



**Magyar
Természetvédők
Szövetsége**

Föld Barátai Magyarország

dr. Gyulai Iván

A biomassza-dilemma



Támogatta Izland, Liechtenstein és Norvégia, az EGT Finanszírozási Mechanizmuson és a Norvég Finanszírozási Mechanizmuson keresztül, valamint az Európai Unió a Feeding and Fuelling Europe program keretében

dr. Gyulai Iván
Biomassza-dilemma
4. átdolgozott kiadás

Tartalom

| | |
|--|-----|
| Köszönet | 3 |
| Előszó | 4 |
| I. Bevezetés | 5 |
| II. A biomasszáról | 6 |
| III. A megújuló energiaforrások stratégiai és szabályozási környezete az Európai Unióban | 13 |
| IV. A biomassza energetikai célú hasznosításának területei | 18 |
| V. Érvek a biomassza felhasználás mellett és ellen | 57 |
| VI. Végső következtetések | 106 |
| Zárszó | 109 |
| Felhasznált szakirodalom, közlések, internetes oldalak | 110 |
| Honlapok | 115 |

Köszönettel tartozom azoknak, akik az előző három kiadás létrejöttét, és ezzel egy immár öt éve folyamatos munkát támogattak.

Köszönetet mondok Füzi Imolának, aki a harmadik, jelentősen átdolgozott kiadáshoz folyamatosan gyűjtötte a legfrissebb információkat. Nélküle képtelen lettem volna úrrá lenni a sokszor ellentmondó adatokon, közléseken. Köszönetet mondok Fidusznak, hogy folyamatosan ellátott információkkal, s kritikai észrevételeivel segítette munkámat. Köszönöm a Magyar Természetvédők Szövetségének, hogy immár a négyből, három kiadást gondozott, különösen köszönöm a Szövetség munkatársának Kapitányné Sándor Szilviának, kitartó együttműködését. Köszönet illeti a Föld Barátai aktivistáit, akik a Föld szinte minden részéről gyűjtik az információt, elsősorban a bioüzemanyagokkal kapcsolatban. Nem utolsó sorban köszönöm Gyulai Évának, hogy számos angol szakirodalom olvasásával, s tömörítésével segítette e dolgozat elkészültét.

Őszintén köszönöm azok véleményét, akik nem értettek egyet a korábbi kiadványokban szereplő gondolatokkal, és ezzel nagyban hozzájárultak a kérdéskör alaposabb feltárásához.

Köszönöm, hogy a volt Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium „Zöld forrás” pályázati rendszere elejétől fogva támogatta a munkát, és lehetővé tette az általános vélekedéssel szembeni gondolatok megjelenését. Köszönetet mondok az ÖKO-Pack Nonprofit Kft.-nek és ügyvezetőjének Hartay Mihálynak, aki az előző kiadás támogatásához nyújtott jelentős segítséget.

Gyulai Iván

“A sebesség irreleváns, ha rossz irányba haladunk”

Mahatma Gandhi

A Magyar Természetvédők Szövetsége 2006 decemberében jelentette meg a fenti címen összefoglaló füzetét, amely igyekezett számba venni a biomassa felhasználásának lehetőségeit és buktatóit. A kiadvány sokak érdeklődésével találkozott, a kevés számú füzet hamar elfogyott, így alig telt egy év, amikor úgy döntöttünk, hogy az eltelt időszak történéseivel feldúsítva megjelentetjük a második kiadást. Ám a történések gyorsak, és hamarosan megtörtént a harmadik, és most egy évre rá, újra időszerűvé vált a kiadvány javítása. Mondhatni, az elmúlt időszakban nem lett sokkal tisztább a kép, bár kétségtelen, hogy az bioüzemanyagok alkalmazása során számos olyan globális környezeti és társadalmi hatás jelent meg, amely elgondolkodtatta, és nagyobb óvatosságra intette a döntéshozókat.

A bizonytalanságot csak fokozta a gazdasági válság. A kereslet visszaesése miatt, a korábban egekbe szökő olajár 2008. év végére harmadára szelídült, és újra átírta az alternatív energiaforrások versenyképességét. De már ekkor lehetett tudni, hogy a csökkenő olajtartalékok, a kitermelési költségek növekedése, az energiaigények újbóli növekedése nem párosul majd az olcsó energiával.

Tisztelt Olvasó! Ön a negyedik, megújult kiadást tartja a kezében, amely az előző kiadáshoz képest rövidebb, de mégis több, és frissebb információt tartalmaz. Az előző kiadásokhoz olvasóink számos észrevételt fűztek, amelyek jelentősen segítettek munkánkat. Köszönjük fáradtságukat, köszönjük, hogy fontosnak tartják a témát, hogy aggódnak környezetünk jövőjéért. A továbbiakban is várjuk észrevételeiket, szívesen tanulunk mások tapasztalataiból!

A világ primer energiafogyasztása, amely folyamatosan 2-2,5% közötti növekedési tendenciát mutat, 2008-ban 12 milliárd tonna olaj egyenérték volt. Átlagosan, 1,76 tonna olaj egyenérték (toe) volt az egy főre eső energiafogyasztás. Az átlagot jelentős szélsőségek adják, az USA-ban 7,73 toe, míg Indiában 0,36 toe jutott egy lakosra.

Együttesen, a nem OECD államok az energiaigény növekedésnek 87%-át teszik ki, és a világ elsődleges energiaigényéből részesedésük 51%-ról 62% növekszik. A WEO 2008-as referencia-forgatókönyve szerint - mely azt feltételezi, hogy a kormányok nem változtatnak a jelenlegi politikájukon - elsődlegesen az olaj iránti kereslet évente átlagosan 1%-kal (leszámítva a bioüzemanyagokat), a 2007-ben napi 85 millió hordóról 2030-ban 106-ra növekszik. A 2030-ra vetített előrejelzések szerint India mutatja a leggyorsabb növekedést, 3,9%-os éves átlaggal, öt követi Kína 3,5%-kal. 2030-ra a világ növekvő energiaigényének több mint a felét Kína és India fogja kitenni a prognózisok szerint. (WEO- 2008 Fact sheet)

A növekvő igények kielégítése azonban több szempontból is korlátozott. Az olcsón kitermelhető olaj a múlté, a „fele már elfogyott” (Jeremy Leggett), és ha komolyan vennénk az éghajlatváltozás fenyegetését, akkor bizony nem égethetnénk el a maradékokat. A széndioxid-kibocsátás terén Kína 2008-ban első helyre került, megelőzve az USA-t, és a harmadik helyen álló Oroszországot, illetve Indiát és Japánt. (IWR, 2009). Az újratermelés, a megújulás pedig semmilyen kétséget nem hagy azzal kapcsolatban, hogy csapdába kerültünk.

A jelenlegi nyersolaj-kitermelésünk 300 ezerszer gyorsabb, mint a nyersolaj képződése és maximális felhalmozódása a geológiai raktárakban. A földgáz 1,4 milliószor gyorsabb ütemben kerül kitermelésre, mint a csúcstelhalmozódása a harmadkorban. A szénbányászat pedig napjainkban kb. 60 ezerszer gyorsabb iramban történik, mint a késő karbon időszakban felgyűlt széntelepek kialakulása. Másképpen szólva, ez annyit jelent, mint a jelenlegi agyműködésünk 300 000 évvel ezelőtti állapotából a mai állapotba kerülésének folyamatát 1 évre rövidítenénk le (T.Patzek, D.Pimentel: Thermodynamics of Energy Production from Biomass).

Nem csoda tehát, hogy az emberiség szó szerint kapkod fűhöz-fához, és a biomassza felhasználásában sokan a megoldást látják korunk fokozódó energetikai és környezeti gondjaira. A javaslat ráadásul már vagy jó két évtizede a környezetvédelektől indult, akik környezetbarát, megújuló erőfor-

rást láttak a biomasszában. Ám a globális történéseket figyelve jól látható, hogy az Európai Unió megújuló erőforrásokra vonatkozó szabályozása - főleg a bioüzemanyagok esetében - nem kívánt társadalmi és környezeti hatásokat hozott létre. Furcsa ellentmondás, hogy míg a Közösség nemzetközi szinten élharcosa a biológiai sokféleség megőrzésének, addig egy másik cél, nevezetesen az üvegházhatású gázok csökkentésének érdekében olyan szabályozást vezetett be, amely még az eddigieknél is jobban fenyegeti a biológiai sokféleség megőrzését. Az persze ugyancsak fontos kérdés, hogy a javasolt megoldás elvezet-e a kívánt csökkentés eléréséhez, vagy éppen ellenkezőleg, globálisan még több terhet jelent majd a légkör számára.

Mindezekre a veszélyekre utalt Stavros Dimas, az EU környezetvédelmi biztosa, aki a következőket nyilatkozta a BBC-nek, az EU 2007 márciusában meghirdetett bioüzemanyag felhasználásra vonatkozó programját követően: „A bioüzemanyagok által okozott környezeti és szociális problémák nagyobbak, mint gondoltuk. A kijelölt célokat meg kell változtatni, mert még mindig jobb, ha az EU nem teljesíti az eredeti célokat, mint környezeti károkat okozni és a szegényebb rétegeket veszélybe sodorni”. (Makay György, 2008)

Még egy kis idő, és a környezetvédők javaslata bumeráנגgá változhat. A jó szándékú javaslatok ugyan a környezeten kívántak segíteni, mégis arra csapnak vissza. Először a környezetre, azután ránk!

II. A biomasszáról

A biomassza fogalma

A biomassza biológiai eredetű szervesanyag-tömeg, egy biocönózisban vagy biomban, a szárazföldön és vízben található élő és nemrég elhalt szervezetek (növények, állatok, mikroorganizmusok) testtömege; biotechnológiai iparok termékei; és a különböző transzformálók (ember, állatok, feldolgozó iparok stb.) összes biológiai eredetű terméke, hulladéka, mellékterméke. Az ember testtömegét nem szokás a biomassza fogalmába vonni. A biomassza elsődleges forrása a növények asszimilációs tevékenysége. Keletkezésének folyamata a produkcióbiológia fő témája. A növényi biomassza a fitomassza, az állati biomassza a zoomassza. A termelési-felhasználási láncban elfoglalt helyük alapján a biomassza lehet elsődleges, másodlagos és harmadlagos. Az elsődleges biomassza a természetes vegetáció, szántóföldi növények, erdő, rét, legelő, kertészeti

növények, vízben élő növények. A másodlagos biomassa az állatvilág, a gazdasági használatok összessége, továbbá az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei, hulladékai. A harmadlagos biomassa a biológiai eredetű anyagokat felhasználó iparok termékei, melléktermékei, hulladékai, emberi települések szerves eredetű szerves hulladékai (Környezetvédelmi Lexikon, Akadémiai Kiadó, 2002.).

A biomassa, mint megújuló, de kimeríthető energiaforrás

A primer energiaforrásokat két nagy csoportba oszthatjuk. Meg nem újuló energiaforrás a szén, a kőolaj, a földgáz és a hasadóanyag. A megújuló energiaforrások csoportjába sorolható a nap-, a víz- és a szélenergia, illetőleg a biomasszából nyerhető energia. Az energiaforrásokat csoportosíthatjuk kimeríthetőségük szerint is. Míg a nem megújuló energiaforrások kimeríthetők, addig a megújulók közül a nap és a szél nem kimeríthető, viszont a biomassa ugyancsak kimeríthető. A biomassa tehát megújuló, de kimeríthető primer energiaforrás.

A primer energiaforrásokból szekunder energiahordozókat állíthatunk elő, üzemanyagokat vagy villamos energiát nyerhetünk különféle energiaátalakítási eljárások eredményeként. Ezek az eljárások az átalakítás határfokában és környezeti hatásaiban nagymértékben különböznek egymástól.

A világ negyedik legelterjedtebb energiaforrása a szén, a kőolaj és a földgáz után a biomassa. Az energiaigények 23,69%-át a szén, 35,81%-át a kőolaj, 20,08%-át a földgáz, 6,56%-át a nukleáris hasadóanyagok, 11,15%-át a tűzifa, 2,32%-át a víz, 0,37%-át a geotermikus, 0,01%-at a szoláris, 0,01%-át a szél energiája adja (Vital Signs, 2006-2007).

A szárazföldi biomasszában raktározott energiamennyiség becslések szerint 25 000 EJ, amelyből évente 3 000 EJ újul meg. 2005-ben a világ energiafogyasztása 478 EJ volt, amely 11,43 gigatonna olaj elégetésével egyenértékű (Enerdata, 2006).

A biomassa energiatranszformálásban való részesedésről eltérő adatok állnak rendelkezésre, amely a 10,2% (Enerdata, 2006), 6,8% (VGB PowerTech, 2007), 11,15% (Vital Signs, 2006-2007) értékek között szór. 10%-os részesedést feltételezve biomasszából 47,8 EJ energiát állítanak elő évente. Érdemes megjegyezni, hogy az emberiség belső energiatranszformálása, amit táplálékként vesz magához, 10 EJ/év.

Általában a fenti adatokra hivatkozva, a biomassza tartalékokat 6,5-szer nagyobbak tekintik a felhasználásánál, amely már csak az emberiség endoszomatikus energiaigénye miatt sem lehetséges. Azt sem kell elfelejteni, hogy amíg csökken a produkció az emberiség mind belső (évente 80 millió növekmény a népességben), mind külső energiafelhasználása (a válság évéig évente átlag 2,5%) nő.

Az adatokból azt is megállapíthatjuk, hogy a vízi energiát kivéve a megújuló energiaforrások közül a biomasszának a legkisebb az elméleti potenciája, mégis ez a legnagyobb mértékben kihasznált.

A hazai helyzet is ezt tükrözi.

Az MTA felmérése a megújuló energiapotenciálról

| Megújuló energiahordozó típus | Lehetőség <i>MTA Megújuló Energia Albizottság felmérése (PJ)</i> | Jelenleg hasznosított (PJ) |
|-------------------------------|---|----------------------------|
| napenergia | 1 838 | 0,1 |
| vízenergia | 14,4 | 0,7 |
| geotermia | 63,5 | 3,6 |
| biomassza | 203-328 | 49,2 |
| szélenergia | 532,8 | 0,16 |
| Összesen: | 2 600-2 700 | 53,8 |

Forrás: Bioenergia, 2008. III évfolyam 4. szám

A jelenlegi, magyarországi megújuló energia döntő hányadát a biomassza felhasználás teszi ki. Ebből is a legjelentősebb a tüzelési célú energetikai növények közvetlen elégetése, főleg a tűzifa, a többi egyéb növényi melléktermék, illetve organikus eredetű hulladék.

Összes megújuló energiahordozó

(tartalmazza a villamosenergia-termelésre felhasznált energiahordozókat is)

| | 2001 | 2007 (2008) | |
|---|-------------|------------------|------------|
| | PJ | PJ | % |
| Geotermikus energia | 3,6 | 3,6 | 6,4 |
| Napenergia | | | |
| - Napkollektor | 0,06 | 0,1 | 0 |
| - Napelem | 0 | 0,001 | 0 |
| Tűzifa és hulladék (szilárd biomassza) | 30,6 | 45,18 | 80,7 |
| Biogáz | 0,13 | 0,60 | 1 |
| Vízenergia | 0,67 | 0,76 | 1 |
| Szélenergia | 0 | 0,40 | 0,7 |
| Bio-üzemanyagok | 0 | 0,84 | 1,5 |
| Összesen | 35,1 | 51,48 | 91,3 |
| Hulladékégetés | 1,3 | 4,53 | 8,7 |
| Mindösszesen | 36,4 | 56,0 (60) | 100 |

Forrás: Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium

2005-ben a megújuló energiaforrások felhasználásával előállított áram 4,5%-át, 2006-ban pedig egy jelentősebb visszaesés eredményeként 3,7%-át tette ki az összes villamosenergia-igénynek. (GKM- Magyarország megújuló energiaforrás felhasználás növelésének stratégiája, 2007)

Mekkora mennyisége lehet a biomasszának?

Nyilván nehéz felmérni, hogy mennyi is lehet a tényleges mennyiség. A szakirodalmak eltérő adatai erről a nehézségről árulkodnak.

A fotoszintézis révén évente mintegy 180 milliárd tonna biomassza képződik, és ennyi használdik el légzés és mineralizáció útján. (Papp, 2005)

Az éves primer növényi produkció a világ szárazföldi területén 117,5 milliárd tonna, amelyből 9,1 milliárdot (7,7%) a növénytermesztés, 20-at (17,0%) a gyepek, 79,9-et (68%) az erdők adnak (Láng, 2009). Az erdők közül a trópusiak produkciója a teljes területre számolva két és félszer nagyobb a mérsékelt-égövi erdőktől.

Összevetve a fenti két adatot a következő táblázattal, az eltérések a 10%-os hibahatáron belül vannak. Tekintettel arra, hogy milliárd tonnáról beszélünk, ezek az eltérések mégis jelentősek.

A Föld főbb ökoszisztéma-típusainak produktivitási és biomassza adatai (Whittaker, 1975.)

| Ökoszisztéma típus | Terület (millió km ²) | Fajlagos nettó produktivitás (t/ha év) | | Világ összes (milliárd t/év) | Fajlagos bio-massza (t/ha) | | Világ összes (milliárd t/év) |
|---------------------------|-----------------------------------|--|------|------------------------------|----------------------------|------|------------------------------|
| | | terj. | átl. | | terj. | átl. | |
| Trópusi esőerdő | 17,0 | 10–35 | 22 | 37 | 60–800 | 4 | 765 |
| Trópusi lomb-hullató erdő | 7,5 | 10–25 | 16 | 12,0 | 60–600 | 3 | 260 |
| Mérsékeltövi fenyőerdő | 5,0 | 6–25 | 13 | 6,5 | 60–2 000 | 3 | 175 |
| Mérsékeltövi lomberdő | 7,0 | 6–25 | 12 | 8,4 | 60–600 | 3 | 210 |
| Boreális erdő | 12,0 | 4–20 | 8 | 9,6 | 60–400 | 2 | 240 |
| Fás-cserjés területek | 8,5 | 2,5–12 | 7 | 6,0 | 20–200 | 6 | 50 |

| | | | | | | | |
|--|--------------|---------|-------------|--------------|--------|----------|-------------|
| Szavanna | 15,0 | 2–20 | 9 | 13,5 | 2–150 | 4 | 60 |
| Mérsékelt övi puszták | 9,0 | 2–15 | 6 | 5,4 | 2–50 | 1 | 14 |
| Tundra és alpesi területek | 8,0 | 0,1–4 | 1,4 | 1,1 | 1–30 | 6 | 5 |
| Félsivatag, sivatag | 18,0 | 0,1–2,5 | 0,9 | 1,6 | 1–40 | 7 | 13 |
| Szélsőséges homok- és sziklasivatag, jeges terület | 24,0 | 0–0,1 | 0,03 | 0,0 | 0–2 | 0 | 0,5 |
| Művelt területek | 14,0 | 1–35 | 6,5 | 9,1 | 4–120 | 1 | 14 |
| Mocsarak | 2,0 | 8–35 | 20 | 4,0 | 30–500 | 1 | 30 |
| Tavak, folyók | 2,0 | 1–15 | 2,5 | 0,5 | 0–01 | 0 | 0,05 |
| Összes szárazföldi | 149,0 | | 7,73 | 115,0 | | 1 | 1837 |
| Összes tengeri ökoszisztéma. | 361,0 | | 1,52 | 55,0 | | 0 | 3,9 |
| Föld összesen | 510,0 | | 3,33 | 170,0 | | 3 | 1841 |

A földön fellelhető élő anyag teljes tömege, nedves-ségtartalommal együtt, megközelíti a 2 000 milliárd tonnát, 1 841 milliárd tonna. Ebből csupán 3,9 milliárd tonna a tengeri élőlények tömege.

Az eltérésekre bőven magyarázatot szolgál, ha az egyes fajok, csoportok nagyságrendjeinek becslését nézzük. Pl. hangyákból a becslés nagyságrendi eltérést mutat, 900 millió, vagy 9 milliárd tonna. A halak tömegét illetően a becslések a 800 millió és a két milliárd között váltakoznak (Science 2009).

A legnagyobb tömeget képviselő faj az antarktisi krill, apró rákocska, amely önmagában az összes biomassza 0,7%-a, 500 millió tonna.

Bár az embert nem szokták biomasszaként emlegetni, a ma élő emberek tömege 100 millió tonna. Ezt a tömeget 2 milliárd tonna szántóföldi növény, és 700 millió tonna háziállat segít fenntartani.

A nettó primer produkció tekintetében a legnagyobb produkcióval a mocsarak és lápok rendelkeznek, itt $2\,500\text{ g/m}^2$ az évenkénti produkció. Egy trópusi esőerdő 2000, algatelepek és korall zátonyok ugyanennyi, ártéri területek 1800, mérsékelt-égövi erdők 1200, ezzel szemben a művelt területek 600 g/m^2 biomasszát termelnek évente.

Amennyiben a megkötött szén mennyiségét vesszük alapul a nettó elsődleges produkció által, úgy a szárazföldi átlagot tekintve (beleértve a jéggel borított felszíneket is) évente 426 g szén megkötésére kerül sor négyzetméterenként. A tengerek esetében ez a szám 140 gramm . Így összességében a szárazföldeken évente $56,4$, a tengerekben $48,5$ milliárd tonna szén megkötésére kerül sor a biomassza által. Ez $104,9$ milliárd tonna évente.

Az összes élő szárazföldi biomassza 800 , a tengeri 5 milliárd tonna szenet tárol. A szárazföldi elhalt biomassza 1200 , a tengeri 1000 milliárd tonna szenet tartalmaz. (Papp, 2005) Azt láthatjuk, hogy kis élő tömegű tengeri biomassza a szárazföldivel összevethető szenet köt meg, illetve tárol.

A hazai biomassza-produkció

Teljes körű biomassza-felmérésre 1982-83 között került sor a Magyar Tudományos Akadémia koordinálásában (Láng, 2009). A felmérés 1980 termelési adataira támaszkodott. Ebben az évben a növénytermesztés, rét- és legelőgazdaság, valamint kertészet területén $46,5$ millió tonna biomassza képződött szárazanyagban számolva. Az erdők esetében ez kerekén 8 millió tonna volt, összesítve az elsődleges produkció 1980-ban $54,5$ millió tonna volt.

Ezen belül a legnagyobb mennyiséget, mintegy 63% -ot a gabonafélék tették ki, az erdőgazdálkodásban a nettó produkció $14,6\%$ -a realizálódott. Szálas és más tömegtakarmányok részesedése $12,4\%$ volt, az ipari növényeké $5,2\%$. A nem művelt területek produkcióját becslés útján a szálas takarmányokhoz adták hozzá.

Nyilvánvaló, hogy a felmérés eredménye függött az éppen aktuális éghajlati körülményektől, így a közölt számok inkább csak tájékoztató jellegűek, a nagyságrend megbecslésére alkalmasak. Az mindenesetre figyelemre méltó, és hazánk természetes vegetációjának nagyfokú degradációjára utal, hogy az összes nettó produkcióból a mezőgazdasági és erdőgazdálkodási főtermékek $40,7\%$ -kal, illetve $12,3\%$ -kal, összesen a főtermékek 53% -kal részesednek. Ez és a 47% -nyi melléktermék egy része is felhasználásra kerül, vagyis legalább a megtermelődött nettó produkció háromnegyede kikerül a közvetlen természetes körforgásból.

III. A megújuló energiaforrások stratégiai és szabályozási környezete az Európai Unióban

13

A belföldi, megújuló energiaforrások felhasználását sürgeti a Közösség magas szintű energiafüggsége a külső energiaforrásoktól, amely jelenleg 55%-os, és 20 éves időtávban akár a 70%-ot is elérheti.

Az európai stratégiai kereteket az EU megújult Fenntartható Fejlődés Stratégiája adja meg, amely a globális éghajlatváltozáshoz köti a tiszta energiák elterjesztésének szükségét. A EU biomassza hasznosításainak célkitűzéseit 2010-ig, az ún. Fehér Könyv (Energia a jövőnek: megújuló energiaforrások, 1997) határozza meg. A könyv tartalmazza a megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére irányuló Akciótervet, a megújulókból származó energia arányát 2010-re 12%-ra kívánja növelni.

A 2001/77/EK irányelv Európai Uniós szinten 2010-ig 22,1%-ra kívánja növelni a megújuló energiahordozó bázisú villamos energia részarányát, továbbá célként fogalmazza meg, hogy az összes megújuló energiaforrás részaránya érje el a 12%-ot.

Az „Európai stratégia az energiaellátás fenntarthatóságáért, versenyképességéért és biztonságáért” c. Zöld Könyv (COM [2006] 105), az energiaszerkezet diverzifikációját, biztonságát, s az alacsony széntartalmú energiaforrásokból származó villamosenergia-termelés támogatását, a megújulók szerepének növelését célozza.

A fosszilis tüzelőanyagok megújulókkal való helyettesítése mellett a Közösség jelentős szerepet tulajdonít az energiahatékonyság javításának. Az Energhatékonsági Akcióterv (COM [2000] 247) évi 1%-os energiahatékonyabbá válást irányoz elő.

2008 decemberében az Európai Parlament megszavazta az Unió „klímacsomagját”, melynek értelmében a 2020-ig 20%-kal kevesebb üvegházhatású gázt (ÜHG) lehet kibocsátani, mint 1990-ben. Emellett a tagállamok elkötelezték magukat arra, hogy 20%-ra növelik az energiateljesítményben a megújulók arányát, továbbá 20%-kal javítják az energiahatékonyságot. 2013 és 2020 között minden tagállamnak csökkentenie kell az üvegházhatású gázok kibocsátását azokon a területeken is, amelyek nem tartoznak az EU kibocsátás-kereskedelmi rendszerébe, de az összkibocsátás 20%-át teszik ki, mint a tengeri szállí-

tás, az építőipar, a szolgáltatások, a kisebb ipari létesítmények, a mezőgazdaság és a hulladékgazdálkodás. 2020-ra a közúti közlekedésben felhasznált üzemanyagoknak legalább 10%-a megújuló energiaforrásokból (hidrogén, megújuló elektromosság, bioüzemanyag) kell, hogy származzon, ösztönözve a második generációs, vagyis az élelmiszer-termeléssel nem versengő módon előállított - bioüzemanyag felhasználását. Magyarországnak a nem EU ETS rendszerbe tartozó területeken 10%-os kibocsátás-növelésre van lehetősége, míg a megújulókkal történő helyettesítésből 13%-ot vállalhat.

Szintén 2008 decemberében, az EU Megújuló Energetikai Irányelve elfogadásának a szakmai egyeztetésén célokat állítottak fel, ezek közül néhány bioenergetikai intézkedés kiemelt szerepet kapott. A biogázra vonatkozóan 33 szakmai ajánlást fogalmaztak meg, többek között: 2020-ra a bioenergetikai termelés 1/3-át a biogáz fogja képviselni; az EU jelenlegi 7 Mtoe termelése 2020-ra 60 Mtoe-ra fog növekedni; az elektromos- és gázhálózatokhoz (a metántartalom növelése után) történő csatlakozás elősegítése csatlakozási díj fizetése nélkül; forgalmi és egyéb díjkedvezmények a biometánnal üzemeltetett járművekre; a biogáz felvétele az Európai Bioüzemanyag Technológiai Platformba a bioetanol és biodízel mellett; a biotrágya elfogadása a mesterséges talajjavító termékek palettáján.

2008. december 17-én az EP elfogadta a Megújuló Energetikai Irányelvet, a következő fontosabb előírásokkal: 2020-ig a megújuló energiafogyasztás arányának 20%-os részesülési aránya az összenergia-fogyasztásban; nemzeti cselekvési tervek kidolgozása 2009. június 30-ig, és amelyek gyakorlatba ültetése legkésőbb 2010. március 10-ig megtörténik; a részesedés számításnál az elektromos járművek felhasználása 2,5-szeres, míg másod- és harmad generációs bioüzemanyagok szorzótényezője kétszeres lesz; 2015-ig a részleges részesedési elvárás 5%-os lesz; a szállításban alkalmazott bioüzemanyagok ÜHG kibocsátása 2017-ig 35%-kal csökkenjen, 2017 után pedig 50%-kal; a bioüzemanyagok nem készülhetnek oly módon, hogy az előállításuk kihatással legyen a biodiverzításra, védett természeti értékekre. Ellenkező esetben nem számolhatók be.

2009 áprilisában az Európai Bizottság energiaügyi biztosa bejelentette, hogy az új a bioüzemanyagokra vonatkozó EU-s irányelv szigorú fenntarthatósági követelményeket ír elő, melyeket a tagállamok legkésőbb 2010-ig be kell vezetnienek. A követelményeket úgy a hazai előállítású, mint az importból származó bioüzemanyagokra alkalmazni kell. A bioüzemanyagok alkalmazása az ÜHG kibocsátások 35%-os megtakarítását kell, hogy biztosítsa a fosszilis üzemanyagokhoz képest. 2017-től a jelenlegi berendezések 50%-os, míg az újak 60%-os megtakarítást kell, hogy eredményezzenek. A magas szénkészleteket

megkötő, továbbá gazdag biológiai sokféleséggel rendelkező területeket kizárják a bioüzemanyag-termelésbe való bevonásból. Az élelmiszerellátás és bioüzemanyagok összefüggését megvizsgálva, arra a következtetésre jutottak, hogy a bioüzemanyagoknak csekély hatása van jelenlegi globális élelmiszerárakra. A bioüzemanyag-előállításához szükséges területeket megvizsgálva, úgy látja az Európai Bizottság, hogy az új irányelv várható hatása a területhasználatra csekély, technikailag ugyanis az EU-nak elegendő területe van ahhoz, hogy a 10%-os célkitűzés megvalósítható legyen. Az Európai Bizottság továbbra is úgy gondolja, hogy a bioüzemanyag-kérdés egy fontos ügy, ezért erőteljes támogatásban fogja részesíteni annak természetét és előállítását a szigorú fenntarthatósági kritériumok betartása mellett. Ezáltal az EU pozitívan szeretné befolyásolni a nemzetközi bioüzemanyag piacot, valamint más piacokat is, hogy hasonló fenntartható kritériumokat vezessenek be. (Andris Piebalgs: A bioüzemanyagok jövője, Brüsszel, 2009. április 1.) A 2010-es célkitűzésekre vonatkozó fenntarthatósági kritériumok kizárólag folyékony bioüzemanyagokra vonatkoznak, amiből arra lehet következtetni, hogy egyéb, nem folyékony bioüzemanyagok, vagy azok előállításához használt bioenergiára nem vonatkoznak a fenntarthatósági kritériumok.

A magyarországi szabályozó környezet

Magyarország a csatlakozási dokumentumban (2004. évi XXX. Tv. II: melléklete) vállalta, hogy a megújuló részarányát a teljes energiafelhasználáson belül megduplázza (2003-ban ez az érték 3,6% volt), a villamosenergia-fogyasztást pedig 3,6%-ban fogja megújuló energiaforrásokból kielégíteni 2010-ig, az akkori kb. 2% helyett. A nagyon szelíd vállalást már 2005-ben túlteljesítettük, néhány széntüzelésű erőmű faapríték-tüzelésre történő átállásával.

A fentiekkel kapcsolatos előírásokat, a tájékoztatási programot, a fogalom-meghatározásokat a 2233/2004. (IX.22) és 2133/2005. (VII.8) kormányhatározatok, illetve a 42/2005. (III.10) kormányrendelet tartalmazza.

Magyarország vállalása a bioüzemanyagok tekintetében a 2233/2004. számú kormányhatározat értelmében 2% volt, amely az Országgyűlés 63/2005. számú határozata szerint 4%-ra emelkedett.

A 2058/2006 (II. 07.) kormányhatározat alapján 2010-re a bekeverési aránynak el kell érnie az 5,75%-ot, amely 2010-re kb. 187 millió liter növényi eredetű üzemanyagot jelentene. A határozat célul tűzi ki, hogy a hazai bioetanol előállításnak el kell érnie a 800, a biodizelnek a 170-220 kt/év mennyiséget.

A 2007-13-as időszakot is magába foglaló magyar energiapolitikai elképzelések szerint a 2010-re 6,5%, 2013-ra 11,4 % megújuló részesedést kell elérni a villamosenergia-termelésben, míg az összes megújuló energia részarányát a 2005. évi 5,3%-ról 2010-re legalább 8,2%-ra kell növelni.

Magyarország 2008-2020 időszakra szóló megújuló energiahordozó stratégiájának célszámait a 2148/2008.(X.31.) Korm. határozat fekteti le. A stratégia célja, hogy elősegítse Magyarország EU elvárásoknak való megfelelését (17%-os megújuló arányt kell 2020-ig biztosítani), és a szükséges támogatások mellett a célkitűzések elérhetőek legyenek.

A határozat szerint Magyarországon, 2020-ra a megújuló energiaforrások felhasználásának el kell érnie a 186,3 PJ/év mértéket (ez 2006-ben 55 PJ/év). Ezen belül:

- a zöldáram-termelés a 2006. évi 1 630 GWh-hoz képest 2020-ban érje el a 9 470 GWh-t (79,6 PJ),
- a hőtermelésen belül a megújuló energiaforrások felhasználása a 2006. évi 36 PJ-hez képest érje el a 87,1 PJ-t,
- az üzemanyag-fogyasztáson belül a bioüzemanyagok energiaértéke – figyelembe véve az egyéb, megújuló energiahordozó bázisú üzemanyagokat – a 2006. évi mintegy 1 PJ-hez képest 2020-ra növekedjen 19,6 PJ-ra

A három ágazaton belül lehetnek eltérések, de az összesített célértéket el kell érni. A stratégiában megjelölt programokban (KEOP, ROP-ok, NEP, EHA, EMVA, normatív terület alapú támogatások) hazai forrásból 54,5-56,5, EU forrásból 169,5-197,5, összesen 224-254 milliárd forint. áll rendelkezésre 2020-ig (KEOP és ROP-ok esetében 2015-ig). (Petz Ernő: A megújuló energiaforrások felhasználásának stratégiája, Bioenergia, 2008, III. évfolyam, 1. szám)

A bioüzemanyagok közlekedési célú felhasználásának előmozdítására vonatkozó egyes rendelkezések végrehajtásának szabályait a **138/2009. (VI. 30.) Korm. rendelet** tartalmazza, E rendelet alapján a kötelező bioüzemanyag részaránya:

- a) a motorbenzin esetében az energiatartalomban kifejezett forgalomba hozott mennyiség 3,1%-os,
- b) a dízelgázolaj esetében az energiatartalomban kifejezett forgalomba hozott mennyiség 4,4%-os kell legyen.

A kitűzött célok végrehajtásának egyik fontos eszköze a Környezet és Energia Operatív Program (KEOP). Mivel a KEOP tervezési időszaka túlnyúlik a 2010-es vállalások időszakán, ezért a tervezési időszak végéig már más irányszámokkal kell kalkulálni. A célkitűzések megállapításánál figyelembe kell venni, hogy az Európai Tanács 2006. március 23-24-i

ülésén az a határozat született, hogy az Európai Unió tagállamainak 2015-ig meg kell valósítaniuk, hogy az összes megújuló energiahordozó-forrás részaránya a 15%-ot, a bioüzemanyagok részaránya pedig a 8%-ot érje el. Ez hozzávetőleg összhangban van a GKM által kidolgozott megújuló energiahordozó-stratégia távlati célkitűzéseivel, amely szerint 2013-ra a zöldáram részarányát az országos villamosenergia-felhasználás 11,4%-ára, az összes megújuló energiahordozó részarányát, pedig az országos összenergia-felhasználás 14%-ára kívánják növelni. A távlati célkitűzések elérése érdekében 2005-2010 között legalább 1 000 GWh-val kell növelni a zöldáram termelést, 2013-ig pedig további mintegy 2 400 GWh növekményt kell elérni. (forrás: KEOP)

A 2013-ra tervezhető zöldáram termelés összetétele – figyelembe véve a hazai sajátosságokat – a következő lehet:

| | |
|--------------------|-----------|
| szilárd biomassa | 3 992 GWh |
| biogáz | 262 GWh |
| szélenergia | 710 GWh |
| egyéb technológiák | 436 GWh |
| összesen | 5 400 GWh |

A 2005-2013 között tervezett növekmény kiemelkedően legnagyobb tételét a biomassa bázisú villamosenergia-termelés teszi ki, aminek az a feltétele, hogy a mezőgazdaságban megvalósuljon az energetikai célú növénytermelés tervezett mértékű felfutása. 2013-ig az összes megújuló energiahordozó felhasználásban 56,6 PJ lenne a villamosenergia-termelés hőértéke, 30 PJ a bioüzemanyag felhasználás, 50 PJ a szilárd biomassa hőenergia célú felhasználása, 10 PJ a biogáz, míg a napkollektorokból 0,4 PJ.

A KEOP a biomassa felhasználással kapcsolatban három beavatkozási pontot ad meg (forrás: KEOP):

a) Magyarország mezőgazdasági adottságai kiemelkedően kedvezőek a biomassa-felhasználás tervszerű növelése terén, ezért a mezőgazdasági fejlesztéshez kapcsolódó, energiatermelést végző biomassa projektek (szilárd biomassa, biogáz, illetve bioüzemanyag), ezen belül is a kis kapacitású üzemek prioritást élveznek. A bioüzemanyag-felhasználás tervezett növeléséhez a felhasználói oldalon is meg kell teremteni a szükséges feltételeket. A jövedéki adókedvezmények fenntartása mellett támogatni kell a bioüzemanyagokkal működő közlekedési eszközökre – elsősorban a tömegközlekedésben – történő átállásokat.

b) Hulladék-felhasználás szempontjából fontos terület a nagy tömegben keletkező használt sűtőolaj, illetve állati zsiradék energetikai és/vagy biomotorhajtóanyag alapanyagként történő hasznosítása.

c) A növényi eredetű és hulladék alapú, valamint az állattartó telepeken keletkező trágyából és a szennyvíztisztító telepeken képződő szennyvíziszapból előállított biogáz hasznosítása hulladékkezelés és energiatermelés szempontjából is előnyös, hő- és villamosenergia-termelésre is felhasználható (regionális biogáz-üzemek kialakítása, kisméretű egyedi fogyasztói biogáz-üzemek létesítése, a szennyvíziszap energetikai és mezőgazdasági hasznosítása).

IV. A biomassza energetikai célú hasznosításának területei

A mezőgazdasági eredetű energiaforrásokat a következő módon osztályozzuk: szilárd biomassza; folyékony bioüzemanyagok; biogáz.

Az energetikai alapanyag-termesztés területei:

- Fás szárú, különböző vágásfordulójú ültetvények telepítése (akác, éger, fűz, nemes nyár stb.)
- Lágyszárú növények szántóföldi termesztése (energiafű, nádfélék stb.)
- Biodízel előállításához olajos magvú növények (napraforgó, repce, jatrofa stb.)
- Etanol előállítására alkalmas növények (árpa, búza, kukorica, cirok stb.)

Az energiatermelésre létrehozott kultúrákat energiaültetvényeknek nevezük. Ezek lehetnek fás szárú és lágyszárú energianövények kultúrái.

Tüzelési célú energetikai növények

Fás szárú energianövények

A természetközeli erdők fajlagos energiahozama 15-20 GJ/ha/év között van. A fa fűtőértéke élőnedves állapotban 10 MJ/kg, abszolút száraz állapotban a különböző fajok fűtőértéke 5%-kal tér el egymástól. Tűzifára 17 MJ/kg fűtőértéket adnak meg.

Magyarország összes földterületének több mint egyötöde (2 millió ha) erdőgazdálkodásba vont terület, amelynek 94%-át (1,9 millió ha) borítja faállomány. A faállománnyal borított területet alapul véve az ország erdőszültsége 20,3%.

A faállományok összesített fatérfogata folyamatosan gyarapszik, a 2007. január 1-i állapot szerint 347 millió köbméter tesz ki. Az élőfa-készlet anyagi értéke több mint 1 000 milliárd forint.

Az évi növedékből – amely 13,2 millió köbméter – az erdőtervek szerinti maximális kitermelési lehetőség 10,2 millió köbméter. 2007-ben az erdőgazdálkodók hozzávetőlegesen 100 ezer hektár erdőterületen végeztek fahasználati tevékenységet, amiből a véghasználatok 28,5 ezer hektárt tettek ki. Fatérfogatban ez 6,6 millió bruttó köbmétert jelentett, ami az éves kitermelési lehetőségek 65%-a (Jelentés az agrárgazdaság 2007. évi helyzetéről - Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, 2008). 2008-ban 7,02 millió köbméterre emelkedett a kitermelt mennyiség (forrás: MgSzH Központ, Erdészeti Igazgatóság).

A Magyar Energiahivatal szerint Magyarország erdőállományából évente a tartamos gazdálkodás szabályait figyelembe véve bruttó 8 millió m³ (nettó 6,5 millió m³) fa termelhető ki, amelynek nagyjából a fele (41%) van energetikai célú hasznosításra szánva. Az apríték és tűzifa, együttesen évente, meghaladja a 3,5 millió köbmétert, amelynek majdnem 90%-át égetik el az erőművekben.

Magyarország teljes energiafelhasználásában 3%-ot képvisel jelenleg a fa felhasználása, de a villamos-energia iparban a korábbi széntüzelésű erőművek faapríték tüzelésre való átállása miatt a tűzifa kereslet, s vele a tűzifa ára is emelkedett. Az erőművek átállása gazdaságossági szempontokkal indokolható elsősorban, amelynek az oka az ún. zöld áram kedvező átvételi ára, illetve a befektetők versenyképességét javítja, hogy a barnaszemes erőművek, közgazdasági szempontból elsüllyedt költséget képviselnek. Mivel nem versenyképes, s környezetileg sem megengedhető létesítményt tesznek nagyon alacsony átállási költséggel környezetileg elfogadottá (legalábbis a szabályozási oldalról) és versenyképessé, ezért a befektető számára lényegesen olcsóbb megoldás ez, mint egy zöldmezős beruházás megvalósítása.

A nem hatékony fatüzelésű villamosenergia-termelés támogatása számottevően növelte a villamosenergia fogyasztói árát (2006. évi adatok szerint a mintegy 3% fatüzelésből származó villamosenergia támogatása a teljes villamosenergia-fogyasztás árát közel 1,5%-kal növelte meg). Jelentősen megemelte a tűzifa piaci árát, és ezzel fékezi a hatékonyabb fatűtés alkalmazását is. (Büki Gergely: Biomassza energetikai hasznosítása, Bioenergia, 2007., II. évfolyam, 6. szám).

Az a tény, hogy az ösztönző rendszer a villamosenergia-termelését szorgalmazza, azzal jár, hogy a fa nagyon alacsony hatásokkal elpocsékolásra kerül (a támogatási rendszer ebben az esetben 1 millió tonna fa elhamvasztását támogatja). Ennek oka nem a tüzelő berendezések alacsony hatásfoka (kazánhatásfok: 90-92%), hanem az, hogy a villamosenergia-termeléshez nem kapcsolódik hőhasznosítás. Így magának a villamosenergia-előállításnak az átlagos hatásfoka 27% körüli (ez olyan, mintha csak minden harmadik fa hasznosulna) (Büki, 2006). Hőhasznosítás esetén a villamos energia 35-40%-os hatásokkal termelhető, ami szintén nem egy magas érték.

A villamosenergia-termelés érdekében a Borsodi 200 ezer, a Pécsi Hőerőmű évi 330 ezer t/év, az ajkai pedig 192 ezer t/év mennyiségű fa elégetését igényli.

A Borsodi Hőerőmű még 2002-ben az észak-magyarországi régiót lefedő erdészetekkel 10 éves szerződést kötött, évi 250-270 ezer tonna - főleg bükk és tölgy - rönk megvásárlására. Ez a mennyiség közel két kazán fűtéséhez elegendő, bővítés csak más források mozgósításával képzelhető el. Erre szolgálnának az energiafű telepítések, egy kazán működtetéséhez 16 ezer hektár ilyen ültetvényre lenne szükség. A 250-300 ezer tonna tüzelőanyagból, 30 MW átlagos termelő kapacitással 220 GWh megújuló villamosenergia-termelés történik éves szinten.

Számoljunk egy kicsit. Magyarországon 8 millió tonna bruttó köbméter fát termelhetünk ki tartamosan. Ha ez mind tűzifa lenne, s teljes tömegét erőműben hasznosítanánk, akkor kb. 20 hasonló erőmű tüzelőigényét lehetne kielégíteni, s kb. 4 400 GWh villamosenergia-termelés folyhatna. Ez alig több mint a tizedrésze, a 2004-ben felhasznált 41 180 GWh-nak.

Hasznos tudnivaló a fával történő tüzeléshez

Fatüzeléskor légszáras, 18%-os nedvességtartalmú fát használjunk, mert a nedves fa égetése gazdaságtalan, kisebb az égési hőmérséklet, ugyanakkor jobban szennyezi a környezetet, főleg a keletkező korom, fenol, metán, formaldehid miatt. A fa száradásához normál körülmények mellett legalább 2 évre van szükség.

A fa szabadban való szárításának időbeni alakulása:

| | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| Víztartalom (%) | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Fűtőérték (MJ/kg) | 16,56 | 15,48 | 14,4 | 12,24 | 10,44 | 8,28 |
| Fűtőérték (kWh/kg) | 4,6 | 4,3 | 4,0 | 3,4 | 2,9 | 2,3 |

Noha, a fa szilárd tüzelőanyag, meggyújtva mégis összetevőinek 83%-a gázként ég el, ami a fa fűtőértékének 70%-át adja. 1000 °C-os láng hőmérséklet kell ahhoz, hogy a fagáz reakcióképes összetevőire (szénre és hidrogénre) felbomljon és oxidálódjon. Maradéktalanul csak akkor tudjuk hasznosítani a fa fűtőértékét, ha a fagáz oxigénnel keveredve magas hőmérsékleten szén-dioxiddá és vízzé ég el. A fagázok elégése után faszén keletkezik, a faszénparázs 500-800 °C között elgázosodik, és korom nélkül ég el. A fatűznek kétszer kell oxigén, az égési levegő 80%-át elsődleges levegőként kell a tűzhöz juttatni, hogy a fa összetevőire bomolhasson, míg a másodlagos levegőt, a 20%-ot a fagázláng térségébe kell bejuttatni, hogy a fagáz tökéletes elégése megtörténjen. Az égést lehetőleg 170%-os légfelesleggel kell táplálni. A túl sok levegő is ronthat a hatásfokon, 10 kg légszáras fa elégéséhez 30-40 m³ levegő szükséges. A levegőtöbbletet is fel kell melegíteni, és a felesleges levegővel energia illan el.

A jó hatásfokú égéshez aprított, nagy felületen gázosodni tudó, egyszerre nem nagy mennyiségű tüzelőanyag kell. (forrás: Burján Zoltán: Pelletfűtés, Bioenergia, IV. évfolyam, 1. szám)

A fa energetikai célú felhasználásának társadalmi hatásai ellentmondásosak.

Egyrészt jelentős a lakosság tűzifaigénye, kb. 1,3-1,5 millió tonna, amely azt is jelenti, hogy sok ember energiaigénye kötődik a fához. Másrészt a föld és erdőtulajdonosok azt remélik, hogy új, jövedelemtermelő lehetőséghez jutnak az ültetvények révén, vagy az erdőbirtokosoknak nő a bevétele a növekvő faár miatt. Ugyanakkor, már az erdőműi felhasználás jelenlegi szakaszában is jól érezhető, hogy a fa iránti kereslettel együtt, annak ára is drágul. Igaz, nehéz kiszámítani, hogy az árak növekedésében mennyi szerepet játszott a gáz árának drágulása, ám ez a drágulás aligha a lakossági keresletnövekedésből keletkezett, hiszen kiépített gáztüzelés esetén nem lenne könnyű átállni a fatüzelésre. Első reakciójukban az emberek inkább spórolnak. Ugyanakkor érdemes megvizsgálni, hogy a tűzifa 30-40%-os drágulása (2006 tavaszától őszig, két év alatt pedig megduplázódása) többnyire a legszegényebb vidéki népességet sújtja. A tűzifa sokáig nagyon olcsónak számított, amelynek az oka a támogatott gázár volt, amely magasan tartotta a gáz iránti keresletet, főleg addig, amíg a gázhálózat fejlesztése folyt.

Talán érdekes megemlíteni, hogy az erdészetek maguk ajánlották az erdőműveknek az olcsó, nagy mennyiségben rendelkezésre álló fát. Ezzel szemben ma az erdőművek 30%-ban importforrásból kénytelenek fedezni faigényüket. Tekintettel arra, hogy a beszerzések helyén a fenntartható erdőgazdálkodás kétséges, így a fabehozatal környezeti terhek exportját jelentheti.

Az árdrágulás, a piacon fellépő hiány magával vonja a helyenként eddig is katasztrofális méreteket öltött fatolvajlást vagy szociális bűnözést, amelynek erdeink egészségi állapota, szerkezete, biológiai sokfélesége látja kárát.

Elméletileg az erdeinkkel való tartamos gazdálkodást mindez nem fenyegetné, hiszen azokban tervszerű, s felügyelt gazdálkodás folyik. Kérdéses azonban, hogy a létszámában fogyatkozó Erdészeti Szolgálat képes lesz-e megnövekvő szerepének eleget tenni.

Sokan éppen a további keresletnövekedéssel indokolják az energetikai faültetvények telepítését, mondván azokkal megkímélhetők természetközeli erdeink, s csillapítható a szociális hatás is. A pécsi hőerőmű két biomassza blokkot tervez építeni, a még üzemelő gáztüzelésű blokk helyett. Ám ezeket a blokkokat már nem az erdőben kitermelt fával, hanem gyorsan növő energiaültetvény fájával, illetve szalmával és kukoricaszárral fűtenék. Az 50 megawattos blokk számára 15-20 ezer hektár ültetvényen lehetne megtermelni a faanyagot, míg a 35 megawattos blokk energiaigényét 10 ezer hektárnyi gabona szalmája elégítené ki.

Az energetikai faültvények gondolatát támogatja, hogy a természetközeli erdőkből a hasznosítható faanyag csak körülményesen, feltételekkel, s sokszor költségesen termelhető ki. Ugyancsak alacsony az egy hektárra évente jutó energiakihozatal is.

Az energetikai faültvények mezőgazdasági hasznosításból kivont területeken jönnek létre, ott, ahol a talajadottságok és termőhelyi körülmények nem teszik lehetővé a hatékony mezőgazdálkodást. A fásszárú növények ugyanakkor mélyre hatoló gyökérzetük miatt jobban képesek az élőhelyi adottságokat felhasználni.

Az energetikai faültvények két típusát kell megkülönböztetnünk a műveléstechnológia szempontjából. Az újratelepítéses energetikai faültvény valamely gyorsan növő faj, nagy egyedsűrűséggel telepített, 10-12 év vágásfordulójú monokultúrája, amelyet ezután betakarítanak, faaprítékká dolgozzák fel, a terület talaját előkészítik, majd az erdőt újratelepítik. Évente 8-15 t/ha élőnedves hozammal, 80-150 GJ/ha/év energiatartalommal számolhatunk. Hátránya a drága szaporítóanyag és a vágásfordulók után igényelt talajelőkészítés.

A sarjaztatásos energetikai faültvények lényege, hogy telepítésük után, akár egy, de általában 3-5 évenként betakarítják, s ezt akár 5-7 perióduson keresztül is ismétlik. A letermelés utáni hozam a sarjak növekedéséből származik. A rövid vágásforduló, vékony sarj miatt lehetséges a járva-aprítás alkalmazása, amely egy műveletté egyszerűsíti a kitermelést és aprítást. Fajlagos energiahozamát 150-250 GJ/ha/évben adják meg. Hátránya, hogy itt is szükség van az első telepítésre, s a nagyobb produkció az évenként ismétlődő sorközépolásból, műtrágyázásból származik.

„A biomassza (energiaerdő), mint az alternatív energia egyik lehetősége” címmel szervezett tanácskozáson (2006. március) az EU 5. kutatási programja keretében futó Energiaerdő (Energy Forest) projekt eredményeire hivatkozva, Marosvölgyi Béla, a Nyugat-Magyarországi Egyetem professzora a következőkben foglalta össze az energetikai faültvényeknek előnyeit:

- sok faj, sok termőhely jöhet számításba;
- akár elárasztott területeken is lehet energiaerdőt nevelni;
- egy telepítés, több betakarítás;
- az energiaerdő élettartama nagyjából megegyezik a fűtőmű élettartamával (kb. 25 év);
- nagy energiahozam (200-350 GJ/ha/év);
- betakarításkor nagy az anyag- és energiakoncentráció;
- mezőgazdasági holtidényben is lehet betakarítani;
- a betakarítás elhalasztása nem okozza a termés elvesztését;
- a termesztési cél megváltoztatható, ami csökkenti a kiszolgáltatottságot az átvető felé;

- az energetikai többszörös jobb (10-12) mint a lágyszárúak esetében (6-9).

A sokat emlegetett előnyök mellett érdemes megvizsgálni, hogy mely fafajok azok, amelyek az eddigi kísérletek alanyai. Nos, mind kemény- (akác) és lágylombos fákkal (nemesnyarak, fűzek, bálványfa), illetve fás cserjékkel (tamariska, olajfűz, ámorfa) történnek próbálkozások Európa-szerte.

A biodiverzitás szempontjából ezek közül legfeljebb a fűzek (fehérfűz, kecskefűz, s kosárfonó fűz) elfogadhatók. Az akác a szokásos viták tárgyát képezi, a nemes nyarak veszélyeztetik a hazai nyárfajok genetikai állományát, a bálványfa invazív jellege miatt nem kívánatos. Természetesen maguk a monokultúrák fajszegénysége is további kételyeket ébreszt a biodiverzitásért aggódnók számára.

Fontos szempont a kiválasztott fajok, fajták esetében a termőhelyi érzékenység, amely nagyban befolyásolja a produktíót, s az életesélyeket. A nyárasok, fűzesek nedves élőhelyeket igényelnek, s rosszul tolerálják a szermaradványokat, ha korábban szántóföldi művelésbe vont területre kerülnek. Az ökológiai feltételekre való érzékeny reagálást mutatja, hogy más országokban eredményesen alkalmazott fajták hazai körülmények között (szárazabb, melegebb) még az életképességüket is elveszthetik. A termőhelyi adottságok tehát nagyban befolyásolják a produktíót, ezért nem lehet a legnagyobb produktíót kivetíteni mindenféle termőhelyre.

Mind a sarjzattalással, mind az újratelepítéssel történő technológiánál jelentkezik a szaporítóanyag igény. A szaporítóanyag lehet dugvány, gyökeres dugvány és csemete, s ez utóbbiak feltételezik a szaporítóanyag-telepek üzemelését. Ha jól meggondoljuk, a sarjzattal csak egy telepítést tud megspórolni, mert ott a végső kor 20 év, míg az újratelepítéssel eljárásnál tíz év. A telepítésnél számolni kell annak sikerességével és sikertelenségével, amelyek ugyancsak függnek a telepítés körülményeitől, a kérdéses év klimatikus jellemzőitől. A telepítést mindkét technológia esetében a talajelőkészítés előzi meg, amely rendszerint a totális gyomirtással kezdődik, kémiai úton. Ezt követi az őszi mélyszántás, majd a tavasszal esedékes keresztaszántás, az évközi mechanikai, kémiai gyomirtás. Az őszi ültetés előtt szükség van még tárcsázásra és simítózásra, majd pedig talajfertőtlenítésre. A dugványozás tavasszal történik. Dugványozás után vegyszeres gyomirtást kell alkalmazni, majd évközben a sorok között többször is gyomirtást kell végezni, mechanikus vagy vegyszeres úton. Ennek különösen addig van jelentősége, amíg a fa ki nem nő a lágyszárúak közül. Az első évben, amíg a cseranyag tartalom alacsony, nagy a veszélye a vadkárnak, ezért a védelemről gondoskodni kell. A legtöbb telepítés esetében - kivéve fűz ültetvényeket - gondoskodni kell az évente ismétlődő sorközápolásról, műtrágyázásról. Energiaigénye ezután a betakarításnak, aprításnak, deponálásnak, többszöri szállításnak

van még. Sarjzatátos módszernél, különösen az alacsony vágáskor (akár egy év is), számolni kell a vágásfelületek betegségek iránti érzékenységgel, gombafertőzéssel, amely megköveteli a növényvédelmi eljárások alkalmazását a betakarítást követően.

Fontos megjegyezni, hogy mivel nincsenek olyan időtávlatok, amelyekben látható lenne az energetikai faültetvények tényleges produkciója, annak fenntarthatósága, a termőhelyre gyakorolt hatás, ezért a nagy hozamokról szóló „eredmények” még bizonyítást igényelnek a gyakorlattól.

A talajéletre gyakorolt hatásokat tekintve, összehasonlítást végezve egy természetes erdővel vagy szántóföldi kultúrával, az energetikai faültetvények valahol köztes helyet foglalnak el. Az erdőtalajok avarjában az ízeltlábúak, s velük társult mikróbák elegendő idővel rendelkeznek ahhoz, hogy a talajra hulló leveleket humuszban gazdag, vízálló, tartós talajmorzsákká alakítsák. Ennek a talajfejlődésben, szerkezeti tulajdonságok megőrzésében van pótolhatatlan szerepe. Szántóföldeken erre nincs lehetőség, kivéve, ha ugaroltatásra kerül sor, elegendő ideig. Az energetikai célú faültetvények esetében, különösen az újratelepítési módszernél, lehetőség van - ha a természetes adottságokkal nem is összemérhető mértékben - a lehulló falevelek hasznosulására a talajon, a talajban élő biomaszra számára.

Erdeink jövőjét, vagy a jelenleg mezőgazdasági célt szolgáló területek művelési ág váltását az erdő irányába, célszerű az éghajlatváltozással kapcsolatban is megfontolni. Úgy látszik, hogy a biomasz termelés és éghajlatvédelem célkitűzései ütközhetnek.

Jelenleg a hazai erdők nettó szénelnyelők, évente mintegy 4-5 millió tonna szén-dioxidot kötnek meg. Emellett az erdők borításának szerepe felbecsülhetetlen a hőháztartás és vízmegtartás szempontjából is. Ez két olyan funkció, amelyet fenn kell tartani.

Az erdők a talajban átlagosan 50 évig tárolják a szenet. A szárazföldi biomasz széntartalmának ma a háromnegyede található az erdőkben lekötve: mérsékelt övi erdőkben 160 milliárd tonna elemi szén - 60 milliárd tonna a növényekben, 100 milliárd tonna a talajban. Finn kutatók szerint egy gazdasági erdő Európában kb. 40 tonna szenet képes tárolni hektáronként, míg a természetes erdők 100-240 tonnát is. Magyarországon az erdőkben tárolt szénmennyiség kb. 377 millió tonna, vagyis hektáronként kb. 211 tonna; ennek több mint kétharmada a talajban van. A Kiotói Jegyzőkönyv alapján Magyarország 2012-re összesen évi 2 millió tonna CO₂-lekötést (vagyis mintegy 0,5-0,6 millió tonna szenet) számolhat el ÜHG egyenlegében az erdőknek köszönhetően. (Dallos György, Gálhidy László: Bevezető az erdők sokszínű klímavédelmi szolgáltatásaihoz, Bioenergia, 2008. III. évfolyam 4. szám)

Az erdők vagy energetikai célú faültetvények energetikai célú felhasználása veszélyezteti ezeket a funkciókat. Az erdők addig nettó szénnyelők, amíg növekedésben vannak, s nem érik el a klímában bekövetkező kvázi egyensúlyi helyzetet. Jelenleg arra lenne szükség, hogy sok, új növekvő erdő legyen, de ezek minél később kerüljenek olyan hasznosításra, amelyből felszabadul az életük során kötött szén. Taktikailag tehát minden fa életét meg kellene hosszabbítani, amíg szénmegkötő, s minden új telepítést is a maximális hasznos időtávra kellene tervezni.

A fokozott igény a fa energetikai célú felhasználására éppen ellentétes azzal a szükséglettel, hogy az optimális időtartamig őrizzük meg a fát az erdőben. Másrészt ha rövid, 3-20 éves vágásfordulójú energetikai faültetvényeket tervezünk, akkor ez az időtáv semleges az éghajlat-változási célkitűzések szempontjából, s legfeljebb annyi előnye származhat, hogy egy intenzív faültetvénynek remélhetőleg kevesebb a fosszilis energiaigénye, mint egy intenzív szántóföldi kultúrának.

A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia az erdőterület növelésével számol, 2025-ig várhatóan 270-360 ezer hektárral. Az erdőtelepítések során a fajaj megválasztással befolyásolható a szénmegkötés mennyisége. Őshonos fák telepítése esetén 2025-re 25-33 millió tonna, gyorsan növő fafajok (akác, nyár, fenyők) ültetésével, pedig 47-58 millió tonna szén-dioxid megkötés érhető el a Stratégia szerint. Az idegenhonos, rövid vágásfordulójú fajok elterjesztését növelheti az a tény is, hogy az éghajlatváltozás következményeként fellépő szárazság tolerálására a hazai fajok esetleg nem lesznek képesek.

Az éghajlatváltozással kapcsolatban az is fontos szempont, hogyan változik majd a produkció. A jelenlegi prognózisok szerint a kevesebb csapadék, magasabb hőmérséklet inkább a produkció csökkenését valószínűsítheti, amely csökkenti a biomassza-potenciállal kapcsolatos várakozások optimizmusát.

Lágyszárú növények

Az energetikai célra termesztett lágyszárú növények a felhasználás típusa szerint négy fő csoportba sorolhatók:

- etanol előállítását célzó növénytermesztés során a magas keményítő, cellulóz, és cukortartalmú növények (kukorica, burgonya, csicsóka)
- biodízel számára a magas olajtartalmú növények (repce, napraforgó)
- biogáz előállítása szempontjából a magas lágyszövet-tartalmú, vékony és könnyen lebomló szöveti szerkezetű, magas szénhidrát-tartalmú növények (kukorica, tritikálé, kanáriköles)

- szilárd tüzelőanyagként történő hasznosítás számára a magas ligno-cellulóz- és rosttartalmú növények (Szarvasi-1 energiafű, japánfű, olasz nád, pántlikafű vagy kender)

Lágyszárú és fásszárú biomassza között gyakorlatilag nincs különbség az abszolút szárazanyagra vetített energiatartalommal illetően, ennek értéke 17-19 MJ/kg között változik. A hamutartalom lényeges szempont a biomassza minőségét illetően, minden 1% hamutartalom-emelkedés 0,2 MJ fűtőérték-csökkenést okoz szárazanyag-kilogrammonként. A fás biomassza átlagosan alacsonyabb hamutartalommal bír, mint a lágyszárúak (néha ez a különbség 5-10-szeres is lehet). Az égetés során három lényeges területen mutatkozik különbség: a korrózió, a kazánkőképződés-üvegesedés és salakképződés területén. A kálium, szilícium, kalcium, foszfor, nátrium, magnézium jelenlétének közvetve vagy közvetlenül van jelentős szerepe az égési folyamatokban. Az évelő lágyszárúak nagy előnye az egyévesekkel szemben, hogy felépítésükben nagy szerepet játszik a lignin és a cellulóz, ami akkor fontos, ha a növény szilárd tüzelésként kerül felhasználásra. A lignin magas széntartalma (64%) biztosíthatja a biomassza magasabb energiatartalmát. Az évelő fűvek növénytermesztési ciklusuk során, csak egyszeri talajelőkészítést és kevés növényvédelmi kezelést igényelnek, csökkenthetik a talajeróziót (egyéves kultúrák alatt évente 20-25 t talaj lehordódhat hektáronként), míg évelő növények esetében 0,2-2 t). (Csete Sándor: Lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben, Bioenergia, 2008. III. évfolyam, 2. szám)

Főbb, termesztett lágyszárú energianövények:

Vesszős köles (*Panicum virgatum* L.)

É-Amerikából származó, széles ökológiai spektrummal bíró, évelő fűféle. 3,5 m mély gyökérzete lehet, és 3 m magasra is megnőhet. Könnyen és gyorsan megtelepszik, a gyomokat kizárja állományából. Takarmánynövényként is lehet hasznosítani. Vetést követő első évben nem érdemes betakarítani, második évtől eléri a teljes hozam 2/3-ad részét, harmadik évtől már 16-22 atotonna/ha. Fűtőértéke (5-10%-os hamutartalom mellett) 17MJ/kg. Évenként egyszeri kaszálás mellett 30-60 kg/ha nitrogén hatóanyagot von ki a talajból. Nitrogén-műtrágya hozzáadásra jelentős többlettermással reagál. Inváziós képessége nem ismert.

Japánfű (*Miscanthus giganteus*)

Kelet-Ázsiából származó, erőteljes növekedésű, évelő növény. Egyszer, késő ősszel, vagy téli időszakban aratják. Magassága a 4 m-t is elérheti,

20-25 éves korig is elél. Fűtőértéke 17-19MJ/kg, speciális kazánokban égetik. A teljes hozamszintet 4-5 év múlva éri el, rendszeres öntözés és magas átlaghőmérséklet mellett 30 atotonna/ha hozama lehet. N műtrágyázást csak kimondottan N-ben szegény talajon igényel. Első évben jelentős gyomosodásra lehet számítani.

Széleskörű elterjedését a következő tényezők akadályozzák:

- keskeny genetikai alap, ami kártevők és kórokozók gyors adaptálódását és elterjedését vetíti előre,
 - gyenge télállóság,
 - a növény telepítése csak vegetatív úton, rizómadarabokkal történik.
- (Csete Sándor: Lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben II., Bioenergia, 2008. 2008. III. évfolyam 3. szám)

Óriás olasz nád (*Arundo donax L.*)

Bizonytalan földrajzi eredetű, környezetileg jól alkalmazkodó, évelő fűféle, amely Magyarországon terjedőben van. Amerikában, folyópartokon inváziós tulajdonsága okoz gondot. Átlagosan 3,5-5 m magasra nő. Több ezer éve termesztik, hajtásait kosár, szőnyegfonás, hangszerkészítés stb. céljaira használják, illetve cellulóz alapanyag a papír és viszkóz előállításához.

Termesztése jelentős műtrágyabevitelt igényel (80 kg N, 100 kg P₂O₅/ha/év) és 650-800 mm éves csapadék mellett az első évben 10,6 atotonna/ha, a második évtől 22 atotonna/ha hozamot eredményez. Tápanyag-szegény talajoknál foszfor, nitrogén és kálium műtrágyázás mindenképp szükséges telepítés előtt. Gyors növekedése és nagy levéltömege miatt gyomirtás csak a telepítés évében szükséges. Dél-európai ültetvényeken átlagosan 15-30 atotonna/ha biomassa termelhető. Fűtőértéke 14,8-19 MJ/kg között változik, szár/levél aránytól függően.

Pántlikafű (*Phalaris arundinacea L.*)

Magyarországon őshonos, nádra emlékeztető, 3 m-t is elérő évelő növény. Jól bírja a tartós vízborítást, a szárazság a hozamokra rossz hatással van. A vetéssel egy évben 40 kg nitrogén, 12 kg foszfor és 5 kg kálium; következő évben 100 kg nitrogén, 15 kg foszfor, 80 kg kálium hatóanyagra van szüksége. Az első évben komoly gyomirtás szükséges, legjobb hozamot az őszi betakarításnál hozza (9 atotonna), az ültetvény életideje 10 év. A növényi anyag égetése komoly korróziós és mechanikai problémákat okoz a hamu alacsony olvadáspontja és magas klór- és kéntartalma miatt.

Kender (*Cannabis sativa L.*)

Közép-ázsiai eredetű évelő növény. Gyökérzete kicsi, tápanyagokban gazdag talajt igényel. Optimális esetben 10-15 atotonna/ha hozamot hoz. Zavartalan növekedéshez meleg, párás időjárást igényel, a szárazság csökkenti a hozamát. Legfontosabb tápanyaga nitrogén, és legnagyobb igénye a fejlődés kezdetén van.

Jatropha (*Jatropha curcas*)

Közép- Amerikában őshonos növény, trópusi és szubtrópusi övezetben terem. Felhagyott mezőgazdasági területeken is megterem, sótűrő, szárazságtűrő, alacsony tápanyag igényű, magas olajtartalmú, nem munkai igényes növény, amely nem vetekszik az élelmezésre használt növényekkel. Magjának magas olajtartalma miatt (35% is lehet) természetik, amelyet eredetileg szappankészítésre, újabban biodízel előállításra használnak. Levelei erősen mérgezőek. Gyümölcsseit a második évtől kezdődően hozza. Egy kg maghoz kb. 5 és 9 kg gyümölcsre van szükség, 1 hektár földön nagyon ideális esetben 1 500 kg magot lehet előállítani.

A jatropha termesztését már korai, kísérleti fázisában számos vita és ellentmondás kíséri, nem ismerhetjük a hosszú távú következményeit, de az említett példák már elegendőek ahhoz, hogy felismerjük, hogy ez a választás sem vezet jó irányba. (Teodoro C. Mendoza et al., 2007) Ettől függetlenül, 2008 szeptemberében India kormánya jóváhagyta azt a határozatot, mely szerint 2017-ig a közlekedési üzemanyagok 20%-át bioüzemanyagokkal kell helyettesíteni (www.biofuelstop.eu). Az ambiciózus tervek megvalósításához a megújuló energiára vonatkozó célkitűzések érdekében 13,4 millió tonna jatropha alapú biodízelt kell előállítania Indiának 2012-ig, ami évi 2, 6 millió tonna műtrágyát igényel.

A vita fő tárgya, hogy ugyan a jatropha marginális, felhagyott területeken is megél, viszont a termés is ehhez mérten alacsony, mert a semmiből nem lehet valamit kivenni. Másodsorban, mezőgazdasági szempontból nincs olyan talaj, amely ne lenne alkalmas valamilyen élelmisznő növény termesztésre. Ahol jatropha terem, egyéb is terem, mint pl. mangó, édes burgonya, egyéb trópusi gyümölcs. Harmadsorban, igaz, hogy a jatropha szárazságtűrő növény, de alkalmazkodásában a leveleit elhullatja, így nincs nagy növekedése, és gyümölcsérés sem, míg nem kap kellő tápanyagot. Legújabb kutatások szerint, a jatropha jól nő, ha öntözik, viszont csökken a gyümölcsstermése. Negyedsorban, a jatropha csak bizonyos körülmények között nő jól (magas termőképességű talaj igény, megfelelő tápanyag és gyomlálás biztosítása az első éveken), de ezeket a területeket használva, más élelmisznő növény termőhelyét vonják ki a használatból. Nem utolsó sorban, a jatropha toxikus anyagot tartalmaz. A detoxikációs folyamat igen bonyolult és költséges, melyet csak laboratóriumban végeztek eddig.

A jatropha iránti kereslet Kínát is elérte, a kormány a Zambiát kérte fel, hogy 2 millió hektáron termesszen bioüzemanyag alapanyagot Kína részére, noha jelenleg Zambiában 10 ezer hektáron termesztenek jatrophát. (Reuters, 2009)

Energiafű

A Szarvasi Mezőgazdasági Kutató-Fejlesztő Kht. a nyolcvanas évek közepétől kutatja a nagy szárazanyagtömeget adó energetikai, papír, építőipari és takarmányozási célú hasznosításra alkalmas fűfajtákat, amelyek kedvezőtlen adottságú térségeknek kínálnak foglalkoztatási lehetőséget. Az extenzív mezőgazdaság esetében 700-800 ezer hektár földterület felszabadulásával számolnak, amely lehetőséget kínál energiafű termelésére.

A kutatási program kiemelkedő eredményének tartják a Szarvasi-1 energiafű kinemesítését, amely 2004-től államilag elismert fajta. Nevét a nemesítők, Dr. Janowszky János és Janowszky Zsolt a nyilvánosságnak szánt információk között nem közlik, csupán annyit, hogy „az Alföld szikes talajú területeiről, illetve Közép-Ázsia arid térségeiből begyűjtött növényanyagok keresztezésével jött létre a nagy variabilitást mutató nemesítési növényanyag”. Más közlések szerint az eredeti szaporítóanyag a hazai *Agropyron elongatus* (magas tarackbúza) és a más fenotípusú kelet-kaukázusi *A. elongatus* fajokör egyik tagja volt. Idehaza az *A. elongatus* a Hortobágyon, és a Duna-Tisza Közén, szikeseken, sós homokon fordul elő.

„Évelő, bokros szálfű. Tövéből erőteljes, nagy tömegű gyökérzet hatol mélyen (1,8-2,5 m) a talajba. Szürkészöld színű szára gyéren leveles, egyenes, sima felületű, kemény, 180-220 cm magas. A náduszok száma mindössze 2-4. Szürkészöld levelei merevek, felületük kissé érdes. Virágzata egyenes, 20-30 cm hosszú, kalászképű buga. Április közepén hajt, június végén - július elején virágzik. Július végén - augusztus hónap elején érik meg szemtermése a betakarításra. Szemtermése lándzsa alakú, 0,8-1,2 cm hosszú. Ezer szem tömege 6,0-6,5 g.” (a szerzők közlései alapján)

A Szarvasi-1 energiafű (*Agropyron elongatum*)

agronómiai jellemzői:

- Jól tolerálja az extrém körülményeket (szárazság- nedvesség, hőmérsékleti szélsőségek, só és fagyűrő), a homoktól a szikes talajokig termesztető;
- Alacsony termőképességű területeken is termesztető (10-25 AK);
- Hosszú élettartam: 10-15 év egy helyben;
- Növényi betegségekkel szemben (barna/vörös rozsdá, lisztharman) ellenálló;
- Az első növedék szárazanyag tartalma 10-15 t/ha,

- Talajtipustól, csapadékviszonytól függően, 10-25 atrotonna/ha hozamra képes
- Átlag hozama 1999-2000 között 15,82 t/ha szárazanyag volt. (fa esetében 12 t/ha/év);
- 2000-2004 között átlag szárazanyag termése („Szarvasi-1” energiafű esetében t/ha/év) 20,04 volt (Mezőgazdasági Kutató-Fejlesztő Kht. Szarvas)
- Fűtőérték: 14-17 MJ/kg sz.a. (faapríték 14,7 MJ/kg);
- Betakarítása nem drága, nem igényel speciális célgépet;
- Első növedék után zöldsarjú termelés: legeltetésre, széna és szilázs készítésre, biogáz termelésre;
- A laboratóriumi vizsgálatok eredményei igazolják, hogy a “Szarvasi-1” energiafű energetikai szempontból kedvező tulajdonságokkal rendelkezik, hiszen fűtőértéke közelíti, illetve meghaladja a hazai barna szenek, valamint a fa és a szalmafélek fűtőértékét. A vizsgált energiahordozók közül az egységnyi energia költsége /Ft/MJ/ egyértelműen az energiafű esetében a legalacsonyabb. (Mezőgazdasági Kutató-Fejlesztő Kht. Szarvas)
- Kiváló bio-melioratív növény, gyökérzete 1,8-2,5 méter mélyre hatol (erózió, defláció védelem);
- Vetőmagtermesztés egyszerű és gazdaságos;
- Termesztés után nagy mennyiségű szerves anyagot, nagy tömegű gyökérzete miatt humuszt pótol a talajba;
- A telepítés költsége kevesebb, mint 20%-a az erdő telepítésének;
- Évente hasznosítható, szemben a fásszerű energiaültetvények 5-8 éves betakarításával;
- Helyettesíti a fát, erdők menthetők meg;
- Sokcélú a használata: energetikai-, papíripari alapanyag és ipari rost;
- Barnaszénnel, gázzal fűtött kazánokkal összevetve a legalacsonyabb az egységnyi hőenergia ára. Éves viszonylatban mindössze felébe kerül bálával tüzelni, mint szénnel, vagy gázzal egy hasonló légterű lakásra kivetítve;
- Az energiafű anyagösszetétele alapján megállapítható, hogy kéntartalma csekély (0,12%), a szén kéntartalmának mindössze 15-30-ad része, így eltüzelése esetén az SO₂ kibocsátás mértéke minimális. A szén 12-15%-os hamutartalmával szemben kis mennyiségű (2,8-4,2%) hamut tartalmaz, amelyet kálium és foszfor tartalmánál fogva a talajerő-visszapótlásnál jól hasznosítható;
- Gazdaságos.

Az energiafűvel kapcsolatos kérdőjelek

A szerzők csak előnyöket ismertetnek, s mivel az idő rövidege miatt nincsenek a fajtával kapcsolatban terepi ökológiai vizsgálati eredmények, így az állításokat nehéz megkérdőjelezni. Néhány állítást azonban a gyakorlat máris kezd cáfolni, amelyek elsősorban a minden körülmények közötti tartós, nagy hozamra vonatkoznak. Kiderült, hogy száraz klímában, talajvíz nélkül a növény csak néhány évig képes megélni. Az energiafű szén-dioxid fixációs aktivitása felülmúlja a vadon élő tarackbúza értékeit, de nem éri el a leggyakoribb gabonafélékét. Az asszimilációs képesség a növény életkorával csökken, mert szilárdító alapszövetet fejleszt, és kifejezett állapotában szárazanyag tartalmat ad.

Környezeti stressz hatására (pl. sós terület) a növényben sófelhalmozódás következik be, aminek hatására drasztikusan csökkenhet a nettó fotoszintetikus ráta értéke. (Salamon-Albert Éva et al.: A Szarvasi-1 energiafű szén-és vízforgalmi jellemzői mint biomassza hozam elméleti paraméterei, Bioenergia, 2008.III. évfolyam 5. szám)

Az energiafű felhasználást illetően számos olyan előnyt ismertetnek a szerzők, amelyek elgondolkodtatók. Előnyként tüntetik fel, hogy fát lehet vele kiváltani, erdőket lehet megmenteni. Ez nyilván akkor lenne igaz, ha az energiafű elegendő megújuló energiát szolgáltatna, s mellette nem kellene az erdőket is igénybe venni.

„Optimális esetben 2015-ig Magyarországon az energiafű iparszerű termesztésének területe elérheti az 1 millió hektárt” ismerhetjük meg az MTI közleményét. „Az ebből a mennyiségből nyerhető energia éves mennyisége hektáronként 10 tonnás hozammal a jelenlegi teljes magyarországi energiafelhasználás 16,6 százaléka” (173PJ – a szerző)

Energiafűvel borítva az ország egész területét kb. 2 100 PJ energia lenne nyerhető, amelyből következik, hogy az ország teljes területének több mint a felén energiafűvet kellene termelni, ahhoz, hogy a jelenlegi energiaigény kiváltható legyen.

Az energiafű hasznosítását többcélúnak ítélik meg. Egyik fő hasznosítási területének a közvetlen erőműi tüzelést szánták. Azonban éppen amiatt, hogy gyökere nagy mélységekbe hatol, sok szilíciumot akkumulál, amely 900 fok felett megolvad, s lerakódik a kemence falára.

Bonyodalmakat okoz a betakarítás is, éppen a nagy tömeg miatt. A kaszálás után következik a szárítás. Aki szénabetakarítással foglalkozik, tudja, hogy milyen érzékeny művelet ez, még kis produkciójú természetes

gyepek esetében is behatárolja a lehetőséget az időjárás. A szárítás energiaigényes művelet, a lekaszált rendet akár többször is szét kell szórni, majd sodorni, bálázni. A bálákat szállítani, majd tárolni kell. A nagy térfogatra való tekintettel komoly logisztikai műveletekre van szükség, amelynek igazi dimenziója nem látszik, amíg kis kiterjedésű termőterületekkel operálunk. Mivel egy évben kétszer lehet betakarítani, de tüzelőanyagra szinte folyamatosan szükség lenne, a logisztikai problémák nem megkerülhetők.

Az alacsonyabb hőmérsékletű égetésen az üvegesedés problémája nem jelentkezik. Ezért újabban a pelletkészítés felé fordult néhány felhasználó. Hogy mennyi is a költsége annak, hogy nem a bálát tüzelik el közvetlenül, hanem pelletálják, az jól sejthető abból a különbségből, amely a bálátüzelés esetében a 10 Ft/kg-os árat a pellettüzelés esetében 28-30 forintra növeli. Ugyanakkor a bála 14,9 MJ/kg fűtőértéke a művelet után csupán 17,2 MJ/kg fűtőértékre emelkedik (2006).

További felhasználási lehetőséget kínál a pirolízis, amely során a hőmérséklettartomány és levegőhiány függvényében pirolízis gáz, alacsonyabb hőmérsékleti tartományban, pedig pirolízis olaj keletkezik, amely motorhajtó anyagként használható.

Érdemes lenne megvizsgálni az energiamérlegekre vonatkozó számításokat, számítási logikát is. Ennek felülvizsgálatára kevés ismeret hámozható ki a közlésekből, pl. a műtrágya igényre vonatkozó 200 kg/ha nitrogénműtrágyán kívül. A pontos mérlegek kiszámítását már csak az is megkérdőjelezi, hogy milyen szállítási útvonalakkal, távolságokkal számolhatunk. Ilyenkor a téma iránt lelkesültek szeme előtt megjelenik egy optimális beszállítói terület az erőmű körül. Ám kérdés az, hogy egy létező vagy újonnan építendő erőmű környezetében alárendelhető-e minden jelenlegi területhasználat az energetikai célú hasznosításnak.

A természetvédelmi szempontok miatt aggódók az energiafű nem szándékolt elterjedéstől, rokon fajokkal történő átkereszteződésektől, s ezek szelektív előnyeitől tartanak. Erre válasz az, hogy a mag kiszóródását úgy lehet megakadályozni, hogy azt a virágzási időszakban kaszálják le, s csak ha magtermesztésre tenyésztek, akkor történik későbbi időpontban a betakarítás. Így például a 4-es számú főúttól északra egészen a Tisza vonaláig senkinek sincs engedélye, joga (?) a magérlelést megvárni, még virágzás idején le kell kaszálniuk a területeket.

„A pollen terjedési távolságára vonatkozó vizsgálatok szerint 0,5-200 méteres távolságra terjedhet a pollen, de nagyon erős szél elősegítheti a távolabbra jutását. A növény agresszív terjedését sehol nem tapasztalták. Ez nem is valószínűsíthető, mert csak magjáról szaporodóképes, és a magok viszonylag nagy számszáma sem teszi lehetővé a nagyobb távol-

ságra történő eljutást (kivétel, ha azt rágcsálók segítik elő). Az eltérő virágzási idejük miatt az A. repenssel (közönséges tarackbúza) történő hibridizációja kizárt.”

Természetesen a fentiek igazát majd az idő dönti el, ám néhány erős kérdőjel már most megfogalmazható. A betakarítási körülmények, pl. esős időszak nyilván késleltethetik a betakarítást, amely belecsúszhat a magérlelésbe. Nehezen hihető, hogy a gazdák majd feláldozzák a termésüket ilyen esetben.

A nem szándékolt elterjesztésre máris akad példa. Jakab Gusztáv 2007-ben A “szarvasi energiafű” kivadult állománya Szarvason címmel a Kitaibelia 12. évf. 142. oldalán számol be arról, hogy az energiafű kivadult állományát Szarvas külterületén, egy műút mentén megtalálta. Mivel a közvetlen környéken nem volt energiafű-ültetvény, feltételezhető, hogy a vetőmagvak a széna szállítása közben szóródtak el. A közönséges tarackbúzával sem kizárható a hibridizációja. Ugyan annak eltérő virágzási idejére hivatkoznak, de aki ismeri ezt a nagyon sokféle élőhelyet toleráló fajt, tudja, hogy tág határok között mozog a virágzási ideje. Különösen nehéz pontos időszakokat elkülöníteni a klímaváltozás körülményei között, amikor mindenféle furcsaságokat tapasztalunk a megszokott életritmusokat illetően.

Nem valószínű, hogy a magas tarackbúzától való izolációja az idők végezetéig fenntartható, mint ahogyan a magvak elterjedését is befolyásolhatják olyan körülmények, amelyek felülírják az általános kijelentéseket. Ebben a tekintetben főleg az ember bizonyul megbízhatatlannak, akár véletlen, akár szándékos cselekedetei révén.

További kérdésként merül fel, hogy egy ilyen nagy szervesanyag-termelésű növény mennyire használja ki a termőhelyét, s a következő időszakban (10-15 év után) milyen hasznosításra ad lehetőséget. A szerzők azt állítják, hogy a növény mélyre hatoló, szerteágazó gyökérzete éppen, hogy javítja a talajt. Másokban az kelt félelmet, hogyan lehet majd egy ilyen mélyre hatoló gyökérzetű növénytől megszabadulni, ha éppen mást szeretnénk kezdeni a földdel.

Természetesen, ha a fenti félelmek igaztalanok is lennének, az bizonyos, hogy a nemesítők által szándékolt 1 millió hektár energiafűnél nem kell nagyobb csapást keresni a biológiai sokféleségre.

Az egyes biomassza tüzelőanyagok illóanyag-, szén-, hidrogén- és oxigéntartalma között nincs nagy különbség. A környezetkímélő eltüzelés érdekében ezeknek a tüzelőanyagoknak elsősorban a nitrogén-, klór- és kéntartalma az érdekes, míg tüzeléstechnológiai szempontból - főleg a salaklágyulás és -olvadás tekintetében - az alkáli (Na, K) és az alkáli földfémek (Mg, Ca) mennyisége lényeges. A szénhez képest a faapríték kedvezőbb a kén és a nitrogén tekintetében, a szalmában viszont jóval több klór és kálium van, mint a szénben vagy a faaprítékban.

*Energianövények jellemző, nemkívánatos alkotói %
(szárazanyagra)*

| Szalma | Egész | Energiafű | Fűzfa | Faapríték |
|----------|-------|-----------|-------|-----------|
| Klór | 0,40 | 0,20 | 0,10 | 0,02 |
| Kálium | 1,00 | 0,60 | 0,20 | 0,20 |
| Kén | 0,15 | 0,15 | 0,07 | 0,05 |
| Nitrogén | 0,70 | 1,60 | 0,50 | 0,40 |

A nagyobb klór- és alkálifém-tartalom miatt nagyobb a nagyhőmérsékletű korrózió a túlhevítő csöveknél, ha hagyományos anyagokat használnak. Dán tapasztalat szerint a szalmatüzelésben a klór- és káliumtartalom azokban az években volt nagyon magas, amikor a betakarítás előtti hetekben nem volt említésre méltó csapadék. A nagy káliumtartalom és az alacsony salaklágyulási hőmérséklet miatt a rostélyon, a tűztérben és az első túlhevítőnél jelentős elsalakosodást, elpiszkolódást tapasztaltak. Koromfúvókkal a problémát nem lehetett megoldani, ezért hetente vagy kéthetente kellett tisztítani a kazánt. Kis kéntartalmú szénrel együtt való tüzeléskor csak kisebb elsalakosodást tapasztaltak. A nagy klór- és káliumtartalom miatt a nagyhőmérsékletű korrózió jelentős, a túlhevítési hőmérséklet függvényében erősen nő a korrózió sebessége.

A pernyét és a salakot külföldi erőművi hasznosítás során a mezőgazdaságban trágyaként használták. Vannak olyan országok, ahol a salakot trágyaként értékesítik, a pernyét viszont deponálják, mert a fatüzelés miatt nagy az anyag kadmium-tartalma. A fluidágyas tüzelés

maradékait tárolják. Hazánkban a keletkező nagytömegű hamu és pernye elhelyezésére még nincsenek kialakult megoldások, csak elképzelések vannak. Meglévő hatósági engedélyek ellenére a hamu kihelyezésének technológiája még nem kidolgozott: a rosszul végzett kiszórás környezetre és emberre gyakorolt negatív hatása a jelenlegi technológiák mellett nehezen kerülhető el teljes biztonsággal (Szabó Márta, Barótfi István: Energiatanövények környezetvédelmi szempontból, 2009).

Üzemanyag célú biomasszatermelés

A biodízel

Eddig 20-25 éves tapasztalat halmozódott fel a dízelmotorok növényi olajokkal történő üzemeltetésével kapcsolatban. A biodízel az olajtartalmú növényekből (repce, napraforgó Európában; szója, napraforgó az USA-ban; repce, fenyőpulp-gyanta Kanadában; olajpálma a trópusi vidékeken) kisajtolt olajból (triglicerid), állati zsiradékból, még a használt sütőzsiradékból is előállítható. Két gyakorlati előállítási mód terjedt el, amelynek kétféle végterméke van. Egyrészt az ún. zöld dízel, amikor is a növényi nyersolajat tisztítják, gyantamentesítik, másrészt a metanollal, lúgos közegben észtereszített változat. Repceolaj észtereszített változatát repceolaj-metilészternek (RME), a szója észtereszített változatát szójaolaj-metilészternek (SME) nevezik.

A "zöld dízel" olcsóbban állítható elő, mint az észtereszített változat. A "zöld dízel" nagy cetánszáma miatt alkalmas hozzákeveréssel a dízelolaj cetánszámának emelésére és annak hatékonyságát javító nitrátalapú adalékok helyettesítésére.

A repce magas olajtartalma miatt (30%) nagyon kedvelt biodízel alapanyag, szemben a szójababbal, melynek 18%-os az olajtartalma. 250 kg repce-vagy 500 kg szójamagból 100 kg olaj nyerhető és 100 kg tisztított növényi olajból 11 kg metanollal észtereszítve 100 kg biodízelhez és 11 kg glicerinhez jutunk. További melléktermék a fehérjedús extrahálási maradék.

Átlagosan 1 600 kg/ha a repcehozam, míg a szójababé 2 890 kg/ha. 1 568 kg/ ha repce termeléséhez 4,4 millió kcal energiabevitelre van szükség. 1 000 liter repceolaj előállításához 13 millió kcal a teljes energiaszükséglet (Pimentel et al. 2008), ugyanakkor 1 kg szója termés 2 300 liter vizet igényel. (FAO, 2006). A repceolaj viszkozitása a hagyományos, fosszilis olajokéhoz képest nagyon magas, úgy csökkenthetjük, hogy melegítjük, vagy magasabb rendű alkoholt keverünk hozzá. Összességében elmondható, hogy a repce energia-intenzív, és gazdaságilag nem hatékony

biodízel alapanyag. A szója hátránya, hogy termesztése során magas a növényvédőszer-igénye (USDA 2006). Az USA területén megtermelt 71 milliárd tonna szójabab az USA teljes olajfogyasztásának csupán 2,6%-át pótolná.

A biodízel üzemanyagok előnyeit a hagyományos, kőolajalapú hajtó-, és kenőanyagokkal szemben a következőkben látják:

- A biodízelrel működtetett motor kipufogógáz összetétele kedvezőbb, mint a dízelolaj-emisszióé.
- A jelentéktelen kéntartalom (0,002% a biodízel, 0,15% dízel) miatt alkalmazhatók az oxidációs katalizátorok, s a nitrogénoxid-kibocsátás csökkenthető.
- Biológiaiilag lebontható (a talajban néhány hét alatt lebomlik), kenőanyagként sem okoz fáradt-olaj problémát.
- Az RME energiamérlege pozitív: 1,9 ill. a melléktermékeket (olajpogácsa, glicerin) is figyelembe véve 2,65. A mérleg hőenergia nyeréssel javítható, ha a repcekórót is elégetik.
- Az SME energiamérlege pozitív: 2,5, észteresítve 4,1-re is növelhető. Az energiamérleg tovább javítható termőképesebb fajták termesztésével, takarékosabb termesztéstechnikával.
- A hagyományos dízelolajhoz keverve (5%-os keverési arány) nem kell a motorokon változtatni.

A biodízel üzemanyagok hátrányai:

- Kipufogógáz nitrogénoxid-tartalma nagyobb a hagyományos dízelolajhoz képest, bár lényegesen csökkenteni lehet késleltetett befecskendezéssel és oxidáló katalizátorral (dízelolajjal működő motorokhoz nem lehet katalizátort használni, mert a dízelolaj kéntartalma a katalizátort "mérgezi");
- Szagkibocsátás jellemzi;
- Rákkeltőbb, mint a hagyományos gázolaj (Volvo, Svédországi kutatásokra hivatkozva);
- Oldószer-jellegű viselkedése folytán károsíthatja a lakkozott alkatrészeket;
- Dermedéspontja -10 fok, a dízelé -15 fok;
- Rosszak a kenési tulajdonságai, alkatrészek hamarabb kopnak (ricinus olajjal javítható);
- Az zöld dízel megtámadja a gumitömlőket, ezért a vele érintkezésbe kerülő vezetőkeket polietilénre vagy fémre kell kicserélni;
- Ha nem elég tiszta a biodízel, az üzemanyagszűrők eltömődését okozhatja;
- A biodízel energiatartalma a dízelolaj energiatartalmának 91%-a (Popp, 2006);

- A zöld dízzel üzemelő motorok teljesítménye általában nem marad el a dízelolajos motorokétól, de tapasztaltak 5-10%-os teljesítménycsökkenést is (turbófeltöltéssel kezelhető, vagy biodízel-dízel-olaj keverése esetén nem jelentkeznek);
- Az összes dízzel hajtott motor biodízzel való hajtása lehetetlen, mert sehol sincs elegendő terület a teljes szükséglet megtermelésére;
- Jelenleg csak adómentesen versenyképes az ásványi olajjal, ám az adó elengedése csökkenti a költségvetési bevételeket;
- A biodízel melléktermékei nem a legkiválóbb takarmány-alapanyagok, ezért hasznosítási lehetőségük korlátozott (elégetés, biogáz előállítás jöhet szóba esetükben).

A bioetanol

A benzin alkohollal történő helyettesítése vagy keverése nem ismeretlen a világban, már a húszas években is alkalmazták. Igazi lendületet a nyolcvanas évektől kezdődően vett, amelyet az energetikai szempontok mellett a növekvő környezetvédelmi erőfeszítéseknek és agrárgazdasági megfontolásoknak lehet tulajdonítani.

A bioetanol előállítása gyakorlatilag azonos az élelmiszeripari célú szesz előállításával.

Az etanol erjesztéssel történő átalakítása a következő részfolyamatok szerint megy végbe:

1. az alapanyag előkezelése (száraz, nedves őrlés, préselés);
2. a keményítő enzimátikus átalakítása cukrokká;
3. a cukor erjesztése, ez utóbbi lépésben az élesztőben lévő enzimek az erjeszhető cukrot etanollá és szén-dioxiddá alakítják;
4. a desztilláció, amelynek során az etanolt elválasztják a reakcióelegyből. A desztillációval kb. 95%-os tisztaságú etanol állítható elő. Az ennél kisebb víztartalmú etanol előállításához egyéb eljárásokat kell alkalmazni (például azeotróp desztilláció, membrános vagy molekulaszitást elválasztás, vákumdesztilláció). [Szulmanné Binett Mariann: Folyékony bioüzemanyagok (bioetanol, biodízel), 2007]

Az etanolgyártás legfontosabb nyersanyagai a cukortartalmú növények közül a cukorrépa, cukornád, takarmányrépa, cukorcirok; a keményítő-tartalmú növények közül a kukorica, búza, árpa, burgonyagumó; a lignocellulózok, mint a kukoricaszár, szalma, fás szárú növények illetve az ipari melléktermékek, répamelasz, tejsavó, papírhulladék, fűrészpor.

Alapanyag bázisát illetően a lignocellulóz alapú alkoholgyártás lehetne ígéretes, de ezzel kapcsolatban csak kezdeti tapasztalatok állnak rendelkezésre, pl. Svédországban. A nagy tömegű olcsó alapanyag mellett drága beruházásra és üzemeltetésre, alacsony fokú alkohol-kihozatalra lehet számítani. A cellulóz lebontása bonyolult és energiaigényes folyamat. A természetben pl. a szarvasmarhák négyrészes gyomrukban képesek a szénában lévő cellulózt cukorrá bontani, vagy a természetek, több mint 200 baktériummal együttműködve emésztik meg a fában lévő cellulózt. A cellulóz komplex cukorláncokból áll, és a sejtfalakhoz két másik komponenssel kötődik, a ligninnel és a hemi-cellulózzal. Eddig egy etanolgyártó sem volt képes pozitív mérleggel előállítani cellulóz alapú etanolt. (Annie Shattuck: Green Gold: Why cellulosic ethanol is a threat to farmers and the planet, Institute for Food and Development Policy, 2008)

Néhány haszonnövény termésátlaga, s kinyerhető alkohol

| Növény | Termő- terület 1 000 ha | Termés- átlag t/ha | Összes termés 1 000 t | Területegységről nyerhető alkohol l/ha |
|-----------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
| búza | 1 150 | 5,2 | 5 980 | 1 600 |
| cukorrépa | 60 | 50 | 3 000 | 5 000 |
| kukorica | 1 225 | 7,1 | 8 700 | 2 400 |
| burgonya | 29 | 25 | 725 | 2 500 |

A motoralkoholok közül a világon a legelterjedtebben alkalmazott bioüzemanyag a bioetanol (víztelenített alkohol). A bioetanol használhatják a kőolaj alapú üzemanyag helyettesítőjeként vagy a benzinbe keverve. A keverés történhet közvetlenül, vagy az izobutilén (kőolaj-finomítás mellékterméke) hozzáadásával. A bioetanol benzinhez történő keverését izobutilénnel történő reagáltatás előzi meg. Így jön létre a jelentős bioetanol tartalma miatt bioüzemanyagnak tekinthető etil-tercier-butil-éter (ETBE). Az ETBE leggyakrabban a Magyarországon is használt hagyományos oktánszám-növelő, az MTBE (metil-tercier-butil-éter) kiváltására szolgál, amelyet azért kevernek a benzinhez, hogy annak oxigéntartalmát,

számát növeljék. Az ETBE azért bioüzemanyag, mert a gyártásához használt bioetanol növényi eredetű. Ezzel szemben az MTBE előállításához jelenleg használt metanol nem megújuló erőforrásból származik, hanem földgáz feldolgozásából. (Az USA-ban az utóbbi években 20 államban tiltották be a MTBE felhasználását, mert a felszíni és felszínalatti vizekben is kimutatható volt, ez azt jelenti, hogy etanolt kell használni, ami növeli az etanol iránti keresletet. (Popp, 2006)

A bioetanol előnyei:

1. A bioetanol alkalmazásakor keletkező kipufogógázok vizsgálatát Franciaországban folytatták le. A vizsgálatokba katalizátoros és katalizátor nélküli autókat is bevontak. A vizsgálatok szerint csökkent a szénhidrogének, a szén-monoxid kibocsátása, illetve nem keletkezik számos szennyező anyag, amely a benzin elégetésekor igen.
2. Tág skálán van az alapanyag lehetősége: cukortartalmú növények, s azok feldolgozásának melléktermékei, keményítő tartalmú gabonák, lignocellulóz.
3. A mezőgazdasági túltermelés feleslege itt hasznosítható.
4. A bioetanol melléktermékei állati takarmányként jól használhatóak, ezért előnyös, ha fejlett a környék állattenyésztése. Az etanol-előállítás növekedésével párhuzamosan nő a keletkező melléktermékek mennyisége is. A gabonamoslék eladhatósága komoly hatással bír az etanol-gyártás jövedelmezőségére (Popp, 2006).

A bioetanol hátrányai:

- Energiamérlegük sokak szerint negatív, több energiát használnak fel az előállításához, mint amennyi a bioetanol energiatartalma. Pl. a kukoricatermesztés során 30 százalékkal több energiát használnak fel, mint amennyit a kész termékből ki lehet nyerni, nem beszélve a növény intenzív termelése közben fellépő környezeti hatásokról.
- Az etanol használatával mindössze 13 százalékkal lehetne csökkenteni a széndioxid-kibocsátást a gyártási procedura miatt, (erjedés széndioxid-kibocsátása) de ekkor még nem számoltak az alapanyag megtermelése közben keletkező széndioxid-kibocsátással (talajműveléshez szükséges fosszilis energia; műtrágya; talajmegmunkálás szénkibocsátása; szállítás. Socolow et al. 2004)

- Magas beruházási, üzemeltetési költségek.
- Etanollal a benzin hatékonyságának 70 százalékát lehet elérni a motorban (más szerzők 65%-ot közölnek – Popp, 2006).
- Melléktermékek hasznosításának megoldatlansága.
- Magas közvetlen (etanol gyártás) és közvetett (növénytermesztés) vízigény. Több mint 6 426 liter víz szükséges 3,78 liter (1 gallon) etanol előállításához, és 2,64 millió liter vízre van szükség egy hektár kukorica előállításához (Pimentel, 2009).
- Égése során környezet és emberi egészséget károsító légszennyezők - peroxiacetil nitrát, acetaldehid, alkilátok, nitrozus gázok - szabadulnak fel (Davis and Thomas 2006).
- Nagy szennyvízmennyiség-képződés (13 liter/ 1 liter bioetanol) és ennek kezelése
- Csővezetékben hosszú távolságra nem szállítható, mert az etanol megköti a csővezetékben található vizet és szennyező anyagokat. Ehelyett közúton, vasúton, és vízi úton szállítják, majd közvetlenül az üzemanyag-szállító gépkocsi tartályában keverik a benzinhoz.
- Megtámadja a gumi alkatrészeket. Az alkohollal érintkező tömítések jelentős mértékben (20%) kitágulnak.
- Megtámadja a bioalkohol az alumínium alkatrészeket, és mivel több-kevesebb vizet is tartalmaz, a lemezből készült üzemanyag-tartályok sem bírják sokáig átrozsdásodás nélkül.
- Az etanol kenőképessége a benzinénél is rosszabb, ami a befecskendező fúvókák és a benzinpumpa élettartamára nézve kedvezőtlen.
- Hidegindítási problémák.

Bioüzemanyag körkép

1991-ben 16 milliárd liter bioetanol, és csupán 11 millió liter biodízel állítottak elő a világon.

A bioüzemanyagok globális termelése 2005-ben elérte a 45 milliárd litert, ebből 41 milliárd liter volt az etanol.

2007-ben a világ teljes bioüzemanyag gyártásának a 90%-át az USA, Brazília és Európa adta, ebből az USA 43%-os, Brazília 32%-os, az EU 15%-os részesedéssel (Forrás: F.O. Lichts, The Future of Biofuels-A Global Perspective).

2008-ra a bioetanol termelés 77 milliárd literre nőtt, ami mutatja, hogy az utóbbi három évben majdnem megduplázódott a világ termelése.

*Bioetanol termelés 2008-ban, előrejelzés 2017-re
(millió liter)*

| Ország | 2008 | 2017 |
|-----------------|---------------|----------------|
| USA | 38 294 | 52 444 |
| EU-27 | 4 402 | 11 883 |
| Dél-Afrika | 369 | 638 |
| Brazília | 22 110 | 40 511 |
| Kína | 6 686 | 10 210 |
| India | 1 909 | 3 574 |
| Összesen | 77 054 | 126 860 |

Forrás: FAO-OECD-Agricultural Outlook, Political Capital, Green Capital

Az adatokkal azonban ezen a téren is bajban vagyunk, a Biofuels Platform elemzése szerint 2008-ban a világon 65 milliárd liter bioetanol termeltek, ennek az 52%-át az USA. Brazília bioetanol termeléséről megjelenik egy 34, illetve egy 24,5 milliárd literes szám, az EU-27-ről egy 2,8, Kínáról egy 1,9 milliárd literes termelés.

A biodízel-előállítás és felhasználás ma főleg Európára – és kisebb mértékben az USA-ra – jellemző. 2005-ben a 3,4 milliárd liter globális biodízel termelésből az EU 3,1 milliárd litert állított elő. Ennek oka, hogy az EU-ban az összes üzemanyag-fogyasztáson belül a dízel aránya megközelíti a 60%-ot, ráadásul az EU dízelolajból nettó importőr, benzinből pedig nettó exportőr. 2008-ban a világon 16 milliárd liter körül volt az előállított biodízel, amelynek 50-55%-át az EU termelte. Az Egyesült Államok után Argentína a legjelentősebb termelő, mintegy 1,2 milliárd literrel.

Az USA és az EU bioüzemanyag politikája különböznek egymástól. Amíg az USA az ellátást tarja elsődlegesnek, hogy a fogyasztás szintjét fenntartsa, addig az EU az ÜHG kibocsátásra, az ellátás biztonságra és a vidékfejlesztésre együttesen koncentrálnak. Különbség van abban is, hogy amíg az USA-ban a kukorica alapú etanol dominál, addig az EU-ban a repce alapú biodízel. Az USA sokkal nagyvonalúbb a támogatásokat illetően, mint az EU (Gallagher Review, 2008).

Brazília: Az etanol hasznosításának itt van a legnagyobb hagyománya. Kötelező etanol bekeverési arányt írnak elő a benzinben. Ennek teljesíthetősége nagyban függ a cukor világpiacon árártól (Brazília a világ fő cukor-exportőre, a világtermelés 20%-át, a világkereskedeleme 40%-át adja), hiszen ha konjunktúra van, akkor nehezen teljesíthető a belső felhasználás bővülésének kielégítése. Előfordult már, 2006 februárjában, hogy csökkenteni kellett a kötelező bekeverési arányt 25%-ról, 20%-ra, amelyet később 23%-ra emeltek, majd 2007. július 1-től visszaállították a 25%-os keverési arányt. A brazil kormány fontos bevételi forrást lát az etanol gyártásában, s a termelés duplázódását reméli.

A legkézenfekvőbb felvevő piacot az alacsony szállítási költség miatt az Egyesült Államok jelenti Brazília számára, ám a magas védővámok és az amerikai bioetanol-termelés belső támogatása akadályt gördít a nagyobb volumenű kivitel elé. (Popp, 2006). Brazília 2008-ban mintegy 5,16 milliárd liter etanolt exportált, 46%-kal növelve az előző évi exportmennyiséget, literenként 0,47 USA dollárral értékesítve, 12%-kal drágítva az előző évhez képest. (Forrás: <http://ethanol-news.newslib.com>).

Brazíliában kb. 3 millió autó 100%-os alkoholos üzemanyaggal működik, és kb. 60%-a az ott gyártott autókban „flexi” autó, vagyis bármilyen vegyítésű üzemanyaggal működhetnek. (Keiji Kodera: Analysis of allocation methods of bioethanol LCA, 2007)

USA: Biodízel-gyártásban az USA második helyen áll az Európai Unió mögött. Az amerikai biodízel fő alapanyaga a szója, ahol a termelés – szemben a bioetannal – elsősorban exportcélokat szolgál. (Popp, 2006). 2008-ban a US National Biodiesel Board szerint 2,6 milliárd liter volt az amerikai termelés.

Az USA-ban a '70-es évek eleje óta gyártják az etanolt, 1996-ban már 4 milliárd litert gyártottak. 1978 óta létezik energiaadó törvény, melynek révén a kormány adókedvezményrel és támogatásokkal segíti elő az alternatív tüzelőanyagok elterjedését (Keiji Kodera, 2007). Az Egyesült Államok 2005-ben megelőzte Brazíliát a bioetanol gyártásban, ahol főleg kukoricából állítanak elő bioetannal, elsősorban hazai felhasználásra. Az USA gyártókapacitása gyorsabban bővül Brazíliához képest, de költséghatékonyaságban komoly lemaradással küszködik.

2012-ig 28,35 milliárd liter bioüzemanyag előállítását tervezik, míg 2022-ig olyan javaslatok hangzottak el, hogy 136 milliárd literre növeljék a megújuló üzemanyag mennyiségét az USA-ban (főleg kukoricából és cellulózból). (Forrás: FO Licht; USDA)

EU: Az Európai Unió bioüzemanyag irányelve (2003/30/EK) az összes üzemanyag-felhasználáson belül 2010-re 5,75%-os piaci részesedést határozott meg a bioüzemanyagok részére. Ez az EU 25 tagállamában 12,6 millió tonna bioetanol-, valamint 11,5 millió tonna biodízel-felhasználását jelentené majd. Fontos megjegyezni, hogy az etanol és biodízel között átválthatóság van, az egyik magasabb arányával helyettesíthető a másik alacsonyabb aránya.

Az EU-ban az energiaadózási irányelv (2003/96/EK) lehetővé teszi a tagállamok számára, hogy részleges vagy teljes adómentességet alkalmazzanak a megújuló energiaforrásokból előállított üzemanyagok esetében. Ezek az adóelőnyök állami támogatásnak minősülnek, ezért a Bizottság előzetes engedélyeztetése nélkül nem alkalmazhatók. Az EU tagállamaiban az adókedvezmény jelenleg 0,3-0,6 EUR/l között változik. Néhány tagállamban a bioüzemanyagokra kötelező felhasználási arányt írnak elő, azaz a nemzeti piacon forgalmazott üzemanyagok bizonyos százalékának bioüzemanyagnak kell lennie.

Az EU-ban előállított bioetanol mennyiségét 2008-ban mintegy 2,8 milliárd literre becsülték, ami a világ bioetanol termelésének mintegy 4%-át jelenti, de a belső felhasználásban jóval nagyobb a jelentősége. A legnagyobb termelők Franciaország, Németország, Spanyolország, Lengyelország és ötödik helyen hazánk a 27-ek között. Az EU bioetanol-termelésének egyik legfontosabb nyersanyagát jelenleg a gabonafélék jelentik, főleg búza, alkohol, bor, illetve a cukorrépa, amely nem kezezi a kvóta részét, ha garantáltan bioüzemanyag gyártásra használják.

Bioetanol termelés az Európai Unió tagországaiban, 2008-ban

| Tagállam | Millió liter |
|-----------------|---------------------|
| Ausztria | 89 |
| Csehország | 76 |
| Franciaország | 1 000 |
| Németország | 568 |
| Spanyolország | 317 |
| Finnország | 50 |
| Magyarország | 150 |
| Olaszország | 60 |
| Hollandia | 9 |

| | |
|--------------------|--------------|
| Írország | 10 |
| Lettország | 20 |
| Litvánia | 20 |
| Lengyelország | 200 |
| Szlovákia | 94 |
| Svédország | 78 |
| Egyesült Királyság | 75 |
| Összesen | 2 816 |

Forrás: European Biofuel Platform

Az etanolra magas vámok vannak érvényben, az uniós termelés pedig nem versenyképes a brazil és amerikai gyártáshoz képest. Ezt jelzi, hogy a brazil bioetanol a jelenlegi vámok mellett is megjelenik az európai piacon. 2008-ban az Unió biodízel-termelése 38%-os növekedést mutatott a korábbi évhez képest, továbbra is maradv a világ első számú biodízel termelőjének, a világ biodízel-termelésének 50-55%-át adva a 8 733 millió literrel. 2009-ben a termelési kapacitását 31%-kal növelte az Unió a 2008-as évhez képest, jelenlegi biodízel üzemek száma kb. 276 (EGB).

A biodízel tekintetében a tagállamok közül a legnagyobb termelési részesedéssel Németország, Franciaország és Olaszország rendelkezik.

| Biodízel termelés az Európai Unió tagországaiban, 2008-ban | Millió liter/év |
|---|------------------------|
| Ausztria | 240 |
| Belgium | 312 |
| Bulgária | 12 |
| Ciprus | 10 |
| Csehország | 117 |
| Dánia | 150 |
| Észtország | 0 |
| Franciaország | 2 044 |
| Németország | 3 175 |
| Görögország | 120 |
| Magyarország | 118 |

| | |
|--------------------|--------------|
| Olaszország | 670 |
| Egyesült Királyság | 216 |
| Lettország | 34 |
| Litvánia | 74 |
| Málta | 1 |
| Lengyelország | 310 |
| Portugália | 302 |
| Szlovákia | 164 |
| Szlovénia | 10 |
| Spanyolország | 233 |
| Svédország | 111 |
| Összesen | 8 733 |

Forrás: Biofuels Platform

Európában a repce a legkézenfekvőbb alapanyag, hektáronként 27,4 GJ energia nyerhető ki belőle, amely duplája a befektetett energiamennyiségnek. Az Európai Unió 2005-től a repcemag és repceolaj tekintetében nettó importórré vált, a biodízelgyártók repceolaj iránti keresletének növekedésével párhuzamosan emelkedett a napraforgóolaj élelmezési célú behozatala, ugyanakkor csökkent a napraforgómag-import. Növényi olajokból az EU nettó importőri pozíciójának erősödése várható a jövőben. Európában a pálmaolajból előállított biodízel jelenleg általában 15%-ban keverik a repceből készült biodízelhez. A biodízel alapanyagaira alacsony (illetve olajosmagvak esetében nulla) a vám. Ezen termékekből várhatóan növekszik majd az uniós import, hiszen az irányelvekben kitűzött bekeverési arányok kielégítéséhez nem elegendő az EU belső nyersanyagtermelése. 2009-ben várhatóan az Európai Uniónak a pálmaolaj importja 1-1,1 millió tonnára növekszik a 2008-as 0,8 millió tonnához képest. Az EU 2009-ben 550 000 tonna pálmaolajat szándékszik felhasználni a biodízel előállításához, míg 2008-ban 450 000 tonna került felhasználásra, elsősorban Olaszország, Spanyolország, Franciaország és Németország által - állítja az Oil World. (Reuters) Az EU új programja szerint csak a fenntartható termelési tanúsítvánnyal rendelkező pálmaolaj kerülhet behozatalra, az első ilyen szállítmány 2008 novemberében érkezett Európába.

Magyarország

A jelenlegi gázolaj-fogyasztásunk 2,2-2,3 millió tonna körül mozog. A 2010. évi cél eléréséhez kb. 180 ezer tonna biodízel bekeverésére lesz szükség.

(Az FVM biodízelből 200 ezer tonna előállítását tartotta reálisnak 2013-ra). Noha a biodízel és a hagyományos gázolaj energiatartalma kevésbé tér el, mint a benziné és a bioetanolé, az energiatartalomra vetített 5,75%-os bekeverési arány a biodízel vonatkozásában 6,51 térfogatszázalék bekeverését jelenti.

Magyarországon az első számú termesztett olajos növény a napraforgó, majd azt követi a repce. A napraforgót étolaj készítésre használják fel, így a repce áll inkább rendelkezésre biodízel alapanyagként. Magyarország napraforgó terménykibocsátása meghaladta az 1,1 millió tonnát, az EU második legnagyobb napraforgó termelője lett, az össztermés 27%-át adva. (Bai Attila, 2008)

2007-től az EU az új tagországokban is támogatja az energetikai célú növénytermesztést, amely lendületet adott az energetikai célú növénytermesztésnek. Az uniós szabályozás a repcén alapuló biodízel szabványt favorizálja, így az energetikai célú repcetermelésre a szokásos területalapú támogatáson túl további 7800 Ft/ha kiegészítő támogatást nyújt. Ennek hatására a repce vetésterülete hazánkban 5 év alatt 71 ezerről 266 ezer hektárra nőtt, így a 4. legnagyobb vetésterületű növényé vált. A hektáronkénti termésátlag a korábbi 1,5-1,8 tonnáról 2,6 tonnára emelkedett, 2008-ban mintegy 622 ezer tonna repce termett. (Magyar Hírlap, 2009. május - Kiegészítő támogatás repcére)

A repcemag értékesítése jól megoldott, főleg a német piac keresi, éppen a biodízel-feldolgozás miatt. A 2005-ös évi termés több mint 90%-át még az év vége előtt kivitték az országból. Jelenlegi repcetermésünk már teljes egészében exportra kerül. (Bai Attila, 2008)

Repcéből elérhető a 3 t/ha értéket megközelítő átlagtermés (ma hazánkban 2 t/ha körül ingadozik), amiből kinyerhető kerekítve 1 t/ha RME. Így 1 hektár repcéből kinyerhető hajtóanyaggal 6,25 hektár művelhető meg, ha a repcetermesztés önfogyasztását levonjuk, akkor kb. 5 t/ha. Ez azt jelenti, hogy átlagosan a termőterület 16-20%-án kellene biológiai eredetű hajtóanyagot termelni, hogy a mezőgazdaság önellátó legyen. Magyarország szántóterületét tekintve ez nagyjából 1 millió hektárnyi föld, ami soknak tűnik ahhoz képest, hogy napjainkban csak 40-60 ezer hektáron termelnek repcét (az összes olajos növény sem éri el a félmillió hektárt), de kevés, ha ahhoz hasonlítjuk, hogy az igaerőre alapozott mezőgazdaságban a terület 25%-a szükséges az állatok takarmányának megtermeléséhez, és a kettő között jelentős technikai színvonalbeli különbség is van. Az összehasonlítás termékoldalról is megtehető. 1 tonna repcemaggal 11 tonna, illetve 1 tonna repceolajjal 32 tonna gabona termelhető meg. (Szabó Márta, Barótfi István: Energianövények környezetvédelmi szempontból, 2009)

A jövedéki adóra vonatkozó szabálmódosítás lendületet adott a hazai biodízel-fejlesztéseknek. A tervezett és bejelentett biodízel-előállító üzemek kapacitása összesen több mint 400 ezer tonnára tehető, ami mintegy 1,3 millió tonna olajosmag feldolgozását tenné szükségessé. Ez az alapanyag-mennyiség akkor sem áll rendelkezésre, ha az összes megtermelt repcemag és a hazai fogyasztáson felüli napraforgómag bioüzemanyag célú feldolgozásra kerül (Popp, 2006).

Bioetanol Magyarországon

A hazai mezőgazdasági termékszerkezet miatt (gabonatermelés túlsúlya), az agráriumban elsősorban az etanol előállítás távlatait mérlegelik. Az FVM reális célkitűzésnek tartotta 2006-ban, hogy 2013-ra 490 ezer tonna bioetanol állítson elő az ország, amelyből 350 ezer tonna exportcélokat szolgálhatna. A KEOP a támogatások vonatkozásában ezzel szemben mintegy négyszeres kapacitás kiépítését irányozta elő.

A 2010-re elvárt bekeverési arány teljesítése esetén (energiatartalom alapján számított 5,75%-os cél) 144 ezer tonna bioetanol felhasználására kerülhet sor a benzinben. Az energiatartalomra vetített 5,75%-os bekeverési arány a bioetanolnál 8,61 térfogatszázalék bekeverését jelenti. Ha a bekeverés továbbra is ETBE formájában történik, akkor az ETBE bioetanoltól eltérő energiatartalma és sűrűsége következtében módosul a bioetanol-szükséglet, 2010-ben 106 ezer tonna bioetanol ETBE formájában történő bekeverése valószínűsíthető (Popp, 2006).

A bioetanolt idehaza kukoricából és cukorrépából célszerű előállítani. Folytak kísérletek cukorcirokkal, melasszal, borfelesleggel, párlatokkal, gyümölcsökkel is.

A cukorcirokot a Karcagi Kutatóintézetben még a nyolcvanas években kipróbálták, természetesenél hígrágya használatlaltal 60-70 tonna, 18-24% cukortartalmú hozamokat is elértek hektáronként. A melasz, mint cukoripari melléktermék olcsó önköltségű alkoholt ad, de ez feltételezi a cukrot is. A cukorgyártás viszont az ismert okok miatt nem néz nagy perspektíva elé Magyarországon.

A bioetanol előállítása biztos felvevő piacot jelentene a gabonát, cukorrépát termeszto gazdák számára. A gabonák értékesítési lehetőségeinek állandó bizonytalansága miatt, no meg a hazai mezőgazdaság túlzottan gabonatermelésre koncentrálo szerkezeze miatt is, a termelőket segítő megoldásnak kínálkozik a gabonafőlöslég alkoholgyártásra történő átcsoportosítása. A cukorrépa etanolgyártásra való hasznosítását idehaza indokolhatja a cukorrépa vetésterületének várható csökkenése.

Magyarországon 2008-ban 150 millió liter bioetanol gyártottak. 2005-ben a bioetanol-kapacitás mintegy 80 ezer tonnára tehető, ami Szabadegyházán és Győrben található. Az itt végrehajtott kapacitásbővítések lehetővé tennék, hogy a 2010-es célkitűzéseket a létező kapacitásokkal kielégítsék.

A 4,4 térfogatszázalékos bekeverési arány eléréséhez – a magyar piac kiszolgálására – bioetanolból 71 ezer tonna bekeverésére volt szükség 2008-ban. (Ez az első teljes év, amikor megvalósul a bioetanolból származó 4,4 térfogatszázalékos üzemanyag-hányad.) Amennyiben 2010-re sikerül teljesítenünk az energiatartalom alapján számított 5,75%-os célkitűzést, 144 ezer tonna bioetanol felhasználására kerülhet sor a benzinben. Az energiatartalomra vetített 5,75%-os bekeverési arány a bioetanolnál 8,61 térfogatszázalék bekeverését jelenti. Ha a bekeverés továbbra is ETBE formájában történik, akkor az ETBE bioetanoltól eltérő energiatartalma és sűrűsége következtében módosul a bioetanol-szükséglet [Hingyi et al., 2006]. Ez esetben 2008-ban 67 ezer tonna, 2010-ben pedig 106 ezer tonna bioetanol ETBE formájában történő bekeverése valószínűsíthető.

Ugyan látható, hogy a jelenlegi kapacitások elegendők a kötelező célok megvalósításához, mivel sokan vélik, hogy a jövőben exportlehetőségek is kínálkoznak, ezért 40 helyszínen terveznek beruházásokat. 2006 őszéig mintegy 7,5 millió tonna kukorica és 1 millió tonna búza feldolgozására alkalmas üzem létesítését jelentették be a különböző befektetői csoportok (Popp, 2006).

A kb. 9 millió tonna gabonából 3 millió tonna bioetanol lehetne előállítani. A tervezett kapacitásokból előállítható bioetanol mennyisége többszörösen meghaladja a hazai igényt, exporthoz pedig komoly piackutatás szükséges (versenyársak, szállítás, importszabályozás stb.). Reálisan az évente legfeljebb 3-5 millió tonna gabona feldolgozása valószínűsíthető meg bioetanol céljára. (Popp J., Somogyi A.: Bioetanol és biodízel: áldás vagy átok?, 2007)

Ezek az elképzelések nem túl reálisak. A beruházói szándék 2007 elején még 3-4 üzem megvalósítására irányult, amelyek évi 1,6-1,8 millió tonna kukoricát lennének képesek feldolgozni. A tervezett beruházások azonban leálltak, mert a gabonák 2007. évi árdrágulása miatt kétségessé vált a bioüzemanyag-felhasználás gazdaságossága és az EU-támogatások mértéke. A gazdasági válság is kedvezőtlenül hat a beruházásokra, hiszen a forint leértékelődése megdrágítja a berendezések importból történő beszerzését, és alacsony kamatozású hitel sem valószínűsíthető a beruházásokhoz.

Ezzel szemben 2010-ben több etanol gyártó kapacitás kiépítéséről jelentek meg hírek. Elkezdődött a dunaföldvári etanolüzem környezetvédelmi eljárása (adja hírül az MTI), amely ráadásul kiemelt beruházásnak számít,

és ennek értelmében a környezetvédelmi engedélyezési eljárásnak négy hónap alatt kell megtörténnie. Az új üzemet az ír Ethanol Europe Ltd. magyar leányvállalata, a Pannonia Ethanol Zrt. mintegy 25 milliárd forintos költséggel építi fel. A 2011 végére elkészülő gyár évi 600 ezer tonna kukoricát dolgoz fel, amelyből 186 ezer tonna etanolt - üzemanyagot - és 195 ezer tonna szárított kukoricatörkölyt állítanak elő.

Melléktermékek és hulladékok hasznosítása

Bár eltérőek a mennyiségi becslések a szántóföldi melléktermékek, kertészeti hulladékok, mezőgazdasági termények feldolgozásakor keletkező melléktermékek és hulladékok mennyiségével kapcsolatban, átlagosan évi 10 millió tonna, ebbe a körbe tartozó biomassza képződik, melynek 40-45%-át lehet energetikai célra hasznosítani. Természetesen a hasznosítást befolyásolja az előállított energia költsége, s a támogatások lehetősége. A költségek egy jelentős részét a begyűjtési körzet nagysága befolyásolja, amely megszabja a szállítási távolságokat, a feldolgozó kapacitások elhelyezését és nagyságát. Ma legfeljebb a pelletkészítés és -felhasználás versenyképes, de amennyiben a gáz és olajárak emelkednek a hulladékok hasznosítása javulhat.

A pellet: Természetes fa, biomassza alapanyagból sajtolt, fűrészporból, faforgácsolókból lignin kötőanyag segítségével összepréselt, 6 mm átmérőjű, henger alakú granulátum. Égetése erre a célra fejlesztett pellet-tüzelő berendezésben lehetséges, amely három részből áll. Az első egység a pellet tárolása, a második a pellet-égető, a harmadik a hőcserélő, vagy a kazán, amelyben a felszabadult hőenergia átadásra kerül a fűtési rendszer hőszállító közegének. A tüzelés hatásfoka meghaladja a 90%-ot.

Átlagosan 2 kg fahulladékból előállított pellettel lehet 1 m³ földgázt kiváltani (Pellet Hungary Kft. honlapja 2009). Egy átlagos családi ház (120m²) éves fűtési hőigénye 25 500 kWh, ami 131 Ft/m³-es gázáron számolva 410 ezer Ft-os fűtési költséget jelent évente.

A pellet ára változó, de 41-45 Ft/kg-os árral lehet számolni. A fűtőértéke 18 MJ/kg, azaz 5 kWh/kg, 90%-os hatásfokkal számolva, évi 5660 kg pelletre van szükség, ami 255 ezer Ft éves költséget, és a gázhoz képest 140 ezer Ft megtakarítást jelent. A beruházási többletköltség 3 év alatt térül meg. (Burdján Zoltán: Pelletfűtés, Bioenergia, 2009, IV. évfolyam, 1. szám)

Az alternatívák tényleges bevezetésének lehetőségét megakadályozzák, gátolják vagy lassítják a meglévő infrastruktúrák. Hiába versenyképes a pellet mint tüzelő anyag, ha valakinek ki kell cserélni pl. a gázkazánját pellettel működővé, vagy ki kell alakítani a tárolási kapacitásokat, s ezzel olyan beruházást kell megtennie, amely megtérülése közép vagy hosszú távú, vagy olyan magas, hogy a lakosság többsége számára nem megfizethető. A szükséges strukturális változtatásokat csak jelentős áremelkedések kényszeríthetnek ki, de mivel az energiahordozók ára a piaci mechanizmusok, illetve a fosszilis energiaigények miatt összekapcsolódnak, ezért a jövőben sem várhatók lényeges árkülönbségek. Az összekapcsolódás oka, hogy az alternatív üzemanyagok, tüzelőanyagok előállításához, de magához a primer energiaforrás megtermeléséhez is fosszilis energiahordozókat használnak. Így illúzió azt hinni, hogy a bioüzemanyagok ára elszakadhat a fosszilis energiahordozók árának emelkedésétől. Persze akad kivétel, mint pl. a biogáz, amikor a szekunder energiahordozóból nyert energia fedezi az energia előállítás teljes költségét.

A biogáz-hasznosítás

A biogáz szénhidrát-, illetve cellulóz tartalmú, valamint fehérjéket és zsirokat tartalmazó szerves hulladékok anaerob szervezetek hatására, mezofil hőmérsékleten (30-40 °C) végbemenő bomlásának (biodegradáció, rothadás, erjedés) gáznemű, rendszerint éghető terméke, amely - ammónia, kén-hidrogén, szén-monoxid és szén-dioxid mellett - legnyobbrészt metánból áll.

A biogáz mesterséges előállításához szerves anyagra, levegőtől elzárt környezetre, állandó hőmérsékletre, folyamatos keverésre, kellő mértékben aprított szerves anyagra, metanogén és acidogén baktériumok egymással szimbiózisban tevékenykedő törzseinek megfelelő arányú jelenlétére van szükség. A biogáz-képződés során a szerves vegyületek a baktériumok közreműködésével egyszerűbb vegyületekre bomlanak (savas fázis), majd szétesnek alkotóelemeikre, metán gázra (kb. 60-70%) és szén-dioxidra (kb. 30-40%), illetve a kiinduló anyagoktól függően különböző elemekre (H, N, S stb.) (metanogén fázis).

Biomasszából biogázt mezofil és termofil körülmények között lehet előállítani. Mezofil körülmények között, 35 °C körüli hőmérsékleten, kb. 25 napos átfutási idővel, míg termofil körülmények között 56 °C körüli hőmérsékleten, kb. 15 napos erjesztés során nyerhető ki a biogáz. Létezik továbbá biogáz reaktor is, ahol a gázképződés néhány óra alatt lezajlik, de a depóniagáz kinyeréséhez (hulladéklerakó telepek) évekre van szükség.

A biogáz termelése fermentorban történik, amely működhet folyamatosan és szakaszosan. A batch biogáz-termelő berendezéseket időszakosan töltik fel a kiinduló anyaggal és az oltóiszappal.

A folyamatos biogáztermelő berendezéseket folyamatosan töltik fel nyersanyaggal, amely azonos mennyiségű erjesztett iszapot szorít ki a tartályból. Ezeknek a készülékeknek az előnye, hogy a baktériumok rendszeres utánpótlása esetén megközelítőleg állandó a biogáztermelés és a folyamat jobban szabályozható. A fermentálás hőigényes, külső energia-befektetést igényel. Ezt a megtermelt biogázból származó energia közel negyedével lehet biztosítani.

Biogáz termelésre lényegében bármilyen szerves hulladék alkalmas. A legfontosabb biogáz alapanyagok az állattenyésztés során keletkező hígtrágya, almostrágya, vágóhídi hulladékok, zsírok, élelmiszeripari-, takarmánygyártási-, szeszipari-hulladékok, használt étolaj, ételmaradékok, biohulladékok, szennyvíziszap, célirányos növénytermesztés terményei (silókukorica, rozs, cukorcirok, csicsóka, zöldségfélék, fűfélék).

A biogáz összetétele és fűtőértéke nagymértékben függ a kiindulási szervesanyagtól és a technológiától. A biogázok átlagos fűtőértéke: $22,0 \text{ MJ/m}^3$. Általában elfogadott érték szerint 1 számosállat napi trágyamennyiségével termelhető biogáz energiatartalma $0,8 \text{ kg}$ tüzelőolajjal egyenlő. A gyakorlatban elérhető szélső értékek $0,2 - 1,0 \text{ kg}$ tüzelőolajnak megfelelő energiatermelés.

A megtermelt biogázt fűtési igények kielégítésére (gázkazánokban) és/vagy villamosenergia-termelésre, földgáz-hálózatba való betáplálásra is lehet használni. A biogáz-fejlesztés után visszamaradó erjesztett trágyát biotrágyának (biohumusz) nevezik, ami teljes értékű, jól kezelhető, szagtalan, kertek, parkok trágyázására jól használható anyag.

A szervesanyagok bomlása a kommunális hulladék-lerakókon, tekintettel a lerakott szervesanyagok jelentős mennyiségére, levegőtől elzártan szintén végbemegy, amelynek mellékterméke az ún. depónia gáz. A gázképződés folyamata lassú, 15-20 évig is eltarthat. A gázt gázkinyerő kutak segítségével termelik ki. A rendezetten lerakott hulladékrétegbe függőlegesen telepített, alkalmasan kiképzett, rendszerint műanyagból készített perforált cső, amely a mélyebb rétegekben keletkező biogáz kinyerését teszi lehetővé.

Hasonlóan fontos lehet a szennyvíztelepi biogáz hasznosítása is. Magyarországon évente kb. 700 ezer tonna települési szennyvíziszap keletkezik. Ennek közel felét hulladéklerakókban helyezik el, 40%-ot a mezőgazdaságban felhasználják (komposztálás, talajba injektálás). A viszonylag jelentős beruházási és állandó költségek miatt legalább 10 ezer

lakos-egyenértékre, míg villamos és hőenergiát termelő egységek esetén 20 ezer lakos-egyenértékre gazdaságos hasznosítást tervezni.

A termelt gáz felhasználásánál arra kell törekedni, hogy a keletkezés helyéhez közel kerüljön hasznosításra. A gáz leggazdaságosabb felhasználását a kazánban történő elégetés biztosítja, mert az elérhető hatásfok 80% körüli.

A biogáz-hasznosítás előnye, hogy egyébként költségesen kezelendő hulladékok ártalmatlanítását lehet elvégezni, miközben energia és mezőgazdasági tápanyag termelődik.

Magyarországtól eltekintve széles körben működő, bejáratott technológiáról van szó, de hasznosító üzemek már találhatóak nálunk is (Győr, Nyíregyháza, Szeged, Délpest, Jászapáti, Pálhalma, Kenderes-Bánhalma, Klárafalva stb.).

A hazai termőterületek nagyobb nehézségek nélkül tudnának 400 MW biogáz alapú elektromos teljesítményt ellátni. Amennyiben ez megvalósulna, hazánk megújuló energiatermelése 10,78%-ra növekedne.

Az FVM elképzelései szerint 2010-ig 100 MW elektromos kapacitást lehetne biogázból kiépíteni megfelelő ösztönzők mellett. 1 MW elektromos teljesítmény évi 7 500 üzemóra termelés esetén 20 000 tonna cirok/kukorica szilázsából valósítható meg. Durván számolva, 500 ha-ról lehet 1 MW kapacitást ellátni, így 50 000 ha termőterületet kellene kivenni az élelmiszer vagy takarmány célú termelésből. A biogáz a bioetanolhoz szemben a növény felhasználása után lebontási maradékot juttat vissza szerves tápanyag formájában a talajba, míg a bioetanol alapanyaghoz tápanyag utánpótlást kell biztosítani műtrágyával. (Fuchs Máté: A németországi EEG biogázra vonatkozó szabályozásának összehasonlítása a magyarországi rendeletekkel, Bioenergia, 2008. III. évfolyam 4. szám)

A biogáz lehetséges felhasználási területe üzemanyagként történő hasznosulása. Előnye, hogy helyben termelt anyagból lehet üzemanyagot előállítani, amely helyi jövedelmet adhat a helyi gazdáknak, és amelyet helyben lehet értékesíteni a fogyasztóknak. Környezeti előnye a kevesebb károsanyag-kibocsátás, ugyanakkor a mezőgazdasági monokultúrák alkalmazását megerősíti.

A biogáz az 1 ha-ra vetített, megtermelt üzemanyag mennyisége és a megtett km-ek tekintetében, a legjobb mutatókkal rendelkezik a többi bioüzemanyaggal szemben. (Dr. Kovács Attila: Vitaindító a bioüzemanyagokról, 2007. II. évfolyam, 1. szám)

Egy hektáron megtermelt alapanyagból nyert üzemanyagokkal megterhető km-ek száma:

| Üzemanyag | Kilométer |
|--------------------------|------------------|
| Biogáz | 74 250 |
| BTL (folyékony biomassa) | 55 850 |
| Bioetanol- cukorrépa | 54 615 |
| Bioetanol- gabona | 21 500 |
| Növényi olaj (repceolaj) | 20 300 |
| Biodízel | 20 150 |

A biometán elterjedését több tényező is hátráltatja: magas beruházási költségek (biogáz termelő, a tisztító berendezések drágák, az üzemanyagkutat kialakítása költséges), jövedéki adó fizetése (csak erre az üzemanyagféleségre). (Kovács Attila: Vitaindító a bioüzemanyagokról, Bioenergia, 2007. II. évfolyam, 1. szám)

Magyarországon jelenleg nagyon kevés biogáz üzem van. A működő mintegy 15 üzem túlnyomó többsége a szennyvíziszap kezelésére jött létre. Csak néhány üzem (Bátorcoop, Nyírbátor, Kaposvár, Pálhalma, Klárafalva, Bánhalma, Szarvas) dolgoz fel mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék anyagokat. Biztató viszont, hogy 38 mezőgazdasági üzemben kezdődött meg elsősorban a rendelkezésre álló trágyaalapanyag ilyen fajta hasznosítása. (Magyar Biogáz Egyesület, Kovács Kornél)

2008-ban 5 biogáz üzem működött Magyarországon, és 36 000 gigawattóra villamos energiát állítottak elő. 15 projekt volt indítás alatt 2009 júliusáig. Az állattenyésztő gazdaságoknak nyújtott 120 milliárd forintos támogatás 33 üzem biogáz hasznosítására ad lehetőséget, adta hírül az FVM. (www.biogas.hu)

Faapríték tüzelésű kiserőművek (50 MW -nál kisebbek):

Ajka - Bakonyi Bioenergia Kft. 30 MW-os

Biomassza és szén tüzelésű erőművek:

- Kazincbarcika - AES Borsodi Hőerőmű - 137 MW
- Tiszaújváros - AES Tiszapalkonya - 200 MW
- Ajka - Bakonyi Erőmű -102 MW
- Visonta - Mátrai Erőmű - 836 MW

Biogáz-tüzelésű gázmotoros erőművek:

- Nyírbátor (1,6 MW hő-és villamos energia termelés), Debrecen, Nyíregyháza
- Tatabánya (Bánhida) 3MW

További más biomassza fűtő- és erőművek, melyek 2 és 50 MW közötti kapacitással rendelkeznek: Szigetvár (2 MW távfűtés), Mátészalka (5 MW távfűtés), Körmeny (5 MW távfűtés), Szombathely (7 MW távfűtés), Tata (5 MW távfűtés), Szentendre (9 MW + 1,4 MW hő és villamos energia), Balassagyarmat (2 MW), Papkeszi (5 MW ipari hő), Pécs (49,9 MW), Martfű, Szakoly (20 MW).

Komposztálás

Manapság az energetikai célú felhasználás háttérbe szorítja a biomassza komposztálással történő hasznosítását. Pedig energiát úgy is „termelhetünk”, ha nem pocsékolunk energiát. A tárgyalt felhasználási lehetőségek mindegyike jelentős energiafelhasználással jár vagy a szállítás vagy a szükséges mellékanyagok vagy a feldolgozási folyamatok energiaigénye miatt is. Ám másképpen is gondolkodhatunk!

A földet termékeny állapotban kell tartanunk. Ezt manapság művi módon tesszük. A műtrágyák előállítására energiaigényes, különösen, ha az egész, ún. virtuális energiaszükségletet nézzük. A felhasznált energiának a nagyságrendjét akkor látjuk helyesen, ha figyelembe vesszük, hogy a bevitt műtrágya jelentéktelen - kb. tized része - hasznosul a növény számára, jelentősebb része pedig környezetszennyezést okoz.

A jelenlegi logika, hogy gyűjtjük össze a keletkezett szerves hulladékokat, közvetlenül vagy átalakítás után égessük el azokat. Ebből nyerünk energiát. Azután ennél sokkal több energia befektetésével termelünk

környezetszennyező anyagokat, amelyek helyettesítik azt az elégetett szerves anyagot, amely a talajt táplálhatta volna. Ebben a logikában az életet kétszeresen pusztítjuk. Először a környezet szennyezése által, majd pedig azért, mert elveszünk a tápanyagot milliárdnyi élőlénytől, s ezzel csökkentjük az élet számosságát, az ún. biológiai sokféleséget.

A szervesanyagok feldolgozását a komposztálás folyamán számos faj számos egyede végzi, amelyek nem működhetnek, ha ezeket az anyagokat elégetjük. A komposztálás legfontosabb közreműködői a mikroorganizmusok. A baktériumok három csoportja sorolható ide: pszikrofilák, mezofilák és termofilák. Ezek a mikroorganizmusok enzimeket választanak ki, amelyek segítségével megemésztik a komposztálandó szerves anyagokat. Működésükhöz szerves anyagokra, vízre és levegőre van szükségük. A gombák és enzimek a cellulóz lebontását végzik. A makroszervezetek tucatjai is serénykednek a lebontásban, közülük a gilisztafélék jelentősége elsőrendű a humusz képzésében. Míg a komposztban ezek ingyen segítők, addig a talajban a szántás, műtrágyázás, kémiai talajvédelem, de a kémiai növényvédelem során is károsítjuk őket, kikapcsoljuk ingyen szolgáltatásukat.

A gilisztafélék elsősorban a komposztdomb alacsonyabb hőmérsékletű periferiáin érzik jól magukat, a komposztdomb belső része túl meleg a számukra. A giliszták és különböző rovarok jelentősége abban is rejlik, hogy össze-vissza rágnak a komposztban, pl. járatokat alakítanak ki, amelyek megtelnek levegővel, s biztosítják a jó átszellőzést.

Általános igazságként kell tehát elfogadnunk, hogy a természetnél jobbat nem tudunk kitalálni. Bölcsek akkor vagyunk, ha hagyjuk dolgozni a természetet. Ha helyette dolgozunk, akkor ellene dolgozunk, mert munkánkkal terheljük a környezetet, erőforrásokat használunk fel, s szennyezőanyagokat bocsátunk ki tevékenységeink során. A komposztálás esetében ezért főleg a természetet hagyjuk dolgozni, s a feltételek megteremtésében működünk közre. Az egyik meghatározó tényező, hogy a komposztálás a lehető legközelebb történjen a biomassa keletkezésének és a komposzt hasznosításának a színhelyéhez. Nagy, központi komposzttelepekre szállítani a szervesanyagot környezeti szempontból nem ésszerű. Másrészt a komposztálási folyamatok iránya befolyásolható az által, hogy a komposztálást befolyásoló főbb tényezőket megválasztjuk. Ezek az anyagösszetétel (bonthatóság), nedvességtartalom, levegőellátottság, tápanyag arány, az anyag(ok) keveredése, szemcsemérete stb.

A komposzt kedvez a talaj szerkezetének, szövetösszetételének és a szellőzésnek, továbbá növeli a talaj szervesanyag-tartalmát, vízmegőrző képességét. Az agyagos talaj fellazul, a homokos talaj pedig tovább őrzi meg a vizet, a komposzt kiegyensúlyozza a talaj pH-értékét is.

A komposztal kezelte talaj segít az erózió csökkentésében, kedvez a talaj termőképességének, hatására a gyökerek egészségesebben fejlődnek. A komposzt ellenállóbbá teszi a növényeket az aszályal és a faggal szemben, a komposztban gazdag talajban nevelkedett növények erősebbek, illetve ellenállóbbak a betegségekkel és a kártevőkkel szemben. A komposzt lassan adja le a tápanyagot környezetének, sokáig hat. A komposztált talaj élővilága gazdag.

A komposztálás - bár természetes folyamat - magának a komposztálónak létrehozása, a komposzt helyszínre való kijuttatása anyagmozgatást igényel. Bizonyos körülmények között, főleg házi kertekben, gyümölcsösökben, biogazdaságokban, sokat spórolhatunk, ha a szervesanyagot mulcsolásra, helyben használjuk fel. A mulcs talajtakaró anyag, többnyire növényi maradvány vagy kő, kőzúzalék, amelyet 10-15 cm vastagságban használunk a talaj takarására a természetett növény környezetében. Ezzel utánozzuk a legjobban a természetet, hiszen egy-egy fa, bokor, évelő növény is mulcsot képez lehulló leveleiből, amelyek jótékonyan védik a talajt a kiszáradástól, táplálják a talaj élőlényeit, azok pedig közvetetten visszajuttatják a növényhez a táplálékot. A mulcs védi a talajt a túlzott felmelegedéstől is, optimális feltételt biztosít a talajélet számára. Mulcsozással távol tarthatjuk a gyomok jelentős részét is, ezzel csökkenthetjük ráfordításainkat. A mulcs folyamatosan komposztálódik, s táplálja a talajt, hasonlóan az erdő avartakarójához.

V. Érvék a biomassza felhasználás mellett és ellen

Általános érvek a biomassza felhasználás mellett

Az Unióban és Magyarországon is túltermelés van az élelmiszer célú mezőgazdasági termelésben, részben a piaci lehetőségek szűkülése, részben a fokozódó nemzetközi verseny miatt a megtermelt áru nehezen eladható. Ha a túltermelést visszafogjuk, akkor a termelők megélhetését szűkítjük. A helyzet úgy oldható meg, ha a termelést fenntartjuk, de a fölösleget betápláljuk az energiaellátásba. Így több legyet ütünk egyszerre, mert ez jól jön a környezetnek is, és az EU is képes teljesíteni kiotói vállalásait, mondván a biomassza felhasználása széndioxid-semleges, mert ugyanannyi szén-dioxidot bocsátunk ki, mint amennyit a növény megkötött életciklusa idején.

A másik általánosan hangoztatott érv az energiafüggőség. Mind az USA, mind az Unió országai, újabban Kína is ebben a helyzetben vannak, főleg kőolaj-függők, de az USA kivételével földgázfüggők is. Függőségük oldását remélik attól, ha importjuk egy részét hazai termelésű megújuló energiaforrással tudják kiváltani. A függőséggel összekapcsolható olajárrobbanással és olajháborúval magyarázható az is, hogy a politikusok körében nő a népszerűsége a biomassza-hasznosításnak.

Sokan a harmadik világ felzárkóztatásának lehetőségét is látják a biomassza-hasznosításban, főleg a bioüzemanyag-célú növények termesztésében, bioüzemanyagok előállításában.

Luiz Inacio Lula da Silva, Brazília elnöke, a G8 csúcstalálkozó (Heiligendamm, Németország) kibővített szakaszában nyilvánvalóvá tette, hogy a fejlett nyugat, ha szabadulni akar a fosszilis energiaforrásoktól való függőségtől, s komolyan veszi az ÜHG-csökkentés törekvéseit, akkor Afrika és Dél-Amerika országaival szövetkezik a bioüzemanyagok előállítása terén. Az elnök mindkét fél számára előnyös megoldásnak látja az együttműködést. A 2005-ben rendezett Dél-Amerika – Afrika csúcstalálkozóra hivatkozván úgy látja, hogy Brazília átadhatja az etanoltermelésben szerzett tapasztalatait az afrikai országoknak, s a bioüzemanyag termelést az Afrikai-Dél-Amerikai Szövetség megerősítésének, a fejlődés egyik hajtóerejének kulcskérdéseként tekinti.

Az elnök úgy véli, hogy a negyedrésében alkoholt fogyasztó járművek tették lehetővé, hogy Brazília 40%-kal csökkentette olajbehozatalát, továbbá 2003 óta 120 millió tonnával csökkentették az ÜHG kibocsátást. Az etanol gyártás 1,5 millió munkahelyet teremtett közvetlenül, s további 4,5 milliót közvetve. A biodízel-gyártás megindulása is negyedmillió munkahelyet jelent, s ez csak tovább fokozódik. Szó sincs arról, hogy Brazíliában a bioüzemanyag-előállítás veszélyeztetné az élelmiszerellátás biztonságát, hiszen mindössze a termőterület 2%-át érinti az alapanyag-termelés. Az elnök kifejtette, hogy a bioüzemanyagok előállításának globálisan is stratégiai jelentősége van a környezeti problémák felszámolásában. (forrás: <http://www.accra-mail.com/mailnews.asp?id=1730>)

Afrika országai szintén az EU igényeinek kielégítésében látják felemelkedésüket. Afrika közelebb van Európához, mint Délkelet-Ázsia vagy mint Dél-Amerika. Louis Michel (Európai Biztos a Fejlődésért és Humanitárius Segítségnyújtásért) hangsúlyozta, hogy az afrikai nemzetek nem kényszerülnek le ezt a vonatot, utalván az európai bioüzemanyag keresletben rejlő lehetőségekre. Európának be kell fektetnie az afrikai üzletbe. (Africa: Following Oil Boom, Biofuel Eyed on Continent Inter Press Service, Johannesburg 2007).

Hasonlóan az Unióhoz, Magyarországon is az egyik fő érv a hasznosítás mellett, hogy csökkenthető az ország kőolaj függősége, növelhető az ellátás biztonsága, és az árstabilitás.

Magyarország importfüggősége – ha eltekintünk az atomerőmű fűtőanyag behozatalától – 1993-ban 52% volt. A 2005-ös adatok szerint az ország importfüggősége megközelíti a 66,4%-ot. Legjelentősebb, 82%-os a földgáz-importarány. Az orosz forrástól való függés a földgáz esetében a legnagyobb, hiszen a teljes energiaigény több mint 40%-át kitevő földgáz 90%-a jön innen. A földgáz korábban elsősorban lakossági hőigényt elégített ki, 2004-re azonban már a villamosenergia 35%-át földgázból állította elő az ország. Kőolajigényünk 86%-a származik külső forrásból, és a felhasznált szén 46%-a is importból származik.

A hazai környezetpolitikai célkitűzések teljesítése is megköveteli, hogy növekedjék a megújuló energiaforrások részaránya, ez pedig hozzájáruljon olyan nemzetközi kötelezettségvállalásaink teljesítéséhez, mint amilyen a kiotói vállalat vagy az Unió megújuló energiaforrás részarány előírásai.

Fontos társadalmi érv a vidéki lakosság munkahelyeinek megőrzése, esetleg bővítése az energiaszektorban, bízván abban, hogy új munkahelyeket teremt mind az erőművek, mind a technológiák előállításának vonatkozásában. Mivel Magyarországon az állattenyésztés és növénytermesztés részaránya jelentősen megváltozott, a növénytermesztésből származó termékeket az állattenyésztés nem képes felvenni. Mivel ezek a termékek nehezen eladhatók, az energetikai célú növénytermesztés hozzájárul a termőterületen a struktúra-váltáshoz, s ezzel mérsékelheti a terményfelesleget. Emellett az energetikai alapanyagok hosszú távon exportcikként is számításba vehetők.

Az EU, akárcsak a FAO állítása szerint a bioüzemanyagok előállítása javítani fogja a kis- és középvállalkozók helyzetét az előállító országokban. A vidék fellendüléséhez és fejlesztéséhez is hozzájárul a bioüzemanyagok előállítása.

Érvként hangoztatják, hogy kis beruházás-igénnyel átállítható az élelmiszeralapanyag-termelésre szakosodott mezőgazdaság, hiszen az energetikai célú növénytermesztés termesztéstechnológiája kialakult, az energetikai célú feldolgozás technológiai ismertek, a mezőgazdaságban használt gépek alkalmazhatók.

Területi igények

Nem kétséges, hogy a biomassza-felhasználási törekvések legtámadhatóbb pontja a terület adta lehetőségek szűkössége. Ez a kérdés érdekes módon a bioüzemanyagok termelésének esetében merül fel, és csupán kevés elemzőnek jut az eszébe, hogy a különböző energetikai célú biomassza-termelési módok is vetélkednek egymással, bioüzemanyag alapanyagok termeléséhez ugyanúgy termőterületekre van szükség, mint az energiaerdőkhöz, vagy lágyszárú energianövények ültetvényeihez.

Ugyan jó néhány éve már, hogy felhívták a területi korlátokra a figyelmet, ám sem a környezetvédők, sem az új üzleti lehetőségekért éhezők nem akarták, sőt a mai napig nem akarják tudomásul venni a makacs tényeket.

A kérdés akkor került jobban az érdeklődés középpontjába, amikor 2004 októberében, George Monbiot, a Guardian újságírója az Európai Szociális Fórumon kirohant a biodízel ellen, majd a Guardianben is cikket jelentetett meg a témában, „Ki lakjon jól: az autó vagy az ember?” címmel (Guardian, 2004. november 22.).

Véleménye szerint a bioüzemanyagokra való átállás humanitárius és környezeti katasztrófához vezetne. Az EU elképzeléseit, amely szerint 2010-re az üzemanyagok 5,75%-a helyettesíthető lenne biológiai eredetű üzemanyagokkal, az Egyesült Királyság példájával kérdőjelezi meg.

„Az Egyesült Királyságban a közúti közlekedés évente 37,6 millió tonna kőolajterméket emészt fel. A legtermékenyebb növényiolaj-forrás, mely ebben az országban termeszthető, a repce. Az évi átlagos terméshozam hektáronként 3-3,5 tonna. Egy tonna repcemagból 415 kg biodízelt lehet előállítani, így egy hektár termőföldön átlagosan 1,45 tonna üzemanyagot lehetne termelni. Másként megfogalmazva: ahhoz, hogy a kocsikat, buszokat és teherautókat biodízellel üzemeltessük, 25,9 millió hektárnyi termőföldre lenne szükség. Az Egyesült Királyságban azonban mindössze 5,7 millió hektár művelhető földterület található. A környezetbarát üzemanyagokra való átálláshoz négy és félszer ennyi termőfölddel kellene rendelkezünk. Ezek szerint már egy szerényebb - mindössze 20%-os – célkitűzés is felemésztene szinte az összes termőföldünket.”

További példák tucatjai hozhatók. A Föld Barátai által kialakított véleményben is találunk ilyeneket. Például "Spanyolországban évente 27 milliárd liter dízelt fogyasztanak. A 2010-ig megkívánt 5,75%-os helyette-

sítés biodízelrel, évi 1350 millió liter biodízel termelését igényelné. 1200 liter hektáronkénti hozammal számolva egy millió hektár földterületre lenne szükség, amely a termékeny területek 5,5%-a. Ehhez még hozzá kellene adni a benzin helyettesítéséhez szükséges etanol termelésére fordítandó területet.”

„Németországban is hasonló a helyzet, a 2010-es célok teljesítéséhez 2 millió hektárra lenne szükség a két millió tonna biodízel előállításához. Erre nincs elegendő földterület. Manapság a megtermelt biodízelhez szükséges nyersanyag Franciaországból származik.”

„Az Amerikai Egyesült Államokban még rosszabb a helyzet. Ahhoz, hogy a benzint kukoricából származó etanollal helyettesítsék a teljes földterület sem lenne elegendő.” Az USA teljes üzemanyag-fogyasztása évente 518 milliárd liter, szénkibocsátása 308 milliárd kg.

Egy a Proceedings of the National Academy of Sciences-ben megjelent cikk szerzői a szójababból készült biodízelt, valamint a gabonafélékből erjesztett etanol alapú üzemanyagot vetették össze, és arra a megállapításra jutottak, hogy a biodízel ugyan jelentősen hatékonyabbnak tekinthető, mint az etanol, ám így is mindössze az üzemanyagigény alig 9 százalékát tudnák fedezni vele az Egyesült Államokban. Az étkezési növényekből készült etanol az amerikai üzemanyagigény 12 százalékát lenne képes fedezni abban az esetben, ha minden kukoricaföldet alapanyag-ellátóvá alakítanának át.

Látván a lehetséges területi problémákat Európában, egy hatásvizsgálat kapcsán világossá vált, hogy a 2007 tavaszi európai csúcs elvárásainak teljesítése (10% bioüzemanyag részesedés 2020-ig) a közösség termőterületeinek 72%-át igényelné, illetve minden megtermelt liter bioüzemanyag két és félszer többet kerülne, mint a normál üzemanyag. (Forrás: Smith, E.: Can biofuels become sustainable? Energy Vol. 13 No. 27, 2007).

A 2005-2006-ban tevékenykedő, EU által felkért szakértői csoport elemzése szerint a biodízel előállításának egyik fő problémája a nem elegendő termőterület, a rendelkezésre álló területek kevésbé hatékony felhasználása, valamint a pálmaolaj import. Ugyanez a szakértői csoport az etanol elemzése során a következő problémákat azonosította: a jelenlegi technológiák élelmiszer alapanyagot (cukorrépa, cukornád, búza), valamint takarmányt (kukorica) használnak fel. A rövid távú kutatási tervek a keményítő alapú technológiák fejlesztésére fókuszálnak, ill. a melléktermékek hasznosítására (kukorica, búzarost). A középtávú tervek közé tartozik 2018-ig a lignocellulóz-alapú technológia ipari megvalósításának a kidolgozása és elterjesztése.

A jelenlegi bioüzemanyagokhoz szükséges alapanyag termesztés mintegy 13,8 millió ha-on történik az USA-ban, az EU-ban, Braziliában és Kínában együttevén, a jelenlegi mezőgazdasági területek kb. 1%-án. Amennyiben a 2020-as célkitűzést minden ország el szeretné érni, legalább 56-166 millió ha területre lenne szükség (E4Tech 2008 & ADAS 2008), illetve 56 millió hektárra abban az esetben, ha a második generációs hulladékhasznosítási technológiák jelentősen fejlődnek.

Területi korlátok Magyarországon

Az energetikai célú fa- és növénytermesztés lehetőségeinek mérlegelése ugyancsak ellentmondásos idehaza. Már láthattuk, hogy az energiafűért lelkesedők 1 millió hektáron szeretnék termesztetni az általuk dédelgetett fajtát, mások ugyancsak ekkora területen képzelnek el energetikai célú fásszárú ültetvényeket, míg mások a repce, kukorica termőterületét növelnék szívesen.

Lukács József vezető főtanácsos az Őstermelő 2006. június-júliusi számának 67. oldalán azt írja, hogy 2010-re a 2%-os (?) bioetanol célkitűzés 59 millió liter, biodízel esetében ez 56 millió liter. Ekkora etanolmennyiség előállításra 50-60 ezer hektárt, biodízeltre 40-50 ezer hektárt kalkulált. Szerinte ez gond nélkül növelhető 200-300, illetve 80-100 ezer hektár nagyságrendig.

Rénes János szerint Magyarországon kb. 1 millió ha olyan termőterület van, amelynek terméke nem hiányozna az élelmiszerpiacról. Ez a potenciál kb. 10 atrotonna/ha/év hozamú, és 18 GJ/atrotonna fűtőértékkel és 36% villamos hatásfokkal számolva, ekkora területen hazánk villamos energia felhasználásának közel feléhez meg lehetne termelni a tüzelőanyagot. A hivatkozott 1 millió hektárnyi energiaültetvénnyel a 2008-as évi árak mellett nemzetgazdasági szinten évente kb. 120 milliárd forint értékű kibocsátási egységet lehet megtakarítani, ill. értékesíteni. (Rénes János: A rövid vágásfordulójú fás szárú energiaültetvények klímavédelmi és gazdasági jelentősége, Bioenergia, 2008. III. évfolyam, 2. szám)

Bai Attila szerint 2007-ben a nem hasznosított mező-gazdasági területek nagysága 240 ezer ha volt. (Bai Attila, 2008)

Az agrártárca szerint Magyarországon 800 ezer, az Európai Környezeti Ügynökség szerint 413 ezer ha vonható be a termelésbe környezetbarát módon.

Kohlheb Norbert elemzése szerint Magyarországon 3,9 millió ha jó minőségű szántóterület áll rendelkezésre, mind az élelmiszeripari, mind az energetikai termeszéshez. A lakosság primér élelmiszeripari energiafogyasztása 200-400 PJ és növekvő tendenciát mutat. Ennek az energia-mennyiségnek az előállításához búzából 3,8-5 millió ha területre lenne szükség. Ha a jelenlegi szántóterületek majdnem felét energiatermelésre fordítjuk, akkor az élelmiszer szükségleteinket importból kell fedeznünk, ami függőséget, kockázatot okoz. (Kohlheb N. et al., Bioenergia, 2007.II.évfolyam, 4. szám)

Még az egymásnak ellentmondó vélekedésekből is látható, hogy az élelmiszer és energiaigény együttesen nem elégíthető ki. 2006-ban 2,1 milliárd liter benzint és 3,2 milliárd liter gázolajat fogyasztottunk. Mivel nem tudjuk, hogy 2010-ben mennyi lesz a fogyasztásunk, így maradjunk annál, hogy a jelenlegi fogyasztás 5,75%-át kellene helyettesíteni. A teljes benzin- és dízeligény helyettesítése, hektáronként és évenként 1000-1200 liter etanollal és 1200-1400 liter biodízellel számolva, kb. 2-2 millió hektáron kielégíthető. Ez már megközelíti az ország jelenlegi szántóföldi területét (4509 ezer hektár), s akkor még nem termeltünk élelmiszert.

Reálisan, ha elfogadjuk a főtanácsos által javasolt lehetőségeket, akkor 400 ezer hektárral, s a legjobb hozamokkal számolva cirka 500 millió liter bioüzemanyagot állíthatunk elő, amely 10%-os helyettesítési érték körül mozog. Ezek mellett teljesen irreális az a sokat hangoztatott elképzelés, hogy a bioüzemanyag-alapanyag jelentős exporthoz juttatná hazánkat. Mert vagy itthon helyettesítünk, ami muszáj, vagy exportálunk.

A teljes energiafelhasználásunk helyettesítésének területi korlátait mutatja a repce esete is. A repce hektáronként 3 tonna/ha/év (nálunk ilyen átlagtermés nem jellemző) terméskor adna 1,45 tonna repceolajt, amelynek fűtőértéke 40MJ/kg. Ez 58 GJ/ha/év. 9,3 millió hektáron ez 539,4 PJ. A teljes átlagos energiaigénynek tehát kb. a felét lehetne kielégíteni repceből. A szakirodalom szerint ennyi tiszta energia megtermeléséhez a repce esetében fele energiameennyiséget kell befektetni.

A jelen célkitűzéseinel maradván, ha a megújuló energiaforrásokkal való helyettesítést biomassza segítségével akarnánk megoldani, akkor a szántóföldi energianövény igény 1,6 millió hektáron elégíthető ki, a zöld áram termelési kapacitás területi igénye pedig 600 ezer ha. Ehhez jön még az élelmiszerellátáshoz szükséges terület, amely a bizonytalan termésátlagok miatt 3,9-5 millió hektár között változik. Vagyis a területi vetélkedés már ezen a szinten is veszélyeztetheti az élelmiszerellátás biztonságát.

Terület-felhasználási vetélkedés, és társadalmi vonatkozások

A terület-felhasználással kapcsolatos probléma abban csúcsosodik ki, hogy több, egymással vetélkedő felhasználási igény jelenik meg. Már utaltunk az energetikai célú biomassza-termelés belső vetélkedésére, de a legkényesebb kérdés a más célú használatok közötti érdekellentét. Szintén Monbiot hívta fel arra a figyelmet, hogy a megújuló energiaforrások termelése a valóságban az élelmiszertermeléssel és a természetvédelmi célú területhasználattal vetélkedik, más terület-felhasználási módok mellett. Az energiaétvágy fokozódása, és a szűkülő fosszilis energiakínálat, valamint a félreértelmezett környezetpolitikai célkitűzések már jelen pillanatban, az olcsó fosszilis tüzelőanyagok rendelkezésre állásánál is rákényszerítették az embereket a biomassza termelésre.

Az is világos, ha nő a bioüzemanyagok használatának kényszere, akkor nő a kereslet az alapanyagok iránt. A kereslettel nő az ár, s ha nő az ár, többen látnak lehetőséget a jövedelmezőségre. Ez pedig a termőterületek növekedéséhez vezet, amely pedig a természet kárára történik. Így nem nehéz kitalálni, hogy ennek a területhasználati vetélkedésnek először a természetes ökoszisztémák esnek áldozatul, majd pedig az élelmiszer-alapanyag-termelés. Ezen a téren is - mint más európai környezetjavítási szándékok esetében történt - a környezeti terhek harmadik világra történő áthárítása várható. Mivel kevés jogilag védett természetes ökoszisztéma áll rendelkezésre a Közösség országaiban, ezért az élelmiszer- és energiacélú alapanyag-termelésnek osztoznia kell a földterületen. A logikus osztozkodás, hogy a jelenlegi túltermelést helyettesítik energetikai célú termesztéssel. Ezek a készletek azonban messze nem elegendőek a még csak kezdeti környezetpolitikai célok eléréséhez, ezért nyilván a külföldi beszerzés felé kell fordulni. Ez azért is logikusabb, mert a déli országok termőhelyi adottságai miatt ott található a nagyobb kihozatali potenciával rendelkező, megújuló energetikai alapanyagok.

Globális léptékű területi átterhelések

Az EU „A bioüzemanyagok terén elért haladásról szóló jelentésének” becslése szerint etanol alapanyagok esetében 22%, biodízel alapanyagok esetében 54%-os importtal lehet elérni a kitűzött, rövid távú célokat. Az import miatt nyilvánvaló, hogy a termelés ökológiai terhei az Unión kívül csapódnak le. Az Ecofys (2008) becslése szerint a 7%-os célkitűzéshez az

EU-n kívül 4,9 millió ha terület átalakítására van szükség, vagy 10 millióra, a 14%-os célkitűzés esetében. Teljesen nyilvánvaló, hogy a célkitűzések kijelölésénél erre vonatkozó hatásvizsgálatokat nem végeztek el.

A szójabab és a cukornád ültetvények a dél-amerikai országokban, a pálmaültetvények Indonéziában, s más délnyugat-ázsiai és afrikai országokban, eddig is a fő okát képezték a trópusi erdők degradációjának. Például Malajziában, 1985 és 2000 között, a pálmaültetvények az erdőirtások 87%-áért voltak felelősek. A trópusi erdők pusztulása enélkül is rohamléptekben folyik.

„Több mint hetvenmillió hektár, azaz 700 ezer négyzet-kilométernyi erdőt veszített a Föld 1990 és 2005 között - áll az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete, a FAO egyik jelentésében. Latin-Amerikában 1990 és 2005 között 64 millió hektár erdő tűnt el, a világ teljes erdőkészletének 7%-a. Afrikában ugyanezen idő alatt 8 millió hektár erdőt pusztítottak ki.” (FigyelőNet, 2009)

Nem kétséges, hogy az európai exportra számító fejlődő világ saját gazdaságának növekedése érdekében feláldozza a még maradék természetet. A maláj kormány nemrég jelentette be, hogy megépíti ötödik biodízel-finomítóját, miközben az országban, akárcsak Indonéziában az őserdőt nagy iramban szorítják vissza az olajpálma-ültetvények, ráadásul az erdők felégetése és mocsarak lecsapolása metán és széndioxid-kibocsátással jár. Az Európában felhasznált bioüzemanyag nagy részét Brazíliában gyártanák, ahol viszont az Amazonas esőerdejét irtják ki a termőföldért. A kedvező piaci helyzet valószínűleg a brazil cukornádtermelés bővítését fogja eredményezni, az elemzők a termelés 47%-os növekedésével számolnak 2005 és 2015 között. Brazília termőterülete mintegy 850 millió hektár, ebből 320 millió hektár a mezőgazdasági terület, a szántók és ültetvények területe együttesen 60,4 millió hektár. A cukornád ültetvények területe jelenleg 5,3 millió hektár, de ez akár hússzorosára is bővíthető. Afrikában új keletű a földterületek agroüzemanyag termesztésre történő bekebelezése, de mindössze öt országban (Etiópia, Ghána, Madagaszkár, Mali, Szudán) máris 1,1 millió hektáron kezdték meg a termelést export céljára (Actionaid, 2010).

Az Európai Unió ugyan látja, hogy törekvéseinek az őserdők esnek majd áldozatául, de úgy vélik, hogy a bioüzemanyag-alapanyagok termelésére megállapított adminisztratív szabályozással elejét lehet venni a nagyobb pusztításnak. Az Actionaid tanulmánya szerint az EU 10%-os helyettesítési célkitűzése önmagában 17,5 millió hektárral bővíti majd a területfelhasználást a fejlődő világban. Másként gondolkodik a Föld Barátai nemzetközi szervezet is, akik 2008-ban állásfoglalásban sürgették

az olajpálma-ültetvények terjeszkedésének jogi eljárásokkal történő leállítását és olyan intézkedések bevezetését, melyek véget vetnek a természetes ökoszisztémák gazdasági okok miatti pusztulásának. Hatékony földreform bevezetését, valamint a helyi emberektől elvett földek visszajuttatását javasolják, a bioüzemanyagok támogatásának megszüntetése mellett.

Sajátos példája az átterheléseknek Brazília és Németország kétoldalú energiaügyi megállapodása, amelynek értelmében Brazília ellátná bioetanolal Németországot, cserébe az atomenergiában érdekelt cégek befektetési lehetőséget kapnának Brazíliában. Miközben Németország évtizedek óta azon dolgozik, hogy megszabaduljon az atomenergiától, és teret nyerve a szélid, megújuló energiaforrások, a kormány Dél-Amerikában a drága, veszélyes atomenergia terjesztésén ügyködik. (2008, www.zoldhullam.blog.fn.hu) Nem mellesleg a bioetanol kitermelés területi igénye is Brazíliában jelenne meg környezeti teherként.

Az átterhelések létrejötte esetleg csökkenthető lenne, ha szabályozások segítségével a biomassza energia-ültetvények korlátozhatók lennének csak az elhagyott és fölösleges területekre. Houghton és társai a trópusi területek egykori erdőterületeire alapozva, melyek jelenleg nincsenek mezőgazdaságba vagy egyéb hasznosításba bevonva, úgy becsülik, hogy világviszonylatban a rendelkezésre álló degradált területek összesen 500 millió ha-t tesznek ki, ebből Ázsiában 100, Latin-Amerikában 100 és Afrikában 300 millió ha van [Houghton, R. et al. (1991) Current land use in the tropics and its potential for sequestering carbon.].

Ebből kiindulva Hoogwijk és társai úgy becsülik, hogy ha ezen területek teljes nettó elsődleges produkcióját etanol előállítására fordítanák, egy hatékony technológia mellett, akkor a világ energiaszükségletének a 20-35 %-át tudnák fedezni. [Hoogwijk, M. et al. (2003) és Tilman, D. et al. (2006)]

Az élelmiszer-termeléssel való vetélkedés, és hatása az élelmiszer árakra

Amennyiben az összes cukor, keményítő és olajtartalmú, jelenleg termelt mezőgazdasági alapanyagot bioüzemanyaggá alakítanánk át, úgy az összes fosszilis üzemanyag alig több mint 10%-át helyettesíthetnénk!

A jelenlegi technológia mellett, ha a világ teljes kukorica, cukornád, szója, és pálmaolaj mennyiségét folyékony üzemanyagra fordítanánk, akkor a világ fosszilis üzemanyagának a 3%-ának megfelelő energia üzemanyagát tenné ki, és a világ fosszilis üzemanyagaiból nyert elsődleges energiájának kb. 1,2%-át adná. [Christopher B. Field, J. Elliott Campbell and David B. Lobell (2007) Biomass energy: the scale of the potential resource - Table 1]

Amennyiben az USA (a világ legnagyobb kukorica alapú etanol gyártója) a teljes kukorica terméséből etanolt gyártana akkor az ebből előállítható etanollal a benzinfogyasztásának 17%-át helyettesíthetné. A világ össz-kukorica-termését felhasználva is, csak a jelenlegi szükségletek 40%-át fedezhetné. (Makay György: Bioetanol vagy élelmiszer, Bioenergia, 2008. III. évfolyam, 2. szám)

A helyzetet súlyosbítja, hogy a világ élelmiszerellátásához becslések szerint 2020-ra kb. 200-500 millió hektár újabb mezőgazdasági területekre lenne szükség, a jelenlegi 1500 millió hektár mellé (RFA- CE Delft, 2008). A FAO előrevetítései szerint, az élelmiszer-előállításához szükséges területek 2030-ra a fejlődő országokban jelentősen megnőnek: 1999-hez képest 120 millió ha-ral fog bővülni a mezőgazdasági területek nagysága. A Szub-szaharai Afrikában 60 millió ha és Latin-Amerikában, Karib-szigeteken 31 millió hektárral fog növekedni. [Bruinsma, J., ed, (2003) World Agriculture: Towards 2015/2030: an FAO Perspective, Earthscan]

Ugyanakkor azt tapasztaljuk, hogy a világ népessége évente 80 millió fővel gyarapodik, gyorsabban, mint az ellátásukhoz szükséges gabonatermelés volumenének bővülése, amely a szükséges növekedés 1/3-val növekszik csupán. Ehhez járul még hozzá, hogy a gabonafélék normál hozamnövelése az 1970-es évekbeli átlagos évi 3-5%-ról lecsökkent évi 1-2%-ra. Azt sem szabad elfelejteni, hogy az éhezők száma évről évre növekszik, és 2010-re meghaladta az egymilliárd főt.

Ezekből a számokból nagyon jól látszik a potenciális veszély. Ma a világon a fosszilis üzemanyagoknak kereken az 1%-át helyettesítik biológiai eredetűvel, és már ezen a szinten is kérdőjelek merültek fel a bioüzemanyagok élelmiszerár-felhajtó szerepével kapcsolatban.

Egyes kutatók az élelmiszerek áremelkedésének 75 százalékát [The Guardian, 2008], mások 10-30 százalékát [pl. IFPRI, 2008] a bioüzemanyagok iránti kereslet megugrásának tulajdonítják. Collins [2008] szerint az etanolgyártás kukorica-felhasználása 25-50 százalékban járult hozzá a termés árának emelkedéséhez (ez esetben a kukorica termelői árának növekedéséről van szó). (Popp József, Potori Norbert: Az élelmiszer-, energia- és környezetbiztonság összefüggéseiről).

Az Actionaid tanulmánya szerint (Meals per gallon, 2010) az agroüzemanyagok a 2008-as élelmiszerárak növekedéséhez legkevesebb harminc százalékban járultak hozzá, továbbá ez 100 millió ember szegénységét, és 30 millió éhségét okozta (Világbank, 2008). A szervezet 2020-ig, amennyiben a globális agroüzemanyagra vonatkozó célkitűzések teljesülnek, további 76%-os élelmiszerár emelkedést prognosztizál ennek következtében. Szerintük ez további 600 millió ember szegénységbe jutását eredményezné.

Természetesen az élelmiszerárakat számos tényező együttesen határozza meg, így túlzás lenne az árnövekedést kizárólag csak a bioüzemanyagok számlájára írni. Azt is látni kell, hogy az élelmiszerárak egy-egy évben lényegesen megdrágulhatnak piaci okok miatt, amelyet a kínálat-kereslet változása, a termelési eredmények és támogatások mozgatnak elsősorban. Más vélemények szerint a korábbi, három évtized neoliberais gazdaságpolitikája, a privatizáció, és a szabadpiaci megállapodások kumulatív hatásai állnak az árak emelkedése mögött. Az egyes nemzetek élelmiszer-önellátása szinte mindenhol felbomlott, helyét a növekvő agrárexport vette át, amelyet óriási állami támogatások kísérték az adófizetők pénzéből (Rosset 2006).

A krízis rövid távú okai között szerepel, hogy a spekuláns elemek hirtelen betörték az élelmiszerpiacra (fedezetek, indexek, kockázati alapok kerültek a gabona és egyéb élelmiszer piacra) és kaszinójáték-szerűen fogadtak, hazárdíroztak az élelmiszerpiacon. Kétségtelen, hogy a bioüzemanyagok is hozzájárultak az élelmiszerárak ugrásszerű növekedéséhez.

Talán egy nagyon óvatos következtetést azért levonhatunk, nevezetesen az élelmiszerárak hosszú távra visszatekintve drágulnak. Erre utal az is, hogy ugyan a gazdasági válságban csökkentek, de nem tértek vissza a megelőző alacsony szintre.

2006-2008 között a FAO statisztikája szerint az átlagos élelmiszerár-index 60%-al nőtt, ezen belül a kukorica árak kétszeresen növekedtek (Potori, 2008)

Az USA etanol célú kukorica felhasználása 2005/06-hoz képest 199,5%-kal nőtt, 40,5 millió tonnáról 81,2 millió tonnára. 2005-ben az összes kukoricatermés 67,4%-át takarmányozásra, 17,5%-ot etanolra, 15,1%-ot élelmiszerként használták fel. A 2007/2008 szezonban ez az arány a következőképpen változott: 56,6% takarmány, 30,4% etanol, 13,0% élelmiszer. A kukorica 14%-os területi növekedése a szójatermesztés rovására ment, hatása a szója árának emelkedésében mutatkozik meg.

A termesztett gabona felhasználásának aránya globálisan is az energetikai célú használat irányába növekszik. 2008-ról 2009-re a gabonatermelés

teljesítménye 1,3%-kal nőtt. Ebből a 155 millió tonnás növekményből majdnem harmad részét vette ki a részét az ipari felhasználás. Összességében az élelmiszercélú felhasználás 1,5%-kal, a takarmány célú 3,3%-kal, az egyéb célú pedig 11,7%-kal nőtt.

Amennyiben nem marad bevonható termőföld - jelenleg a szárazföldi területek egynegyede mezőgazdasági művelés alatt áll – akkor megkezdődhet a vetélkedés az élelmiszeripari és energetikai célú alapanyag-termelés között, ezáltal azok között, akik csak a létfenntartási szükségleteiket szeretnék kielégíteni, illetve akik nemcsak jóllakni képesek, de autójukat is feltankolni. Nem kétséges, hogy melyik érdekcsoport képes érdekeit érvényesíteni, illetve mindezt megfizetni. A társadalmi polarizáció tehát még a biomassa termelés okán is nőhet, mégpedig jelentősen. Monbiot írásának címe pontosan erre utal: Ki lakjon jól? Az ember vagy az autó?

“Egy terepjáró közel százliteres tankjának megtöltéséhez etanollal 204 kiló kukoricára van szükség. Az ekkora mennyiség kalóriatartalma egy felnőtt egész éves táplálásához elég (McNeely, 2007). Ha ez így megy tovább, hús évben belül 600 millióval többen éheznek majd - állítja a Nemzetközi Gabonatanács.” (forrás: <http://index.hu/gazdasag/vilag/bio070612/>)

A szegényekre leselkedő veszély nemcsak az élelmiszer szűkösségében, hanem az élelmiszerárak jelentős növekedésében is megnyilvánulhat. Az energetikai célú növényi termékek iránti keresletfokozódás, már ebben a kezdeti stádiumban (világméretben 1%-os helyettesítési szinten állunk) is érezteti árfelhajtó hatását. Az eddigi tapasztalatok ezt látszanak alátámasztani.

A Nemzetközi Valutaalap szerint a világ élelmiszerárai 2006-ban 10%-kal emelkedtek a kukorica, búza, szójabab árak emelkedése miatt. Ennek okaként a kereslet növekedését említik, amely jelentős részben a bioüzemanyagok miatt állt elő.

Az etanol előállítására felhasznált élelmiszergabona, mint például a kukorica, súlyos élelmezési és etikai aggodalmakat vet fel, mivel a világ népességének 60%-a már így is éhezik (3,7 milliárd - WHO). Az USA-ban az etanolhoz felhasznált kukorica az élelmiszerárak növekedéséhez vezetett. Drágább lett a marhahús, csirkehús, disznóhús, a tojás, a kenyér, a különböző gabonák, valamint a tej is.

Szintén az USA-ban 28,35 milliárd liter bioüzemanyag előállítása esetében a növényi olaj ára 20%-kal emelkedett. (OECD, 2006)
Az EU 5,75%-os célkitűzése következtében a cukor ára 60%-kal emelkedett (OECD, 2006)

A jövőt illetően is egyöntetűek a prognózisok. A Nemzetközi Élelmiszerpolitikai Kutató Intézet (IFPRI) az áruktól függően, jó esetben 16 és 43%-os, de legrosszabb esetben 30 és 76%-os élelmiszer áremelkedést jósol 2020-ig.

Az USA-ban az etanolszektor bővítése a jövőben felveti azt a kérdést, hogy honnan szerzik be a gyártáshoz szükséges kukoricát. Míg 2005-ben 40 millió tonna kukoricát használtak fel etanolgyártáshoz, 2010-ben már legalább ennek a duplájára lesz szükség, amely kukoricatöbblet az exportmennyiség terhére biztosítható.

Az EU 10%-os célkitűzése esetében a gabonafélék ára 3,5%-kal, a repcéé 8-10%-kal, a napraforgóé 15%-kal fog emelkedni (EU, 2007b). Banse és társai 2008-ban végzett elemzése szerint, ugyancsak az EU 10%-os helyettesítési céljának megvalósítása esetén a gabonafélék 6%-kal, az olajmagvak 8%-kal, a cukor 3%-kal drágul majd.

Magyarországon is felfedhetünk egy-két összefüggést, amely előre vetíti az élelmiszerárak emelkedését. A már meglévő, és várhatóan átadásra kerülő bioetanol-előállítási kapacitások túlzottan tekinthetők, amellyel aligha tud lépést tartani a hazai alapanyag-termelés. A szabályozásból következő nyomás a bioüzemanyagok iránt előidézheti, hogy gabona-behozatalra szorulunk. Ez nyilván kedvezőtlenül befolyásolná a takarmányárakat is, ami veszélyeztetné a hazai állattenyésztési ágazatok jövedelmezőségét is, de kihatna az élelmiszerárakra is. Ennek ellenére 2009 őszén kiírták a KEOP pályázatát, amely 5 milliárd forint értékben nyújt támogatást a nagy és közepes biomassza üzemek létesítéséhez.

Közpénzen nyújtott állami támogatások

Aglobalizált világgazdaság sikerének egyik kulcsa a hasznok magánosítása mellett a terhek áthárítása a társadalomra. Teljesen nyilvánvaló, hogy közpénzből csak olyan tevékenységeket szabadna támogatni, amely nem szolgálja ki ezt a modellt, vagyis nem okoz még nagyobb fizetési kényszert a társadalomnak. A modell megvalósulásának legfontosabb kulcsa a mesterségesen alacsonyan tartott fosszilis erőforrás ár. A felhasználó nem fizeti meg az általa irreverzibilisen elhasznált erőforrás helyettesítési értékét, sőt, az elégetett erőforrás környezeti terheit a társadalom viseli és fizeti meg. Eddig túlzottan alacsonyra becsültük ezt az arát, de a fosszilis készletek megcsappanásával, és az éghajlatváltozás megjelenő költségeivel a valós ár kezd nyilvánvalóvá válni. A hab a tortán, amikor a társadalom nevében a döntéshozók még közpénzen támogatják is ezt a modellt.

2007-ben a 20 legnagyobb nem OECD országban 310 milliárd dollár volt az energiafogyasztási támogatás (ebből az olajtámogatás 150 milliárd dollárt tett ki). Világszerte, az olajhasználók többsége nem azt az olajárat fizeti, mely a nemzetközi olajpiaci árakat tükrözné. (WEO- 2008 Fact sheet)

A biomasszából kitermelt energia támogatása a mesterségesen alacsonyan tartott fosszilis erőforrás árak mellett elkerülhetetlen. „Míg a környezeti értékek a piacon nincsenek kellőképpen árazva, addig erőteljes ösztönzőkkel járulnak hozzá a kormányok a természetes ökoszisztémák, mint pl. az erdők, nedves élőhelyek, legelők, átalakításához bioenergia ültetvényekké” figyelmeztetett az OECD 2007-es jelentésében. Egyben javasolja az államoknak, hogy a bioüzemanyagok támogatását szüntessék meg, és helyette „technológia-semleges” szénadót vezessenek be, mely a piacot arra ösztönzi, hogy a leghatékonyabb módon csökkentsék a széndioxid-kibocsátását. (Andrew Bounds: OECD warns against biofuels subsidies, 2007)

Mindaddig, amíg a helyes útmutatás nem valósul meg, bizonyos biomassza felhasználási módok, főleg a bioüzemanyagok terén megmarad a közpénzen nyújtott támogatás.

A bioüzemanyagoknak nyújtott támogatások

Magyarország

A biokomponensek felhasználását ösztönzi az adótörvény, melynek értelmében 2007. július 1-jétől literenként nyolc forinttal több jövedéki adót kell fizetni a gyártóknak, ha a benzinben a biorész aránya nem éri el a 4,4%-ot, míg a gázolajra ugyanez vonatkozik 2008. január 1-jétől. Adómentességet kapott viszont az E85-ös üzemanyag 2007. január elsejétől. Az E85-ös hajtóanyagba legalább 85%-ban kell bioetanol keverni.

EU

Mivel a Brazíliában előállított etanol olcsóbban érkezik az európai kikötőkbe, mint a kontinensen megtermelt alkohol, az Unió a belső piacot védővámokkal segíti, melynek értéke 19,2 USA cent/liter. A WTO nyomására az EU köteles eltörölni a külső vámrendszerét és ezzel párhuzamosan a közvetlen támogatási rendszerét is át kell alakítania 2013-ig.

A Közös Agrárpolitika által kijelölt támogatási rendszer azokat a termelőket, területeket támogatja, melyek már állami támogatás nélkül is életképesek. Az Európai Mezőgazdasági Garancia- és Orientációs Alap (EMOGA)

forrásainak 80%-a a gazdák azon 20%-ának jutott, akik a termőterület 50%-ával rendelkeztek, így hozzájárultak a termékfelesleg kialakulásához. (Réczey G.: A biomassza felhasználásának hosszú távú lehetőségei az EU támogatási rendszerének tükrébe, Bionergia, 2007.II. évfolyam 5. szám) Az Unióban 18,7 euro/hektár energiaprémium támogatást ajánlanak a bioüzemanyag nyersanyag termelésre.

Az EU bioüzemanyagokra vonatkozó irányelv felülvizsgálati jelentés vitaanyagára („A „bioüzemanyagok terén elért haladásról szóló jelentés”), a Biofuelwatch bioüzemanyagok elleni moratóriumra tett javaslatára a Bizottság a következőképpen reagált: egy bioüzemanyag elleni moratórium ellentmondásos megközelítés, és kevésbé logikus, mert a legagresszívebben terjedő bioüzemanyag termelők nem az EU-ban vannak, hanem a tengeren túl. Brazílián és Indonézián kívül nem lehet bioüzemanyag exportstratégiáról beszélni. Még Brazília is visszafogta 20%-kal az etanol exportot, hogy az ország növekvő szükségleteit ki tudja elégíteni. Az EU jelenleg kis mennyiségű bioüzemanyagot importál, magas vámtarifák mellett. A valóság az, hogy a termelő országok saját használatukra termelik, legyen az EU, USA, Brazília, Szenegál, Dél-Afrika, vagy India. A bioüzemanyagok elterjedésének fő hajtóereje a fejlődő országokban nem a „mohó Észak” kielégítése a bioüzemanyagokkal, hanem a fejlődő országokban hirtelen növekvő fogyasztói osztály megjelenése okozza a problémát. Indiában már 100 millió ember az iparosodott országok életformáját követi.

Milyen hatása lehet egy moratóriumnak, mely a bioüzemanyagok támogatása ellen szól?

Az EU-ban jelenleg felhasznált bioüzemanyagok 90%-a EU gazdák által termelt, a piac jelenleg teljes mértékben függ ezektől a támogatásoktól. Ezek nélkül hirtelen összeomolna a bioüzemanyag gyártás. Bizonyos értelemben, az EU-ban nagy méretű monokultúrákon történik az „alapanyag” termesztés, de korántsem akkora területeken, mint Brazíliában vagy Indonéziában. Míg egy moratórium az EU-ban tönkretenné a bioüzemanyagokat, addig a nagy termelő országokra igen kis hatással lenne, és a legkisebb problémát okozókat büntetné.

Egyetértenek viszont azzal, hogy a támogatásokat beszüntessék az erőművek kiszolgálására felhasznált pálmaolajakra, mint pl. Németország esetében. Az EU-ba importált összes pálmaolaj mennyiség alig 5%-a megy bioüzemanyagok előállítására. Az intenzív mezőgazdasági termelést illetően, emlékeztetett a Bizottság, hogy a bioüzemanyag termelés csak kis százalékban okoz problémát az ÜHG kibocsátást illetően. Az állattenyésztés pl. 18%-ban járul hozzá az ember által okozott ÜHG kibocsátáshoz, és csak növekszik a húsigény növekedéssel együtt. Az EU-ban termesztett 260 millió tonna gabona 58%-a az állattenyésztést, és alig 1 %-a a bioüzemanyag előállítást látja el. A Németországnak importált szója Brazíliából, 2 millió hektáron terem, ami a német mezőgazdasági területek 10%-át jelenti. Azt lehet mondani, hogy ez a terület Brazíliában

a német húsfogyasztóknak van allokálva. Értelmetlen csak a bioüzemanyagokra megszabni a fenntarthatósági kritériumokat, anélkül, hogy ez az egész mezőgazdaságra ne vonatkozna. (Response to the Biofuelwatch comments to discussion paper, Gerald Knauf, Jürgen Maier)

Az Actionaid szerint 2006-ban az EU agroüzemanyag ipara 4,4 milliárd euró támogatást kapott, és amennyiben a 2020-as 10%-os célt teljesíteni szeretnék, akkor évente 13,7 milliárd eurós támogatásra lesz szükség. (forrás: Meals per gallon, 2010)

India

40%-os támogatási kölcsönt nyújt a kormány azon cukorgyáraknak, melyek etanol előállításra állnak át.

Brazília

A benzinhez képest alacsonyabb adóval ösztönzi az etanol vásárlást.

USA

Adó visszatérítést nyújt az etanol keverésére gallononként (3,78l) 0,51 dollárt, és 1,00 dollárt gallononként a növényi és állati eredetű biodízelle, míg 0,50 dollárt az újrahasznosított étolajra. William Coyle (2007),*The Future of Biofuels -A Global Perspective*

Az USA-ban különböző programokon keresztül, az etanol támogatása 5 milliárd dollár, és a támogatások már 25-30 éve léteznek (J. Sterlicchi: *Inside the Ethanol Subsidies Controversy*, 2009). Ugyanakkor a kormány az energiától való függetlenedés nevében a nap- vagy szélenergia hasznosítók részére nem nyújt támogatást.

Indonézia

Támogatást nyújt a bioüzemanyag termeléshez 2009-től, de csak abban az esetben, ha a bioüzemanyag árak magasabbak, mint a hagyományos üzemanyag ára. Ez az anyagi támogatás átlagban 1000 rúpia (0,08 dollár) literenként. Az olajpálma alapú biodízelle: 5800 rúpia/liter, ez kb. 1500 rúpiával drágább, mint a hagyományos dízel.

A PT Pertamina (állami cég) tervei szerint 2009-ben eladásra kerülő agroüzemanyag 774,5 milliárd rúpiába fog kerülni az államnak.(Forrás: UK Reuters, 2009)

Társadalmi szempontból is további hatásokat kell fontolóra venni. A szuperintenzív monokultúrák - hiszen az energetikai célú termesztés nagy táblaméreteket igényel - tovább torzíthatják a birtokviszonyokat. A Föld Barátai Európa szerint az intenzitás növekedése további birtokkoncentrációval fenyeget. Például ma Brazíliában a területek 46%-a koncentrálódik a vidéki népesség mindössze 1%-ának kezében, ami azt jelenti, hogy a földtulajdonosoknak el kellett hagyni földjeiket és korábbi foglalkozásukat. Ők a városok szegényebb negyedeibe költözhetnek vagy erdőirtással próbálták újabb területeket szerezni.

Egyre több hír számol be arról, hogy az őslakosok, helyi közösségek által művelt föld nemzetközi konzorciumok birtokába kerül, vagy az őslakosokat erőszakkal távolítják el lakóhelyükről. Indonéziában többször előfordult, hogy az őslakók földjét egyik napról a másikra legyalulták, és elvették olajpálma termesztés céljára. A jelenséget csak fokozza a jelzáloghitel után kialakult krízis, amely során a befektetők érdeklődése új befektetési ágazatok irányába fordult, mint például föld, vízbázisok, bioüzemanyag biznisz (Gordon, 2008, Shattuk, 2008). Furcsa, hogy az elmúlt 20-30 évben a gazdálkodók világszerte az alacsony élelmiszerárak miatt rákényszerültek arra, hogy lemondjanak a gazdálkodásról, elhagyják földjeiket, és nemzeti, nemzetközi szintű migrációra kényszerüljenek, ugyanakkor mostanában a magas élelmiszerárak krízisét éljük, és megnőtt az érdeklődés a föld iránt.

A helyi emberek félelme a multinacionális vállalatok terjeszkedésétől igazoltnak látszik. Az agrobiznisz kezeiben tartott, egyre növekvő monokultúrák következtében a helyi lakosokat világszerte (Indonézia, Brazília, Equádor, Argentína, stb.) néha erőszakkal telepítik ki, akik rendszerint a nagyvárosok gettóiba kerülnek.

Az ENSZ őslakosokkal foglalkozó fórumának jelentése szerint világszerte 60 millió őslakost fenyeget lakóhelyének elhagyásával az agroüzemanyag termelés érdekében folytatott földszerzés.

Néhány eset már napvilágot látott, amikor bizonyítást nyert, hogy bioüzemanyag-termelésben érdekelt cégek illegálisan vágta ki őserdőket. A legismertebb eset az ún. Wilmar-botrány. A Wilmar cég a világ egyik legjelentősebb biodízel előállítója, akit Indonéziában azzal vádolnak, hogy engedély nélkül termelt le olyan területeket, amelyek nem tartoztak a koncesszióba adott területek közé, hanem helyi közösségek tulajdonát képezték (Sterling, T.: The Associated Press, 2007).

Kolumbiában fegyveres erővel, erőszakkal üldözték el bizonyos területekről

helyi lakókat az olajpálma ültetvények érdekében. A legtöbb kilakoltatott tulajdonát képező földet illegálisan szerzik meg.

Paraguayban, átlagosan évente 70 000 ember hagyja el a falvakat, és költözik a nagyvárosokba. A földtulajdonosok 1%-a a földek 77%-át birtokolja, a összes termelő 40%-a 0,5-5 ha nagyságú földeket művel. Mindezekhez még hozzáadódik, hogy a kormány szándéknyilatkozatot írt alá arról, hogy az EU-nak szóját exportál a jövőben. A 2,4 millió ha szójaültetvényt 4 millió ha-ra szándékszik a kormány növelni, melynek következménye az lesz, hogy a maradék földtulajdonost is ellehetetlenítik.

A BBC arról számolt be, hogy fejlődő országok kormányai, karöltve a bioüzemanyag cégekkel, az őslakosokat és parasztokat kiszorítják a földjükről, s a hagyományos környezetkímélő gazdálkodás helyett intenzív monokultúrákat hoznak létre. (Harrabin, R., BBC News)

Pápua Új-Guinea Oro tartományában a helyiek nemzetközi segítséget kérnek, mert a Világbank új kölcsönt biztosított az olajpálma ültetvények kiterjesztésére. A helyi közösségek cáfolták azokat az állításokat, miszerint az új ültetvények csökkentik a szegénységet és a helyi lakosok érdekeit szolgálnák. Úgy vélik, hogy az új fejlesztések kizárólag a bioüzemanyagot gyártó cégek javait szolgálják. A már meglévő olajpálma ültetvények már így is nagymértékű erdőirtást és szegénységet eredményeztek, nem beszélve az őslakosok jogainak megsértéséről. (World Rainforest Movement)

Az Indonéziában történtek megdöbbentő módon szemléltetik a helyi emberek kisémmizését. Nemzetközi konzorciumok, hitelintézmények igénybevételeivel nagy haszonnal kecsegtető kölcsönt ígérnek és adnak helyi parasztoknak, hogy földjeiken alakítsanak ki olajpálma ligeteket. A kölcsönt felemészti az átalakítás költsége, de a ligetek általában csak nyolc év után fordulnak termőre, hogy abból élni lehessen. Miután földjeiken megszüntették az önellátó és árutermelő tevékenységet, az átmeneti időre jövedelem nélkül maradnak, így idő előtt földjeik eladására kényszerülnek, amelyet a konzorcium szívesen felvásárol. Számos rászédett ember vált így földönfutóvá.

Társadalmi válaszok

A Via Campesina nemzetközi gazdálkodó szövetség alternatív javaslatot dolgozott ki, mely az országok élelmiszer-önrendelkezését hirdeti, és az államok helyi piacainak érdekeit képviseli. Véleményük szerint az élelmiszer-önrendelkezés megvalósítása a válasz a világ élelmiszerár krízisére. Céljuk a helyi élelmiszerpiac megvédése a spekulációtól és a

mesterségesen kiváltott magas és alacsony áraktól, az élelmiszerellátás biztonságának nemzeti szintű kezelése, a külföldi tulajdon kiiktatása, azonnali moratórium bevezetése az bioüzemanyagokra, a gazdaság agroökológiai alapokra helyezése, illetve az agroökológiai potenciál megőrzése.

Tudományosan bizonyított, hogy az ökológiai gazdálkodási rendszer sokkal nagyobb termelőkapacitással rendelkezik, jobb ellenálló képességgel bír a szárazsággal és egyéb szélsőséges időjárással szemben, és gazdasági szempontból fenntarthatóbb, hisz jóval kevesebb fosszilis üzemanyagot igényel. Luxus lenne tovább engedni, hogy a kőolaj árakhoz igazodjanak az élelmiszerárak. (Forrás: Rosset P.: Agrofuels, Food Sovereignty, and the Contemporary Food Crisis, Bulletin of Science, Technology & Society, June 2009)

A Grain nevű jótékonyági szervezet, farmerek és fejlődő országok helyi közösségeinek támogatásával szintén támadást intézett a növekvő bioüzemanyag biznisszel szemben. A szervezet - mellesleg a FAO-ra hivatkozva - megerősítette, hogy a bioüzemanyagok szénmegkötésben játszott szerepe kétséges.

A Föld Barátai 2007 tavaszán ugyancsak állásfoglalást bocsátott ki, amelyben összegzik a biomasszával kapcsolatos ellenérveket, s feltételeket fogalmaznak meg a hasznosítással kapcsolatban.

Dél-Amerikában, ahol az agroüzemanyag-alapanyagok előállítására már viszonylag magas szintet ért el, a helyi közösségek nem annyira bizakodók, mint a brazil elnök, aki a felemelkedés lehetőségét látja a bioüzemanyagok termelésében és kereskedelmében. Nevükben született az ún. Quitó-i nyilatkozat, amelynek keretében a helyi emberek függetlenségüket féltik a bioüzemanyag-üzlet szereplőitől.

A nyilatkozat szerint:

- Az energetikai mezőgazdasági alapanyagok tömegtermelése veszélyezteti a fennmaradt trópusi erdőket, amelyek viszont nélkülözhetetlenek az élet fennmaradásához.
- A bioüzemanyag termelése azoknak fog nagy hasznot hozni, akik érdekeltek a cukornád és pálma ültetvényekben, valamint azoknak, akik az erdőirtásért felelősek az Amazonas régióban.
- A bioüzemanyagok szabad utat jelentenek a genetikailag módosított gabonák számára, a vele járó számos hatással együtt.
- A létrejövő gazdasági hatalom miatt, az üzletemberek függőségre kényszerítenék a helyi farmereket, valamint az őslakos közösségeket, ez pedig az élelmiszer-önrendelkezés elvesztését eredményezné.

- Ha földjeinket az üzemanyag megtermeléséhez szükséges gabona művelésére áldoznánk fel, az azt eredményezné, hogy saját magunk helyett a gazdagok autóit kezdenék el etetni. Másrészt, pedig az ivóvízforrásainkat a mezőgazdaságból eredő mérgekkel szennyeznénk be, amely hatással lenne az egészségünkre és az életminőségünkre.
- A jelenlegi kormány előtt két alternatíva van: az agráripár vagy a sokféleséget és fenntarthatóságot mutató termelési modell visszaállítása, amely garantálná az élelmiszer-önrendelkezést, a tradicionális életforma folytathatóságát és a biológiai sokféleség megőrzését.

Az Unilever a világ legnagyobb pálmaolaj-felvásárló cége is moratóriumot hirdetett. Ennek oka, hogy az olajpálma ültetvények kiterjesztése lassan oda vezet, hogy Borneó indonéziai oldalán az összes esőerdőt kiirtják. Ez eddig átlagosan évente 2 millió hektár erdő elvesztését jelentette, nem beszélve az elpusztult élőhelyekről és számos faj populációjáról. Jakarta 2011-re szeretné megduplázni az olajpálma ültetvények számát. A helyi Föld Barátai szervezet szerint a borneói erdőirtás egy igazi „klímabomba”, amely óriási mértékben hozzájárul a globális felmelegedéshez, az óriási széndioxid kibocsátás miatt, ami az égetés közben a levegőbe jut.

Az Unilever fenntartható mezőgazdasági programjának a vezetője elmondta, „most már nyilvánvaló, hogy a klímaváltozás sokkal nagyobb és sürgősebb probléma, mint ahogy azt eddig gondoltuk”.

A területi versengés környezeti hatásai

A mezőgazdaság intenzitásának növelése

Környezeti szempontból a növekvő területéhség, s ennek következtében a természetes élőhelyek pusztulása mellett a másik veszély a mező- és erdőgazdálkodás intenzitásának további növekedése. Szaklapokban egymást túllicitáló terméseredményekről, energiakihozatalokról, s egyre jobb energiamérlegekről olvashatunk. Mint ahogyan láthattuk, a természetes erdő szerény energiatermelését tízszeresére növelik az energia célú faültetvények, termesztett haszonnövényeink termelését is tovább kell növelni a jobb termésátlagok, a magasabb gazdaságosság érdekében.

Az érdeklődés középpontjában itt is a hektáronkénti bioetanol-hozam növelése áll, amelyre két lehetőség kínálkozik: az átlag termés (intenzív fajtákkal és technológiákkal), valamint a szem keményítőtartalmának a növelése (speciális bioetanol hibridekkel).

A keményítőtartalom növelése azonban mindig csak más beltartalmi mutatók (főleg fehérjetartalom) rovására történhet, ami azt jelenti, hogy érdemes a gyakorlatban is más hibrideket, más technológiákkal termesztetni bioetanol-előállítására, illetve takarmányozási célra (Marton et al.).

Normál fajtáknál 353 liter/tonna, speciális fajtáknál 400 liter /tonna a bioetanol-kihozatal (Bai Attila, 2009). A gödöllői Szent István Egyetemen folyó kutatások több olyan hibridet vizsgálnak, amelyekből hagyományos fajtáknál tonnánként 8-12%-kal több, 400 litert meghaladó mennyiségű etilalkohol nyerhető ki.

A speciális bioetanol-fajták a hagyományosokhoz képest akár 18 Ft/l-rel is csökkenthetik a bioetanol önköltségét és már 105 dollár hordónkénti olajár esetén is versenyképesé tehetik előállítását. Ehhez azonban a max. 25 000 Ft/t kukoricaárak, a nagy üzeméret és a melléktermékek teljes mennyiségének hasznosítása elkerülhetetlen. (Bai A., Sipos M: A növénynevelés és az agrotechnika szerepe a bioetanol versenyképességében, Bioenergia, 2009. IV. évfolyam, 1. szám)

Természetesen egy adott termőhely, egy adott életközösség az éppen fennálló ökológiai körülményeknek megfelelő produkciókkal szolgálhat csak, s külső energiabefektetésre van szükség ahhoz, hogy a produkció nőjön. Nemcsak a közvetlen energiaköltségek - mint gépi munka energiafelhasználása - de az egész termesztési folyamat is közvetlen vagy közvetett energiabefektetéssel jár. Az öntözővíz, a műtrágya, a növényvédő szer, a szállítás stb., mind energiát testesít meg, s természetesen minden kibocsátás is környezeti terhelést jelent. Például a jelenlegi alacsony kukoricaárak mellett kb. 1 t/ha, 2007-es árak mellett mintegy 400 kg/ha többlettermés tenné gazdaságilag is indokolttá a nagyobb tápanyagmennyiség kijuttatását. (Bai A., 2009)

További lehetőség a terméseredmények fokozására a növények genetikai képességének kihasználása, a növénynevelés, legújabbban a génkészlet mesterséges módosítása géntechnológiai eljárásokkal. Többen is abban bíznak, hogy a jelenlegi produkciók a tulajdonságok javításával növelhetők a biotechnológia által. A Nature Biotechnology (24, 725. 2006. július, www.nature.com) „A bioetanolnak szüksége van a biotechnológiára” címmel jelentetett meg cikket. Az írás lelkesen ecseteli, hogy az etanol egyik alapanyagának, a kukoricának a termelése milyen magas költségekkel és környezeti károkkal jár, mint pl. a nitrogén műtrágya, a talajerózió, a rovar- és gyomirtó szerek, sőt még a fejlődő országok élőhelyeire leselkedő veszélyt is megemlíti. Ezekon a problémákon segíthetne a biotechnológia. „Jelenleg a főleg kukoricából és cukornádból gyártott etanol esetében már kidolgozták a rekombináns DNS technológiákat, amelyek egyrészt emel-

nék az etanolhozamot, másrészt pedig csökkentenék a betáplált nyersanyagok környezetre gyakorolt káros hatását, továbbá fokoznák a feldolgozás hatékonyságát a finomítóban”. Ígérik a fotoszintézis széndioxid-fixáció hatékonyságának javítását, a nitrogén-fixáció megoldását vagy az endospermiumban lévő keményítő egyszerűbb cukorra való lebontását végző enzimszisztéma beépítését a növényekbe. Szintén kutatás kezdődött az olajpálma genomjának a feltárására, amelytől szárazságtűrésre, illetve nagyobb produkcióra képes genetikailag módosított fajtákat remélnek (forrás: PR Newswire).

A genetikailag módosított szervezetek alkalmazása nemhogy ismeretlen lenne a mai gyakorlatban, hanem néhány országban már kifejezetten elterjedt. A génmódosított kukoricafajták aránya 2007-ben a világon elérte a vetésterületek 24, az USA-ban a 73%-át (Potori, 2008).

A latin-amerikai szója nagy része a Monsanto cég genetikailag módosított vetőmagjaiból származik, mely Roundup Ready néven híresült el. A Roundup Ready szója genetikai állományát azért módosították, hogy ellenálljon a Monsanto cég Roundup (glüfozát-tartalmú) növényvédőszerének. A tapasztalatok, amelyeket hivatalos információk is alátámasztanak, azt bizonyítják, hogy ezen technológia alkalmazása gyomirtószer-toleráns gyomnövények megjelenését eredményezte. A tolerancia kialakulása okán egyre nagyobb dózisokat, és más gyomirtókat is be kell vetni, mint pl. a 2,4-D (a rossz hírű Agent Orange egyik összetevője) és az Atrazin (melyet az EU-ban egészségügyi okok miatt betiltottak). A glüfozát a felszíni vizek szennyezésének egyik fő forrásává vált. A fő szójatermelő országok kormányzati adatai egyértelműen jelzik, hogy a növényvédőszeres kijuttatása nem csökkenthető a génmódosított szója használatával. (Föld Barátai, Magyar Természetvédők Szövetsége, 2008)

A biomassza termelés és a vízhasználat

A víz iránti igények egyre nőnek a világon, miközben több mint 1 milliárd ember nem jut ma sem egészséges ivóvízhez. Csupán a világ népességének állandó növekedése miatt - kerekén 80 millióval gyarapodik évente - a vízigény 65 milliárd köbméterrel emelkedik évente. A mezőgazdaság messze a leginkább vízigényes ágazat, az öntözéses mezőgazdaság az édesvíz-kivételek 70%-áért felelős, ami bizonyos régiókban a 80%-ot is elérheti. A népességnövekedés és a húsfogyasztás emelkedésének fedezésére összesen 100-110 millió tonna/év többlet gabonára lenne szükség (Makay György: Bioetanol vagy élelmiszer, Bioenergia, 2008. III. évfolyam, 2. szám). A növekedési trendeket figyelembe véve, további 180 milliárd köbméter öntöző vízre lesz szükség a mezőgazdaságban. (Az ENSZ Világ Vízügyi Fejlődési Jelentése 3, 2009)

A terheket csak növeli a bioüzemanyagok növekvő felhasználása. Egy liter bioüzemanyag előállításához 1000-4000 liter vízre van szükség és 2008-ban 77 milliárd liter bioüzemanyagot állítottak elő. (ENSZ Harmadik Jelentése a Világ Vízkészlet alakulásáról)

A monokultúrák öntözést igényelnek, miközben a világ felszín alatti vízkészletei drasztikusan csökkennek. A stockholmi Nemzetközi Víz Intézet kutatásai szerint 2050-re a globális bioüzemanyag termeléshez kb. ugyanannyi vízre lesz szükség, mint a világ élelmiszerellátásához. A jelenlegi három gabona nagyhatalom USA, Kína, India vízhasználatának növekedése sokkal nagyobb, mint amennyi természetes úton visszajuttatható. Az USA középnyugati államaiban a kukorica termelés növeléséhez 453,6 milliárd liter vízre lesz szükség évente. (308 liter víz szükséges 1 kg kukorica előállításához az USA-ban Gerbens és társai becslése szerint. 2009).

A nagy cégek, konzorciumok a kisebb gazdálkodókat versenyre kényszerítik, hogy megfelelő termésátlagot, megfelelő áron produkáljanak. A több hozam egyik feltétele az öntözés, amely egyre mélyebb kutak ásását indokolja, miközben vészesen fogynak a talajvíz tartalékai, nagyobb ütemben, mint képesek lennének visszapótlódni. (Annie Shattuck: Green Gold: Why cellulosic ethanol is a threat to farmers and the planet, Institute for Food and Development Policy)

Biomassza termelés és betegségek

Az agrártevékenységeknek eddig is voltak ismert összefüggései az emberi egészséggel, amelyek közvetlenül a kémiai szerek alkalmazása során mutatkoznak meg. A termelési volumen növekedése miatt azonban néhány összefüggés még erőteljesebben kerül a felszínre. A fokozódó erdőirtások következtében számos vírus (pl. hantavirus Argentínában, Nipah vírus Ázsiában, stb.), fertőző betegség jelent meg. Pl. a Leishmaniasis egy erdei betegség volt korábban, amit a vadállatok terjesztettek. A szójaültetvények elterjedése miatt a betegség „urbanizálódott”, melynek kezelése 20 napos munkakiesést, városba utazást, és 100 dolláros kezelési költséget jelent a betegeknek.

Argentínában kimutatták, hogy a májrák elterjedése tízszer nagyobb a szójatermő területeken az alkalmazott kémiai védekezés miatt, mint az ország többi részén. Az ivóvíz vegyszerekkel történő szennyeződése ugyancsak fokozódó problémát jelent. (Agrofuels - Towards a reality check in nine key areas : Biofuelwatch et al., 2007)

Ezen a területen nagyon kaotikus állapotokat találunk. Tudományos műhelyek egymásnak ellentmondó eredményeit ismerhetjük meg, annak megfelelően, hogy ki milyen általános ítéletet szeretne igazolni. Jelen tanulmány keretei nem tették lehetővé, hogy a közölt adatoknak utána számoljunk, mert sem a számítási utak, sem a kiindulási adatok teljes körben nem ismertek.

A megismert mérlegek közös hibája, hogy az energiafelhasználás teljes ökológiai hátizsákjának tartalmát nem veszik figyelembe, vagy azt objektíven nem is lehet figyelembe venni. Például a növénytermesztésnél figyelembe veszik a mechanikai talajmunkák, vetés, betakarítás és szállítás energia igényét, de nem foglalkoznak a talajerő-utánpótlás, növényvédő szerek, vízpótlás másodlagos, harmadlagos energiaigényével. Nyilvánvaló, hogy a műtrágya megtermeléséhez, alapanyagainak kitermeléséhez, szállításához is energiára van szükség. Illetve mindezek vízigénye, s az ahhoz szükséges energia sem elhanyagolható, mint ahogyan már arra fentebb utaltunk.

Mit értünk ökológiai hátizsákon?

Az egyes termékek ökológiai hátizsákja tartalmazza az egész életciklushoz kapcsolódó közvetett és közvetlen ökológiai terheket, beleértve az energiafelhasználást, vízhasználatot, hulladékkibocsátást stb.

Bármely felhasználásra kész energiahordozó rendelkezik egy teljes életúttal, amely egy bonyolult, szerteágazó rendszer. Az életciklus-elemzések egy létesítmény esetében a létesítés, megvalósulás (működés), majd felhagyás szakaszainak környezeti összefüggéseit vizsgálják, egy termék esetében a bölcsőtől a sírig, újabban a bölcsőtől a bölcsőig életutat követik. Ugyan jelentős előrelépésnek tekinthetjük ezt a gondolkodást, s már az is eredmény lenne, ha komolyan alkalmaznák az életciklus elemzéseket, mégis azt kell mondanunk, hogy a jelenlegi életciklus-vizsgálatok csak több-kevesebb láncszemét vizsgálják a tényleges életciklusoknak. Egy-egy termék esetében ugyanis a különböző életciklus láncok összekapcsolódnak. Ahhoz, hogy egy liter benzint előállítsunk, kell kőolaj, azt frakcionálni kell, adalékanyagokkal ellátni, szállítani a felhasználás helyére, majd elégetni. Energia kell a melléktermékek, hulladékok szállításához, elhelyezéséhez is. Ha csak egy kőolaj-

finomítóban vizsgálom a benzin életútját, az ennyi energiát igényel járulékosan. Ám még ott sem csupán ennyit. Minden liter frakcionált olajra esik valamennyi (nagyon kicsi) környezeti teher abból, hogy létre kellett hozni a finomítót, energiát kellett befektetni, anyagokat kellett beszerezni, s természetesen üzemeltetni kell az üzemet. Ráadásul minden újabb megnyitott ág, további nagyon-nagyon kicsiny környezeti terhet hoz magával. Például a felhasznált építőanyagoknak is volt környezeti terhe, erőforrás igénye, gyára stb. Azután a kőolaj-finomító üzemeléséhez is energiára van szükség, no meg munkásokra. Hol kellene elszámolni a munkások közlekedési költségeit vagy a gépekre, szerszámokra eső költségeket, vagy az üzem által produkált környezeti terhek felszámolásának energiaköltségeit?

S a fenti még csak a finomítóra és kapcsolódási pontjaira utal. Egy másik életciklus az alapanyag révén kapcsolódik a finomítóéval. A kőolajt ki kellett bányászni, ahhoz fúrótornyot kellett létesíteni, ahhoz pedig anyagot kellett gyártani, azokat szállítani, szerelni kellett. A kitermelt olajat tárolni kell, ahhoz tárolók kellene, majd szállítani tankhajókban vagy éppen csővezetéseken. A szállításhoz energia kell, az eszközök gyártásához, karbantartásához szintén.

Amikor kimondjuk, hogy biodízel, legfeljebb egy szép virágzó repceföldre gondolunk, meg egy kevésbé szép olajsajtólóra. Ha csak a biodízel előállításához szükséges termelési segédanyagokat nézzük (metanol, kálium-hidroxid, nátrium-hidroxid, kénsav, foszforsav, hidrogén-klorid, ipari víz, szén-dioxid, nitrogén, elektromos áram, gáz) ugyancsak elcsodálkozunk, mi minden más anyagot is meg kell termelni ahhoz, hogy elérjük végcélunkat. Logisztikai létesítmények sorát kell felépíteni (olajos magvak átmeneti tárolója betakarítás után, olajos magvak tárolója az olajütőben, nyersolaj-tároló, melléktermékek tárolója, technológiai segédanyagok tárolói, végtermék tárolása), amely együtt jár anyagmozgatással, szállítással. Természetes lenne ezek energiárafordításait, s más terheit (szén-dioxid, hulladék, vízhasználat) is figyelembe venni a környezeti mérlegekben, de ezek onnan rendre kimaradnak.

A benzin kapcsán beszélhetnénk még olyan indirekt kapcsolódásokról, mint az elsüllyedt tankhajók okozta környezeti károk elhárításának költségeiről, vagy az olajhoz kötődő háborúk energiaköltségeiről, környezeti katasztrófáiról, s persze társadalmi hatásairól.

Lehetetlen lenne követni a teljes kapcsolati hálót, s kiszámolni, hogy egy liter benzinre milyen, aligha mérhető, mégis valóságos környezeti terhek jutnak. A liter ehhez túl kicsi mértékegység, de minél nagyobb léptékeket vennénk elő, annál jobban érezhetővé válnának ezek a virtuális terhek. Persze vannak erre kísérletek. Az ökológiai lábnyom vagy ökológiai hátizsák pontosan a háttérben maradó terheket kívánja feltérképezni.

Noha a tökéletesség elérésére itt sincs esély, ám néhány napvilágot látott adat ugyancsak elgondolkodtatja az embert. A Wuppertal Intézet számításai szerint egy fogkefe 1,5 kg, egy mobiltelefon 75 kg, egy PC 500 kg, 1 tonna importált fém 20 000 kg hulladék keletkezésével jár. A World Water Council (2004) szerint 1 kg búza megtermelése 1000 l, 1 kg tojásé 2700 l, 1 kg marhahúsé 13 500 l víz felhasználásával párosul.

A következő táblázatból jól látható, hogy az ún. externális költségeknél legfeljebb az elsődleges hatások következményeként jelentkező terheket számolják, s nem az egész kapcsolati háló mentén keletkező költségeket. Például a tűzifa externális költsége már csak azért sem lehetne zéró, mert a fát ki kell termelni, el kell szállítani, nem beszelve az erdőfelújítás, -fenntartás külső költségeiről. A bálázott szalma externáliái már csak a bálázó gép működésének kapcsán is létrejönnek.

Az energiahordozók alap és környezet-védelmi (“externális”) költségei (Ft/GJ)

Forrás: FVM Műszaki Intézet

| Energiahordozók | Alapanyag, amortizáció | Externális költségek | Teljes költség |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Barnaszén | 993 | 1 533 | 2 526 |
| Feketeszén | 1 138 | 1 000 | 2 138 |
| Tüzelőolaj | 3 738 | 86 | 3 824 |
| PB gáz | 2 151 | 4 | 2 155 |
| Földgáz | 950 | 4 | 954 |
| Tűzifa | 1 129 | 0 | 1 129 |
| Gyümölcsnyesedék | 628 | 0 | 628 |
| Energiaültetvény | 769 | 0 | 769 |
| Bálázott szalma | 839 | 0 | 839 |

A különböző biomassza-féleségekhez és különböző hasznosítási módokhoz természetesen más és más energiamérlegek tartoznak. Nyilván meghatározó, hogy a kiszemelt alapanyag milyen produkcióra képes, milyen ökológiai, termőhelyi körülmények között.

A következő táblázat néhány átlagos hozamot mutat be (Wikipedia 2006. Biodiesel. <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>)

| Termény | Biodízel (l/ha) |
|-------------------------|--|
| Szója, északi vidékeken | 375 |
| Szója, déli vidékeken | 900 |
| Repce | 1 000 |
| Mustár | 1 300 |
| Pálmaolaj | 5 800 |
| Algák | 95 000 |
| | Etanol (l/ha) |
| Kukorica (USA) | 1 360 |
| Cukornád (Brazília) | 3 960 |
| | Benzinegyenértékben kifejezve (1:0,66) |

A statisztikák szerint a pálmaolaj és a cukornád a trópusi zónákban adja a legtöbb hajtóanyag alapanyagot hektáronként. A legígéretesebb a biodízel vonatkozásában az alga, de a technológia még javításra szorul. A cellulózhulladékokból előállítható etanol is jelentős potenciállal rendelkezik, bár az enzimatikus feltárás drága, s az eljárás néhány elemének környezeti hatásai sem tisztázottak még (FOE International).

Kohlheb Norbert az Energia Klub kiadványában (Új utak a mezőgazdaságban, 2005), „Energiaültetvények termesztésének gazdasági jellemzői” című írásában közöl energia input/output hányadosokat különböző fás és lágyszárú fajok esetében, különböző termőhelyi adottságok, és termesztési intenzitások között.

Míg a legkedvezőbb energia-kihozatali arányok általában a jó termőhelyeken, extenzív körülmények között adódnak (kivéve kender), addig a legnagyobb energia outputok a jó termőhelyeken intenzív termesztési technológiák mellett érhetők el. Ez is mutatja, hogy a faj, termőhely és termesztési technológia befolyásolja a produkciókat, s ennek értelmében az energiatermelési lehetőséget is. Ám általában elmondható, hogy a nagyobb produkciók elérését lehetővé tevő intenzív termesztés energiaráfordítása kisebb arányban térül meg, mint az extenzívé. A közölt számok persze itt sem tartalmazzák a hiányolt ökológiai hátizsák teljes tartalmát, s a számítások csak az ültetvényeken, s a szállításba befektetett

energiamennyiségekkel számolnak. A tüzelőanyagok előkészítésének (apríték, pellet, stb.), a logisztikai műveleteknek, segédanyagoknak az energia igényei nem kerülnek bemutatásra.

A természetszerű erdők környezetkímélő használata meglehetősen magas energia-kihozatali hányadossal jellemezhető, a kitermelt faanyag energiatartalma ötvenszer haladja meg a bevitt energiát. Az inputok közel fele a szállítás energiaigényét fedezi. Az energetikai célú faültetvények output/input hányadosai tág határok között szóródnak, annak megfelelően, hogy extenzív vagy intenzív használatúak-e, illetve milyen termőhelyi körülmények biztosítottak. Extenzíven művelt jó termőhelyeken a hányados értéke eléri a 20-at, míg rossz termőhelyen, intenzíven művelt ültetvény esetében a kihozatal csak háromszorosa a bevitt mennyiségnek (Kohlheb, 2003). Mások akár ötvenszeres értékeket is megadnak kedvező esetekben.

A teljes energiámérleg összeállítását nagyban befolyásolják a konverziós utak, amelyek tovább bonyolítják az amúgy sem tiszta képet. A legnagyobb energia igény feltehetően a konverziónál áll fenn. Ez kb. 60% is lehet, a konverziós út fajtájától függően.

A jelenlegi biomassa erőműveink villamosenergia-hatásfoka 20-25% körüli, vagyis mindössze az erdőkből kitermelt tüzelőanyag energia-tartalmának ötödét, negyedét hasznosítják. (Dallos György, Gálhidy László: Bevezető az erdők sokszínű klímavédelmi szolgáltatásaihoz, Bioenergia, 2008. III. évfolyam 4. szám)

A biomasszával kapcsolatos fő kérdés tehát a kinyerhető energia, vajon pozitív vagy negatív-e az energia mérleg, kevesebb vagy több fosszilis energiát kell igénybe venni, mint amennyit a megújulókból remélhetünk? A tudomány, úgy tűnik két táborra szakadt, annak megfelelően, hogy milyen érdekeltségek mozgatják.

Az ellenzők két amerikai professzor meglehetősen korai munkáira (David Pimentel, Cornell Egyetem, Tad W. Patzek, Berkley) hivatkoznak. Íme a szerzők néhány számításának eredménye, amely szerint az energia mérleg negatív.

- Kukoricából alkohol +29% fosszilis energia
- Fűből alkohol +45% fosszilis energia
- Fából alkohol +57% fosszilis energia
- Szójából dízel +27% fosszilis energia
- Napraforgóból dízel +118% fosszilis energia

Schmitz, N., Henke, J., (Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances) német szerzők

- szemben az amerikai iskolával - azt állítják, hogy az energiamérleg pozitív. Szerintük a fenti szerzők elfogultak, elavult statisztikai adatokat használtak, nem veszik figyelembe a mezőgazdaság javuló hatékonyságát, az energiefeltárás technológiájának javulását, valamint a terménymaradványok energia tartalmát. Ők 12 új tanulmányt választottak ki, amelyek nettó energia nyereséget és széndioxid-megtakarítást mutattak ki.

| Energia nyereség módja | Nettó energia nyereség etanol literenként | ÜHG megtakarítás (1l etanol = 0,647 l üzemanyag) széndioxid egyenérték |
|---|--|---|
| Széna/biogáz | 15,7 – 20,1 MJ | 1,8 kg |
| Növényi magvak / természetes hajtóanyagok | 6,6 MJ | 0,7 kg |
| Melasz/olaj | 6,4 MJ | 0,8 kg |

A kritizált szerzők legújabb vizsgálatai azonban megerősítik eredeti állításaikat. Egy liter 99,5%-os etanol előállítása 46%-al több fosszilis energiát használ fel, mint amennyit termel, és 1,05 dollárba kerül literenként. Egy liter etanol előállításának a teljes energiaszükséglete 7474 kcal, míg egy liter etanol energiaértéke mindössze 5130 kcal. A teljes költség (számolva a tisztításhoz és erjesztéshez szükséges energia bevittel, valamint a rozsdamentes acél és más ipari anyagok költségeivel) 1045 dollár / 1000 liter előállított etanol. Pimentel D. és társai által 2009-ben megjelent kritikai elemzésben megvizsgálták az USA bioüzemanyag-termelését, melyben megállapították, hogy nincs elég terület az etanol és a biodízeltermeléshez, továbbá rávilágítottak arra, hogy több energiára van szükség az újfajta üzemanyag előállításához, mint a jelenlegi üzemanyagokhoz. A kukoricából nyert etanol esetében a kutatók 46%-os, a szójababból nyert biodízelnél 63%-os a repcénél pedig 58%-os energiaveszteséget állapítottak meg. Még a legígéretesebb pálmaolaj termelés esetében is mínusz 8%-ról beszélhetünk. (Pimentel D et al (2009). Food versus biofuels: environmental and economic costs.) Amennyiben jók ezek a számítások, akkor az USA a fosszilis üzemanyag-függőség leváltására való törekvésében, éppen a bioüzemanyag előállítással teremt még nagyobb fosszilis energia igényt.

A vitát még további állításokkal bonyolíthatjuk, anélkül, hogy közelebb jutnánk az igazsághoz.

A cukornád alapú etanol nettó energiamérlege 8 a 10-hez, főleg azért, mert a desztilláció során a használt fűtési anyag a cukornád szára. [IEA (2004) *Biofuels for Transport: An International Perspective*. International Energy Agency]

Biodízel szójából: nettó energiamérleg: 1,3 a 1,9-hez [Hill, J. et al. (2006) *Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels*. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 103, 11206–11210].

Kísérleti kutatások alapján, a cellulóz alapú etanol előállítások eredményei azt mutatják, hogy a cellulóz feldolgozás során majdnem 264,6 liter etanolt lehet előállítani egy tonna szárazanyagból (208,6 kg etanol/tonna), alig kevesebbet, mint a jelenlegi kukorica alapú etanol esetében [Sheehan, J. et al. (2003) *Energy and environmental aspects of using corn stover for fuel ethanol*. J. Ind. Ecol. 7, 117–146], míg a nettó energiamérleg elképzelhető, hogy négynél nagyobb lehet [Hill, J. et al. (2006) *Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA].

A biomassza megtermelése is gyakran nevezhető fenntarthatatlannak. Magasak az inputok, energia, növényvédőszer, műtrágya, gépek stb. Jó példa erre az USA-ban a kukoricából előállított bioetanol. Néhány tanulmány azt állítja, hogy a kukorica és belőle az etanol kinyerése hatszor több energiát igényel, mint a végtermék által leadott energia az autó motorjában. (Pescovitz, D. *Ethanol Stirs Eco-Debate*. Berkeley Eng. Lab Notes, Vol. 5, March 2006.)

„Míg a szójababból készült biodízel felhasználásával az előállításához szükséges energiaigénynek majdnem a dupláját vagyunk képesek kinyerni, addig az etanol alig termel 25 százalékkal több energiát, mint amennyit az előállítása során felemészt. Ez utóbbi különbség elsősorban abból adódik, hogy az etanol előállítása során erjedési folyamatokat kell beindítani, ami viszonylag nagy energiaigényű folyamat”. (National Geographic)

Az energiamérlegekkel kapcsolatos zavaros képet egyre több és jobb vizsgálat igyekszik tisztázni. Az olajhozam csúcs kérdésével foglalkozó The Oil Drum honlap által közzétett, David Murphy és munkatársai által készített, eredetileg az Environment, Development, and Sustainability c. folyóiratban megjelent tanulmány a kukoricából készült etanol előállítás energiamérlegét vizsgálja az Egyesült Államok különböző kukoricatermelő vidékén. A vizsgálat tárgya, hogy egységnyi befektetett energiához képest mennyi az előállított bioetanol energiatartalma, amelyet az ún. EROEI fejez ki. (EROEI - Energy Return on Energy Invested). Murphyék eredményei szerint a kukorica a természet helyétől függően az EROEI 0,36 és 1,18 között változott. A kukoricatermesztésre kevésbé alkalmas helyeken, mint például Texas déli része 0,36 volt az EROEI, míg Nebraskában 1,18.

Egyetlen megyében sem volt elég magas az EROEI ahhoz, hogy érdemben ki lehessen jelteni, a kukoricából történő etanol előállítás energiamérlege pozitív.

Az összes megyére vonatkoztatott EROEI átlaga 1,01 - vagyis a kukoricából előállított etanol energia tartalma az Egyesült Államokban mindössze 1%-kal több mint a befektetett energia. A szerzők ezt összehasonlították kilenc korábbi energiamérleget vizsgáló tanulmány statisztikai hibákat is figyelembe vevő átlagával, amely 1,07-re jött ki, ami 6%-kal magasabb, mint Murphyék területi bontásban készült vizsgálatainak eredménye. Ebből arra következtettek, hogy a korábbi tanulmányok elsősorban ideális természeti körülményekre vizsgálták az energiamérleget.

A korábbi szerzők közül Pimentel (2003) és Patzek (2004) arra jutott, hogy a kukoricából előállított etanol esetén több energiát kell befektetni, mint amennyit nyerünk. Azoknál a szerzőknél, akik szerint az energiamérleg pozitív, az EROEI értéke 1,08 és 1,45 között volt (Wang et al. 1997; Wang 2001; Shapouri et al. 2002; Graboski 2004; Shapouri 2004; Oliveira et al. 2005; Farrell et al. 2006; Wang et al. 2007).

EROEI=1,18 esetén (a legkedvezőbb megye) 7,5 liter etanol előállítása szükséges ahhoz, hogy nettó egy liter etanol üzemanyagot használhassunk. 6,5 litert (ill. ezzel egyenértékű energiát) pedig az etanolgyártásba kell visszaforgatnunk. Figyelembe véve az összes megyére kapott EROEI=1,01 átlagot, az jön ki, hogy az etanol előállítása lényegében egy nulla összegű játszma, vagyis ugyanannyi energiát nyerünk, mint amennyit felhasználunk, tehát a "bioetanol" nem fogja tudni kiváltani a kőolajat. (Forrás: New Perspectives on the Energy Return on (Energy) Investment (EROI) of Corn Ethanol: Part 1 of 2, <http://netenergy.theoil drum.com/node/6760>)

Természetvédelmi és ökológiai szempontok

A biomassza termesztése és felhasználása esetén a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- Ne vezessen a természetes élőhelyek kiterjedésének és minőségének további romlásához, sem közvetlenül, sem közvetve.
- Az energetikai célból hasznosításba vont területen az előző felhasználással összevetve csökkenjen a környezeti terhelés.

- A hasznosított területen az előző felhasználáshoz képest javuljanak a biodiverzitás-mutatók, mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban.
- A hasznosításból ki kell zárni az invazív és genetikailag módosított fajokat.
- Az eredeti ökológiai feltételeknek (talaj, vízháztartás, klíma) megfelelő, az azokat megtartó természet-technológia kerüljön kiválasztásra, amely nem csökkenti az adott ökológiai rendszer megújuló képességét.

Amennyiben tényleg szeretnénk kizárni a környezeti feltételek romlását, akkor ugyancsak konfliktusba kerülünk az energetikai célú ültetvények legfontosabb elvárásával, a magas produkcióval. Márpedig ezeknek az ültetvényeknek ez a célja, különben megfelelnek a természetes körülmények között elérhető hozamok is a természetes rendszerekből.

Úgy tűnik azonban, hogy a természet elügyetlenkedte az evolúció során létrehozni az ember igényeinek megfelelő, feltehetően végtelen nagyságú produkciót adó rendszereket. Az ember most ezt próbálja pótolni, s lelkesült világmentőink azt kívánják bebizonyítani, hogy egyre nagyobb produkciójú rendszereket lehet kicsikarni a természettől, anélkül, hogy cserébe bármit is feláldoznánk. Ez az egész olyan, mintha egy boroshordót szeretnénk megcsapolni, de nem akarunk kintről bele semmit sem önteni, csak egyre többet szeretnénk belőle inni. Nagyobb torkú embert lehet találni, de ettől a hordó csak gyorsabban fog kiürülni, ha nem töltjük utána.

Vajon a 60 tonna (valószínű nedves anyagról van szó) hektáronkénti terméshozammal kecsegtető, amerikai kutatók által nemesített elefántfű mitől képes erre a bámulatos produkcióra?

Először is monokultúrát alkot, hiszen négy méteresre növe aligha él meg más növény az árnyékában. Tehát már le is mondhatunk a biodiverzitás növelésének a szempontjáról, hiszen ennél még a szántóföld is magasabb diverzitást nyújt a gyomkultúrájával.

Másodszor a növények által termelt szervesanyag a napenergia segítségével épül fel, a levegő szén-dioxidjából, vízből, és a talajban lévő ásványi, és szervesanyagok bomlásából, bontásából származó kémiai elemekből. Ebből a nap és a szén-dioxid nem korlát, legalábbis amíg éppen nincs túl sok ez utóbbiból, a víz, illetve a talajban lévő tápanyagok azonban véges mennyiségűek, sőt egymás jelenléte, hiánya által limitáltak is. Tehát külső források bevitelével a magas produkció nem fenntartható, a „hordó” előbb-utóbb kiürül.

Marad tehát a külső források bevitelének kényszere. Azonban az ökológiai rendszerek működésének túlzott leegyszerűsítése hozhatja csak létre azt a gondolkodást, hogy a talajban lévő elemek pótolhatók a levegőből kivont

szénből, az elégetésből származó hamuból, s néha egy kis műtrágya adagolással a nitrogén, foszfor igények is kielégíthetők. Jól látható, hogy a hasonló alapokból kiinduló intenzív mezőgazdaság a produkció megnövelése mellett milyen környezeti terheket hagyott maga után, miután figyelmen kívül hagyta a rendszerek eltartó- és tűrőképességét.

John Crawford, a Sydney-i Egyetem Fenntartható Mezőgazdaság tanszékének vezetője szerint akár 60 év alatt is elfogyhat a termőtalaj a világon a föld túlhasználata és más okok miatt. Az általa bemutatott tanulmány szerint a termőtalaj vékonyodásának oka az elhibázott földhasználat és túltermelés okozta erózió, valamint a klímaváltozás. Crawford becslése szerint évente 75 milliárd tonna talaj pusztul el világszerte, és mára a világ termőtalajának 80 százaléka mérsékelten vagy jelentősen erodálódott. Kínában az erózió üteme a természetes regenerációs képesség 57-szerese, míg Európában 17-szeres, Amerikában 10-szeres, Ausztráliában 5-szörös a mutató. "Ha nem teszünk drasztikus lépéseket, a világ termőtalaja akár 60 éven belül is eltűnhet. Ez az élelmiszerárak megugrásához és globális élelmezési válsághoz vezethet" - idézi Crawfordot a The Daily Telegraph. Forrás: http://index.hu/belfold/paradicsom/2010/02/06/hatvan_ev_alatt_elfogyhat_a_termotalaj_a_vilagon

A biogeokémiai ciklusok, amelyek az élet megújítását jelentik, 30-40 elem részvételét igénylik, amelyek végessége, rendelkezésre állása egy adott rendszerben limitáló tényező. A tápanyag utánpótlását a talaj, víz, levegő között folyó interakciók biztosítják, amelynek legfőbb mozgatórugója az élő szervezetek tömege. A körforgásba hatalmas geológiai tartalékelemekraktárak iktatódnak közbe, amelyek egyrészt gázfázisúak (C,N,O), s amelyek gyors ciklusokat tesznek lehetővé, míg az üledékes kőzetek tartalékai (P,S) csak lassan mobilizálhatók, és éppen ezért korlátozó tényezők. A rendszerek működése teli van hasonló önszabályozó, egymást kiegészítő funkciókkal. A mineralizációnak az immobilizáció a fordítottja. Míg a mineralizációban az elemek szerves kötésből ásványi kötésbe kerülnek baktériumok közreműködésével, s csökken a talajban a szervesanyag, s nő a növények számára felvehető tápanyagok mennyisége, addig az immobilizációban a szervesetlen elem épül be valamelyik talajmikróbába, amely elvonja a növény elől a hasznosítható elemét. Például gazdag szénforrások esetében a mikróbák immobilizálják a műtrágyával bevitt nitrogént és foszfort a növény elől. Ezek az antagonizmusok tudják biztosítani azt, hogy a növekedés ne lehessen végtelen, s hirtelen ne haladhatta meg az alkalmazkodáshoz szükséges idő sebességét. Ezek

a mechanizmusok képesek bizonyos mértékig kiegyenlíteni az ember ismerethiányából fakadó téves beavatkozások hatásait is.

Ebből a szempontból érdekes megvizsgálni azt a legújabb világmegváltó ötletet, amely a légkörből kivont szén talajban történő hasznosításán alapszik. Az elképzelés szerint a faszén évezredekig stabil marad a talajba temetve, miközben segít megmenteni a földet a klímakatasztrófától, még növeli a talaj termőképességét is. Az ötlet azonban messze figyelmen kívül hagyja az ökológiai limitáció tényét. Sajnos bizonyított tény, hogy az oxigén gyorsabban fogy a szárazföldön és a tengerekben, mint ahogyan a széndioxid-koncentráció nő a légkörben. Az is nyilvánvaló, hogy az oxigén fogyasztáshoz a folyamatosan degradálódó zöld felületek is hozzájárulnak (pl. erdők pusztulása, több beton), vagy a tengerek esetében a fitoplankton csökkenése és a tengervíz felmelegedése együttesen. Mivel az oxigént a fotoszintetizáló élőlények képesek újratermelni, így a zöld biomassza talajban történő eltemetése és faszénné történő lassú égése, csak fokozná az oxigén-krízist. (www.i-sis.org.uk/bewareTheBiocharInitiative.php – Dr Mae-Wan Ho).

A biomassza célú termelés az egész növényi kultúrát szőröstülbőröstül akarja hasznosítani. Egy természetes erdőben is sokkal több szervesanyag van, mint amennyit rönk formájában ki lehet hozni belőle, de az nem hozzáférhető, vagy csak nehezen az. Egy energiaültetvényből minden, ami a föld felett nő levágható, elvihető. Egy erdőben a fák ágai, gallyai egy bizonyos vastagság után nem hasznosulnak az ember által, a cserjék, lágyszárú növények sem.

Hasznosulnak viszont az egész erdei ökoszisztémában, ahol a lebontó szervezetek hatalmas „biomasszája” ezekből a „hulladékokból” fenntartja az ökoszisztémán belüli, és azon kívüli anyag- és energiaáramlásokat. Egy kutatás szerint az erdőgazdálkodási területeken az elhalt, vagy korhadt faanyag mennyiség a biomassza kevesebb mint 5%-át teszi ki, míg a természetes erdőkben ez az anyagmennyiség a 40%-ot is eléri. Az erdők fajainak 20-25%-a függ a helyben hagyott un. erdőhulladéktól. Több mint 1 500 gombafaj, vagy csak Németországban 1 350 bogárfaj, ezen kívül zuzmó, rovar-, madár-, vagy emlős fajok élőhelyét és táplálkozását biztosítja az erdőhulladék. (Agrofuels - Towards a reality check in nine key areas, 2007, Published by Biofuelwatch). Ehhez szükséges hozzátenni, hogy az erdőkben legalább a lehullott falevél hasznosulásának megvan az esélye.

Ha a talaj felszínéről elviszünk mindent, akkor megsértjük a talaj és felszín között megvalósuló interakciókat, s „kiéheztetjük” azt az életet, amely az anyag- és energiaáramlásokat biztosítja. Ugyanis a mineralizáció folyamatát, amely heterotróf szervezetek közreműködésével zajlik, az elhalt élőlények anyaga táplálja. Ennek során a szerves vegyületek szervetlené bomlanak, miután a bomlástermékek egy része a légkörbe távozik, másik része a talajban ásványi anyagokká alakul, amely tápláléku

szolgál a növényzetnek. A fent említett, 30-40 elem körforgását a talajban egy négyzetméteren, s tetszőleges mélységben 400 gramm tömegű élő anyag biztosítja átlagosan, amely egy hektáron átlagosan 4 tonna, optimális esetben 30 tonna élő anyag tömeget jelent. E mögött hihetetlen fajszámok és egyedszámok sorakoznak fel, pl. négyzetméterenként, s tetszőleges mélységben 1014 baktérium egyed, 1011 gomba, 108 algaegyed stb. Minden egyes beavatkozás az ökológiai rendszerbe, - talajművelés, taposás, talajvízszint emelkedés, süllyedés stb. - a mikróbaközösségek katasztrófájához vezet.

Anélkül eszünk bolygó léptékű beavatkozást az ökológiai rendszerekbe, hogy tisztában lennénk az egyes alrendszerekben, s az azok között megvalósuló történésekkel. Ilyen bátorságra csak a tudatlanság jogosíthat fel bennünket! el, hogy kielégítsük féktelen energiaéhségünket. Nézetem szerint a biomassza elégetésénél nagyobb csapást még nem mért az ember saját magára, hiszen most rúgja ki maga alól a tápláléklánc alapköveit.

Általánosságban azt az ítéletet is kimondhatjuk, hogy a biomassza elégetésével az ökológiai rendszerek megújulását lehetővé tévő tápanyagot füstöljük el, hogy kielégítsük féktelen energiaéhségünket. Nézetem szerint a biomassza elégetésénél nagyobb csapást még nem mért az ember saját magára, hiszen most rúgja ki maga alól a tápláléklánc alapköveit.

Mint látjuk vita tárgya az is, hogy vajon minden hasznosítható növényi rész energiataralmát is be kell-e számítanunk az energiamérlegbe. Például miután learattuk a repce magját, hasznosítsuk-e a repce kóróját is? Ez a kérdés másként is jelen van a biomassza hasznosításról szóló vitákban. Sokan úgy vélik, hogy vétek, sőt pocsékolás a megtermelt növények biomasszáját nem hasznosítani, hiszen ez csökkenti a befektetett természeti erőforrások hasznosulását. Ők azt javasolják, hogy először a maradványok hasznosítását kell megoldani, s utána jöhet a szerkezetváltás, a tisztán energianyeres céljából történő termesztés. Mások a maradvány biomassza kicsiny energiasűrűségére hivatkoznak, s az összegyűjtés magas költségeire, s ők elsődlegesnek tartják a lehető legnagyobb energiasűrűség elérését, azaz a tisztán energetikai hasznosítást.

Nyilvánvaló, hogy mindkét érvelés csak elsődleges gazdaságossági szempontokat vesz figyelembe, s nélkülözi a rendszerszemléletű megfontolásokat. Ha a megtermelt biomasszából semmi sem jut vissza a talajra, s ennek következtében a talajszerkezet romlik, s hosszú távon a műtrágyák érvényesülése is csökken, akkor abszurd módon az is előfordulhat, hogy azért termelünk energiát a maradványokból, hogy annak segítségével biztosítsuk a talajerő fenntartását.

Egyesek szerint a szervesanyagoknak a legjobb és leggazdaságosabb felhasználása, ha talajba forgatásuk révén a talaj humuszvagyonát gyarapítják, hozzájárulnak a talajélet és szerkezet fenntartásához, és a növények táplálásához.

Ennél a kép egy kicsit árnyaltabb. Természetes körülmények között senki sem szántja be a talajfelszínre jutó növényi vagy állati maradványokat. Azokból élőlények közreműködésével stabil talajmorzsák keletkeznek, amelyek biztosítják a talajképződést, s a szervesanyagok hosszú távú hasznosíthatóságát. Ezzel szemben a talajba forgatott tarlómaradék, de akár istállótrágya is nagyon hamar degradálódik a talajban főleg az ott folyó felgyorsított oxidáció miatt, ezért nem javítja a talaj szerkezetességét, legfeljebb tápelemek forrásaként szolgál rövid ideig. Bizonyos körülmények között az is előfordulhat, hogy mikrobiális bontásuk fitotoxikus anyagokat szabadít fel. A műtrágyák megfelelnek ugyan rövid távon tápelem forrásnak, jó hozamfokozók, de a talaj szerkezetességét nem képesek javítani. Hosszú távon tehát nem lehet nélkülözni a talaj fenntartásához vezető természetes folyamatokat.

A széndioxid-semlegeség mítosza

A biomassza hasznosítással kapcsolatban már láttam sokféle támogató érvet, s ellenérvet is szép számmal. Azonban még egyik sem vizsgálta a biomassza elégetésének a kérdését a globális anyag- és energiaáramlás egészén belül. Tudósok ismételtetik, hogy a biomassza elégetése széndioxid semleges, merthogy annyi szén-dioxidot bocsátunk ki elégetése során, mint amennyit az életében megkötött. Mások azt fejtegetik, hogy megtermelése, szállítása és elégetése során bocsátunk ki annyit, mint amennyit megköt életében. Megint mások az állítják, hogy maga a folyamat ugyan nem szén-dioxid semleges, de a fosszilis energiahordozók elégetéséhez képest szén-dioxidot takarít meg.

Hogy is van ez?

Egy növény nem lóg a levegőben, azaz nem vizsgálható önmagában, hiszen interakcióban van a talajjal, vízzel, levegővel, s más élőlényekkel. Tehát, ha például egy erdőt nézünk vagy egy mezőgazdasági ültetvényt, akkor annak az egész anyag- és energiaforgalmát kell néznünk. Ebben a megvilágításban, már nemcsak a szén-dioxid, hanem más üvegházhatású gázok, mint metán, N_2O is szerepet játszanak.

Ha csupán egy szárazföldi autotróf szervezetet nézünk, akkor az a fotoszintézis során megtermelt szervesanyag egy részét elégeti, tehát a megkötött szén-dioxid egy részét maga is visszajuttatja a környezetbe,

kilélegzik, illetve a szén egy részét maguk is beépítik szervezetükbe. Az elhalt szárazföldi biomassa a korhadás, rothadás során lassan kerül lebontásra, amely időlegesen (30 év körüli tartózkodási idő) szenet von ki a körforgalomból. Ha a szervesanyag közvetlenül levegőtől elzárt körülmények közé kerül, vagy az őt korábban elfogyasztó szervezettel történik ez elhalása után, akkor a szén fosszilizálódik, s ideiglenesen (108 év tartózkodási idő) kivonásra kerül a körforgásból. Természetesen a talajban lévő víz is tartalmaz szenet vagy szén-dioxidot oldott formában, vagy karbonátokban megkötve. A szén egy része tehát kivonásra kerül a gyors körforgásból, ha az ökoszisztéma egészét nézzük.

Vagyis hajlandók vagyunk részekre szedni az egészet, azt külön-külön, környezetétől elszakítva vizsgálni, de az egészre vonatkozó kérdést fel sem tesszük. Jót vitázunk azon, hogy is vannak a részkérdések, amelyekre nem adhatunk jó választ, ha azt az egésztől elszigetelten vizsgáltuk. Az egészre vonatkozó tények azonban lehangolóak. A Kiotói megállapodásban rögzített 1990-es bázisévhez képest 40%-kal nőtt (31,5 milliárd tonna 2008-ban a széndioxid-kibocsátás a világon) az ember által okozott ÜHG kibocsátás, (a széndioxid-kibocsátás 2000 óta évi 3,5 százalékkal nő, ami jóval meghaladja a '90-es években mért 0,9 százalékot, Christopher Field, Carnegie Institute for Science) miközben a kibocsátások elnyelését lehetővé tévő közegek nyelő kapacitása tovább csökkent az ember által okozott degradáció miatt. Vagyis teljesen nyilvánvaló, hogy a légkörben kellő nyelő kapacitás hiányában felhalmozódó üvegház hatású gáznak kettős oka van: a bővülő kibocsátás, és a degradáló nyelők.

A biomassa felhasználás éghajlati összefüggéseit éppen ezért kevés abban keresni, hogy néhány biomassa energetikai hasznosítási mód jelent-e ÜHG megtakarítást a fosszilis eredetű tüzelőanyagokhoz képest. Az egész rendszer vonatkozásában azt is vizsgálni kell, hogy a biomassa energetikai hasznosítása hozzájárul-e nyelő kapacitások javulásához, vagy éppen ellenkezőleg, azok degradációjához vezet.

Ebből a szempontból a természetes és ember által átalakított ökoszisztémák szénmegkötő képességét kell figyelembe venni. A globális szénkörczésben az elhalt szárazföldi biomassa 1200 milliárd tonna széntartalmat képvisel, az óceánokban 1000 milliárd tonna (tehát viszonylag kis mennyiségű biomassa nagy produktív állít elő!), mindkettő tartózkodási ideje 30 év.

Az atmoszféra 700 milliárd tonna szenet raktároz szén-dioxid formájában (Papp,S.-Kümmel,R.: Környezeti kémia), amelyből a földi vegetáció és tengerek élővilágának fotoszintézise egyaránt 35 milliárd tonna szenet köt le. A fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó, légkörbe kerülő szén mennyisége kerekén 7 milliárd tonna, amely az összes légkörbe jutó széndioxid 5%-a körül van. Érdemes megjegyezni, hogy 1950-ben az ember

által kibocsátott szén mennyisége még csak 1,6 milliárd tonna volt, 2000-ben már 6,5 milliárd tonna.

Általában lekicsinylik ezt a körülbelül 5%-os kibocsátást, de ha a biogeokémiai ciklusok nem képesek ezt a kis mennyiséget feldolgozni, akkor a halmozódás bekövetkezik, és ez a sok kicsi idővel sokra megy. Vagyis az évi 7 milliárd tonna szenet is el kellene tüntetnie a légkörből az üledékképződésnek, s a talajban folyó irreverzibilis szénlerakodásnak. Ez a két folyamat együtt maximum a felét képes elnyelni az ember általi kibocsátásnak, és még egyszer hangsúlyozni kell, hogy ezen kapacitások folyamatosan csökkennek.

Ráadásul nemcsak a megkötő kapacitások csökkennek, hanem az ember fokozott mértékben mobilizálja a nyelőkben, főleg az erdei ökoszisztémákban, talajban és fában tárolt szenet. Becslések szerint a felszabadított szén mennyisége akár 3 tonna/ha, de tőzeges talajokon ennél több is lehet; más számítások szerint akár 18 tonna/ha évente bizonyos ökoszisztémákban.

A bioüzemanyagok előállításához szükséges alapanyagok növekvő termelése világosan rámutatott ezekre a globális szintű anomáliákra. Tehetetlenül áll ma szemben a világ azokkal a tényekkel, hogy amíg a „fejlett” világban bioüzemanyagok használatával akarják csökkenteni az üvegházhatású gázok légköri jelenlétét, addig a növekvő alapanyag-termeléshez növekvő földterületek igénybevételére van szükség.

Erre elsősorban a trópusi országokban nyílik lehetőség (Brazília, Indonézia, újabb ígéretek szerint Afrika), ahol a természetes erdők, tőzegláp-erdők felégetésével illetve kiszáritásával nyernek területet cukornád vagy olajpálma ültetvények számára. Egyes számítások szerint a széndioxid-kibocsátás egyharmada a trópusi erdők irtásából, termőfölddé történő átalakításából származik.

2000 és 2005 között a világ kiirtott trópusi erdőinek harmada az ázsiai trópusi erdőkből került ki, főként az olajpálma ültetvények miatt (Hansen et al. 2008). Ennek eredményeképpen becslések szerint kb.10-43 millió tonnával csökkent a megkötött szén mennyisége (Campbell et al 2008b). A jelenlegi trendeket vizsgálva Ázsia jelenlegi olajpálma ültetvényei 12 millió hektárról várhatóan 30 millió hektárra növekednek.

2008-ban 12 ezer négyzetkilométernyi erdőt irtottak ki Amazóniában, ahol 25 millió ember él. Ezzel Brazília a Föld légkörének felmelegedését okozó üvegházhatású gázok negyedik legnagyobb kibocsátójává vált a világon. Brazília decemberben jelentett be országos programot az éghajlat felmelegedése elleni küzdelemre, ebben először tűzte ki azt a célt, hogy 2018-ig 70 százalékkal csökkenti az erdőirtás mértékét. (Forrás: greenfo/mti)

A trópusi tőzegerdő területek Délkelet-Ázsiában 42 megatonna szenet tárolnak. Kb. 550 milliárd tonna szén - a földi készletek 30%-a van a világ tőzeglápjáiban megkötve. Egyedül Indonéziában 1995 és 2003 között 15,6 millió hektár természetes erdőt vágtak ki olajpálma ültetvények számára. Indonézia, a világ legnagyobb olajpálma termesztője, 2009 év eleji becslések szerint 2009-ben 20,25 millió tonna pálmaolajat termel, a tavalyi 18,8 millió tonnához képest. (Aloysius Bhui; Ben Tan, 2009, Reuters)

Délkelet-Ázsia 27 millió hektárnyi tőzegterületeiből (tőzegerdők és mocsarak), eddig 12 millió hektárt semmisítettek meg, s miután lecsapolták, kiszáritották őket, nagy kiterjedésű ültetvényeket, főleg olajpálma és akácia ligeteket hoznak létre a helyükön. Évente a tőzegerdők helyén kialakított mesterséges ültetvények talajából, hektáronként 70-100 tonna széndioxid kerül a légkörbe. A tőzeg degradációjából évente 632 millió tonna, a lecsapolást és kiszáradást követő tüzek következményeként pedig 1400 millió tonna szén-dioxid kibocsátással számolnak. Ez összességében évente 2 milliárd tonna, amely a globális kibocsátás csaknem 8%-át jelenti. Indonézia ennek révén a világ harmadik legnagyobb ÜHG kibocsátója, Kínát és az USA-t követve. A kalkulációk szerint egy tonna pálmaolaj előállításához ezeken a területeken 10-30 tonna széndioxid kibocsátás tartozik. Ez 3,6 illetve 10,9-szerese egy tonna dízel elégetésének. (forrás: WL/Delft Hydraulics and Wetlands International). Délkelet-Ázsia tőzeges területeiről további 42 milliárd tonna szén szabadulhat fel, ha bevonják a pálmaolaj termelésbe. (Hooijer et al. 2006)

A szén mobilizációja azonban nemcsak az erdőirtásokkal, a természetes ökoszisztémák átalakításával függ össze, hanem a gyakori talajművelés, szántás, lazítás stb., is átrendezi a talajban működő természetes folyamatok dinamikáját. A FAO figyelmeztette a döntéshozókat az éghajlatváltozás egyezmény módosításának előkészületeiben, hogy a mezőgazdaság 14%-kal, az erdőirtások 17%-kal járulnak hozzá az ÜHG kibocsátásokhoz. A jelenlegi Kiotói Jegyzőkönyv a mezőgazdaságra vonatkozó csökkentési potenciált csak egy egészen kis mértékben kezeli, ami nem elegendő. Csak a talaj széntartalmának megkötésével a mezőgazdaság éghajlatváltozás-csökkentési potenciálját közel 90%-al lehetne javítani, ami jelenleg a megállapodásban nem szerepel. (FAO, Alexander Mueller, 2009)

Az egyik lényeges hatás a talaj bolygatása közben a talaj szellőztetése, amely két úton is hozzájárul a szén mobilizációjához. A talaj idealizált térfogati összetételében a levegő a talaj térfogatának egynegyedét teszi ki, másik negyede víz, 45%-a ásványi anyag, 5%-a szerves anyag. A különböző méretű pórusokat kitöltő levegőben a széndioxid tartalom 6% körüli (levegőben: 0,037tf%). A szellőztetés egyrészt üvegházhatású gázok felszabadulásához vezet (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid) másrészt mivel megváltoztatja a szén-dioxid koncentrációját, s megnöveli az oxigén koncentrációt, ezért a talajban az oxidatív folyamatok kerülnek túlsúlyba.

Csak Magyarországon évente 4,8 millió hektáron 30-32 milliárd m³ talajt mozgat meg a földművelés. A talaj kiszántásakor annak rétegezettsége vagy megfordul vagy részben átfordul, ami azzal jár, hogy a mélyebben lévő, anaerob körülmények uralta rétegek aerob körülmények közé kerülnek, a felsők pedig rossz oxigénellátás közé. Az alulra került rétegekben tömeges baktériumpusztulás indul meg, az ásványosodás lelassul. Felül a mikroorganizmusok aktiválódnak, a lebontási folyamatok, humusz-bontó folyamatok felgyorsulnak. A humusz degradációjával romlik a talaj szerkezetessége. A szerkezetességet tovább rontja az esőcseppek, valamint a taposás mechanikai hatása, amelyek a pórusterfogatot csökkentik. Az eketalp miatt a talaj tömörödötté válik, benne a fermentáló baktériumok kapnak nagyobb szerepet, amelyek toxikussá teszik a talaj ezen rétegét a növényi gyökerek számára, így azok képtelenek ezeket a talajmélységeket használni.

A szántással kapcsolatos problémák enyhítésére alkalmazott mélylazítás (50-70 cm) ugyancsak növeli az aerob dinamikát a talajban. Ez ugyan detoxikálja a mélyebb rétegeket, de ott is megnöveli az oxigén jelenlétet, s ezzel mobilizálja a szén.

Látható, hogy a talajművelés nagyban megzavarja a talaj biodinamikáját, ugyanakkor a növénytermesztésre gyakorolt hatásai egymásnak ellentmondók. A talaj szénháztartását illetően elmondható, hogy összességében csökkenti a szerves szén mennyiségét, s növeli a talaj szén-dioxid leadását.

Szabó István Mihály „Az általános talajtan biológiai alapjai” (Mezőgazdasági kiadó, 1986) című könyvének 331. oldalán Schneider (1975), Keulen (1980) munkásságára hivatkozva a következőket írja: „A légkör széndioxid-készleteinek növekedése, amelynek hatására az elkövetkező ötven évben a mezőgazdasági termelésre is kiható klímaváltozásokkal kell számolnunk a fosszilis energiahordozók elégetésén kívül elsősorban is a szárazulatok talajainak szervesanyag-veszteségeire vezethető vissza, ... Stuvier (1978) szerint a földfelszín szerves szénkészletei 1850 és 1950 között több, mint 100 gigatonnával csökkentek (100 milliárd tonna)”. Ez a mennyiség megközelíti az ebben az időszakban elégetett szén mennyiségét.

Ezt a periódust követően valószínű, hogy a fosszilis energiahordozók elégetéséből származó szén-dioxid sokkal nagyobb mértékben nőtt, mint a mezőgazdasági talajművelésből származó kibocsátás. A kibocsátást csökkenthették volna az agrotechnikai eljárások változásai, a kevesebb talajműveléssel járó gazdálkodás, de nyilván az újabb és újabb gazdálkodásba vont földterületek kompenzálták a kedvező hatásokat. Ha csak továbbra is évente 1 milliárd tonna szén mobilizációjával számolunk, az akkor is egy olyan jelentős diffúz kibocsátás, amely döntően járul hozzá a légkör terheléséhez.

A légkör üvegházhatású gáz (ÜHG) terhelésében a talajművelés a műtrágyázáson keresztül is szerepet játszik. A talaj természetes biodinamikájához tartozik, hogy a fölösleges mennyiségben jelenlévő nitrogént a denitrifikáció eltávolítja a talajból. Oxigén hiányában a fakultatív anaerob baktériumok nitrátlégzésre térnek át, ennek segítségével égetik el a szervesanyagokat. A denitrifikációban ezért a nitrit és nitrát nitrogén-monoxiddá, dinitrogén-oxiddá és nitrogénné redukálódik. A talajból távozó nitrogén gázok kb. 10%-a dinitrogén-oxid.

Paul Crutzen Nobel-díjas fizikus vizsgálatai szerint, a nitrogén műtrágyák kb. 3-5%-a nitrogén-oxid formájában a levegőbe kerül. Életcikluselemzést végezve, megállapította, hogy a fosszilis üzemanyagok kukorica alapú etanollal való helyettesítése révén semmilyen kibocsátás nem helyettesíthető. A jövőbeni nitrogén-műtrágya igényt lehetetlen meghatározni, de ezeknek a kibocsátásoknak olyan erőteljes hatásuk van, hogy nagyon kétségessé tesz bármely mezőgazdasági termény alapú üzemanyagot. (Annie Shattuck: Green Gold: Why cellulosic ethanol is a threat to farmers and the planet, Institute for Food and Development Policy, 2008)

A dinitrogén-oxid a világ harmadik legjelentősebb emberi tevékenységből származó üvegházhatású gáza, a potenciális globális felmelegedésre 296-szor van nagyobb hatása, mint a szén-dioxidnak, és az atmoszférában való tartózkodási ideje is kb. 120 év. Az ipari forradalom óta a levegőben levő koncentrációja 17-szeresére növekedett, többnyire a monokultúrák elterjedésének köszönhetően. (Biofuelwatch et al.: Agrofuels, Towards a reality check in nine key areas, 2007)

Régen úgy gondolták, hogy a denitrifikáció káros folyamat, mert csökkenti a talaj nitrogéntartalmát. Ezért is erőltették a talaj fokozott szellőztetését, hiszen a talajlazítás során felvett oxigén csökkenti a denitrifikálók aktivitását. Valaki úgy gondolhatná, hogy ez nagyon jó, így legalább kevesebb dinitrogén-oxid kerül ki a levegőbe. Ám ha a denitrifikáció nem távolítja el a fölösleges nitrogént, akkor a nitritek, nitrátok a talaj és talajvíz, majd az élővizek nitrátosodásához járulnak hozzá.

A denitrifikáció szerepe azonban pont azáltal nélkülözhetetlen, hogy az ember mesterségesen fixál nitrogént a levegőből, s nitrogén műtrágyák formájában azt bejuttatja a talajba. A túlzott műtrágya használat vezet a nitrogénfölsleghez, s fokozódó denitrifikációs aktivitáshoz. (A növények gyökerei által felvett nitrogénműtrágya hatékonysága kb. 37-46%-os, a foszforműtrágyáé igen alacsony, kb. 3-8%-os. - Mackensen et al., 2000). Végül tehát így lesz a műtrágyázásból fokozódó üvegházhatás. Ha pedig ezt a rossz tulajdonságot szeretnénk az oxigén jelenlétével kiküszöbölni, akkor éppen több szén mobilizálunk.

Természetesen az ember okozása mindenképpen megtöri az ökológiai rendszerek (kibernetikus nyílt rendszerek) önszabályozási mechanizmusain. Sokan gondolják úgy, hogy a légkörben halmozódó szén-dioxid vagy a talajban főlegben lévő nitrogén, mint alapvető alkotói a szerves anyagoknak, fokozni fogják a szervesanyag-produkciót. Ez azonban a különböző tápanyagok felvételének egymás általi limitáltsága miatt nem így van. Például hiába igyekeznek géntechnológusok rávenni növényeinket a nitrogén fixációra, ha a fixálható mennyiséget limitálja a magas energiaigény, a molibdén, vas, kén elegendő jelenléte, vagy éppen a folyamat oxigén érzékenysége. A növekvő szén-dioxid koncentráció maga is limitáló tényező a talajban, mert gátolja a növények víz, kálium, nitrogén, foszfor, kalcium és magnézium felvételét.

Az agrotechnikai műveletek nemcsak a talaj biodinamikájának megzavarása miatt járnak szén-dioxid kibocsátással, hanem közvetett módon is a szén mobilizációjához vezetnek. A közvetve előidézett folyamatok közül a talajpusztulást (defláció, erózió), s a vizes területek lecsapolását kell megemlíteni, mint az időlegesen raktározott szén mobilizációjának a forrását.

A közvetve előidézett folyamatok közül a talajpusztulást (defláció, erózió), s a vizes területek lecsapolását kell megemlíteni, mint az időlegesen raktározott szén mobilizációjának a forrását.

Az agrotechnikai műveletek legkézenfekvőbb összefüggése a széndioxid-kibocsátással a műveletek végrehajtásához használt fosszilis energiahordozó elégetése. Nem ennyire nyilvánvaló azonban, hogy a gépek üzemeltetéséhez használt hajtóanyagok, kenőanyagok ökológiai hátizsákja is tartogat széndioxid-kibocsátást, hasonlóan mint azt az energiamérlegeknél tárgyaltuk.

A széndioxid-mérleghez tartozik a termesztéshez szükséges műtrágya, szervestrágya, és növényvédőszer-előállítás, szállítás, kijuttatás látható és virtuális energia-felhasználására eső széndioxid-kibocsátás is. Illő számba venni az összes szállítási út és eszköz energiaigényét reprezentáló, továbbá a logisztikai műveletek és létesítmények látható és virtuális energiafelhasználásának szén-dioxid kibocsátását.

Ezután számolni kell a primer mezőgazdasági termékek konverziójának energiaigényére adódó széndioxid-kibocsátással. Ez az átalakítási utak milyenségével, szakaszainak számával és hatékonyságával változik. Jól látható az etanol esetében, hogy mennyire fontos a közvetett módon okozott kibocsátások számbavétele is a teljes életcikluson keresztül. Az etanol elégetésénél kiemelik annak alacsony széndioxid-kibocsátását, ám nem számolják, hogy az alkoholos erjedésnél már elszállt a maradék.

Az USA-ban az etanolgyárak egy részét szénrel üzemeltetik, ahol az etanol előállítása és felhasználása több szén-dioxidot bocsát ki, mint a fosszilis üzemanyag használata. Mivel az adókedvezményeket egyelőre nem kötik a termelési eljáráshoz – nem számít, hogy az etanol előállításához szükséges energia forrása biomassa vagy fosszilis energiahordozó –, a bioüzemanyag gyártókat a termelési költség csökkentésére ösztözzük, nem pedig a szén-dioxid kibocsátás és olajfelhasználás csökkentésére (Popp 2007).

Ezt követi a létrehozott, közvetlenül hasznosításra szolgáló hajtóanyag elégetése közben keletkező szén-dioxid mennyiségének figyelembe vétele a mérlegben.

Az energiamérleghez hasonlóan nehéz, de egyáltalán nem jelentéktelen kérdés, hogy hol számoljuk el azoknak az energia-befektetéseknek a szén-dioxid terhelését, amelyeket azért kell megtennünk, hogy a létrejött közvetlen és közvetett környezeti károkat orvosoljuk?

A legtöbb gyakorlatban a biomassa különböző energetikai hasznosítási módjainak széndioxid-mérlegét a helyettesített fosszilis tüzelőanyaghoz képest megvalósuló ÜHG kibocsátás megtakarításnak, és a területátalakításra vonatkozó ÜHG kibocsátási veszteségeknek az egyenlegére alapozzák.

A bioüzemanyag életciklus-elemzések (LCA) megvizsgálják az előállításához szükséges fosszilis tüzelőanyagokat, a biomassa termesztéshez felhasznált vegyszereket, az előállításához és átalakításához szükséges energiefelhasználást, a végső égési folyamat kibocsátását, valamint a szükséges allokációkat. A megváltozott földhasználatból származó közvetlen és közvetett ÜHG kibocsátással viszont nem minden esetben számolnak, részben a rendelkezésre álló adathiány miatt.

Egy az OECD által publikált UNEP és IEA által végzett tanulmány 60 frissen megjelent életciklus elemzést vizsgált meg az OECD bioüzemanyag-politika 2008-as jelentéséhez, melyben igazolódik, hogy bármely bioüzemanyagnál az ÜHG mérlegek különböző eredményeket mutattak. A különböző eredményeket részben azzal magyarázzák, hogy a használt vegyszerek N_2O kibocsátásának, az átalakítási fázisban megjelenő kezeléseknek tudhatók be. Repceolajból előállított biodízel esetében, figyelembe véve az energia allokációt és a nitrogén kibocsátást, az ÜHG kibocsátásának javítása 40 és 55% között mozog, ami európai viszonyokhoz egy megalapozott és megbízható eredmény.

Kevés tanulmány született a pálmaolaj hatásainak elemzéséről, mivel az ültetvény területhasználatától és a megváltozott földhasználatától függ. Jelentős ÜHG csökkentést mutathat a mérleg, ha az ültetvény meglévő termőföldön van, de ha erdőirtással történik a termesztés, akkor a kibocsátás ugrásszerűen megnő. Ilyen esetben minden egyes tonna pálmaolaj 33 tonna szén-dioxid kibocsátással jár, ami tízszer több mint a fosszilis üzemanyag esetében lenne.

Malajziában, a pálmaolaj alapú biodízel estében, ha eltekintünk a földhasználat átalakítástól, akkor 46%-os ÜHG kibocsátást tudunk megtakarítani, ha számolunk a földhasználat átalakítással (már pedig számolnunk kell), akkor viszont 18-38 évre van szükség erdők esetében, hogy a szénvisszatérülés megtörténjen (carbon payback); az USA szója alapú biodízel termelése esetében 33%-os az ÜHG megtakarítás a területátalakítást számításon kívül hagyva, azzal számolva viszont az erdők esetében 179-481 év szénvisszatérülésre van szükség és a kukorica esetében 167 év. (E4 Tech 2008c)

A szénvisszatérülés annyit jelent, hogy ennyi idő kell, hogy megtérüljön a bioüzemanyag használat által megspórolt ÜHG kibocsátás, a földhasználati átalakítás miatt.

ÜHG kibocsátás megtakarítás és szén visszatérülés a bioüzemanyag előállításához szükséges alapanyag termesztéshez a területátalakítás következtében

| Bio-üzemanyag fajta | Származási hely | ÜHG-kibocsátás megtakarítás - területátalakítás következményei nélkül számolva! | Szénvisszatérülés / év (Carbon payback) | |
|---------------------|-----------------|---|---|----------|
| | | | Gyepek | Erdők |
| Pálmaolaj-dízel | Malajzia | 46% | 2- 39 | 65-138 |
| Szója-biodízel | USA | 33% | 51-350 | 655-1763 |
| Cukornád-bioetanol | Brazília | 71% | 11-37 | 56-144 |
| Búza-bioetanol | Nagy-Britannia | 28% | 72-123 | 293-514 |

(Gallagher Review, 2008- későbbi, javított változat adatai alapján)

Ezek után térhetünk vissza a bevezetőben feltett három kérdés megválaszolására. Az nyilvánvaló, hogy magának a hajtóanyagnak az elégetésekor annyi szénét égetünk el, mint amennyit a hajtóanyaghoz felhasznált növény megkötött. A teljes biomasza nem kerül teljes mértékben elégetésre, pl. lehullott levelek, gyökerek stb., a talajban bomlanak le, s nagyjából egyensúlyba kerülnek a megkötést, kibocsátást illetően. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a talajban időleges tárolásra kerülő szénkészlet lényegesen kevesebb, mintha a biomasszát teljes egészében a talaj hasznosítaná, s ezzel a mérleg, a kiindulási állapothoz képest pozitív a kibocsátási oldalon. Természetesen az elsőszámú érvelés teljesen félrevezető, hiszen megfelelkezik arról, hogy az égetésre kerülő hajtóanyag elégetéséig vezető folyamat széndioxid-kibocsátása, még a legrövidebb hasznosítási út esetén is a mérleget szuficitessé teszi a kibocsátás szempontjából.

Ezért a második állítás, hogy a biomasza megtermelése, szállítása és elégetése során bocsátunk ki annyi szén-dioxidot, mint amennyit megkötött növekedése során, teljes képtelenség.

A harmadik állításon, hogy maga a folyamat ugyan nem szén-dioxid semleges, de a helyettesítésre kerülő fosszilis energiahordozók elégetéséhez képest szén-dioxidot takarít meg, ezen lehetne gondolkodni.

Mint az ökológiai lábnyom koncepció alapján ismert, energia fogyasztásunk is kifejezhető területben. Ennek két számolási útja van. Az egyik azzal számol, hogy mekkora területre van szükségünk ahhoz, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó szén-dioxidot elnyelje. Míg az ún. etanolhelyettesítési módszer azt mutatja meg, hogy mekkora területen lehet helyettesíteni ekvivalens mennyiségű fosszilis energiahordozóból származó energiát. Íme Rees és Wackernagel számításainak eredménye.

| Energia hordozó | Produktivitás (gigajoule/ha/év) | 100 gigajoule/év lábnyoma hektárban |
|------------------------|--|--|
| Fosszilis | | |
| Etanol módszer | 80 | 1,25 |
| Széndioxid elnyelés | 100 | 1,0 |

| | | |
|------------------------|---------|----------|
| Vízierő (átlag) | | |
| alsószakasz | 1 000 | 0,1 |
| felsőszakasz | 150-500 | 0,2-0,67 |
| Napkollektor | 15 000 | 0,0067 |
| Napelem | 40 000 | 0,0025 |
| | 1 000 | 0,1 |
| Szélenergia | 12 500 | 0,008 |

Mint jól látható, az etanolhelyettesítési módszernek nagyobb a lábnyoma. Miért? Mert ahhoz, hogy megtermeljük a biomasszát, feldolgozhatóvá tegyük, s feldolgozzuk, ahhoz fosszilis energiahordozókból származó energiára van szükség.

Végül annak a kérdésnek a feltevése, hogy szén-dioxid semleges-e a biomassza felhasználása, teljesen értelmetlen, hiszen az egész ökoszisztéma történéseit, s annak ÜHG következményeit csak együttesen vizsgálhatjuk. Ebben a megközelítésben számolnunk kell más, a folyamathoz tartozó minden egyes tevékenység ÜHG kibocsátásaival is.

A fent vizsgált három kérdés mellett viszont jogosan feltehető az a kérdés, hogy a mezőgazdasági szerkezetváltás járhat-e energiafelhasználás-megtakarítással, és környezeti teher megtakarítással. Erre a kérdésre a válasz egy feltételes igen, attól függően, hogy milyen az új szerkezet. Az üzemanyag célú termelés a jelenlegi termelésbe vont fajták területi átrendeződését vonná magával, de nem jelentene művelési ág változást. Ezzel szemben a művelési ág váltás a szántóföldi növénytermesztésről az energetikai célú fásszárú ültetvények irányába az előző kultúrákhoz képest javíthatja a környezeti teljesítményt. Itt sem lehet azonban magát a termesztés folyamatát a konverzió folyamatától elválasztani.

Az ÜHG mérlegeket természetesen nemcsak egy-egy termelési láncon belül kell vizsgálnunk, hanem globálisan, az összes környezeti következmény tükrében. A szén-dioxid globális egyensúlyát vizsgálva a biomassza felhasználással összefüggésben meg kell említeni, hogy az energetikai

alanyag-termelésre felszabadított természetes erdőkből alkalmasint több szén-dioxid szabadul fel a talajból és a faanyag elégetéséből, mint amennyi a közlekedésben elégetett üzemanyagokból származik. Egy hektár cukornád ugyan lehet, hogy megköt majd 13 tonna szén-dioxidot, ám ez a mennyiség 20 tonna lenne, ha a területen megmaradt volna az eredeti erdő. Arról nem beszélve, hogy az erdő klíma kiegyenlítő szerepe messze kedvezőbb, mint egy cukornád ültetvényé.

Mi a jobb?

2008-ban megjelent tanulmányban, M.Z Jacobson rangsorolta az energiatermeléshez és közlekedéshez jelenleg használt technológiákat, valamint az alternatív erőforrások használatát, nem csak az energiahozammal, hanem tizenegy különböző kategóriával számolva. Súlyozva a kategóriákat, a legnagyobb súlyt a CO₂ kibocsátás, elhalálozás, elérhető erőforrás, ökológiai lábnyom (szükséges területhasználat), és a vízhasználat kapta.

A legjobb pontozást a legtisztább energiatermelés, a szélenergia-termelés kapta, emellett a tanulmány tizenkét kombinált energiaforrás-használatot és közlekedési eszközt javasolt a közlekedéshez szükséges igények kielégítésére.

Az eredmények alapján a tanulmány közlekedési eszközökként elektromos, hidrogénalapú, flex-üzemanyagú (kőolaj és etanol különböző keveréssel működő) járműveket javasolt.

Ugyanakkor, mivel a szélenergia „időszakos” energia, a tanulmány más energiaforrásokat is javasol, mint a nap-energia, vagy a tengerhullám erejét hasznosító energiaforrás.

Az atomenergia, akárcsak a szénmegkötés- és tárolás kapta a tanulmányában a legsúlyosabb pontozást, de a bioüzemanyagok az említetteknel is rosszabbul teljesítettek, elsősorban az ökológia lábnyomukkal, ami az élelmezéshez szükséges területek elvonásával, élelmiszerárak emelkedésével jár, ezáltal éhezést, elhalálozást okozva.

Energia és közlekedési járművek választását tekintve a legjobbtól a legrosszabbig, a tanulmány a következőképpen rangsorolta:

Villamos energiatermelés, legjobbtól a legrosszabb fele:

1. szélerőmű
2. koncentrált napenergia erőmű
3. geotermikus erőmű
4. árapály erőmű
5. fotovoltaiikus cellás napenergia erőmű
6. tengeri hullám alapú erőmű
7. vízi erőmű
8. atomerőmű és szénalapú erőmű, szénmegkötés- és tárolással

Közlekedési eszközök, a legjobbtól a legrosszabb fele:

1. áramfejlesztős villamos és széllel működő járművek
2. hidrogén alapú járművek
3. koncentrált napenergiás alapú áramfejlesztős villamos járművek
4. geotermikus alapú áramfejlesztős villamos járművek
5. árapály és áramfejlesztős villamos járművek
6. fotovoltaiikus cellás napenergiával működtetett áramfejlesztős villamos járművek
7. hullám- és áramfejlesztős villamos járművek
8. vízi erőművel működtetett áramfejlesztős villamos járművek
9. atomerőmű alapú áramfejlesztős villamos járművek és szénalapú erőmű (szénmegkötés-és tárolással) működtetett áramfejlesztős villamos járművek
10. szénerőműves, szénmegkötés- és tárolással működtetett áramfejlesztős villamos járművek
11. kukorica alapú E85-ös etanol
12. cellulóz alapú E 85-ös etanol

Célszerű összevetni a különböző biomassza hasznosítási lehetőségeket is. Társadalmi és környezeti szempontokat szem előtt tartva, a biomassza elsősorban élelmezési célokat kell, hogy szolgáljon. Már az is nyilvánvaló, hogy ezek a célok is veszélyeztetik a természetes élővilágot, és csökkentik az emberiség hosszú távú lehetőségeit (talajpusztulás, biológiai alapok degradációja, biológiai változatosság csökkenése, anyag és energiaáramok eloszlásának megváltozása). Másodsorban beszélhetünk a növényi rostok felhasználásának szükségességéről, de természetesen ez is önző emberi szempont. Meglátásunk szerint a biomassza legjobb energetikai hasznosítása a komposzt készítése és használata, amely energiafelhasználást vált ki (műtrágyák, talajjavító beavatkozások, öntözés közvetlen és közvetett energiaigénye). Az energetikai célra történő hasznosítás legcélravezetőbb formája a közvetlen elégetés, amely megtakarítja a primer energiahordozó másodlagos energiahordozóvá történő átalakítását. Fontos azonban, hogy az égetés légszáraz állapotban, és hatékony tüzelőberendezésben történjen. Ezt követik a különböző átalakítást igénylő utak, amelyek közül a biogáz termelést lehet leginkább elfogadhatónak tekinteni, főleg akkor, ha ennek kiindulási alapanyaga hulladék, és ha a rothasztás mellékterméke a talajerő pótlásában hasznosítható. A pellet és brikett, majd a pirolízis olaj és gáz készítése következik, megelőzve a véleményünk szerint utolsó helyre rangsorolt agrozemanyagokat.

VI. Végső következtetések

A megújuló energiaforrások felhasználása környezeti szempontból csak akkor lehet eredményes, ha a megújuló energiaforrásokból származó energiamennyiség helyettesíti a fosszilis energiahordozókból származó energiatermelést, s nem járul hozzá maga is az emberiség rohamosan növekvő energiaigényéhez. Az OECD országok energiafogyasztása harminc év alatt, a hatékonyság növekedése mellett is, 57%-kal nőtt, a nem OECD országok esetében pedig 124%-kal. A tények azt mutatják, hogy az alternatív energiaforrások nem helyettesítik a fosszilis erőforrásokat, hanem mindkettő felhasználási volumene nő.

Az energiafelhasználás környezeti hatása nem korlátozható csak az energiahordozó kitermelésére, átalakítására, és felhasználásának mikéntjére, maga a felhasználás célja is hatást gyakorol a környezetre. Mivel a környezeti rendszerek egymás negentrópiájával (az entrópia a rendezettség mértéke, egy rendszer saját rendezettségét más rendszer rendezettségéből tartja fenn. PI. az emberi társadalom környezetét teszi rendezetlenné, hogy fenntartsa saját strukturális rendezettségét) táplálkoznak, ezért a környezet állapotát az ember által felhasznált összes

energia mennyisége fogja meghatározni. A létrehozott rendezetlenség mértéke nem veszélyeztetheti a környezeti rendszerek eltartó-, és önfenntartó képességét. Ma bizonyítottan meghaladtuk ezt a szintet, ezért az energiafelhasználás csökkentése globális szinten elkerülhetetlen.

Magyarországon ennek különös aktualitást ad nagyfokú, külső kitermelésű forrásoktól való energiafüggőségünk. Az ugyancsak szűkös hazai kitermelhetőségű, és jórészt fosszilis erőforrásokhoz kötött alternatív energiaforrások hasznosításából egy lényegesen alacsonyabb energia-intenzitású társadalom elégíthető csak ki. Vagyis minél kisebb az összes energiafelhasználásunk, annál nagyobb a remény a fosszilis erőforrások helyettesítésére.

A megújuló energiaforrások közül a nem kimeríthetők (nap, szél) felhasználását kell előtérbe helyezni a kimeríthetőkkel (biomassza) szemben. A Magyarországot érő napsugárzás energiatartalma több ezerszerese az ország energiaigényének. Tiszta időben a sugárzás intenzitása maximum $900-1000 \text{ W/m}^2$, amely kedvező a nemzetközileg elfogadott 800 W/m^2 átlagértékhez mérten. Napenergia hasznosításra az ország egész területe alkalmas, a legkevésbé napos területek az Alpok alja és a Kisalföld ÉNy-i része, valamint Szabolcs - Szatmár - Bereg megye, ahol 850 W/m^2 a sugárzási intenzitás. Az ország többi részén $850-990 \text{ W/m}^2$.

Az évi 2000-2200 napsütéses óra szám, 280-300 napon tenné lehetővé a napkollektorok használatát. A melegvíz használat 70-75%-át, a fűtési energiaszükséglet 30-35%-át lehetne napenergiával fedezni. Ha pusztán a napsugárzás energiatartalmát nézzük, a jelenlegi PV technológiákkal 320 km^2 -nyi napelemmel elő lehetne állítani Magyarország villamosenergia-szükségletét, elméletben. Ekkora felületméret akár az épületeken is rendelkezésre áll.

Jelen pillanatban a nagy beruházási költségek, s a hosszú megtérülési idő nem teszi versenyképessé a piacon a napenergia felhasználást. A napenergia (aktív és passzív) hőtermelési alkalmazásának legfőbb akadálya eddig a rendkívüli mértékben támogatott földgázfelhasználás és a '80-as évektől indult erőteljes gázhálózat fejlesztési program volt.

Annak módja, hogy mind az államot, mind a fogyasztókat megszabadítsuk az egyre növekvő terhektől, s a külső függőségtől is megszabaduljunk, az energiafogyasztás befagyasztása és a fosszilis energiaforrások helyettesítése lenne a nem kimeríthető, megújuló energiaforrásokkal. A kimeríthető, megújuló energiaforrások felhasználási lehetőségét az azokat megújító természetes rendszerek teljes eltartó- és tűrőképességének figyelembevételével kell megtervezni.

Energetikai célokat szolgáló mező- és erdőgazdálkodási alapanyag-termelés akkor elfogadható:

- Ha a felhasznált területen az előző felhasználással összevetve csökken a környezeti terhelés.
- Ha a teljes élelciklusra kivetítve, a virtuális energiafelhasználásokat is figyelembe véve, az alapanyag és az abból történő energiatermelés, valamint a megtermelt energia hasznosítása pozitív környezeti mérleget mutat.
- Javul az energia bevitel és k hozatal aránya.
- Ha javulnak a biodiverzitási mutatók, mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban.
- Ha tájhozons fajok kerülnek haszonvételbe, kizárva az invazív és genetikailag módosított fajokat.
- Ha az eredeti ökológiai feltételeknek (talaj, vízháztartás, klíma) megfelelő, az azokat megtartó természetstechnológia kerül kiválasztásra, amely nem csökkenti az adott ökológiai rendszer megújulóképességét.
- Ha az előző kultúrához képest javul a felszín borításának ideje és intenzitása.
- Ha a használat célja és eredménye bizonyítottan előnyösebb társadalmilag a megelőző használatnál.
- Ha a hasznosítás nem hoz hátrányba társadalmi csoportokat, azaz az energetikai hasznosítással összefüggésben nem sérülnek az alapvető szükségletek kielégítésének lehetőségei, s nem nő a társadalmi polarizáció.
- A megadott szempontok alapján ki kell dolgozni a különböző biomassza hasznosítási módok fenntarthatósági elemzésének modelljét, s elemzések útján kell meggyőződni a feltételek teljesüléséről.

Csak a teljes élelciklusban pozitív társadalmi és környezeti eredményt hozó hasznosítási módokat szabad engedélyezni.

Álmodozunk azon, hogy a biomassa termelés és átalakítás energiaigényét ugyancsak biomasszából nyert energiából elégítjük ki, tehát a biomassa minden fosszilis tüzelőanyagot helyettesíteni tud majd!

Ebben az esetben következne be az a forgatókönyv, amely a természetben zajlik, s amelynek során szigorúan szabályozott módon történik a természeti erőforrások termelése, megújulása, ahol is a nettó produkció a napenergia megkötéséből származik. Ez a fenntartható szint az erőforrás használatban, amelynek nettó produkciója sokkal szerényebb, mint a jelenlegi ember általi igény. A fenntartható társadalomban ezzel kellene megelégedni!

A produkció fokozása az emberiség által csak újabb, a biogeokémiai ciklus által nem hasznosított energiák bevitelével lehetséges, amennyiben ezt a „túlpörgetést” képes sérülésmentesen tolerálni az élő rendszer. Eddig a rendszert a biogeokémiai ciklus által félretett geológiai raktárakból szerzett fosszilis energiahordozók segítségével vettük rá a gyorsabb produkcióra, most ezekhez adunk még megújuló energiaforrásokat. Ez a kettő így teljes mértékben lehetetlen, a rendszer sérelméhez, szerkezetének és funkciójának változásához vezet.

Mi a helyzet, ha képesek vagyunk arra, hogy a fosszilis energiahordozókat teljes mértékben helyettesítsük? Ebben az esetben a túlpörgetéshez szükséges energiát megújuló energiaforrásokból fedezzük, s már csak az a fontos kérdés marad, hogy túlpörgethető-e a rendszer?

A rendszer túlpörgetése annak sérelme nélkül nem lehetséges, mert mint látható a különböző folyamatok egymást bonyolult szabályozó mechanizmusokon keresztül limitálják. Ha a rendszer sérelme nélkül lehetséges lenne a felpörgetés, akkor ezt már maga a rendszer is megtette volna, hiszen a napsugárzás fölösleges mennyiségét nem hagyta volna kihasználatlanul.

Jó lenne belátni, hogy az energiafelhasználás csökkentésének nincs alternatívája!

*Felhasznált szakirodalom, közlések,
internetes oldalak*

Adatok hazánk környezeti állapotáról. KvVM, 2004

Africa: Following Oil Boom, Biofuel Eyed on Continent. Inter Press Service, Johannesburg

A bioetanolnak szüksége van biotechnológiára. Zöld Biotechnológia, 2006/9.

A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv. A Bizottság Közleménye, COM (2005)628

Actionaid: Meals per gallon. The impact of industrial biofuel on people and global hunger, 2010.

Agrofuels- Towards a reality check in nine key areas. Published by: Biofuelwatch et al., 2007

Assesment of CO2 emissions from drained peatlands in South-east Asia. A study of Delft Hydraulics in cooperation with Wetlands International and Alterra, 2007.

Bai Attila: Adalékok a bio-hajtóanyagok versenyképességéhez, Bioenergia, 2008. III. évfolyam, 1.szám

Bai, A.; Sipos, M.: A növénynevelés és az agrotechnika szerepe a bioetanol versenyképességében. Bioenergia, 2009. IV. évfolyam, 1.szám

Behrenfeld, M.J. et al.: Biospheric primary production during an ENSO transition. Science, 2001

Bounds, A.: OECD warns against biofuels subsidies, 2007

Büki Gergely: Biomassza energetikai hasznosítása- biomassza-termelés, energiamérleg. Bioenergia, 2007.II évfolyam, 6.szám

Bruinsma, J., ed: World Agriculture: Towards 2015/2030: an AO Perspective, Earthscan, 2003

Burján Zoltán: Pelletfűtés. Bioenergia, IV. évfolyam, 1.szám

Coyle, William: The Future of Biofuels - A Global Perspective, 2007

Csete Sándor: A lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben III. Bioenergia, 2008. III évfolyam 4.szám

Dallos, Gy.; Gálhidy, L.: Bevezető az eredők sokszínű klímavédelmi szolgáltatásaihoz. Bioenergia, 2008. III. évfolyam 4. szám

Danis, Gy.: A hazai eredetű energiafűz fajták termeléséről. Bioenergia, 2008. III. évfolyam 3.szám

European Commission: Green Paper for a Community Strategy: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy COM(96)576

European Commission: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan Com (97)599 final (26/11/1997)

Ernsting, A.: The Global blueprint for a biomass economy. Biofuelwatch, 2007

ENSZ: Harmadik Jelentése a Világ Vízkészlet alakulásáról, 2009

Farrell, A.E. et al.: Ethanol can contribute to energy and environmental goals. Science 311, 506–508, 2006

Field, Christopher B.; J. Elliott Campbell and David B. Lobell: Biomass energy: the scale of the potential resource, 2007

F.O. Lichts: The Future of Biofuels - A Global Perspective

Fuchs Máté: A németországi EEG biogázra vonatkozó szabályozásának összehasonlítása a magyarországi rendeletekkel. Bioenergia, 2008. III évfolyam

Gergely, K; Varró, L.: Megújuló energiaforrások Magyarországon – gazdaságossági vizsgálat. In ÖKO 2004. XII. évf. 1-2.szám

Gonczi, A.; Kazai, Zs.; Kőrös, G.: Új utak a mezőgazdaságban. Energia Klub 2005

Grasselli, G.; Szendrei, J.: Fás szárú energetikai ültetvények és hasznosításuk. Őstermelő 2006/3

Háttér tanulmány a Nemzeti Fejlesztési Terv II. Környezeti Operatív Programjának környezetbarát energetikai beruházások prioritásaihoz. Megújuló Energia Ipari Társaság, 2006

Hill, J. et al.: Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2006

IEA: Biofuels for Transport: An International Perspective. International Energy Agency, 2004

INFORSE - Europe response to Review of EU biofuels directive. Public consultation exercise, 2006

Janowszky, J.; Janovszky, Zs.: A szarvasi-1 energiafű fajta – egy új növénye a mezőgazdaságnak és iparnak. Őstermelő 2006/3.

Jacobson, M.Z.: Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. Energy and Environmental Science, 2009

Jelentés az agrárgazdaság 2007. évi helyzetéről - Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (2008. augusztus)

Keiji Kodera: Analysis of allocation methods of bioethanol LCA, 2007

Knauf, Gerald; Maier, Jürgen: Response to the Biofuelwatch comments to discussion paper

Kohlheb N. et al., Bioenergia, 2007.II.évfolyam, 4.szám

Környezet és Energia Operatív Program. KvVM, társadalmi vitaanyag, 2006

Dr. Kovács Attila: Vége az alacsony kőolaj áraknak. Bioenergia, 2008.III évfolyam 5.szám

Láng, I.: A biomassza hasznosítása: villamos energia, hőenergia, hajtóanyag. Új energia, A jövő lehetősége, Sprinter, 2009.

Lukács, J.: A mezőgazdaságban termelhető alternatív energiaforrások. Őstermelő 2006/3.

Luiz Inacio Lula da Silva: Africa, Latin America and the Biofuel Revolution, 2007

Makay György: Bioetanol vagy élelmiszer. Bioenergia, 2008. III. évfolyam, 2.szám

Mendoza, Teodoro C. et al.: Towards Making Jatropha curcas (tubang bakod) a Viable Source of Biodiesel in the Philippines, 2007

Meskó A., Bioenergia, 2007. II. évfolyam, 3.szám

Moser M., Pálmai Gy.: Akörnyezetvédelem alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, 2006

New Perspectives on the Energy Return on (Energy) Investment (EROI) of Corn Ethanol: Part 1 of 2,
<http://netenergy.theoildrum.com/node/6760>

OECD: Fenntartható Fejlődés Kerekasztal háttérdokumentuma, 2007

Papp, S.; Kümmel, R.: Környezeti Kémia. Veszprémi Egyetemi Kiadó, 2005

Dr. Pápa Ágoston: Épülő biogáz üzemek. Bioenergia, 2008. III. évfolyam 3.szám

Patz, J.A. et al.: Unhealthy Landscapes: Policy recommendations on Land Use Change and Infectious Disease Emergence. Environmental Health Perspectives, 2004

Patzek, T.; Pimentel, D.: Thermodynamics of Energy Production from Biomass, 2006

Peak Soil: Why cellulosic ethanol, biofuels are unsustainable and a threat to America, Alice Friedmann, 2007.

Petis Mihály, Bioenergia, 2007. II. évfolyam, 2.szám

Petz Ernő: A biomassza energetikai hasznosítása. Polgári szemle 1. évfolyam, 10. szám

Petz, E.: A megújuló energiaforrások felhasználásának stratégiája. Bioenergia, 2008, III. évfolyam, 1.szám

Pimentel D et al.: Food versus biofuels: environmental and economic costs, 2009

Popp, J.; Somogyi, A.: Bioetanol és biodízel az EU-ban: áldás vagy átok? Bioenergia, II. évfolyam, 2007, 1., 2. szám

Prospects and challenges of biofuels in Asia: Policy implication

Dr. Réczey Istvánné: Bioüzemanyagok, trendek, lehetőségek. Bioenergia, 2008. III. évfolyam 3.szám

Réczey Jutka: A cukorcirok, mint lehetséges bioetanol alapanyag. Bioenergia, 2007. II. évfolyam, 5.szám

Rénes János: Fás szárú energiaültetvények. Bioenergia, 2008.III. évfolyam 5.szám

Rénes J.: A rövid vágásfordulóú fás szárú energiaültetvények klímavédelmi és gazdasági jelentősége. Bioenergia, 2008. III. évfolyam, 2.szám

Rosegrant, M. et al.: Global food projections to 2020: Emerging trends and alternative futures. 224, International Food Policy Research Institute, 2001

Rosset P.: Agrofuels, Food Sovereignty, and the Contemporary Food Crisis. Bulletin of Science. Technology & Society, June, 2009

Salamon-Albert Éva et al.: A Szarvasi-1 energiafű szén-és vízforgalmi jellemzői mint biomassa hozam elméleti paraméterei. Bioenergia, 2008. III. évfolyam 5.szám

Schmitz, N.; Henke, J.: Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances, 2005

Smith, E.: Can biofuels become sustainable? Vol. 13 No. 27 Energy

Shattuck, Annie, Green Gold: Why cellulosic ethanol is a threat to farmers and the planet, Institute for Food and Development Policy, 2008

Sterlicchi, J.: Inside the Ethanol Subsidies Controversy, 2009

Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020

Szabó, M., Barótfi, I.: Energianövények környezetvédelmi szempontból, 2009

Szabó, I. M.: Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó 1986

Szulmanné Binett Mariann: Folyékony bioüzemanyagok (bioetanol, biodízel), 2007

Syumanda, R.: Palm Oil Does Come at a High Price, 2007

Honlapok

www.allAfrica.com

www.biofuelstp.eu

www.biofuelwatch.org.uk

www.biogas.hu

www.biogaz-forum.hu

www.cast-science.org

www.euractiv.hu

www.foek.hu

www.foodfirst.org

www.forestpress.hu

www.greenfo.hu

www.indymedia.hu

www.index.hu

www.kekenergia.hu

www.mgmt.hu

www.oildrum.com

www.omgk.hu

www.tankonyvtar.hu

www.technologyreview.com

www.vilaglex.hu

www.wetlands.org

www.wikipedia.hu

www.zoldhullam.blog.fn.hu

www.zoldtech.hu

Impresszum

Kiadja

Magyar Természetvédők Szövetsége

Felelős kiadó: dr. Farkas István

Cím: 1091 Budapest, Üllői út 91/b.

Tel: +36 1 216 7297

Fax: +36 1 216 7295

Email: info@mtvsz.hu

Honlap: www.mtvsz.hu



A kiadvány újrahasznosított papírra készült