**FENNTARTHATÓSÁGI KIHÍVÁSOK ÉS BIOMASSZA-ALAPÚ ENERGIATERMELÉS**

**DR. DINYA LÁSZLÓ**

**tanszékvezető egyetemi tanár**

**Károly Róbert Főiskola –Gyöngyös**

**Bioenergetikai Tudásközpont**

**Kulcsszavak: fenntartható energiagazdálkodás, bioenergetika, bioenergetikai potenciál, társadalmi és környezeti hatások**

**Összefoglaló megállapítások, következtetések, javaslatok**

**Az emberiséget érintő globális kihívások között az energiaellátás növekvő fontossága sokak figyelmét ráirányítja az agrárgazdaság ilyen irányú lehetséges szerepére. Magyarország kiváló mezőgazdasági adottságaiból kiindulva többen már biomassza nagyhatalomként is aposztrofálták hazánkat. A biomassza alapú energiatermelés (azaz a bioenergetika) lehetőségeinek és korlátainak vitájában azonban gyakran elkövetik azt a hibát, hogy a kérdést a fenntarthatóságtól függetlenül tárgyalják. Ennek következtében országos, ágazati, vagy projekt szinten is találkozhatunk félrevezető kalkulációkkal, amelyek téves üzleti, vagy akár gazdaságpolitikai döntések forrásává válhatnak. Tanulmányunkban azt javasoljuk, hogy a bioenergetikai ágazat stratégiai fejlesztésénél a fenntartható energiagazdálkodás legyen a kiindulópont, és felvázoljuk ennek rendszerét, összetevőit, közéjük illesztve a bioenergetikát is. A bioenergetikai potenciál mértékének meghatározásakor pedig az egységes fogalomhasználat érdekében az igen eltérő tartalmú lehetséges potenciálok közül a fenntartható potenciált javasoljuk alapul venni, miután kalkulálni, vagy realizálni a bioenergetikai potenciált messze nem ugyanaz. A teljesség igénye nélkül rámutatunk több nyitott kérdésre, amelyek korrekt megválaszolása előfeltétele a formálódó új ágazat, a bioenergetika kibontakozásának. Ezek között fontos szerepe van a környezeti előnyök – hátrányok átfogó mérlegelésének, illetve a társadalmi hatásoknál a közvetlen és közvetett munkahelyteremtő potenciál elemzésének.**

**Fenntarthatósági kihívások - globális és hazai trendek**

Néhány éve R. E. Smalley Nobel-díjas tudós egy szakértőcsoport munkáját összegezve egyfajta **rangsorba** állította **az emberiség 10 legnagyobb feladatát** (kihívását), amelyet a következő évtizedekben meg kell oldanunk: *(in: Dinya L., 2007.)*

1. **Energiaellátás**
2. **Vízellátás**
3. **Élelmiszerellátás**
4. **Természeti környezet megvédése**
5. Szegénység megszüntetése
6. Terrorizmus és háborúk kiküszöbölése
7. Betegségek elleni küzdelem
8. Oktatás korszerűsítése
9. Demokrácia biztosítása
10. Túlnépesedés megállítása

Mielőtt még a felsoroltak közül hiányolnánk a klímaváltozást, vagy a fenntarthatóságot jelezzük, hogy a **klímaváltozás** értelemszerűen a természeti környezeti kihívás fontos részének tekintendő (látnivaló, hogy mindegyik felsorolt kihívás önmagában is soktényezős, komplex rendszert képez), a **fenntarthatóság** pedig a teljes, kölcsönösen összefüggő „problémagubanc” együttesét jelenti. Ezek a kihívások ugyanis szorosan összefüggenek egymással, illetve a **fenntarthatóság** kérdésével, és nem véletlen a **rangsorolás** sem: a **fenntartható energiagazdálkodásra** átállás direkt vagy indirekt módon előfeltétele a sorban utána következő feladatok (vízellátás – élelmiszerellátás – környezet tehermentesítése, stb…) megoldásának. A vízellátás biztonsága feltételezi az energiaellátás biztonságát, energia és víz nélkül pedig nincs elegendő élelmiszer, és így tovább. A fenntarthatóság, globális klímaváltozás és az energia problémakör szoros kölcsönhatásban és összefüggésrendszerben (holisztikusan) közelítendő meg, és így oldhatók meg a beavatkozások is. Az utóbbi néhány évben a **klímaváltozás** egyre nagyobb súlyt kap a kihívások között. Az **IPCC** („Intergovernmental Panel on Climate Change”) harmadik és negyedik jelentése és az IPCC budapesti ülésezése egyaránt hangsúlyozta, hogy a klímaváltozás legnagyobb veszélye a fenntarthatóságra gyakorolt negatív hatás. A fenntarthatóság megvalósítására, valamint a klímaváltozás hatásaira adható válaszok egyik ugrópontja pedig az **energiakérdés**. (*Csete L. 2008.*)

A **természeti erőforrások** a természeti környezet emberi szükségleteket kielégítő részét képezik. Kimerülésük globálisan és lokálisan – így Magyarország esetében is - kézzelfogható közelségbe került, és ennek következtében a **fenntartható fejlődés** a következő évtizedek – és az emberiség eddigi történetének - **legnagyobb komplex kihívásává vált**. Globális, makro- és mikroszinten egyaránt jelentkezik, és a társadalmi, gazdasági, ökológiai problémák összefonódásával jár. A természeti erőforrás-gazdálkodásban új paradigmát célszerű követni, amely a **fenntarthatóság – klímaváltozás – globalizáció** hármasra épül. A fenntarthatóság csak ebben az összhangban érvényesíthető. (*Csete L. 2008.*)

A fenntarthatóság – klímaváltozás – globalizáció hármason belül a **fenntartható természeti erőforrás-gazdálkodás** lényege: javak előállítása emberi szükségletekre jövedelmező vagy gazdaságos módon, úgy, hogy az erőforrások regenerálódnak és a környezetet érő terhelés asszimilálódik. A regenerálódás a folyamat, a terhelés pedig az állapot, az érme két oldala. Az USA-ban felkarolt **alternatív gazdálkodás** leegyszerűsítve úgy szól, hogy az a fenntartható, ami nem károsítja a természeti erőforrást, nem árt a gazdálkodónak és jó a fogyasztónak. A fenntarthatóság **tartalmilag** a természeti környezet – gazdaság – társadalom hármas összekapcsolódást, **szintjeit** tekintve pedig a globális - regionális (nemzeti) – lokális szinteket jelenti. *(Csete L., 2008)*. A fenntartható természeti erőforrás gazdálkodás növekvő fontosságát számtalan érv mellett az ún. **ökológiai lábnyommal** kapcsolatos számítások is alátámasztják. Miután az ökológiai lábnyommal leírható egy ember, vagy egy adott terület népességének a természetre gyakorolt hatása (hektárban kifejezett mutatószám), ennek alapján ismeretes, hogy 1987. óta Földünkre az „ökológiai túlköltés” egyre növekvő mértéke jellemző.

Kevés olyan ágazat van, mint **az agrárium**, amelyet a **rangsor elején álló kihívások mindegyike** alapvetően érint: részben a fenyegetések, részben a lehetőségek oldaláról – attól függően, hogy kényszerpályának, vagy kitörési pontnak tekintjük ezeket a tendenciákat. Ha azt vesszük, hogy hazánk relatíve (nem abszolút értelemben!) kivételes nagyságú mezőgazdasági potenciállal rendelkezik (másfajta potenciállal sokkal kevésbé), akkor a globális kihívások listájából kiindulva, illetve más szerzőkel *(Mészáros S.-Forgács Cs., 2008.)* is összhangban el kell fogadnunk: a következő két évtizedben **az agrárium fejlődési (fejlesztési) pályájában nagyjából az alábbi irányokat kellene preferálnunk:** *(Dinya L2., 2008.)*

* energiatakarékos termesztési és tartástechnológiák, növény- és állatfajták előállítása
* a melléktermékek maximális energetikai hasznosítása és energiacélú főtermékek előállítása
* víztakarékos termesztés és tartástechnológiák, minimális vízigényű növény- és állatfajták előállítása, termelésbe állítása
* a radikálisan változó igényeknek megfelelő mennyiségi és minőségi összetételű élelmiszer termelése, minőségbiztosítási rendszerek általánossá tétele az agráriumban
* környezetkímélő, „tiszta” öko-termesztési technológiák, a GMO-dilemma megoldása
* mindezeket természetesen összekapcsolva a regionális fejlesztés és a fenntartható fejlődés szempontjainak érvényesítésével

Az agrárium, sőt a nemzetgazdaság új pályára állítása érdekében alapvető átalakítások szükségesek az intézményrendszerben, érdekeltségi és finanszírozási rendszerben, gazdálkodási és működési szemléletben. Nem utolsó sorban pedig a prioritásokkal összhangban hatalmas **innovációs és tudatformálási feladatok** fogalmazódnak meg, amelyeket megoldani csak az országot átívelő, **specializált kompetenciaközpontok hálózatának** kialakításával és működtetésével lehetséges, amelyek szoros kapcsolatban állnak, együttműködnek az agrárium, tágabb értelemben a nemzetgazdaság szereplőivel.

Magyarországnak természeti erőforrás ellátottság tekintetében **abszolút értelemben** (a nagy országokkal összevetve) igen korlátozottak a lehetőségei, ami felértékeli a meglevő, **relatíve** nagy potenciált (termőtalaj, élővizek, termálvíz, védett természeti értékek stb..) Hazánkban már **létezik a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia**, a **Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia,** a **Nemzeti Fenntartható Fejlődés Tanácsa** (ez utóbbi kettőt az Országgyűlés egyhangú szavazással támogatta!). A Nemzeti Fenntartható Fejlődés Tanácsa tagjai között ott vannak a parlamenti pártok szakpolitikusai, a munkáltatók és munkaadók, a szakszervezetek, a civil szervezetek, az egyházak és a tudomány képviselői is. Ugyancsak létezik **a** **Magyarországi Üzleti Tanács a Fenntartható Fejlődésért (BCSDH),** de **a feladatok gyakorlati megvalósítása még előttünk áll.** Ezért szükséges akár számos olyan kompetencia központ, amely innovációs transzfer, tudásmegosztó szerepével a megoldások megvalósításának élére áll, ami túlmutat a regionális szerepkörön is. Alapvetően agrár- és közgazdasági profilú intézményünk – a Károly Róbert Főiskola - azért vállalkozott egy ilyen központ létrehozására és működtetésére, mert a felmerülő hatások, problémák jelentős köréhez kapcsolódik a **válaszokban**, a **felkészülésben, a megelőzésben, a kárcsökkentésben és a helyreállításban** egyaránt (nem utolsó sorban bizonyított is már ezen a területen)

Fontos része ennek afeladatsornak a társadalom és a gazdaság minél szélesebb rétegeivel történő **intenzív kommunikáció**, amely eszköz annak érdekében, hogy egy nemzetgazdaságilag fontos „termék és szolgáltatás családot” bevezessünk egy olyan piacon, ahol az ilyen jellegű kínálat elvileg széleskörű, gyakorlatilag viszont a társadalomban nagy a tájékozatlanság. Reprezentatív lakossági és gazdálkodói felméréseink (2007., 2008.) kimutatták, hogy például a megújuló energiákról a gazdálkodók mintegy 38%-a hallott egyáltalán, illetve 16%-a nézett már utána alaposabban. Miközben a lakosság 72%-a fontosnak és perspektivikusnak tartja azokat. *(Dinya L1., 2008.)*

**A fenntartható energiagazdálkodás és a bioenergetika**

A biomassza alapú energiatermelés (bioenergetika) helyzetképének kialakításánál kiindulópontul vettük a gyöngyösi Károly Róbert Főiskola keretében mintegy évtizedes kutatómunkával létrehozott, hazai és nemzetközi ismeretanyagot egyaránt koncentráló, bioenergetikai **tudásbázist** *(Dinya L2., 2009.)* Bioenergetikai hálózatszervező kutatásaink tapasztalataira támaszkodva fontosnak tartjuk hangsúlyozni a **rendszer- és fenntarthatósági szemléletű** megközelítést:

* Nem energiatermelésről, hanem **energiagazdálkodásról**, és nem gazdasági, vagy műszaki, hanem **fenntarthatósági** (sustainability) kérdésről kell beszélnünk.
* Ebben az értelemben a rendszerbeillesztést **sokkal átfogóbban** javasoljuk,   
  mint pusztán a biomasszára, a megújuló energiaforrásokra, vagy akár még tágabban az   
  energiastratégiára koncentrálva.
* Javasoljuk a fenntartható fejlődésbe illesztve tárgyalni a kérdést, így **fenntartható energiagazdálkodásról kell beszélnünk.** Ennek egyaránt része az energiatakarékosság (energiahasznosítás), a klasszikus energiaforrásokra alapuló tiszta és hatékony technológiák, a megújuló források – köztük a biomassza - bevonása, a logisztikai rendszer átalakítása (pl. energiatárolás, „intelligens” osztott energiarendszer létrehozása), a jogi-szabályozási környezet (pl. támogatások rendszere), és az érdekelt szereplők (társadalmi - ökológiai – üzleti érdekeltek) integrációja.

A vázolt megközelítésből kiindulva célszerű a köztudatban gyakran szinonimaként használt fogalmakat elkülöníteni, és ha lehet, egymáshoz való viszonyukat is tisztázni. A következő – egyre gyakrabban használt – fogalmak tartoznak ide: (**1. ábra**) *(Dinya L. 2007.)*

* **Fenntartható fejlődés**: „olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek szükségleteinek kielégítését " **–** ami tehátmessze több a gazdasági növekedésnél, mert integrálja a társadalmi, ökológiai és gazdasági szempontokat is.
* **Fenntartható energiagazdálkodás:** „az energiatermelés – tárolás – szállítás – felhasználás komplex folyamatának (vertikumának) társadalmi – gazdasági – ökológiai szempontokat integráló megvalósítása” – a klasszikus energiagazdálkodás fenntartható fejlődésbe illeszkedő átalakítása.
* **Ökoenergetika:** „a megújuló erőforrásokra alapuló energia-vertikum tevékenységeinek rendszere” – csak a megújuló és a megújítható energiaforrások tartoznak ennek a körébe.
* **Bioenergetika:**
  + klasszikus értelmezésben: „az élő szervezetekben történő energiaáramlás tanulmányozása” – valamikor a biológia egy részterületeként jelent meg.
  + **ökoenergetikai** értelmezésben: „a biomasszára alapuló energia-vertikum tevékenységeinek rendszere” – a megújuló energiaforrások egy speciális csoportjára, a megújíthatókra vonatkozik.

Ennek megfelelően a fenntartható energiagazdálkodás egyik fontos területe az öko-energetika, ugyanakkor a fenntartható energiagazdálkodás részeként kell kezelnünk a klasszikus (nem megújuló) energiaforrásokat is, hiszen kiváltásuk belátható időtávon belül mindenféle számítás alapján lehetetlen. Mindezek után már felvázolhatjuk a **fenntartható energiagazdálkodás komplex rendszerét** **(2. ábra),** amelyben a különféle - **megújuló,** illetve **kimeríthető** – **energiaforrások** mellett még számos fontos összetevő szerepel:

* **„Ellátási lánc”:** az energiahordozók kitermelésének, feldolgozásának és az energiatermelés melléktermékeinek logisztikai feladatain túl kezelni kell az időszakos (nap-, szélenergia) valamint a szezonális (biomasszatermelés) ingadozásokat, továbbá az energiafogyasztás ingadozásainak kihívásait is. Ráadásul az ún. osztott energiahálózat kialakulása alapvetően eltérő jellemzőkkel rendelkezik, mint a mai globális, koncentrált hálózatok.
* **„Energiahatékonyság”:** legtisztább energia az, amit nem kell megtermelni – vagyis amit meg tudunk takarítani (az ún. „negajoule”). Kalkuláció szerint az energiatakarékossági potenciál a fejlett országokban 20-25%, a kevésbé fejlettekben – így Magyarországon is – 30-35%. *(Greenpeace International, 2007.)*
* **„Játékszabályok”:** ma még a **formális** jogszabályi előírások – pénzügyi támogatások és elvonások rendszere részint hézagos, részint ellentmondásos – nemzetközi, nemzeti és helyi szinten is sok összehangolt lépésre van szükség, míg a befolyásos ellenérdekű lobbykkal szemben egy konzisztens, a fenntartható energiagazdálkodást támogató játékszabályrendszer jön létre. Ugyanennek része az **informális** játékszabályok rendszere, azaz a **társadalmi értékrend** (energiafogyasztási szokások), amelynek megváltoztatása nélkül vajmi kevés az esély fenntartható energiagazdálkodásra.
* **„Integrált értéklánc”:** a fenntarthatóság csak akkor valósulhat meg, ha az energetikai ágazat (és általában a komplett gazdaság) szereplőinek összetett értékalkotó tevékenységében (az ún. „értékláncban”) integráltan kapcsolódnak a primer és a szekunder energiatermelés, valamint az energiafogyasztás szereplői.

Mindegyik tényező szerepéről, összetevőiről hosszan lehetne értekezni, de talán ilyen rövid leírásban is érzékelhető: a fenntartható energiagazdálkodás rendszere nagyon **komplex**, megvalósítása pedig csak hosszú távon és globálisan **összehangolt erőfeszítéssel** oldható meg.

Ezt követően célszerű tisztázni a **bioenergetika lehetséges helyét** a fenntartható energiagazdálkodásban. 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, míg a biomassza ugyancsak kimeríthető, de megújítható. A primer energiaforrásokból **szekunder energiahordozókat** állíthatunk elő, üzemanyagokat vagy villamos energiát nyerhetünk különféle energiaátalakítási eljárások eredményeként. Ezek az eljárások az átalakítás hatásfokában és környezeti hatásaiban nagymértékben különböznek egymástól. *(Környezetvédelmi Lexikon, 2002.)*

A **biomassza** tehát **megújuló, de kimeríthető primer energiaforrás**. A biomassza biológiai eredetű szervesanyag-tömeg, egy biocönózisban vagy biomban, a szárazföldön és vízben található élő és nemrég elhalt szervezetek (növények, állatok, mikroorganizmusok) tömege; 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 biomassza az állatvilág, gazdasági haszonállatok összessége, továbbá az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei, hulladékai. A harmadlagos biomassza a biológiai eredetű anyagokat felhasználó iparok termékei, melléktermékei, hulladékai, emberi települések szerves eredetű szerves hulladékai. *(Gyulai I., 2008.)*

A **biomassza hasznosításának** fő irányai az élelmiszertermelés, a takarmányozás, az energetikai hasznosítás és az ipari termékek alapanyaggyártása. Az **energetikai hasznosítás** közül jelentős hasznosítási mód a termokémiai, biokémiai átalakítás, illetőleg a préselés. **(3. ábra**) *(Dinya L.1, 2008.)* A világ negyedik legelterjedtebb energiaforrása a szén, a kőolaj és a földgáz után a biomassza. A hagyományos és új biomassza alapú energia együtt fedezi jelenleg a **felhasznált energia mintegy 10%-át globálisan.** *(IPCC, 2007.)* A mezőgazdasági eredetű biomassza 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.)
  + Lágy szárú növények szántóföldi termesztése (energiafű, nádfélék stb.)
  + Biodízel előállításához olajos magvú növények termesztése (napraforgó, repce stb.)
  + Etanol előállítására alkalmas növények termesztése (árpa, búza, kukorica stb.)

Az energiatermelésre létrehozott kultúrákat energiaültetvényeknek nevezzük. Ezek lehetnek fás szárú és lágyszárú energianövények kultúrái. *(Gyulai I., 2008.)*

**Bioenergetikai potenciál**

Hosszú távú elemzések alapján többen úgy látják, hogy az energiahordozók váltása **„hullámokban”** következik be, és most a fosszilis hullám lecsengésének periódusában vagyunk, amelyet (értelemszerűen néhány évtizednyi időszakos átfedéssel) követ a jelenleg ismert alternatív energiahordozók – beleértve a biomasszát is - korszaka, majd ezután jöhet(ne) a ma még ismeretlennek nevezett (fúziós?) energia kora. Ebben az átmeneti korszakban egybehangzó számítások olyan globális energia-mixet prognosztizálnak, amelyben a(z új) **biomassza szerepét**, részarányát hosszú távon kb. **15%-ra teszik**. *(in: Dinya L1., 2008.)* Természetesen:

* A globális energia-mix mögött ettől alaposan eltérő, sokféle nemzeti, regionális és **lokális energia-mix** megjelenhet (beleértve a biomassza változatos súlyát is).
* Ezért a fenntartható energiagazdálkodás, és ezen belül a biomassza alapú energiatermelés hazai megvalósítása adottságaink, prioritásaink mérlegelésén alapuló nemzetgazdasági szintű döntéseket – ha úgy tetszik **fenntartható energiagazdálkodási stratégiát**, és nem leszűkített megújuló energia, vagy akárcsak energia stratégiát – igényel.

Energetikai célra használható **biomassza potenciálról** beszélni (de ez igaz valamennyi megújuló energiaforrásra is!) csak akkor szabad, ha tisztázzuk, hogy a többféle lehetőség közül melyik potenciálra gondolunk. Ezek egymáshoz való viszonyát mutatja a **4. ábra**. *(Dinya L., 2008.)* Köztük nagyságrendi különbségek vannak: például míg a globális elméleti bioenergetikai potenciál kb. hússzor nagyobb, mint a világ jelenlegi energiaigénye, a konverziós potenciál már csak kb. 40%-át teszi ki – és akkor még messze vagyunk a fenntartható potenciáltól. *(Greenpeace, 2007.)*

A terjedelmi korlátokra tekintettel nem térünk ki a részletes számításokra, sem a számítások metodikájára, de összegezve az ismert adatokat Magyarország **fenntartható bioenergetikai potenciáljára** az **1. táblázat** szerinti becslések készültek *(Dinya L1., 2008.)*

Az adatokból legalább két következtetés levonható:

* Vannak még tisztázandó (egyeztetendő) számítási **metodikai kérdések**, különben nem szóródhatna ilyen széles sávban az eredmény.
* Ha – az átlag közelítéseként - elfogadjuk a két szélsőérték közötti **FVM –becslést (260 PJ/év),** és tudjuk, hogy Magyarország éves energiafogyasztása belátható időn belül (2013. táján) az 1040 PJ/év értéket eléri *(Gács I. et al., 2006.),* akkor nem tévedünk nagyot, ha **a biomassza maximális potenciális súlyát** a **hazai energia-mixben kb. 20-21% értéken** állapítjuk meg.

**További nyitott kérdések**

Ahhoz, hogy stratégiai távlatban tisztábban lássunk a bioenergetikai ágazat lehetőségeit – korlátait illetően a fentebb tárgyalt rendszerbe illesztés képezheti a szükséges feltételt, de az elégséges feltételhez még számos további nyitott kérdést alaposan elemezni kell. Néhány ezek közül:

* **Melyek a bioenergetikai ágazat növekedési korlátai?**

Sokan – abból kiindulva, hogy a biomassza energetikai célú kiaknázása még csak néhány %-os súllyal jelenik meg az energia-mixben – úgy vélik, hogy az ágazat gyors növekedés előtt áll. Kemény korlátok is vannak azonban, amelyekkel e téren szembesülnünk kell:

* Logisztikai infrastruktúra hiánya (begyűjtés – szállítás –tárolás – kezelés – előkészítés – disztribúció)
* Ütköző érdekek (alternatív hasznosítás, talajvédelmi visszapótlás, ellenérdekű lobbyk)
* Ismeretek hiánya (termelési, energetikai, piaci)
* Technológiai kihívások (égetés, gázosítás, üzemanyaggyártás)
* Gazdasági feltételek (tőkeigény, hálózatfejlesztés, költség-ár arányok)
  + **Mennyiben függ össze az élelmiszerárak növekedése – a bioenergetikai ágazat növekedésével?**

A bioüzemanyagok növekvő termelésének lehetséges következményei rendkívül megosztják a szakmai, és ennek következtében a politikai és a laikus közvéleményt is. Sokan – így egy most nyilvánosságra került világbanki jelentés is - egyértelműen ennek tulajdonítják a mezőgazdasági termékek, ebből kifolyólag pedig az élelmiszerek árainak megugrását, ami a szegény tömegek globális éhséglázadásainak rémképét is felidézi. Mások ezt a hatást elenyészőnek ítélik meg a nagy népességű fejlődő országok élelmiszerigényének ugrásszerű növekedéséből származó árfelhajtó hatáshoz képest. Különbséget kell azonban tenni a melléktermékek, hulladékok, illetve a főtermékként bioüzemanyag céljára termesztett növények között, mert az előbbiek mindenképpen keletkeznek, így feldolgozásuk kifejezetten kívánatos. És hasonlóan érvelnek, amikor parlagon levő földterületek energetikai célú termelésbe vonását említik meg (nem is beszélve a vidéki munkalehetőség, jövedelemhez jutás társadalmi hasznáról). Ha még mindehhez hozzávesszük azt a közismert tényt, hogy a háttérben hatalmas, egymással konfliktusban álló üzleti, politikai érdekek, koncentrált tőkék is meghúzódnak, amelyeknek természetesen megvan a maguk szakértői köre és médiabefolyása is, akkor mindez - párosulva a kétségkívül fennálló, sok-sok szakmai kérdőjellel - némi magyarázattal szolgálhat a dilemmák sokaságára, és az állásfoglalás bizonytalanságára. Nemzetközi szakértők szerint *(IEA, 2007.)* az élelmiszerárak gyors növekedését előidéző tényezőket az alábbi rangsorban célszerű elhelyezni:

1. Alacsony termelékenység a fejlődő országokban (-25% veszteség a termőhelyen, -15% veszteség a feldolgozáskor !!!)

2. Éghajlati sokk a fejlett országokban

**3. Bioüzemanyag kereslet megugrása**

4. Készletek alacsony szintje

5. Élelmiszerexportőrök kereskedelmi korlátozásai

Véleményünk szerint ehhez még további tényezőket is társíthatunk:

6. Olajár / energiaárak megugrása

7. Spekuláció

8. Élelmiszerpazarlás a fejlett országokban (pl. USA: az élelmiszer 30 %-a a szemétben végzi)

Hasonló következtetésre jutnak hazai elemzők is *(Popp J. – Potori N., 2008.)* akik az élelmiszerár-sokkot kiváltó számos tényezőt három csoportba sorolják: természeti (ökológiai és biológiai), makrogazdasági, valamint agrár- és kereskedelempolitikai tényezők.

* + - **Hogyan biztosítható biomasszával az egyenletes ellátás?**

Az energiatermelő üzemek természetesnek tartják, hogy az alapanyag folyamatosan rendelkezésre áll, mint ahogy – bizonyos hullámzással - folytonos az energiaigény is. Ugyanakkor az egyenletes ellátással szemben természeti korlátokkal kell számolnunk a megújulóknál, ezen belül a biomasszánál is:

* + Hozamingadozás (évjárattól függően mennyiségi és minőségi eltérések)
  + Szezonalitás (az összes megújulónál)
  + Kis energiasűrűség (párosulva a térben is szóródó hozamokkal)
    - **Mekkora a bioenergetikai üzemek optimális mérete, és milyen a korszerű technológiájuk?**

Mivel a biomassza energiasűrűsége jóval kisebb a klasszikus energiaforrásokhoz lépest, a logisztikai költségek (és energiaráfordítások) behatárolják az optimális feldolgozó üzemi méretet. Magyarán: a jelenlegi nagyteljesítményű fosszilis erőművek átállítása biomassza tüzelésre, vagy nagyméretű biomassza-alapú új erőmű létesítése gazdaságilag irracionális, vagy csak igen jelentős támogatás (társadalmi ráfordítás) mellett oldható meg. Mint ahogy ugyancsak irracionális alacsony hatékonyságú széntüzelésű erőműben a biomassza együttégetéses technológiája (idősebb erőműveink átlagos hatásfoka kb. 30%-os). Nem tekinthető korszerű technológiának az, amelynek teljes vertikumra számított energiamérlege negatív, vagy kevéssel billen pozitív tartományba. Ha nem is ilyen mértékű, de hasonló dilemmával találkozunk nagyméretű, biohajtóanyag gyártó üzem esetén

**A biomassza-alapú energiatermelés környezeti hatásai**

Mint azt előzőleg kifejtettük, bioenergetikáról, vagy tágabb körben a megújuló energiaforrások hasznosításáról, általában pedig energiagazdálkodásról (energetikai stratégiáról, vagy energiapolitikáról) **csak a fenntartható energiagazdálkodás rendszerébe illesztve** tartjuk célszerűnek gondolkodni. Mindamellett fontos lehet összefoglalni, hogy a biomassza energetikai hasznosításának milyen **környezeti hatásait** kell mérlegelni, mint ahogyan erről az utóbbi években több nemzetközi elemzés is született *(EEA Report, 2006., EEA Technical Report, 2008.).* Ezeket az elemzéseket több tényező motiválta:

* az EU megújuló energiával kapcsolatos ambiciózus (és emiatt potenciálisan komoly környezeti konzekvenciákkal járó) hosszú távú célkitűzéseinek megvalósíthatósági vizsgálata
* a klímaválság (légszennyezés) és az energiafüggőség egyre erősödő kihívásai
* a talaj, a víz növekvő szennyezése és a csökkenő biodiverzitás
* a biomassza élelmiszer-, energia- és egyéb célú hasznosítási formái között egyre intenzívebbé váló verseny

Mindezeknek az egymásba ágyazódó, egymás hatásait direkt és/vagy indirekt módon befolyásoló tényezőknek a figyelembevétele nélkül elképzelhetetlen olyan globálisi és nemzeti szintű játékszabályok kialakítása, amelyek a szereplőket a célkitűzések megvalósítása irányába ösztönzik. Ha kiemeljük ebből a kérdéskörből a környezeti (ökológiai) kérdéseket, akkor alapvető kritérium számunkra a következő lehet: minden lehetséges úton arra törekedni, hogy minimalizáljuk a biomassza energiacélú előállításának és felhasználásának negatív környezeti hatásait, illetőleg maximalizáljuk a lehetséges környezeti előnyeit. *(Dinya L2., 2009.)*

Miután az energetikai célra hasznosított elsődleges (primer) biomassza a mezőgazdasági, erdészeti termelésből, az ugyancsak energia célú másodlagos, illetve harmadlagos biomassza pedig szerves hulladékból származik, és ezen források nem ugyanúgy fejtik ki hatásukat a környezetre, célszerű ezeket külön megtárgyalni.

A **mezőgazdasági termelésnek** nyilvánvalóan vannak pozitív és negatív környezeti hatásai, ennél fogva az **energetikai célú mezőgazdasági termelés** méretének a növelése kapcsán ezeket együtt kell mérlegelni. A **negatív környezeti hatások** tapasztalat szerint a következők:

* az intenzív mezőgazdasági technológiák terjedése, amely degradálja a természeti erőforrásokat
* természeti területek szántóföldi művelésbe vonása energianövények termesztése céljából
* a helyi sajátosságokhoz nem illeszkedő növényfajták, - társítások meghonosítása, biodiverzitás csökkenése
* a talajerózió növekedése (a szél és az esőzések következtében, amit az éghajlatváltozás felerősít), valamint a nagy súlyú gépek miatti talajstruktúra rombolás
* vegyszerek felhalmozódása a talajban és a felszíni vizekben
* a növekvő méretű öntözés miatt vízellátási problémák, és a talajok szikesedése

Annak érdekében, hogy a biomassza növekvő arányú energetikai felhasználásának környezeti hatásmérlegét optimalizáljuk, az EU-ban kemény **környezeti kritériumokat** javasolnak bevezetni (*EEA Report., 2006.):*

* néhány speciális helyzetű tagállamot leszámítva a mezőgazdasági terület legkevesebb 30%-án környezetbarát gazdálkodás (organic farming) megvalósítása 2030-ig
* a jelenleg intenzíven művelt földterület 3%-át a termelésből kivonni „ökológiai kompenzáció” címszóval
* az extenzív módon művelt földterületeket továbbra is fenntartani
* bioenergetikai célú növényeket csak minimális környezetterhelést garantáló feltételek (növényfajták, technológiák) mellett termeszteni

Az **erdészeti termelést** illetően a környezeti hatások között vannak speciálisak is, mint például:

* a fa tápanyagforrás is a talaj számára
* az erdő szabályozza a felszíni vizek lefolyását
* csökkenti az eróziót

Ennek megfelelően az energetikai célú erdészeti kitermelésnél fontos **követelmények** a következők:

* a védett erdőterületek intenzív használata tilos
* a lehullott lomb és a gyökérzet maradjanak a termőhelyen
* a kidőlt törzsek lehullott ágak egy része maradjon a helyszínen
* a kitermelés méretét EU-szinten a jelenlegi terület 5%-ával csökkenteni kell 2030-ig
* ezen túlmenően a kitermelt területen a fák 5%-át meg kell hagyni

**A szerves hulladék** energetikai hasznosításának – eltérően a mezőgazdasági, vagy erdészeti eredetű biomasszától – negatív környezeti hatásai nincsenek, hiszen a biohulladék (melléktermék) hasznosítása éppenséggel a **környezetterhelést csökkenti**. Biohulladék a legtöbb gazdasági ágazatban jelentős mennyiségben és folyamatosan keletkezik, és energetikai hasznosításának legalább négy előnye van:

* a hulladék okozta környezetszennyezés csökkentése
* fosszilis energiahordozók kiváltásával az üvegházhatású emisszió csökkentése
* szemben a megújuló energiaforrások többségével nem időszakosan áll rendelkezésre, hanem folyamatosan
* „előállítása” nem, csak a kezelése igényel külön ráfordítást

Az alábbi irányelvek követése lenne célszerű:

* Jelentős mértékben csökkenteni kell a keletkező háztartási hulladék mennyiségét (EU-célkitűzés a jelenlegi tendencia – „business-as-usual” szcenárió - alapján számítható mennyiséghez képest 25%-os csökkentés 2030-ig)
* A biohulladék újrahasznosításának jelenlegi mértékét továbbra is fenn kell tartani (például a szalmatermés, vagy az élelmiszeripari hulladék 30-40%-a továbbra is nem energetikai célú felhasználású legyen)
* Valamennyi háztartási biohulladékból energiát célszerű termelni (meg kell szüntetni ennek a szeméttelepi tárolását, vagy nem energetikai célú elégetését)
* A természetvédelmi célokkal összhangban csökkenteni kell a faipar és a papíripar fafelhasználását
* Növelni kell a mezőgazdasági területeken az energiaerdők telepítését

A fentiekhez **megfelelő ösztönzőket és jogszabályokat** társítva úgy véljük, elérhető, hogy a biomassza növekvő energiacélú hasznosításának negatív környezeti hatásait minimalizáljuk, pozitív környezeti hatásait erősítsük és nem utolsó sorban az EU megújuló energiára (ezen belül a biomasszára) vonatkozó hosszú távú célkitűzéseiben vállalt hazai hozzájárulás is megvalósuljon. Amennyiben a **hazai bioenergetikai célokat** **fenntartható** módon kívánjuk meghatározni, környezeti hatások szempontjából hasonló kritériumokat célszerű követni.

**Társadalmi hatás - a „zöldülő” ágazatok munkahelyteremtő potenciálja**

Szinte valamennyi, a bionergetikai ágazattal foglalkozó elemzés kiemelt **pozitív** **társadalmi hatásként** megemlíti a munkahelyteremtést. Ezt sem szabad azonban rendszerösszefüggéseitől, nevezetesen a hozzá szorosan kapcsolódó képzési feladatoktól, valamint a kapcsolódó ágazatoktól (ha úgy tetszik a „zöldülő gazdaság”-tól) elválasztani. A bioenergetikai ágazat integrációinak fejlesztését célzó kutatásaink során a „kudarc-sztorik” feldolgozásának egyik fontos tanulsága volt, hogy a projektek sikerét a **szakismeretek**, ezen belül a **rendszerszemléletű tudás** és a **kooperációs kultúra** nagyfokú hiánya gátolja meg (*Dinya L2., 2008)*. Meggyőződésünk, hogy egyre keresettebbé válnak majd azok a **szakemberek**, akik ezt a komplexitást kezelni tudják, megfelelő módszertani és szakmai jártassággal rendelkeznek, és a fenntartható fejlődés szempontjait érvényesítő projekteket képesek megtervezni, irányítani, felügyelni, értékelni. Az **együttműködés** pedig azt jelenti, hogy miközben az üzleti projekteknek, tágabb összefüggésben az egész gazdaságnak „zöldülnie” kell („green economy”), ki kell vívniuk a **társadalmi támogatottságot**, ugyanakkor a társadalmi **érdekcsoportoknak** is meg kell tanulniuk üzleti fejjel gondolkodni. A „zöld gazdaság” az újabb értelmezés szerint (*B. Milan, 2008.)* nem szűkítendő le az ipar és az energiatermelés zöldítésére, mert valamennyi gazdasági szereplőre (üzleti szféra vállalkozásai, közszféra közintézményei, civil szféra nonprofit szervezetei) érvényes (lásd a **2. táblázatot**!).

Ennélfogva a vonatkozó kutatási eredmények, ismeretek minél szélesebb körű alkalmazása – különösen a szakképzésben, tudatformálásban – kiemelkedő jelentőségű feladat. A szakterület helyzete gyorsan változó, miután egyre erősebb lesz a politikai – gazdasági szféra szereplőire (döntéshozóira) irányuló **társadalmi nyomás**. Megalapozott számítások szerint 2025. táján a **globális GDP mintegy 20% -a** fog koncentrálódni két – a fenntartható fejlődés alapját képező – most formálódó, új ágazatban: az öko-energetikában (megújuló energiaforrások) és az öko-iparban (környezetvédelem, környezetgazdálkodás). (*B. Milan, 2008.)*. Az EU (ezen belül mindenekelőtt fontos partnerünk, Németország) mindkét ágazatban a csúcstechnológiákat képviseli, és **hazai adottságaink** (pl. agroökológiai, vagy geotermikus potenciálunk) igen kedvezők, hogy ebben a folyamatban mi is szerepet vállaljunk.

A sokak által „zöld gazdaság”-nak nevezett új gazdaság a legtöbb jelenlegi ágazatban technológiai paradigmaváltást igényel („zöld technológiák”, green technologies”), több ágazat eltűnését, és számos új ágazat születését is eredményezve. Mindez új („zöld”) szakmák („green jobs”) tömeges megjelenését, az ilyen kvalifikációval rendelkezők iránti tömeges munkaerőpiaci igényt, valamint az átalakuló ágazatokban jelenleg dolgozók tömeges átképzését is jelenti. Az új ágazatok munkahelyteremtő hatása a kvalifikációt nem igénylő munkakörökben is jelentős lesz, ami a vidéki munkanélküliség csökkentésével szociális problémák megoldásához is hozzájárul. A szakképzéssel, továbbképzéssel foglalkozó intézmények számára ez azzal jár, hogy **„zöld képzési programok”** kidolgozásával, indításával kapcsolódhatnak be ebbe a folyamatba. Ehhez értelemszerűen megfelelő személyi, tárgyi, infrastrukturális és szervezeti feltételek megteremtése az első lépés, és természetesen nagy előnyt élveznek (egy rövid ideig!) azok az intézmények, amelyek ezekkel az alapokkal (előzményekkel) már – legalább részben – rendelkeznek*. (Dinya L1., 2009.)*

A fenti **folyamat már megindult**, és nemzetközi elemzésekből jól kivehetők a trendek, a változások üteme, valamint azok munkaerőpiaci hatásainak mértéke (**2. táblázat**). Az új munkahelyek – akárcsak eddig, ezután is – beruházások révén keletkeznek. Különféle forrásokból (befektetők, kockázati tőke, állami költségvetés, stb…) egyre gyorsuló mértékben áramlik a pénz a zöldülő ágazatokba: a globális beruházás értéke a 2006. évi 92,6 milliárd USD-ről 2007-re 148,4 milliárd USD-re nőtt (60%-os növekedés), és az ENSZ számításai szerint 2020-ban ez eléri az 1.900 milliárd USD-t. Ennek akadálya nem a tőkehiány, hanem a meglevő tőke jelenlegi befektetési irányait kell megváltoztatni, hiszen pl. csak az olajipar 2006-ban rekord nagyságú forgalmat (1.600 milliárd USD) és profitot (140 milliárd USD) ért el a jelenlegi torz – mert az externális költségeket / károkat nem beszámító – piaci viszonyok mellett. Vagy pl. a közpénzekből származó globális katonai kiadások nagysága 2006-ban 1.200 milliárd USD volt. *(B. Milani, 2008.)* Ennek megváltoztatása **globális politikai akarat** nélkül nem megy. A politikai akarat pedig erős (globális) társadalmi nyomással, szakmailag kiforrott koncepciókkal, azok globális publicitásával kényszeríthető ki, lehetőleg minél gyorsabban (támogatások – elvonások arányai, adó- és kamatkedvezmények, jogszabályok, stb…). Ehhez a megfelelően képzett szakemberek ugyancsak kellenek. Az ENSZ felmérése alapján (*M. Renne – S. Sweeney - J. Kubit, 2008.)* a fenntartható fejlődésre átállás által különösen érintett ágazatokban a „zöld munkahely” teremtő potenciál (illetve annak jelenlegi kihasználása) a **2. táblázat** szerinti képet mutatja.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

1. Brian Milani (2008): Designing the Green Economy (Rowman & Littlefield, Plymouth, UK)
2. Csete László (2008): Új paradigma az agrárgazdaságban: alkalmazkodás a globális kihívásokhoz (Gazdálkodás, 52. évf. 4.sz., 352-367.p.)

(3) Dinya László (2007): Fenntartható energiagazdálkodás - ökoenergetika („Ma & Holnap”, VII. évf., 2007/3. sz., 26-29. p.)

(4) Dinya László1 (2008): Biomassza alapú fenntartható energiagazdálkodás (előadás, „Magyar Tudomány Napja”, MTA, 2008. nov. 6., <http://vod.niif.hu/player/index.php?q=1587/1M>

(5) Dinya László2 (2008): Bioenergetikai hálózatok és az agrárium (in: „Hálózatok és klaszteresedés – elméleti és tapasztalati háttér”, ISBN 978-963-06-5348-0, NORRIA Kft – Miskolc, 2008., 159-162. p.)

(6) Dinya László1 (2009): Természeti erőforrás gazdálkodási kar alapításának koncepciója (tanulmány, Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, 2009.)

(7) Dinya László2 (2009): Áttekintés a biomassza alapú energiatermelés helyzetéről (tanulmány, MTA- Környezettudományi Elnöki Bizottság „Energetika és Környezet” Albizottság, Budapest, MTA, 2009.)

1. Környezetvédelmi Lexikon, Akadémiai Kiadó (2002.)
2. Gács Iván et al. (2006.): Magyarország primer energiahordozó struktúrájának elemzése, alakításának stratégiai céljai (GKM, Budapest, 2006., 1-96. p.)

(10) Greenpeace International (2007.): Energy (r)evolution (Published by Greenpeace International and EREC, 1-96. p.)

(11) Gyulai Iván (2008): A biomassza dilemma (MTVSZ, 2008/1. sz., 1-73. p.)

(12) IEA (2007.): Bioenergy Annual Report 2006 (International Energy Agency, Paris, 1-124. p.)

(13) IPCC Fourth Assessment Report (2007): Working Group III Report "Mitigation of Climate Change" (<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>)

(14) Mészáros Sándor - Forgács Csaba (2008): Új utakon az agrárgazdasági kutatások (Gazdálkodás, 52. évf. 4. sz., 334-351. p.)

(15) Michael Renner - Sean Sweeney - Jill Kubit (2008): Green Jobs - Towards decent work in a sustainable, low-carbon world (United Nations Environment Programme, September 2008)

(16) Popp József – Potori Norbert (2008): Az élelmezés-, energia- és környezetbiztonság összefüggései (Gazdálkodás, 52. évf. 6. sz., 528-544.)

(17) ------(2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? (EEA Report No 7/2006, ISSN 1725-9177)

(18) ------(2008): Maximising the environmental benefits of Europe's bioenergy potential (EEA Technical report, No 10/2008, ISSN 1725–2237)

**Táblázatok:**

**1. táblázat: Becslések a hazai fenntartható biomassza potenciálra**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Számítást végzők** | **Alsó érték** | **Felső érték** |
| **PJ / év** | |
| **MTA Megújuló Energia Albizottsága (2005-2006.)** | **203** | **328** |
| **Energia Klub (2006.)** | **58** | **223** |
| **Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA, 2006.)** | **145,5** | |
| **FVM (2007.)** | **260** | |
| **Szélsőértékek:** | **58** | **328** |

Forrás: saját szerkesztés

**2. táblázat: Ágazatok „zöld munkahely” teremtő potenciálja**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ágazat** | **Terület** | **„Zöld potenciál”** | **Megvalósult „zöld munkahely” máig** | **Hosszú távú „zöld munkahely” potenciál** |
| Energetika | Megújulók | kitűnő | jó | kitűnő |
|  | CO2 megkötés | szerény | nincs | ismeretlen |
| Ipar | Acél | jó | szerény | szerény |
|  | Alumínium | jó | szerény | szerény |
|  | Cement | szerény | szerény | szerény |
|  | Papír | jó | szerény | jó |
|  | Hulladékfeldolgozás | kitűnő | jó | kitűnő |
| Szállítás | Kis fogyasztású kocsik | szerény - jó | korlátozott | jó |
|  | Tömegközlekedés | kitűnő | korlátozott | kitűnő |
|  | Vasút | kitűnő | negatív | kitűnő |
|  | Repülés | korlátozott | korlátozott | korlátozott |
| Építőipar | Zöld épületek | kitűnő | korlátozott | kitűnő |
|  | Szigetelés | kitűnő | korlátozott | kitűnő |
|  | Világítás | kitűnő | jó | kitűnő |
|  | Háztartási berendezések | kitűnő | szerény | kitűnő |
| Mezőgazdaság | Fenntartható gazdálkodás | kitűnő | negatív | kitűnő |
|  | Biogazdaságok | kitűnő | korlátozott | jó-kitűnő |
|  | Környezetvédelmi szolgáltatások | jó | korlátozott | ismeretlen |
| Erdészet | Vágás / telepítés | jó | korlátozott | jó |
|  | Agrárerdészet | jó-kitűnő | korlátozott | jó-kitűnő |
|  | Fenntartható erdőgazdálkodás | kitűnő | jó | kitűnő |

Forrás: *Michael Renne - Sean Sweeney - Jill Kubit (2008)*

**Ábrák:**

**Fenntartható fejlődés**

**Fenntartható energiagazdálkodás**

**Ökoenergetika**

**Bioenergetika**

*„Olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek szükségleteinek kielégítését "*

*„A fenntartható fejlődés szempontjait érvényesítő energiagazdálkodás”*

*„Megújuló és megújítható energiaforrásokra alapuló energiatermelés”*

***„Biomassza-alapú energiatermelés”***

**1. ábra: Fenntarthatóság - biomassza**

Forrás: saját szerkesztés

Forrás: saját szerkesztés

**Megújuló energiaforrások**

**Kimeríthető energiaforrások**

**Integrált értéklánc**

**Játék-szabályok**

**Ellátási**

**lánc**

**Energia-hatékonyság**

**Biomassza**

**Nap**

**Szél**

**Földhő**

**Víz**

**Szén**

**Olaj**

**Földgáz**

**Atom-energia**

**Primer energia**

**Szekunder energia**

**Energia fogyasztók**

**Globális**

**Makroszintű**

**Mikroszintű**

**Infrastruktúra**

**Logisztikai mix**

**Energiatárolás**

**Decentrali-zált hálózat**

**Fogyasztás**

**Szállítás**

**Termelés**

**2. ábra: A fenntartható energiagazdálkodás rendszere**

**Fenntartható energia-gazdálkodás**

**3. ábra: A biomassza energetikai hasznosítása**

Égetés

Gázosítás

Pirolízis

Feltárás

Fermentálás

Préselés

Termokémiai átalakítás

Biokémiai átalakítás

Gőz

Gáz

Gáz

Olaj

Faszén

Gőz-turbina

Gáz-turbina

Metanol/ hidrogén

Üzemanyag cella

Fel-javítás

Biogáz

Gáz-motor

Lepárlás

Etanol

Észte-rezés

Biodiesel

Diesel

Hő

Villamos energia

Üzemanyag

Forrás: saját szerkesztés

**4. ábra: Energetikai potenciálok**

**Elméleti potenciál**

**Konverziós potenciál**

**Technikai potenciál**

**Gazdasági potenciál**

*„Fizikailag rendelkezésre álló energiamennyiség"*

*„Adott technológiai szinten kiaknázható”*

*„Gazdaságosan kiaknázható potenciál”*

*„Társadalmi – ökológiai tényezőkkel összhangban kiaknázható potenciál”*

**Fenntartható potenciál**

*„Strukturális korlátok között reálisan kiaknázható"*

Forrás: saját szerkesztés