

Elnöki megnyitó

Dr. Nemezz Ernő

Tisztelt Közgyűlés!

Százhuszonegyedik esztendejében járó Társulatunk életében ismét fontos eseményhez érkeztünk, a csekély személyi változástól eltekintve, a hat év óta tevékeny választmány és elnökség felújítását elvégezni hivatott tisztújító közgyűléshez. Két periódusnyi idő — szerénytelenség nélkül mondhatjuk — manapság többet jelent mint régebben talán 2—3 évtized, hiszen korunk általános felgyorsuló fejlődése nem hagyta érintetlenül a geonómiai tudományokat s vele azt a Társulatot sem, amely egy és negyed százada munkálkodik azon, hogy a magyar geológia általános színvonala és a kulturális és gazdasági életben betöltött szerepe egyaránt megbecsülést vívjon ki hazai és külhoni illetékes körökben. Úgy vélem, hogy választmányunk, szakosztályaink vezetőségei és a Társulat elnöksége egyképpen kivette részét abból a munkából, amelynek fő célkitűzése Társulatunk szervezeti és tartalmi működésének állandó korszerűsítése, de ennek a tagok és tisztségviselők részéről sok-sok, és mondhatjuk egy közösségi célért végzett áldozatos munkának végső mérlegét megvonni egyrészt korai volna, másrészt nem is tartozik a mi illetékeségünk körébe. A főtítkári beszámoló bemutatja majd a három utolsó esztendő működésére vonatkozó adatokat, amelyek Társulatunk egy későbbi történetírójának tolla alatt fognak összeállni egységes képpé s egyben ítéletté is, hogy vajon helyesen felismertük-e tennivalóinkat s valóban megtettük mindazt, amire a múlt kötelezett minket s a jövőndő megkívánt tőlünk.

Így a mostani közgyűlési alkalmat kissé elvontabb, de a geológus jövőbeni szerepével szorosan összefüggő kérdés felvetésének szentelhetem, nevezetesen annak, hogy a jövő társadalmában milyen szerepet játszanak majd a földkéreg nyersanyagai.

Mindnyájunk előtt ismeretesek az emberi populáció gyors növekedésének még gyorsabb ütemben növekvő nyersanyagtermelés problémái, melyek újabban kettős arculatot is nyertek: nemcsak azok gazdaságos előteremtése jelent némely helyen máris gondot, hanem a világszerte fokozódó felhasználás méretei reális közelségbe hozzák a bioszféra pusztulásának olyan veszedelmét, amilyennel az embernek történelme során még soha nem kellett szembenéznie. Mi is ennek a veszedelemnek valódi természete? Vajon nem amolyan divat kérdése manapság szennyezésről beszélni, mint amilyen rémeket már többször vélt felismerni az ember a történelem során s amelyeket erkölcsi és értelmi erőfeszítéssel mindig sikerült meghátrálásra kényszeríteni. Anélkül, hogy túloznánk a jelenlegi történelmi helyzet komor kilátásait, a természettudományok tárgyilagos adatainak tükrében, a már közeljövő fejlődésének olyan zsákutcáit pillanthatjuk meg, amelyből egyelőre alig látunk kiutat.

Mi is az alapvető probléma? A tudományos technikai forradalom korszakába

jutó társadalomban a populáció és az anyagi igények gyors növekedésének kettős kényszerétől hajtva, az ipar oly óriási nyersanyagtömegek kémiai átalakítására kényszerül, amelynek melléktermékei és hatásai a Föld atmoszférájának és hidroszférájának méreteihez képest többé már nem elhanyagolhatók. A veszedelmes előjelek a dimenzió és a fejlődés üteme szerint egyaránt első helyen álló energiatermelés terén mutatkoznak meg, ezért további fejtegetésünket csaknem kizárólag erre korlátozhatjuk annál is inkább, mivel sokan vallják, hogy az energiaprobléma megoldása egyúttal a jövő nyersanyag-ellátásának is kulcskérdése. Első gondolati lépésként valóban elképzelhetjük, hogy a földkéreg nagytömegű kőzeteiből előállíthatjuk majd a szükséges fémek (elemek) többségét, feltéve, hogy korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre rendkívül olcsó energia. E kérdésnek van azonban egy sokkal problematikusabb aspektusa is, amelyre még visszatérek.

Az energiatermelés kérdését ma már nem vizsgálhatjuk egyoldalúan az energiahordozók földtani készlete és termelése szempontjából, hanem egyre sürgetőbb figyelembe venni azokat a hatásokat is, melyeket a technológiai folyamat természeti környezetünkre gyakorol. Hogy a távlatokat jobban érzékelhessük, vessünk egy pillantást az energiatermelés történetére. Mintegy 1830-ig az energiaszükségletet kizárólag a recens növényzet, az erdőségek fája szolgáltatta, majd később, amikor a fogyasztás nagyobbá vált, mint az utánpótlás, a kőszén lépett a fa helyébe. Azonban még 1870-ben is a termelt energia alig 1/5—1/4-e származott csupán kőszénből. 1870 után az ipari forradalom nyitotta meg a kőszén-alapú energiakorszakot, majd jelen századunk elejétől kezdődőleg a kőolaj és csak 1930-tól, sőt inkább a II. világháború végétől indult hódító útjára a földgáz. Ma a fejlett ipari országokban az energiatermelés 50—75%-a esik a szénhidrogénekre, 20—45%-a kőszénre, míg a maradék egyéb, főleg atomenergia forrásból származik. Egy évszázad alatt az energiatermelés 17-szeresére növekedett s az utolsó fél évszázadot véve figyelembe az elektromos energia termelése 10 évenként megkétszereződött. Ha ezeket az adatokat a növekedés ütemének gyorsulásával együtt tekintjük, könnyű kiszámítani, hogy az ezredfordulón évi 13—15 milliárd tonna jó minőségű szénnel egyenértékű elektromos energia mennyiségre lesz szükség. Az Egyesült Államokban pl. 2000-ben ha az egész elektromos energiát kőszénből fedeznék, akkor napi 10 millió tonnát kellene eltüzelni. E számítások csak a jelenlegi fogyasztás adatain alapulnak és nem veszik tekintetbe a jelenleg elmaradott országok nyilván sokkal gyorsabban növekvő igényeit.

Tekintsük e probléma megoldását egyelőre a készletek oldaláról. A gazdasággeológusok egyetértenek abban, hogy e roppant tömegű energiaigény szénhidrogénekkel hosszabb távon nem lesz kielégíthető. A kőszénkészletek kétségkívül nagyobbak s talán évszázadokra elegendők lennének, mégis bizonyos, hogy az energia zömét már a következő 3—5 évtizedben sem lehet fosszilis anyagokból fedezni, az ezek felhasználásával elkerülhetetlenül együttjáró szennyezés következtében. Budapesten sajnos nem tankönyvből kell ismernünk e jelenséget, mégis világítsuk meg a kérdést kissé adatszerűben. Vegyünk alapul egy közepes, 1200 megawattos erőművet. Ennek naponta 9000 t jó minőségű kőszénre van szüksége, amelynek eltüzelésével kb. 15 000 t CO₂, 300—400 t kén, több száz tonna szénmonoxid és nitrogén oxidok, 1000—1500 t salak keletkezik és az egész termelt hőenergia 67%-a hőszennyezésként a környezetnek adódik át. E számok pl. jelenleg az Egyesült Államok esetében azt jelentik, hogy évente 22 millió t SO₂, 9 millió t különféle nitrogénoxid,

1,7 millió t szénmonoxid és 8,1 millió t egyéb szennyezés kerül a környezetbe. Ezek koncentrációja a nagy települések vidékén máris 2—3-szorosan meghaladja a biológiai károsodás nélkül elviselhető értéket s ez a körülmény magától értetődő módon behatárolja a fosszilis tüzelőanyagok jövőbeni növekvő felhasználásának terjedelmét.

Kérem ne tessék azt hinni, hogy itt túlságosan a messizi jövőről beszélek. Az Egyesült Államokban máris az energiakrizis körvonalai bontakoznak ki azáltal, hogy a kormány környezetvédelmi okok miatt megemelte a kőszén minőségére vonatkozó követelményeket. A jelenleg még tűrhető 1%-os kén-tartalmú kőszének a szükségletnek csak felét tudják kielégíteni, s így az előtt a kellemetlen alternatíva előtt állnak, hogy vagy kevesebb elektromosságot termeljenek, vagy több szennyezést juttatnak a levegőbe.

Ezek után nézzük milyen lehetőségeket kínálnak az egyéb energiaforrások. Ha a kisebb és helyi jelentőségű, de szennyezésmentes gőzbányászattól, a vízi és szélenergiától eltekintünk, lényegében három energiaforrás kínálkozik az energiakrizis megoldására. Ezek: a hasadási, a fúziós atomenergia és a nap sugárzási energiája.

A felsoroltak közül jelenleg a hasadási atomenergia az egyetlen útja új energiaforrás bekapcsolásának, de ezt is hasonló természetű nehézségek terhelik, mint aminőket a fosszilis energiahordozókkal kapcsolatban már említettem.

Így mindenképp előtt a földtani készletek felől tekintve a kérdést, bár az U és Th elérhető összes tömegében rejlő energia sokszorosan felülmúlja a fosszilis energiát, mégis az olcsón hozzáférhető s így jelenleg a fosszilis energiatermeléssel gazdaságilag versenyképes atomenergia nyereséhez szükséges készletek korlátozottak. Amerikában pl. a jelenlegi 16 \$/kg (U_3O_8) esetén az U készlet 600 000 t, ha azonban 200 \$ költséget is megengedünk az U_3O_8 kg-jaként, akkor a készlet 25 millió tonnára növekszik ugyan, viszont az ebből termelt elektromos energia 5,5-ször drágább volna a jelenleginél. Ebből is látható, hogy jelentős erőfeszítésre van szükség a geológusok részéről a megfelelő telepek felkutatására s vele a probléma jelenlegi szinten való megoldására is.

Az atomenergia termelésének e változatát, továbbá szintén rendkívüli és ráadásul alattomos veszedelmek kísérlik. A kémiai szennyezések helyett itt a sugárszennyezés kerül előtérbe, amelynek küszöbértékéről és hatásáról szenvedélyes viták folynak ugyan, de a veszély realitását senki nem vonja kétségbe. Tény, hogy egy 1000 megawattos atomerőműben másodpercenként 10^{20} új radioaktív mag keletkezik, melyek aktivitása fél év múlva 7 milliárd curie* egység. E sugárzás kétféleképpen veszélyezteti az élőlényeket: szomatikus és genetikus károsítás útján. Előbbit tekintve 600 rad* besugárzás halálos kimenetelű, 400 rad a besugárzott sokaság felét pusztítja el, míg 150 rad alatt a hatás nem letális ugyan, de 10—20 év alatt leukémia és egyéb malignus daganatos betegségek kiváltója.

Ennek figyelembevételével a megengedhető besugárzás értékét mind kisebbre teszik. Míg 1924-ben hetenként 1,5 rad besugárzást tartottak megengedhetőnek, 1956-ban már csak 0,1 rad-ot. Ehhez járul, hogy a genetikai hatást még veszedelmesebbnek ítélik. E tekintetben az egy generáció, tehát 30 év alatt felvehető összes sugárzás maximális értékét 5 rad-ra becsülik.

A hasadási atomenergiatermelés tervezésének sarokpontja tehát a maximá-

* 1 curie az a radioaktív anyagmennyiség, melyben 1 sec. alatt $3,7 \times 10^{10}$ bomlás történik.

* 1 rad = az élőlény 1 g-ja által abszorbeált 1 ergnyi sugárzási energia.

lisan megengedhető sugárszennyezés határközöbének szem előtt tartása. E tekintetben legkellemetlenebb szennyezés a reaktorban keletkező Sr-90 és Cs-137 izotóp, melynek felezési ideje 30 év. Egy év alatt egy 1000 megawattos atomerőmű Sr-90 aktivitása 5 millió curie s így, ha 2000-ben a 2 millió megawattal tehető elektromos energiaszükségletet teljes egészében hasadásos magenergiával fedeznék a sugárszennyezési egyensúly kb. 4×10^{21} curie körül állna be, amely 300-szorosa az óceánok urántartalmában foglalt sugárzási energiának, azzal a különbséggel, hogy míg az egyenletesen oszlik el, addig a mesterséges forrásból származó rendkívül koncentrált.

Nem részletezem tovább azokat a veszélyeket, amelyek a hulladékanyagok tárolásával, a szállítási balesetek vagy a „megszaladó” atomerőmű okozta katasztrófa alakjában fenyegetnek, de rá kell még mutatnom arra is, hogy az atomerőművek hőszennyezése, vagyis a termelt hőenergia szétszóródó részének hányada is nagyobb, mint a fosszilis energiahordozókra épülő erőművekben.

A szennyezés e váratlan formája rendkívüli meglepetést tartogathat számunkra. Lássunk ismét néhány adatot. A világ elektromosenergia termelése 1970-ben 6 billió kw-óra, ami éppen kétszerese az 1960. évinek, vagyis az évi növekedés 7%. Mivel minden kw-óra elektromos energia 2,5 kw-óra hőenergia szétszórása révén termelhető, a hőszennyezés 1980-ban 30 billió kw órát fog kitenni. Ez ugyan a szárazföldi növényzet által abszorbeált napenergiának még csak 8%-a, de a 7%-os évi növekedést tekintve 2050-ben már kétszeresét teszi ki a bioszféra hőfelvételének. Menjünk még egy lépéssel tovább, 2110-ben a hőszennyezés eléri a teljes hidroszféra által abszorbeált energiát (0,2 trillió kw-órát), aminek természetesen már nincs realitása, hiszen jóval ezt megelőzőleg megszűnik az óceánok növényzetének fotoszintézise s vele az oxigén-regeneráció is.

A helyzet súlyosságát még csak fokozza, hogy a még hosszú időn át működő fosszilis nyersanyagbázisú erőművek roppant mennyiségű CO₂-t juttatnak az atmoszférába. Ennek 2000-ig előrelátható 18%-os növekedése az üvegházhatás következtében a felszíni átlaghőmérsékletet 0,5 C°-kal, de ennek kétszerese már 2 C°-kal növelheti. Távolati szempontból különösen hátrányos, hogy ez a hatás erősen csökkentheti azt a 100 billió kw-nyi hőenergiát, melyet az atmoszféra a világűr felé képes leadni, s így kritikus klimatikus helyzet állhat elő, mely nemcsak a sarkok jégtömegeinek elolvadása miatti többméteres tenger-vízszint növekedésben s így sűrűn lakott területek elöntésében, de az élőlények tömeges pusztulásában is megnyilvánulhat. Hogy a veszély mennyire reális, mutatja, hogy a Michigan-tó melletti erőművek hűtővíze miatti hőmérséklet-növekedés következtében a halak máris kipusztultak.

E veszélyek kikerülésének egyik alternatívájaként a fúziós energiatermelés kínálkozik. Ez a technológia, a hasadási magenergia előállításával szemben nem erősen radioaktív nehéz magok hasadásával, hanem könnyű elemek, elsősorban a deuterium magjainak egyesüléséből keletkező energiával dolgozik. Nyersanyaga az óceánok vizében, számításba véve az általa képviselt energiát, korlátlan, hiszen 30 km²-nyi óceánvíz ilyen értelemben vett energiája egyenlő a teljes fosszilis energikészlet energiájával. A fúziós energia voltaképpen nukleáris égés, amelyből a Nap és az állócsillagok is merítik végtelen energiájukat. A földi nyersanyagkészlet tehát maga is évmilliárdokban mérhető.

A jelenlegi probléma az, hogy ilyen technológia egyelőre még nincs. Ehhez mintegy 1/100 000 atm. nyomású deuteriumot 100 millió C° kinetikus hőmér-

sékletre volna szükséges hevíteni eléggé tartósan s akkor a berendezés 1 m³-re kb. 10 megawatt teljesítményt nyújthatna. Egy 1000 megawattos, tehát jelentős erőmű mindössze szobanagyságú volna s e fúziós reaktorban egyidőben levő anyag a mg tört résznyi mennyiségét tenné ki. Ha ehhez hozzáesszük, hogy a termelt villamosenergia költsége valószínűleg nem érné el a jelenlegi 0,1%-át és, hogy közben nem termelődik sugárzó hulladékanyag, az energia-termelés e módja valóban vonzónak tűnik. Egvelőre azonban a plazmafizika még nem oldotta meg a technológiai nehézségeket, bár az optimisták szerint ehhez nem lenne szükség nagyobb erőfeszítésre, mint az embernek a Holdra való eljutásához. A Szovjetunióban, ahol kétszeres anyagi áldozattal folynak e kutatások, mint Amerikában, máris eljutottak 10 millió C° előállításához, néhány milliszekund időtartamra.

Nem kell túlzottan megerőltetnünk a fantáziánkat s elhagyni a tudományos alapot ahhoz, hogy elképzeljük atom vagy napenergia erőművek kihelyezését geoszinkron orbitális pályán keringő szputnyikokra, amikor is a termelési oldalon felmerülő hőszennyezés problémája megszűnik számunkra. Ekkor is fennáll azonban, hogy pl. sugárzás révén a földre lejuttatott koncentrált energia bármely átalakítással járó felhasználása könyörtelenül alá van vetve a fizika ama törvényének, amelynek értelmében többsége szétszórt hőenergiává alakul át.

A hőprobléma fennmarad még akkor is tehát, ha az energiatermelést a földön kívüli térbe helyezük át, mert a fogyasztás végül is kikerülhetetlenül hőszennyezéssel jár.

Legyen szabad e ponton visszatérni most már a mondottak aspektusából tekintve ismét a geológusok jövő szerepére. Ma a nyersanyagkutatás szempontját elsősorban a termelési oldalon szűkös energiaviszonyok szabályozzák és hajtják a lehetőségekhez képest legkoncentráltabb telepek feltárására. Az a korábbi nézet, hogy a koncentráció az energiabázis tágulásával egyre vesztetni fog jelentőségéből a jövőt illetően nem helytálló éspedig mind a kémiai, mind a hőszennyezés oldaláról tekintve a kérdést. Tudomásul kell vennünk, hogy a Földünk elveszítette azt a szerepét, amit eddig az ember életében betöltött: a végtelen, elpusztíthatatlan és kimeríthetetlen univerzumszerepét. Az elmúlt 100 esztendő megmutatta, hogy a világméretű iparosodással, a világkereskedelemmel, világháborúkkal, az atombomba problémájával a demográfiai robbanással és végül a szennyezés világméretű terjedésével az emberiség minden problémája globális méretekben jelentkezik. A háború elkerülése már régen nem az egyetlen gyógyír az emberiséget fenyegető veszedelem elkerülésére, mert a populáció növekedése és vele a szennyezés terjedése új lehetőséget adott az ember kezébe globális katasztrófa előidézésére.

Bármiképpen is képzeljük el a jövő technikai civilizációját, bizonyos, hogy egyre függőbb helyzetbe kerül majd az ásványi nyersanyagoktól. A fúziós energia elképzelhetetlen mennyiségét gépek fogják felhasználni, melyek előállításához ma még el sem képzelhető mennyiségű fémre lesz szükség, köztük olyanokra, amelyek már ma is elég ritkaságszámba mennek.

Igaz, egyesek az óceánok aljzatán található nyersanyagok belépésével is számolnak. Nem beszélve arról, hogy az 1000 m mélységig terjedő öv különösen érzékeny a szennyezések iránt, többen felvetették már, hogy egy ilyen technológia kidolgozása talán költségesebb volna, mint a legközelebbi égitestekről beszerezni ásványi szükségletünket.

Bármilyen szempontból vizsgáljuk a kérdéseket, teljesen bizonyos, hogy jelen tisztújító közgyűlésünket annak a gondolatnak a jegyében nyithatom meg, hogy a jövő energia- és nyersanyagintenzív társadalma pusztán övédelemből a mainál fokozottabban fog fordulni a geonómiai tudományok felé, a nyersanyagok geológiai és planetáris kutatása, a károsodások csökkentése, az élet megmentése érdekében.

Tisztelt Közgyűlés!

Társulatunk jelenlegi vezetőségének és választmányának megbízatása lejárt. Őszinte köszönetemet fejezem ki ebből az alkalomból Társulatunk minden tagjának társulatunkért végzett önzetlen munkájáért és az elnökségnek nyújtott segítségért. Kérem ezt a segítséget adják meg a megválasztandó új vezetőségnek is, hogy a jövőre 125. jubiláris évébe lépő Társulatunk egységben, nagy hagyományaira támaszkodva és a jövő gigantikus feladatainak tudatától lelkesítve kezdhesse meg hatodik negyedszázados működését.

Tisztújító közgyűlésünket ezzel megnyitottnak nyilvánítom.