

Az energiakérdés ma – a fizikus szemével

Berényi Dénes

1. Az energiáról általában

Az energia fogalma nemhogy a fizikusok, de már az általános iskolások számára is jól ismert. Egyszerű megfogalmazásban azt mondjuk, hogy az energia munkavégző képesség, pontosabban pedig az energia a fizikában munka jellegű mennyiség. Munkáról pedig akkor beszélünk, ha az erő egy bizonyos úton hat egy tárgyra. Egy tárgynak akkor van energiája, ha munkát tud végezni. Az is jól ismeretes, hogy az energiára (pontosabb megfogalmazás szerint: az anyagra és az energiára együttesen) megmaradási törvény érvényes.

Mindezt azért kellett felidézni, hogy ebbe a képbe illesszük be az olyan mindennap használatos kifejezéseket, mint energiatermelés, energiaveszteség, energiatakarékosság, stb. Kérdezhetné ugyanis valaki például, hogy veszhet el az energia, amikor az energiamegmaradás törvénye érvényes. Hasonlóan talán meg lehetne lepődni azon is, hogy hogyan is termelhetjük az energiát és hogyan takarékoskodhatunk vele.

Ezek a „rejtélyek” mindjárt megoldódnak, ha a fenti kifejezésekben nem általános értelemben használjuk az energia fogalmát, hanem úgy értjük, hogy a *számunkra hasznos munkát végző* energiáról van szó.

2. Az „energiakérdés”

Mindenekelőtt hangsúlyoznunk kell, hogy amikor az energiáról, pontosabban az energiakérdésről beszélünk, akkor mai civilizációnk egyik központi problémájáról van szó. Gondoljunk csak meg, ha nem állna rendelkezésre energia egész mai, mindennapi életünk, civilizációnk leállna. Nem lenne közlekedés, nem lenne hírközlés, nem lenne világítás, nem termelnének a gyárak, nem működne otthoni háztartásunk.

De mit is értünk tulajdonképpen az energiakérdésen. Röviden megfogalmazva: *növekvő népesség* (2050-re 10 milliárd körül van az előrejelzés a Föld lakosságára vonatkozólag) *és igény, valamint fogyó konvencionális energiaforrások mellett környezetkímélően és minimális kockázattal látni el energiával a társadalmat.*

A növekvő népességet az idő függvényében az 1. ábra mutatja, az energiafogyasztás alakulását pedig a 2. ábra. Láthatjuk, hogy a növekedés elsősorban az ún. fejlődő országok régióiban jelentkezik, amely viszont a Föld népességének $\frac{3}{4}$ -ét $\frac{4}{5}$ -ét jelenti. Ugyanakkor az energiafogyasztás a fejlett országokban már alig nő (de azért ott is nő kis mértékben), de

az igazi növekedés a fejlődő országokban következik be, hiszen természetesen nekik is megvan az igényük arra, hogy hasonló életszínvonalon éljenek, mint a mai fejlett országokban. Hogy ez mennyi problémát jelent és hogy valójában a fejlett országok igényeinek csökkentésére volna szükség a Föld és az emberiség jövője érdekében, arra most itt nem tudunk kitérni, az egy másik külön tanulmányt igényelne.

Visszatérve viszont az energiakérdésre, a lényeg megfogalmazásán túlmenően egy egész sor részletprobléma vár ezen belül megoldásra. Így – a teljesség igénye nélkül – az energiatermelés kérdései: az energiaforrások megválasztása, a termelés optimalizálása, stb., továbbá a veszteségmentes vagy kisveszteségű energiaátvitel megvalósítása, az energiaelosztás változatai, az energiátárolásának problematikája, az energiaátalakítás módjai, az energiatakarékosság különböző formái, stb.

Ez a rövid felsorolás is mutatja, ha belegondol az ember, hogy mindezek mögött a kérdések mögött hatalmas kutatási feladatok vannak, amelyek nélkül ezek a problémák nem oldhatók meg.

Mindenesetre azt is hangsúlyozni kell, hogy a megoldásokhoz általában interdiszciplináris megközelítésre van szükség. Tudniillik a kérdések egy része *műszaki-természettudományos jellegű*, de nem elég, hogy valami műszakilag, természettudományos alapon megoldható, mert meg kell vizsgálni azt is, hogy *gazdaságos-e ez a bizonyos megoldás*, ennek a vizsgálata pedig gazdaságtudományi kérdés. Mindezekon túlmenően felmerül az is, hogy a szóban forgó megoldást elfogadja-e a társadalom, sőt azt a kérdést is fel lehet tenni, hogy ha elfogadja, miért fogadja el, és ha nem fogadja el, miért nem, továbbá mit lehet tenni egy műszaki-természettudományosan megalapozott és gazdaságos megoldás társadalmi elfogadtatása érdekében. Így kifejezetten *a társadalomtudományok* közreműködésére is szükség van.

3. Jelenlegi energiaforrásaink

a) Osztályozásuk.

Jelenlegi energiaforrásaink döntő részben az ún. fosszilis (konvencionális) energiahordozók felhasználásából kerülnek ki (lásd a 3. ábrát), ezek a kőolaj, a földgáz és a szén. A nukleáris energia is, éspedig az ún. hasadási nukleáris energia, viszonylag jelentős szerepet tölt be, különösen a villamos energiatermelésben, az ún. fúziós energiatermelés még csak a jövő reménye.

Az ún. megújuló energiaforrások listája nagyon hosszú: hidroelektromos, szél, napsugárzás, árapály, hullámzás, biomassa, geotermikus, de ezek közül jelenleg jelentős szerepe csak a hidroelektromos erőműveknek van.

b) Készletek

Az egyes energiaforrások értékelésénél nagyon fontos, hogy milyen készletek állnak rendelkezésünkre. Az alábbiakban egy nagyon durva, nagyságrendi becslést adunk arra vonatkozólag, hogy a jelenlegi egyes energiaforrások milyen időtávra elegendők. Ezek a becslések nagyon durva, tájékoztató jellegűek, hiszen a konkrét körülményektől, például, hogy a nukleáris erőművek milyen típusúak, vagy milyen hasadó anyagot használnak fel, attól nagyon sok függ, bizonyos esetekben nagyságrendi változások is előfordulhatnak (1. Táblázat).

Itt kell megemlítenünk, hogy az egyes energiahordozó készleteknél nemcsak arról van szó, hogy mikor merülnek ki, hanem arról is, hogy akkor, amikor még nem merülnek ugyan ki, kitermelésük egyre drágább és amint fogyatkoznak, egyre elkeseredettebb a küzdelem a lelőhelyek birtoklásáért. Mindennek már tanúi vagyunk napjainkban is, amikor egyre feljebb kúszik a kőolaj ára és véres háborúk okai között is jelentős szerepet játszik. Ismeretes ugyanis, hogy mint a Föld más kincsei, a kőolaj sem egyenletesen oszlik el a Földön, hanem nagyon is koncentráltan található és fő lelőhelyei a Közel-Keleten vannak.

c) Gazdaságosság

Amit a készletekre vonatkozóan elmondtunk, legalább annyira érvényes arra is, hogy az egyes energiaforrásokból milyen költséggel nyerhetünk energiát. A konkrét körülményektől – tehát például, hogy milyen a szén fajtája vagy az erőmű technikai megoldása, mérete, stb. – nagyon sok függ (lásd a 4. ábra). Általában azt lehet mondani, hogy – legalább is jelenleg – a megújuló források drágábbak, sőt egyes esetekben jelentősen drágábbak. A hazai helyzetet a különböző erőművek esetében az 5. ábra mutatja.

Az árak kiszámításánál általában csak a közvetlen költségekkel szoktak foglalkozni, de a közegészségügyi, foglalkozási ártalmakat, a környezeti anyagokban jelentkező károsodást, a klímaváltozást, stb. nem veszik figyelembe, pedig ezek is megfogalmazhatók a gazdaság nyelvén. Erre vonatkozólag lásd a 2. Táblázatot.

d) Technikai megfontolások

Részletes tárgyalásra nem törekedhetünk itt, csak utalunk arra, hogy a technika állandóan változik, fejlődik és konkrét döntésnél az adott helyen rendelkezésre álló technikai színvonalat kell figyelembe venni. Ide számíthatók pl. az olyan körülmények, hogy az adott helyen vagy annak közelében (az adott országban) milyen minőségű szén áll rendelkezésre.

Másrészt nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy pl. a szél, a napsugárzás, stb. intenzitása földrajzilag és helyi adottságoknak megfelelően változó, ugyanakkor időleges, mert a szeles helyeken sincs állandóan szél, és a napsugárzás is változik, nemcsak földrajzi tényezők és az évszakok változásának megfelelően, de az aktuális meteorológiai helyzet következtében is. Viszont a nukleáris erőművek állandó terhelést kívánnak, tehát gondoskodni kell arról, hogy a változó fogyasztás valamiképpen kiegyenlítésre kerüljön.

e) Kockázatok, környezetszennyezés

Az energiaforrások értékelésénél nagyon fontos szempont, hogy felhasználásuk a természeti környezetre és az emberi társadalomra nézve milyen káros hatással, ill. milyen kockázatokkal jár.

A fosszilis energiahordozók esetében a legnagyobb probléma a széndioxid keletkezése, amely a 6. ábra szerint állandóan növekszik a Föld légkörében és ez ismeretesen az ún. melegházhatással jár a Földre nézve, amelynek következtében jelentős változások következhetnek be például a tengerszint emelkedésében, a földi klíma megváltozásában stb. Ennek mértéke – és egyes szakértők szerint egyáltalán a hatás jelentkezése is – vitatott. A szóban forgó energiahordozók ugyanakkor káros kén és nitrogén vegyületeket is bocsátanak ki a légkörbe, amelyeknek megkötése az erőművekben nagyon nehéz és költséges. Az viszont alig kerülhető el, hogy ezeknek az erőműveknek (szénerőművek!) a salakanyagai ne vigyenek jelentős mennyiségű, de általában nem mindig könnyen kimutatható rákkeltő anyagokat, nehéz fémeket a környezetbe. Fontos megemlíteni azt is, hogy számos szén esetében jelentős radioaktivitás is kerül a környezetbe. Az egyes szénfajták között itt több tízszeres vagy akár százszoros különbség is lehet.

A nukleáris (hasadási) energiatermelés esetében a legnagyobb problémát a kiégett fűtőelemek, a keletkező radioaktív hulladék jelenti. Szakemberek szerint ez a kérdés tulajdonképpen megoldott, mert megfelelő geológiai rétegekbe helyezve a földtörténeti tapasztalatok szerint akár hosszú évmillióig is annak veszélye nélkül tárolhatók a radioaktív hulladékok, hogy a természet körforgásába kerüljenek. Tény viszont, hogy ezen

anyagok egy részének lebomlása valóban évmilliókig eltarthat. Ezért folynak a kísérletek olyan nukleáris berendezésekre vonatkozólag, amelyekben a hosszú radioaktív felezési idejű hulladék rövid felezési idejűvé alakítható át és így a hosszú idejű raktározás nem jelent már problémát.

A nukleáris erőművek esetében a társadalmi félelmek másik oka a nukleáris balesetek előfordulása. Csernobil után ez érthető, de tudni kell, hogy a csernobili erőmű olyan típusú volt, hogy a fejlett nyugati országokban ezt a típust, pláne védőburok nélkül nem is engedték volna üzembe helyezni. Továbbá a szóban forgó baleset óta igen nagymértékben tovább nőtt a nukleáris erőművek biztonsága.

Végül meg kell jegyezni, hogy a nukleáris erőművek esetében a levegőszennyezés teljesen elhanyagolható (különösen viszonyítva a fosszilis energiahordozókkal működő erőművekhez és ez a szennyeződés ti. a radioaktivitás könnyen mérhető, ellenőrizhető).

A 3. Táblázatban az ENSz adatai szerint mutatjuk be, hogy az atomerőművi balesetek, ill. különböző emberi tevékenységek következtében az emberiség mekkora sugárdózist kapott. Vannak arra vonatkozó számítások is, hogy a különböző energiahordozók segítségével folytatott energiatermelés milyen halálozás/év kockázattal jár (lásd a 4. Táblázatot).

f) Társadalmi elfogadottság

Társadalmunkban közkeletű egy olyan hiedelem, hogy a fejlett országok elutasítják a nukleáris energiát. Ez még Európára sem teljesen igaz, hiszen Franciaországban a villamos energiaellátás mintegy 80%-át nukleáris erőművek szolgáltatják és semmiféle jelentős, ez ellen tiltakozó mozgalomról nem lehet hallani, Finnországban pedig most is épül nukleáris erőmű. Egyébként azok az országok is, mint Svédország vagy Németország, amelyek konkrét dátumot tűztek ki a nukleáris erőművek felszámolására, bajban vannak, keresik a megoldást, mert egyelőre nem látszik tényleges lehetőség az így kieső energiaszolgáltatás pótlására.

A nukleáris energia még inkább előtérben van a Távols-Keleten, hiszen Japánnak gyakorlatilag semmilyen más energiaforrása nincs, és Kínában is feltétlenül szükség van a nukleáris energia felhasználására (lásd a 7. ábrát).

A különböző energiaforrások alkalmazásával kapcsolatban vannak és feltétlenül kell is, hogy legyenek racionális megfontolások, a környezeti károkra és a társadalmat fenyegető különböző veszélyekre vonatkozólag. A helyzet azonban az, hogy sok esetben az irracionális félelmek sokkal inkább befolyásolják az emberek magatartását. Helyesen

állapította meg Maurice Tubiana: „A mindennapi magatartást elsődlegesen a szokás, a hiedelmek, a félelmek és a mítoszok befolyásolják, nem az információk adatszerúségeinek logikája.”

Egyébként is a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatban – amelyek különben nélkülözhetetlenek és minden bizonnyal még többet kellene, hogy áldozzon a társadalom ezek kutatására és fejlesztésére – sok megalapozatlan optimizmust táplál a közvélemény. Ezzel kapcsolatban érdemes idézni Vajda Györgyöt, egyik legkitűnőbb energetikai szakemberünket. „A megújuló energiafajták közvetlenül alig szennyezik a levegőt, de a közvetett szennyezés jelentős, elsősorban a nagymennyiségű szerkezeti anyagszükséglet miatt (egy naperőmű például fajlagosan hatszor annyi betont és 30-150-szer annyi fémot igényelne, mint egy hagyományos hőerőmű).” „... fajlagosan a legtöbb veszélyes hulladék a napelemek anyagából kerül ki, de a szénhamu is tartalmaz néhány száz t/GWa veszélyes nehézfém-vegyületet.”

g) Etikai megfontolások, felelős döntések

Amikor egy-egy energiaforrás felhasználásával kapcsolatban döntést hozunk, soha nemcsak a pillanatnyi igényeket és veszélyeket kell számba venni, hanem azt is, hogy ezek mit jelentenek a jövő szempontjából, milyen károkat, veszélyeket okoznak a jövő nemzedékeknek.

Mindenesetre, mint már az előbbieken is céloztunk erre többször is, mindig figyelembe kell venni az adott lokális feltételeket, például, hogy egyáltalán milyen energiaforrások állnak rendelkezésre az adott környezetben. Van-e például elegendő szeles nap és elég erős-e ez a szél, vagy ha szén áll rendelkezésre, akkor az, milyen szén, milyen szennyezések – például mennyi a radioaktivitás benne –, amelyek végül is a környezetbe kerülnek. Egyáltalán figyelembe kell venni, hogy ki tudjuk-e elégíteni a társadalom jogos energiaigényeit az adott környezetben. És ebben a vonatkozásban világosnak látszik, hogy a nukleáris energiát aligha nélkülözheti a társadalom.

Nagyon fontos, hogy ezekben a döntésekben ténylegesen racionális érvek döntsenek, és az irracionális félelmek visszaszoríthatók legyenek. Ebben viszont nagy szerepe van a társadalomtudományoknak.

4. A jövő – lehetőségek és feladatok

a) A jelenleg használatos energiaforrásokat illetően

Nagyon fontos, hogy az egyes energiahozdozók felhasználásánál minél több energiát vegyünk ki belőlük, azaz *növeljük a hatásfokot*. Előrejelzések szerint a szénerőműveknél például sok az ez irányú tartalék (lásd a 8. ábra). Ebből a szempontból érdemes megnézni a magyar villamos erőművekben a hatásfok változását az évek függvényében (lásd 9. ábra). 1950-ben ez a szám 20% alatt volt, most pedig már 30% fölött járunk és nem látszik elképzelhetetlennek, hogy ez a továbbiakban akár 50% közelébe is elérhet.

Állandó a törekvés az energiatakarékosság növelésére és a környezeti ártalmak csökkentésére is. Mint sok más esetben, itt is további kutatásokra fejlesztésekre, de a társadalmi magatartás megváltoztatására is szükség van.

b) A nukleáris energiára vonatkozóan

Már az előbbi megfontolásokból is látjuk, hogy az emberiség aligha engedheti meg magának azt a luxust, hogy a nukleáris energiát ne vegye figyelembe energiaszükségletének kielégítésében. Természetesen itt is további kutatásra, fejlesztésre van szükség és folyik is új reaktor típusok kifejlesztése, a biztonságosság növelése, a baleset elhárítás fokozottabbá tétele. Folytak a kísérletek pl. egy gyorsítóval kombinált reaktorral, amelynél a reaktor azonnal leáll a gyorsító kikapcsolásával.

A kiégett fűtőelemek, a felhalmozódó radioaktív salak kérdésének megoldása a legfontosabb. Itt az első lépés a rövid és hosszú felezésű radioaktív hulladék gondos szeparációja. Amennyiben a hosszú felezési idejűek elválasztásra kerülnek a rövid felezési idejűektől, az előbbieket térfogata, tömege összehasonlíthatatlanul kisebb, mint a teljes radioaktív hulladék mennyiség, és így kezelésük is ennek következtében sokkal könnyebb. Franciaországban évenként és fejenként 1 kg radioaktív hulladék keletkezik és ebből a hosszú felezési idejű 1 g (összehasonlításként: a háztartási és ipari hulladék kb. 5 tonna/év/lakos). [12] Másik nagyon fontos megoldási lehetőség megvalósítására irányulnak, az ún. transzmutációra vonatkozó kutatások – amelyre már céloztunk korábban. Ebben az esetben megfelelő reaktorban, gyorsítóban a hosszú felezési idejű izotópokat rövid felezési idejűekké alakítják át és így a raktározás lényegesen kisebb gondot jelent. Mindenesetre a jelenleg legkézenfekvőbbnek látszó megoldás, hogy a radioaktív anyagokat megfelelő formában (üvegszerű anyagba beépítve) geológiai

rétegekbe temetik, ahol akár évszázmilliókig lehetnek anélkül, hogy a természeti körforgásba bekerülnének.

Az energiaellátás terén az igazi remény a *fúziós energiatermelés*. Erre vonatkozóan van európai program (JET) és van az egész világra kiterjedő nemzetközi program (ITER). Ennek a részleteibe nincs módunk itt belemenni, csak annyit jegyzünk meg, hogy az eddigieknél talán több erőfeszítést kellene az emberiségnek tenni ebben az irányban, hiszen a tét olyan nagy. Hogy hol tart ma ez a kutatás, arra vonatkozólag közlünk egy táblázatot, amelyben láthatjuk, hogy hány megawatt termelést sikerült eddig elérni különböző berendezésekben. Sajnos azonban az, hogy a legutolsó esetben is kevesebb energiát sikerült visszanyerni, mint amennyit be kellett táplálni.

c) Megújuló források

Kétségtelen, hogy az emberiség az utóbbi évtizedekben, de különösen az utóbbi években egyre többet igyekszik tenni az ún. megújuló energiaforrások felhasználására. Ezeket már korábban felsoroltuk. Az EU terveit szerint 2010-re a villamos energia szükséglet 12%-át megújuló forrásokból kellene fedezni. A továbbiakban röviden igyekszünk szólni arról, hogy az egyes megújuló forrástípusokkal kapcsolatosan mi a helyzet. Bevezetőben megjegyezzük, hogy a hidroelektromos, vagyis a víz esését felhasználó források tekintetében nem várható már a Földön komoly bővülés, mert az ilyen irányú lehetőségek gyakorlatilag már most is felhasználásra kerülnek.

A *napenergia* használatát illetően mindenekelőtt azt jegyezzük meg, hogy ez meglehetősen „híg” forrás, 1 négyzetkilométerre átlagosan 1,6 Watt jut a Föld felszínén, ami nyilvánvaló következményekkel jár a nagyerőművek építésére vonatkozólag. Mindenesetre a felhasználásnak két fő formája van, az egyik a gyűjtőtükrökkel a fókuszba összegyűjtött hőenergia és ennek további felhasználása. Ilyen példát lehet említeni Franciaországban (Odeillo), ahol 1000 kW-os erőmű működik. A 10. ábránk egy másik ilyen naperőművet mutat, amelyik Ausztráliában épült fel. A másik út a fotoelektromos cellák alkalmazása. Egy ilyennek fényképét láthatjuk a 11. ábrán. Nem térhetünk itt ki a különböző megoldásoknál jelentkező összes előnyre és hátrányra, csak annyit jegyezzünk meg, hogy például a gyűjtőtükrös megoldásnál a hatalmas tükrök felszerelése sok problémával, balesettel jár, továbbá a tükrök egy idő után lemattulnak és ezek újra csiszolása nem kis problémát jelent. A fotoelektromos cellák pedig egyelőre meglehetősen drágák, előállításuk pedig jelentős környezetszennyezéssel és relatíve nagy energia befektetéssel jár. Érdekességképpen bemutatunk egy debreceni újságban megjelent

hirdetést, amely egy olyan céget reklámoz, amelyik Debrecenben székel és a napenergia felhasználását vállalja melegvíz biztosítására és fűtéskiegészítésre.

A *szélenergiát* az emberiség korábban nagymértékben használta (vitorlás hajók, szélmalomok), később azután mintha feledésbe ment volna. Ma egyre jobban előtérbe kerül ismét és a szélenergia világon történő felhasználásának 90%-a Európában történik. Érdekes ezzel kapcsolatban megnézni a 13. ábrát.

Az *árapály* energiájának felhasználására is történnek kísérletek. Itt azt kell megemlítenünk, hogy az árapály mértéke nagyon különbözik az egyes tengerpartokon: van, ahol csak néhány centiméter, de van, ahol viszont jelentős. Az egyik ilyen kísérleti erőmű 240 MW-os a Rance folyó torkolatánál Franciaországban.

A *biomassza*, *biogáz*, *bioüzemanyag* felhasználása különböző megoldásokat foglal magába. A legősibb a fa eltüzelése. Jelenleg viszont komoly kísérletek folynak arra vonatkozólag, hogy a háztartási hulladékból biogázt termeljenek és ezt a gázt éppen úgy használják a gyakorlatban, mint a földgázt. További lehetőség, hogy egyenesen olyan növényeket termeljünk, amiből azután alkoholt állíthatunk elő és az alkoholt használjuk, mint energiaforrást. Erre vonatkozólag is komoly kísérletek, sőt eredmények vannak má. Kérdéses persze, hogy a termőföldből az emberiség mennyit szánhat ilyen célra. Megjegyzem, hogy erre vonatkozó kísérletek már jóval korábban is voltak, ezt az üzemanyagot motalkonak nevezték, amely szóban az „alkó” jelzi, hogy az üzemanyag egyik alkotórésze alkohol volt.

A tenger hullámzásának vagy a geotermikus energiának a felhasználását is kutatják, de azt mondhatjuk, hogy ezek még eléggé „gyermekcipőben” járnak, bár az utóbbival 1997-ben már 34 TWh elektromos energiát termelnek a Földön [12] és legkézenfekvőbb felhasználása a melegvízes gyógyfürdőkben történik.

d) Közlekedés

Jelenleg a kőolaj jelentőségét – többek között – az adja meg, hogy szinte kizárólag – nem tekintve a földgáz ilyen jellegű felhasználását – ez használható a közlekedési eszközök energiaforrásaként. Éppen ezért manapság nagyon nagy reményeket fűznek a *hidrogénhez, mint üzemanyaghoz*, amely oxigénnel egyesülve a környezetre egyáltalán nem káros vizet eredményez, mint hulladékot, miközben energiát szolgáltat. Ennek a kérdésnek egyre hatalmasabb irodalma és pozitív kísérleti eredményei vannak és az ún. *fűtőanyagcellának* is számos típusa, amelyben az a bizonyos energiát szolgáltató hidrogén-oxigén egyesülés megtörténik. Úgy tűnik, hogy jelenleg az ilyen üzemanyaggal hajtott

közlekedési eszközök kérdése műszakilag teljesen megoldott, kísérleti példányok rendelkezésre állnak és tulajdonképpen arra volna szükség, hogy hidrogéntöltő állomások hálózata álljon rendelkezésre az utak mentén. Meg kell azonban említeni, hogy tulajdonképpen a hidrogén másodlagos energiaforrás, amelyet nagy energia befektetéssel kell előállítani. Ez pedig vagy elektrolízissel vagy magas hőmérsékleten ($> 1000\text{ °C}$) szénhidrogénekből történik, amely utóbbi során hidrogén és széndioxid képződik (lásd részletesebben [11]). A hidrogén üzemanyag jelentősége tehát elsősorban az, hogy azokat az energiaforrásokat, amelyeket a közlekedésben nem lehet használni *transzformálja* a közlekedésben használható energiaforrássá.

Meg kell még említenünk az ún. *elektromos autót*, amely akkumulátorokkal működik, de van „hibrid” változata is, amely részben akkumulátor meghajtású részben benzint is használ üzemanyagként. A fő probléma itt a megfelelő akkumulátorok megtalálása, amelyek általában nagy térfogatot igényelnek, súlyosak és drágák. Ehhez járul még az a tény, hogy ez is csak másodlagos megoldás, mert az akkumulátorokat fel kell tölteni és itt is hiányzik a feltöltő állomások útmenti hálózata.

e) Hogyan tovább?

Ha végig tekintjük mindazt, amit az eddigiekben próbáltunk összefoglalni, nem lehet eléggé és újra és újra hangsúlyozni a kutatást mind az alapkutatások, mind az alkalmazott kutatások és a fejlesztések területén az energiakérdés megoldásában. Nem lehetetlen, hogy a megoldás most is, mint oly sokszor az emberiség és a tudomány története folyamán onnan fog jönni, olyan felfedezésekből, amelyeket ma nem is látunk előre. Ugyancsak újra kell hangsúlyozni az egyes döntések során a racionális megfontolásokat, hogy a veszélyeket se le ne becsüljük, se el ne túlozzuk, hanem reálisan figyelembe vegyük.

Végül nagyon fontos, hogy ne pazaroljuk az emberi kreativitást, a kutatási tehetséget és kapacitást. Vagyis ne felcsigázott luxus igények kielégítésére törekedve pazaroljuk el kutatóintézmények és kutatók értékes energiáit. Még fontosabb, hogy csökkentsük a katonai kutatásokra fordított összegeket a Földön, amelyek végül is nem az építésre, hanem a pusztításra koncentrálnak. Egyébként közgazdászok kimutatták, hogy – a közhiedelemmel ismét csak ellentétben – ha a katonai kutatások végül hasznosulnak is a polgári életben, ezek a polgári problémák megoldása szempontjából nagyon költséges megoldást jelentenek. Ha ugyanezeket az összegeket és kutatási kapacitást közvetlenül a polgári problémák, az emberiséget ténylegesen érintő feladatok megoldására fordítanánk, az sokkal gazdaságosabb volna.

f) Korlátaink

Nem lehet eléggé hangsúlyozni végül, hogy bármilyen energiaforrást is választunk, távolról sem lehet a végtelenségig növelni az energiafelhasználást a Földön. 6. Táblázatunk mutatja, hogy az egyre nagyobb energiafelhasználás milyen hatással, ill. kockázatokkal jár az emberiség szempontjából. Egységnek itt azt tekintettük, hogy összesen mennyi energia jut bizonyos idő alatt a Föld teljes felületére. Vagyis, ha az egész Földön mindenki annyi energiát fogyasztana, mint az USA-ban, akkor már a Földön az átlag hőmérséklet kb. 1-°kal emelkedne. Ennek káros, helyenként katasztrofális hatását a CO₂ légköri feldúsulásával kapcsolatosan tanulmányozzák.

Láthatjuk tehát, hogy vannak korlátaink és igényeinket ezeknek a korlátoknak a figyelembe vételével kell alakítanunk úgy, hogy tekintetbe vegyük, hogy lényegében minden embernek egyformán van joga ahhoz, hogy emberhez méltó életet éljen.

Irodalom

1. D.R.O. Morrison, World Energy into the Next Century. 43rd Pugwash Conference, 9-15 June 1993, Rasse-ludden, Sweden. Working paper No. 197
2. Berényi Dénes, Debreceni Szemle 7 (2000) 495
3. Mayer György, Magyar Nemzet, 2001. dec. 10. szám
4. RTD Info-Magazine for European Research. No 35, October 2002
5. Marx György, Debreceni Szemle 5 (1997) 163
6. IAEA Bulletin, Vol. 22, No. 5/6, 127 lap
7. NEA Annual Report, Paris, 1997
8. Büki Gergely, magán közlés
9. „Energy, the Environment and Sustainable Development, Key Action 21” alapján
10. J. Audouze, The UNESCO Courier, May 1998, p.8
11. RTD info, February 2000, p.33
12. Alan R. Katz, The Wall Street Journal Europe, May 17-19, 2002. p. A12
13. RTD info, August 2004
14. Jean Audouze, UNESCO, CIP/BIO/CMECST/Rep.1, Paris, 19 December 1997
15. Keszthelyi Lajos, magán közlés

Ábrák alatti szöveg

1. ábra A népesség számának változása a Földön 1950 és 2100 között [1]
2. ábra Az energiafogyasztás változása a Földön 1990 és 2090 között [1]
3. ábra A különböző energiahordozók felhasználásának aránya 1700 és 2000 között (C. Marchetti nyomán [1])
4. ábra Az egyes energiahordozók felhasználásával termelt villamos energia költsége az erőmű méretének függvényében [1]
5. ábra A villamosenergia-árak a magyarországi erőművek esetében [3]
6. ábra A széndioxid mennyisége a légkörben az 1700-as évektől 2000-ig [1]
7. ábra Energiatermelés nukleáris erőművekkel az OECD három régiójában 1997-ben, 2000-ben és 2010-ben [7]
8. ábra A szénerőművek hatásfokának változása 1880 és 2020 között (I.M. Torrens nyomán [1])
9. ábra A villamos energiatermelés hatásfoka Magyarországon 1950 és 2050 között [8]
10. ábra Naperőmű White Cliff-ben (New South Wales, Australia [8])
11. ábra Fotelektromos cellák egy Birmingham-i épület tetején [9]
12. ábra Egy debreceni cég hirdetése a napenergia felhasználására
13. ábra Egyes országok részvétele a szélenergia kihasználásában [10]

1. Táblázat

Az energiahordozók készleteire vonatkozó nagyságrendi becslések

Energiahordozó		Hány évre áll rendelkezésre
Fosszilis	kőolaj, földgáz	~ 10 év
	szén	~ 100 év
Nukleáris	hasadási	~ 100 év
	fúziós	gyakorlatilag kimeríthetetlen
Megújuló		Kimeríthetetlen

2. Táblázat

Az elektromos energiatermelés járulékos költségei (eurocent/kWh)* [4]

Ország	Szén,lignit	Kőolaj	Nukleáris	Hydro- elektromos	Foto- elektromos	Szél
BE	4-15		0.5			
DE	3-6	5-8	0.2		0.6	0.05
DK	4-7					0.1
FR	7-10	8-11	0.3	1		
GR	5-8	3-5		1		0.25
NL	3-4		0.7			
PT	4-7			0.03		
SE	2-4			0-0.7		
UK	4-7	3-5	0.25			0.15

* Közegészségügyi, foglalkozási ártalmak, károsodások a környezeti anyagokban, klímaváltozás, stb.

3. Táblázat

arra vonatkozólag, hogy az egész emberiség mekkora sugárdózist kap(ott) különböző cselekedetek révén szétszórt radioaktivitástól [5]

1000 sievert/fő	
1945 Hirosima, atombomba	1
1961 Novaja Zemplja, légköri hidrogénbomba-kísérlet	1000
1969 Harrisburg, atomerőmű-üzemzavar	0,04
1986 Csernobil, atomerőmű-baleset	600
1945-1980 Összes légköri atombomba-kísérlet	30 000
Repülőutazások	évente 10
Orvosi sugárdiagnosztika	évente 1600
Orvosi izotópdiagnosztika	évente 160
Orvosi sugárterápia	évente 1500
Szénipar	évente 110
Atomipar lakosságot érő dózisa	évente 10
Atomipari dolgozók dózisa	évente 20
Természetes sugárzási háttér	évente 7000

4. Táblázat

Halálozás/év 1000 MW-ra és 75%-os terhelésre számítva [6]

Szén	Kőolaj	Nukleáris
0,47 – 2,13	0,1 – 1,28	0,05 – 0,43

5. Táblázat

A fúziós energiatermelés helyzete

(trícium – deuterium) [9]

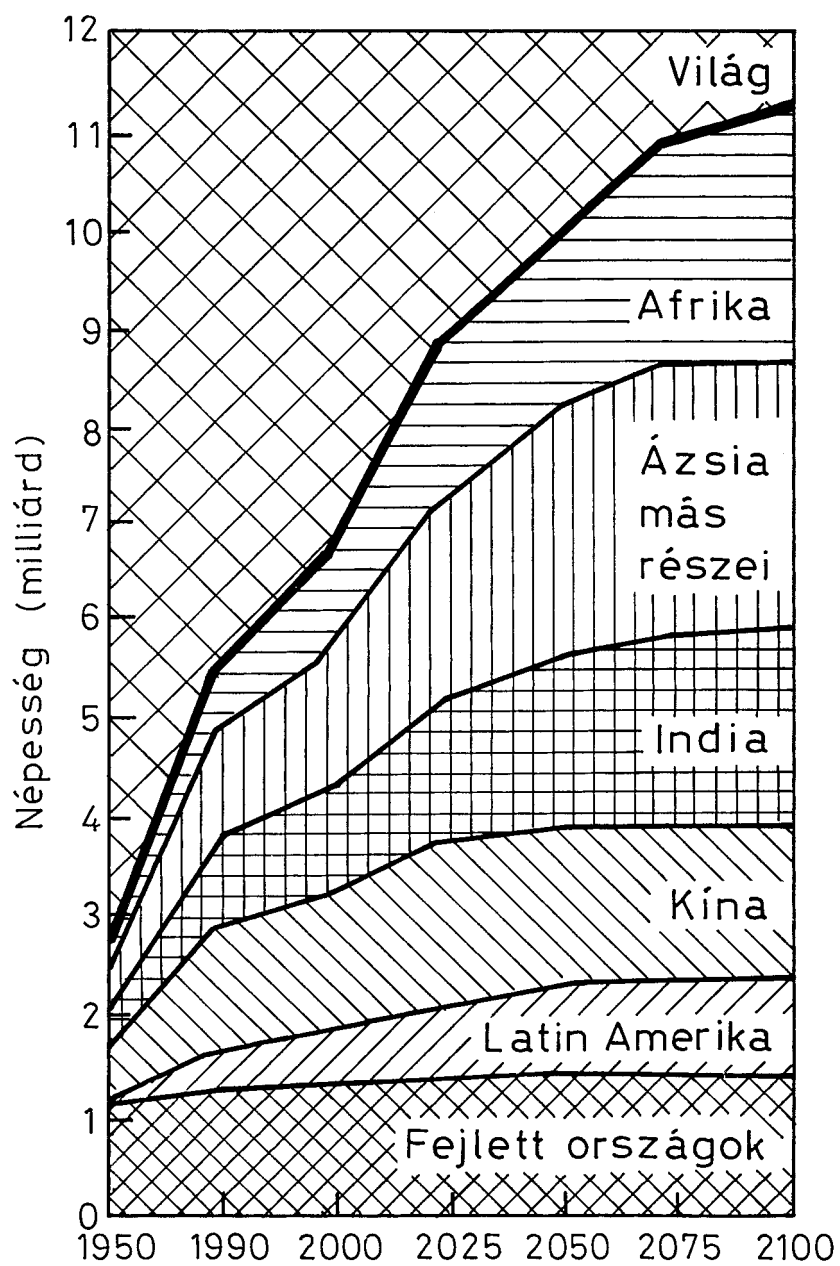
Év	Berendezés	MW
1991	JET (Európa)	1,7
1994	TFTR (USA)	10,7
1997	JET (Európa)	16,1

6. Táblázat

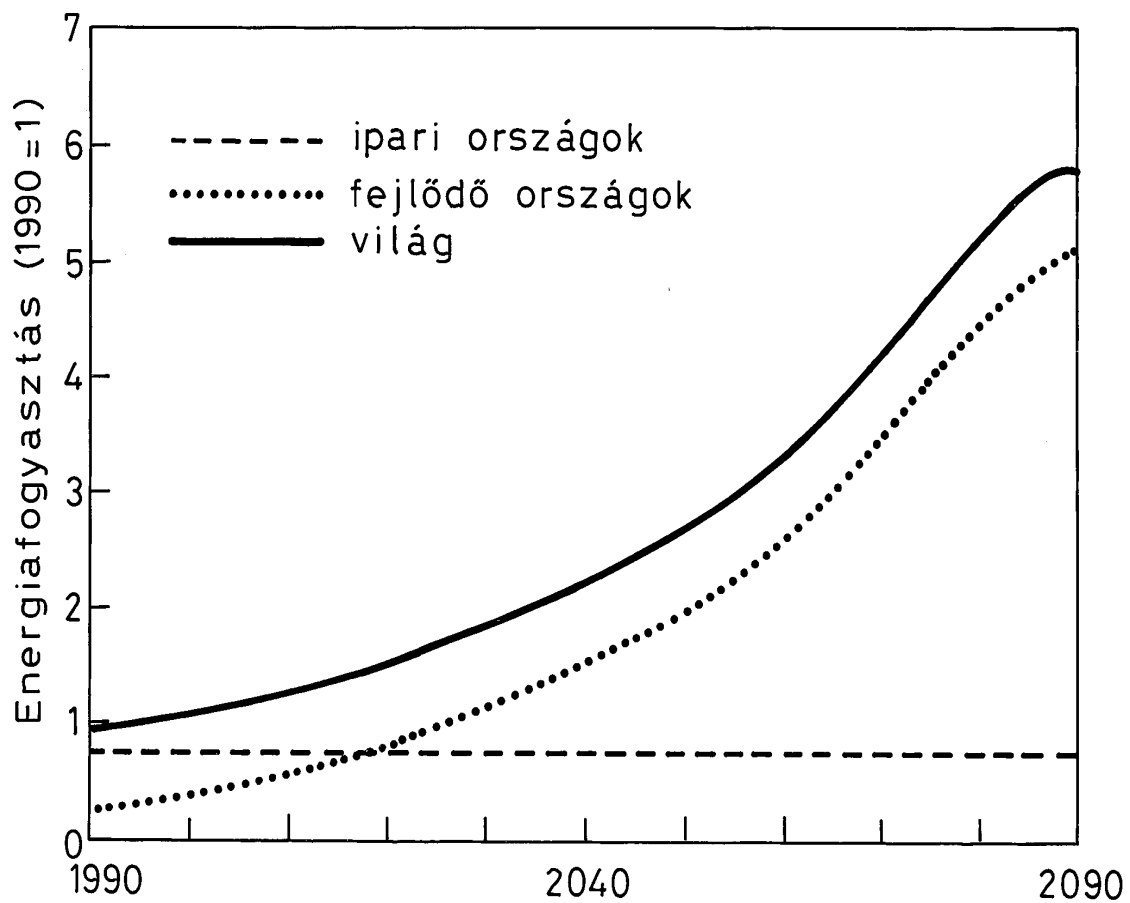
Az energiafogyasztás hatása a Földön „nap” egységekben [13]

10^{-4}	jelenlegi (az egész Földre vonatkoztatva)
10^{-3}	jelenlegi (az USA-ra vonatkoztatva)
10^{-2}	1° átlag hőmérsékletemelkedés a Földön
10^{-1}	testhőmérsékletnek megfelelő az átlagos hőmérséklet
1	a forró víznek megfelelő az átlagos hőmérséklet

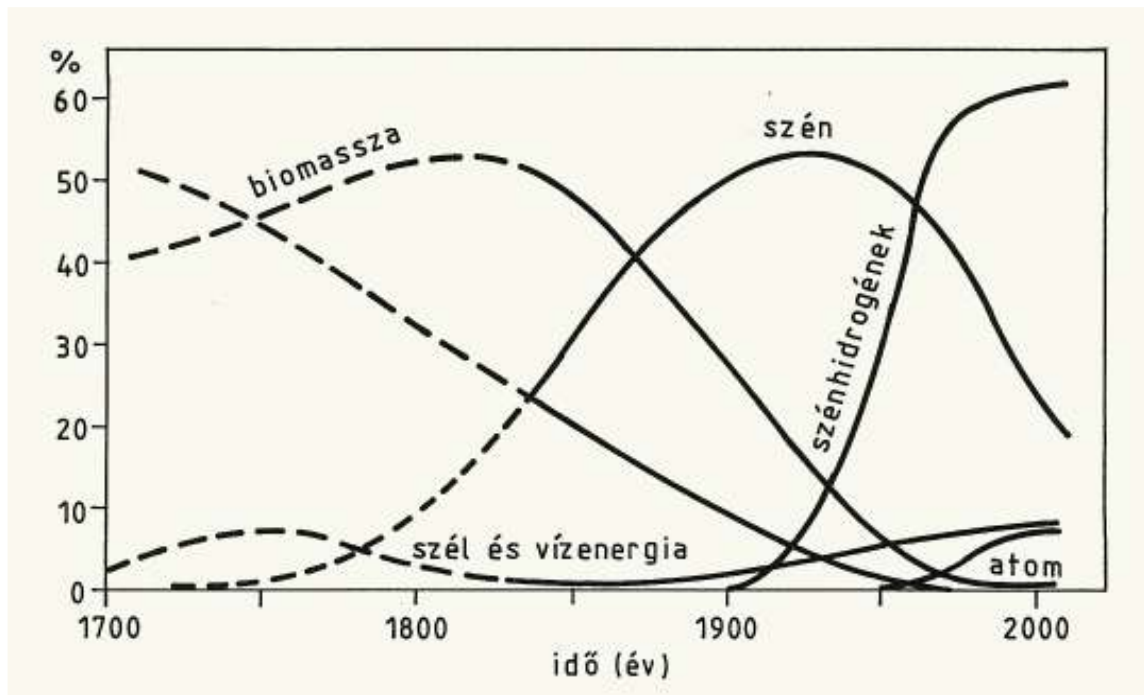
1. ábra



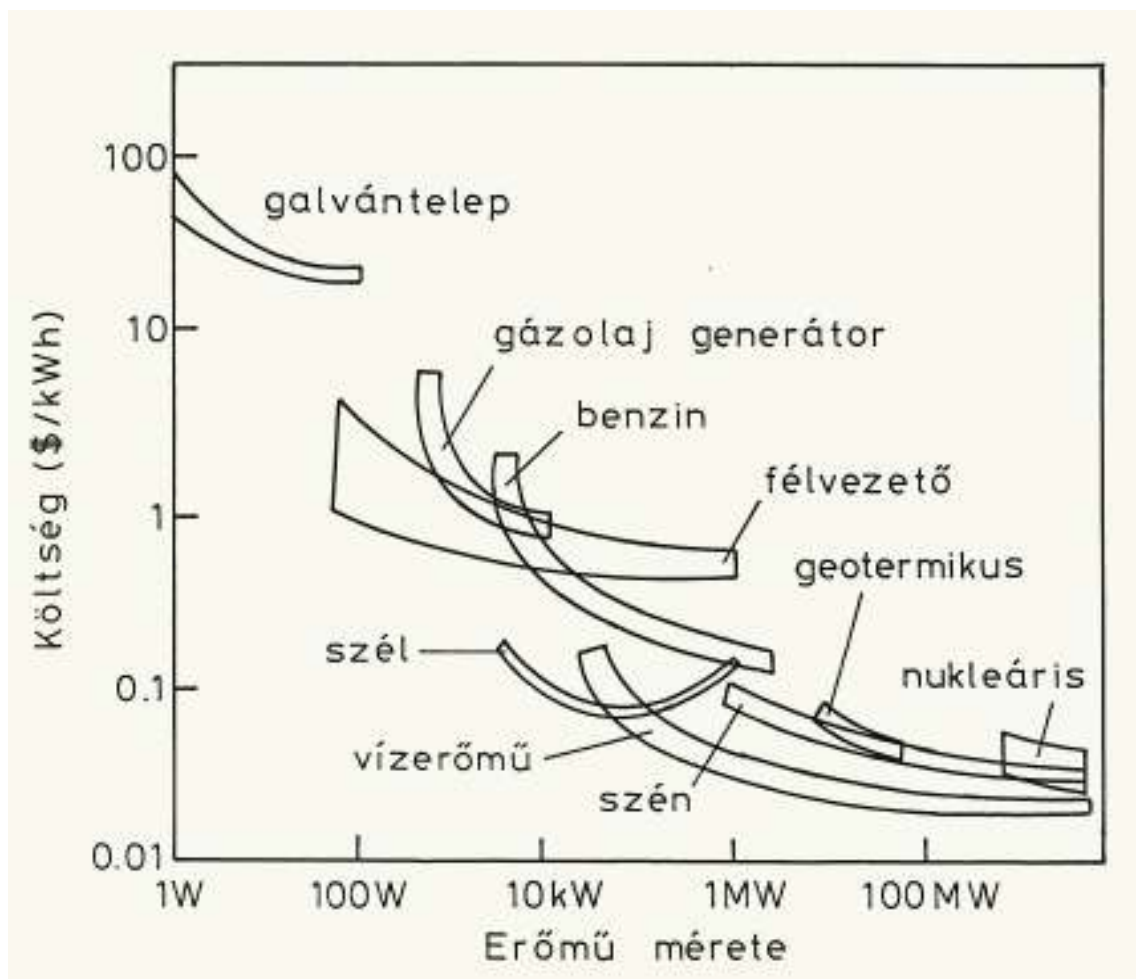
2. ábra



3. ábra



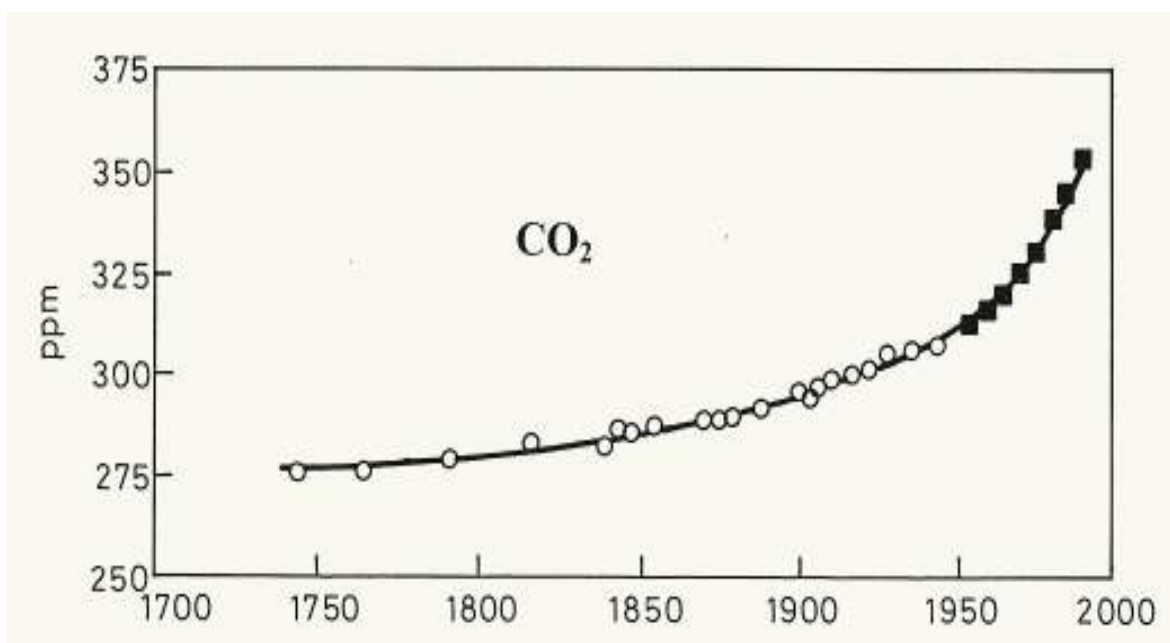
4. ábra



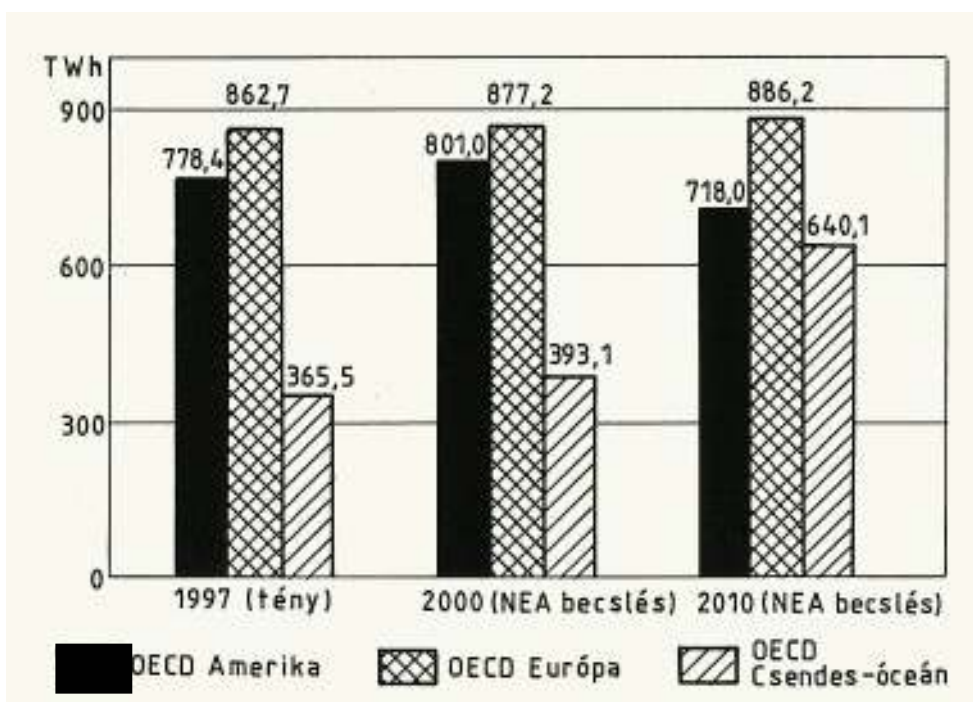
5. ábra



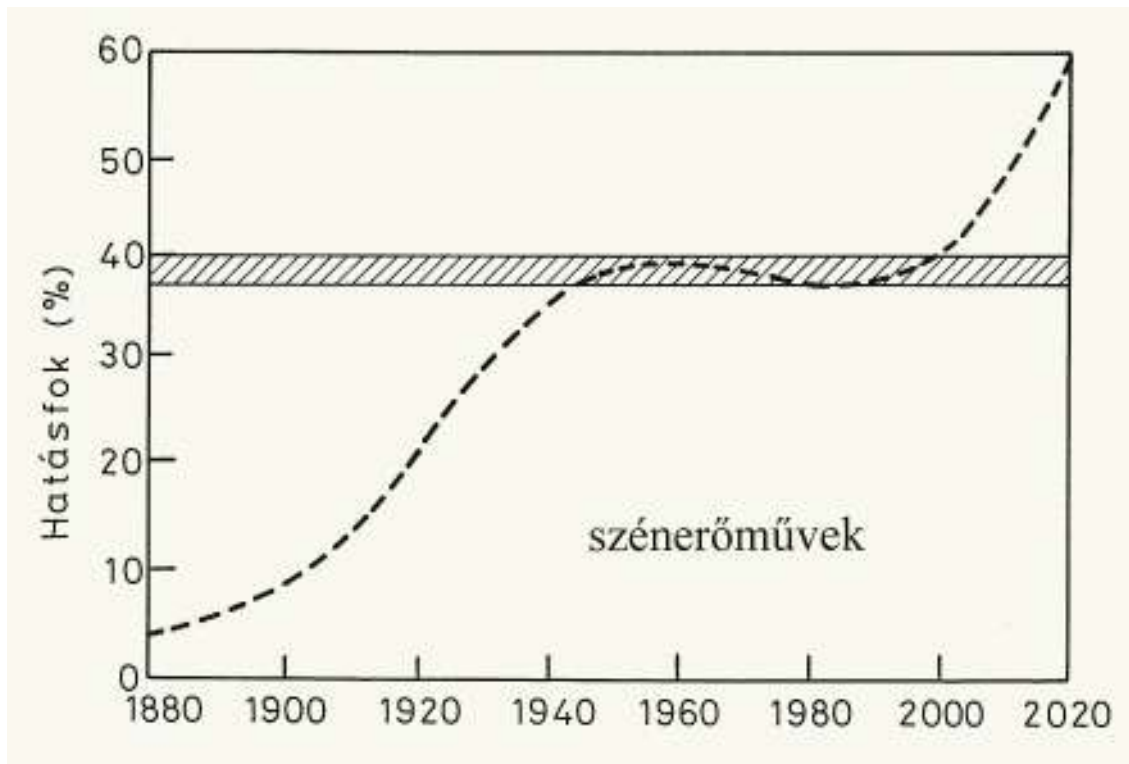
6. ábra



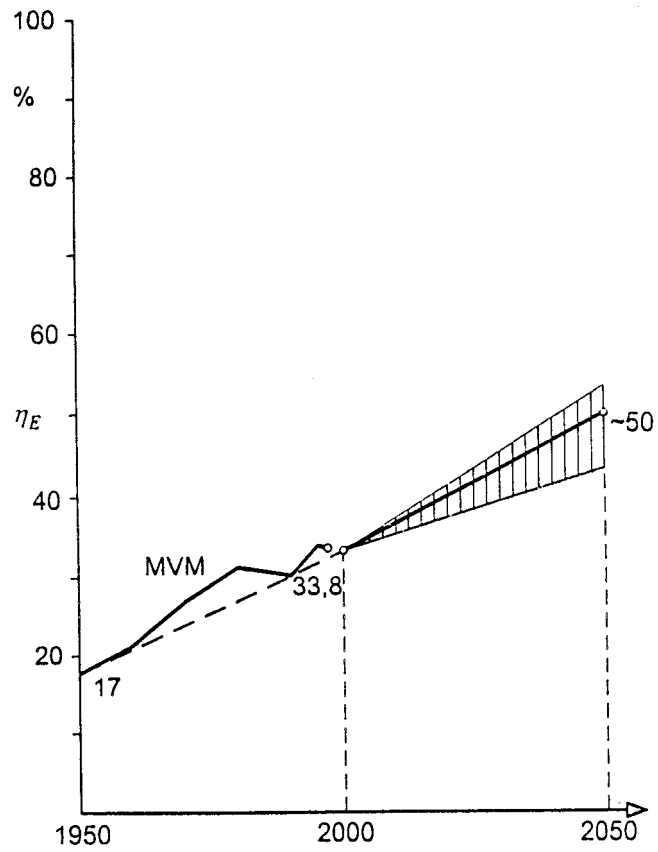
7. ábra



8. ábra



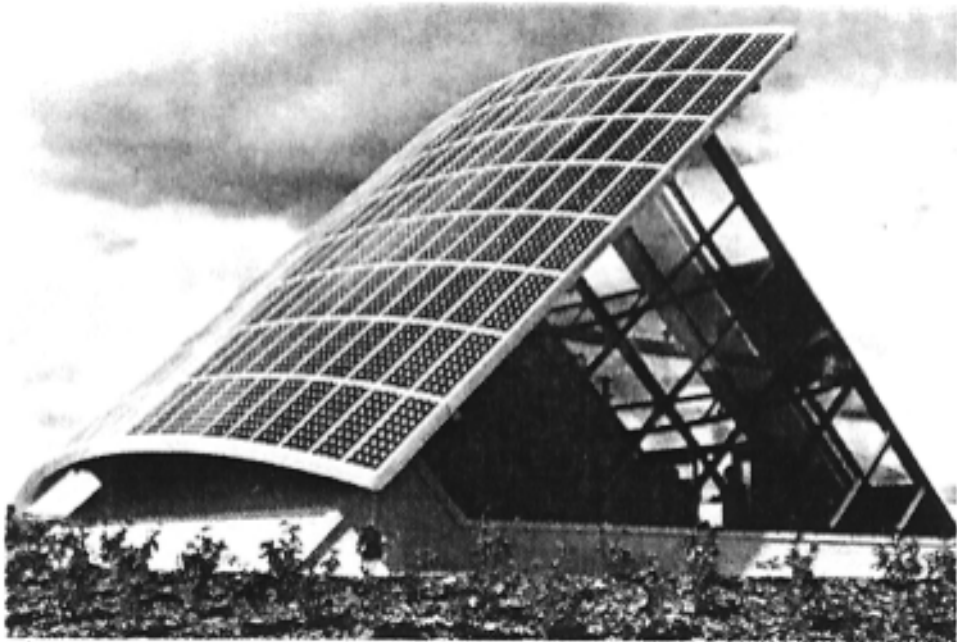
9. ábra



10. ábra



11. ábra



12. ábra

„A NAP NEM KÜLD SZÁMLÁT!!!”

A napenergia-hasznosítás gyakorlati lehetőségeivel foglalkozó cégünk a szakirodalom, kutatás-fejlesztési programok eredményei és saját tapasztalatok alapján fejlesztette ki az NE-1 típusú síkkollektort. Az általunk épített hasznosító rendszerek:

- használati melegvíz-készítésre,
- épületek fűtési kiegészítésére és
- medencefűtésre egyaránt alkalmasak.



Hagyományos energiabordozó kiváltása esetén a várható megtakarítás **használati melegvíz** esetén 65-70%, melynek a megtérülési ideje átlagosan 5 év. Fűtés esetén 35-50%, a megtérülési idő 8-10 év. A **medencék** fűtésénél a kültéri medence éves használhatósága 2-2,5 hónappal meghosszabbodik.

A napenergia-hasznosítást célzó beruházásokra 2000. június 1-jétől **30%-os állami támogatás** pályázható meg. A pályázati összegből a lakosság max. 200.000 Ft, a gazdálkodó szervezetek, önkormányzatok max. 2.000.000 Ft támogatásban részesülhetnek.

Vállaljuk a pályázat elkészítését, teljes ügyintézését.

Cégünk teljeskörű szolgáltatással áll ügyfeink rendelkezésére:

- napkollektorok gyártása, értékesítése,
- hasznosító rendszerek építése,
- fűtés szerelés,
- épületgépészeti kivitelezés,
- pályázatok készítése ügyintézésrel,
- szaktanácsadás.

További információkkal várjuk tisztelt megrendelőinket a



Debrecen, István út 149. sz. alatti
(Autószöv telephelyén)irodánkban és a
Tel.: 06-52-458-615, 06-52-447-564,
06-30-9-045-483-as telefonszámokon.
e-mail.: napero@debrecen.com

13. ábra

