

kedést; mindenekelőtt haladéktalanul meg kell, szabadítani a Földet minden nukleáris fegyvertől. Ezért hangoztatja „Soha többé Hirosimát”.

Dr. Shimizu és Hirosima polgárai, — beleértve magamat is — azonos véleményen vagyunk ebben a lényeges kérdésben.

Felhívásunkban a fiatalabb generációhoz fordulunk, azokhoz, akiknek az atomkorszakban kell élniük.

ENERGIA BIOMASSZÁBÓL

A hetvenes évek első felében váratlanul és szinte hihetetlen gyorsasággal emelkedett az olaj, majd később a földgáz ára. Az olcsó és könnyen beszerezhető olaj történelmi fogalomná vált. Az áremelkedést részben a véges olajkészletek, részben politikai és gazdasági mesterkedések okozták. Az olajat importáló országok nehéz gazdasági helyzetbe kerültek, hiszen a belső égésű motorok üzemeltetéséhez, a fűtési rendszerek és számos iparág működtetéséhez elengedhetetlenül szükséges az egyelőre pótolhatatlan olaj és földgáz. Az energiaracionalizálás bevonult a gazdasági élet valamennyi területére. Újból előtérbe került a szénbányászat, több országban felgyorsították az atomerőmű-építési programot, s nem utolsósorban elkezdődött az új energiaforrások, az úgynevezett alternatív energiaforrások földterítése.

Az új és megújítható energiaforrások két nagy csoportba oszthatók. Az élettelen természet részei a szélenergia, a geotermikus energia, az árapályok energiája, a napsugárzás közvetlen hasznosítása, stb. A második csoportba tartozik a biológiai eredetű anyagból nyert energia, melyet — kicsit pontatlanul de röviden — bioenergiának is neveznek. A „zöld energia” fogalmát is használjuk, ami azt fejezi ki, hogy az ilyen energia elsősorban a zöld növények fotoszintetizáló tevékenységéből származik. Bár a fényenergiát más élőlények (pl. baktériumok) is hasznosíthatják, a biológiai eredetű energia nagy része a zöld növényekből származik.

Legfontosabb energiaforrásunk a Nap. Energiáját a növények kötik meg a fotoszintézis segítségével, melynek lényege röviden az, hogy a levegőben levő széndioxidból és vízből a növények zöld színtestecskéje — a klorofill — a napfényenergia hasznosításával szerves vegyületeket hoz létre, s így az energia kémiai kötések formájában halmozódik fel. A folyamatban a növények elemi oxigént juttatnak a környezetükbe. A fotoszintézis minden földi élet alapja. A növényekben raktározott energiát hasznosítják a mikroszervezetek, az állatok és az ember is.

A fotoszintézis a fényenergiának csak elenyésző részét építi be a növények által létrehozott szervesanyagba. A hasznosítás mértéke 1% körüli, de rövidebb időszakokra megfigyeltek már 3–4%-os hatékonyságot is. Ha sikerülne genetikai vagy agrotechnikai eljárásokkal növelni az 1% körüli értéket, a növényi produkció is jelentősen megnőne.

Felhívásunk a következő:

Az emberiségnek kéz a kézben kell élniük, félretéve a fajtájukból, eszméikből, hitükből adódó különbségeket. A nukleáris fegyverhez való folyamodás egyet jelenthet az emberiség teljes megsemmisülésével és a Föld teljes elpusztulásával.

A nukleáris háborúban nincs győztes! El kell törölnünk a nukleáris fegyvert bolygónkról, mert csak így reménykedhetünk boldog jövőben.

Láng István

a Magyar Tudományos Akadémia főtitkárhelyettese

A nagyobb mennyiségben található, biológiai eredetű anyagot biomasszának nevezik. Ide soroljuk a teljes növényi produkciót (fitomassza), az állattenyésztés melléktermékeit, a fafeldolgozó, a cellulóz- és az élelmiszeripar hulladékait, a települések szerves hulladékát, sőt a mikrobiológiai iparok termékét is.

A Földön egy év alatt 172 milliárd tonna növényi szárazanyag képződik egyes számítások szerint. Ennek energiataralma húszszor több, mint a világ éves energiafelhasználása. Magyarországon évente 93 millió tonna növényi szárazanyag képződik, ami a világlátnál több biomasszát jelent, vagyis Magyarország természeti adottságai viszonylag kedvezőek a növényi produkció előállításához.

Az ember a biomasszából azóta nyer energiát, amióta a tüzet ismeri. A tűzifa és más gazdasági növények mellékterméke, hulladéka (csutka, szalma, nyesedék, törek stb.) hőenergiát szolgáltatott főzéshez, fűtéshez.

A bioenergia helyzete az energiák értékrendjében helyenként és koronként változott. A szénbányászat a tűzifa használatát háttérbe szorította, míg az olaj és földgáz tömeges kitermelése és alacsony árszintje azt az illúziót keltette, hogy soha többet nem lesz szükség ilyen elavult módszerek alkalmazására, és sok országban megszűnt a növényi maradvánnyal való fűtés. Ugyanakkor ma is több olyan fejlődő ország van, ahol a biomasszából nyert energia a felhasznált összes energiának több, mint a fele.

Nem olyan régen megvizsgálták, hogy az egyes országok energiamérlegében milyen hányadot tesz ki a bioenergia. Ez Brazíliában 30%, Indiában 40%, Szudánban 65%, Svédországban 1,5%, az Egyesült Államokban pedig 1%. Magyarországon jelenleg mindössze 2% a bioenergia részesedése, ami tulajdonképpen a tűzifa-felhasználást jelenti.

A biomasszából nyerhető energia mennyiségének megítélése az energiahordozók körül kialakult pánik óta nem mentes a túlzásoktól. Lelkesedő és pesszimista cikkek egyaránt jelentek meg az utóbbi években.

Az Egyesült Államokban kísérletek folytak fával fűthető villamoserőművek működtetésére is, de nyilvánvaló, hogy ez nem lehet a tömeges energia-termelés útja. Ettől függetlenül azonban még sok háztartásban fával fűtenek. Sok országban az intenzív fakitermelés környezetvédelmi problémákat

okoz azáltal, hogy növekszik a talajerózió, megváltozik a letarolt területek vízháztartása, lelassul az erdők felújulása. Tűzifát tehát csak olyan mértékben volna szabad felhasználni, ami még nem borítja fel az erdők természetes egyensúlyát. De nemcsak a tűzifát lehet elégetni. Elégetéssel a növénytermesztés, a szőlő- és gyümölcsstermesztés, az erdőgazdálkodás melléktermékei (pl. szalma, csutka, rózse, nyesedék stb.) is hasznosíthatók. Francia szakemberek számítása szerint az egy hektáron megtermő 5 t szalma összegyűjtése és 100 km-re szállítása 0,04 t kőolajjal egyenértékű energiát igényel, s ez a szalmamennyiség 1,7 t kőolajjal egyenértékű hőenergiát szolgáltathat.

Magyarországon az 1981–85-ös időszak energia-programjában már számításba veszik a mezőgazdasági hulladékokat. Ha ezeket hőenergia formájában hasznosítanák, a nyolcvanas évtized első felében mintegy 300 ezer tonna kőolaj behozatalát lehetne megtakarítani évente. A szükséges műszaki berendezéseket (kazánokat, szállítóeszközöket) a magyar gépipar sajnos csak fokozatosan tudja előállítani, de egyes esetekben még így is importra van szükség. Jelenleg már működik néhány referencia üzem Magyarországon, ahol folyamatosan használják fel a biomasszát energia nyeresésre, elégetésre, és a nyert hőt takarmányok szárítására használják fel.

A mezőgazdasági és faipari melléktermékek bio-energiahasznosítására nem lehet általános receptet előírni. Valószínű, hogy ez a forrás csak néhány százalékot fog kitenni Magyarország energiámérlegében. A jelentős belső tartalékok felhasználásakor józanul meg kell fontolni, hogy mi a gazdaságosabb: a mezőgazdasági üzemekben hőenergiát termelni elégetéssel, vagy az iparban, illetőleg az állatállomány takarmányozásban hasznosítani a szalmát, kukoricaszárát. Hosszabb távon a pirolízisnek (hevítés oxigén távollétében) is lehet jövője a különböző szén tartalmazó anyagok (így a növényi maradékok) átalakításában, de ez a módszer még jelentős kémiai és műszaki kutatásokat igényel.

A cukorból, keményítőből mikroorganizmusok segítségével alkohol állítható elő. Az erjesztés (fermentációs) eljárás ma már ipari méretekben valósul meg. Minden ország az ott leggazdaságosabban termelhető növényt, vagy annak melléktermékét használja fel az erjesztés céljára.

A trópusi országokban elsősorban a cukornád, az édes cirok és a cassava jönnek számításba. Magyarországon kezdetben csak burgonyából, cukorrépából és gyenge minőségű gyümölcsökből gyártották az ipari alkoholt, majd a kukorica-termesztés fellendülése után a kukorica lett a legolcsóbb alkoholgyártási nyersanyag. Szabadegyházán ebben az évben épült fel egy modern gyár, ahol évente 140 ezer tonna kukoricából sokféle terméket állítanak elő, többek között folyékony cukrot és alkoholféleségeket.

Ezek a tények nem hanyagolhatók el, ha arra gondolunk, hogy a belső égésű motorokat működtető benzin alkohollal helyettesíthető. A gépkocsik

berendezései átalakítás nélkül működnek, ha a benzin 20%-át alkoholra cseréljük ki. Ha azonban a gépjárművet tiszta alkohollal akarjuk működtetni, már számottevő átalakításra van szükség. Viszont, ha az alkohol a hajtóanyag, jelentős mértékben csökken a levegőszennyezés.

Magyarországon már a második világháború előtt is használták a motalkónak nevezett benzin — alkohol keveréket. Az utóbbi években Brazília tett óriási erőfeszítéseket, hogy saját termékből (főleg cukornádból) alkoholt állítson elő, s így csökkentse az olaj importját. Üzemanyag céljára jelenleg 4 millió m³ alkoholt gyártanak. Az alkohol fűtőanyagként való használata körül nagy a vita. A brazil példa meggyőző, bár az ellenzők érvelései között is vannak jelentős tények. Brazília ugyanis kivételes ország. Óriási területen (8,5 millió km²) kevesen élnek. A népsűrűség mindössze 13 fő/km², éghajlata kedvez a nagy tömegű biomassza előállításának. Az ellenérvek között szerepel az is, hogy a lakosság (110 millió) nagy része élelmezési gondokkal küzd, ugyanakkor a kormány olyan programot támogat, amely „az ember helyett a gépkocsit eteti”.

Hollandiában például nincs realitása a bioenergia ilyen felhasználásának. Ha a legtöbb keményítőt adó növényekkel, a burgonyával vetnék be az egész országot, energiaszükségletüknek csupán 13%-át tudnák fedezni! Az ellentmondásokkal együtt is érdemes tovább vizsgálni az alkohol-előállítási lehetőségeket, mivel ma még ez az egyetlen növényből nyerhető anyag, ami a benzint helyettesítheti a belső égésű motorokban. Ma már ipari méretekben folyik az alkoholos erjesztés különféle mikroorganizmusok segítségével. Sajnos azonban ma még csak cukorból és keményítőből gazdaságos alkoholt előállítani, holott a melléktermékek nagy részét cellulóz alkotja, amely csak bonyolult technikai eljárások (pl. kénsavas hidrolízis) után tárható fel. Optimista becslések szerint tíz éven belül sikerül „kinemesíteni”, vagy génmanipulációs eljárásokkal „létrehozni” a cellulóz gyors lebontására képes mikroorganizmusokat. A cellulóz alkoholos erjesztésének megvalósítása valóban a biológia forradalmának egyik jelentős állomása lenne. Magyarországon elvileg reális cél-nak lehetne kitűzni, hogy a gépkocsialomány hajtóanyagának 20%-át kukoricából nyert alkohollal helyettesítsék, amelyhez mintegy 1 millió tonna kukoricaszem feldolgozására lenne szükség. Az erjedésipar melléktermékei (szeszipari moslék) jól hasznosíthatók az állattenyésztésben. A kukoricatermesztési prognózisok szerint a jelzett 1 millió tonna kukoricaszem 4–5 év normális ütemű termelésfejlesztésével biztosítható. Ily módon nem csökkenne a takarmányozásra felhasznált kukorica mennyisége. Ugyanakkor az erjesztőipari kapacitást a többszörösére kellene növelni, amely az állattenyésztés és más biológiai iparok egyidejű fejlesztését is megkívánja, hogy a keletkező nagy mennyiségű melléktermék és hulladék ne a környezetet terhelje. Vagyis igen komplex szemlélet és fejlesztési politika szükséges.

Valószínű azonban, hogy a magyar gazdasági élet számára a kiegyensúlyozott nemzetközi kereskedelmi forgalom esetén előnyösebb a kukoricát külföldön értékesíteni, és helyette olajat vásárolni. A világ olajtartaléka azonban ténylegesen csökken, ezért indokolt az erjedésiipari kapacitás folyamatos növelése. Az indokoltságot aláhúzza az is, hogy az alkohol a vegyiparban szintén számításba jöhet, mint műanyagipari nyersanyag. Néhány évvel ezelőtt a szakemberek még vitáztak a benzint helyettesítő alkohol gazdaságosságáról, ám az olajárak növekedése valószínűleg hamarosan eldönti a vitát. Olyan országokban, ahol hektáronként 5 t kukoricát biztonságosan meg lehet termelni, a lakosság élelmezését a földterület 75%-a biztosítja, viszont az olajszükséglet 80%-át külföldi piacokról kell beszerezni, ott lényegében egy liter alkohol önköltségi ára már ma is megközelíti egy liter benzin beszerzési költségét. Magyarország ezek közé az országok közé tartozik.

A dieselolaj is helyettesíthető növényi olajokkal, de az elvileg járható út kevésbé gazdaságos, mint a benzin alkoholos helyettesítése. Amerikai kutatók folyékony cukor és dieselolaj 30 : 70 százalékos keverésével értek el kielégítő eredményeket. A keverék előnye, hogy a keményítóből elegendő folyékony cukrot gyártani, és így az alkoholos erjesztés megtakarítható. A gyakorlat dönti majd el, hogy az eljárás mennyire életképes.

Oxigénmentes közegben bizonyos mikroorganizmusok a szervesanyagok cellulóz- és lignintartalmának egy részét gáznemű anyagokká bontják, amelyek között a legértékesebb a metán. A metán energiatartalmát világításra, fűtésre, sőt — sűrítés után — akár belső égésű motorok meghajtására is fel lehet használni. Az eljárást biogáztermelésnek nevezik.

Az első biogáztelepeket Magyarországon néhány évtizede építették. A kezdeti lelkesedés azonban az olcsó olaj- és földgázárak miatt teljesen lelohadt. Napjainkban ismét komoly mérlegelések és üzemi kísérletek folynak a biogáz előállítására és hasznosítására. Franciaországban a háború idején mintegy 2000 biogáztermelő kisüzem működött, amelyeket később megszüntettek. Az utóbbi években sikerült olyan korszerű, szakaszosan működő trágya-fermentáló berendezést kidolgozni, amely 1 kg szárazanyagból 0,4 m³ gázt termel, ennek a fele metán. Kínában és Indiában az elmúlt évtizedben óriási biogázprogramot valósítottak meg. Egyes adatok szerint Kínában 7,5 millió biogáztelep működik.

A fejlett ipari országokban a biogáz újraértékelését az energianyeres szempontjain túl a környezetvédelmi érdekek is indokolják. A szerves hulladékokkal komolyan kell foglalkozni, mert különben rendkívüli közegészségügyi és környezetvédelmi gondokat jelentenek. Az állattenyésztés, a háztartások és szennyvíztisztítás hulladékából metán vonható ki, s a fermentálás után visszamaradó szervesanyag trágyaként hasznosítható, hiszen az összes értékes növényi tápanyag megtalálható benne. A biogáz előállításához azonban

költséges berendezések szükségesek. Optimista becslések szerint a magyar biogáztermelési lehetőség 40 · 10¹⁵ J-nak felel meg, ami 1 millió tonna olajjal egyenértékű. A biogáz fajlagos költsége egységnyi energiára számítva bizonyára több, mint az egyéb forrásból származó energiahordozóké, de nem szabad megfélekedni a környezetvédelmi és higiéniai érdekekről, amelyek kielégítése szintén kiadásokkal jár.

Néhány gondolat a bioenergia perspektívájáról Magyarországon:

Magyarország évente 1200 · 10¹⁵ J energiahordozót használ föl, s ebből a biológiai eredetű 2%. A növényzet az ország területén a napfényenergiából 1500 · 10¹⁵ J-t köt le, ami a felhasznált energiahordozók energiatartalmának 125%-a. A számításnál a teljes növényi termelést vettük figyelembe, vagyis a természetes vegetációt, a gazdasági növényeket, továbbá a gyökérszáranyagot is. Szakirodalmi adatok szerint ugyanez az arány az Egyesült Államokban 75%, Svédországban 160%, Brazíliában 292%, Indiában 702%, Szudánban 17 467%.

Az adatokból egyértelműen kitűnik, hogy a „zöld energia” sohasem lesz alapvető Magyarország energiamérlegében.

A következő évtizedekben a széntüzelésű erőművekből és az atomerőműből származó energia lesz a döntő jelentőségű. Ugyanakkor az is tény, hogy teljes energiafelhasználásunkban kerekén 40% az import kőolajtermék és földgáz. A hazai kitermelés növekedésére nem lehet számítani, vagyis az olaj- és a földgázimport csökkentése, részleges helyettesítése még sokáig időszerű gazdasági feladat marad. A bioenergia szélesebb körű alkalmazása jelentősen enyhítheti ezeket a gondokat. Számítások szerint a növénytermesztés melléktermékeinek betakarításához szükséges „külső energia” mindössze 2–3%-a a biomasszában tárolt energiának, ami egyezik a francia szakemberek által megállapított adatokkal. Saját becslésem szerint az ezredfordulóra Magyarországon mintegy 100 · 10¹⁵ J bioenergia reális felhasználásával lehet számolni, ami a jelenleginek a négyszerese. Az évszázad végére prognosztizált teljes energiahordozó felhasználáson belül ez az érték 4,5–5,0%-ot jelenthet Magyarországon. Elméletileg több is lehetne (mintegy 8–10%), de ehhez a vegyiparban is jelentős mennyiségű ásványolajat kellene alkohollal helyettesíteni. Ehhez pedig a technológiai berendezések részbeni átalakítása szükséges.

A biomasszából sokminden előállítható: élelem, takarmány, ipari nyersanyag, bioenergia, szerves-trágya. Sokoldalú gazdaságpolitikai megfontolások után szabad csak eldönteni, hogy mennyi energiát állítsunk elő abból a mezőgazdasági főtermékből, amelynek külföldön való értékesítése esetleg előnyösebb.

A melléktermékek és hulladékok energetikai hasznosításával azonban nem szabad sokáig várakozni, mert közegészségügyi és környezetvédelmi érdekeink is sürgetik az előbbre lépést.