgazdasági termelése. Hingyi et al., 2006 alapján

Amennyiben minden tervezett hazai bioetanol beruházás megvalósul, a bioetanol előállítási céllal feldolgozott a hazai gabona mennyisége meghaladná a 9 millió tonnát, amiből 3 millió tonna bioetanol állítható elő. Szakértők szerint ez a gabonaigény meghaladja azt a mennyiséget, amit belső termelésből biztonságosan elő lehet állítani, a jelenlegi komoly intervenciók készletek ellenére (Popp, 2007).

A tervezett és bejelentett biodízel-előállító üzemek outputkapacitása összesen több mint 400 ezer tonnára tehető, ami mintegy 1,3 millió tonna olajosmag feldolgozását tenné szükségessé, ami szintén nem elégíthető ki a jelenlegi termelést alapul véve (Popp, 2007).

### 5.1.2 Alapanyag-import

A bioetanol EU-n kívülről történő importja, és a jelenlegi védővámok eltörlése a hazai és európai bioetanol-termelés megszűnését jelenthetné, mert az USA és Dél-Amerika (Brazília, Mexikó) termelői áraival nem tudnak versenyezni az európai termelők. Az EU hektoliterre vetítve megállapított vámtarifái jelenleg a következők: a denaturált etil-alkohol vámja 10,2 EUR/hl, a nem denaturált etil-alkoholé 19,2 EUR/hl (Popp, 2007).

A biodízel-előállítás növekedésének kedvezhet a vámmentes alapanyag-import (az olajnövények importja vámmentességet élvez, mert az EU önellátottságának szintje fehérjehordozóból fehérjekoncentrátumban kifejezve mindössze 25%). A növényi olajok

termelésének korlátlan növelése a fejlődő országokban azonban környezeti károkhoz (erdőirtás) vezethet. (Popp, 2007). A biodízel EU-s vámjá jelenleg 6,5%.

## **5.2 Fenntarthatósági szempontok**

Meg kell határozni, hogy a hazai bioüzemanyag-termelés milyen stratégiai célok szolgálatába állítjuk elsősorban. Amennyiben elsődlegesen a meglévő mezőgazdasági túltermelési felesleg levezetése a legfontosabb szempont, úgy a jelenlegi mezőgazdasági művelés növekedésével és jelentős környezeti többletterheléssel nem kell számolnunk. Mindemellett a gazdák intervenciók felvásárlásuktól való függetlenedését és piacképes ártermelését is elősegíthetjük. Gazdaság-társadalmi szempontból azonban féltendő, hogy elsősorban a nagy Észak- és Nyugat-Európai felvevőpiac növekvő keresletei az intenzív mezőgazdálkodás irányába tolnák a szektort, továbbá várható az élelmiszer és takarmánynövények árának jelentős emelkedése is, mivel a bioüzemanyagok az élelmiszer és takarmánycélú termesztéssel versenyeznek alapanyagokért.

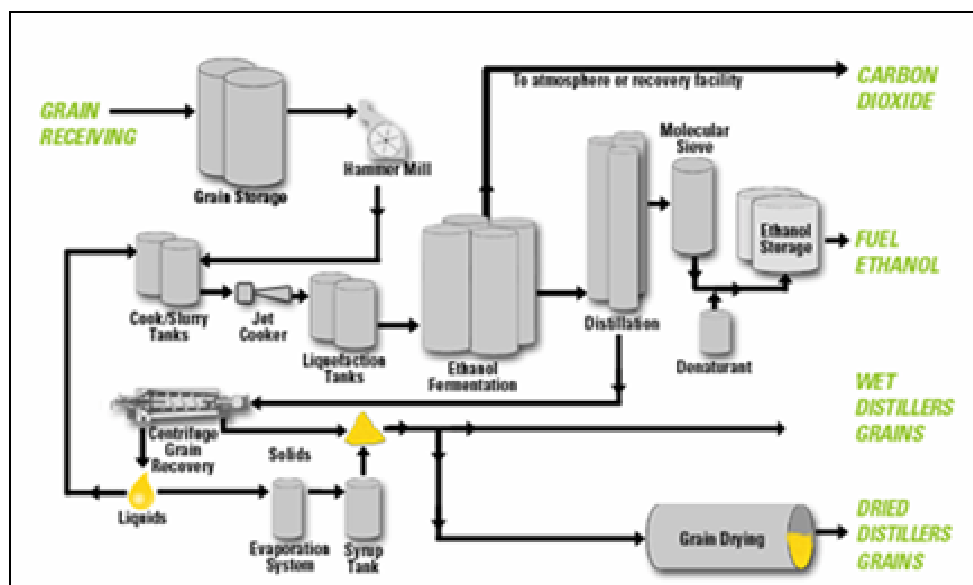
Mint ahogy korábban említettük megfogalmazódtak olyan aggodalmak, amelyek szerint a globális bioüzemanyag-kereslet növekedésével az import a fejlődő országokban veszélybe kerülhet a megfizethető élelmiszer. Ezenkívül a trópusi erdők tarvágásával helyet adva a szója és palma ültetvényeknek az import közvetlenül módon az érzékeny területek további felszámolásához járul hozzá. Ilyenre volt példa a közelmúltban az Indonéz szigetvilágban, ahol Borneó és Szumátra szigetén veszélyeztetett orángután fajok élőhelyei kerültek végveszélybe.

### **5.2.1 A feldolgozás feltételei**

#### **5.2.1.1 Bioetanol-előállítás**

Az alapanyagok előkészítése során a szemeket darálják, majd a rostok, sejtfalak szétroncsolása történik (pl. nagy nyomású főzéssel, gőzöléssel), hogy a későbbi kémiai és biológiai reakciók a lehető legnagyobb felületen mehessenek végbe. Ezután savas hidrolízissel, vagy enzimes hidrolízissel (pl. alfa-amiláz, béta-amiláz, glükó-amiláz segítségével) történik meg a hosszú szénhidrát-láncok feldarabolása és glükózzá alakítása. Az erjesztés során élesztő bekeverésével, hűtött körülmények között történik meg az alkohol előállítása, az eredmény a nyersanyagtól és annak előkészítésétől függő, de alacsony

alkoholtartalmú (10-18%), nagy víztartalmú és szilárd maradványanyagot is tartalmazó cefre keletkezik. A cefréből az alkohol kivonása több fokozatú desztillációval történik, a desztilláció végterméke általában 95-96%-os alkohol, melyből általában molekulaszűrő segítségével érik el a 99,9%-os tisztaságot. A tiszta alkoholt a végfelhasználásnak megfelelően denaturálják vagy benzinbe keverik. A maradványanyag (DGS – Distillery Grain with Solubles, vagy DDGS – Dried Distillery Grain with Solubles) a desztilláció utáni cefremaradvány szárazanyag tartalma. A szárazanyagot a vízből centrifugálással vonják ki, és/vagy bepárlással. Az így nyert, magas nedvességtartalmú (60-70%*m/m* nedvesség) DGS takarmányozásra használható ugyan, de nem tartható el néhány napnál hosszabb időn át. A hosszú idejű tárolás érdekében a DGS-t legalább 16%-os nedvességtartalom alá ki kell szárítani, így kapjuk a DDGS-t, ami alacsony nedvességtartalmú, magas fehérje és rosttartalmú, takarmányként jól hasznosítható anyag (Wikipedia nyomán). Az eljárás vázlatát az amerikai ICM gyár működését bemutató modelljén szemléltetjük.



9. ábra Szárzórléses etanolgyártás. Forrás: ICM Inc

Fontos leszögezni, hogy a közeljövő technológiáját a cellulóz és hemicellulóz alapú, ún. másodikgenerációs bioetanol-előállítás jelentheti, ami egyelőre Európában még intenzív kutatás fázisában van, az első pilot üzemeket Svédországban jelenleg is építik.

Elemzésünkben ezért a hazánkban is üzemben illetve tervezés alatt álló elsőgenerációs bioetanol-gyártásra jellemző anyag és energiamérleg, fontosabb környezeti hatáskategóriákat vizsgáljuk. Az amerikai ICM Inc. bioetanolgyártó cég adatai alapján végzett számításaink

szerint ezzel a (szárászórléses) technológiával 1 liter bioetanol előállításához hozzávetőleg a következő fontos anyag és energia inputokra van szükség.

<b>Villamosenergia</b>	<b>2,84 kWh</b>
Hőenergia	135,768 MJ (kb. 3,9 m <sup>3</sup> földgáz)
Víz	11-15 liter

24. táblázat. 1 liter bioetanol előállításához szükséges inputok

A bioetanol fenti módszerrel történő előállítása technológiai szempontból jól ismert, problémamentesen üzemeltethető eljárás.

Az bioetanol előállítás termékkihozatalát tekintve, egy kg glükózból elméletileg 51,1% etanol nyerhető, a gyakorlatban ez a legkedvezőbb esetben 48% körüli érték, kiegészítve mintegy 1200 kJ/kg hőenergia fejlődésével. A fejlesztési lehetőségek itt tehát a celluláz enzim minél olcsóbb előállításában és a képződő hatalmas szennyvíz mennyiség (kb. 13 liter víz/liter bioetanol) hatékony kezelésében (pl. biogáz-előállítás), illetve újrahasznosításában keresendők (Bai, 2003).

Hazai viszonyok között állagosan egy tonna búzából 360 l, míg egy tonna kukoricából 376 l bioetanol állítható elő. A hazánkban megtermelhető fontosabb ipari alkohol előállításánál alapanyagként felhasználható növényeknél - magyarországi környezeti viszonyok között - 1 ha területen előállítható tiszta etanol mennyiségét az 25. táblázat tartalmazza.

Termék	Alapanyag	Hozam [t/ha] nyers		Energiatartalom szem [MJ/kg]	Energiatartalom szalma [MJ/kg]	Energiahoza m [GJ/ha]	Üzemanyag hozam [l/ha]
		Szemter més	Teljes				
Bioetanol	Búza	5	6,5	14	13,5	183	1767
	Szemes kukorica	7	17	14	13,5	327,5	2115

25. táblázat. Gabonanövények kihozatala. Forrás: Bai, 2003

Fentiekhez, összehasonlításképpen a további lehetséges növények szénforrásként szolgáló növényekre jellemző átlagos hazai hozamok: cukorrépa 3248 l/ha, csicsóka 4230 l/ha, cukorcirok 3200 l/ha, burgonya 1861 l/ha, zab 927 l/ha, rozs 900 l/ha.

A bioetanol előállításának (beleértve a mezőgazdasági termesztést és a feldolgozást) legfontosabb környezeti hatásaira jellemző (a biomassza energiataralmára vetített) adatok a következők:

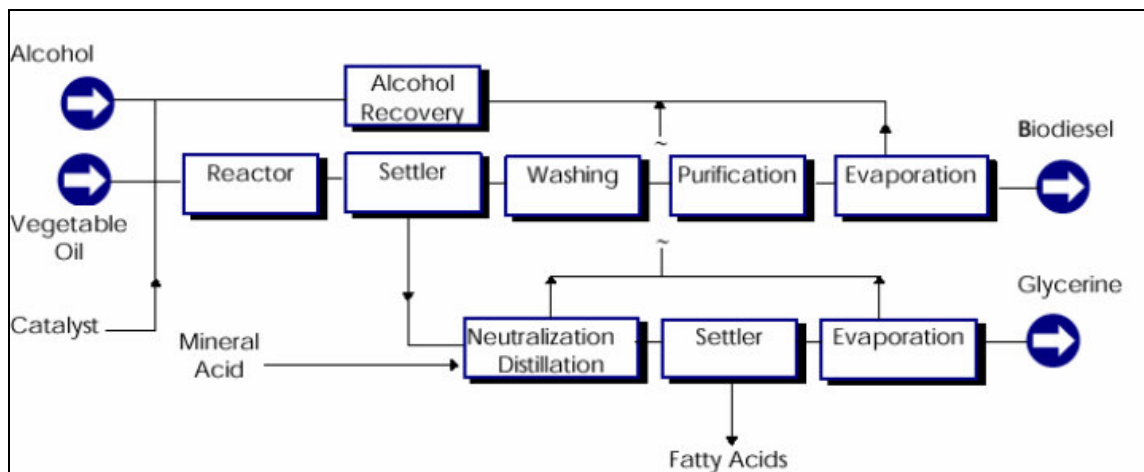
Primer energiaráfordítás	0,48	$TJ_{\text{Prim}}/TJ_{\text{BM}}$
ÜHG emisszió	49 943	kg CO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{\text{BM}}$
Savasodás	287	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{\text{BM}}$
Humán és ökotoxicitás	133	kg NO <sub>x</sub> ekvivalens/ $TJ_{\text{BM}}$
	141	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{\text{BM}}$

26. táblázat. Bioetanol előállításának energiaszükséglete és fajlagos kibocsátásai.  
Forrás: Hartmann-Kaltschmidt, 2002

A technológia jellegéből adódóan a bioetanol előállításának környezeti hatásai, valamint energia- és ÜHG mérlege két tényezőtől függ nagymértékben: az alkalmazott villamosenergia (fosszilis, megújuló vagy nukleáris) és hőenergia (szén, kőolaj, földgáz, megújulók) előállításának, valamint a melléktermékek felhasználásának módjától.

### 5.2.1.2 Biodízel-előállítás

Motorikus alkalmazáshoz az olajat észterezik, zsírsav-metilészterekké (FAME). E technológia során a hidegen sajtolt olajat nátrium hidroxidos metilalkohollal (vagy bioetanollal) keverik össze, majd üleptik és alulról leválasztják a glicerines, felülről pedig a metilészterezett részt. A folyamat során az olajmolekula, kisebbre bomlik szét. Repce-metilészter (RME) és napraforgó-metilészter (SME) a repce illetve napraforgóolaj megbontásából keletkező növényi zsírsavak átészterezésével készül. A folyamat mellékterméke a glicerin és a kálium-szulfid (a felesleges KOH-t általában kénsavval közömbösítik). Utóészterezés után az üleptőből glicerinmentes repcemetilésztert vízzel lúgmentesítik, majd beállítják a kívánt lobbanáspontot, úgy, hogy a felesleges metilalkoholt visszanyerik.



10. ábra Hidegsajtoltásos biodízelgyártás. Forrás: National Biodiesel Board, 2001

A biodízel észterezéssel történő előállítása szintén jól kezelhető technológia (lásd 10. ábra). A reakcióhőmérséklet kb. 65 °C, a szükséges nyomás pedig 1,3 bar körül van. Ezzel az eljárással kb. 98%-os kihozatal érhető el minimális reakcióidő mellett. A biodízelgyártás ezért kevésbé energiaintenzív, mint a bioetanol előállítása, és a melléktermékek kezelése is megoldott: a préselésnél keletkezett, ún. repcedarát pelletálják és takarmányként hasznosítják. A klasszikus hidegsajtoltásos technológia energiaigénye 2328 MJ/ tonna RME (Janulis, 2003). Ezzel a technológiával a hazai napraforgó és a repce termesztésével megtermelt alapanyag mennyiségéből sajtolással nyerhető jellemző olajmennyiségek és előállítható üzemanyag mennyisége a következő.

Termék	Alapanyag	Hozam [t/ha] nyers		Energiatartalom szem [MJ/kg]	Energiatartalom szalma [MJ/kg]	Energiahoza m [GJ/ha]	Üzemanyag hozam [l/ha]; [kg/ha]
		Szemter més	Teljes				
Biodízel	Napraforgó	1,5			11,5		740
	Repce	1,5	5	17	14,2	100	696

27. Táblázat. Gabonanövények kihozatala. Forrás: Bai, 2003

Az észterezési eljárás egyik nyitott kérdése a képződött glicerin hasznosíthatósága, melynek megoldására a következő lehetőségek kínálkoznak: tovább finomítva gyógyászati célra, tüzelőolajhoz keverve eltüzelik, vagy trágyalébe (kb. 2%-os mértékig) keverésére és kiöntözés (Barótfi, 2000 alapján). Ráadásul a szintetikus gliceringyártás nagyon energia-, így egyben költségigényes folyamat, ezért az ÜHG kibocsátás csökkentés mellett gazdasági előny is elkönnyelhető.

Az előállítás (beleértve a mezőgazdasági termesztést és a feldolgozást) legfontosabb környezeti hatásaira jellemző (a biomassza energiartalmára vetített) adatok a következők:

	repceolaj	RME	
Primér energiaráfordítás	0,22	0,42	$TJ_{\text{Prim}}/TJ_{\text{BM}}$
ÜHG emisszió	46 105	60 792	kg CO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{\text{BM}}$
Savasodás	242	280	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{\text{BM}}$
Humán és ökotoxicitás	50	71	kg NO <sub>x</sub> ekvivalens/ $TJ_{\text{BM}}$
	139	158	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/ $TJ_{\text{BM}}$

28. táblázat. Biodízel előállításának energiaszükséglete és fajlagos kibocsátásai. Forrás: Hartmann-Kaltschmidt, 2002

### 5.3 Fenntarthatósági feltételek

A várható keresletet vizsgálva, a 2010-re tervezett energiartalomra vetített 5,75%-os célkitűzés elérése, 144 ezer tonna bioetanol felhasználását jelentené benzinben. Vagy, ha a bekeverés ETBE formájában történik, akkor az ETBE bioetanoltól eltérő energiartalma és sűrűsége figyelembe vételével 2010-ben 106 ezer tonna bioetanol ETBE formájában történő bekeverése valószínűsíthető. A biodízel esetében a 4,4 térfogatszázalékos bekeverési arány 118 ezer tonna biodízel üzemanyagcélú felhasználását jelenti 2008-ban, a 2010. évi indikatív cél eléréséhez pedig 183 ezer tonna biodízel bekeverésére lesz szükség. Az energiartalomra vetített 5,75%-os bekeverési arány a biodízel vonatkozásában 6,51 térfogatszázalék bekeverését jelenti (Hingyi et al., 2006, idézi Popp, 2007).

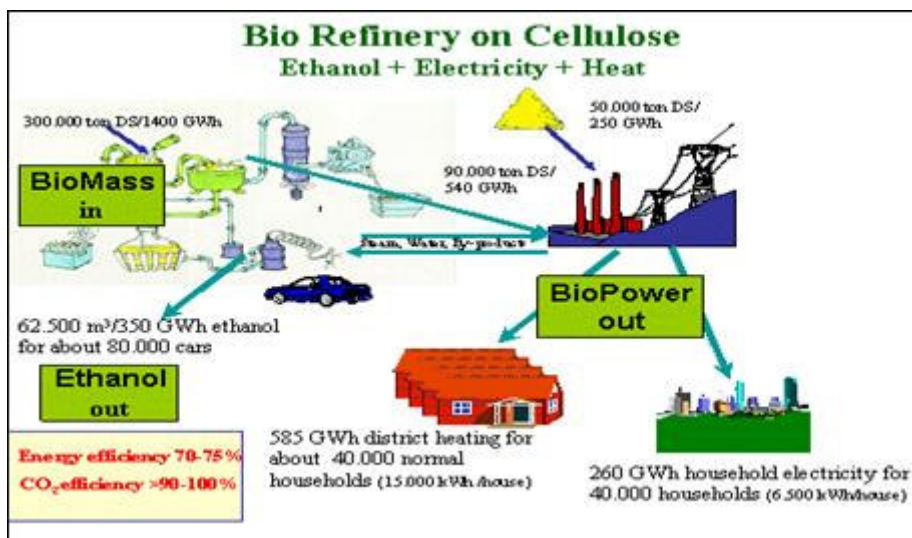
Nyilvánvaló, hogy a bioüzemanyagok előállítása annál inkább karbonszegénynek tekinthető, minél magasabb a megújuló energia felhasználása az előállítása során. Emellett kiemelt szerepe van az ipari-ökológiai szemlélet gyakorlati alkalmazásának, azaz lehetőség szerint a termelésben érintett anyagáramlások zárásának és az energiahatékonyság maximalizálásának, a veszteségek elkerülésének.

Az anyagáramok zárására esetleges lehetőség, hogy a tej- vagy hústermelés közelében létesítenek etanolgyárakat a nedves gabonatörköly szállítási költségeinek csökkentése érdekében. Ebben az esetben a piaci kereslet függvényében megtakarítható a gabonatörköly, vagy egy részének szárítása. A magas fehérjetartalmú takarmány (kukoricaglutén vagy



DDGS) előállítása és könnyű hozzáférhetősége hozzájárul fehérjetakarmány-importunk csökkenéséhez (Popp, 2007).

Az alábbi példa (11. ábra) egy Svédországban megvalósítás előtt álló cellulóz alapú biofinomító (biorefinery) jellemző adatait mutatja, amely etanol, villamos áram és hőenergia termelésével alkot integrált rendszert (SEKAB). Ezzel az ökológiai (és egyben gazdasági) hatékonyságának jó példája. Az így felépített rendszer energiahatékonysága 70-75%, míg karbonhatékonysága 90-100%



11. ábra Tervezett biofinomító anyag- és energiaáramlás (SEKAB)

Fontos stratégiai döntési szempont kell, hogy legyen az esetleges technológiai *lock-in* elkerülése: az elsőgenerációs bioetanolgyártást várhatóan 10 éven belül kiszorítja a másodgenerációs (cellulóz alapú) bioetanolgyártás, ezért az elsőgenerációs nagyberuházások helyett feltehetőleg hosszútávon versenyképesebb lehet megvárni a második generációs technológia elterjedését. Ezzel elkerülhető lenne, hogy a gazdák olyan növények termesztésére specializálódjanak, amelyek előállítása később már nem versenyképes vagy szükséges.

### 5.3.1 A szállítás feltételei

A bioüzemanyagok előállításához és üzemanyag-elosztó rendszerekbe történő bejuttatásának szállítására jellemző távolságokra a nagyobb európai bioetanol gyárak esetén az alábbi átlagosnak tekinthető szállítási távolságok jellemzőek (Malca és Freire, 2006):

- műtrágya: 100 km közúti és 200 km vasúti szállítás;
- biomassza (gazdaságoktól a bioetanol üzemekig) szállítás: 70-100 km közúton;
- bioetanol szállítása (a finomítókig): 200 km vasúti szállítás;
- bioETBE: 100 km közúti szállítás (a finomítóktól az elosztótelepekig).

Ezek a távolságok nálunk várhatóan valamivel alacsonyabban, de mindenképpen szükséges a megfelelő közlekedési infrastruktúrára. Magyarországon ehhez elsősorban közút vagy vasúthálózat szükséges.

A kész etanol nem szállítható hosszú távolságra csővezetéken, mivel megköti a csővezetékben található vizet és szennyező anyagokat. Ehelyett közúton, vasúton és vízi úton szállítják, majd közvetlenül az üzemanyag-szállító tartálykocsikban keverik a benzinnel (Popp, 2007). A kész bioüzemanyagok egyik előnye tehát, hogy közvetlenül képesek helyettesíteni a közlekedésben felhasznált fosszilis tüzelőanyagok egy részét, és integrálhatók a meglévő energiaellátó, és -elosztó rendszerekbe. E85 alkalmazása esetén azonban a tároló és elosztórendszerek átépítése is szükséges lehet.

## 5.3.2 A felhasználás feltételei

### 5.3.2.1 Bioetanol alkalmazása üzemanyagként

Az etanolnak rendkívül magas, 105-ös oktánszámnak megfelelő kompressziótűrése van, ezért alkalmazzák oktánszámnövelő adalékanyagként, és önmagában vagy benzinnel különböző arányban keverve is használható.

Motorhajtó- anyag	Sűrűség	Fűtőérték		Viszkozitás	Cetán- szám	Lobbanás pont	Hajtóanyag egyenérték
	(kg/l)	(MJ/kg)	(MJ/l)	(mm <sup>2</sup> /s)	(ROZ)	(C°)	(l)
<b>Benzin (95-ös)</b>	0,76	42,7	32,5	0,6	92	<21	<b>1</b>
<b>Bioetanol</b>	0,79	26,8	21,2	1,5	>100	<21	<b>0,65</b>

29. táblázat. Bioetanol főbb jellemzői a benzinnel viszonyítva. Forrás: Hajdú, 2006

A bioetanolból tehát egyrészt éter és izobutilén hozzáadásával előállítható ETBE, amely az oktánszámnövelő adalékanyagként használatos MTBE-t helyettesíti. Az ETBE motorikus tulajdonságai megegyeznek az MTBE-vel, viszont szemben az MTBE-vel, amit földgázból

állítják elő, az ETBE 47% bioetanolt tartalmaz (Bai, 2003). Magyarországon a MOL Rt. 2005 júliusa óta helyettesíti bioetanol felhasználásával gyártott ETBE-vel a korábbi MTBE-t.

Másrészt közvetlenül hajtóanyagként is alkalmazható Otto-motorokban a motorbenzinbe keverve valamekkora térfogatszázalékban: E2, E5, E10, E15, E20, E25, E50, E85 (a szám az etanol térfogatszázalékára utal a motorbenzinben).

Az etanol a benzin energiatartalmának csak 65%-át jelenti térfogategységre vetítve, azonban hidrogéntartalma jóval magasabb, ezért hatékonyabb égést biztosít. Emiatt az alacsonyabb energiatartalom ellenére is (max. 10-20%-os bekeverésig) kismértékű teljesítménynövekedést okoz és a benzinfogyasztást valamelyest (10%-os bekeverés esetén kb. 2-3%-os) meghaladó fogyasztást kedvezőbb károsanyag-kibocsátással kompenzálja (Bai, 2003 és Popp, 2007 alapján). Ezt használják ki az ETBE adagolásával is, mint oktánszámnövelő adalékanyag.

Az etanol a gépkocsik fém, műanyag és gumi alkatrészeit is károsíthatja. Ha az üzemanyag gumival érintkezhet (flexibilis benzincső-szakaszok, gumitömítések), nem használható magas etanol arányú üzemanyag. Az alkohollal érintkező tömítések jelentős mértékben kitágulnak és az üzemanyaggal akár csak közvetetten is érintkező tömítések (pl. olajtömítések, szimmeringek) is hamarabb tönkremennek. Az etanol az alumínium és magnézium alkatrészeket is károsítja, és víztartalma miatt a lemezből készült üzemanyagtartályok átrozsdásodását is előidézheti. Az etanol kenőképessége a benzinénél sokkal rosszabb, ami a befecskendező fűvőkák és a benzinpumpa élettartamára nézve is kedvezőtlen. További probléma, hogy az alkohol a benzinnel ellentétben vezeti az elektromos áramot, így azt a benzinszivattyú hajtómotorján hűtési célzattal átáramoltatni is kockázatos.

Bioetanol a fentiek miatt a jelenlegi Otto-motoros autókban max. 20% arányban (E20) keverhető be, bár különböző tanulmányok szerint csak maximum 10 vagy 15% a garantáltan bekeverhető arány, amelynél még nem jelentkeznek üzemeltetési problémák és korróziós jellegű elváltozás sem, a tökéletes égésnek köszönhetően lerakódások nélkül ég el az üzemanyag. A gyakorlati tapasztalat azt mutatja, hogy a benzinbe kevert 5-10%-nyi etanolt gyakorlatilag bármilyen autónál károsodás nélkül kivitelezhető. Ennél nagyobb arányú használathoz azonban speciálisan erre a célra készült járműre vagy körülményes átalakításra van szükség. Például az USA-ban gyártott autókra 10%-os mértékig vállalnak a gyártók garanciát.

Az USA-ban már elterjedt, Svédországban is használt E85 üzemanyag keverék 85% bioetanolt és 15% benzint tartalmaz. Ezt az üzemanyagot hagyományos Otto-motoros

autókban már nem lehet felhasználni, de az európai gyártók közül csak a Ford, a Saab és a Volvo gyárt mind benzint mind pedig E85 befogadására is képes (un. Flex-Fuel) motorokat. Mivel az E85 nagyobb kompresszióviszony mellett tüzelhető el, nagyobb fogyasztás mellett lényegesen nagyobb motorteljesítményt ad le, ezeket a motorokat kopogásfigyelő elektronikával látják el, hogy minden üzemanyag keverék mellett optimális teljesítménnyel üzemelhessenek a motor tönkremenetele nélkül.

A Saab autógyár információs anyaga szerint az E85-ös üzemanyag alkalmazásához módosítani kellett számos alkatrészen: befecskendezés, motor, légbeömlő, tank, katalizátor, kipufogó, motorolaj, hidegindító rendszer, kipufogógázok utóégetése, gyújtásrendszer, üzemanyagszűrő, üzemanyagnyomás és pumpa. Szükséges továbbá a motorvezérlő-egység programjának is a felkészítése az alternatív üzemanyag alacsonyabb energiatartalmának kompenzálására. és nagyobb előgyújtás beállítása is.

Az EU szabályozása várhatóan 2020-tól fogja kötelezni a gépjárműgyártókat, hogy a modelleket felkészítsék a nagyon arányú biokomponensek bekeverésére. Addig az európai autógyárak többnyire kivárnak a vegyes üzemelésű gépkocsik előállításával. A méretgazdaságosság miatt, a drágán kiépíthető E85-ös üzemanyag-elosztó rendszerek kiépítése csak a kereslet növekedésével térül meg. Amíg azonban nem épül ki teljes mértékben az bioüzemanyag-elosztó hálózat, addig a gépjárművek egy része nem tud bioüzemanyagot használni, ami befolyásolja a vegyes üzemelésű gépjárművek iránti kereslet alakulását is.

Brazília és az USA ezen a területen óriási sikereket ért el az elmúlt években (Popp, 2007), de az EU-ban még Svédországot kivéve gyér a kezdeményezőkézség. Magyarországon idáig csak a svéd Saab autógyár importőre kezdte meg az E85-tel is működő személygépkocsik magyarországi forgalmazását, amelyek 3-5 százalékkal drágábbak a hagyományos üzemű típusoknál. Eddig ugyan Magyarországon csak kb. tíz ilyen autót adtak el összesen, de például a legdinamikusabban fejlődő európai E85-ös piacon, Svédországban – ahol már most közel 1000 benzinkúton árulnak E85-öt is – 2001 óta több, mint 60.000 flex-fuel autó talált gazdára.

### 5.3.2.2 Biodízel alkalmazása üzemanyagként

A biodízel energiatartalma kb. 10%-kal alacsonyabb a dízelolajénál, így a vegyes üzemelésű gépkocsik több üzemanyagot fogyasztanak etanolból és biodízelnél, mint benzinből és dízelolajból.

Motorhajtó- anyag	Sűrűség	Fűtőérték		Viszkózitás	Cetán- szám	Lobbanás pont	Hajtóanyag egyenérték
	(kg/l)	(MJ/kg)	(MJ/l)	(mm <sup>2</sup> /s)		(C°)	(l)
Gázolaj	0,84	42,7	35,9	4-6	50	80	<b>1</b>
Repceolaj	0,92	37,6	34,6	74	40	317	0,96
<b>Biodízel</b>	0,88	37,1	32,7	7-8	56	120	<b>0,91</b>

30. táblázat. Biodízel és dízel motorhajtóanyagok főbb jellemzői. Forrás: Hajdú, 2006

A maximum 20% biodízelt tartalmazó B20-as üzemanyagot gyakorlatilag bármelyik dízelmotorban problémamentesen és módosítások nélkül lehet alkalmazni, és nem okoz teljesítmény vagy fogyasztásromlást sem – bár a motorolaj cseréje gyakrabban szükséges. Ennél magasabb bekeverési arány a modern dízelautók többségében alkalmazható módosítások nélkül, vagy kisebb módosításokkal. Németország a világelső mind a biodízel-fogyasztásban, mind pedig az autók „felkészítésében” : közel 10 éve a legtöbb német autógyár dízelüzemű autói fel vannak készítve a biodízel használatára.

A biodízelnél is igen rosszak a kenési tulajdonságai, ami az alkatrészek fokozott kopását okozhatja, illetve gyakoribb olajcserét tesz szükségessé. A kenőképesség – egyes források szerint - ricinusolaj hozzáadásával nagymértékben javítható.

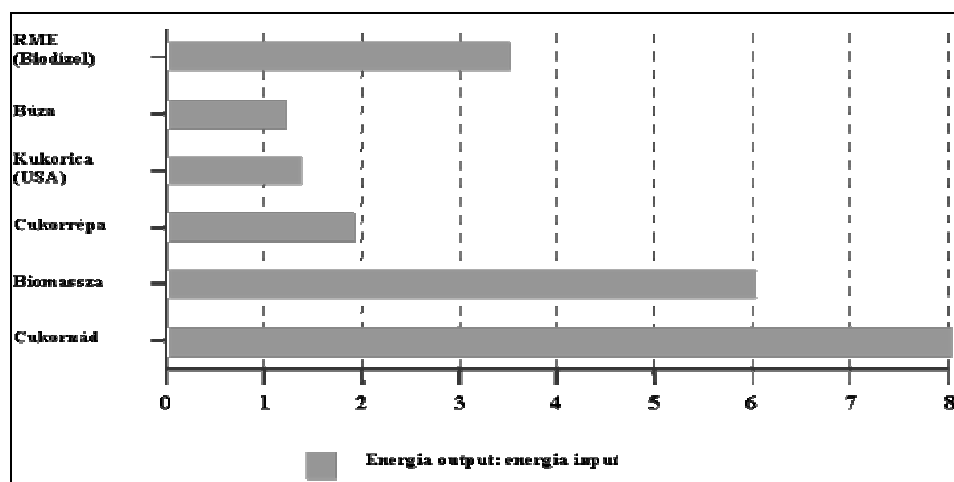
A jelenlegi dízelmotorok szoros tűréshatárt követelnek meg az üzemanyagokkal kapcsolatban, ezért kritikus tényező, hogy a közforgalomba bocsátott biodízel megfeleljen a minőségi szabványoknak. A jelenlegi dízelszabvány előírásai miatt napraforgóból származó biodízel (SME) csak korlátozott mennyiség keverhető be.

## 5.4 Bioüzemanyagok teljes energiamérlege és az életciklus környezeti hatásai

A bioüzemanyagok használata csak akkor jelenthetne valódi alternatív energiaforrást, ha az előállításához is valódi megújuló forrásokat használnánk. Ezzel szemben a valóság, hogy a földművelésnél, a műtrágyák és gyomirtók gyártásánál, a lepárlásnál és a finomításnál, valamint a szállításnál is többnyire fosszilis energiát használunk fel, ami a bioüzemanyagok

égetésekor keletkező energiamérleget csökkentik. Figyelemreméltó megállapítása egy svéd tanulmánynak (Bernesson et al., 2004) miszerint például repceből történő biodízel előállítás során a teljes életciklus környezeti hatásainak kb. 95%-a a mezőgazdasági művelés során jelentkezik.

A hazai és nemzetközi szakirodalom elemzéseiben rengeteg adat található a bioüzemanyagok életciklusára és energiamérlegére vonatkozóan. A legvitatottabb bioetanol esetében is pozitív a nettó energiamérleg (input:output arány), azonban a bioetanol-előállítás gazdaságosságát az energia-kihozatali mutatók erőteljesen befolyásolják.



12. ábra Output/Input energiamérleg különböző alapanyagok esetén. Forrás: F.O. Lichts, 2006, idézi Popp, 2007

A kutatások egyértelmű válasz adnak arra, hogy a kukoricából előállított bioetanol energiamérlege (output:input energia aránya) 1,4 körül alakul, a búza esetében 1,2 ez az érték (lásd 12. ábra). A cukornádból előállított bioetanolnak a legmagasabb a nettó energiaértéke (Popp, 2007).

A cellulóz alapú bioetanol energiamérlege amerikai tanulmányok szerint 2,62 ami gyorsan növvő energiaültetvények esetén igaz. Ez külön természetést nem igénylő maradékok esetén akár 5 is lehet (National Biomass Program). Összehasonlításképpen a hagyományos dízel energiamérlege negatív: -0,8 (Sheean et al, 1998).

A bioüzemanyagok közvetlen használatának legjelentősebb környezeti hatásait tekintve megállapítható, hogy használati fázisban a hagyományos üzemanyagoknál lényegesen jobb emissziós adatokat produkálnak. Az üvegházhatású gázoknak és az elsavanyodást okozó kéndioxidnak a keletkezését felére-harmadára csökkentheti a bio-üzemanyagok alkalmazása,

sőt az elégetésükkor ez egyáltalán nem jelentkezik. A lúgosságot okozó nitrogénvegyületeknél azonban kedvezőtlenebb a helyzet, ez azonban nem a felhasználáskor, hanem a gyártási folyamat során keletkezik, tehát technikai fejlesztéssel csökkenthető. A rákos megbetegedésekért felelős aromás szénhidrogének mennyisége – a tökéletesebb égés következtében – a bioetanol alkalmazásánál a legkedvezőbb (Bai, 2003 alapján).

		<b>RME</b>	<b>Bioetanol</b>
Primer energiaráfordítás	kWh <sub>prim</sub> /1000 utaskm	842	908
ÜHG emisszió	kg CO <sub>2</sub> ekvivalens/1000 utaskm	324	304
Savasodás	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/1000 utaskm	2	1,9
Humán és ökotoxicitás	kg NO <sub>x</sub> ekvivalens/1000 utaskm	1,4	1
	kg SO <sub>2</sub> ekvivalens/1000 utaskm	0,7	0,9

31. táblázat RME és bioetanol használatának környezeti hatásai. Forrás: Hartmann-Kaltschmidt, 2002

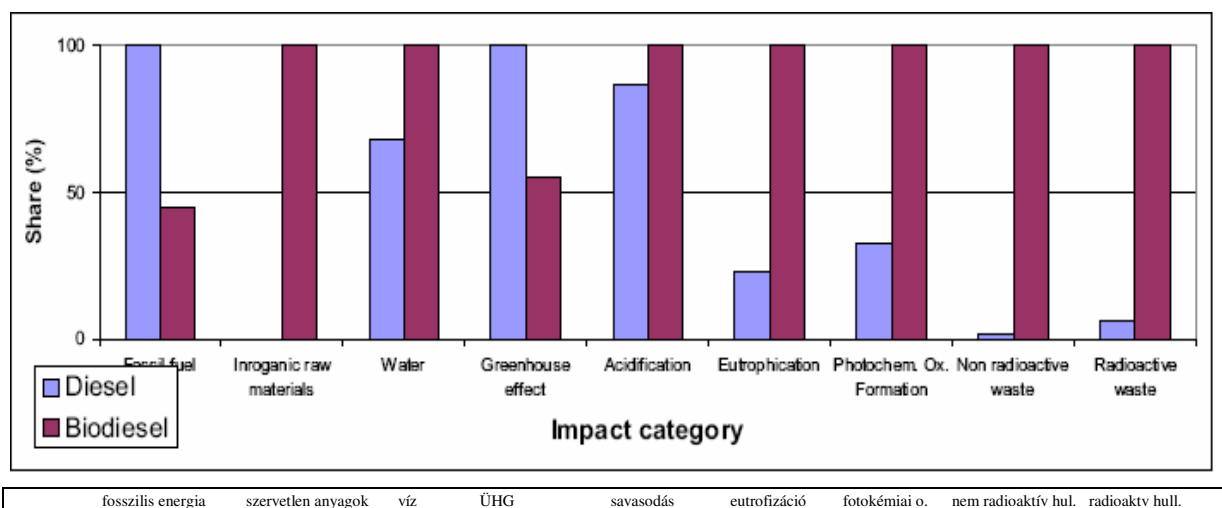
Ha azonban nemcsak a használati fázist, hanem a teljes életciklust vizsgáljuk, némiképpen árnyaltabb a kép. Az elmúlt tíz év teljes üzemanyag életciklust vizsgáló nemzetközi LCA tanulmányai hasonló képet mutatnak: a biomasszából készült üzemanyagok jobb eredményt mutatnak fel az energiamérleg, az ÜHG kibocsátás tekintetében, ezzel szemben a hagyományos üzemanyagok felhasználásánál némiképpen rosszabb eredményt jelent a savasodás és sztratoszférikus ózon károsítása környezeti hatáskategóriák terén.

Itt azonban fontos megjegyezni, hogy a teljes életciklust vizsgáló elemzésekben tudományos szempontból valódi képet csak akkor kapnánk, ha a fosszilis üzemanyagok keletkezéséhez szükséges anyag és energia (továbbá idő) figyelembevételével végeznénk az LCA elemzéseket! Tehát az elérhető fosszilis forrásokat nem „kész alapanyagoknak” tekintenék a vizsgálatok.

A megújuló biomassza 1-10 éven belül szolgáltatható felhasználható szénforrást, ezzel szemben a fosszilis tüzelőanyagok képződéséhez sokmillió év, óriási mennyiségű biomassza és hatalmas nyomás szükséges. Utóbbi folyamatok energiamérlegét (és környezeti hatásait is) figyelembevétele gyorsan eldöntené a teljes életciklus környezeti hatásait vizsgáló elemzések konklúzióit, természetesen a bioüzemanyagok javára!

A fenti megállapítást mutatja be a 13. ábra a dízel és biodízel üzemanyagok életciklusának vizsgálatával. A nagyobb környezeti hatás mutató üzemanyag referenciaértéke minden hatáskategóriában 100% referenciaértékkel van feltüntetve, míg a másik üzemanyag az ehhez

viszonyított arányt mutatja. Mint látható az elemzés szerint a biodízel kizárólag az energiamérleg (fosszilis felhasználás) és az ÜHG kibocsátásban ért el jobb eredményt, ezzel szemben rosszabb értékek jellemzik például a szerves anyagfelhasználás, a vízhasználat, az eutrofizáció, valamint a képződött hulladékok hatásait vizsgálva. A savasodás tekintetében a tanulmány a két üzemanyag típusra közel azonos értékeket állapított meg.



13. ábra Dízel és biodízel környezeti hatásai teljes életciklusban. Forrás: Ceuterick, Spirinx, 1997

Hazai szakirodalomban fellelhető számítások szerint is (Bai, 2003) egy liter benzin illetve bioetanol gyártásakor és felhasználásakor a keletkező károsanyagok mennyisége a következő. Összehasonlításképpen a biodízeltre vonatkozó adatok is szerepelnek. Itt megjegyezzük azonban, hogy az 1 literre vetített adatok nem tekinthetők referenciaértéknek, mivel a bioüzemanyagok energiatartalma alacsonyabb, mint a fosszilis üzemanyagoké.

Hajtóanyag		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Bioetanol	gyártás	1690	0,123	0,208	0,255	3,060	0,388
	elégetés*	0	0,231	0,391	0	5,747	0,730
	<b>összesen</b>	<b>1690</b>	<b>0,354</b>	<b>0,599</b>	<b>0,255</b>	<b>8,807</b>	<b>1,118</b>
	<b>egyenérték</b>	<b>CO<sub>2</sub>: 1836</b>			<b>SO<sub>2</sub>: 8,522</b>		
Benzin	gyártás	409	0,030	0,050	0,062	0,740	0,094
	elégetés	3175	0,231	0,391	0,480	5,750	0,730
	<b>összesen</b>	<b>3584</b>	<b>0,261</b>	<b>0,441</b>	<b>0,542</b>	<b>6,490</b>	<b>0,824</b>
	<b>egyenérték</b>	<b>CO<sub>2</sub>: 3692</b>			<b>SO<sub>2</sub>: 6,634</b>		
<b>Biodízel</b>	<b>egyenérték</b>	<b>CO<sub>2</sub>: 984</b>			<b>SO<sub>2</sub>: 8,937</b>		

\* a növény által megkötött és az elégetéskor kibocsátott CO<sub>2</sub> egyenlege

32. táblázat Egy liter benzin, illetve ennek megfelelő mennyiségű bioetanol gázemissziói (g). Forrás: Bai, 2003



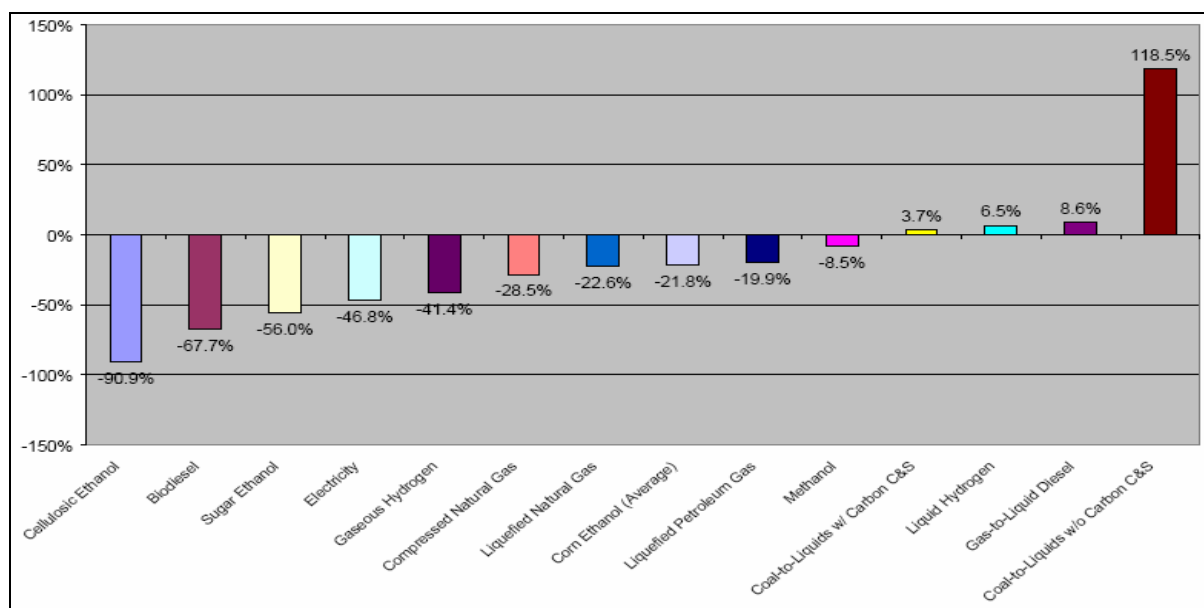
Összegezve tehát elmondható, hogy a bioüzemanyagok környezeti teljesítményét vizsgálva előnyként jelentkeznek:

- a zárt karbonciklus,
- a fosszilis üzemanyagok használatánál kedvezőbb CO<sub>2</sub> és ÜHG kibocsátások,
- a fosszilis üzemanyagok használatánál kedvezőbb energiamérleg,
- és az a tény, hogy a bioüzemanyagok a környezetbe kerülve biológiai úton lebomlanak.

A bioüzemanyagok alkalmazásának környezeti hátrányaiként említhető, hogy

- a bioüzemanyagok előállításához szükséges mezőgazdálkodás energiaintenzitása,
- az intenzív mezőgazdálkodás magas műtrágya és vegyszerfelhasználása,
- előbbi esetleges talaj-, és talajvízszennyező hatása,
- a monokultúrás növénytermesztés káros tulajdonságai,
- esetleges invazív fajok terjedése, valamint
- az, hogy a bioüzemanyagok alkalmazása az egyéb ÜHG-kibocsátást csökkentő alternatíváknál (pl. villamosenergia és hőtermelés) költségesebb megoldás lehet.

Az elsődleges prioritásként kezelt ÜHG és energiamérleg vizsgálatára a következő ábra ad hasznos támpontot, feltüntetve nemcsak a bioüzemanyagok, hanem más alternatív hajtóanyagok teljes életciklusának ÜHG mérlegét a hagyományos fosszilis üzemanyagokkal összevetve.



14. ábra Különböző alapú bio- és alternatív üzemanyagok életciklusának ÜHG mérlege. Forrás: USA EPA, 2007

Tehát a jelenlegi alternatív üzemanyagok közül kizárólag az életciklus ÜHG-mérlegét vizsgálva megállapítható, hogy a cellulóz alapú bioetanol valamint a biodízel (az itt szereplő adat amerikai termesztésű szójára vonatkozik) tekinthető a legkedvezőbb alternatívának.

## **6 A biogáz termelése és felhasználása**

A természetben lejátszódó biogáztermelődé legalapvetőbb formáját (mocsárgáz) az ember már ősidők óta ismeri, azonban ennek az igen bonyolult rendszernek a pontos megismerése csak a 17. sz.-ban kezdődött. A tudomány ekkortól foglalkozik a mocsarakban és egyéb levegőtől elzárt helyeken lejátszódó lebontási folyamatok elemzésével. A mikrobiológia fejlődésével még ma is új eredményeket kapunk a biogáztermelésben részt vevő bonyolult mikroba populációk működési mechanizmusairól. A jelenleg használt technológia elemek a biogáztermelésben a II. vh. utáni időszakban kerültek kialakításra, az alapvető elvek nem változtak. A technika fejlődésével a ma használatos biogázüzem típusok a 80-as évek elején alakultak ki. A fermentorteknika természetesen itt is tökéletesedett, aminek következtében az üzemméret rohamosan növekedett, lehetővé téve a gazdaságosabb energiatermelést.

A tanulmányban bemutatásra kerül a biogáztermelés mikrobiológiai alapja, a felhasználható szerves anyagok listája, az egyes biogáz nyerési technológiák (ezek előnyei és hátrányai is részletezésre kerülnek), ill. a hazánkban várhatóan nagy számban megjelenő szerves trágyákat felhasználó üzemek életciklus elemzése is. A biogáz egy széles körben felhasználható energiaforrás, ezért a lehetséges felhasználási módok közül külön említésre kerül a földgáz minőségre történő tisztítás (biometán), földgázhálózatba történő betáplálás és az üzemanyag célú hasznosítás lehetősége is. A mezőgazdasági eredetű lágyszárú biomassza energetikai hasznosításának és az élelmiszer alapanyag termelés együttműködésének módjairól pedig egy osztrák tanulmány kivonatában ismerkedhetünk meg.

### **A biogáz szerepe**

A biogáz technológia kitűnően beilleszkedik a fenntartható fejlődés koncepciójába, ezért kapott kiemelt szerepet az Európai Unió stratégiai célkitűzéseinek megvalósításában.

A biogáz technológia egyidejűleg több fontos feladatot is teljesít:

- a biogáz megújuló energiaforrás, amely decentralizáltan áll rendelkezésre;

- a biogáz technológia környezetkímélő hatása, csökkenti a légkörbe kerülő üvegházhatású gázok, köztük metán, mennyiségét;
- a biogáztermelés lebontási maradéka (az u.n. "biogáztrágya" egy jó minőségű, homogén trágya, mely talajerő-utánpótlásra kitűnően alkalmas, és mint tápanyag a földekre visszakerül az energiatermelés után.

A biogáz üzemek alkalmasak a legtöbb, szerves hulladékként tekintett, valójában értékes energetikai alapanyag, köztük a mezőgazdasági eredetű hulladék anyagok feldolgozására, átalakítására és semlegesítésére egyidejű energiatermelés mellett (Fachverband Biogas e.V., 2005).

A biogáz üzemekben villamos- és hőenergiává lehet feldolgozni olyan energianövényeket, amelyeket élelmiszer és takarmány-termesztésre bármilyen okból már nem hasznosítható földterületeken állítanak elő, ezáltal a biogáz technológia hozzájárul a vidéki foglalkoztatáshoz és az életforma megőrzéséhez.

## 6.1 A biogáztermelés alapjai

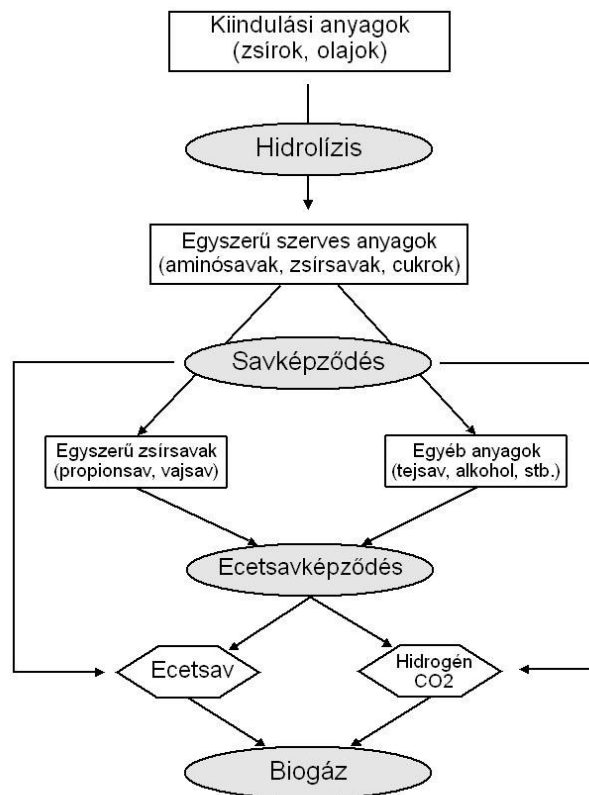
A biogáz szerves anyagok levegőtől elzárt (anaerob) lebomlása során keletkező gázelegy, amely mintegy 50-70 % metánt tartalmaz. További összetevői: 30-40% szén-dioxid és (kis mennyiségben) kénhidrogén, nitrogén, szénmonoxid, víz. A természetben minden olyan helyen biogáz képződik, ahol a metántermelő mikroba féleségek nedves közegben, levegőtől elzárva elszaporodhatnak, s a jelen lévő szerves anyagokat lebonthatják.

A biogáz tk. gyűjtőfogalom, ezért érdemes tisztázni, hogy mely típusokat különböztetjük meg. Három nagy csoportot különíthetünk el:

1. szennyvíztelepi gáz
2. depóniagáz
3. mezőgazdasági biogázüzemekben képződő gáz.

A tanulmány további részében a mezőgazdasági biogázüzemekre vonatkozó technikai és technológiai elemeket vizsgáljuk, mivel ezek alkalmasak arra, hogy ne csak a mezőgazdaságban képződő szerves, könnyen bomló hulladékokat (pl. trágyák, tájapolásból keletkező zöld nyesedék, stb.), természetett energianövényeket, hanem a feldolgozóiparból

származó hulladékokat is kezelni tudják. Mindezt az FVM és KvVM külön és együttes rendeletei is lehetővé teszik.



15. ábra A biogáztermelés szakaszai

A biogáz képződése 3 szakaszban valósul meg (15. ábra). Az első lépésben a szerves anyagban található fehérjék, zsírok és szénhidrátok egyszerűbb vegyületekre (aminosavakra, zsírsavakra, cukrokra) bomlanak le. A második lépcsőben az acetogén baktériumok munkájának eredményeként ezekből az anyagokból szerves savak (ecetsav, propionsav, vajsav), hidrogén és nyomokban alacsony szénatom számú alkoholok, aldehidek jönnek létre. A harmadik szakaszban a metántermelő mikroorganizmusok nagyobb csoportja a szerves savakat metánná, szén-dioxiddá és vízzé bontja le. A metanogének egy másik csoportja ugyanekkor a keletkező szén-dioxid egy részét az acetogének által termelt hidrogén felhasználásával alakítja át metánná. A biogáz üzemben ezek a lépcsők nem különülnek egymástól, egyszerre vannak jelen, ez az oka a biogáz üzemek érzékeny biotechnológiai egyensúlyának.

## **6.2 A biogáztermelés alapanyagai**

Biogáz minden a baktériumok által könnyen bontható szerves anyagból képződhet. A mezőgazdasági biogáz üzemekben többnyire a hígtrágyát és almos trágyát használják, mint alapanyagot (szubsztrátumot) – az újabb biogáz erőműtípusok már nem igénylik a hígtrágya felhasználását. A szarvasmarha hígtrágyája nagy pufferkapacitása miatt a biológiai folyamatokat optimális körülmények (pH) között tudja tartani. Ezért a németországi biogázüzemek több mint 60%-a ezt a trágyaféleséget használja a mikrobiológiai folyamatok stabilizálása érdekében. Emellett természetesen más szerves anyagokat is felhasználhatunk biogáz termelésére, így a mezőgazdaságból és élelmiszeriparból származó melléktermékeket, valamint silókukoricát, gabonaféléket, stb. Lehetőség nyílik energianövények termesztésére, amelyeket a biogáz üzem ugyancsak hasznosítani tud. Az élelmiszeriparból származó melléktermékek is feldolgozásra kerülhetnek (pl. vágóhídi hulladék, zsírleválasztó maradék, törköly, cukorrépaszelet, stb.). A területgondozásból származó zöld vágási hulladék, a válogatott kommunális hulladékok szerves része, az éttermi hulladék és a szennyvíziszap is alkalmas biogáz termelésre.

A biogáztermelés érzékeny mikrobiológiai folyamata csak akkor lesz biztonságos, ha rendszeresen, közel azonos minőségű táplálékot tudunk biztosítani a baktériumoknak, azonos arányban, nagy változtatások nélkül. A változó összetételű és arányú szubsztrátumok a biológiai folyamatokat felboríthatják. Ezért is alkalmaznak sok mezőgazdasági biogáz üzemben tartósított tömeg takarmányokat (szilázs).

Az egyes alapanyagok gázkihozatalát nagymértékben meghatározza a fehérje-, zsír- és szénhidrát tartalom. Általánosságban elmondható, hogy a magas zsírtartalmú alapanyagok igen nagy gázkihozattal rendelkeznek. Az előzőekben felsorolt beltartalmi értékeken felül még fontos a szubsztrátum szárazanyag és szerves-anyag tartalmát ismerni. Általánosságban megállapítható, hogy minél nagyobb az adott anyag szárazanyag tartalma, annál nagyobb az 1 kg friss alapanyagból termelődő biogáz mennyisége is.

### **6.2.1 Biogáztermelésre alkalmas anyagok**

Mezőgazdaságból származó anyagok: trágya, kukorica-, fűszilás, cukorcirok, csicsóka, CCM (Corn Colb Mix), zöld növényi hulladék, répafélék, burgonya, gabonafélék, ocsú, szalma, széna, kender, szudáni fű, kínai nád, káposztalevél.

Élelmiszeriparból származó melléktermékek: cukorrépaszelet, tejsavó, sütési zsiradék, repcepogácsa, burgonyahéj, burgonya-feldolgozási maradék, napraforgó pogácsa, törköly (sör, szőlő, pálinka), konzervipari hulladékok, vágóhídi hulladékok, bendőtartalom, száraz kenyér, glicerin.

Egyéb anyagok: depóniatelep, szennyvíziszap, állati tetemek, piaci szerves hulladékok, lejárt szavatosságú élelmiszerek, éttermi-, konyhai hulladékok, lakossági szerves hulladék szelektív gyűjtésből (külön technológia létezik rá, az un. Komposzt eljárás).

### **6.3 A biogáz felhasználása**

A víztelenített, kéntelenített biogáz többféle módon is hasznosítható. Egy  $\text{m}^3$  biogáz (kb. 60% metán tartalom) energiatartalma 0,6 l fűtőolajéval vagy  $0,6 \text{ m}^3$  földgázéval egyenlő.

A modern blokkfűtőerőművekben a biogáz elégetésével hő- és villamos energia termelhető (kogeneráció). A keletkezett hő egy része a fermentorok fűtéséhez szükséges. Ez éves szinten a megtermelt hőmennyiség 20-30%-a. A megmaradó hőenergia felhasználható istállók, lakóépületek, kertészetek, szárítók fűtésére, nyáron az állattartó telepek hűtésére. Távhőfűtő-hálózaton keresztül az üzemtől távolabb fekvő épületek fűtése is megoldható. Élelmiszeripari üzemek melegvíz és gőz igényét is kielégítheti egy biogáz üzem.

A biogáz blokkfűtőerőműben történő elégetésére többféle motorfajta áll rendelkezésre, ezek között két igen elterjedt típus van forgalomban: dieselmotor olaj-befecskendezéssel és Otto gázmotor. A korszerű biogáz blokkfűtőerőművek elektromos oldali átalakítási hatásfoka 40% körül van (Gruber, 2005.).

A biogáz alaposabb tisztításával, a  $\text{CO}_2$  eltávolításával kapott metándús gáz már alkalmas gépjárművek meghajtására is. Svédországban már nemcsak személyautók és buszok, hanem vonatok üzemeltetésére is használják a szén-dioxid mentes biogázt. Ugyanez a megtisztított gáz alkalmas a földgázhálózatba történő betáplálásra is, ami Németországban és Ausztriában jelenleg még kísérleti fázisban van. A biogáz mikro-gázturbinákban és üzemanyagcellákban is felhasználható.

## 6.4 A biogáztermelés technológiája

A biogáztermelés bonyolult mikrobiológiáját számos fermentor típusban megpróbálják részekre bontani. A fázisok elkülönítése miatt ezekben a rendszerekben az egyes lebontási folyamatok ideálisabb körülmények között zajlanak le, mint ha keverve, egyszerre történne valamennyi mikrobiális tevékenység.

A klasszikus biogáztermelő egységek kialakításakor ezen elvet, ill. az egész folyamat alapjául szolgáló kérődzők bélrendszerének felépítését követve építették meg az üzemeket (Weihenstephaner-Kuh) (LfL, 2004.). Így egy kisméretű előtároló tartály került elhelyezésre a rendszer elején, mely az egy nap alatt az üzembe betáplálásra kerülő összes alapanyagot képes volt tárolni. Ebben a tárolóban beindultak a már előzőekben tárgyalt biogáztermelés első fázisának, a hidrolízisnek az átalakító folyamatai. Mivel a már lebomlásban lévő anyag kerül a következő szintbe, a biogáz képződési folyamat intenzitása jobb.

A biológiai kezelés további fázisai, így az acetogén és metanogén fázis a nagyobb méretű, az alapanyagok kb. 30-35 napos lebomlási idejét biztosító, megfelelő nagyságú fermentorban zajlanak le. A tartózkodási idő meghatározó abból a szempontból, hogy a betáplált anyagokban potenciálisan rejlő biogázhozamot ki lehessen nyerni. Egyes anyagok beltartalmi értékei, szerkezeti összetevőik miatt hosszabb, míg más anyagok magas feldolgozottsági fok, és a könnyű emészthetőség következtében rövidebb tartózkodási időt igényelnek a fermentorokban.

Ezen nagy fermentorok kialakításakor elsősorban a felhasználni kívánt anyagok tulajdonságait kell figyelembe venni:

- rosttartalom,
- szemcseméret,
- emészthetőségi együttható (koefficiens),
- felhasználhatósági időtartam, tartósíthatóság,
- éves anyagmennyiség,
- éves rendelkezésre állási idő,
- mikrobiológiára gyakorolt hatás, stb.

A magas rost-, ill. cellulóz tartalmú anyagokat a mikrobák nem képesek nagy hatékonysággal lebontani, ennek következtében az elfásodott, lágyszárú anyagokat, ill. fásszárú növényeket nem lehet a biogáz termelésre felhasználni. A szalma, vagy száraz kukoricaszár a magas

cellulóz és lignin tartalom miatt szinte hasznosíthatatlan a baktériumok számára, lebontásuk elősegítése érdekében a piacon kapható enzimatikus készítmények szükségesek, azonban ezek adagolása esetén sem lehet a teljes energiatartalmat a növényi anyagból kinyerni. Ezért javasolt, hogy a fermentálandó anyagok kb. 30-35%-os szárazanyag tartalom körül megálljanak, tehát silózott anyagokat vigyünk be a rendszerbe, vagy magas szárazanyag tartalom esetén könnyen bontható összetevőkből, mint pl. keményítő álljanak, ilyenek a szemes termények.

A bevitt anyagok szemcsemérete is kiemelkedően fontos a fermentáció szempontjából. A túlzottan nagy darabokból álló anyagok kis felületet biztosítanak a mikróbák számára arra, hogy a lebontási folyamatokhoz szükséges szerves anyagokhoz hozzájussanak. Ezért a lehető legnagyobb felületet kell kialakítani a szubsztrátumokban, így segítve a gyors lebontást. Szilázsok esetén a betakarítási vágáshosszt kell a lehető legrövidebbre beállítani, míg szemes anyagok esetén egy magroppató segítségével kell az endospermát feltárni.

A felhasználni kívánt alapanyagok éven belüli képződésének ismeretében lehet a fermentor méretet a lehető legcélszerűbben megállapítani. Amennyiben egy adott anyag az év rövid idejében nagy mennyiségben képződik (pl. cukorrépaszelet), a fermentációra így rövid idő marad, magas beruházási költséggel lehet csak a biogáz üzem kialakítani. Ilyen esetben a képződő anyagot tartósítani kell, hogy az év fennmaradó részében is üzemeltetni tudjuk a biogáz üzem.

A fermentációban működő mikróbák a gyors alapanyagösszetétel-változást nehezen tudják elviselni, a szabálytalan, kiszámíthatatlan szubsztrát bevitelt, módosítást el kell kerülni. Ezért ajánlatos az alapanyagainkat valamilyen módszerrel (pl. silózás) tartósítani. Amennyiben a tartósítás nem megoldható, a fennmaradó időszakban egyéb alapanyagot kell az üzemben hasznosítani.

Ezen elvet követve, a folyamatos, azonos minőségű alapanyag ellátás biztosítására a mezőgazdaságban megtermelhető, kidolgozott tartósítási technológiákkal kell a szubsztrátumokat a biogázüzem számára biztosítani. Így a silózott növényi anyagokat az év folyamán mindig azonos minőségben tudjuk az üzembe bejuttatni. A szemes termények magas energiatartalmuk miatt jöhetnek számításba a biogázüzem alapanyagaként.

Miután a megfelelő alapanyag mennyiség biztosítva van az év folyamán a biogázüzemben, a fermentorok méretezése az előbb részletezett alapanyag tulajdonságok és az átlagos tartózkodási idő értéke alapján megtörténik. A lassan bomló, magas rosttartalmú növényi



alapanyagok esetén ez az érték min. 35-40 nap, de ennél magasabb is lehet nem megfelelő szubsztrátminőség esetén. Almos trágyák, hígtrágyák esetén 20-25 nap átlagos tartózkodási idővel lehet számolni. Egyes alapanyagok, így pl. a konzervipari, vagy alkoholgyártásból származó már előre feldolgozott anyagok esetében 15-20 nap maximális tartózkodási idő alkalmazható. Az egyenlőtlen minőség, ingadozó beszállítás miatt azonban a hulladékok a biztonságos, folyamatos energiatermelést nem teszik lehetővé. Ezért a magasabb tartózkodási időt igénylő mezőgazdasági termékeket javasoljuk.

#### **6.4.1 Fermentációs technológiák<sup>4</sup>**

A mikrobiális tevékenységek optimalizálása, a beruházási költségek csökkentése és az egyszerű biogázüzem konstrukciók kialakítása érdekében többféle biogázüzem koncepció, fermentációs technológia került kialakításra az évek folyamán.

A fermentációs technológiák közül említésre érdemes az 1, ill. 2 fázisú fermentáció, valamint az egy vagy kétlépcsős fermentálás. Az egyes elnevezések a mikrobiológiai folyamatok elválasztásával értelmezhetőek.

Az egyfázisú fermentációban a szerves anyagok lebontásának összes fázisa egyetlen fermentorban található meg, míg a kétfázisú üzemekben a hidrolízis elkülönül a biogáztermelés többi fázisától.

Az egylépcsős rendszerekben egyetlen fermentorban tartózkodik az anyag a teljes kiérlelése idején, míg kétlépcsős technológia esetén a fermentáció két, általában (de nem törvényszerűen) azonos konstrukciójú fermentorban történik.

#### **Tároló rendszerek**

A rendszerek kevés alapanyag esetén lehetnek tároló rendszerűek, nagy anyagmennyiség esetén célszerűbb az átfolyó rendszer alkalmazása. A tároló rendszerekben egy nagy befogadó kapacitással rendelkező fermentort építenek, mely az összes folyamatosan képződő anyagot képes befogadni, majd a tartály a telítődés, és az anyag kiérlelődése után kiürítésre kerül. Ennek a rendszernek az a hátránya, hogy a gáztermelés nem állítható be egy konstans értékre, ezáltal biztos energianyeresre nem lehet alkalmazni. Ezért manapság már nem is használják ezeket a rendszereket.

---

<sup>4</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (2005): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung alapján

## Átfolyó rendszerek

Átfolyó rendszer esetén a fermentorba bekerülő friss alapanyag a már javarészt kiérlelt anyagokat kiszorítja a rendszerből – a betáplált mennyiséggel azonos mennyiségű fermentátum a következő fermentorba, vagy az utótárolóba kerül. A rendszer előnye, hogy könnyen automatizálhatóvá válik az alapanyag bejuttatás a fermentorokba, a gáztermelődés konstans értéken tartható. Az említett előnyök miatt a jelenleg megépített biogáz üzemek 95%-a ezen az elven működik. Az átfolyó rendszerek hátránya, hogy előfordulhat bennük az ún. rövidzárlati átfolyás, mely során a frissen betáplált anyag lebomlás nélkül a következő fermentorba jut át, ezáltal a biogáz termelési potenciál nem kerül kihasználásra.

Amennyiben a tartózkodási idő az átfolyó rendszerű üzemekben nincs megfelelően kiválasztva, tehát túl rövid az anyag teljes kiérleléséhez, a lebontási maradék tárolóban a biogáztermelés tovább folytatódik. Ezért érdemes a lebontási maradék tárolókat lefedni, az itt képződött gázt elvezetni, és felhasználni. Ezáltal megelőzhető az üvegházhatású gázok (ÜHG), legfőképp a metán légkörbe jutása, ill. a környezet esetleges szagterhelése a nem megfelelő lebontottsági fok miatt. A szagterhelés főleg a magas fehérjetartalmú anyagok nem megfelelő lebontása esetén alakulhat ki. Szintén ez az eset állhat elő a nem megfelelő üzemvitel miatti felhabzás esetében. Ekkor a teljes fermentortartalom használhatatlanná válik.

Az előbb felsorolt fermentációs technológiák kialakítási lehetőségeinek sokszínűségét mutatja a 33. táblázat. A táblázatot egy mátrixként is értelmezhetjük, ahonnan a megvalósítható technológiák tetszőleges kialakítási módozatai választhatók ki.

Felosztás elve	Megvalósítható változatok		
	felszín feletti	földbe süllyesztett	
Telepítés	fekvőtankos	állótankos (torony)	
Anyaga	betonkádás	acéltartályos	műanyagtankos
Keverés módja	mechanikus	szivattyús	csigás
Hőmérséklet	pszichrofil	mezofil	termofil
Fűtés módja	csőkígyós	külső hőcserélős	köpenyfűtésű
Technológiai elv szerint	egylépcsős	Kétlépcsős	
	nedves	szuszpenziós	félszáraz
Üzem mód	szakaszos	félfolyamatos	folyamatos

33. táblázat Biogáztermelő reaktorok kivitelezési változatai. Forrás: Olessák – Szabó, 1984.

A technológiai mátrix már a nyolcvanas években kialakult, a ma épített üzemek még mindig ezeket az alapelveket követik. A továbbiakban a jelenleg legszélesebb körben elterjedt három

technológiai forma kerül bemutatásra. A külföldi szakirodalmakban három fő fermentációs módozatot említenek meg:

- álló, hengeres fermentorok (stehende),
- fekvő, dugóáramú fermentorok (liegende),
- száraz fermentációs eljárás (trocken).

#### **6.4.2 Technológiai összehasonlítás**

Az adott projekt szempontjából a lehető legjobb technológia kiválasztása előtt érdemes megismerni a piacon fellelhető biogáz technológiák előnyeit és hátrányait. Ezek ismeretében lehet ajánlatot tenni a technológia kiválasztására.

##### **Álló hengeres, teljesen átkevert bioreaktorok**

Ez a fajta technológia a legelterjedtebb a biogáz üzemek körében. A klasszikus kialakítási forma a hígrágyatárolók átalakításából következik. Két főbb építési típusa van, ezek közül a „magasság kisebb mint az átmérő” típusokat alkalmazzák magas számban a mezőgazdasági alapanyagokkal működő üzemekben. A dán, ill. észak-európai országokban a „magasság nagyobb mint a szélesség” típusú fermentorokat részesítik előnyben, ill. a szennyvíztelepek a szennyvíziszapok rothasztására is ezt az építési formát alkalmazza.

A tipikusnak mondható üzemekben a fermentorok keverésére merülő típusú motorokat alkalmaznak, ezek száma fermentoronként min. 2, de a legtöbb esetben a megfelelő keverés, homogenizáció, a felúszó és ülepedő rétegek kialakulásának megelőzése érdekében legalább 3 keverőt építenek be. Ezek üzemelési magassága sok esetben állítható. A keverő berendezések beépített teljesítménye meghatározó jelentőségű a villamosenergia-fogyasztásban.. A motorok szakaszos üzemelése miatt konglomerátumok alakulhatnak ki a fermentoron belül, a gáz folyadékból történő kijuttatásában is csúcsok és völgyek figyelhetőek meg. A fermentor feletti térben alakítják ki az ún. gázkupolát, gáztárolóteret (gázpuffer), melyben a biogáz kénhidrogén tartalmának biológiai úton történő lebontása megtörténhet. A fermentorokban fennáll az ún. rövidzárlati átfolyás veszélye, ezt megfelelő áramlási viszonyok kialakításával minimalizálni lehet.. A rendszert széles körben elterjedt mivolta miatt javasoljuk.

A magas erjesztő tornyok (hazai szennyvíz telepek) keverő-berendezést helyeznek el a tartály középső tengelyén, ami a folyamatos homogenizációt képes ellátni. A rendszerre az alacsony

villamos energia felhasználás a jellemző. A gáztárolás egy külső gáztárolóban történik. A kéntelenítést a rendszeren kívül elhelyezett külső kéntelenítőben kell elvégezni.

### **Dugóáramú bioreaktorok**

A dugóáramú (plug-flow, Propfenstrom) fermentorok technológiai alapjai szintén a hígtrágyakezelés alapjaihoz vezethetők vissza. Az istállókba installált trágya- és vizeletgyűjtő aknák kialakítása során nem alkalmaztak nagy méretű dőlésszögeket, hanem a trágyalé természetes áramlását, érése során bekövetkező viszkozitásának változását használják ki a folyadék elvezetésére, melynek következtében a már megérett trágyalé maga előtt tolja a többi anyagot. A dugóáramú fermentorokban ezt a jelenséget használják ki. A fermentorba bejuttatott anyag az előtte lévő, már lebomlott fermentátumot maga előtt tolja, létrehozva az ún. dugóáramot. A rendszer előnye, hogy bár egyetlen fermentorban megtalálhatóak mikrobiológiai lebomlás fázisai, ezek egymástól jól elkülönülnek a fermentor egyes szakaszaiban. Ezt a hossz tengelyre elhelyezett lassan (1-2 fordulat/min) forgó sokszor fűtéssel integrált keverő sem befolyásolja. A teljes lebontási folyamat szakaszainak szeparálódása miatt biztosabb gázkihozattal, és teljes lebontással számolhatunk ezen technológia alkalmazása esetén. A rendszer előnye még, hogy az álló fermentorokhoz képest magasabb szárazanyag terhelést lehet elérni, így növelve a gázkihozattal. A fermentor relatív kis mérete miatt magas beruházási költséget feltételez, amit azonban a biztos üzemvitel, nagyobb reaktorterhelés előnyei kompenzálnak.

A rendszert nemcsak a magas szárazanyag tartalmú mezőgazdasági alapanyagok fermentálására használják, hanem a szerves hulladékfrakciók (biohulladék) kezelésére is. A széles spektrumban mozgó terhelhetőség és alapanyag bázis miatt ezt a technológiát is javasoljuk.

### **Száraz fermentáció**

A száraz fermentációt a fermentációs térben uralkodó magas szárazanyag tartalom jellemzi. Itt az anyagokat nem kell folyékony, szivattyúzható állapotba hozni, hanem csak elkeverjük ezeket az előző fermentációs ciklusból származó lebontási maradék egy részével, és egy egyszerű, légmentesen záródó térben hagyjuk fermentálódni. A baktériumoknak a megfelelően nedves közeget a folyamatosan cirkuláló ún. perkolát-léből biztosítjuk. A technológia konstans gáztermelésre nem képes, mert az alapanyag be- és kitérítéséhez ki kell nyitni a fermentáló teret, ennek következtében a biogáztermelés megszakad, az újabb termelés

beindulásához legalább 10-14 napra van szükség. A száraz fermentációs rendszerek kiforratlanságuk, és ingadozó biogáztermelésük miatt még nem ajánlottak.

### **Fermentációs hőmérséklet**

A fermentációs technológia megválasztása során fontos megvizsgálunk, hogy milyen hőmérsékleten történik a szubsztrátumok lebontása. A biogáztermelő mikrobaközösségek három fő típusát lehet megkülönböztetni attól függően, hogy milyen hőmérséklet-tartományban működnek:

- pszichrofil (kb. 28-30 °C-ig)
- mezofil (optimum 35-38 °C)
- termofil (50 °C felett).

A konstans biogáztermelési technológiák a mezofil és termofil tartományban működnek. A mezofil üzemmódú bioreaktorokban a baktériumok képesek nagyobb hőmérséklet-ingadozásokat is elviselni, ezért a rendszer stabilitása nagynak mondható. A termofil rendszerek ezzel szemben a hőmérséklet változását nehezen viselik el, de amennyiben konstans értéken vagyunk képesek tartani a fermentor hőmérsékletét (kb. 55 °C), akkor a gyorsabb lebontási folyamatnak köszönhetően nagyobb gázkihozatali értékekkel számolhatunk, ami optimális üzemkihasználtságot eredményez.

A mezofil technológiát jó tűrőképessége, ill. az üzemvitelre kevésbé érzékeny mikrobapopulációja miatt előszeretettel használják. A nyugat-európai biogáz trendeket elnézve azonban a termofil fermentáció folyamatos térnyerése figyelhető meg, melyet a kitűnő gázkihozatali eredmények jellemeznek.

### **Szárazanyag tartalom**

Az egyes reaktor típusokat a fermentorban lévő folyadék fázis (fermentátum) szárazanyag tartalma nagymértékben jellemzi. A folyadékfázis szárazanyag tartalma az ajánlott álló fermentoros rendszerekben a szivattyúzhatóság miatt kb.10-12%-os szárazanyag tartalom maximummal rendelkezik. Ennél nagyobb szárazanyag tartalmat a keverő-berendezések már nem tudnak mozgatni. A folyadékfázis 1 m<sup>3</sup>-ből kinyerhető biogáz így nagyságrendekkel kevesebb.

A fekvőfermentoros rendszerek 20%-os szárazanyag tartalomig minden további nélkül képesek működni, ami magas gázkihozatali eredményeket produkál. A fermentorban lévő szárazanyag tartalom vizsgálata esetében ezért a fekvőfermentoros technológiát javasoljuk

### 6.4.3 Összegzés

Az egyes technológiákra vonatkozó tulajdonságokat egy táblázatban összesítettük

	<b>Álló fermentor</b>	<b>Fekvő fermentor</b>
<i>Előnyök</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kedvező fajlagos beruházási költségek,</li> <li>• többféle működési forma lehetséges (tároló, átfolyó),</li> <li>• a technológiai elemek javítása a fermentor ürítése nélkül megoldható,</li> <li>• gázkupola elhelyezése és abban biológiai kéntelenítés megvalósítható.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hatékony térfogatkihasználás,</li> <li>• a lebontási folyamatok lépcsői elkülönülnek az anyagáramban,</li> <li>• kéregképződés és kiülepedés kialakulása könnyebben megakadályozható,</li> <li>• rövidebb tartózkodási idő,</li> <li>• hatékony fűtés és keverés.</li> </ul>
<i>Hátrányok</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nagy fermentorméret esetén a hatékony keverés és biztonságos befedés nehezen oldható meg,</li> <li>• „rövidzárlati” áramlás kialakulása esetén az alapanyag egy része a lebontáshoz szükségesnél rövidebb idő alatt elhagyja a bioreaktort,</li> <li>• kéregképződés és kiülepedés veszélye.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• csak meghatározott méretben gazdaságos,</li> <li>• a keverőberendezés meghibásodása esetén a fermentort le kell üríteni,</li> <li>• magas fajlagos beruházási költségek.</li> </ul>

34. táblázat Biogázüzemi fermentortípusok összehasonlítása

### 6.4.4 Az egyes fermentortípusok általános jellemzői

#### Áramlásos bioreaktorok tulajdonságai (általában fekvő fermentorok)

- fekvő elrendezés esetén a reaktor mérete 800m<sup>3</sup>, álló típusoknál 2500m<sup>3</sup>-ig;
- fémből vagy betonból készül.

Ajánlott:

- nagy szarazanyag tartalmú alapanyagok fermentálására.

Előnyök:

- kompakt felépítmény;
- a lebontási folyamatok elkülönülnek az anyagáramban;
- felúszó és ülepedő réteg ritkán alakul ki;
- a lebontási idő könnyen betartható;
- alacsony lebontási idő;
- effektíven fűthető, alacsony energiaigény.

Hátrány:

- csak meghatározott méretben gazdaságos;
- a keverő-berendezés szerelése esetén teljes kiürítést igényel a fermentor;
- relatíve magas költségek.

Építési forma:

- fekvő vagy torony elrendezés;
- torony esetén vertikális elemekkel oldható meg az anyagáramlás.

### **Álló, teljesen átkeverő bioreaktorok tulajdonságai**

- fermentorméret 6000 m<sup>3</sup>-ig;
- fémből vagy betonból készül.

Ajánlott:

- pumpálható, alacsony vagy közepes szárazanyag-tartalmú alapanyagokhoz.

Előnyök:

- kedvező költségű kivitelezés;
- többféle működési forma lehetséges (tároló, átfolyó);
- a technológiai elemek javítása a fermentor üritése nélkül megoldható.

Hátrány:

- nagy fermentorméret esetén a befedés nehézkes;
- „rövidzárlati” áramláskor nem tartható a lebontási idő;
- felúszó és ülepedő réteg kialakulása valószínű.

Építési forma:

- álló, henger alakú fermentor, föld alatti, vagy feletti kivitelezés;
- többféle anyagkeverési módszer lehetséges;
- erős keverő-berendezés szükséges a homogenitás kialakításához.

### **Száraz fermentáció tulajdonságai:**

- a moduláris felépítmény miatt nincs meghatározott méret;
- fémből vagy betonból készülhet a fermentor.

Ajánlott:

- könnyen rakodható, magas szárazanyag tartalmú anyagok lebontására.

Előnyök:

- alacsony energiaigény a kevés mozgó berendezés miatt;
- alacsony javítási, kezelési költség;
- alacsony H<sub>2</sub>S tartalmú biogáz;
- alapanyag fűtése nem szükséges az önmelegedés miatt.

Hátrány:

- folyamatos és egyenletes eloszlású biogáztermelés nem lehetséges;
- az elkeverés hiánya miatt biogázt nem termelő helyek kialakulhatnak;
- nagyobb gázkihozatalhoz több oltóanyag szükséges;
- a robbanásmentes be- és kitároláshoz biztonsági rendszer szükséges.

Építési forma:

- konténer, boxok, tömlő.

## 6.5 Életciklus elemzés

Az elkövetkező években hazánkban nagy számban jelennek majd meg a főleg állati trágyák feldolgozására specializált biogázüzemek. A trágyafelhasználás mellett, amennyiben a jelenleg érvényes kötelező villamos energia átvételi ár és rendszer nem változik, a különböző élelmiszeripari hulladékokat feldolgozó üzemek száma is jelentősen meg fog növekedni. Ezért a következőkben trágyakezelő, ill. élelmiszeripari koszubsztrátumot is feldolgozó üzemek életciklusát elemezzük, különböző számosállat létszám esetén Hartmann és Kaltschmitt elemzéseit felhasználva. Az életciklus elemzésében az építés, üzemeltetés és az épületek lebontásának környezetre gyakorolt hatásait vizsgáljuk. A biogázüzemek sokféleségének, ill. a felhasználható anyagok széles körének köszönhetően egy mindenre kiterjedő, az összes biogázüzemre jellemző életciklus elemzést nem lehet végrehajtani. Azonban elmondható, hogy az élelmiszeripari termelésből származó melléktermékek kezelése esetében a környezetre gyakorolt pozitív hatások jobban érződnek, mint ha csak természetesen energianövényeket hasznosítanánk.

### 6.5.1 A vizsgált rendszerek tulajdonságai

Az életciklus elemzés során három referencia üzem környezeti hatásait elemezzük (lásd 35. számú táblázat). Két üzem esetében 100 számosállattól származó hígtrágya kezelése valósul meg, míg a legnagyobb biogázüzem 1000 szarvasmarha trágyáját dolgozza fel. A kisebb mintaüzemek közül az egyikben konyhai hulladék kezelése is történik. A három üzem elektromos teljesítménye a következőképpen alakul:

- I. üzem, csak hígtrágya – 20 kW
- II. üzem, hígtrágya + élelmiszer hulladék (400 t/a) – 50 kW
- III. nagy állattartó telep – 150 kW

Az üzemek egységesen egy előkeverő aknával, fermentorral, lebontási maradék tárolóval vannak felszerelve. A konyhai hulladékok biogázüzemi felhasználása a törvényi előírások miatt csak higienizációval egybekötve végezhető el. Erre az állati hulladékok kezelésének és a hasznosításukkal készült termékek forgalomba hozatalának állategészségügyi szabályairól szóló 71/2003. (VI. 27.) FVM rendeletben foglaltak az irányadók. A rendelet alapjául az Európai Parlament és a Tanács 1774/2002/EK rendelete (2002. október 3.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre vonatkozó egészségügyi előírások megállapításáról



szolgál. A konyhai hulladékok magas gázkihozatali eredményeinek köszönhetően a II-es üzem magasabb gázkihozatali értékekkel rendelkezik az egységnyi bevitt anyagmennyiségre, mint az I. és III. üzem. A gázkihozatali értékeket a felhasznált alapanyagok számos tulajdonsága, így a protein, zsír, rosttartalma, valamint a szárazanyag és a szerves szárazanyag tartalom határozzák meg. A hígtrágyák alacsony szárazanyag tartalma miatt az 1 t szubsztrátumból nyerhető biogáz mennyisége alacsony. A keletkező biogáz fűtőértéke egységesen 6 kWh/m<sup>3</sup>. A gázt előzetes tisztítás – kéntelenítés, víztelenítés – után egy ideiglenes tárolóba vezetik, ahonnan a felhasználás helyére, a kogenerációs berendezésbe kerül. A megtermelt villamos energiát a hálózatba betáplálják. Az üzemek saját villamosenergia felhasználása a teljes megtermelt energia 8%-a. A keletkező hőenergia 30-45%-át a fermentorok fűtésére használják. A lebontási maradék, mint magas tápanyag tartalmú anyag, a földekre kerül kihordásra, csökkentve a műtrágya-felhasználást. Mindhárom biogázüzem működési ideje 20 év.

<b>Referenciaüzem</b>	<b>I.</b>	<b>II.</b>	<b>III.</b>
Számosállat	100	100	1000
Fermentorméret (m <sup>3</sup> )	250	350	2500
Biogázhozam (m <sup>3</sup> /év)	51000	131000	510000
Kofermentáció	nem	igen	nem
Biogáz felhasználás	kogeneráció	kogeneráció	kogeneráció
Működési idő (év)	20	20	20
Elektromos teljesítmény (kW <sub>el</sub> )	20	50	150
Termikus teljesítmény (kW <sub>th</sub> )	44	110	440
Bruttó villamos energia termelés (MWh/a)	92,4	235,8	924
Saját szükséglet a termelt vill. energiából	8%	8%	8%
Nettó villamos energia termelés			
MWh/a	85	216,9	856,8
Teljes élettartam (MWh)	1700	4388	17000
Hőenergia termelés (MWh/a)	165	432	1650
Fermentor fűtési igénye (MWh/a)	83	216	622,5
Külső hőhasznosítás			
MWh/a	40	40	300
Teljes élettartam (MWh)	800	800	6000
Fel nem használt hő (MWh/a)	42	176	727,5

35. táblázat A vizsgált üzemek tulajdonságai. Forrás: Hartmann – Kaltschmitt, 2002

A vizsgálat során két esetet elemzünk minden biogázüzemben: csak villamosenergia termelés, ill. villamosenergia termelés és külső hőhasznosítás. A hőhasznosítás esetében a környezetre gyakorolt negatív hatás csökken, mert a hőtermelés negatív hatásai a helyettesített hőenergia forrás számára kerülnek jóváírásra. A kisméretű üzem esetében felhasználásra kerülő hőenergia mennyisége éves szinten 40 MWh, ami a fűtési és melegvízigény kielégítésére elegendő. A III. üzem esetében ez az érték jóval magasabb, 300 MWh/a, ami egy saját üvegház fűtésére elegendő. A fel nem használható hőenergia, hulladék hő, a kogenerációs berendezés hűtő elemein keresztül a környezetbe kerül. A 20 éves vizsgálati periódusra vetítve az üzemek a következő energiatermelési mutatókkal rendelkeznek (36. táblázat):

Üzem	Termelt villamos energia	Külső hasznosított hőenergia
I. üzem	1700 MWh	800 MWh
II. üzem	4338 MWh	800 MWh
III. üzem	17000 MWh	6000 MWh

36. táblázat Villamos és hőenergia hasznosítás a vizsgált üzemek esetében. Forrás: Hartmann – Kaltschmitt, 2002

## 6.5.2 Ökológiai elemzés

Abban az esetben, ha a kapott értékeket csak a villamos energia termelés esetében vizsgáljuk, a hulladék kezelő rendszer jobb ökológiai mutatókkal rendelkezik, mint a másik két üzem. Mindez a nagyobb specifikus gázkihozatali eredményeknek köszönhető. A II. üzem egységnyi fermentor térfogatból nagyobb energiát tud megtermelni, mint a másik két üzem. A III. üzem a méretnövekedés, és ezáltal az optimálisabb kihasználás miatt szintén jobb értékekkel rendelkezik, mint a kisebb üzemek.

	Hőhasznosítás nélkül			Hőhasznosítással		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Elsődleges energiafelhasználás GWh <sub>prim</sub> /GWh	0,42	0,26	0,32	0,28	0,22	0,24
ÜHG kibocsátás kg CO <sub>2</sub> /GWh	146259	99549	110299	99456	84049	81525
Savasodást okozó károsanyag kg SO <sub>2</sub> /GWh	2684	2463	2019	1825	2080	1489
Emisszió humán toxicitás kg NO <sub>x</sub> /GWh	2870	2788	2153	1952	2354	1591
Emisszió ökototoxicitás kg SO <sub>2</sub> /GWh	641	489	485	436	413	359

37. táblázat Fosszilis energiafelhasználás, ill. károsanyag kibocsátás biogáz termelés során.

Forrás: Hartmann – Kaltschmitt, 2002

Abban az esetben, ha a villamos energia mellett a keletkező hőenergiát is hasznosítjuk, a környezetre gyakorolt káros hatások nagymértékben csökkennek, ill. az egyéb mutatószámok

is jobb átlaggal rendelkeznek. A biogázüzemek esetében az üvegházhatású károsanyag kibocsátás legnagyobb mértékben az építés folyamán valósul meg, 49 ill. 59%. Ennek oka a felhasznált elemek gyártásának intenzív anyag és energiafelhasználása. A savasodást okozó károsanyag kibocsátás a működés során lép fel, 75 ill. 83%-ban, ami a motorok kipuffogó gázából származik. Az összesített értékeket a 37. táblázat tartalmazza.

### **6.5.3 Következtetések**

A három vizsgált üzem közül a legjobb mutatókkal a III. rendelkezik. A növekvő méret és anyagfelhasználás a károsanyag emissziók primér fosszilis energiahordozóra történő vetítése során javuló értéket mutat.

Elektromos teljesítmény szempontjából jelenleg a III. üzem kicsinek mondható, energianövények hasznosítása esetén az elektromos teljesítmény nagyobb mértékben növelhető, mint a trágyahasznosítás esetében. A III. üzem azonban az elkövetkező 2 évben hazánkban állami támogatással megvalósuló trágyakezelő biogázüzemek jó példája. A kevésbé centralizált állattartásban keletkező almos trágya biogázüzemi felhasználása során az átlagos állattartó telephez tartozó elektromos teljesítmény nem haladja majd meg a 150 kW-el-t. A jelenlegi kötelező átvételi árak mellett az energianövények biogáz termelésre történő hasznosítás nem fog elterjedni, az alapanyag drága termelése miatt. Az elemzés így jól mutatja be, hogy a biogázüzemi trágyahasznosítás a környezetre számos szempontból nézve pozitív hatással van:

- metán emisszió csökkentése a zárt rendszerben történő trágyafeldolgozás miatt,
- a lebontási maradék káros anyag emissziója (pl.: ammónia) az aerob módon kezelt trágyához képest alacsonyabb,
- a biotrágya jó tápanyagtartalma miatt csökkenti a műtrágyafelhasználást, ezáltal a fosszilis energiahordozók felhasználását.

## **6.6 Fenntartható biogáztermelési stratégiák energianövényekből, a területi adottságokhoz alkalmazkodó vetésváltással, fajtaválasztással és optimális betakarítással<sup>5</sup>**

### **6.6.1 A fenntartható biogáztermelés elve és potenciálja**

Ahhoz, hogy optimális metántermelést érjünk el, a kultúrnövények azon genotípusait kell megtalálnunk, melyek a lehető legnagyobb metánprodukciónak érik el egységnyi területen.

Ezzel egy időben el kell kerülni az egyoldalú növényváltási rendszereket. A lehető legszélesebb spektrumát kell a kultúrnövényeknek a biogáztermelésre használni. A BOKU Mezőgazdasági Intézetének Fenntartható Agrárrendszerek Részlege széleskörű kutatásokat végez ebben a témakörben. Arra keresik a választ, hogy a kultúrnövényeket milyen ökológiailag optimalizált vetésforgóban lehet a legjobban, mint energianövényeket biogáztermelésre hasznosítani. Az elő-, fő-, közti- és utóvetés technológiája fontos szerepet játszik ebben a hasznosítási módban.

A megfelelő termesztéstechnológia mellett fontos, hogy a termesztés helyének megfelelő fajta legyen kiválasztva. Ez elősegíti az egységnyi területen megtermeszthető nagy biomasszahozamot. A nagy biomasszahozamok mellett a vetésváltással egy fenntartható tápanyagkörforgás is létrehozható ezekben a kultúrákban.

Az integrált növénytermesztési rendszerekben egymás mellett történik a humán táplálékok termesztése, az állati takarmányok megtermelése és az energetikai célú növénytermesztés. Ezekben az integrált rendszerekben az egységnyi területen megtermelt élelmiszer, takarmány és energetikai hasznosítású alapanyagok mennyisége igen nagy lehet. A következő lehetőségek állnak rendelkezésünkre, hogy az integrált rendszereket hasznosítsuk:

- Az élelmiszer és nem élelmiszer termesztéstechnológiájának egymás utáni cseréje. Míg az egyik évben élelmiszerbúza termesztés folyik az adott területen, a következő évben energetikai célokra lesz az ott megtermesztett növény hasznosítva. Food-non-Food-Switch
- Az adott növényfaj vegetatív és generatív részeinek kettős hasznosítása. Pl. a kukoricaszem keményítő előállítására lesz hasznosítva, míg a vegetatív szár részek

---

<sup>5</sup> Amon et al. 2006.: Strategien zur nachhaltigen Biogaserzeugung aus Energiepflanzen durch standortangepasste Fruchtfolgesysteme, Sortenwahl und optimale Ernte alapján

pedig energetikai célokra, vagy a napraforgószemből először olajat nyerünk, majd a napraforgó pogácsát biogáz erőműben hasznosítjuk.

- Kevert kultúrák alkalmazása: pl.: egyszerre vetünk napraforgót és kukoricát az adott területre, és ezt a keveréket silózzuk be.

Az integrált és specializált rendszerekben rejlő lehetőségek elemzésekor szembeötlik, hogy az energetikai célú, specializált területeken egy igen magas hektárra vetített metánképződés valósul meg, mely elérheti a  $6500 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$ -t. Az integrált rendszerekben ez az érték sokkal alacsonyabb, csak  $3500 \text{ m}^3$ , tekintettel arra, hogy az integrált rendszerekben nem csak energetikai célú növényi anyagot, hanem élelmiszert és takarmányt is termelnek.

A tanulmány a továbbiakban azzal foglalkozik, hogy milyen előnyökkel jár az integrált és a specializált rendszer a környezet védelmében, hogyan alakul a  $\text{CO}_2$  megtakarítás, ill. mekkora mennyiségű munkahelyet lehet ezen rendszerek alkalmazásával teremteni. Minden esetben arra a következtetésre jut, hogy az integrált rendszerben (itt van növénytermesztés, állattartás, gyephasználat) nagyobb potenciálok vannak, mivel a földterület használatán felül még az állattartás is jelen van és ennek a melléktermékei is az energiatermelésbe kapcsolódnak be. Az integrált rendszer közel háromszor akkora foglalkoztatást tud felmutatni, mint a specializált rendszer. A specializált rendszerek művelési területe  $275 \text{ e ha}$ , az integrálté  $1\,375 \text{ e ha}$ . Fontos, hogy az energetikai célokra az integrált rendszerben a gyepek és takarmány célú területek 40 és 20%-a vesz csak részt.

## 6.6.2 Gabona alapú biogáztermelés

A kísérletek során három gabonaféle biogáz potenciálját mérték. Ezek a búza, rozs és tritikálé. A kísérletek során többszöri időpontban történt a növények betakarítása. A tanulmányban feltüntetett un. *ECA-Stadiumok* a növény érési állapotát fejezik ki. Ezt a levelek számából és a kalász érési állapotából lehet megállapítani. Magyarországon ez a rendszer nem elterjedt. Ehelyett csak a 2,4,6,8 leveles stádiumot szokták megadni és a kalászban található szemek érettségét. A betakarítás itt is szecskázást és silózást jelent. Az első betakarítás időpontja május 13. volt az utolsó augusztus 1. Összesen öt időpontban történt a növények betakarítása.

Ahhoz, hogy az egységnyi területen megtermelhető biogáz és ezen felül metán mennyiségét meg lehessen határozni, szükséges az adott növény friss massa szárazanyag

tartalmát százalékban ismerni. Ebből meghatározható, hogy adott szárazanyag tartalom mellett mekkora szárazanyag mennyisége egy ha-on.

A kutatások kimutatták, hogy 30%-os szárazanyag tartalom esetén szinte mindegyik faj 15 t szárazanyag masszával rendelkezett. A növekvő szárazanyag tartalom nem vezet nagyobb szárazanyag mennyiséghez hektáronként. Mindhárom növényfaj esetén 13 és 19 t TM<sup>6</sup> között alakul a termés. A búza, rozs és tritikálé esetén különbözőképpen alakul a növények biomassza képzése: a rozs és tritikálé hamarabb érnek el magasabb metánhektár termést, mint a búza. A búza esetén a legnagyobb metánképzési potenciál a vegetációs idő végén alakult ki. Fajtától függően a metánhektár termés 4002 és 4415 m<sup>3</sup>/ha között alakult.

Gabonanövények esetén a következő szempontokat kell figyelembe venni, ha energetikai céllal termesztjük azokat:

- Őszi vetés esetén a lehető legnagyobb biomasszatömeget a kora tavaszi hónapokban érik el (rozs, tritikálé)
- 30%-os szárazanyag tartalomig termésnövekedést biztosítanak. Magasabb szárazanyag tartalom nem kívánatos, mert a növények növekvő szárazanyag tartalom mellett egyre jobban elfásulnak, lebontásuk nehezebb lesz, keményítőtartalmuk növekszik.
- Azok a fajták jobbak, melyek biomasszatömegüket az egész növényben egyenletesen elosztva alakítják ki, nem pedig a kalászban összpontosul nagy tömeg. (Érdemes a régi fajtákhoz visszanyúlni, ahol a szemtermés arány a szárhoz viszonyítva nem nagy.)
- A több növényből álló kultúrákban a rozs és tritikálé jobban alkalmazható, mert a növény egész éves fedettséget biztosít (amikor el van vetve) és kora tavasszal nagy biomasszahozama van.

### **6.6.3 Biogáztermelés kukoricából**

A kukorica C4-es növény. Az általánosságban bevett C3-C4-es vetésforgóban igen fontos szerepe van. Ettől a növénytől lehet a legnagyobb hektárról származó energiapotenciált elvárni. Három féle termesztéstechnológia jöhet számításba az alkalmazásakor:

1. az adott évben mint fő növény csak kukorica lesz elvetve.

---

<sup>6</sup> TrockenMasse: szárazanyag

2. Az adott évben egy gabonaféle mint elővetemény, és mint főnövény kukorica lesz vetve.
3. A kukorica vetése valamely növénnyel keverten történik. Pl. kukorica és napraforgó egyidejű vetése.

A kísérletek során az egyes kései érésű kukoricafajták esetén a különböző betakarítási időpontokban mért biomassza hozamot és a szárazanyag tartalmat hasonlították össze, valamint azt, hogy hogyan alakult a metánképződés az egyes érési stádiumokban. A következő összefüggésekre derült fény a kísérletek során:

- Az adott fajta, a vetésterület elhelyezkedése és a csapadék mennyisége nagymértékben befolyásolja a képződő metán mennyiségét.
- 25000 kg szárazanyag/ha elérhető mennyiség 35%-os szárazanyag tartalomig. A túl kései érésű fajták csak 28%-os szárazanyag tartalmat tudtak elérni.
- 30-33%-os szárazanyag tartalom esetén a metántartalom még magas a megfelelően nagy biomassza tömeg mellett, és ezzel egy időben a silózhatóság sem romlik. Minden vizsgálat esetén 33%-os szárazanyag tartalom mellett volt a legnagyobb a biogázkihozatal.
- Az adott területen jó tulajdonságú takarmány silókukorica fajták biogáz termelésre is kiválóan alkalmasak, de 40-50 FAO<sup>7</sup> számmal akár nagyobbak is lehetnek. Azonban minél későbbi érésű egy fajta, annál kevesebb biomassza tömeget képez a silózás idejére, ezáltal nagymértékben csökkenhet a metánhozama.
- Általánosságban véve elmondható, hogy a tejes érésben lévő kukorica növény silózásakor a lehető legnagyobb biomassza tömeget, optimális silózhatóságot és biogázképződést érhetünk el.

#### **6.6.4 Lágyszárú energianövények célirányos termesztése biogáz üzemek számára**

A jelenlegi viszonyok között az energetikai célú lágyszárú növénytermesztés potenciálja átlagosan 60 t friss biomassza hektáronként (Az átlag természetesen nagy szórást takar: lehet 20 t/ha és 100 t/ha is). Az egyre szélesebb körben használatos energetikai növénytermesztéssel szembeni elvárásokat követve a nemesítők az egyre nagyobb zöld

---

<sup>7</sup> A FAO szám a kukorica érését határozza meg. Minél nagyobb ez a szám, annál hosszabb az érési idő.

masszát felépítő fajták kikísérletezésére törekszenek. A céltudatos nemesítési munka eredményeként az 1 hektáron megtermő biomassa tömegét 2010-re már 100 t-ra valószínűsítik. A nemesítői munkán kívül a termesztéstechnológiák is folyamatos fejlődésben vannak. Ennek köszönhetően integrált (élelmiszer, takarmány és energetikai növénytermesztés) és specializált (csak energetikai növénytermesztés) növénytermesztési technológiák kerülnek kialakításra.

Az integrált növénytermesztési rendszerekben egymás mellett történik a humán táplálékok termesztése, az állati takarmányok megtermelése és az energetikai célú növénytermesztés. Ezekben az integrált rendszerekben az egységnyi területen megtermelt élelmiszer, takarmány és energetikai hasznosítású alapanyagok mennyisége igen nagy lehet. A következő lehetőségek állnak rendelkezésünkre, hogy az integrált rendszereket hasznosítsuk:

- Az élelmiszer és nem élelmiszer termesztéstechnológiájának egymás utáni cseréje. Például, míg az egyik évben élelmiszerbúza termesztés folyik az adott területen, a következő évben energetikai célokra szolgáló növényeket termesztünk ugyanott („Food-non-Food-Switch”).
- Az adott növényfaj vegetatív és generatív részeinek kettős hasznosítása. Pl. a kukoricaszem keményítőt (bioalkoholt) állítanak elő, míg a vegetatív szár részeket pedig energetikai célokra hasznosítják, vagy a repcemagból/napraforgószemből először olajat nyernek, majd a repce/napraforgó pogácsát biogáz erőműben hasznosítják.
- Kevert kultúrák alkalmazása: pl.: egyszerre vetnek napraforgót és kukoricát (vagy cukorcikot és kukoricát) az adott területre, és ezt a keveréket silózzák be. (Schaffer-féle Zweikultur-nutzungssystem<sup>8</sup>)

A biogáz üzemekben használható növényekkel szembeni legfontosabb elvárás a lehető legnagyobb zöld tömeg felépítésének a képessége. A biogáz üzemekben a növény teljes föld feletti szár és termésrésze, valamint gumós növények esetén a termőföldben lévő rész is hasznosításra kerül.

A biogáz termelés szempontjából a következő tényezőknek van jelentősége:

- biomassa termés mértéke hektáronként;
- a növény kor és érettségi fázisa;

---

<sup>8</sup> [http://www.agrar.uni-kassel.de/pfb/systemversuch\\_zum\\_zweikultur-nutzungssystem\\_66.html](http://www.agrar.uni-kassel.de/pfb/systemversuch_zum_zweikultur-nutzungssystem_66.html)



- betakarítás időpontja;
- trágyázás;
- csapadék mennyisége;
- a betakarítás minősége, szecskaméret;
- tartósítás módja és minősége.

Az energianövények esetén az egyik legfontosabb követelmény a lehető legnagyobb biomassza tömeg termelés egységnyi földterületre számolva, erre vonatkozóan tartalmaz adatokat az 38. táblázat. A jó összehasonlíthatóság érdekében alapvető, hogy a terméshozamokat ne a friss massa tömegében adjuk meg, hanem a szárazanyag hozamokat tüntessük fel. Energetikai szempontból csak a szárazanyag fog hasznosulni, a víztartalom ebben az esetben csak ballasztanyag.

Növény neve	Hozam t/ha TM (t/ha szárazanyag)
Búza	14-17
Rozs	16-17
Tritikálé	16-17
Zab	13,5-16
Repce	10-12
Árpa	12-14
Kukorica	14-35
Takarmányrépa	13-21
Napraforgó	20-24
Napraforgó (másodvetés)	8-12
Szudánifű (két kaszálás)	12-16
Cukorcirok	12-16
Amaranthusz	13-18

38. táblázat Az egyes kultúrnövények szárazanyag hozama ha-ra vetítve.  
Forrás: Radics 2001., Karpenstein-Machan 2005

A betakarítás minősége nagyon fontos, mert ettől függ, hogy milyen az alapanyag minősége, melyet tartósítanak, a későbbiekben pedig energiatermelésre hasznosítanak. A megfelelő tartósítási mód ugyanúgy, mint az állattartásban, meghatározza a feldolgozhatóságát az adott növénynek. Minél jobb az alapanyag minősége, annál jobb lesz a belőle nyert biogáz minősége és mennyisége. Biogáztermelés szempontjából a 20%-os szárazanyag tartalmú növény éretlen. 22%-os szárazanyag tartalomtól a növény metántermelő potenciálja egyre jobban növekszik (ca. 370 NI/kg szerves szárazanyag tartalom). 35%-os szárazanyag tartalomtól felfelé viszont a metánképzési potenciál csökkenő tendenciát mutat. 30%-os szárazanyag tartalomnál a kukorica silózhatósága már optimális. A fajlagos metánképzés

optimuma 30 és 35%-os szárazanyag tartalom tartományban van. A kukorica a csőképzés kezdetén a legoptimálisabb a biogáz termelésre. Abban az esetben, ha a növényben a cső rész 55% feletti, már kevésbé alkalmas silózásra és biogáz termelésre. Alacsony szárazanyag tartalom esetén a kukorica silózaskor túlzott silólé képzésre hajlamos, a szagképzése erős és a silózási veszteségek nagyon jelentősek lehetnek. A biogáz erőművekben a silókukorica mellett alapanyagként a cukorcirok is kitűnően alkalmazható. A növény apróra szecskázva, magas cukortartalma következtében kitűnően silózható és tárolható, kitűnő beltartalmi tulajdonságai miatt magas biogáz potenciállal rendelkezik.

### 6.6.5 Biogáz hozamok

Megnevezés	Sz.anyag tartalom	Sűrűség	Biogáz hozam m <sup>3</sup> /t FM	Biogáz hozam m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> Alapanyag	Metántartalom
Rozs	86%	770	577	444	53%
Tritikálé	85%	770	587	452	52%
Búza	86%	770	600	462	52%
Kukorica (mag)	85%	770	596	459	53%
Kukorica (szilázs)	32%	650	174	113	52%
Fűszilázs	33%	650	217	141	55%
GPS	35%	650	177	115	53%

39. táblázat Gabonafélékből és szilázsokból nyerhető biogáz mennyisége. Forrás: KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., 2005.

Az egyes növényi alapanyagok tulajdonságait mutatja a 39. táblázat. A vizsgált növényi nyersanyagok egységnyi szerves szárazanyagra vetített biogáz termelő képessége közel azonos. Ezért inkább a térfogattömeget és az 1 t friss alapanyagból (FM) nyerhető biogáz mennyiségét érdemes összehasonlítani. Így azt kapjuk, hogy a gabona, nagy szárazanyag-tartalmának köszönhetően, az 1 t friss biomasszából nyerhető biogáz és energia mennyiségét tekintve sokkal nagyobb értéket ér el (444-462 m<sup>3</sup> biogáz / m<sup>3</sup> alapanyag), mint a szilázsok (113-141 m<sup>3</sup> biogáz / m<sup>3</sup> alapanyag). Ezért az azonos térfogatból nagyobb biogáz mennyiséget produkáló gabona-hasznosítást javasoljuk a biogáz üzemben – aminek természetesen feltétele az, hogy a műszaki szempontok mellett a gazdaságossági követelmények is érvényesüljenek.

### 6.6.6 Növényi alapanyagok tárolása

A silózás során egy vagy több nagy zöldtömeeggel rendelkező takarmánynövényt (silókukorica, cukorcirok) tartósítunk azért, hogy az év bármely napján közel azonos minőségű alapanyaggal tudjuk ellátni a biogáz üzemeket. A biogáz üzemek működéséhez szükséges szilázs elkészítése nem különbözik az állatok takarmányozására szánt szilázs elkészítésétől. Az energianövények silózásakor is fontos szempont, hogy a lehető legjobb minőségű szilázst állítsuk elő. A rossz, penészes szilázs a biogáz erőműben sem használható jól, a baktériumok nem tudják azt megfelelő módon lebontani, ezért a biogáztermelés csökken. A következőkben röviden három olyan technológiai módszert ismertetünk, melynek alkalmazásával a tömegetakarmány tartósítása megoldható.

A *falközi silózás* esetén szigetelt betonfalak közé hordják be a takarmánynövényt, majd ott tömörítik. A tömörítés után a növényi masszát fóliával fedik be, azért hogy a szilázs ne száradjon ki, ill. az érési folyamatoknak megfelelő körülmények biztosítva legyenek. A szilázs térfogattömege  $650-700 \text{ kg/m}^3$  körül alakul, így egy tonna szilázs tárolására mintegy  $1,4 \text{ m}^3$  térfogatra van szükség.

A *térsilózási* technológia ma még Németországban is újnak számít. Lényege, hogy a szilázs tömörítése nem falak között történik, hanem egy egyszerű, szigetelt szilárd burkolatú lapon. A csurgaléklé elvezetését itt is meg kell és meg lehet oldani. A térsilózás alkalmas nagy tömegű anyag tárolására, a siló magassága elérheti a 4-5 m-t is. Előnye ennek a technológiának, hogy az építési költség alacsony, hátránya, hogy a silózás munkaigényesebb. A szilázst a kiszáradástól fóliafedéssel, vagy valamilyen gabonafélével történő bevetéssel lehet megvédeni. A növényi takarás előnye, hogy így nem kell az egyszer használatos fóliáért fizetni, hanem a fedőanyagot is fel lehet használni a biogáz üzemben.

A *fóliahurkás silózás* technológiáját az Egyesült Államokban fejlesztették ki, a módszer lényege, hogy a silóanyagot egy speciális töltőgéppel kb. 6 méter átmérőjű műanyag csőbe töltik. A technológia előnye a garantált, egyenletes minőség és a csurgaléklé összegyűjtése, hátránya a nagyméretű fólia-felhasználás és a töltést végző célgép szükségessége.

## 6.7 Biogáz és levegővédelem

A biogáz technológia levegővédelemre gyakorolt pozitív hatása alapvetően két tényezőre vezethető vissza:

- a) CO<sub>2</sub> semleges<sup>9</sup> villamos áram termelés növényi alapanyagokból
- b) Állati trágyából levegőbe kerülő metán mennyiségének csökkentése

a) A biogáz üzemek kapcsolt villamos áram- és hőenergiatermelő berendezéseiben a metán égetése során természetesen széndioxid keletkezik és a biogázban meglévő CO<sub>2</sub> is a légkörbe kerül. Ennek ellenére a növényi hulladékanyagokat és termesztett energianövényeket feldolgozó biogáz berendezésekben – a fosszilis tüzelőanyagok égetésével szemben – CO<sub>2</sub> semleges villamos áram termelésről beszélhetünk, hiszen a biogáz elégetésekor keletkezett CO<sub>2</sub> mennyisége bizonyosan nem nagyobb a felhasznált növények fejlődése során a légkörből megkötött széndioxid mennyiségénél. A teljes életciklus elemzésénél az üzemek építése és a szállítás emisszióit, energiaigényét is figyelembe kell venni.

Az erre vonatkozó számításokban abból lehet kiindulni, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetésekor 1 kWh villamos áram termelése 0,93 kg CO<sub>2</sub> kibocsátással jár. A biogáz üzemekben átlagosan évi 7500 óra teljes kapacitás kihasználással lehet számolni, amiből az következik, hogy 1 kW beépített villamos áram termelő kapacitás évi 7,0 tonna CO<sub>2</sub> kibocsátás kiváltását jelenti.

b) A mezőgazdasági melléktermékek, trágyák fermentálása révén a CO<sub>2</sub>-nél lényegesen károsabb üvegházhatású gáz, a metán légkörbe jutását lehet elkerülni, ezzel is elősegítve a klímaváltozás lassulását. Az állati trágyából levegőbe kerülő metán mennyiségének becslése során abból lehet kiindulni, hogy az egy számosállat által évente kiadott trágyamennyiség CH<sub>4</sub> kibocsátási potenciálja 215 kg. Ennek 20%-a, azaz 43 kg az a CH<sub>4</sub> mennyiség, amely a trágya tárolása és kihordása során a légkörbe jut és káros, üvegházhatást okoz. A német Biogas Fachverband által használt 1 kg CH<sub>4</sub> = 35 kg CO<sub>2</sub> egyenértéket alkalmazva 1 számosállatra évi 1,5 tonna CO<sub>2</sub> egyenérték megtakarítással számolhatunk abban az esetben, ha az állati trágyát biogáz berendezésekben feldolgozzuk

---

<sup>9</sup> nem számítva az építés és szállítás emisszióit (a szerk.)

és ezáltal megakadályozzuk a metán légkörbe kerülését. A tanulmány előző fejezeteiben alkalmazott metán CO<sub>2</sub> egyenérték 1:21-hez arányban számol (Hartmann – Kaltschmitt, 2002.). Ezt az értéket követve is még 1 számosállat esetében a biogáz termelés 0,9 t CO<sub>2</sub> légkörbe jutását akadályozza meg.

A 2005. december 01-i statisztikai adatok alapján a magyarországi állatállomány 1,315 millió egység. A fenti fajlagossal számolva a CO<sub>2</sub> egyenérték kiváltási potenciál évi 1,18 millió tonna. Nyilvánvaló, hogy a teljes potenciál nem realizálható, hiszen az állatállomány jelentős része nem eléggé koncentrált ahhoz, hogy a trágya biogáz üzemekbe kerüljön. Mindazonáltal, a potenciál egy negyede, azaz évi 0,5 millió tonna CO<sub>2</sub> megtakarítás megvalósítható (Kovács, 2006.).

## **6.8 A biogáz földgáz minőségre történő tisztítása és további hasznosítása**

A biogáz energetikai célú hasznosításának egyik legkézenfekvőbb módja a biogáz földgáz minőségre történő tisztítása (upgrading, Biogasaufbereitung), majd a keletkezett biometán földgáz hálózati betáplálása. Ezután a biometán a végfogyasztóhoz két különböző formában juthat el: közvetlenül elégetésre kerül a felhasználónál valamely földgázt hasznosító berendezésben (fűtés, főzés) vagy pedig egy CNG üzemanyag-töltőállomáson a vásárló gépjárműjét megtankolja. Ahhoz, hogy a biogázból biometán legyen, egy igen hosszú és bonyolult tisztítási folyamaton kell a gáznak keresztül mennie.

A kogenerációs berendezésben történő biogáz hasznosítás során is tisztítjuk a keletkezett nyersgázt, azonban ez a fajta kezelés csak a korróziót okozó kénhidrogént távolítja el a biogázból. A földgáz minőségre történő tisztítás során a kénhidrogén eltávolítása csak a kezdeti folyamat, ezt követi a szén-dioxid tartalom leválasztása. Meg kell említeni, hogy a jelenleg érvényben lévő 27/2007. (IV.17.) FVM rendelet mellékletében található biogáz tisztításra vonatkozó technológiai követelmény csak a kénhidrogén eltávolítását fedi, a biometán előállításához szükséges folyamatokhoz nem elegendő, annak ellenére, hogy a rendelet földgáz minőséget említ.

A megfelelően alacsony kénhidrogén tartalmat (<10 ppm/Nm<sup>3</sup>) csak abban az esetben érhetjük el, ha valamilyen nem biológiai kéntelenítési eljárást alkalmazunk. A biológiai – aerob – kéntelenítő baktériumok alkalmazása során a kéntelenített biogáz oxigén tartalma olyan mértékben növekszik, hogy az a MSZ ISO 13686-ban foglalt maximális értékeket már átlépi. Ezért a kémiai vagy fizikai kéntelenítő eljárásokat kell alkalmaznunk, ezek azonban

magas beruházási és üzemeltetési költségeik miatt a biometán előállításának folyamatát megdrágítják. A legegyszerűbb valamilyen lúgos mosószer alkalmazása, vagy pedig vasoxidok használata. A kéntelenített biogáz oxigéntartalma az előzőekben leírt tisztítás után nem növekszik, az előírásokat könnyedén be lehet tartani.

A kéntelenítési folyamat után a biogázból nehezen eltávolítható szén-dioxidot kell kinyernünk. Erre számos technológia rendelkezésre áll, a legelterjedtebb a nyomásváltásos adszorpció (PSA) és a magas nyomású vizes mosás (water-scrubbing, DWW). A két rendszerben a felhasznált adszorbeáló közeg különbözik. Mindkét rendszerre a magas CO<sub>2</sub> szelektivitás a jellemző. Ennek ellenére mindkét rendszerben előfordul az u.n. metánvesztés, ami a teljes bevitt biogáz metántartalmának 0,1-2%-a között alakul. A metánvesztés visszaforgatható a sztrippelt gázból, ami egyéb gyúlékony gázokkal történt keverés után energianyerésre hasznosítható. A gáztisztítási rendszerekben a nyomás kialakításához szükséges villamosenergia fogyasztás rontja az energetikai hatásfokot. Ahhoz, hogy 1 Nm<sup>3</sup> biogázt megtisztítsunk, a berendezés méretétől függően 0,2-0,25 kWh villamos energiára van szükségünk (Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE) et al., 2006.). A további komprimálás 1 Nm<sup>3</sup> biometán esetén kb. 1 kWh (Fankhauser et al., 1985. és saját számítások). A magas nyomásra történő komprimálást az üzemanyag célú hasznosítás teszi szükségessé (min 200 bar). Az alacsony és közepesen magas nyomású földgázhálózatra ennél kevesebb energia felhasználásával tudjuk betáplálni a biogázt. A biometán (kb. 97% metántartalom/Nm<sup>3</sup>) energiatartalmára átszámítva, annak kb. 10%-a, 1 kWh energia szükséges a biogáztermelő berendezéstől a hálózatba történő betáplálásig a biogáz tisztítására felhasználni. Ez alapján 10 kWh energiát nyertünk kb. 1 kWh villamos és hőenergia felhasználásával. Kapcsolt villamos- és hőenergia termelés esetén 1 Nm<sup>3</sup> biogázból a motor hatásfokának változásával 1,5-2,2 kWh villamos energia és ennek megfelelő hőenergia nyerhető ki a rendszerből. A hőenergia teljes körű hasznosítása nehézkes, ezért a ténylegesen felhasználható, kinyert energiánk 2 kWh villamos energia 1 Nm<sup>3</sup> biogázból. A biometán termelés az 1 Nm<sup>3</sup>-ből nyerhető 4-4,25 kWh hasznosítható energiával kb. kétszer jobb hatásfokot jelent. A földgáz fűtési célú hasznosítása esetén a modern berendezések akár 90%-os hatásfokot is elérnek, így a megtermelt energia sokkal nagyobb arányban hasznosul, mint kogeneráció esetén. A hasznosítható energiából az alapanyag megtermelésének az energiafelhasználását nem vontuk ki, a jobb összehasonlíthatóság érdekében. A tisztítás költséges mivolta miatt elmondható, hogy a biogáztermelő üzem nagyságának csökkenésével a felhasznált energia mennyisége a megtermelt Nm<sup>3</sup> biometánra vetítve növekszik.

A biometán szélesebb körben történő elterjedését gátolja, hogy a jelenlegi kifizetői földgáz ár, még mindig jóval alacsonyabb, mint a nyugat-európai, minek következtében gazdaságos biometán termelésről mezőgazdasági üzemekben termelt biomasszára alapozva nem lehet beszélni. A jelenlegi költségekkel számolva legalább 140-150 Ft/Nm<sup>3</sup> földgáz kifizetői ár lenne ahhoz szükséges, hogy a biometán a földgázzal szemben versenylépes alternatívát jelentsen. Az üzemméret csökkenésével ez az ár növekszik, melynek következtében csak a nagyüzemi biometán termelést lehet mint földgáz alternatívát említeni.

### 6.8.1 Hazai lehetőségek

A biometán földgáz hálózatba történő betáplálását nagyobb, centralizált biogáztermelő üzemekben lehet elképzelni. A hazai biomassza potenciál, ami rendelkezésre áll, igen nagy, ennek ellenére e következő számításokban a hazai termőterületnek (4,3 millió ha) csak egy kis részével foglalkozunk. A biogázüzemekben felhasználható alapanyagok széles skálája lehetővé teszi, hogy egy ún. C3-C4 vetésciklust alakítsunk ki, ami nem sokban különbözik a jelenleg megszokott búza-kukorica rendszerektől. Ez lehetőséget biztosít arra, hogy a gazdák ne a teljes földterületükkel vegyenek részt a biogáztermelésben, csökkentve az egy technológiától való függőséget.

Hazánk földgáz fogyasztása a MOL adatai szerint 14 milliárd m<sup>3</sup>. Alap esetben induljunk ki abból, hogy ennek 10%-át, 1,4 milliárd m<sup>3</sup> kívánunk biogázból előállítani. Átlagos silókukorica terméseredményeket felhasználva 45 t/ha szubsztrátumot tudunk megtermelni. Az ebből nyerhető biogáz mennyisége ideális esetben 180-200 Nm<sup>3</sup>/t. Az 1 ha-ról nyerhető biogáz mennyisége 8550 Nm<sup>3</sup>. Ennek 10%-a a fermentorok fűtésére szükséges, így ebből csak 7700 Nm<sup>3</sup> használható fel biometán termelésre. Az 1 ha-on megtermelt biometán mennyisége 55%-os CH<sub>4</sub> tartalmat feltételezve, ill. a metánvesztés a tisztítási folyamatból figyelembe véve, 3850 Nm<sup>3</sup> biometánt kapunk. A potenciál számítása során a továbbiakban abból kell kiindulnunk, hogy a leggazdaságosabb biometán termelő üzemek 1000 Nm<sup>3</sup>/h biometán kapacitással rendelkeznek. Ezek optimális működési ideje min. 8000 h/év, tehát 8 millió Nm<sup>3</sup> biometán hálózatba történő betáplálását teszik lehetővé. A hazai földgázfogyasztás 10%-ának fedezésére min. 175 ekkora kapacitású üzemre lenne szükségünk. Az egy üzem működéséhez szükséges alapanyagot 2100 ha földterületen lehet megtermelni. Így a hazai földgáz igény 10%-ának kielégítéséhez 367500 ha földterületre van igény, mely a teljes hazai mezőgazdasági művelés alatt álló terület kevesebb mint 10%-a. Egyes optimalizált vetésciklusokban (évi kétszeri vetés és betakarítás), egyes számítások szerint 6500 Nm<sup>3</sup>

biometán nyerhető 1 ha földterületről (Amon et al., 2006.). Ebben az esetben már csak 215000 ha szükséges ezen igények kielégítéséhez.

A fenti potenciál kizárólag a szántóföldi növénytermesztésben rejlő lehetőségeket mutatta be, ehhez jön hozzá a trágya és egyéb melléktermékek, hulladékok hasznosítási lehetősége.

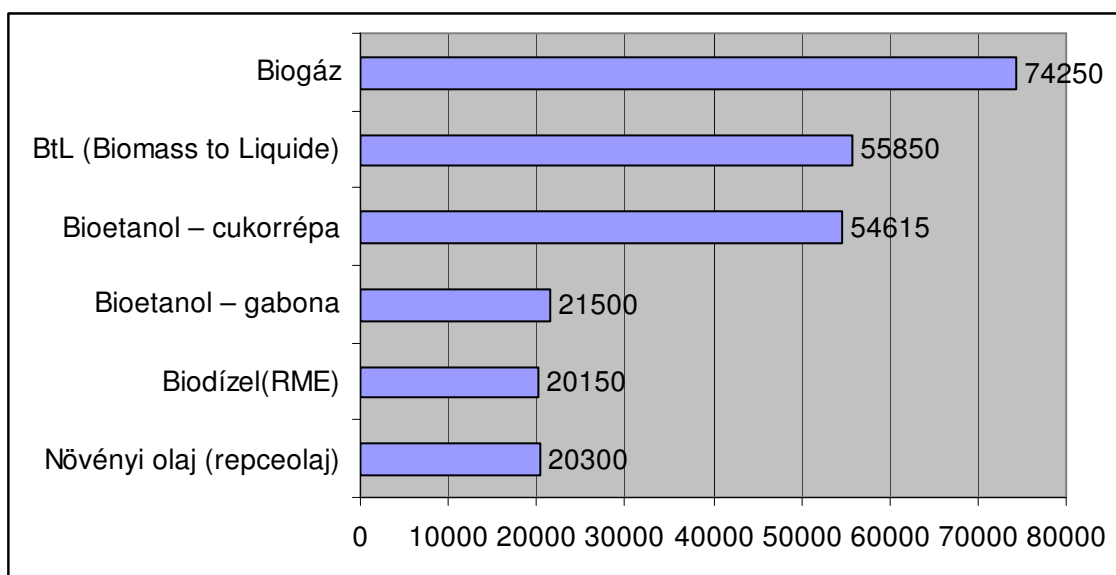
## **6.9 A biogáz, mint üzemanyag**

A folyékony bioüzemanyagok mellett (bioetanol, biodízel) kevesen ismerik a biogázt. A biogáz üzemanyag célú hasznosítása Svájcban és Svédországban széles körben elterjedt, a kogenerációs villamos energia termeléssel konkurálni képes termékként. Svédországban a földgáz üzemű (CNG) gépjárművek üzemanyag fogyasztásának felét biogázból fedezik (Svensson, 2006).

A biogáz képződése után a metán tartalmon felül olyan gázok is megtalálhatóak a keverékben, melyek eltávolítása után lehet csak a tisztított biogázt (biometán) üzemanyag célokra felhasználni. A legnagyobb problémát a biogáz kéntartalma jelenti, mivel ennek eltávolítása nehézkes. A CO<sub>2</sub>-től többféle technológiával lehet a gázt megtisztítani. Svédországban a vizes mosás, Svájcban a PSA (adszorpciós) eljárás terjedt el. A megtisztított biogáz minőségének ezután a nemzeti szabványban megadott értékeket kell elérnie a metán és egyéb anyagok tisztasága terén a gépjárműbe történő tankoláshoz. Hazánkban az MSZ ISO 13686 szabályozza a földgáz minőségi követelményeit. Egyéb szabályozás hiányában a biometánra is ezt alkalmazzuk. Svédország az egyetlen olyan ország, ahol külön minőségi követelményeket támasztanak az üzemanyag célú biometán hasznosítással szemben.

A biogáz az 1 ha-ra vetített, megtermelt üzemanyag mennyisége és a megtett km-ek tekintetében a legjobb mutatókkal rendelkezik a többi biohajtóanyaggal összehasonlítva (lásd 16. ábra). Ezen felül több tanulmányban is kimutatták már, hogy a biogáztermelés energiamérlege (nyert energia/befektetett energia) a teljes termelésre viszonyítva jobb, mint némely más bioüzemanyagé (fnr, 2006.).





16. ábra 1 ha alapanyagból nyert üzemanyagokkal megtehető km-ek száma

Bioüzemanyag neve	Termés (t/ha)	Bioüzemanyag (l/t)	Mennyiség/ha	Egyenérték	Km/ha
Növényi olaj <sup>10</sup> (repceolaj)	3,4	435	1480 l	1 l = 0,96 l diesel	20300
Biodízel <sup>11</sup> (RME)	3,4	455	1550 l	1 l = 0,91 l diesel	20150
Bioetanol – gabona	6,6	387	2550 l	1 l = 0,66 l benzin	21500
Bioetanol – cukorrépa	58	108	6620 l	1 l = 0,66 l benzin	54615
BtL <sup>12</sup> (Biomass to Liquide)	15	269	4030 l	1 l = 0,97 l diesel	55850
Biogáz (kukoricaszilázs)	45	88 (kg/t)	4950 m <sup>3</sup> 3960 kg	1 kg = 1,5 l benzin 1 kg = 1,3 l diesel	74250 73550

40. táblázat Az 1 ha-on megtermelhető üzemanyagok mennyisége és az azzal megtehető km-ek száma különböző bioüzemanyagok esetében. Forrás: fnr, 2006., és saját számítások

Üzemanyag fogyasztás: Diesel üzemű gépjárművek esetén 7 l/100 km, Benzin üzemű gépjárművek esetén 8 l/100 km

A biogáz előnyei között meg kell említeni, hogy a felhasználható alapanyagok köre igen széles: a kommunális hulladékon keresztül, a mezőgazdaságban megtermelhető energianövényekig. Így a jelenleg még csak hulladékként kezelt anyagok értékes energiaforrást jelentenek, kezelésük során a környezet számára előnyös anyagok jönnek létre. A mezőgazdasági túltermelés is csökkenhet, hiszen nem a már korábban említett biokultúrák vetésciklusai terjednek el, hanem többféle növényi vetésciklusból lehet megtermelni a biogázüzem alapanyagait. Ha a helyben termelődő anyagokat hasznosítjuk, akkor a helyi

<sup>10</sup> kezeletlen repceolaj

<sup>11</sup> repceolaj-metilészter

<sup>12</sup> biomassza átalakítása folyékony üzemanyaggá

közlekedés energiaszükségletének egy részét az ott megtermelt üzemanyagból, biometánból tudjuk fedezni. Erre jó példa számos svéd város, ahol a szennyvíztelepek biogázát tisztítják, majd azt buszok hajtására használják, vagy pedig a töltőállomáson a helyben lakók gépjárművüket itt tudják megtankolni. A biogáz üzemanyag célú hasznosításának hatásai több szinten érezhetőek: a társadalom, környezet és gazdaság vonatkozásában:

- Alapanyag forrása: helyben termelt, főleg növényi szerves alapanyagok
- Alapanyag termelői: helyi gazdák, vállalkozások
- Üzemeltetés: magas automatizáltsági fok
- Termékek: üzemanyag vagy földgázt helyettesítő biometán
- Fogyasztók: helyi tömegközlekedés, vállalkozások, magánszemélyek
- Környezetre gyakorolt hatások: gépjárművek károsanyag-kibocsátása csökken, zajterhelés csökken, monokultúras növénytermesztés veszélye fennáll
- Gazdaságra gyakorolt hatások: munkahelymegtartó, teremtő beruházás, alacsony üzemanyagköltség
- Társadalomra gyakorolt hatások: tisztább levegő, olcsóbb szolgáltatások.

A biometán elterjedését több tényező is hátráltatja, így a magas beruházási költségek – a biogáz termelő, a tisztító berendezések drágák, az üzemanyag kutak kialakítása költséges. Ezen felül nem elhanyagolható, hogy az állami szabályozás csak ezt az üzemanyagféleséget nem mentesítette a jövedéki adó fizetése alól, így még ez a költség is drágítja a biometán Nm<sup>3</sup> árát. Ezen a téren a vonatkozó törvények módosítását kellene elérni.

A környezetre és társadalomra kifejtett pozitív hatások miatt azonban érdemes erre az üzemanyagféleségre odafigyelni. Amennyiben a biogáztermelés széles körben elterjed hazánkban, ez az alternatív biogáz hasznosítási mód is biztosan megtalálja helyét az üzemanyag-szolgáltatásban.

### **6.9.1 Bioetanolt vagy biometánt?**

A következőkben arra próbáljuk a választ megtalálni, hogy a két üzemanyag féleség közül melyik előállításánál kapunk jobb területkihasználtságot? Erre a választ a 40. táblázatban igaz megtaláljuk, de érdemes az energetikai háttérét megvizsgálnunk. A számítások során

feltételezzük, hogy 1 l bioetanol 6,6 kWh energiát tartalmaz, míg a biometán Nm<sup>3</sup>-e 10 kWh-t.

Az irodalmi termelési adatok használatával kimutatható, hogy 1 ha földterületen a gabonából nyert bioetanol teljes energiataralma közel 16830 kWh. Ez a motorokban felhasználható energia teljes mennyisége. Biogáz esetében, szintén optimális termést feltételezve, mint ahogy azt az etanol esetében is tettük, 4950 Nm<sup>3</sup>-t tudunk ha-ként előállítani. Ennek energiataralma kb. 49500 kWh.

A két értéket összehasonlítva szembeötlő, hogy az egységnyi földterületről a lágy szárú biomassza biogáz termelésre történő hasznosítása során nagyobb energiamennyiséget tudunk megtermelni, mint ha azt bioetanol alapanyagként használnánk. Mindkét termelési forma a kukoricát használja, etanol termelés esetén csak a mag kerül felhasználásra, míg a biogáz termelés a teljes kukoricanövényt hasznosítja. A biogáz 2,95-ször több energiát képes egy ha területről lehozni, mint az etanol.

Egy svéd tanulmány (KTH, 2006) szerint, melyben három bioüzemanyag (biogáz trágyából, bioetanol kukoricából, cellulóz-alapú bioetanol) életciklus-elemzése alapján végeztek összehasonlításokat, a trágyafelhasználással előállított biogáz minden figyelembe vett környezeti hatást (globális felmelegedés, fotokémiai oxidáció, savasodás, eutrofizáció földhasználat) tekintve a legjobb eredményeket mutatta. A biogáz tisztítás energiaigénye viszonylag nagy, melyet kompenzál, amennyiben mellékterméket/hulladékot hasznosítunk.

## 6.10 Összefoglalás

A biogáztermelés rövid ismertetéséből kiderült, hogy az anaerob fermentációs technológia igen sokoldalúan használható energiatermelésre. A felhasználható alapanyagok széles körének következtében az élelmiszeripartól kezdve a mezőgazdaságon át mindenhol termelhetünk biogázt. A keletkező biogázt fűtési célokra, villamos- és hőenergia termelésre, ill. biometán előállítására hasznosíthatjuk.

A jelenlegi törvényi szabályozás a biogáz elterjedésének gátat szab, a növekvő energiaárak azonban hamarosan gazdaságossá tehetik a biogáztermelés és hasznosítás azon módjait is, melyek ma még a periferián vannak. Mindenekelőtt ki kell hangsúlyozni a biogáz földgáz hálózatba történő betáplálásának a lehetőségét, és az üzemanyag célú használatot. E két forma

jelenti a biogáz hasznosítás jövőjét, melyhez hazánk kimagaslóan jó biomassza potenciálokkal rendelkezik, amit érdemes kihasználni. A jövőben a döntéshozatali mechanizmusok alakítása során a biogázt, mint az egyik legjobb második generációs üzemanyagot mindenféleképpen meg kell nevezni és jó döntésekkel előtérbe kell hozni, hogy még szélesebb körben el tudjon terjedni hazánkban ez a ténylegesen is környezetbarát üzemanyag.

## 7 Potenciálok

Magyarország megújuló energiapotenciálját sokféle tanulmány próbálta becsülni (pl. Barótfi – Kocsis 1999; Barótfi 2000), azonban ezen becslések nem vették figyelembe a megújuló energiaforrások hasznosításának természetvédelmi-környezetvédelmi szempontjait.

Az EEA 2006-ban készült tanulmánya (EEA 2006) azonban modellvizsgálatok segítségével a negatív környezetvédelmi hatások minimalizálására törekedve, valamint a természetvédelmi szempontok figyelembevételével mérte fel többek között hazánk megújuló potenciálját. A biomassza energetikai hasznosításakor az alábbi környezetvédelmi-természetvédelmi korlátok alapján számolták az ország biomassza energetikai potenciálját:

- I) Környezetorientált gazdálkodás a legalább a szántóterület 30%-án
  - biogazdálkodás és a magas természetvédelmi értéket képviselő gazdaságok
  - extenzíven művelt területek fenntartása - gyepek
- II) Kötelező ugaroltatás – legalább 3%
- III) Kedvező környezeti hatásokkal bíró energianövények termesztése

Az energianövényeket termesztésük környezeti hatásai alapján az alábbi sorrendbe állították (1-legkedvezőbb; 5-legkedvezőtlenebb):

1. Fás szárú energianövények
2. Kettős, köztes és vegyes termesztés
3. Extenzív művelést igénylő lágyszárúak
4. Gabonafélék (teljes növény, szemtermés)
5. Ipari növények (olajnövények, burgonya, cukorrépa)

A fentiek értelmében Magyarországon 2010-ig 413 eha szántó használható energianövény termesztésre, 2030-ra azonban ez a szám 547 eha-ra növekedhet (EEA 2006, p. 22).

Az EEA vizsgálatai eredményeképpen hazánk összes biomasszára alapuló megújuló energiapotenciálja 150 PJ, amelyből 50,2 PJ a mezőgazdaságból, 8,3 PJ az erdőgazdálkodásból és 87 PJ a hulladékgazdálkodásból származhat (lásd táblázat; EEA 2006, p. 52).

Kutatócsoportunk összegyűjtötte az már működő és 2009-ig üzembe helyezendő biomasszára alapuló energetikai beruházásokat és összesített legfontosabb adataikat, többek között kapacitásaikat illetve energiaigényüket (lásd 41. táblázat). Ezen számításaink szerint a 2009-ig megvalósítani tervezett energetikai biomasszatermelés szántóföldön 1,7 millió ha szántóterület ilyen célú hasznosítását teszi szükségessé, amelynek következtében az ország biomasszára lapozott energiapotenciálja is jóval magasabb lesz mint az EEA (2006) által előírányzott, összesen 179,3 PJ (Kohlheb – Porteleki – Szabó, 2008). Az alábbi táblázat az EEA számításaival veti össze a saját számítások eredményeit.

<b>Biomassza forrás</b>	<b>Biomassza igény és kínálat</b>	
	<b>jelenlegi energetikai biomassza igény, PJ</b>	<b>környezetbarát energetikai biomassza potenciál, PJ</b>
Erdő	27,5	8,3
Szántó	146,3	50,2
Hulladék	5,5	87,0
Összesen	179,3	145,5

41. táblázat A környezetbarát biomassza potenciál és a jelenlegi biomasszaigény összehasonlítása. Forrás: Kohlheb – Porteleki – Szabó 2008, EEA 2006, 52

## 8 Javaslato

A tanulmányban az egyes biomassza felhasználási technológiákra megfogalmazott fenntarthatósági feltételek részét kell képezzék a klíma-, energia-, és megújuló energia stratégiáknak. Ezen túlmenően tükröződniük kell a szabályozásban is, hiszen a piac önmagában nem képes beépíteni ezeket a feltételeket.

Javasoljuk, hogy a döntéshozatalt előkészítő tanulmányokban, elemzésekben a Nyugat-Európában már széles körben alkalmazott **életciklus-elemzés módszertanát** is használják, mely segítségével tisztább képet kaphatunk az egyes technológiák alkalmazásának hatásairól. Természetesen fontos ennek a módszernek a helyes alkalmazása, elsajátítása, mert ellenkező esetben megtévesztő eredményeket kaphatunk.

Láthattuk, hogy Magyarország a jelenlegi tervek alapján bioetanol „nagyhatalommá” válhat 2010-re. Azt is bemutattuk azonban, hogy a bioüzemanyagok közül az energiamérleget és a kibocsátásokat tekintve a **bioetanol rendelkezik a legkedvezőtlenebb mutatókkal**. Várható, hogy a második generációs üzemanyagok 10 éven belül kiszorítják az első generációs bioetanol. Felmerül tehát a kérdés, hogy érdemes-e hatalmas erőforrásokat, tőkét investálni egy olyan technológiába, melynek már most előre láthatóan – a stratégiai tervezés szempontjából is – igen rövid távú a kifutása. Ez már csak azért is kritikus, mivel a kiépíteni szánt óriási kapacitás döntő részét exportra szánják olyan országokba, ahol a második generációs üzemanyagok használatára való felkészülés elkezdődött.

Itt újra utalunk azonban arra, hogy a prioritások meghatározása mindenképpen szükséges, hiszen ahogy foglalkoztunk is vele, a kukorica alapú bioetanol a kukoricafelesleg levezetése erejéig egy elképzelhető alternatíva lehet. Ezen felül azonban nem tűnik ésszerűnek további kapacitásokat kiépíteni.

Láthattuk, hogy jelenleg a hazai megújuló energia felhasználás több mint két-harmadát kitevő **biomassza tüzelés alacsony hatásfokú**, hosszabb távon környezeti-, társadalmi- és gazdasági szempontból fenntarthatatlan, bővítése hazai alapanyag-bázison tovább már nem lehetséges, így támogatása ésszerűtlen. A jelenlegi támogatott villamosenergia-átvitel nem differenciál a technológiák között hatásfok, vagy a felhasznált alapanyag alapján. Javasoljuk, hogy ez is kerüljön be kritériumként, továbbá a szilárd biomassza tüzelésénél csak a tisztán megújuló alapú energiatermelés legyen támogatott, a biomassza együttegése pedig kerüljön ki ebből a körből.

Az energetikai célú növénytermesztésből származó alapanyag üzemanyag, hő-, vagy villamos energia célú hasznosításának támogatásánál figyelembe kell venni a már korábban említett megállapítást, miszerint a teljes életciklus környezeti hatásainak több mint 95%-a a mezőgazdasági művelés során jelentkezik. Ezért **preferálandó az extenzív növénytermesztés** és ökológiai gazdálkodás az intenzív növénytermesztéssel szemben. A különböző növényfajták kiválasztásánál a termőhelyi adottságoknak megfelelő, illetve a védett növényekre kevésbé veszélyes fajtákat kell előnyben részesíteni.

Mindezekkel szemben Magyarországon még mindig rendelkezésre áll kihasználatlan biomassza potenciál, mégpedig melléktermék formájában. Ezek kihasználására jó alternatívát nyújt a **biogáz termelésének és hasznosításának technológiája**. A biogáz az a megújuló energia technológia, mely ma még sajnálatos módon háttérbe szorul a bioüzemanyagok és a szilárd biomassza tüzeléssel szemben.

Az alábbiakban megfogalmaztunk néhány konkrét javaslatot annak érdekében, hogy a biogáz hasznosítása a jövőben nagyobb terepet kaphasson:

1. A kötelező átvételi ár meghatározása esetén **különbséget kell tennünk** a csak mezőgazdaságból származó anyagokat felhasználó biogázüzemek és az egyéb biogáz típusokat felhasználó üzemek között. Ennek megfelelően külön tarifarendszert kell kialakítani a szennyvíztelepek, depóniák és mezőgazdasági biogáz üzemek által termelt villamos energia kötelező átvételi árára. A depóniák és szennyvíztelepek által megtermelt biogáz egy termelési folyamat mellékterméke, ennek megfelelően nem szabad ugyanabban az elbírálásban részesülnie, mint egy fő terméket (biogázt) előállító üzemnek. A depóniák, szennyvíztelepek a hulladékok és szennyvizek kezeléséért díjat szednek, melynek fedeznie kell(ene) a költségeiket. Kialakításuk során szintén támogatásban részesülnek, állami forrásból, aminek köszönhetően kettős támogatást élveznek, és ennek következtében versenyelőnybe kerülnek más beruházásokkal szemben. Természetesen a mai alacsony kezelési díjak miatt a szennyvíztelepek, depóniák nem üzemelnek gazdaságosan, a kettős támogatás elkerülése mindenféleképpen szükséges. A szennyvízkezelő rendszerek egyre többször fogadnak be olyan kommunális hulladékokat, melyek kezeléséért díjat számolnak fel, hogy meglévő fermentor kapacitásukat ki tudják használni, s a nem megfelelő törvényi szabályozás miatt a magas zöld áram árat is megkapják, az esetleges egyéb beruházásokat pedig ezáltal ellehetetlenítik. Ezért előnyös egy teljesen elkülönített kötelező átvételi ár-struktúra a különböző biogáz típusok esetén.

2. A legtöbb beruházás a mezőgazdasági biogáz terén várható Magyarországon a közeljövőben, a meglévő állattartó telepek trágyakezelési rendszereinek anaerob kezeléssel történő kiegészítésének intenzív támogatása miatt. Ezáltal a mezőgazdaságból származó ÜHG kibocsátás is csökkenthető. Fontos megemlíteni, hogy ezen anaerob rendszereknek a biogáztermelő kapacitása igen alacsony, az állati trágyákból nyerhető kevés biogáz miatt (kb. 60 m<sup>3</sup>/t). A biogázüzem, **amennyiben mezőgazdaságból származó alapanyagokat dolgoz fel, magasabb kötelező átvételi árat kell kapnia**, mint ha egyéb forrásból származó hulladékokat (pl. élelmiszeripari hulladék, vágóhídi hulladék) is feldolgoz. Ezt jól mutatja az osztrák és a német rendszer is. Ausztriában 30%-kal csökkentik az átvételi árat, ha az üzem nem csak mezőgazdasági alapanyagokat dolgoz fel, míg Németországban a biogázüzem nem kapja meg az energianövények termesztéséért járó plusz támogatást a megtermelt villamos energia után. Az energetikai célú növénytermesztés elősegítése érdekében érdemes kihangsúlyozni, hogy a magasabb kötelező átvételi ár a gazdálkodók növénytermesztésből adódó többletköltségeit kell, hogy fedezze.
3. A **feldolgozható és engedélyezett alapanyagok listáját** külön szabályozni kell, annak érdekében, hogy az üzemeltető tudja, mely anyag felhasználása esetén jogosult a magasabb átvételi árra.
4. A jelenlegi támogatási rendszer nem tesz különbséget a beépített kapacitás szerint. Ez nem csak a biogáz esetén van így. Javasoljuk, hogy **üzemméret szerint is differenciálva** legyen az átvételi ár, vagyis csökkenjen a beépített teljesítmény növekedésével.

A legtöbb átvételi rendszerben előírják a hőenergia kötelező hasznosítását. Ez hazánkban is kötelező a VET rendelkezése miatt. Az ésszerű **hőenergia hasznosítást** mindenféleképpen érdemes egy **bónusszal támogatni**, melyet a megtermelt villamos energiához kapcsolunk (KWK-Bonus). Ezáltal a hőhasznosítás jobban ösztönözve lenne.

A beruházásokat ne egyedileg minősítse az Energiahivatal, eldöntve, hogy meddig kaphat magasabb átvételi árat. Az **ár legyen törvényben rögzítve**, azért, hogy a beruházások esetében biztos megtérülésekkel lehessen számolni. A biogáztermelési technológiából következően 20 éves garantált átvételi árat kell biztosítani. Az ennél rövidebb időszak a beruházás egyes elemeinek hosszú amortizációs ideje miatti nehézkes gazdaságossági számítások miatt nem javasolt.



A **mélyvölgy, völgy és csúcs időszakok** az átvételi árban maradjanak meg, mert így akkor termel az üzem, amikor ténylegesen szükség van az energiára.

Az **átvételi árak egy bázisévhez képest** legyenek meghatározva. A javasolt rendszer a német és a magyar szabályozás egyesítésével jönne létre. Így a bázis évhez képest csökkenjen minden egyes évben az alap átvételi ár (degresszió), feltételezve a technológiai fejlődését. Az alap átvételi ár ezután kiindulási ár legyen az üzemnek, ami minden évben az infláció mértékével növekszik, a növekvő költségek fedezése miatt. (Példa: a bázis ár 10 Ft/kWh. Az éves degresszió mértéke 0,5%/év. A beruházást a bázis év után 1 évvel hajtják végre, így a kötelező átvételi ár 9,95 Ft/kWh lesz. Ez a 9,95 Ft/kWh növekszik minden évben az infláció mértékével. 3%-os infláció esetén a beruházást követő évben az átvételi ár  $9,95 \text{ Ft} \cdot 1,03 = 10,25 \text{ Ft/kWh}$  lesz.)

A továbbiakban érdemes a kormánynak azon a lehetőségen elgondolkoznia, hogy a **biometánt** a bioetanol helyett preferálja, segítve a tömegközlekedési vállalatokat CNG üzemű gépjárművek beszerzésében, a lakosságot pedig a földgázzal is üzemeltethető ún. bivalent gépjárművek vásárlásában.

Korábban már említettük, hogy elvileg hazánkban is lehet **biogázt a földgázhálózatba** táplálni, de a jelenleg érvényben lévő 27/2007. (IV.17.) FVM rendelet mellékletében található biogáz tisztításra vonatkozó technológiai követelmény csak a kénhidrogén eltávolítását fedi, a biometán előállításához szükséges folyamatokhoz nem elegendő, annak ellenére, hogy a rendelet földgáz minőséget említ. Ezen mindenképpen változtatni kell. Ezen felül nem elhanyagolható, hogy az állami szabályozás **csak ezt az üzemanyagféleséget nem mentesítette a jövedéki adó fizetése alól**, így még ez a költség is drágítja a biometán Nm<sup>3</sup> árát. Ezen a téren a vonatkozó törvények módosítását kellene elérni.

## 9 Irodalomjegyzék

Amon et al. (2006): Strategien zur nachhaltigen Biogaserzeugung aus Energiepflanzen durch stand-ortangepasste Fruchtfolgesysteme, Sortenwahl und optimale Ernte. Beitrag zum Fachkongress Biogas06, 22. – 23.02.06 in Linz, 14 p.

Bai (2000): A biodízel előállításának és felhasználásának hatása a mezőgazdasági termelőkre és a kistérségek vidékfejlesztésére. Debrecen

Bai, A et. al. (2002): A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

Dr. Bai Attila szerk. (2005): A biogáz előállítása – Jelen és jövő. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 242 p.

Barcsák, Z. et al. (1989): Gyeptermesztés és hasznosítás. Egyetemi jegyzet, Gödöllő

Barótfi (2000): Megújuló energiaforrások hasznosítási technológiáinak KöM által meghatározott szempontok szerinti vizsgálata. Biomassza energetikai hasznosítása. Energia Központ Kht

Barótfi, I. (2000): Biomassza energetikai hasznosítása. Energia Központ Kht. megbízásából

Barótfi, I. et al. (2001): Megújuló energiák Bács-Kiskun megyében. MTESZ Pest Megyei Szervezete, Vác

Barótfi, I.; Kocsis, K. (1999): Az energetikai célú biomassza termelés európai helyzete és lehetséges szerepe a magyar nem élelmiszer célú mezőgazdálkodás, erdőgazdálkodás valamint a megújuló energiaforrások előállításának és felhasználásának fejlesztésében. Sorozatszerkesztők: Kerekes, S. ; Kiss Károly: Zöld Belépő EU-csatlakozásunk környezeti szempontú vizsgálata. Gödöllő-Budapest, 96 p.

Berg, S.; Lindholm, E.L. (2003): Energy use and environmental impacts of forest operations. Journal of Cleaner Production 13/33-42.

Bernesson, Nilsson, Hansson (2004): A limited LCA comparing large- and small-scale production of rape methyl ester (RME) under Swedish conditions. Biomass and Bioenergy 26 p. 545 – 559

Büki G. (2006): Az energetikai fejlesztések súlyponti kérdései V. A megújuló energiák, Mérnök Újság, 2006. július, pp.18-21.

Ceuterick, Spirinx, 1997. Comparative LCA of Biodiesel and Fossil Diesel Fuel. Flemish Institute for Technological Research, Brussels, 1997.

Connemann (1999): Biodiesel Qualität 2000+ Der neue Kraftstoff FAME. Proc. Konferenz Innovative Kraftstoffe für das Automobil der Zukunft. Frankfurt am Main

Cook, J.; Beyea, J. (2003): An Analysis of the Environmental Impacts of Energy Crops in the USA: Methodologies, Conclusions and Recommendations. National Audubon Society ([www.panix.com/~jimcook/data/ec-workshop.html](http://www.panix.com/~jimcook/data/ec-workshop.html))

Danszky I. (szerk. 1972): Erdőművelés. Irányelvek, eljárások, technológiák. Erdőnevelés-erdővédelem.

Department for Environmental, Food and Rural Affairs (a): Growing Short Rotation Coppice, Best Practice Guidelines for Applicants to DEFRA's Energy Crop Scheme

Department for Environmental, Food and Rural Affairs (b): Planting and Growing Miscanthus, Best Practice Guidelines for Applicants to DEFRA's Energy Crop Scheme

Dudás P. (2004): Személyes közlés, ÁESz

EEA (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment. EEA Report No. 7/2006, Copenhagen

F.O. Lichts World Ethanol & Biofuels Report, Vol. 5, No. 14, March 23, 2007

Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2006): Biokraftstoffe Gülzow 111 p.

Fachverband Biogas e.V. (2005): Biogas – das Multitalent für die Energiewende. Freising, 23p.

Fagazdasági Országos Szakmai Szövetség és a Biomassza Erőművek Egyesülésének a MEH elnökéhez írt levele, <http://www.fagosz.hu>, 2005. október 21.

Fankhauser, J. – Ammann, H. – Egger, K. – Stadler, E. (1985.): Erfahrung mit Biogas als Treibstoff für Landwirtschaftstraktoren. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, Tänikon, Svájc. 255 p.

FAO (2000): Global Forest Resources Assessment 2000.

Führer, E. et al. (2003): Ültetvényyszerű fatermesztés. A Mezőgazda Kiadó és az ERTI közös kiadása, Budapest

Gazdasági és Közlekedési Miniszter, Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Miniszter, Környezetvédelmi és Vízügyi Miniszter: Tájékoztató a megújuló energiahordozó-felhasználás helyzetéről, a megújuló energiapolitika megvalósulásáról és a felhasználás növelésének fő lehetőségeiről, Budapest, 2006. február

Gebhart, D.L. et al. (in press): The CRP Increases Soil Organic Carbon. In: Journal of Soil and Water Conservation

Gergely, S. (1988): A karancsi energiaerdő kísérletek. Mennyi erdő telepíthető a kihasználatlan területeken, Bio Innokord

Dr. Grábner Péter (2006): A megújuló energiaforrásokból termelt villamos energia átvétele, lehetőségek és kööttségek, Magyar Energia Hivatal, Budapest

Dr. Grábner Péter – Tóth Tamás (2006.): Állami támogatások és a megújuló energiaforrásokból termelt villamos energia átvétele. Alternatív Energiaforrások Konferencia 2006., CD melléklet

Gruber, Waldemar (2005): Biogasanlagen in der Landwirtschaft. aid Infodienst e.V. Bonn, 51 p.

Hajdú (2006): Bio-hajtóanyag előállítás és hasznosítás lehetőségei Magyarországon. FVM MGI, Gödöllő

Hartmann, H.; Kaltschmitt, M. (2002): Biomasse als erneubarer Energieträger. Schriftreihe „Nachwachsende Rohstoffe“. BM für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.

Hartmann, H.; Kaltschmitt, M. (2002): Biomasse als erneubarer Energieträger. Schriftreihe „Nachwachsende Rohstoffe“. BM für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, 692 p.

Heller, M.C. et al. (2003): Life cycle assessment of willow bioenergy cropping system. Biomass&Energy 25/147-165 p.

Hingyi, Kürthy, Radócné Kocsis (2006): A bioüzemanyagok termelésének kilátásai Magyarországon a főbb gabonafélék és olajnövények piaci helyzetének tükrében. Agrárgazdasági Kutató Intézet

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE) et al. (2006): Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz. fnr tangram documents, Gülzow, 199 p.

Institute of Environmental Strategies Research KTH, Sweden: Ethanol vs. Biogas used as car fuels, 22<sup>nd</sup> of May 2006

Inter2004 Fejlesztő, Tanácsadó Iroda Bt.: Vezetői döntés-előkészítő háttéranyag a bioetanol előállítás támogatása a Környezet és Energia Operatív Program (KEOP) forrásaiból, Budapest, 2007. március

Iványi, I.: A szántóföldi rosnövény-termesztés szerepe az energiatermelésben. Tessedik Sámuel Főiskola, Szarvas

Janowszky, J.; Janowszky Zs. (2002): „Szarvasi-1” Energiafű, Mezőgazdasági Kutató Fejlesztő Kht.

Janulis (2004): Reduction of energy consumption in biodiesel fuel life cycle. Renewable Energy 29, pp.861–871

Juhász István (2007): személyes közlés, ERTI

Dr. Karpenstein-Machan (2005): Energiepflanzenanbau für Biogasanlagenbetreiber. DLG - Verlags-GmbH, Frankfurt

Kohlheb N. (2005): Energiaültetvények termesztésének gazdasági jellemzői. In: Gonczlik A., Kazai Zs., Kőrös G. ed.: Új utak a mezőgazdaságban. Az energetikai célú növénytermesztés lehetősége az Alföldön. Energia Klub, Budapest

Kohlheb N. (szerk., 2004): Záró jelentés a „Javaslattétel a megújítható energiaforrások gyorsabb mértékű elterjedését lehetővé tevő támogatási rendszer kidolgozására a mezőgazdaságban” c. közcélú környezet- és természetvédelmi feladat megvalósításáról, Gödöllő

Kohlheb N. et al. (2004): Javaslattétel a megújítható energiaforrások gyorsabb mértékű elterjedését lehetővé tevő támogatási rendszer kidolgozására a mezőgazdaságban. Záró jelentés KvVM K-36-02-00114H

Dr. Kovács Attila (2006): Biogáz és levegővédelem. Első Magyar Biogáz Kft.

Dr. Kovács Attila - Fuchsz Máté: Vitaindító a bioüzemanyagokról II., In: Bioenergia, ISSN 1788-487x 2007. (2. évf.) 1. sz. 2-4. old.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2005): Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. tangram documents, Gülzow, 232 p.

KSH: Háztartás-Statistikai Évkönyv 2004, Budapest, 2005

Landesanstalt für Landwirtschaft (2004): Biogas in Bayern. Tagungsband von 09. Dezember 2004. Lerchl-Druck, Freising. 99 p.

Malcea, Freireb (2006):Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bioethyl tertiary butyl ether (bioETBE): Assessing the implications of allocation. Energy 31 (2006) 3362–3380

Marosvölgyi, B (2002): Biobrikett, tűzipellet. In: Bai, A et. al. (2002): A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

Marosvölgyi, B (2004): A fa energetikai hasznosítása. VII. Biomassza konferencia, Sopron, 2004

Marosvölgyi, B. (1998): Fáültetvények és azok energetikai hasznosítása. XL. Georgikon Napok, Keszthely 1998 szept. 24-25

National Biodiesel Board (2001): Biodiesel – On the Road to Fueling the Future. New York

Nemes, G. (2006): A gabona energetikai hasznosításának elemzése. Diplomadolgozat, 2006, Gödöllő

Olessák Dénes – Szabó László (1984): Energia hulladékból. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 190 p.

Ott, Markus (2007): Biogas – The German way. Renexpo Central Europe, Budapest, 2007. április 20. (előadás)

Patzek, T.W.; Pimentel, D. (2005): Thermodynamics of Energy Production from Biomass. Critical Reviews in Plant Sciences 24:327-364.

Popp, Somogyi (2007): Bioetanol és biodízel az EU-ban: áldás vagy átok? Bioenergia II.évfolyam 2007. 1-2. sz.

Dr. Radics László: Alternatív növények termesztése I. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 2001. alapján

Sheehan, Camobreco, Duffield és Shapouri (1998): An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles. DOE4-Studies, USA

Spinelli,R.; Hartsough, B. (2001): A survey of Italian chipping operations. Biomass & bioenergy 21: 433-444.

Svensson, Ronald (2006): Biogas in Sweden. Bioüzemanyagok szakmia nap, Magyar Biogáz Egyesület, Budapest

Tóth T., Csikós F (2007): Az átvételi kötelezettség keretében KÁP elszámolása mellett történő villamosenergia-értékesítés 2006. évi helyzete (előzetes értékelés), Magyar Energia Hivatal, Budapest

US EPA (2007): Greenhouse Gas Impacts of Expanded Renewable and Alternative Fuels Use. US EPA, Office of Transportation and Air Quality

Vass, Z. (1999): Csináljuk jól! A megújuló energiák hasznosítása – önkormányzatok számára. Energia Központ Kht.

#### **Internet:**

Antal Edit, <http://www.zoldtoll.hu>,. Letöltés ideje: 2007. ápr. 20.

<http://www.biomasszaeromuvek.hu/erdogazdalkodas/erdosultseg>. Letöltés ideje: 2007. ápr. 20.

National Biomass Program (<http://www1.eere.energy.gov/biomass/index.html>)

SEKAB ([www.sekab.com](http://www.sekab.com))

Totalcar ([www.totalcar.hu](http://www.totalcar.hu))

Wikipedia ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

## **10 Melléklet**

### **Az energia autonómia jelentősége A Mezőcsáti Kistérség energia autonómiájának lehetőségei**

**Készítette:  
Szabó Barbara**

**2007**

## Tartalomjegyzék

Az energia autonómia jelentősége.....	113
Mit jelent az energia autonómia kifejezés? .....	113
Röviden a megújuló energiákról .....	113
A megújulók alkalmazása.....	113
Alapvető szempontok az autonómia kialakításához.....	114
Az autonómia gazdasági-társadalmi jelentősége.....	114
A Mezőcsáti kistérség bemutatása .....	116
A kistérség élettelen környezete .....	118
Védett területek .....	119
Felszínborítás.....	122
Gazdálkodási helyzet.....	124
A Mezőcsáti Kistérség energia autonómiájának lehetőségei .....	126
Módszertan és szempontok.....	126
Számolások.....	127
Összegzés .....	131
Források, hivatkozások.....	132
További források .....	132



## Az energia autonómia jelentősége

### Mit jelent az energia autonómia kifejezés?

Az energia autonómia kifejezés alatt valójában **önálló energiagazdálkodási rendszereket** értünk, amelyek tulajdonsága, hogy a vezetékes energiahálózattól függetlenek, elsősorban a megújuló, valamint az alternatív energiaforrásokat hasznosítják kis teljesítményű energiaellátó létesítmények és módszerek segítségével. Az ilyen rendszerek előnye, hogy a helyi adottságok teljes mértékű kihasználásával alkalmasak kisebb közösségek energiaigényének költséghatékony ellátására, valamint kiegészítő energia kinyerésére és szolgáltatására. A helyi energiagazdálkodás (települési, kistérségi szinten megvalósítva) a helyi adottságok figyelembe vételével kialakított stratégiai energiatervezést feltételez, amely törekszik a minél nagyobb fokú autonómia kialakítására. [1.]

### Röviden a megújuló energiákról

A megújuló energiaforrások olyan energiaforrások, amelyek viszonylag rövid, az ember által érzékelhető időtartam alatt képesek újratermelődni, megújulni. A megújulási képesség szerint csoportosíthatunk feltételesen és feltétel nélkül megújuló energiaforrások szerint. A **feltételesen megújuló (megújítható) erőforrások** bizonyos mértékű használat esetén maguktól újratermelőznek, azonban túlhasználat esetén visszafordíthatatlanul kimerülhetnek. Az ilyen erőforrások újratermelődési üteme lassúbb, az időtartamot az emberi beavatkozás nagymértékben ronthatja vagy javíthatja. Állományuk, kapacitásuk emberi beavatkozással bővíthető is. Ilyen jellegű erőforrások például az erdő, a biomassza, a halállomány vagy a talaj termőképessége. A **feltétel nélkül megújuló erőforrások** rendelkezésre álló mennyisége független az emberi használatától és a szolgáltatott energia a fogyasztástól függetlenül folyamatosan biztosított. (A hasznosítható energiaáram természetesen függ a klimatikus tényezőktől.) Hosszú távon sem kimeríthetőek, mennyiségük időben, emberi lépték szerint korlátlan. Ilyen erőforrások a napenergia, a szélenergia, a vízenergia, illetve bizonyos szempontból a geotermikus energia is ide sorolható. [2.]

A fosszilis energiahordozókkal szemben a megújulók több hátránnyal rendelkeznek, mint például a kis energia áramsűrűség, a szakaszos rendelkezésre állás. Ezeket a problémákat **energiatároló** rendszerbe iktatásával lehet megoldani, ami az energiaáram rendelkezésre állása során feltölthető. Továbbá a technikai fejlődéssel párhuzamosan a rendelkezésre álló megújulókat egyre nagyobb határfokkal lehet hasznosítani.

### A megújulók alkalmazása

Az energia autonómia kialakítása során elsősorban a biomassza és a napenergia hasznosítás megvalósítását kell előtérbe helyezni. Másodsorban a szél-, és geotermikus energia, valamint vízenergia jöhet szóba, a helyi lehetőségek egyedi kihasználásával. Az autonómia egy még magasabb szintjét jelentheti a szükséges üzemanyagok helybeli előállítás, ugyancsak biomasszából.

A **biomasszaként** fel lehet használni a tűzifát, a mezőgazdasági melléktermékeket, szerves hulladékokat vagy a kifejezetten energiatermelés céljából telepített növényállományt. A közvetlen égetés során a feldolgozott biomasszából hő-, és/vagy elektromos áram állítható elő (kogeneráció). A biomasszából továbbá bioüzemanyag és biogáz is előállítható, az előbbi

értelemszerűen fosszilis üzemanyagok helyettesítésre alkalmas, az utóbbiból szintén hő-, és/vagy elektromos áram állítható elő, illetve a CO<sub>2</sub> eltávolításával üzemanyagként is használható. [3.]

A **napenergia** hasznosítás háromféle módon történhet, a napkollektorok hőtermelése révén melegvizet állíthatunk elő, valamint a hővel fűthetünk; a napelem segítségével pedig villamos energia képződik a napenergiából. A harmadik megoldás a passzív hasznosítási mód, amikor mindenféle külön eszköz nélkül lehet a napenergiát hasznosítani. Ez tulajdonképpen az épületek tájolását és kialakítását jelenti. [3.]

### **Alapvető szempontok az autonómia kialakításához**

Az autonómia kialakítása során meg kell vizsgálni a település vagy térség mezőgazdasági, erdészeti és klimatikus potenciálját, valamint figyelembe kell venni a talajadottságokat és az esetleges védett területek nagyságát. Meg kell határozni, hogy a rendelkezésre álló földterületek milyen nagyságát lehet az élelmiszertermelés mellett energiatermelésre felhasználni, mekkora a mezőgazdasági melléktermékek képződő mennyisége és ennek milyen aránya kerül további hasznosításra alomként, takarmányként. Nem lehet célkitűzés ipari mennyiségű biomassza létrehozása; az autonómia lényege, hogy a helyi szükségleteket elégíti ki helyi erőforrások kihasználásával.

A kialakítás során minden esetben a fenntarthatóság elvét kell követni, amely szerint a környezeti, társadalmi, gazdasági érdekeket egyforma súllyal kell mérlegelni. Tekintettel kell lenni a környezetvédelem célkitűzéseire és a biológiai sokfélség megőrzésének fontosságára. Csak így lehet hosszú távon is tartamos fejlődést elérni. A fenntartható fejlődés koncepciójának legfőbb üzenete az a felismerés, hogy a problémák rendszer jellegűek, egymással szorosan összefüggnek. [4.]

Az autonómia kialakításával a térségek fenntartható fejlődése olyan módon valósulhat meg, hogy a környezeti, kulturális és természeti értékek védelme mellett biztosított a lakosság életminőségének fenntartása és javítása, a természeti erőforrások harmonikus és kíméletes igénybevétele, a régiók sajátos adottságai, hagyományai figyelembe vételével és azoknak helyben értékkel alakításával együtt. Megvalósításához elengedhetetlen a szubszidiaritás elvének megfelelően a helyi önfenntartó rendszerek kiépülésének támogatása, valamint a helyi társadalom, gazdaság és környezet megújuló-képességének biztosítása. [1.]

### **Az autonómia gazdasági-társadalmi jelentősége**

[5.]

A megújuló energiák alkalmazásával és az autonómia elterjedésével változhat az energiapolitika, ezzel együtt a politikusok gondolkozásmódja, a politikai szervezetek struktúrája, valamint a gazdaságszociológia (a gazdaság társadalmi beágyazottsága) szemlélete. A politikai szemléletváltás igénye alapvető a megújuló elterjedésében. Az állami szervezeteknek példát kell mutatniuk a közintézmények, törvényhozási épületek megújuló energiával való működtetésének kialakításában, valamint a szolgálati autók beszerzése esetén a bioüzemanyaggal működők előnyben részesítésével. Ezekkel az intézkedésekkel a technológia hosszú távon olcsóbbá tehető a kisfogyasztók számára és megújuló politikai lépéselőnybe kerülnek. Szükséges az adminisztratív gátak, a bürokrácia leépítése, és a helyi szintű koordináció kialakítása, az önrendelkezés megerősítése. A városok és környezetük

autonóm tervezésénél egy teljesen új gondolkozási módot kell meghonosítani, valamint új törvényi szabályozást is létre kell hozni. Az embereket tájékoztatni kell, informálni őket a megújuló energiákról és előnyeikről. Az a társadalom, amely elutasítja a decentralizált megújuló energia használatot, konzerválja a hagyományos szerkezetet, aminek következménye, hogy a régiók elvesztik azokat a regionális-gazdasági előnyeiket, amelyek az autonómia lehetőségéből származnak. Annak érdekében, hogy ez ne történjen meg, az embereket be kell vonni a tervezés és megvalósítás fázisaiba.

Az ismerethiány kiküszöbölésére nagy hangsúlyt kell helyezni elsősorban az agrár, természettudományos, technikai, építészei és gazdaságtudományi felsőoktatás minőségére, a posztgraduális képzésekre és a kutatás-fejlesztés támogatására. Az atomenergia népszerűsége ellen objektív, tudományos érvelést kell alkalmazni. Fontos a fiatal generációk motiválása, amely elősegíti az új gondolkodásmód széleskörű elterjedését. Az idő sürget, nem várhatunk, amíg egy újabb generációváltás lezajlik.

Az autonómia társadalmi-gazdasági előnyeit a támogatási politika is elősegítheti. A kis közösségek számára nyújtott szubvenciók gazdasági fejlődést idézhetnek elő, a megújuló támogatása árelőnyt biztosít a fosszilis energiahordozókhoz képest. Lényeges, hogy a megújuló erőforrásokból előállított energia országon belüli legyen, csak így lehet az állami szubvenció (az állam számára is) rentábilis.

A megújuló energiák globális használatának elterjedéséhez egy új gazdasági fejlődési modell kidolgozása szükséges, amiben a mai olaj- és gáztermelő országokat fel kell készíteni a jövőbeli változásokra. Válaszokat kell találni számukra, amikor a fosszilis energiahordozók kimerülésével felteszik a kérdést: „mi lesz most velünk?”. A megújulóakra alapozott új gazdasági modell nem kizárólag a fejlődő országok számára nyújt megoldást a munkanélküliségre és a fejletlen gazdasági struktúrára, hanem az ipari országokban is új gazdasági-ipari forradalmat válthat ki. Az érvelés, miszerint az atomenergia és a fosszilis energiaforrások az egész világ energiaszükségletét kielégítik, hamis. A világ népességének egyharmada kimarad az ellátásból, valamint a hagyományos energiaforrások kapacitása véges. Ezért a megújuló energiát támogató szervezeteknek pontos célokra, jó szervezetségre és stratégiára van szükségük, hogy fel tudják venni a versenyt az atomlobby ellen.

Az energiaellátási szerkezet átalakulása függ a társadalom politikai befolyásoltságától, az energiaszektor jelenlegi felépítésének módosításától. Meg kell akadályozni a monopóliumok és oligopóliumok kialakulását, elő kell mozdítani a nagy vállalatok összefonódásának felbontását, abból a célból, hogy a villamos áram termelés a helyi lehetőségek felé tudjon fordulni. A nagy gáz és villamos áram előállító vállalatok decentralizációja mellett lépcsőzetesen be kell vonni a termelésbe a regionális, kommunális és állami társaságokat. A kis- és közép-vállalatok számára biztosítani kell a választási lehetőséget a beszerzések során.

Az energia autonómián alapuló politikai stratégiának 3 alapkövetelményt kell figyelembe vennie a konvencionális energiaforrások helyettesítésének rangsorában. E szerint le kell cserélni azokat az energiaforrásokat, amelyek a leghamarabb elfogynak a Földön, így a kőolajat, földgázt, továbbá a konvencionális importenergiákat helyettesíteni kell az energiabiztonság érdekében. Ezenkívül a környezet tehermentesítése céljából az éghető energiaforrásokat a következő sorrendben kell leváltani: először a szenet, majd a kőolajat, végül a földgázt. Minden országban a helyi erőforrások figyelembe vételével kell a helyettesítés stratégiáját kidolgozni, és az esetleges konfliktusokat politikailag kell megoldani. Az egyre emelkedő energiaárak és az ezzel járó szociális kiadások a megújuló

energiaforrásokat előtérbe hozzák, amelyek olcsóbbak lesznek, csökkentik a szociális különbségeket, mobilizálják a piacokat és függetlenek a nagy vállalatoktól függetlenek. Ezen túl jó és biztos elem egy világgazdasági válság kialakulása ellen.

Az energia autonómia megvalósítása tehát egy roppant összetett társadalmi, gazdasági, politikai szemléletváltást feltételez és kényszerít ki. Az energiaforrások diverzifikálása, a belföldi források fokozott kiaknázása és az energiatermelés decentralizálása azonban növeli az ellátás biztonságát, valamint munkahelyeket teremt és nagyobb területi jólétet eredményez. Kialakításának feltételei minden helyszínen más és más, ezért roppant fontos megfelelő figyelmet fordítani a helyi adottságok alapos feltérképezésére, és a szükségletek meghatározására.

## A Mezőcsáti kistérség bemutatása

[6.] [7.]

A kistérség az Észak-magyarországi Régióban elhelyezkedő Borsod-Abaúj-Zemplén megyében található. Területe 379 km<sup>2</sup>, amelyen 1 város (a kistérség központja Mezőcsát) és 8 község osztozik. A társulást alkotó települések: Ároktő, Gelej, Igrici, Mezőcsát, Tiszabábolna, Tiszadorogma, Tiszakeszi, Tiszatarján, Tiszavalk. Népsége csökkenő, 2004. december 31-én 15 048 fő, egy évvel később, a 2005. december 31-ei adatok szerint már csak 14 966 fő volt. A lakosság jelentős része (43,3 %) Mezőcsáton él, a következő nagyobb településen, Tiszakeszin az összlakosság 17,5 %-a. A népesség 39,2 %-a a fennmaradó 7 település lakója. Három település lakossága kevesebb, mint 500 fő, azaz aprófalvaknak minősülnek (Tiszabábolna, Tiszadorogma, Tiszavalk). Az átlagos népsűrűség 40 fő/km<sup>2</sup>, ami az országos átlaghoz képest (108,3 fő/km<sup>2</sup>) rendkívül alacsony. A munkavállalási korúak (15-59 éves nők, 15-61 éves férfiak) száma összesen 9189. A roma lakosság létszáma nem határozható meg pontosan. A 2001-es népszámlálás adatai szerint Ároktőn és Tiszatarjánban 11-12 % a magukat roma nemzetiséghez vallók aránya, a többi településen ennél kevesebb, 5-6 %. Tiszavalkon senki sem jelölte meg a cigány nemzetiséget. Más becslések szerint azonban Ároktőn a roma népesség aránya inkább 33-38 % körül van.

Település	Népesség (fő)
Ároktő	1192
Gelej	686
Igrici	1302
Mezőcsát	6512
Tiszabábolna	460
Tiszadorogma	451
Tiszakeszi	2633
Tiszatarján	1465
Tiszavalk	347
Összesen	15 048

**1. Táblázat A települések lakossága 2004. december 31-én.**

Forrás: KSH, A kistérségek társadalmi, gazdasági helyzete, 2006

A kistérség a társadalmi-gazdasági fejlettséget tekintve a „lemaradó” kategóriába tartozik. Az itt élők képzettségi szintje az országos átlagnál alacsonyabb. Ez kihatással van a

foglalkoztatásra is; a munkanélküliség az országos átlagnál magasabb. Hátrányos, hogy a lakosság legnagyobb hányada inaktív kereső. A foglalkoztatottak a népesség csupán 22,6 %-át alkotják. Az eltartottak java a 18 éven aluli tanulók. Az összes foglalkoztatott 14,8 %-a a mezőgazdaságban, a 35,2 %-a az iparban és 50 %-a a szolgáltatási szektorban dolgozik. A szolgáltatásoknak elsősorban a kistérségi központban jelentősebb szerepe. A magas munkanélküliség problémáján hosszú távon a képzettségi szint javításával lehetne megoldást találni. Az alacsony képzettségi szint hátráltatja a gazdasági fejlődést, mert a rosszul képzett munkaerő akadályt jelent a térségbe betelepülni kívánó cégeknek. Ezzel párhuzamosan az egy személyre jutó jövedelem is alacsonyabb, mint a régió többi részén, 300 ezer forint.

A kistérség gazdasági aktivitása a 2001. évi népszámlálási adatok szerint a következőképp alakul:

Foglalkoztatott	3437 fő
Munkanélküli	1401 fő
Inaktív kereső	5833 fő
Eltartott	4558 fő
Összesen	15 229 fő

**2. Táblázat A gazdasági aktivitás adatai**

Forrás: KSH, A kistérségek társadalmi, gazdasági helyzete, 2006

A településenkénti részletes arányokat az alábbi táblázat mutatja be:

település	foglalkoztatottak		munka-nélküliek		inaktívak		eltartottak		össztlakosság	
	fő	%	fő	%	fő	%	fő	%	fő	%
Tiszavalk	78	23,35	24	7,19	167	50,00	65	19,46	334	100,0
Tiszadorogma	74	15,88	65	13,95	217	46,57	110	23,61	466	100,0
Tiszabábolna	71	14,31	22	4,44	325	65,52	78	15,73	496	100,0
Gelej	197	28,10	36	5,14	279	39,80	189	26,96	701	100,0
Ároktő	172	13,75	138	11,03	539	43,09	402	32,13	1251	100,0
Igrici	266	21,11	120	9,52	468	37,14	406	32,22	1260	100,0
Tiszatarján	328	22,12	156	10,52	506	34,12	493	33,24	1483	100,0
Tiszakeszi	655	24,25	198	7,33	1032	38,21	816	30,21	2701	100,0
Mezőcsát	1596	24,41	642	9,82	2300	35,18	1999	30,58	6537	100,0
<b>összesen</b>	<b>3437</b>	<b>22,57</b>	<b>1401</b>	<b>9,20</b>	<b>5833</b>	<b>38,30</b>	<b>4558</b>	<b>29,93</b>	<b>15229</b>	<b>100,0</b>

**3. Táblázat Foglalkoztatottság a Mezőcsáti Kistérség területén, 2001**

Forrás: KSH, Népszámlálás 2001.

A vállalkozások ágazati összetétele szerint a mezőgazdasági vállalkozások aránya a „lemaradó” térségekben lényegesen magasabb a régiós átlagnál (5,1%). A Mezőcsátiban több mint a duplája, 11%. A kereskedelem, javítás ágba sorolt vállalkozások hányada az Észak-magyarországi régióban lévő kistérségek közül a Mezőcsátiban a második legmagasabb, 23 %. Az iparban és építőiparban regisztrált vállalkozások aránya is magasabb a kistérségben (20 %), mint a régiós átlag (16,5 %).

A térség minden településén kiépített a vezetékesgáz-hálózat, azonban a szolgáltatást igénybe vevő háztartások aránya a teljes lakásállományhoz viszonyítva csak 50,5 % (2005). Ez az arány Ároktőn a legalacsonyabb (33%) és kiugróan magas a térségi átlaghoz képest Tiszabábolnán (88,7 %) és Tiszavalkon (82 %). Az egy háztartásra jutó éves gázfogyasztás a

kistérségben 1749, 6 m<sup>3</sup> (2005). Az egy háztartásra jutó villamos energia fogyasztás 2348,5 kWh/év.

	Mezőcsát	Ároktő	Gelej	Igrici	Tisza-bábolna	Tisza-dorogma	Tiszak eszi	Tiszatarján	Tiszavalk
Terület (km <sup>2</sup> )	103	46, 43	32,10	19,47	32,73	46,61	46,19	40,40	11,54
Lakónépesség (2005 végén) (fő)	6489	1181	683	1290	451	429	2636	1461	346
Lakásállomány (2005 végén)	2481	529	301	476	266	256	1055	531	179
Háztartási vezetékesgáz fogyasztók	1140	174	160	241	236	135	581	255	147
Háztartásoknak értékesített vezetékesgáz (1000 m <sup>3</sup> )	2316	234	239	443	205	153	1044	514	184
Háztartási villamos energia fogyasztók	2658	556	275	543	329	264	1466	491	181
Háztartások részére szolgáltatott villamos energia (MWh)	7602	974	544	585	656	425	3068	1543	313

**4. Táblázat: A települések lakónépessége, háztartási vezetékes gáz és villamos energia fogyasztása**

Forrás: BAZ megye statisztikai évkönyv 2005, KSH Miskolc 2006

Közműellátás a kistérségben	2004	2005
Vezetékes gázt fogyasztó háztartások a lakásállomány %-ában (%)	49,8	50,5
Egy háztartásra jutó évi vezetékesgáz fogyasztás (m <sup>3</sup> )	1737	1749,6
Egy háztartásra jutó évi villamos energia fogyasztás (kWh)	2624	2348,5

**5. Táblázat A kistérség vezetékes gáz és villamos energia fogyasztása**

Forrás: A kistérségek társadalmi, gazdasági helyzete, KSH 2006

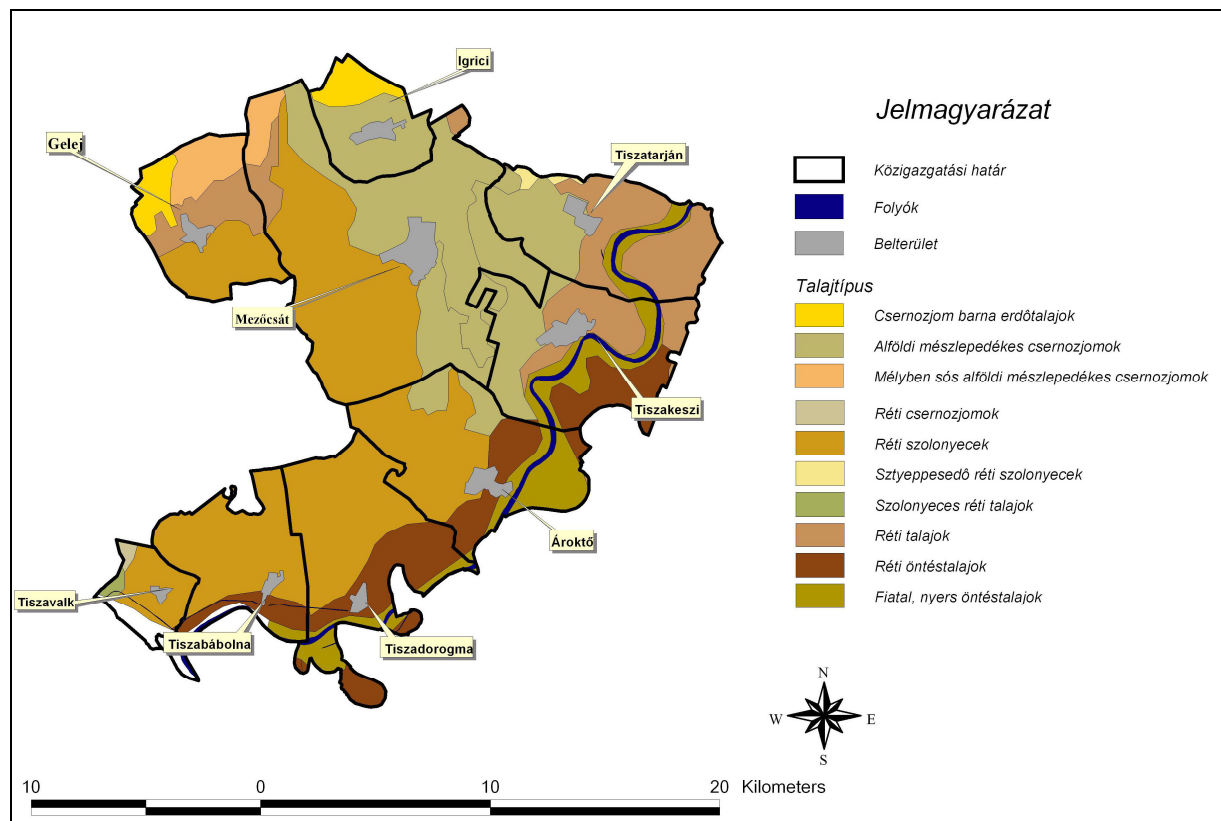
## A kistérség élettelen környezete

[8.]

A kistérség éghajlata szárazságra hajló. A terület hordalékkúpon kialakult síkság, melyet felszíni erek szabdalnak. A terület déli részét 1939-ig, a Tisza gátjának megépítéséig rendszeresen érintették árvizek. A vizes élőhelyekben gazdag terület vegetációjában drasztikus változásokat eredményezett a vízrendezés, a Tisza-tó kialakításához kapcsolódó csatornaépítések. A vizes élőhelyek nagy része eltűnt, a hajdani ártéri rétek helyén másodlagos szikesek alakultak ki. Száraz, gyér lefolyású, vízhiányos terület, amely természetes mederrel rendelkező vízfolyással ma már nem rendelkezik, élővízfolyásait szabályozták. A szárazodási folyamatok eredményeként a gyepek fűhozama nagymértékben csökkent, a legelő állattartás feltételei nagyban megromlottak, a talajvízszint rendszeresen a kritikus szint alá csökken a vegetációs periódusban. (A talajvíz Mezőnagymihály térségében 2 m felett van, máshol 2-4 m között váltakozik.) Az elmúlt évtizedekben a legeltetés, kaszálás elmaradása a vegetációs szerkezetre és összetételre kedvezőtlen hatással volt; például az invazív fajok tömeges terjedése figyelhető meg az ártéri kaszálókon.

.A térség meglehetősen változatos képet mutat talajtípusok szempontjából. A térség talajainak nagy része szikes, a **réti szolonyec**, illetve **szolonyeces réti** típushoz tartozik. A Tisza mentén **nyers öntéstalajok** fordulnak elő. A legmagasabb térszíneken, amelyek szigetszerűen emelkednek ki a tájból, a **réti csernozjomok** és az **alföldi mészlepedékes csernozjomok** találhatóak. Ezek a táj legtermékenyebb termőtalajai. A kistérség a talaj kémhatása és

mészállapota és a termőréteg vastagsága alapján mérsékelten kedvezőtlen adottságú területnek számít a növénytermesztés szempontjából.



1. ábra A vizsgálati terület talajtípusai [8.]

Forrás: LIFE-tanulmány [8.]

## Védett területek

A kistérség területének nagy része a Bükk Nemzeti Park kezelésébe tartozó Borsodi Mezőség Tájvédelmi Körzethez tartozik, természetvédelmi oltalom alatt áll. Mocsári vegetáció, ürmös szikes puszták, löszgyep-zárványok találhatóak a TK középső részén. Déli irányban hajdan számos mocsár, láp volt, ezeknek jelentős része azonban kiszáradtak, másodlagosan szikesedettek. A Borsodi Mezőség állatvilága igen gazdag ritka és védett fajokban, amelyek a területet különösen értékesé teszik természetvédelmi szempontból. Éppen ezért a térség fejlesztése kizárólag élővilágának érdekeivel összhangban valósítható meg. A Borsodi Mezőség Tájvédelmi Körzetet, Ároktőt és környékét bemutató kultúrtörténeti kiállítás az ároktői Tájházban tekinthető meg.

Tiszadorogma településnél található Göbe-erdő Természetvédelmi Terület a Hortobágyi Nemzeti Park igazgatóság kezelésébe tartozik, 1982 óta védett terület. A Tisza egyik, a folyószabályozás során levágott kanyarulatból alakult ki. Területét jelentős részben természetközeli állapotú, idős ártéri puhafa-ligeterdő borítja.

A kistérség területén további védett területek találhatóak, amelyek a Natura 2000 hálózat részei. A hálózatot a madarak védelmére kijelölt Különleges Madárvédelmi Területek (SPA),

valamint az élőhelyek, növény- és más állatfajok védelmére kijelölt Különleges Természetmegőrzési Területek (SCI ill. SAC) alkotják.

A Ramsari Egyezmény rendelkezik a nemzetközi jelentőségű vizes élőhelyekről. Ilyen terület a kistérség területén Tiszavalk és Tiszabábolna térségében van. A Bükki Nemzeti Park Igazgatósága a célkitűzései között szerepel a Borsodi Mezőség TK Ramsari területté való felterjesztése.

Az egyes védelmi kategóriákhoz tartozó területek között nagymértékű átfedések vannak, így például a Borsodi Mezőség TK Natura 2000 terület is. Ha összesítjük a védett területeket, és egy térképen ábrázoljuk őket, arra a következtetésre jutunk, hogy a kistérség Borsodi Mezőség Tájvédelmi Körzethez tartozó és azon túlnyúló részén, valamint a Tisza mentén a legnagyobb lefedettséget a Natura 2000 Különleges Madárvédelmi Területei (SPA) alkotják, Tiszatarján közigazgatási határain belül a legnagyobb részt a Különleges Természetmegőrzési Területek (SCI ill. SAC) alkotják, illetve Tiszakeszinél a Tájvédelmi Körzet a legnagyobb kiterjedésű. (lásd 5. ábra)

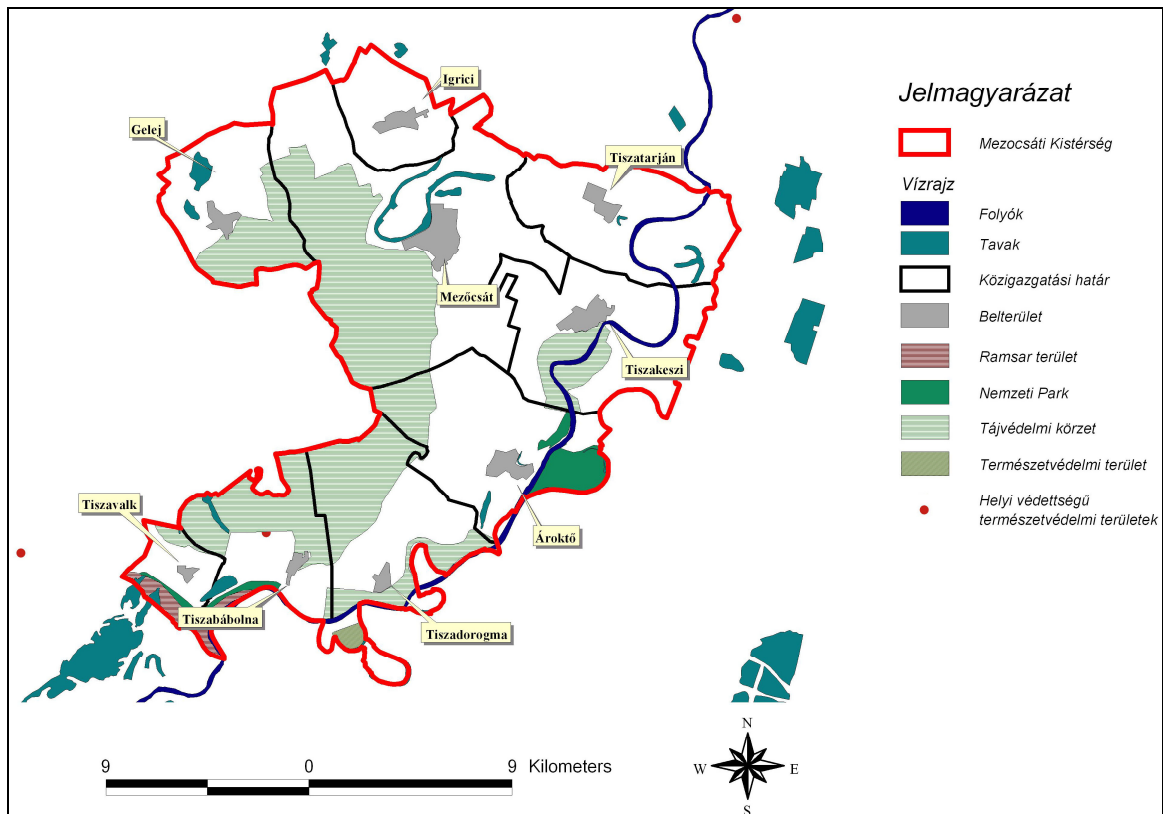
A települések közigazgatási határain belüli védett területek kiterjedését az egyes védelmi kategóriáknak megfelelően a következő táblázat szemlélteti:

Település neve	A település összes területe (ha)	Nemzeti Park (ha)	Tájvédelmi Körzet (ha)	Természetvédelmi Terület (ha)	Natura 2000 SCI (ha)	Natura 2000 SPA (ha)
Ároktő	4643	600	629	-	1681	3223
Gelej	3211	-	1218	-	1269	2715
Igrici	1947	-	-	-	-	1074
Mezőcsát	10307	-	4119	-	4255	6300
Tiszabábolna	3273	348	1722	-	2185	2858
Tiszadorogma	4661	-	2293	123	2363	3650
Tiszakeszi	4619	-	807	-	372	51
Tiszatarján	4040	-	-	-	980	-
Tiszavalk	1154	292	116	-	323	758
<b>Összesen</b>	<b>37855</b>	<b>1240</b>	<b>10904</b>	<b>123</b>	<b>13428</b>	<b>20629</b>

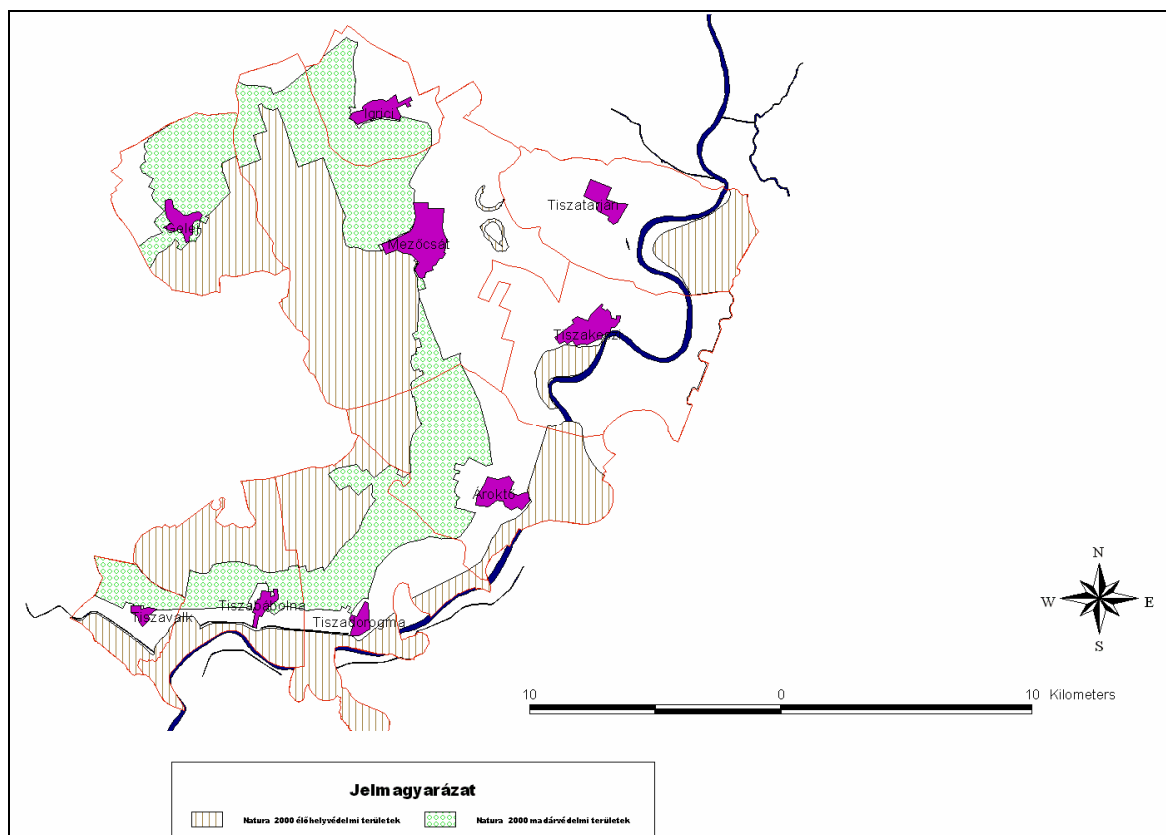
**6. Táblázat A közigazgatási határon belüli egyes védett területek nagysága (ha)**

Forrás: ArcView védett területek adatbázis





2. ábra A vizsgálati terület jogi oltalom alatt álló területei és Ramsari területe [8.]



3. ábra Natura 2000 területek a Mezőcsáti Kistérségben [8.]

## Felszínborítás

A kistérség területének csupán 3,4 %-át alkotja a települések belterülete, több mint fele (52 %) nem öntözött szántóföld. Jelentős (21,3 %) a természetes gyepek, természetközeli rétek aránya, ez a Borsodi Mezőség Tájvédelmi Körzet területének köszönhető. A rétek, legelők aránya 6,7 %; a lomblevelű erdőké 5,5 %. Mocsarak összesen 1384 ha területen található elsősorban a Tisza menti települések területén, valamint ott, ahol a folyószabályozás előtt a Tisza kanyargott.

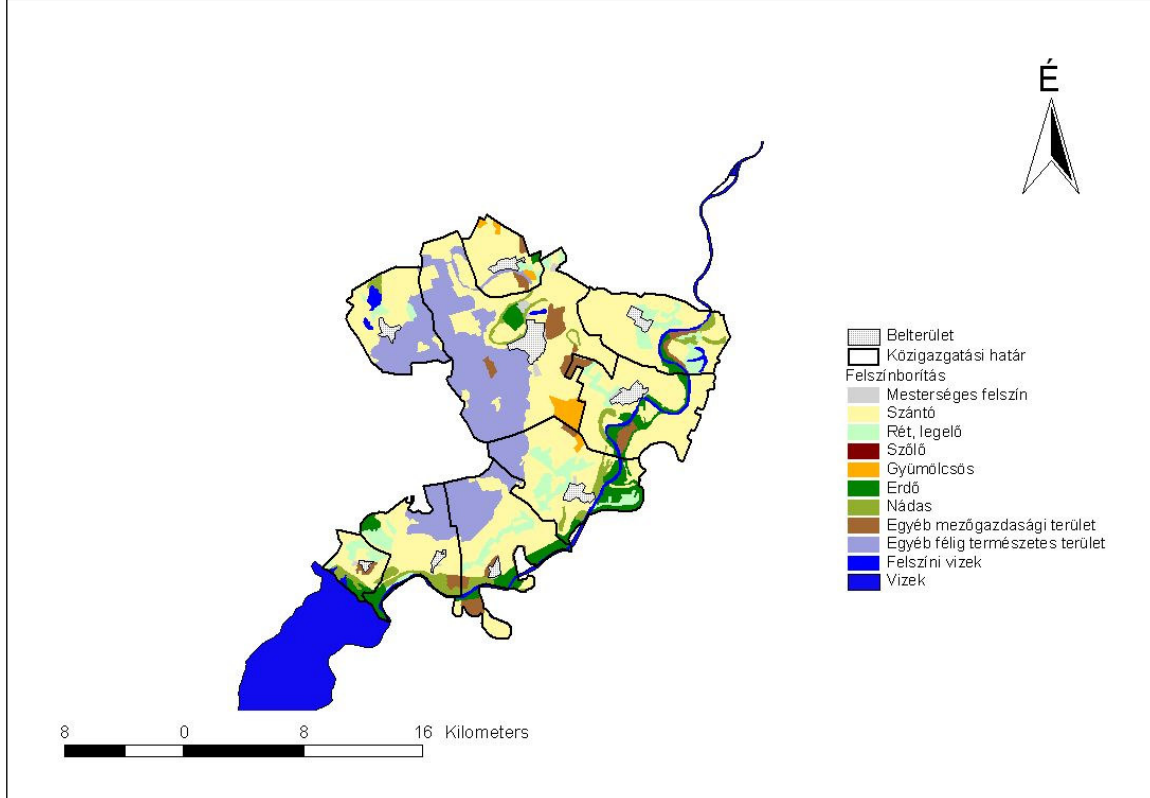
A települések közigazgatási területén lévő felszínborítási típusok nagyságát a következő táblázat foglalja össze:

Felszínborítás (ha)	Ároktó	Gelej	Igrici	Mezőcsát	Tisza- bábolna	Tisza- dorogma	Tisza- keszi	Tisza- tarján	Tisza- valk
Nem összefüggő település szerkezet	155	92	113	384	65	63	227	135	49
Ipari vagy kereskedelmi területek	-	-	-	60	-	-	-	-	-
Sport- és szabadidő létesítmények	-	-	-	41	-	-	-	-	-
Nem öntözött szántóföldek	2220	1471	1414	4475	1481	2107	3199	2723	552
Gyümölcsösök	55	-	100	338	-	-	13	-	-
Rét, legelő	719	136	79	81	244	318	192	553	205
Komplex művelési szerkezet	45	-	115	328	-	57	118	-	-
Elsődlegesen mezőgazdasági területek, jelentős természetes növényzettel	5	-	-	66	79	208	142	123	53
Lomblevelű erdők	589	-	37	131	281	397	415	129	115
Tülevelű erdők	-	-	-	37	-	-	-	-	-
Természetes gyepek, természetközeli rétek	563	1315	86	4107	722	1263	-	-	-
Szárazföldi mocsarak	222	67	-	227	322	129	102	176	139
Folyóvizek	106	-	-	-	81	89	212	134	-
Állóvizek	-	135	-	32	-	29	-	67	40
<b>Összesen</b>	<b>4679</b>	<b>3216</b>	<b>1944</b>	<b>10 307</b>	<b>3275</b>	<b>4660</b>	<b>4620</b>	<b>4040</b>	<b>1153</b>

**42. Táblázat A kistérség területén lévő felszínborítási típusok**

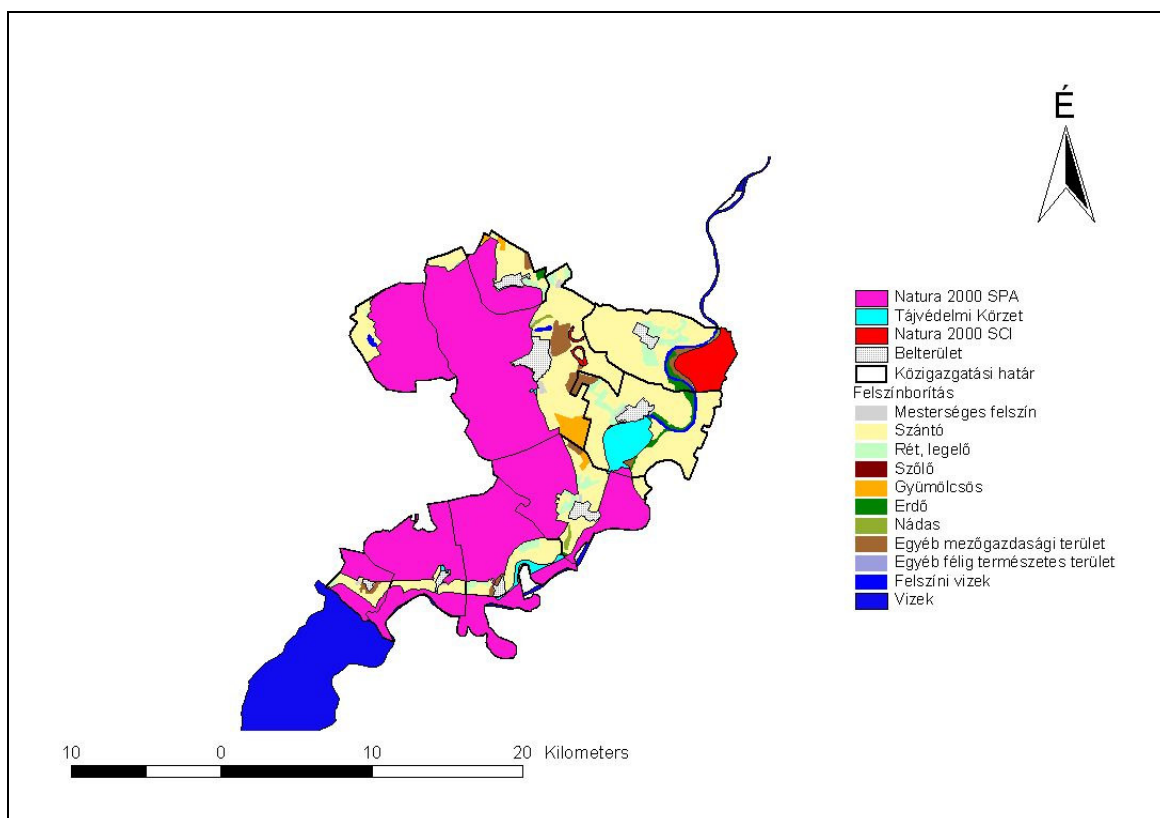
Forrás: Corine Land Cover 2000

Természetesen a védett területeken is található mezőgazdasági művelés alatt álló terület, nyilván az itt gazdálkodó gazdáknak a védettség különböző fokaiból adódó korlátozásokat figyelembe kell venniük. Ennek ellentételezéseként a gazdák a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program keretében a Borsodi Mezőség Érzékeny Természeti Területek térségi célprogram kifizetéseiben részesülhetnek, ha csatlakoznak annak rendszeréhez. Ezt a legtöbb gazdálkodó megtette, így a természetvédelmi szempontú gazdálkodás lett a területen a



**4. ábra A kistérség felszínborítási típusai**

Forrás: Corine Land Cover 2000



**5. ábra A legnagyobb kiterjedésű védett területek a kistérség területén**

Forrás: Corine Land Cover 2000

meghatározó. Jellemző a gyepterületek legeltetési hasznosítása, a szántóföldeken takarmány, vagy árunövény termelés folyik.

A védett területek felszínborítási adatait mutatja a következő táblázat:

Felszínborítás a védett területeken (ha)	Ároktő	Gelej	Igrici	Mezőcsát	Tisza-bábolna	Tisza-dorogma	Tisza-keszi	Tisza-tarján	Tisza- Valk
Nem összefüggő település szerkezet	-	92,2	0,08	5,4	3,4	5,6	5,1	-	3,6
Ipari vagy kereskedelmi területek	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sport- és szabadidő létesítmények	-	-	-	29,3	-	-	-	-	-
Nem öntözött szántóföldek	1280,2	1013,7	875	1843,4	1139,8	1504,2	296,7	518,1	279,3
Gyümölcsösök	0,08	-	42,3	-	-	-	-	-	-
Rét, legelő	537,7	123,1	6	-	243	185,8	2	212,1	182,9
Komplex művelési szerkezet	-	-	73,4	4,5	-	3,5	-	-	-
Elsődlegesen mezőgazdasági területek, jelentős természetes növényzettel	-	-	-	66,3	79,9	185,6	110,6	23,7	-
Lomblevelű erdők	579,6	-	-	129,6	280,1	397,5	218,7	-	115,2
Tülevelű erdők	-	-	-	36,5	-	-	-	-	-
Természetes gyepek, természetközeli rétek	563,2	1315	75	4089	722	1262,2	-	-	-
Szárazföldi mocsarak	159,2	66,7	-	181,2	320,5	127,1	102,6	159,3	138,4
Folyóvizek	106	-	-	-	81,2	89,9	104,2	-	-
Állóvizek	-	103,6	-	-	-	28,8	-	66,8	39,8
<b>Összesen</b>	<b>3226</b>	<b>2714,3</b>	<b>1071,8</b>	<b>6385,2</b>	<b>2869,9</b>	<b>3790,2</b>	<b>839,9</b>	<b>980</b>	<b>759,2</b>

**43. Táblázat A védett területek felszínborítása**

Forrás: Corine Land Cover 2000

### Gazdálkodási helyzet

A kistérség állatlétszámát és a termesztett növények mennyiségét a mezőcsáti Falugazdász Iroda gyűjtötte össze. Az adatok alapján a 2005/2006-os gazdasági évben legnagyobb megtermelt mennyiségben búzát, kukoricát és szénát számoltak össze. Jelentős mennyiségű volt még az árpa és napraforgó is. Az állatlétszám a legelők potenciális eltartó kapacitásához képest nagyon alacsony. A fő tendenciák az állattartásban a húshasznú szarvasmarhák és a birkák (anyajuh+bárány) számának növekedése. A tejhasznú szarvasmarhák száma a 100 ha alatti farmokon csökken, ellentétben a nagyobb vállalkozások esetében.

A termesztett növények mennyiségét a következő táblázat szemlélteti:

Növények, takarmányok (t)	Búza	Kukorica	Napraforgó	Árpa	Triticale	Repce-mag	Olajtök	Cirok	Köles	Görög-dinnye	Rozs	Takarmány borsó	Lucerna	Széna
Ároktő	2250	2700	646	726	240	525	-	-	-	-	-	30	300	1412
Igrici	1575	1512	399	462	144	350	10	-	-	-	-	-	120	530,5
Mezőcsát	6300	5400	1254	1815	432	1150	55	-	75	450	80	-	770	486,4
Tiszakeszi	3150	2862	798	1089	288	700	10	800	125	300	330	-	-	1131,75
Tiszatarján	2475	270	665	825	288	550	-	-	-	-	25	40	360	2528
Tiszabábolna	1092	322	240	176		84	-	-	60	-	75	-	192	1129,95
Tiszadrogma	2212	550	740	414	60	380	-	-	-	-	-	-	210	-
Tiszavalk	458	100	262,5	182	36	77	0,8	-	-	-	-	-	35	252
Kistérségben összesen	19512	13716	5004,5	5689	1268	3816	75,8	800	260	750	510	70	1987	7470,7

### 9. Táblázat A kistérség terményeinek mennyisége

Forrás: Falugazdász Iroda, Mezőcsát 2005-2006

A térségben termesztett növények átlagos hozamát ugyancsak a Falugazdász Iroda gyűjtéséből ismerjük. A számokból látható, hogy a termésátlagok alacsonynak mondhatók.

Növény	Átlaghozam (t/ha)
Búza	2,8-4,5
Kukorica	5-5,4
Árpa	2,2-3,3
Repce-mag	1,4-2,5
Napraforgó	1,4-2,2
Triticale	3-4,8
Olajtök	0,5
Cirok	8
Köles	2,5
Lucerna	5,5-6
Görög-dinnye	15
Széna	4,5-5
Takarmányborsó	2
Rozs	2,5

### 10. Táblázat Átlagos termés-hozamok (t/ha)

Forrás: Falugazdász Iroda, Mezőcsát 2005-2006

Az állatállomány a 2005/2006-os gazdasági évben:

	Tejhasznú szarvasmarha	Tejhasznú üsző	Koca	Sertés	Anyajuh	Tejes-bárány	Bárány	Kos	Kecske	Tyúk	Kacsa	Lúd	Ló	Hús-hasznú szarvasmarha	Hús-hasznú üsző
Ároktő	26	20	12	150	240	100	400	6	18	3100	500	200	-	-	-
Igrici	672	464	11	180	120	70	-	-	-	2200	300	140	-	-	-
Mezőcsát	62	31	34	680	4000	1500	8000	8	40	5500	1500	800	15	50	25
Tisza-	364	256	100	210	180	60	300	5	8	3500	500	400	-	-	-

keszi															
Tisza- tarján	22	16	16	220	250	100	400	6	8	2100	350	210	-	56	32
Tisza- bábolna	-	-	10	110	280	10	-	4	-	-	-	-	11	-	-
Tisza- dorogma	-	-	6	140	110	-	-	-	-	-	-	-	4	8	2
Tiszaval k	-	-	7	120	380	40	--	9	-	-	-	-	8	29	8
Összesen	114 6	787	196	1810	5560	188 0	9100	38	74	16400	3150	1750	38	143	67

#### 11. Táblázat A kistérség állatállománya

Forrás: Falugazdász Iroda, Mezőcsát 2005-2006

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a kistérség területén jelentős mértékű természetközeli terület található, amelyek védettsége hosszú távú előnyöket biztosít a települések számára. A Tisza és a természeti területek vonzóak lehetnek a falusi turizmus szempontjából. Ezt átgondolva kell a mezőgazdasági termelést is folytatni, megőrizve a különleges állat- és növényfajok gazdag számát, amely cél eléréséhez a gazdálkodási módokat is át kell alakítani. Az agrár környezetgazdálkodási programok e cél eléréséhez nyújtanak anyagi segítséget, amely lehetőséget a kistérség gazdálkodói egyre nagyobb számban ismerik fel.

### A Mezőcsáti Kistérség energia autonómiájának lehetőségei

Feladatunk, hogy a rendelkezésre álló adatok felhasználásával megbecsüljük, lehetséges-e energia autonómia megvalósítása a Mezőcsáti kistérségben. Továbbá, ha a válasz igen, milyen arányban számíthatunk biomasszából származó energiára, és milyen mértékben kell a közvetlen napenergia hasznosításban gondolkodni.

A következőkben, mint már említettük, egy becslést fogunk elvégezni. Ahhoz, hogy a jövőben teljes pontossággal megállapítható legyen a kistérségi energia autonómia kialakításának feltételrendszere, aktualizálni és pontosítani kell a jelen tanulmányban szereplő adatokat. Így a földhasználati módokat, az állatállományt, és a védett területeken végezhető mezőgazdasági tevékenységeket. Fontos figyelemmel lenni a védett területek nagyságára, az ilyen területeken folytatott mezőgazdálkodás korlátaira, valamint a talajadottságokra. A természetési területek lehetőségeit számba véve kell dönteni a lágyszárú és a fás szárú energiatermelési célú növényállomány között. Ez a szükséges feldolgozó módok települési szintű megválasztását is igényli.

#### Módszertan és szempontok

Első lépésként a statisztikai adatok alapján meg kell határozni a kistérség és a települések jelenlegi összes elektromos áram, és földgáz fogyasztását.

A második lépés, hogy az emberi ételmiszer fogyasztás fedezéséhez szükséges mezőgazdasági terület nagyságát meghatározzuk települési és kistérségi szinten. (Természetesen nem minden ételtermelnek meg helyben, nagy mennyiség érkezik kívülről is. Ezért egy ember napi energiaszükségletét 3000 kcal értékűnek vettük, figyelmen kívül hagyva többek között a nehéz fizikai munkát végző emberek ennél akár háromszor nagyobb energiaszükségletét.)

Harmadszor ki kell számolni azt a területnagyságot, amely semmilyen védelem alatt nem áll. (Az egyszerűsítés érdekében csak azokkal a területekkel számolunk, amelyeken minden egyéb feltétel nélkül létesíthető lenne energiatermelési célból létrehozott növényállomány.)

Szükséges figyelembe venni a mezőgazdasági melléktermékek és a térségben elburjánzott gyalogakác letermelése utáni mennyiségét is, amely ugyancsak hasznosítható biomassa. Ennek mennyiségének megállapításához további -jelenleg rendelkezésre nem álló- adatokra van szükség. Az állatállomány trágyáját is érdemes a számolásokba belekalkulálni, ez a jövőben az állatlétszámmal párhuzamosan növekedhet is.

Amennyiben a rendelkezésre álló területek nagysága kialakult, tovább kell gondolkodni, hogy milyen energetikai célú növényt célszerű az egyes területeken termesztetni. Ettől függ ugyanis, hogy milyen típusú hasznosító üzemlet létesítünk, a hasznosítás során elektromos áramot vagy hőt állítunk elő, illetve hogyan alakítjuk ki az erőművek területi hálózatát, optimalizálva a szállítási költségeket és a CO<sub>2</sub> kibocsátást.

Végül a biomasszából nem biztosítható energiaszükséglet fedezésére ki kell számolni a napkollektorok és napcellák településenként szükséges mennyiségét. Ebben az esetben az időjárás adottságokat kell figyelembe venni.

Kiemelkedően fontosnak tartjuk megemlíteni a lakossági tudatformálás szükségességét, amelynek együtt kell járnia a megújuló energiák, mint erőforrások felhasználásának elterjedésével. Az energiahatékonyság és az ésszerű erőforrás használat a mindennapi életben rutinszerűen alkalmazva csökkenti az összes energia szükségletet.

Természetesen jelen tanulmány keretét meghaladja az összes szempont maximális mértékű figyelembe vétele. Csupán azt szeretnénk felvázolni, hogy milyen mértékben tudná a Mezőcsáti kistérség a saját energia szükségleteit fedezni, kizárva a természeti adottságok miatt védett területeket és az élelmiszer- és takarmánytermesztés céljából elkülönített földeket.

## Számolások

A kistérség településeinek szolgáltatott vezetékes gáz és villamos energia éves mennyisége összesen:

	Ároktő	Gelej	Igrici	Mezőcsát	Tisza-bábolna	Tisza-dorogma	Tiszakeszi	Tiszatarján	Tiszavalk	Összesen
Háztartásoknak értékesített vezetékesgáz (1000 m <sup>3</sup> )	234	239	443	2316	205	153	1044	514	184	<b>5332 ezer m<sup>3</sup></b>
Háztartások részére szolgáltatott villamos energia (MWh)	974	544	585	7602	656	425	3068	1543	313	<b>15710 MWh</b>

### 12. Táblázat A kistérség erőforrás fogyasztása

Forrás: A kistérségek társadalmi, gazdasági helyzete, KSH 2006

A földgáz fűtőértéke  $34 \text{ MJ/m}^3$ , így a szükséges  $5332$  ezer  $\text{m}^3$  vezetékesgáz fűtőértéke  $181288000 \text{ MJ}$ , azaz  $0,181 \text{ PJ}$ .

A  $15710 \text{ MWh}$  villamos energia  $56556000 \text{ MJ}$ , azaz  $0,056 \text{ PJ}$ . ( $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$ , ebből következik, hogy  $1 \text{ MWh} = 3600 \text{ MJ}$ ).

Az emberi endoszomatikus energiaszükséglet éves mennyisége a kistérség  $2005.$  december  $31$ -én számolt teljes lakosságára vonatkoztatva:

$3000 \text{ kcal} * 365 \text{ nap} * 14966 \text{ fő} = 16387770000 \text{ kcal/év}$ , ami  $0,068 \text{ PJ}$  ( $1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$ ).

Tegyük fel, hogy a személyenkénti napi  $3000 \text{ kcal}$  energiaszükséglet felét húsfogyasztással, másik felét gabonatermék fogyasztásával elégíti ki a népesség. Ennek megfelelően egyrészt számolunk  $14\%$ -os nedvességtartalmú búzával, amelynek kilogrammonkénti energiatartalma  $15,74 \text{ MJ}$ . Mivel úgy gondoljuk, hogy  $1500 \text{ kcal}$  végső energiát biztosít gabonatermékek elfogyasztásával egy ember egy nap, a következő eredményt kapjuk, ha a búza-kenyér átalakítás során  $20\%$ -os átalakítási veszteséggel számolunk:

$1500 * 1,2 = 1800 \text{ kcal/fő/nap}$ , a búzaalapú termékek esetén, átalakítási veszteséggel.

A kistérség éves fogyasztása a gabonatermékek szempontjából tehát:

$1800 \text{ kcal} * 365 \text{ nap} * 14966 \text{ fő} = 9832662000 \text{ kcal/év}$  a teljes lakosságra számolva.

Mivel tudjuk, hogy  $1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$ , a kapott értéket megszorozva megkapjuk a  $\text{kJ}$  mennyiségét:

$9832662000 * 4,184 = 41139857808 \text{ kJ}$

Ezt átszámolva:  $0,041 \text{ PJ}$ , az az éves energiamennyiség, amit búzából fedeznek.

Ahhoz, hogy pontosan megtudjuk, hány kilogramm búzából lehet ezt az energiamennyiséget fedezni, fel kell használni a következő adatot:

$1 \text{ kg búza} = 15,74 \text{ MJ}$  energia ( $14\%$ -os nedvességtartalom esetén)

Mivel esetünkben  $41139857 \text{ MJ}$  mennyiséget kell fedezni egy évben a térségben, ehhez összesen  $2613714 \text{ kg}$  búza kell. Ez  $2613,7$  tonna.

A kistérségben a búza átlaghozama  $2,8$ - $4,5 \text{ t/ha}$  között változik, ezért egy átlag értéket vettünk, azaz  $3,65 \text{ t/ha}$  mennyiséggel számoltunk. Ebből következik, hogy a  $2613,7 \text{ t}$  búzát  $716,1 \text{ ha}$  földterületről takaríthatjuk be.

Másrészt állati eredetű élelmiszerek elfogyasztásával további  $1500 \text{ kcal}$  energiához jut egy ember egy nap. Az előző számolási sor alapján itt is kiszámoljuk a kistérség teljes lakosságára vonatkozó energiaszükségletet, majd megnézzük, mennyi hús szükséges ennek fedezéséhez, végül kiszámoljuk, hogy az állati termékek előállításához hány hektár földterületre van szükség.

$1500 \text{ kcal} * 365 \text{ nap} * 14966 \text{ fő} = 8133885000 \text{ kcal/év}$ ,

ami megfelel  $8133885000 * 4,184 = 34283214840 \text{ kJ}$  mennyiségnek.

Ez  $0,034 \text{ PJ}$  egy évre állati eredetű termékekből származtatva.

A sertéshús energiatartalma  $15 \text{ MJ/kg}$ , ezért  $34283214 \text{ MJ}$  energiát  $2285547,6 \text{ kg}$  ( $2285,5 \text{ t}$ ) sertéshúsból fedezhet egy évben a kistérség lakossága.

Mivel egy kilogramm hústerméket átlagban  $10 \text{ kg}$  növényi anyagból állíthatunk elő, a  $2285547,6 \text{ kg}$  sertéshús előállításához  $22855476 \text{ kg}$  növényi anyag szükséges. Amennyiben ezt átszámoljuk búzára, megkapjuk, hogy  $3,65 \text{ t/ha}$  búza termésátlaggal számolva mennyi terület szükséges a sertéshús évi mennyiségének előállításához.  $22855 \text{ t}$  búzát  $6262 \text{ ha}$  területről takaríthatunk be.



A fenti számolások alapján kijelenthetjük, hogy a napi 3000 kcal endoszomatikus végső energiát<sup>13</sup> egy évben, a kistérség lakosságára számolva összesen 6978,1 ha területről lehet biztosítani. Mivel abból indultunk ki, hogy a védett területeken lévő szántókat nem vesszük figyelembe, a rendelkezésünkre álló 10891,6 hektár területből az élelmiszertermelésre le kell vonnunk 6978,1 ha-t (lásd táblázat). Így energianövény termelésre marad **3913,5 ha**.

A rendelkezésre álló nem védett területen lévő szántóterület nagysága összesen:

Felszínborítás (ha)	Ároktő	Gelej	Igrici	Mezőcsát	Tisza- bábolna	Tisza- dorogma	Tisza- keszi	Tisza- tarján	Tisza- valk	Összesen
Nem öntözött szántóföldek a kistérség teljes területén településenként	2220	1471	1414	4475	1481	2107	3199	2723	552	19642
Nem öntözött szántóföldek a védett területeken településenként	1280,2	1013,7	875	1843,4	1139,8	1504,2	296,7	518,1	279,3	8750,4
<b>Nem öntözött szántóföldek a nem védett területeken településenként</b>	<b>939,8</b>	<b>457,3</b>	<b>539</b>	<b>2631,6</b>	<b>341,2</b>	<b>602,8</b>	<b>2902,3</b>	<b>2204,9</b>	<b>272,7</b>	<b>10 891,6 ha</b>

**13. Táblázat A szántóföldek megoszlása a kistérség területén**

Forrás: Corine Land Cover 2000

Az exoszomatikus energiaszükséglet körébe tartozik a vezetékesgáz, a villamos áram és az üzemanyag fogyasztás. Először az első kettő energiahordozó megújuló erőforrásokból való fedezéséhez számoljuk ki a területi igényeket. Ahogy már tudjuk, a vezetékesgáz éves kistérségi fogyasztása 5332 ezer m<sup>3</sup>, azaz 181288000 MJ. Ez fűtésre, főzésre és melegvíz előállításra fordítódik. A 15710 MWh villamos energia 56556000 MJ, ez nagy részben világításra használdik. A fűtést fás szárú energiaültetvényvel javasoljuk megoldani, amelyből, ha kogenerációs<sup>14</sup> üzemben dolgozzák fel az alapanyagot, részben villamos energia is előállítható. A földgáz legnagyobb részét a fűtési idényben használják fel. Ez fél éves időtartamot jelent. Az egyszerűsítés kedvéért mi a teljes vezetékesgáz fogyasztást a fűtés biztosításának szemszögéből nézzük. A kogenerációs feldolgozás esetén 80 %-os hatásfokkal lehet hasznosítani az energiahordozót. Ebből 50 % a hőenergia előállítása, 30 % a villamos energia előállítása, 20 % pedig a veszteség, amibe beletartozik az erőműműködéshez szükséges saját energia biztosítása is. Amennyiben 40 %-os nedvességtartalmú energiatüzeléssel

13 A végső energiafelhasználás (final energy use) tartalmazza mindazon energiaáramokat, amelyekkel valamilyen energetikai szolgáltatást nyújtanak, de nem alakítják tovább más, kereskedelmi forgalomba kerülő energiahordozóvá (például gázmotorban termelt elektromos árammá, amelyet eladnak). Végső energiaáram lehet azonban a közvetlenül energiaszolgáltatásra felhasznált energiahordozó is, mint amilyen a fűtőolaj és a földgáz. [12.]

<sup>14</sup> kogeneráció: a hőenergiának, a villamos és/vagy mechanikai energiának egy folyamaton belüli egy időben történő előállítása [13.]

számolunk, az energiatartalom 15,5 MJ egy kilogrammonként. Ebből megkapjuk, hogy a fűtésre és a villamos energia előállítására mennyi fa szükséges.

181288000 MJ gázt 11696000 kg fából lehet biztosítani.  
56556000 MJ villamos energiát 3648774 kg fából lehet biztosítani.

Összesen 15344774 kg 40 %-os tűzifára van szükségünk, ami 15345 tonna. Amennyiben 10 t 40 %-os energiafűz termelhető meg egy évben egy hektárnyi területen, a szükséges 15345 tonnát 1534,5 ha területen lehet biztosítani. Azonban figyelembe kell venni az erőmű 20 %-os veszteségét is, így az alapanyag szükséglet 18414 t, amit 1841,4 ha-on lehet előállítani. Ebben az esetben az élelmiszertermelésen felül megmaradt területről fedezhető a szükséglet, sőt, még továbbra is rendelkezésre áll **2072,1 ha**, amit biodízel alapanyag előállítására lehet felhasználni.

A kistérség 3437 foglalkoztatottja 3 szektorban van alkalmazásban. A mezőgazdaságban 14,8 %, azaz 508 fő, az iparban 35,2 %, vagyis 1210 fő, a szolgáltatási ágazatban 50 %, tehát 1719 fő dolgozik. Becslésünk szerint az egyes dolgozók napi utazási távolságai a következők:

a mezőgazdaságban foglalkoztatottak naponta átlagosan 2 km-t utaznak,  
az iparban dolgozók 50 km-t, a szolgáltatási szektorban alkalmazottak 20 km-t utaznak.

(Az iparban dolgozóknak a környező nagyobb városokba kell eljutniuk, és vissza, a szolgáltatási szektorban dolgozók nagy része a kistérségi központba jár dolgozni. A mezőgazdasági munkát végzők jobbra a települések határain belül mozognak.)

Ebből meghatározhatjuk, hogy:

a mezőgazdasági dolgozók egy évben, havi 20 munkanappal számolva 243840 km-t utaznak,  
az iparban dolgozók 14520000 km-t,  
a szolgáltatási szektorban dolgozók 8251200 km-t tesznek meg.  
Összesen 23015040 utaskm a megtett út mennyisége.

A személyautók átlagos fogyasztása 8 l/100 km. A 23015040 km út alatt összesen 1841203,2 l üzemanyagot használnak el a kistérség foglalkoztatottjai. Amennyiben a bioüzemanyagot repceből állítják elő, egy hektár területről 696 l biodízel hozammal lehet számolni. [10.] Ez azt jelenti, hogy a szükséges üzemanyagot 2645,4 ha területről lehet biztosítani. Ez több mint amennyi területünk az élelmiszertermelésre, a fűtésre és a villamos energia előállítására felhasznált területeken felül maradt a nem védett részeken. A különbség -573,5 ha, ami a védett részeken lévő 8750,4 ha területhez képest csupán 6,5 %. Azonban a védett területeken is lehet bizonyos korlátok között mezőgazdasági termelést folytatni, és az Érzékeny Természeti Területek szántóföldi művelési célprogramjai Szántóföldi növénytermesztés tűzok élőhelyfejlesztési előírásokkal célprogramon belül a Borsodi Mezőség területén a vetésszerkezetre vonatkozó előírások között repce vetése is szerepel. [11.]

A számolások szerint a kistérség képes kialakítani a védett területek maximális figyelembe vételével az energia autonómiáját. Azonban ezek a számítások csupán becslések, egy megvalósítási tervhez további adatokat kell gyűjteni, valamint részletes kutatásokat kell végezni a kistérség területén. A becslések során nem vettünk figyelembe minden lehetőséget és variációt a telepíthető növényekkel és technológiákkal kapcsolatban, ennek részletes elemzése egy megvalósítási tanulmány feladata.

Biofűtőmű, biogáz-áramfejlesztő és szélturbina építését tervezik a Zala megyei Nagypáliban. A megújuló energiaforrások felhasználásától hírnevet, bevételt és munkahelyeket remél a település. Az unió eddig húszmillió forinttal támogatta a falu terveit. [...] *Köcse Tibor*, a település polgármestere mégis azt mondja: Nagypáli hamarosan országszerte, sőt egész Európában híres lesz. Az apró zalai település egy biofűtőműtől várja ismertté válását. A tervek szerint az erőmű az erdőgazdálkodásokban és a faipari üzemekben keletkező hulladékok elégetésével működik majd, a kéményen át távozó káros anyagokat pedig több szűrőn vezetik keresztül, alaposan megtisztítják. Az erőművet napkollektorokkal is felszerelik, így a napenergia sem marad felhasználatlanul. Az erőmű elsőként a település határában most épülő családi házas negyed épületeit, majd a falu minden otthonát,

intézményét fűtené és ellátná meleg vízzel. A polgármester számításai szerint a két megawatt teljesítményű erőmű nemcsak környezetbarát, hanem nagyon gazdaságos is: a jelenleginél harminc százalékkal fizetne mindenki kevesebbet a fűtésért és a meleg vízért. Nagypáli hosszú távú terveiben a fűtőmű megépítését egy biogázerőmű létesítése követné. [...] Aztán hozzátesszi: egy harmadik beruházás terve is fölvetődött, ugyanis a felmérések szerint a település közelében lévő fennsíkon az uralkodó széljárás ideális szélturbinák üzemeltetéséhez. Kócse Tibor a nagyszabású elképzelések ismertetése után megjegyzi, hogy az elvégzett vizsgálatok és elkészített tanulmányok bizakodásra adnak okot, de a község szerény költségvetése nem teszi lehetővé a tervek gyors megvalósítását. [...] A község képviselő-testülete az Európai Uniótól remélt támogatást. Jól számított: a múlt év végén húszmillió forintot nyert a település egy EU-s pályázaton. [...] Kócse Tibor reményei szerint akár már a jövő év végén elkezdhetik építeni az erőművet, 2007-ben pedig üzembe helyezhetik. Akkor pedig nemcsak olcsó fűtés, meleg víz, tucatnyi új munkahely lesz a faluban, hanem - reméli a polgármester - nagyobb önkormányzati bevétel is, amiből aztán a biogázüzemet és a szélturbinákat is felépíthetik. **Nagypáli és a bioenergia, Népszabadság 2005. február 28.**

## Összegzés

Magyarország import energia függősége és az ezzel kapcsolatos energiaellátási sebezhetősége csökkenthető az energia autonómia országos elterjedésével. Ezzel párhuzamosan a vidékfejlesztési célok megvalósulásához is hozzájárul, mivel a helyi gazdálkodók számára munkát és megélhetést nyújt. Azonban politikai szabályozásra van szükség ahhoz, hogy az élelmiszer előállítás, valamint a környezet kárára ne történjen túlzott energiatermelési célú biomassza termelés a rendelkezésre álló földterületeken. Fontos figyelembe venni a fenntartható gazdálkodás kritériumait, mert csak ebben az esetben lehet hosszú távon is biztos megélhetést nyújtani a mezőgazdálkodásból élők számára.

A Mezőcsáti kistérség gazdasági szempontból az ország egyik leghátrányosabb területe. Magas a munkanélküliség, alacsony az iskolázottság, a népesség elvándorol a területről. Azonban egyedi természeti értékei vannak a településeknek, egyik oldalon a Tisza, másik oldalon a Borsodi Mezőség Tájvédelmi Körzet határolja a kistérséget. A Tisza tó egy kis része is belenyúlik néhány település területébe. Gazdag az állatvilág, olyan különleges madárfajok élnek itt, mint a parlagi sas vagy a haris. Az adottságokat kihasználva fellendíthető a falusi turizmus, emellett az autonómia kialakítása még egy különleges vonzerőt jelentene az idelátogatók számára.

A kistérség területének több mint a fele valamilyen védelem alatt áll. Ennek ellenére a nem védett területek becsléseink szerint elegendők az autonómia megvalósítására. Természetesen a pontos eredmények eléréséhez alapos kutatási munkát kell végezni a kistérség erőforrás felhasználási szokásait illetően. A megvalósításhoz rendelkezésre állnak Európai Unió, valamint hazai pályázati lehetőségek, bár a településeknek önrésszel rendelkezniük kell. Kijelenthetjük, hogy az autonómia kialakításával a települési lakosság összefogása és a gazdasági fejlődés elérhető, azonban a környezetvédelmi szempontok figyelmen kívül hagyása súlyos károkat okozhat. Az autonómia kialakítását ezért egy hosszabb tervezési-mérlegelési folyamat kell, hogy megelőzze.

## Források, hivatkozások

- [1.] 97/2005. (XII. 25.) OGY határozat az Országos Területfejlesztési Konceptióról
- [2.] Környezetgazdaságtan II. Egyetemi jegyzet, szerkesztette: Dr. Szakál Ferenc  
Szent István Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Gödöllő, 2003
- [3.] Hagyományos és megújuló energiák, szerkesztette: Dr. Sembery Péter, Dr. Tóth László  
Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2004
- [4.] Gondolatok a fenntartható fejlődésről, írta: Dr. Gyulai Iván  
<http://www.fsz.bme.hu/mtsz/termved/fejlod01.htm>
- [5.] Energieautonomie, Eine neue Politik für erneuerbare Energien, írta: Hermann Scheer  
Verlag Antje Kunstmann, München, 2005
- [6.] A Kistérségek társadalmi, gazdasági helyzete ÉSZAK-MAGYARORSZÁG, Központi Statisztikai Hivatal  
Miskolci Igazgatóság, Miskolc 2006
- [7.] Népszámlálás 2001, Központi Statisztikai Hivatal, Budapest
- [8.] LIFE – PROJECT (03/H/000 291), Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet  
Közhasznú Társaság, Témafelelős: Dr. Podmaniczky László Gödöllő, 2004
- [9.] Magyarország kistérségeinek Katasztere, írták: Marosi Sándor és Somogyi Sándor, 1990
- [10.] A biodízel előállításának és felhasználásának hatása a mezőgazdasági termelőkre és a  
kistérségek vidékfejlesztésére, írta: Bai Attila  
Study, University of Debrecen, Debrecen, 2000.
- [11.] Fialat Gazda folyóirat, III. évfolyam 2. szám,  
Kiadja: Fialat Gazdák Magyarországi Szövetsége – AGRYA, 2004  
p. 8-9.
- [12.] Magyarország társadalmi metabolizmusa, szerzők: Kohlhéb Norbert, Fridolin Krausmann, Helga Weisz  
Kovács, X. évfolyam, 1 - 4. szám, 2006. Tavasz – Tél  
p. 21-41.
- [13.] A távhő jogi szabályozásának aktuális kérdései, írta: Lángfy Pál  
Magyar Épületgépészet Online  
<http://www.epgeponline.hu/epgeplap.php?page=cikk&cikk=369>

### További források

Mezőcsát Kistérség komplex, megújuló szilárd biomassa potenciáljára alapozott, környezetbarát  
energiahasznosítási terve, megvalósíthatósági tanulmány, PYLON Kft., Témafelelős: Dr. Unk Jánosné,  
Budapest, 2006. november

Észak-Magyarország statisztikai adatai 2005, Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2006

Borsod-Abaúj-Zemplén megye statisztikai évkönyv 2005, Központi Statisztikai Hivatal Miskolci Igazgatóság,  
Miskolc 2006

A Bükki Nemzeti Park Igazgatóság honlapja  
<http://www.bnpi.hu>

A Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság honlapja  
<http://www.hnp.hu/>

A Nemzeti Agrár-környezetgazdálkodási Program honlapja  
<http://www.nakp.hu>

Köszönettel tartozom Dr. Kristóf Dánielnek a Szent István Egyetem Térinformatika Tanszéke egyetemi adjunktusának, az ArcView program kezelésével kapcsolatosan nyújtott segítségért.