

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

88. ÉVF. ★ 5—6. SZÁM ★ 1984. SZEPTEMBER—DECEMBER

ÖSSZEVONT SZÁM

AZ ÁSVÁNYI NYERSANYAGFELHASZNÁLÁS ÉS A KÖRNYEZET KAPCSOLATA

SPECIAL ISSUE

RELATION BETWEEN THE UTILISATION OF MINERAL RAW MATERIALS AND THE ENVIRONMENT

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 88. ★ NO. 5—6. ★ SEPT—DEC. ★ BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	MESINGER, F. (Beograd)
ANTAL E. (Budapest)	PRUPPACHER, H. R. (Mainz)
BENGTSSON, L. (Reading)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BÖHME, W. (Potsdam)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
FISHER, B. (Leatherhead)	SPÁNKUCH, D. (Potsdam)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	STELCZER K. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	SZEPESI D. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)	TAYLOR F. W. (Oxford)
HAMAN, K. (Warsawa)	TÄNZER T. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
KAPOVITS, A. (Budapest)	VITEK, V. (Praha)
MAJOR Gy. (Budapest)	WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
	WIRTH E. (Pécs)

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS ERNŐ (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

SZEPESINÉ LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 1525

Előfizetés: 1 évre 228 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím: Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként.

Egyes szám ára 38 Ft

Editorial Office: H-1525 Budapest P. O. B. 38 — Hungary. This journal, published bimonthly
can be purchased from the distributor: KULTURA, H-1389 Budapest P. O. B. 149 — Hungary

The actual subscription rate is determined by the distributor

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5—6. szám, 1984. szeptember-december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol.88. No 5—6. Sept—Dec. 1984. Budapest

TARTALOM

<i>Mészáros Ernő</i> : Előszó	250
<i>Martos Ferenc</i> : Elnöki megnyitó a Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának az MTA 1984. évi Közgyűlése alkalmából megtartott ülészakán ...	251
<i>Kapolyi László</i> : Az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás hatása a környezetre	253
<i>Vajda György</i> : A hasadó anyagbázisú erőművek környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei	269
<i>Zettner Tamás</i> : A szénbázisú erőművek környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei	279
<i>Takács Pál—Bella Lászlóné</i> : A szénélőkészítés és a szénmésesítés emisszió-csökkentő hatása	297
<i>Faller Gusztáv—Tóth Miklós</i> : A környezeti hatások gazdasági és innovációs kapcsolatai a különböző tüzelőanyagbázisú erőművekben	307
<i>Simon Kálmán</i> : A bányászat és környezetvédelem kapcsolata	315
<i>Patvaros József</i> : Az építőanyagbányászat környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei	320
<i>Gebhardt János</i> : Az alumíniumfeldolgozás különböző fázisaiban keletkező környezeti hatások és azok elhárítási lehetőségei	323
<i>Sziklavári János</i> : Vaskohászati salakok és a természeti környezet kapcsolata	333
<i>Mészáros Ernő—Major György—Horváth László</i> : A fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának hatása a légkör összetételére, savasodására és hőszennyeződésére	337
<i>Kovács György</i> : Az ásványi nyersanyagtermelés hatása a felszíni és a felszín alatti vízekre	343
<i>Bernát Tivadar—Bora Gyula—Rétvári László</i> : Az ásványi nyersanyagtermelés és felhasználás földrajzi és társadalmi hatásai	356

CONTENTS

<i>Mészáros, E.</i> : Preface	250
<i>Martos, F.</i> : Opening address for the conference of the Department of Earth Sciences and Mining held on the Occasion of the General Assemblée of the Hungarian Academy of Sciences in 1984 ..	251
<i>Kapolyi, L.</i> : Effects of the production and utilization of mineral raw materials on the environment	253
<i>Vajda, Gy.</i> : Environmental effects of nuclear power plants and possibilities for their reduction	269
<i>Zettner, T.</i> : Environmental effects of coal-fired power plants and possibilities for their reduction	279
<i>Takács, P.—Bella, L.</i> : The emission lowering effect of coal preparation and processing	297
<i>Faller, G.—Tóth, M.</i> : The economical and innovative relations of environmental effects of power plants with different fuel-basis	307
<i>Simon, K.</i> : Relationship between mining and environmental protection	315
<i>Patvaros, J.</i> : Environmental effects of building material mining and possibilities for their removal	320
<i>Gebhardt, J.</i> : Environmental impacts originating from the various processing stages of the aluminium industry and their possible production	323
<i>Sziklavári, J.</i> : Relation between siderurgical slags and natural environment ..	333
<i>Mészáros, E.—Major, Gy.—Horváth, L.</i> : Effects of the use of fossil fuels on the composition, acidification and heat pollution of the atmosphere	337
<i>Kovács, Gy.</i> : Impacts of the exploitation of mineral resources on surface and groundwater	343
<i>Bernát, T.—Bora, Gy.—Rétvári, L.</i> : Geographical and social impacts of production and utilisation of mineral raw materials	356

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5—6. szám, 1984. szeptember-december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 5—6. Sept—Dec. 1984. Budapest

ELŐSZÓ

Folyóiratunk jelen száma a Magyar Tudományos Akadémia 1984. évi, CXLIV. Közgyűlése alkalmából rendezett, „Az ásványi nyersanyagfelhasználás és a környezet kapcsolata” c. konferencia anyagát tartalmazza. Az előadás-sorozatot az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya rendezte.

A földtudományok szoros egységét szem előtt tartva úgy véljük, hogy Szerkesztő Bizottságunk helyesen határozta el, hogy az előadásokat folyóiratunkban jelenteti meg. Ezzel mintegy hangsúlyozni kívánjuk azt a meggyőződésünket, hogy a meteorológiát a földtudományok szerves részének tekintjük.

Másrészt, és ezt e lap olvasói előtt nem kell részletesebben bizonygatnunk, a környezeti ártalmak jelentős mértékben a légkört károsítják. A levegő igen mozgékony közeg, amely a szennyezőanyagokat messzire elszállítja és más földi szférákba juttatja. Erre jó példát szolgáltatnak a savas esők, amelyeket éppen az ásványi nyersanyagfelhasználás, pontosabban a fosszilis tüzelőanyagok elégetése okoz.

Végül meg vagyunk róla győződve, hogy ez az anyag az ember és környezete közötti kapcsolat iránt érdeklődő minden olvasó, így a meteorológusok számára is érdekes, elgondolkasztató olvasmány lesz.

Mészáros Ernő
a Szerkesztő Bizottság elnöke

PREFACE

This number of our journal contains the lectures presented at the conference entitled “Relationship between the utilisation of mineral raw materials and the environment”. This meeting, held at the occasion of the CXLIV. General Assembly of the Hungarian Academy of Sciences in May 1984, was organized by the Department of Earth Sciences and Mining of the Academy.

Considering the close unity of earth sciences it is believed that the decision of the Editorial Board, to publish these lectures in our journal, has been right. We have wanted to emphasize our conviction that we consider the meteorology as an integral part of earth sciences.

On the other hand, and this is obvious for the readers of this journal, the environmental injuries are very serious in the atmosphere. The air is a very mobile medium which transports the pollutants at long distances modifying in this way other media of our environment. The problem of acid rain serves as a good example. It is just caused by the use of mineral raw materials, more exactly by the burning of fossil fuels.

Finally, we are convinced that the material of this number will be an interesting and thoughtful reading for all the readers interested in relationship between man and his environment, including meteorologists.

E. Mészáros
Chairman of the Editorial Board

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5–6. szám, 1984. szeptember-december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 5–6. Sept–Dec. 1984. Budapest

Elnöki megnyitó

a Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának az MTA 1984. évi Közgyűlése alkalmából megtartott ülészekán

A Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya a Magyar Tudományos Akadémia 1984. évi CXLIV. Közgyűléséhez kapcsolódó tudományos ülészekának témájául „Az ásványi nyersanyagfelhasználás és a környezet kapcsolata” című előadássorozatot választotta. A földtani kutatás, az ásványi nyersanyagtermelés, de – tegyük hozzá – minden más anyagi termelés, ill. építés (szolgáltatás), tehát végül is minden, vagy jóformán minden társadalmi tevékenység, valamilyen módon beavatkozást jelent a természetes környezetbe, a bennünket körülvevő környezet rendjébe. Ezt a témát nem most először állítjuk közgyűlési osztályüléseink – az „egyszerű”, a „szokásos” rendezvényeknél talán hangsúlyosabb, a közvélemény figyelmét jobban, fokozottabban felkeltő – tárgyalásaink homlokterébe. Más alkalmakkor más oldalról, más összefüggésekben (mint termelési technológiák, természeti erőforrás-kutatás-hasznosítás stb.) már szerepeltünk e témakör különböző aspektusaival. Úgy tűnik azonban, hogy a téma alighanem „kimeríthetetlen”, és nem csak az eszmecsere, de – mi több – az érdekében végzendő kutatómunka is számos megoldandó feladatot sürget, nem is szólva a gyakorlati tennivalók sokaságáról. Mindez akkor is igaz, ha – az idő korlátai miatt – ez alkalommal is csupán egy erősen leszűkített rész-témára igyekszünk koncentrálni és csak az ásványi nyersanyag felhasználásának a környezetre gyakorolt hatásaival (kölcsönhatásaival) foglalkozunk.

Tulajdonképpen milyen is az a környezet, amelyről szó van és milyenek is azok a hatások, amelyekkel ezt befolyásoljuk, s amely „befolyásolás”-nak a nem kívánatos, sőt káros elemeit csökkenteni, s ha van ilyen „szint”, akkor az elviselhető szint alá szorítani ma kutatónak, tervezőnek, kivitelezőnek (beruházónak), illetékes állami, vagy tanácsi tisztviselőnek, hatóságnak és politikusnak (!) is egyik, nem kevés gondot okozó, mégis elsőrendű feladata. A felsorolásban persze benne vannak a „pénzügyek” képviselői is!

Környezetünket legtöbbször a „természeti” jelzővel illetjük, így említetem magam is, pedig a mai ipar, építőipar, mezőgazdaság, közlekedés, szállítás stb. nem csak a fejlesztés révén, de meglévő pusztá létével is, már régen nem valamilyen háborítatlan „ős-természeti” környezetre hat, hanem arra a – nevezzük – *művi* (mesterséges) környezetre, amely a társadalmi fejlődés eddigi folyamatában kialakult.

Valóban: ma már a társadalom bármilyen tevékenysége az időben és térben folyamatosan szuperponálódó hatások bonyolult összefüggéseinek summázását jelenti. Ebben a közegben az esetleg itt-ott még meglévő természetes állapot csak „sziget”-ként jelenik meg, vagy rezervátumként él, ami persze bizonyos vonatkozásban szintén művi, az ember által „alkotott” természet. Ilyen kivételek azonban nem elsősorban Európában találhatók, még kevésbé e kontinens középső régióiban.

Éppen e hosszú folyamat révén kialakult, igen bonyolult helyzet az oka annak, hogy az újabb beavatkozások várható, vagy ténylegesen bekövetkező hatásait két, egymástól élesen el nem választható csoportba sorolhatjuk. A hatások, kölcsönhatások egy része előre látott, előre tervezett jelenségekben mutatkozhat meg, más részük azonban gyakran nem várt, előre nem látott, s nem is tervezett konfliktusokban. Minden esetben olyan jelenségekről, olyan problémákról van szó, amelyek hatásaikban, értelmezésükben (olykor: félreértelmezésükben?!) társadalmi méreteket képesek ölteni és alkalmasak arra, hogy befolyásolják a társadalmi közérzetet. Ismerünk országokat, ahol a környezetvédelmet politikai pártok programjának, esetleg a választókat „manipuláló” agitációs jelszavainak mezébe bújtatták. (Ausztriában nem helyeztek üzembe egy teljesen elkészült atomerőművet, úgy tűnik nem fog megvalósulni a toronyi lignittel fűtött hőerőmű sem, és 9 megépített, egy még épülő dunai vízlepcső és erőmű után, növekszik a tiltakozás a 11. — egyben utolsó — telepítés ellen).

Előre tervezett és meglepetésszerűen jelentkező hatásokat említettem. Nos, éppen a tudományos kutatás egyik igen fontos feladata, hogy a társadalmi fejlődés megkövetelte új létesítmények tervezéséhez és kivitelezéséhez olyan új ismereteket szolgáltatasson, amelyek birtokában a váratlan, a súlyos konfliktusokban megnyilvánuló hatások lehetőleg elkerülhetőek legyenek. Egy-egy beavatkozás előre tervezhető következményei már több mint félsikert jelenthetnek, hiszen a tudomány és a technika mai szintjén kialakíthatóvá teszik a magasabb szinten optimálisnak értékelhető kompromisszumot, ami nélkül — az esetek többségében — nincs semmiféle elfogadható megoldás.

Az osztályülés mostani előadássorozata azt kívánja bemutatni — néhány szemelvény tükrében — mit tett eddig a magyar tudomány az ásványi nyersanyagfelhasználás környezetet befolyásoló káros hatásainak mérséklésére, netán elhárítására, milyen további feladatok igényelnek sürgető megoldást; és egyik-másik esetben szeretnénk „helyére tenni” olyan gondolatokat is, amelyek „túlzott aggodalmak”, „túlhajtott” szenvedélyektől fűtött nyilatkozatok alapján nálunk is hamis képzeteket eredményeztek. A problémák, a bajok nem szűnnek meg, ha elhallgatjuk őket, de a torzképpé felnagyított képzelet még kevésbé lehet alapja a célszerű megoldáshoz vezető munkának.

Szándékunk szerint ez az előadássorozat a tudományos objektivitás józanságával fogja elénk tárni a valós helyzetet, s az abból fakadó cselekvés további menetét.

Martos Ferenc
az MTA rendes tagja,
osztályelnök

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5–6. szám, 1984. szeptember – december.
Journal of the Hungarian Meteorological Services, Vol. 88. No 5–6. Sept–Dec. 1984. Budapest

Az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás hatása a környezetre

KAPOLYI LÁSZLÓ, *Ipari Minisztérium, H—1024 Budapest, Mártírok útja 85.*

Effects of the production and utilization of mineral raw materials on the environment. The lecture deals with the questions of environmental protection belonging to the utilisation of mineral raw materials. It presents the interactions of utilizations and environment divided into two parts – two blocks: the first is the energy-block, the second is the block of exploitation and processing industry. The lecture sketches out the problems generally characteristic on the transformations and on the system of transformations too, and presents those aspirations and accomplished technological solutions which are destined for stopping the worrying phenomena.

✱

Az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás hatása a környezetre. Az ásványi nyersanyagok hasznosításával összefüggő környezetvédelmi kérdéseket az előadás két blokkra: energetika, illetve az alapanyag- és feldolgozóipar blokkjára felbontva tárgyalja. Felvázolja az egyes transzformációkra, illetve azok rendszerére általánosan is jellemző problémákat és bemutatja azokat a törekvéseket, illetve már megvalósult technológiai megoldásokat, amelyek a környezetet veszélyeztető jelenségek visszaszorítását illetőleg megszüntetését hivatottak megoldani.

✱

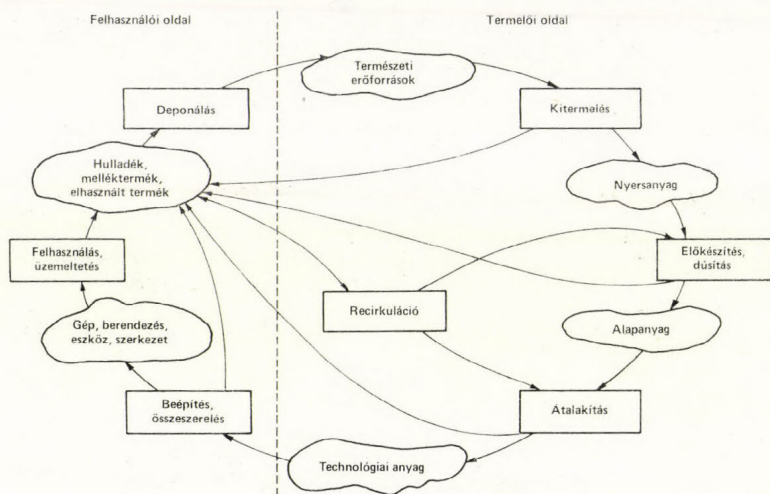
Az ásványi nyersanyagok kitermelése, feldolgozása és felhasználása körfolyamatot képez. A körfolyamat elemeivel kapcsolatban ki kell emelni azt, hogy módosul az az értékrend, amely az egyes fázisok gazdasági megítélésének alapját jelenti. A változó értékrend egyik eleme a gazdaságnövekedésben betöltött szerep. Mint ismeretes, korábban valamely gazdaság fejlettségét az egységnyi energia-, és nyersanyagfelhasználás jellemezte. A gazdaság és az energiaigényesség növekedési ütemét általában azonosnak feltételezték, valamint általános rendező elvként tekintették azt, hogy a „legdrágább energia” az energiahiány.

A világgazdasági korszakváltás kikényszerítette a fent vázolt feltételrendszer gyökeres megváltoztatását, aminek eredményeképpen ma már sokkal ökonomikusabb szemlélet érvényesül az ásványi nyersanyaghasznosítás körfolyamatának egészére és egyes fázisaira vonatkozóan.

A kialakult új szemlélet lényegesebb elemei :

- a kitermelés hatásfokának növelése,
- a nyersanyagok előkészítési technológiája színvonalának növelése a komplex hasznosítással egyidejűleg,
- a visszacsatolás (recirkuláció) lehetőségek szerinti megvalósítása.

Az új szemlélet az eddiginél fokozottabban veszi figyelembe a termelőket és felhasználókat összekapcsoló összefüggéseket is. Ezen összefüggéseken belül a felhasználói oldal igényrendszere a meghatározó a termelői oldal műszaki rendszerét illetően, míg az újrahasznosítás megjelenése a termelői és felhasználói oldal közti kapcsolatok új elemét jelenti. A tágabban értelmezett ember – természet – technika relációhoz tartozik az, hogy a megfelelő technikai feltételek biztosításának egyre nagyobb a ráfordítás-igénye, és ez nagyon ve-



1. ábra: Az anyagciklus

szélyes tendencia kialakulásához vezethet. Miután Magyarországon a természeti adottságok a világtáznál sok tekintetben rosszabbak, a világszínvonalú technikai felszereltség alkalmazása több esetben az eszközhatékonyság romlásához vezet.

Néhány példát szeretnék ezzel kapcsolatban elmondani.

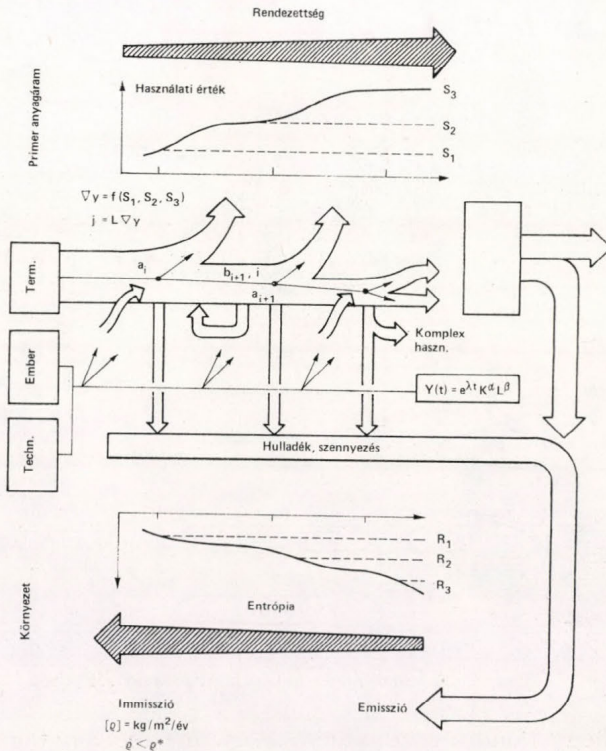
A szénbányászatban alkalmazott komplex frontfejtések esetében maga a technika világszínvonalú, a vele elért teljesítmény lényegesen a világszínvonal alatt áll. Korszerű kutatóberendezések világszínvonalúak, a velük elért fajlagos eredmények lényegesen a világszínvonal alatt állnak. Ezért a technika és a technikával elérhető gazdaságosság konzisztenciájának megteremtése nagy körültekintést igényel. Az értékrendszer módosulásával kapcsolatosan még egy megjegyzést kell tenni.

Az 1. ábrán bemutatott körfolyamatok gazdaságosságát korábban egy-egy műszaki rendszer határain belül értelmezték. Ma már ez az értelmezés is bővül, mégpedig úgy, hogy az energiatermelő körfolyamatok elemzésének szemléletmódját követve egész gazdasági körfolyamatokat egy rendszerben, egységesen értékelnek.

A nyersanyagok hasznosítását fizikai analógia alapján transzportfolyamatnak tekintjük. (2. ábra). A változó értékrend miatt a transzportfolyamatok hatékonyságának elemzését sem lehet az egyes energiahordozók, nyersanyagok fizikai paraméterek alapján történő hatékonyságelemzésére korlátozni, hanem figyelembe kell venni a társadalmi erőforrások igénybevételé-

nek teljes egészét. Ebből a szemléletmódból globális és parciális következtetések is levezethetők.

Globális jellegű következtetés pl. az, hogy mindenekelőtt technológiai megoldásokkal oldható fel a primér anyagáram rendezettségének (a felhasználói szempontból értelmezett használati értéknek) a növekedése, illetve a környezet rendezettségének változása között megnyilvánuló ellentmondás, a környezetet illetően a rendezetlenség fokozódik. Ennek bemutatására elegendő végiggon-



2. ábra: Rendezettség

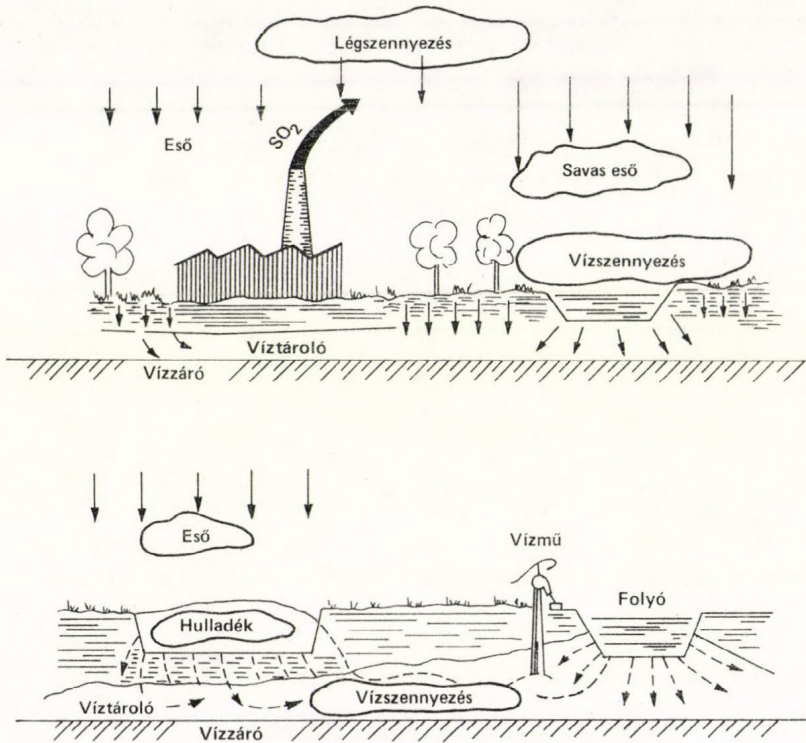
dolni valamely nyersanyag kedvezőtlen természeti körülmények között folyó kitermelésének, átalakításának és felhasználásának teljes folyamatrendszerét.

Könnyű belátni továbbá, hogy a szélesebben értelmezett hatékonysághoz mindenképpen hozzátartozik a nyersanyagok komplex hasznosítása, mivel ezzel egyfelől jobban ki lehet használni a társadalmi erőforrásokat, másfelől csökkenteni lehet a környezetet terhelő hulladékanyagokat. Hasonló a szerepe a visszacsatolásnak, az újrahasznosításnak is.

Ma már például egy erőmű gazdasági hatékonysága nemcsak az energia-hordozó hasznosítási hatásfokával mérhető, ennek megítélésében lényeges az a komplex műszaki kultúra is, amely az ilyen energiatermelő vertikum körül kialakul. Gondolok itt a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre, vagy a hulladék hő mezőgazdasági vonatkozású hasznosítására, de ide lehet sorolni a pernyehasznosítást is.

A transzportfolyamaton belüli rendezettség-rendezetlenség ellentmondá-

sával kapcsolatban olyan globális környezetvédelmi problémák (3. ábra) fogalmazhatók meg, mint a fosszilis energiahordozók hasznosítását kísérelő hulladékkibocsátás, bizonyos kohászati tevékenységnél fellépő kénemisszió, illetve a hulladékok elhelyezési gondja, vagy a vízszennyezés. Ezekre a problémákra



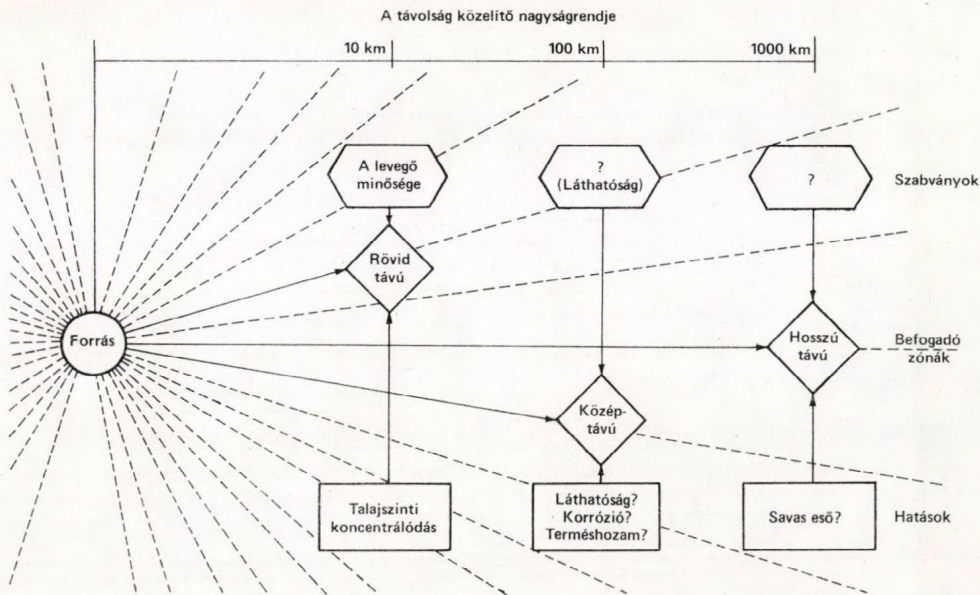
3. ábra: A környezeti hatások általános sémája

az jellemző, ahogy tágul a gazdaságosság értelmezése, úgy tágul ezen objektumoknak a környezeti hatásmechanizmusa is.

Az emisszió hatása (4. ábra) sok esetben nemcsak egy-egy körzetre terjed ki, hanem országhatárokat is átlép. (Bizonyára ismert a tisztelt Osztályülés résztvevői számára, hogy az NSZK és NDK ma már mérleget készít arról, hogy adott emisszió a másik ország területén milyen immiszió-károsodást okoz.)

A környezetvédelmi kérdéseket az ásványi eredetű nyersanyagok esetében két nagy blokkban célszerű tárgyalni. Az egyik blokk az energetika, a másik a gazdaság anyagkultúrája. Az energetika rendszerét (5. ábra) olyan összefüggő vertikumi folyamat képezi, amely a forrásból kiindulva a kitermelésen, átalakításon keresztül a felhasználáshoz csatlakozik és tevékenységével a teljes nép-gazdasági rendszert érinti.

Az energetika környezeti hatásai komplex rendszert képviselnek. Minden energiahordozó-hasznosítás a teljes vertikum mentén együtt jár területvesztéssel, részben a művelés, részben a hulladékok elhelyezése miatt. A területvesztésen túlmenően veszélyezteti a légkör, a környező vizek tisztaságát és gázszennyezéssel, porszennyezéssel olyan komplex hatást is gyakorolhat a környezetre, amely sok esetben a termelés ellehetetlenüléséhez vezet.



4. ábra: Az emisszió hatásai különböző távolságokban

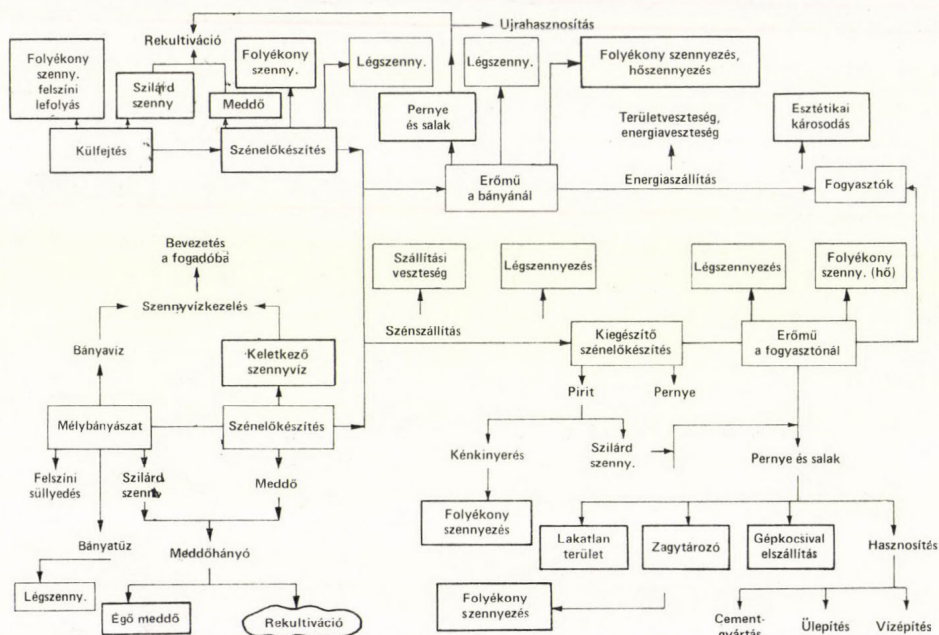
	Földtani nyersanyagkutatás	Kitermelés	Előkészítés, dúsítás	Átalakítás feldolgozás	Energia-átalakítás	Termék szállítás elosztás	Felhasználás
Szén	Szénkutatás A kutatási rendszer vagyon	Hazai széntermelés	Szénelőkészítés, osztályozás, dúsítás	Brikettálás, kokszgyártás	Kondenzációs villamosenergia-termelés	Széntermékek elosztása	Energiahordozók: villamos energia, hő szerves vegyipari alapanyagok felhasználása
	Urán	Uránkutatás Kut. rendsz. vagyon	Hazai urántermelés	Uránérc dúsítás		Kapcsolt villamosenergia-és hőtermelés	
Egyéb		Fűtőelem import			Távhő termelés	Hőelosztás	
		Vízenergia hasznosítás Villamos energia import					
Szénhidrogén	Szénhidrogén kut. Kőolaj Kut. vagyon Földgáz Kut. vagyon	Kőolaj kitermelés Földgáz kitermelés	Kőolaj előkészítés	Kőolaj-feldolgozás Földgáz-feldolgozás		Kőolajtermékek elosztása Földgáztermékek elosztása	
		Kőolaj import Földgáz import					
Környezeti hatások	Területvesztés	területvesztés meddőelhelyezés folyékony szenny. vizemelés metánvesztély hőszennyezés porszennyezés	területvesztés meddőelhelyezés folyékony szenny. porszennyezés	területvesztés szilárd szennyezés folyékony szenny. légszennyezés	területvesztés szilárd szennyezés folyékony szenny. légszennyezés porszennyezés hőszennyezés	területvesztés folyékony szenny. légszennyezés hőszennyezés	szilárd hulladék folyékony gáznemű

5. ábra: Energiahordozók vertikumainak környezeti hatásai

527
257

Az energetikai rendszer főbb csomópontjai részben a globálisan értelmezett hatékonyság, részben a környezeti hatások szempontjából energiahordozó típusonként foglalhatók össze.

A szénbányászat (6. ábra) esetében a mélyművelés és a külfeljelés külön tárgyalandó. A külfeljeléses technológia esetében a területvesztés ellensúlyozá-



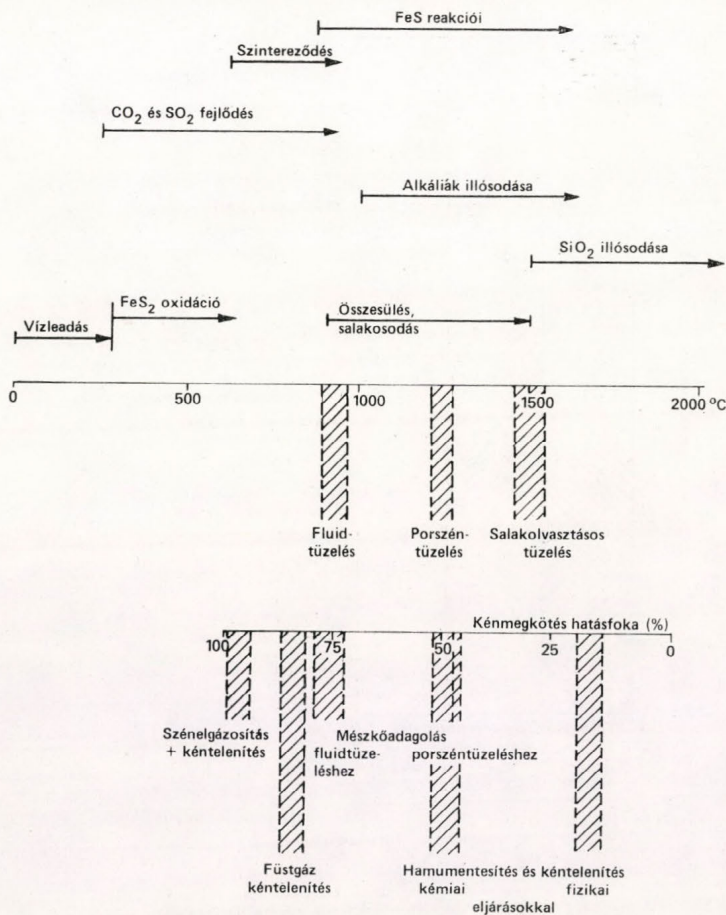
6. ábra : A szénbázisú energiatermelés vertikumában keletkező hulladékok és elhelyezésük lehetőségei

sában nagy jelentőségű a termőföldek visszaadása. Ebben a vonatkozásban Magyarországon világszínvonalú technológiát jelent a rekultiváció. Ugyancsak a kitermelés során jelentkezik a felszíni vízgazdálkodás esetleges sérelme, illetőleg ennek a kivédése.

A kén-emisszió megoldása a szén hasznosításának alapvető feltétele. Számos konkrét tapasztalat igazolja, hogy sok esetben a szén minőségi paramétereinek között a kéntartalom fontosabb paraméter, mint maga a fűtőérték. Sokak számára ismert, hogy a toronyi lignit Ausztria felé történő értékesítésnek elsősorban nem az alacsony fűtőérték, hanem a magas kéntartalom volt az objektív akadálya.

A szénhasznosítást transzportfolyamatként és rendszerszemléletben vizsgálva megállapítható, hogy a szénbányászat egzisztenciális kérdése a megfelelő tüzeléstechnikai feltételek kifejlesztésében való részvétel. A fluid tüzeléstechnika, melynek megvalósulása a magyar szénbányászat jövője szempontjából ugyanolyan súlyú műszaki fejlesztési eredmény, mint a komplex gépesítésű, frontfeljelés megjelenése, vagy bármelyik innovációs ciklus, magában a kitermelési folyamatban a szénbányászok és az energetikusok közös erőfeszítéseit igényli. Miközben az egymásra utaltságot hangsúlyozom, szeretném azt is

nyomatékosan kiemelni, hogy ebben a vonatkozásban csak akkor lehet sikere most már az egész magyar iparnak, a szénbányászattól az energiaiparon át egészen az energetikai gépgyártásig, tehát a gépiparig,



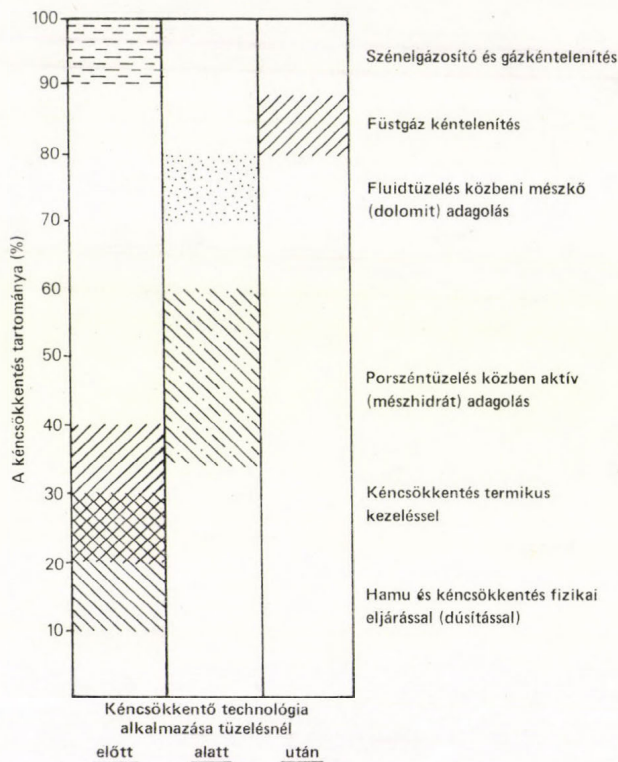
7. ábra: A szénhamu alkotóinak átalakulása és a különféle kéntelenítési eljárások hatásfoka

ha offenzív innovációs politikát folytatva, a jogosan felmerülő kételyeket nem gátakká, hanem megoldandó problémákká alakítja.

A fluid tüzelési technológia (7. ábra) közismert előnye abból származik, hogy a hazai szenek egy részének a hamuja, salakja olvadékony, így a fluid tüzeléssel járó alacsonyabb tüztér-hőmérséklet ebből a szempontból is kedvező megoldást ad. A kén kibocsátás csökkentésére általában a tüzelés előtt (a szén-előkészítés folyamatában), a tüzelés alatt és a tüzelés után a füstgázok tisztításával, kéntelenítésével keresik a megoldást (8. ábra). A megelőző fázis csak limitált hatásfokot tud megvalósítani, így az áttörő megoldást a fluid tüzelés hozhatja meg, hiszen az a tapasztalat, hogy a füstgázkéntelenítés olyan beruházási költségekkel jár, amelyet költséghatár-szemléletben visszavezetve a tüzelő-

anyag-költségre, magának az energiahordozónak a kitermelését teszi gazdaságtalanná.

A kénemisszióval azonos súlyú problémát jelent a pernye-kibocsátás (9. ábra), így a pernyeleválasztás megfelelő hatásfokkal történő megoldása szin-

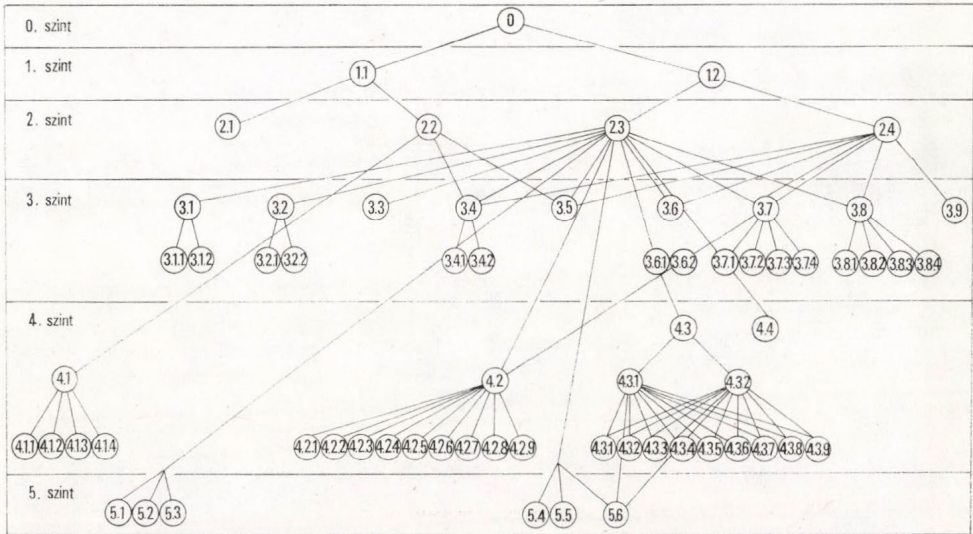


8. ábra : A kénemisszió csökkentésére javasolt módszerek és azok hatékonysága

tén alapvető fontosságú. A környezeti terhek csökkentését jelentős mértékben befolyásolhatja és a tágabb értelemben vett gazdaságosságot is növelheti a pernyehasznosítás. A pernye hasznosításában jelentősége van a pernye kémiai tulajdonságainak (bázikus, vagy savanyú jellegének), továbbá a tüzelési hőmérsékletnek, hiszen a tűztérben a későbbi feldolgozás szempontjából lényeges belső anyagszerkezeti struktúra is kialakul. Olyan ágazatközi kapcsolatot, mely tömegszerűen fel tudja venni a pernyét, a cementipar képvisel, amelynek teljesítménye a KGST országok között, de világviszonylatban is kiemelkedő. A pernye további felhasználási lehetőségét jelenti az útépités, ami az energiatakarékosság szempontjából is nagy jelentőségű, hiszen a klinkerégetés energiaráfordításai bizonyos mértékben csökkenthetők.

A szénvertikumot lezárva szeretném hangsúlyozni, hogy mint általában mindenütt, itt is aktív környezetvédelmi szemléletet célszerű követni, tehát a globális problémák indokolt vagy az indokoltnál nagyobb mértékű hangsúlyozása helyett (pl. a savas eső, ill. a pernye-elhelyezés) offenzív műszaki fej-

lesztési politikával kell azt elérni, hogy a ma már világszerte megtalálható, korszerű műszaki elemeknek a kitermelési, az előkészítési és az átalakítási fázisba történő beépítésével olyan energiatermelő vertikum alakuljon ki, amely egylejűleg hatékony és környezetbarát.



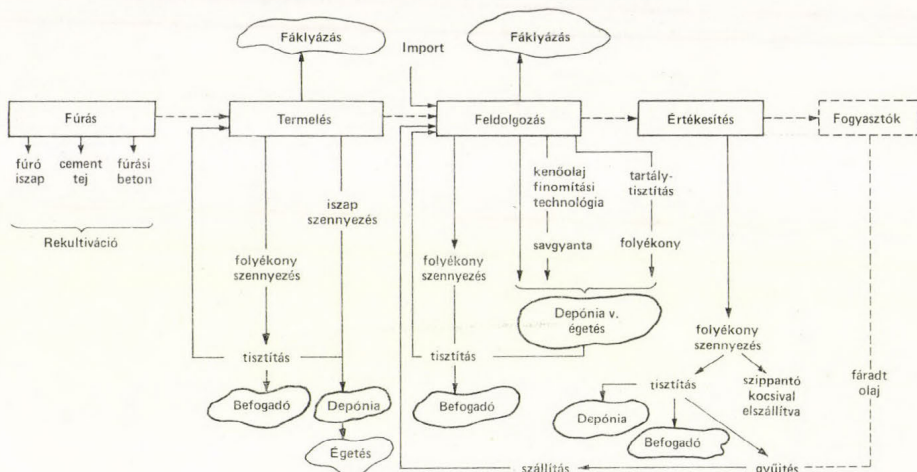
0. szint: SZÉN	3.6 Habarcs	4.2.4 Járdaépítés
1. szint: SZILÁRD EGESTERMEK	3.6.1 Falazóhabarcs	4.2.5 Betonlapok
1.1 Bázikus pernye	3.6.2 Vakolóhabarcs	4.2.6 Kítőtöbton
1.2 Savanyú pernye	3.7 Betonadalek	4.2.7 Aljzatbeton
2. szint: PERNYE	3.7.1 Transzportbeton	4.2.8 Falazóhabarcs
2.1 Bázikus hányópernye	3.7.2 Betonlapok	4.2.9 Vakolóhabarcs
2.2 Bázikus száraz pernye (E-filter, v. ciklon)	3.7.3 Kítőtöbton	4.3. Pernye-mész keverék előállítás
2.3 Savanyú száraz pernye (E-filter v. ciklon)	3.7.4 Aljzatbeton	4.3.1 Erőművi kötőanyaggyártás
2.4 Savanyú hányópernye	3.8 Földmü, töltés	4.3.2 Keverőtelepen történő előállítás.
3. szint: FELHASZNÁLÁSI CSOPORTOK	3.8.1 Utépítési töltés	4.3.1 Stabilitált útalapok
3.1 Cementgyártás	3.8.2 Vasútépítési töltés	4.3.2 Utzsélesítés
3.1.1 Nyersliszt komponensként	3.8.3 Vízügy töltés	4.3.3 Utpálya megerősítés
3.1.2 Hidraulikus adagolókként	3.8.4 Híd- és felüljáró rámpák	4.3.4 Járdaépítés
3.2 Aszfaltfilter	3.9 Szennyvíztisztítás	4.3.5 Betonlapok
3.2.1 Hengerelt aszfalt	4. szint: KÖTŐANYAGOK	4.3.6 Kítőtöbton
3.2.2 Öntött aszfalt	4.1 Önnálló kötőanyag	4.3.7 Aljzatbeton
3.3 Kohászati öntőporok	4.1.1 Stabilitált útalapok	4.3.8 Falazóhabarcs
3.4 Talajjavítás	4.1.2 Utzsélesítés	4.3.9 Vakolóhabarcs
3.4.1 Szemszerkezet javítás	4.1.3 Utpálya megerősítés	5. szint: ÉPÍTÉSI SZERKEZETI ANYAGOK
3.4.2 Piszabályozás	4.1.4 Járdaépítés	5.1 Könyűbetonadalekok
3.5 Utpálya síkosságmentesítés	4.2 Aktivált kötőanyag	5.2 Gipsz válaszfalelem
	4.2.1 Stabilitált útalapok	5.3 Pernyetégla
	4.2.2 Utzsélesítés	5.4 Gázszilikát falazóblokk
	4.2.3 Utpálya megerősítés	5.5 Üregkítő mélyépítési gázszilikát
		5.6 Pernye-mész kötési építőelem

9. ábra: A pernyehasznosítás modellje

A kőolajfeldolgozó rendszer (10. ábra) egyes fázisaiban a környezetvédelem kiemelten kezelendő, de egyidejűleg itt valamennyi technológiai fázisra adott a megoldás. A hazai sajátosságok szempontjából meg kell említeni, hogy a vízháztartás megváltoztatásával járó vízbeszűrtetés kitermelésénél, illetőleg a felhagyott szénhidrogéntermelő kutak geotermikus energiatermelés céljára

való igénybevételénél számolni kell a mikro- és a szélesebb értelemben vett makro-környezet sérelmével, illetőleg ennek a megoldásával.

Itt említem meg, hogy a geotermikus energia hasznosítása nálunk elsősorban környezetvédelmi problémákba ütközik, hiszen az elfolyó vizek agresszív volta olyan kémiai kezelést igényel, amely az egész rendszer gazdaságosságát befolyásolhatja.



10. ábra: A kőolajiparban keletkező hulladékok és elhelyezésük lehetőségei

A következő energiahordozó az urán, amely a szén mellett talán a másik legizgalmasabb környezetvédelmi kérdés-csoportot foglalja magában. A szén és az urán, illetőleg a szén- és az atomenergetika körül alakultak ki az ún. lágy és kemény stratégiák. A lágy stratégiák egészen odáig jutottak el, hogy a gazdaságnövekedésnek abszolút korlátot szabva, illetve bizonyos területeken visszafejlesztve próbálják kiküszöbölni az energetika rendszeréből ezeket a megfelelő műszaki fejlesztés nélkül, a környezet szempontjából nagyon agresszív technológiákat. Mint ahogyan a szén esetében is, a műszaki fejlesztés oldaláról adva van a megoldás. Az uránhasznosítás vertikumának egyes fázisait környezetvédelmi szempontok szerint röviden jellemezve megállapítható, hogy már a kitermelési fázisban, a bányász védelme érdekében kell gondoskodni a fokozott levegőtisztaság-kontrollról, illetve ezt megelőzően a megfelelő szellőztetésről, a bányából kikerülő vizek radioaktív szennyezettségének kontrolljáról, az uránérc dúsítása során a megfelelő meddőhányó struktúrák kialakításáról, és a meddőhányóról elfolyó vizek kontrolljáról, illetve tisztaságáról.

Az urán további tisztítása, a fűtőelem-gyártás a nemzetközi munkamegosztás ismert rendszerének megfelelően a Szovjetunióban történik. Nálunk tehát az urán hasznosításával összefüggő következő környezetvédelmi kérdés-csoportot az atomerőmű képviseli. Az atomerőművek vizsgálata során külön kell választani az üzembiztonsági és a környezetvédelmi problémákat. A két kérdés-csoport az energiatermelés jellegéből következően nagymértékben összefügg egymással, jelen előadás témájának megfelelően azonban most a második problémakör fontosabb elemeit vesszük sorra.

Az atomerőmű környezetre gyakorolt hatása a nagy mennyiségben keletkező sugárzó anyagokkal kapcsolatos, amelyek a környezet kis mértékű sugárzszennyezését okozhatják. A radioaktív anyagok egy részének felezési ideje nagyon rövid, így ezek aktivitása a technológiai körökben, vagy a segédberendezések ben való tartózkodás alatt nagymértékben csökken. A nagyobb felezési idejű sugárzó anyag további sorsáról viszont külön kell gondoskodni, s erre két lehetőség kínálkozik.

- az erősen felhígítva történő kibocsátás és
- a koncentrált formában való tárolás.

A felhígított állapotban történő kibocsátás során az aktív anyag koncentrációja olyan kicsi, hogy sem a lakosság egészségét, sem pedig a környezetet nem veszélyezteti. A koncentrált formában történő tárolás során a sugárzó anyag olyan többszörös védőburokba kerül, amely a mechanikai, a kémiai és a hőhatás ellen maximális védelmet nyújt.

A környezetvédelemhez tartozik az a mechanikai rendszer is, ami úgy szakaszolja az energiatermelő folyamatot, hogy bármilyen műszaki meghibásodás esetén sokkal hamarabb történik egy hermetikus tételzárás, mint a környezet bárminemű sérelme. Az erőművekben keletkezett radioaktív hulladékok elhelyezése mellett, külön gondoskodnak olyan sugárvédelmi ellenőrző rendszer működéséről, amely folyamatosan kontrollálja a környezet sugárzási viszonyait, biztosítva ezzel egy veszélyes természeti erő nemkívánatos hatásai ellen való maximális védelmet.

Mint a tudományos-technikai forradalom egyik legfiatalabb, fejlett műszaki rendszerének az atomerőműnek a legmagasabb a mérési kultúrája. Szintén valamennyi elemében az átlagosnál lényegesen magasabb színvonalú a mérés, a mérések folyamatos kiértékelése, és ezek visszacsatolásával a folyamat-szabályozás, a megfelelő ellenőrzésekkel együtt. Így tehát az uránérc hasznosítása – minden más felfogással ellentétben – környezetbarát módon tudja szolgálni az emberiség egyre növekvő energiaigényének a kielégítését, tehát semmiképpen sem indokolt a tiltás, a lágysztratégiai szemlélet oldaláról való megközelítés.

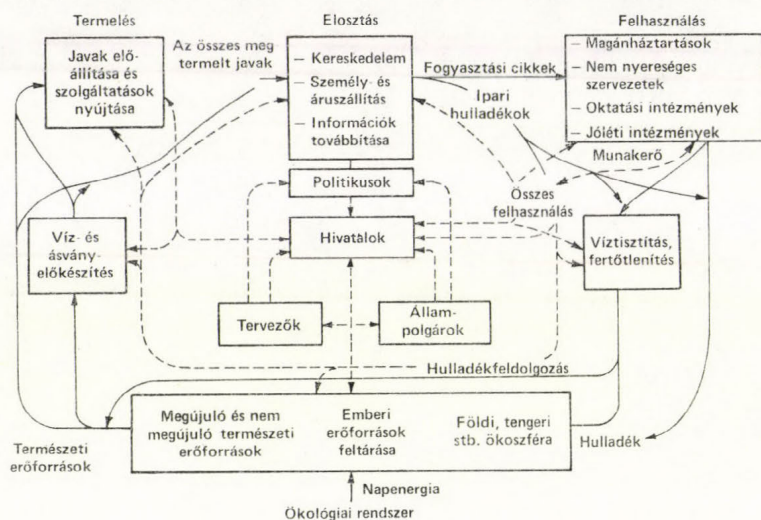
Ez annál is inkább igaz, mert ma már nemcsak az energiapolitika kezeli kombinatív módon az egyes energiahordozó forrásokat, hanem létrejöttek olyan műszaki megoldások, amelyek az egyes energiahordozókat műszaki értelemben kombinálják. Nemcsak az *output* oldalon történik kombináció, amikor a jobb határfok érdekében kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés folyik, tehát azal válik a villamosenergia-termelés még gazdaságosabbá, hogy alapvető kommunális igényeket elégít ki a távhőszolgáltatással, hanem megjelennek olyan megoldások is, amikor az atomenergia bázisán lehetségessé válik a szén komplex hasznosítása.

Mindez tehát azt jelenti, hogy a kombinatív energiapolitikai stratégia követésével nemcsak forrásoldalon lehet gondoskodni az energiahordozók komplex hasznosításáról úgy, hogy az energetika egész rendszere optimumot adjon, hanem ezt a szemléletet ki lehet terjeszteni a környezeti hatásokra is, és úgy lehet bekorlátozni az egyes műszaki rendszerek emissziójának határértékét, hogy az emissziós tényértékek a megengedett határon belül maradjanak (*II. ábra*).

A környezetvédelemnek tehát minden esetben megvan a megfelelő biztonságot adó műszaki megoldása. Tény azonban, hogy ez növekvő ráfordítás-igénnyel jár, ezért a környezetvédelmi igények kielégítésével együtt, konzisz-

tens módon, az egész rendszer gazdaságossági hatékonyságának a növeléséről is gondoskodni kell.

A másik nagy környezetvédelmi kérdéscsoport a gazdaság alapanyag-ellátásához, anyagkultúrájához kapcsolódik. Mint minden gazdaság, a magyar



11. ábra: Környezeti rendszer funkcionális alapmodellje

népgazdaság is két nagy blokkra: a kitermelő-, alapanyagblokkra, és a feldolgozóipari blokkra bontható. A két blokkal kapcsolatban elsősorban hangsúlyozni kell azt, hogy (szemben sok szemlélettel) nem indokolt ezeknek a fejlődés szempontjából való ütköztetése. Mivel nem létezik feldolgozóipari megfelelő alapanyagkultúra nélkül és megfordítva, nem lehet megfelelő kitermelő alapanyaggyártó technológiákat kialakítani megfelelő feldolgozóipari háttér nélkül, a két blokk fejlesztésének konzisztens rendszerben kell történnie.

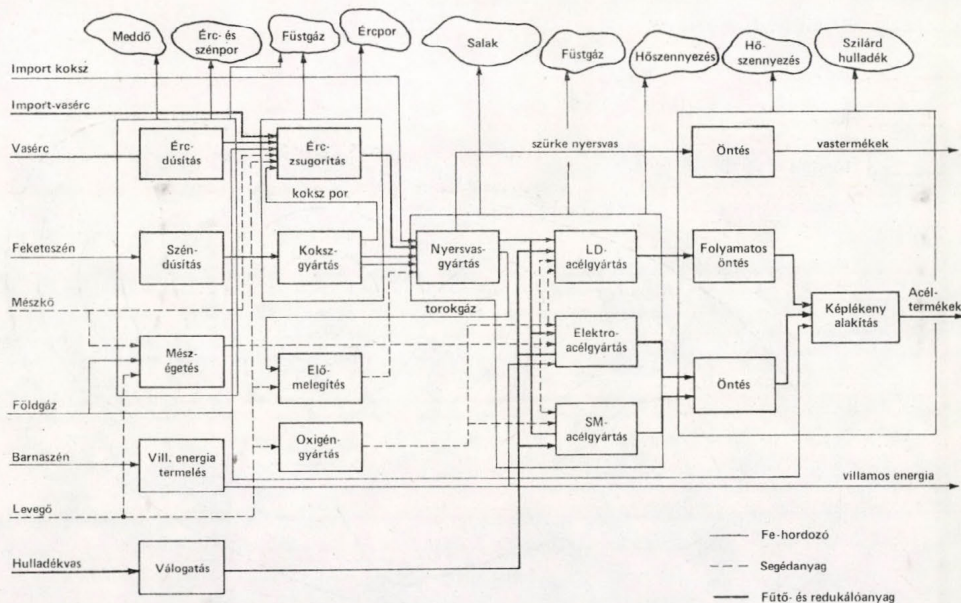
Ma sokféle forradalomról beszélünk. Beszélünk általában a tudományostechnikai forradalomról, beszélünk jó értelemben vett kultúrforradalomról, és beszélünk anyagforradalomról. Az „anyagforradalom” szóhoz talán azért juttottunk el, mert minden gazdaságban felismerték, hogy a megfelelő anyagkultúra, a megfelelő szerkezeti-anyag színvonal az egész gazdaság fejlődésének kulcskérdése.

Esetünkben ezzel kapcsolatban elsősorban a ferrum-hordozókkal kapcsolatos technológiai láncokra (12. ábra) kell gondolni, ahol az acélglyártás, a képlékeny alakítás technológiájának fejlesztésével egyidejűleg kell gondoskodni a megfelelő feldolgozási technológiai fázisok kiépítéséről. Gondoskodni kell továbbá a porterhelés csökkentéséről, a különböző gázok emissziós határértékeinek a szabályozásáról. A szilárd fázis környezet-károsításának csökkentésére a recirkuláció igényével itt is megjelenik a hányók ismételt feldolgozása.

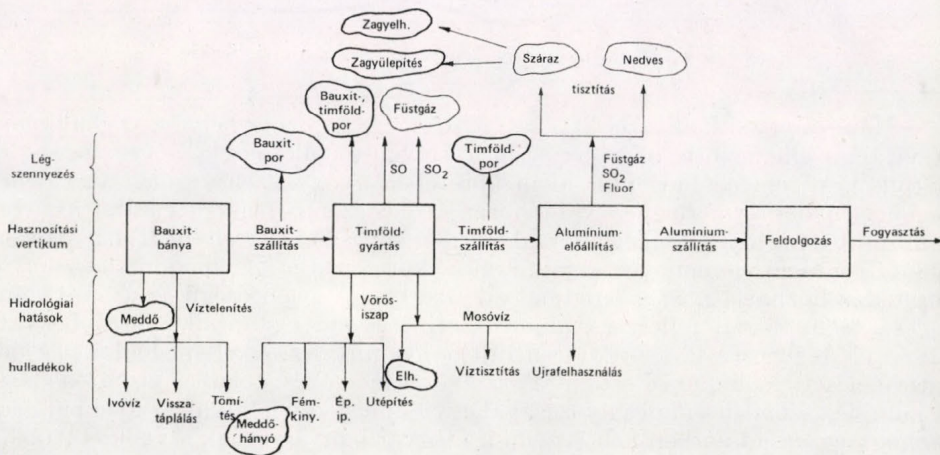
Meg kell említeni, hogy a vertikum környezetvédelmi szempontokat is szem előtt tartó konzisztens fejlesztése – az ember, technika és természet rendszerében – szélesebben is értelmezhető, mivel az, hogy milyen gépek, berendezések, milyen technológia állhatnak rendelkezésre többek között egy széntüze-

lésű kazánhoz, vagy egy atomerőmű bizonyos technikai részegységéhez, az itt is többek között a ferrum hasznosítási folyamatával alapvetően eldől.

Nemzeti vagyonunknak számít az alumínium, aminek komplex hasznosítása (13. ábra) megoldhat olyan globális környezetvédelmi problémát, mint



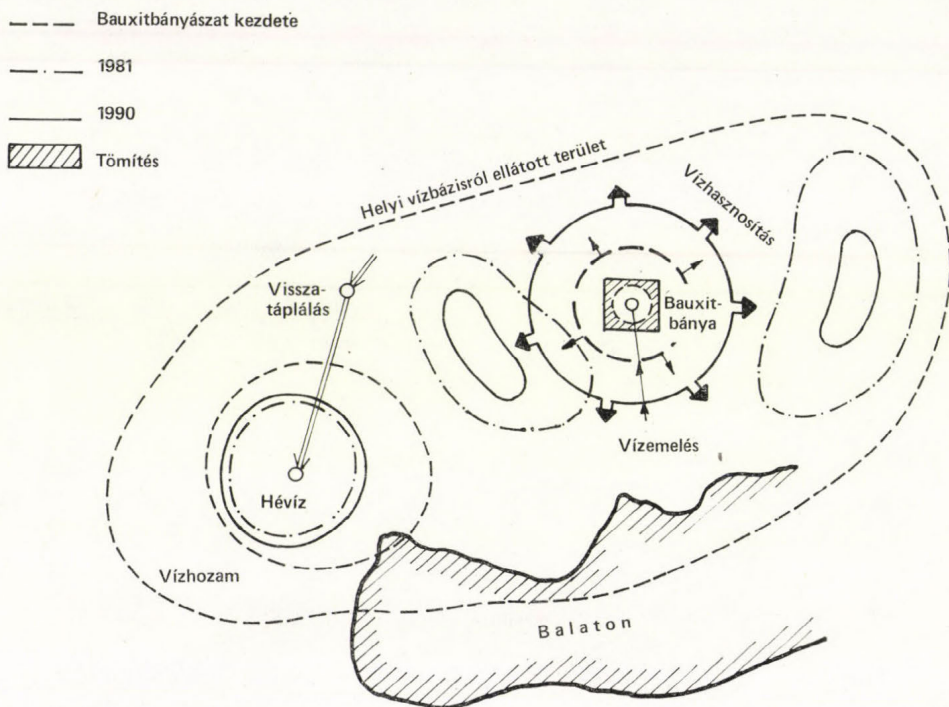
12. ábra: Vasvertikum környezeti hatásai



13. ábra: Alumínium-vertikum környezeti hatásai

a vörösiszap elhelyezése. Ezért a bauxitok komplex hasznosítása, a ferrum-tartalom kinyerése és hasznosítása az elkövetkezendő időszak nagyon fontos iparfejlesztési feladata.

A hazai bauxitbányászatnak természetes kísérő jelensége a regionális jellegű vízveszély (14. ábra). Közismertek az ezzel kapcsolatban felmerült problémák is, amelyek elsősorban a nyirádi térségben, mind a hóforrásokkal, mind az egész Dunántúli Közép-hegység vízháztartásával összefüggnek.

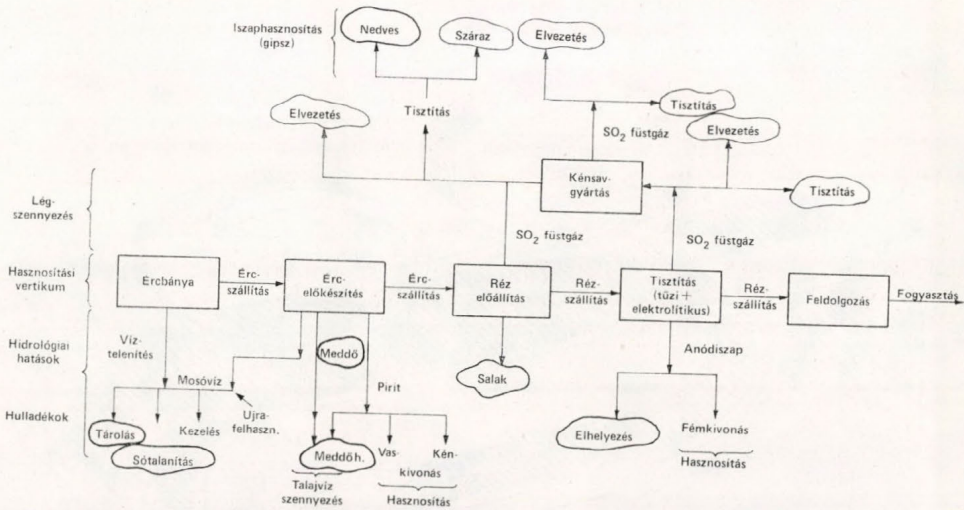


14. ábra: Bauxitbányászás hatása a felszín alatti vizekre

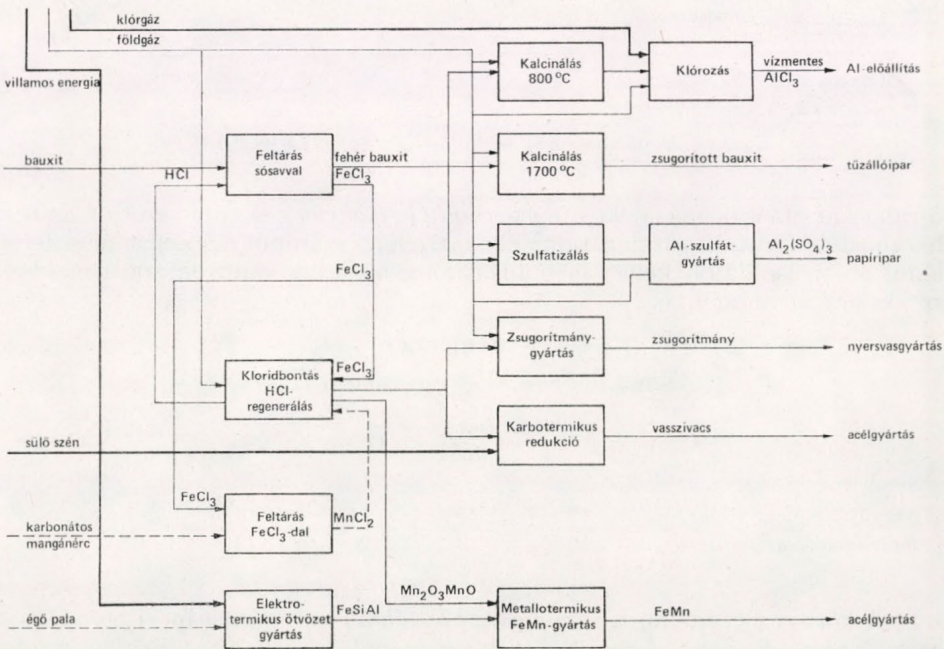
Hangsúlyozni kell ezzel kapcsolatban, hogy itt sincs helye a végleteknek. A vitában elhangzott, hogy ha sérül a Hévízi-tó, illetőleg a hévízi forrás, el fogjuk veszíteni az idegenforgalom keretében gyógykezelésre idelátogató betegeket. A devizamérleghez való hozzájárulás szempontjából viszont az alumíniumipart semmiféle idegenforgalom nem képes helyettesíteni. Tehát itt sem a konfrontáció, hanem az alumíniumot környezetbarát módon hasznosító megoldás hozhatja meg az eredményt. Ezért nagy jelentőségű az a bányaművelési, technológiai fejlesztés, amely szerint gyors, instantán jellegű beavatkozással, térben és időben koncentrált bányaműveléssel kell megoldani az érc kitermelését, csökkentve ezáltal a vízelvétel mértékét, tehát a vízkárosodást. A komplex szemlélet hangsúlyozásával egyidejűleg kell felhívni a figyelmet arra is, hogy egy rendszerben kell kezelni a magyar bányászatnak a vízháztartásba való beavatkozását. Feltétlenül indokolt tehát az egész bányászattal érintett hidrodinamikai rendszernek egy olyan modellbe való összefoglalása, amely a hatás-ellenhatás függvényszerű összefüggéseit egyrészt feltárja, másrészt a bányaművelési technológia oldaláról kezelhetővé teszi.

A következő hasznosítható nemzeti kincs a recski polimetallikus ércelőfordulás (15. ábra), amelynek komplex hasznosítása (például a pirithasznosítás,

a kohógáz hasznosítása) részben csökkenti a környezetterhelést, részben pedig növeli a polimetallikus előfordulás kiaknázásának gazdasági hatékonyságát. Esetenként a komplex hasznosítás (16. ábra) ad megoldást pl. savas kezeléssel a bauxitok és a karbonátok mangánércek vastalanítására, illetve a karboná-

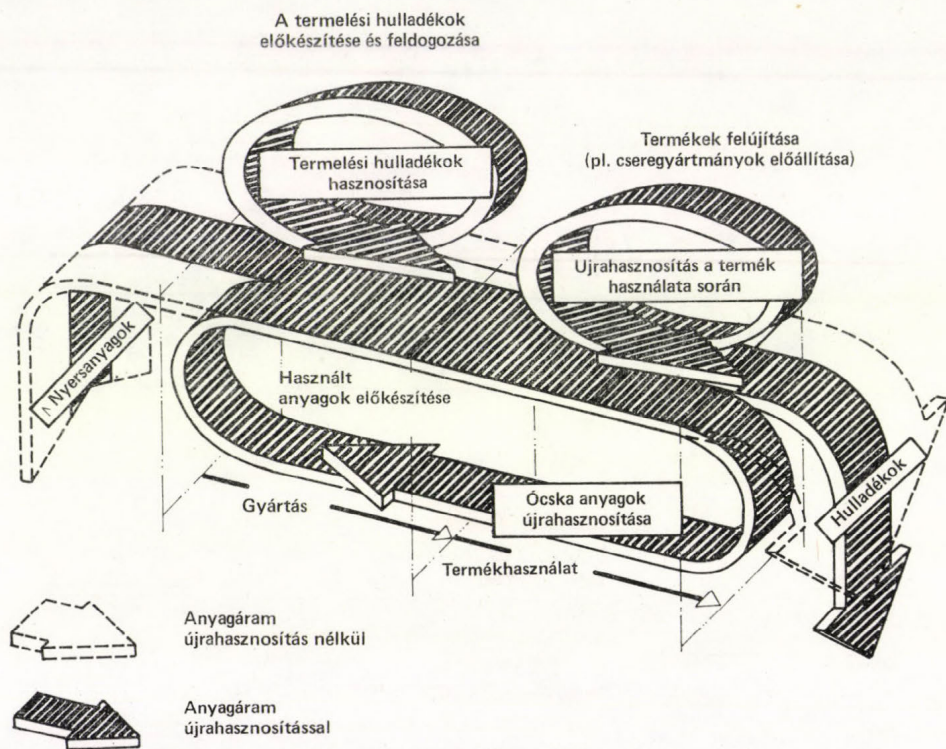


15. ábra : Rézvertikum környezeti hatásai



16. ábra : Bauxit, karbonátos mangánérc és égőpala komplex feldolgozási rendszere

tos mangánérc komplex hasznosítása egy rendszerben oldható meg. Az anyagkultúra blokkját lezárva szeretném ismét felhívni a figyelmet az újrahasznosításra (17. ábra), amely környezetbarát megoldást ad és ezzel együtt növeli a hatékonyságot. Tájékoztatásul meg szeretném mutatni, hol tartunk ma az



17. ábra: Az újrahasznosítás szerepe az anyagkörfolyamatban

újrahasznosítással, százalékos mértékben (I. táblázat). A tábla szerint az újrahasznosítás szinte korlátlan tartalékokat jelent számunkra. Ezért nem feltétlenül a forrásoldalon kell a megoldást keresni, amikor növekszik a gazdaság szerkezeti anyagigénye.

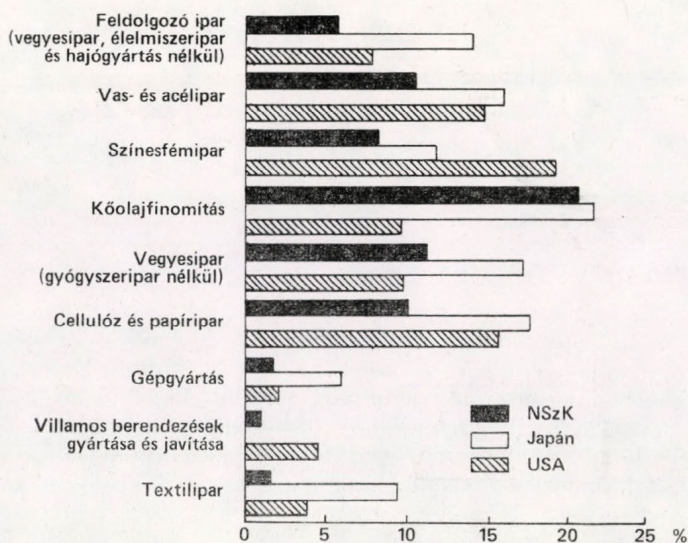
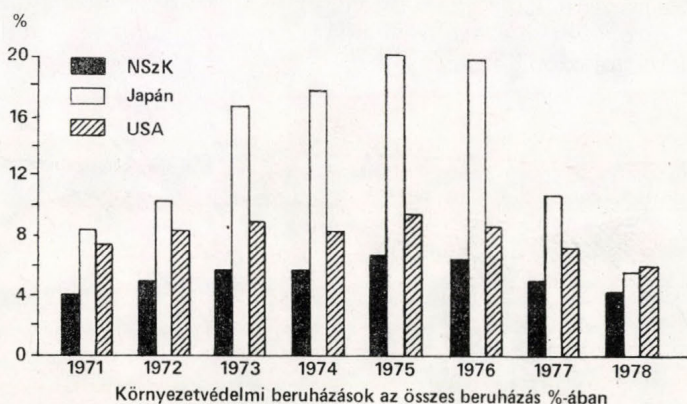
I. TÁBLÁZAT

Színes fémek hazai újrahasznosítása (1980)

Fém	Réz	Alumí- nium	Ólom	Cink	Kábel (Cu, Al)	Ón
Begyűjtött mennyiség, kt	17	25	11	4	7	.
Felhasználás aránya, %	30	13	26	13	17	.

A környezetvédelmi beruházások (18. ábra) ma már az ipari beruházások szerves részét képezik. A beruházások arányának megállapításában két rendező elv érvényesül: egyrészt az egyes területek lakottsága, másrészt egy adott or-

szág technikai fejlettsége. A környezetvédelmi beruházás (pl. az összes beruházás százalékában) Japánban a legmagasabb, ezt követi az Egyesült Államok és az NSZK. Elsősorban a magasabb technológiai fázisok gépi berendezésénél lehet érzékelni, hogy a két olajárrobbanás után kibontakozott egy technológiai

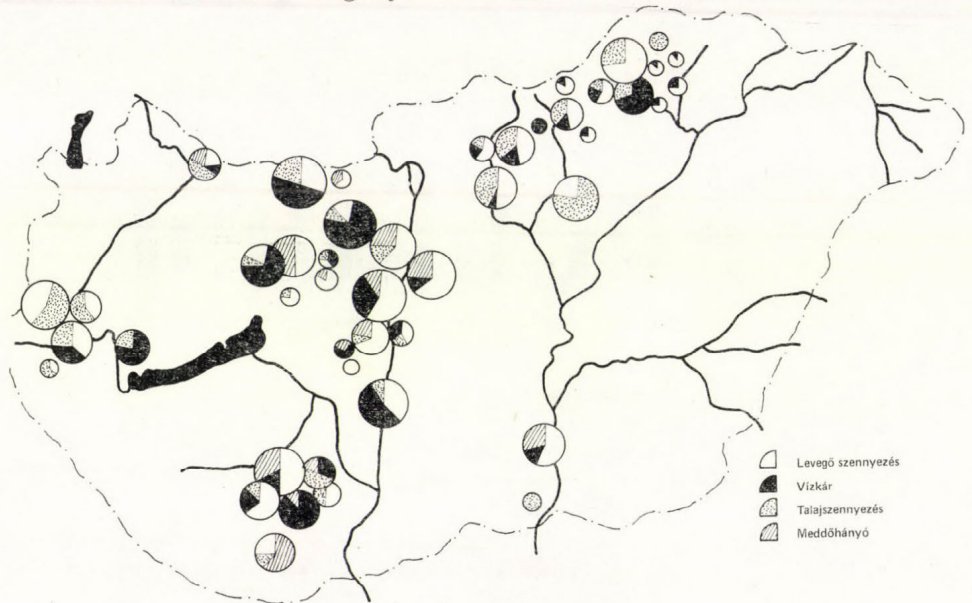


18. ábra: Egyes iparágak környezetvédelmi beruházásai az összes beruházás százalékában, 1971 – 1978

árrobbanás is. Ez utóbbi lényege, hogy az olajhelyettesítést célzó korábbi megoldásokkal szemben, a mikroelektronika, a folyamatszabályozás széleskörű alkalmazásával részben csökkentik a fajlagos energia- és nyersanyagfelhasználást, részben ugyanazon műszaki rendszerben oldják meg a megfelelő környezetvédelmi kérdéseket is.

Zárógondolatként szeretném megemlíteni, hogy igen fontos az ásványi eredetű nyersanyagok komplex hasznosítása, fontos, hogy nálunk is kialakul-

jon az anyagkultúrának az a sávja amely a feldolgozóiparban olyan fontos fejlesztések lehetőségét teremti meg, mint amit biztosított a germánium, gallium, szilícium az elektronikához, a mikroelektronikához; kialakuljanak a különleges saválló, korrózióálló minőségi acélok, az emelt szilárdságú acélok, amelyek a feldolgozóipar megfelelő műszaki kultúráját alakítják ki. Ezen folyamatok közös jellemzője, hogy végső soron visszacsatolódnak a technika –ember–természet hármasságára, hiszen minden vonatkozásban az emberi tudás fokozódását igénylik.



19. ábra: A környezeti hatások geográfiai elhelyezkedése

A nyersanyagok hasznosítása tehát a környezetvédelemmel együtt jelentős mértékben befolyásolja az ország térszerkezetét (19. ábra). Ezzel a pozitív jellegű térszerkezettel egyidejűleg azonban térben elosztva levegő-, talaj-, vízszennyezés, meddőhányók formájában terhelődik a környezet is, olyan koncentrációban, hogy az ellene való tudatos védekezés nemcsak kötelessége a nyersanyagokat hasznosító iparnak, hanem a hasznosítás feltétele is. A feltételek pedig azért teljesíthetők, mert az ezzel összefüggő egész ipari tevékenységben megjelent az a műszaki fejlesztési tevékenység, amely az ott felmerülő kérdéseket sikeresen oldja meg. Így tehát minden okunk megvan, hogy Magyarországon az ásványi eredetű nyersanyagok hasznosításának környezetvédelmi kérdéseivel kapcsolatban azt az aktív környezetvédelmi stratégiát kövessük, amely az egész hasznosítási folyamat során a megfelelő műszaki megoldásokkal a folyamatot környezetbarát módon illeszti az adott régióba és ezzel egyidejűleg természetesen megfelelő hatékonysággal a gazdaság növekedésébe.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5—6. szám. 1984.szeptember—december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5—6. Sept—Dec. 1984. Budapest

A hasadóanyag-bázisú erőművek környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei

VAJDA GYÖRGY, Villamosenergiapari Kutató Intézet, H—1051 Budapest, Zrínyi u. 1.

Environmental effects of nuclear power plants and possibilities for their reduction. The paper briefly describes the types of potential hazards endangering normal operating condition of NPPs (Nuclear Power Plants) and causing accidents. Protection systems and methods are reviewed, with particular attention to the NPP of Paks. The procedure of radioactive-waste management is also dealt with.

✱

A hasadó anyagbázisú erőművek környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei. A cikk röviden összefoglalja az atomerőművek potenciális veszélyének jellegét az atomerőmű normál üzemi állapotára, valamint az üzemzavarokra. Ismerteti a védekezés technikáját és módszereit különös tekintettel a Paksi Atomerőműre. Bemutatja a radioaktív hulladékok elhelyezésének módját.

✱

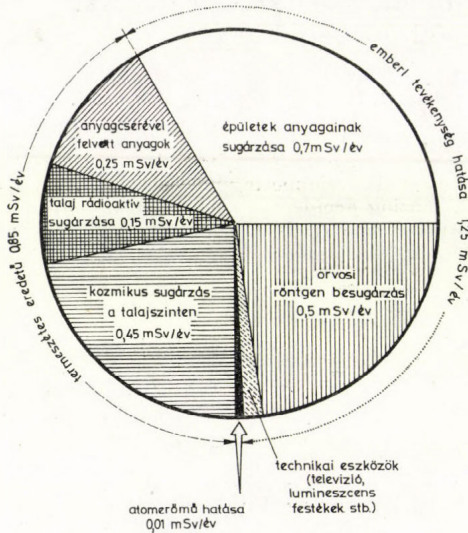
A tömegtájékoztató és a környezetvédelmi mozgalmak sok kételyt hincsették el az atomerőművek ártalmaival és veszélyeivel kapcsolatban. Az ennek talaján kinőtt — sokféle érdekből manipulált — politikai áramlatok néhány fejlett tőkésországban komolyan visszavetették az atomerőművek építését, sőt Ausztriában egy megépített erőmű üzembe helyezését is megakadályozták. A Paksi Atomerőmű létesítése kapcsán — ha nem is széleskörűen, de nálunk is merültek fel aggályok, így indokolt körültekintően megvilágítani hogy veszélyes-e ez a technika. Az önkéntelen asszociáció az atomfegyverekkel — melyek minden tisztességes emberben irtózatot váltanak ki — erősíti az ellenérzést, nem véve figyelembe, hogy az erőművekben nukleáris robbanás nem jöhet létre.

A veszély jellege

Kétségtelen, hogy az atomenergia erőművi hasznosítása veszélyes technológia — de ahogy a szakma egyik úttörője megfogalmazta, még mindig sokkal veszélytelenebb, mint az energiafejlesztés más módszerei. E technika veszélyességét a radioaktív anyagok nukleáris sugárzásai jelentik, melyek megzavarhatják a sejtek normális működését, elroncsolhatják vagy kóros növekedésre készíthetik a testszöveteket. A káros hatások mértéke függ a sugárzás jellegétől, intenzitásától, energiájától, a kölcsönhatás módjától és az érintett testszövet típusától.

A sugárzások veszélyességére az orvosi röntgenteknika kapcsán idejekorán felfigyelték, az ártalmak megítélésével és a védekezés módszereivel több mint fél évszázada foglalkoznak nemzetközi szervezetek is. Ezen ismeretek

figyelembevételével az atomerőművek tervezésénél és létesítésénél eleve olyan biztonságra törekedtek, amire a technika történetében még nem volt példa. Ennek sikerét tanúsítja, hogy a világon jelenleg üzemben lévő mintegy 300 nagy atomerőművi blokk több mint 3000 reaktorévnyi üzemideje alatt egyetlen nukleáris eredetű halálos baleset vagy súlyos sugársérülés sem fordult elő. Ilyen kiemelkedően jó baleseti statisztikával egyetlen más ipari technológia sem dicsekedhet. Természetesen ebben nem foglaltatnak benne az olyan szokványos ipari balesetek (esések, égések, anyagmozgatási sérülések), melyek bár-



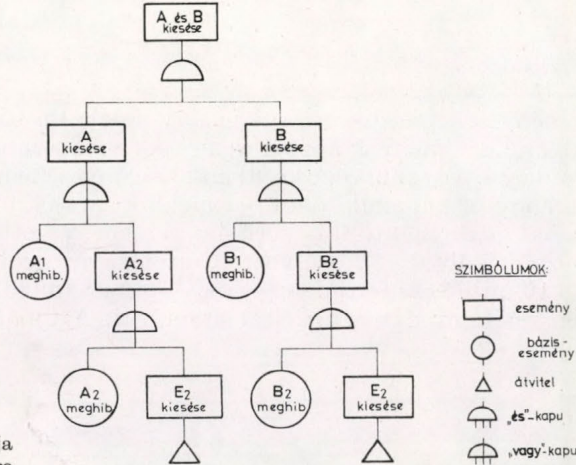
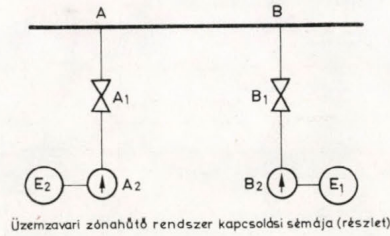
1. ábra: Évi átlagos dózisok az atomerőmű közvetlen környezetében

milyen más típusú erőműben vagy üzemben is előfordulnak, de megjegyzendő, hogy ezek aránya is kicsi az atomerőművekben az automatizálás és távkezelés magas fokának, valamint a kiemelkedő technikai színvonalnak köszönhetően. Természetesen fordultak elő nukleáris eredetű halálos balesetek is, de ezek katonai létesítményekben, reprocesszáló üzemekben, fizikai laboratóriumokban következtek be és nem erőműben.

Potenciális veszély abból származik, ha sugárzó anyagok kerülnek a környezetbe. Az erőmű technológiai rendszerében sokféle berendezés feladata, hogy a mozgékonyra vált radioaktív részecskéket kiszűrje, összegyűjtse és a környezetre veszélytelen módon tárolja. A kiszűrést azonban csak bizonyos mértékig érdemes megvalósítani, és a fennmaradó hányad olyan mértékben felhígítva bocsátható ki, hogy a környezet természetes eredetű sugárzási szintjét számottevően ne növelje. Ez a kibocsátás szigorúan ellenőrzött módon és a hatóságok által megengedett mértéken belül történik. Az 1. ábra mutatja, hogy egy atomerőmű közvetlen környezetében milyen átlagos sugárzási dózisok érik az ott tartózkodókat. Érzékelhető, hogy a mindig és mindenütt érvényesülő háttérsugárzás, valamint a nem atomerőművi emberi tevékenységek miatt fellépő hatások mellett az erőmű szerepe elhanyagolható. Természetesen az erőműtől távolodva ez a dózis is rohamosan csökken. Megjegyzendő, hogy a háttérsugárzás mértéke területenként változó, és ott sem tapasztaltak a lakosság egészségi állapotában szignifikáns különbséget, ahol a háttérsugárzás az átlagosnál nagyságrenddel nagyobb. Miután ma már több száz erőmű iga-

zolja, hogy még a közvetlen közelében élők sugárterhelését sem növeli 1%-nál, sőt gyakran 1%-nál nagyobb mértékben sem, kezd elfogadottá válni az a fel-fogás, hogy az atomerőmű normál üzeme veszélytelen. Ezért a viták áttevé-tek az üzemzavarok területére.

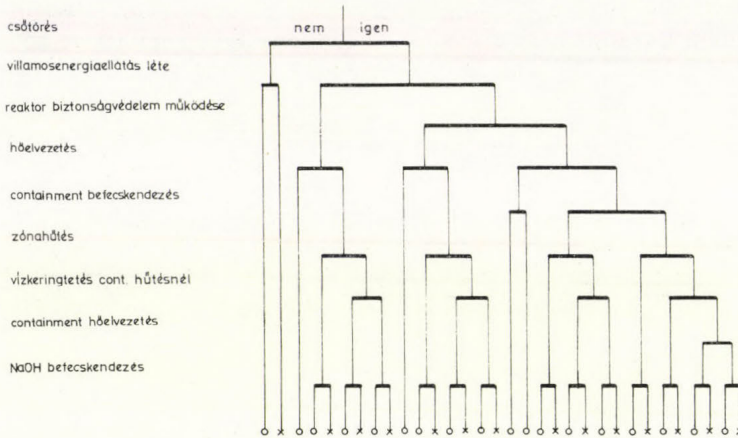
Nagy mennyiségű sugárzó anyag kiszabadulását a reaktormag olvadása idézheti elő, ha annak hűtése nem kielégítő. Tökéletesen nem zárható ki az olyan üzemzavar lehetősége, amikor több berendezés egyidejű meghibásodása miatt kerülnek ki radioaktív anyagok a környezetbe és emiatt veszélyes sugár-



2. ábra: Zónahűtő rendszer hibafája üzemzavar esetére

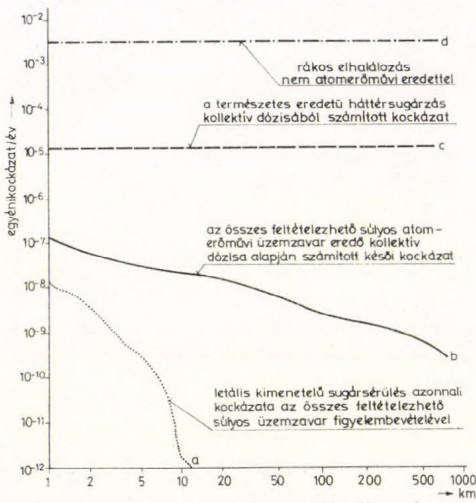
zási szint alakul ki. Szerencsére ilyen nagyon súlyos üzemzavarra nincsenek tapasztalatok, ezért a kockázatot a folyamatokat szimuláló valószínűség-számítási módszerekkel határozzák meg. E kockázatbecsléseknél a részfolyamatok tekintetében természetesen messzemenően támaszkodnak a kutatásból és az üzemi gyakorlatból nyerhető tárgyi ismeretekre. A módszereket eredetileg a haditechnika számára fejlesztették ki, majd fokozatosan más területekre is átültették, az űrkutatás, a légiforgalom és az utóbbi időben a veszélyes ipari technológiák területére is. Hibafák segítségével határozzák meg a kedvezőtlen események valószínűségét az egyes berendezésekre vagy alrendszerekre (2. ábra). Ezek logikai kapcsolatokkal követik, hogy a komponensek meghibásodásának vagy hiányának valószínűsége hogyan befolyásolja a hibafa csúcsán szereplő esemény – pl. a védelmi működés elmaradásának valószínűségét. E számítások nemcsak a műszaki meghibásodásokat veszik figyelembe,

hanem a lehetséges üzemi állapotokat, sőt az emberi tévedés lehetőségét is. A hibafák szolgáltatják az eseményfák egyes elemeinek valószínűségét. Az eseményfa csúcsán egy, a biztonságot érintő kezdeti esemény – pl. csőtörés – szerepel (3. ábra). Az üzemzavar továbbfejlődésének kimenetét befolyásoló beavatkozásokat, védelmi működéseket, további meghibásodásokat követi az



3. ábra: Eseményfa kis csőtörésre

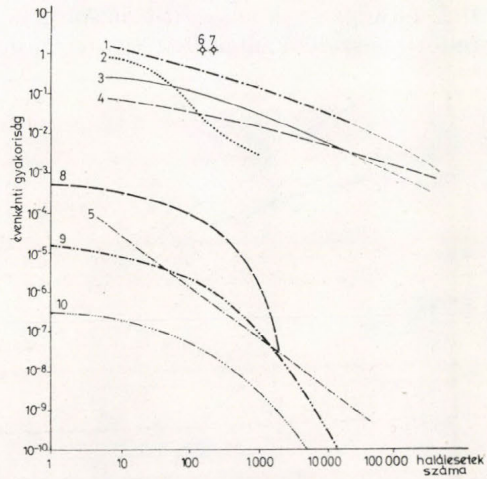
eseményfa a végső kimenetelig. Így meghatározható, hogy a kezdeti esemény milyen körülmények között és mekkora valószínűséggel vezethet például zónaolvasásra. További rendkívül munkaigényes elemzésekkel az is számszerűsíthető, hogy a különféle okokból mekkora valószínűséggel, milyen időbeli lefolyással mennyi aktivitás kerülhet ki a környezetbe. A számítások szerint a környezetet súlyosan veszélyeztető üzemzavar geológiai korszakok alatt egyszer (1 – 10 millió év) fordulhat elő egy atomerőműnél, ezt kell egybevetni a létesítmény néhány évtizedes élettartamával. A topológiai, meteorológiai és egyéb



4. ábra: Az atomerőmű 1 GW teljesítményére vetített egyéni kockázat az erőműtől mért távolság függvényében azonnali és késői elhalálásra

paraméterek számításba vételével modellezhetők a transzportfolyamatok a légkörben, az élővizekben és a táplálékláncban, meghatározhatók az embereket érő dózisok, valamint az egészségügyi következmények.

A kockázatbecslések az egészségkárosodásra kétféle, azonnali és késői hatást különböztetnek meg. Az azonnali hatást a nagy sugárdózisok okozzák,



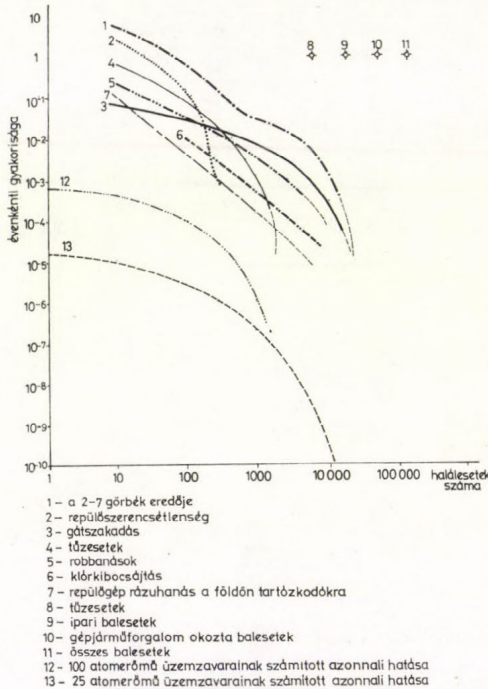
- 1 - a 2-5 görbék összege
- 2 - tornádók
- 3 - hurrikánok
- 4 - földrengések
- 5 - meteorok
- 6 - villámcsapások
- 7 - szélviharok
- 8 - 100 atomerőmű üzemzavarainak számított azonnali hatása (USA)
- 9 - 25 atomerőmű üzemzavarainak számított azonnali hatása (NSZK)
- 10 - 1 GW-ra extrapólitált értékek

5. ábra: Természeti jelenségek okozta kockázatok

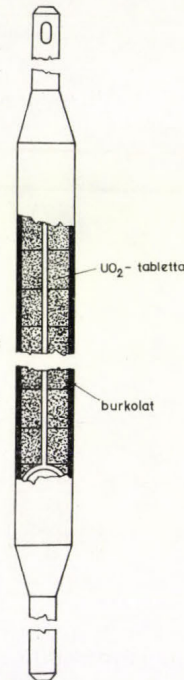
ezek néhány száz mSv felett sugársérülést okoznak, és néhány Sv felett nő a halálos kimenetel valószínűsége. A tapasztalatok szerint a kis dózisoknak nincs akut következménye. A késői hatásoknál a karcinogén és genetikus következményeket veszik számításba. Vitatott, hogy egészen kis dózisoknál jogos-e ilyen következmények feltételezése, ami például a háttérsugárzás nagy különbségeinél sem tapasztalható. A mértékadó szervezetek azonban azt a nézetet fogadták el, hogy amíg ennek ellenkezője nem bizonyítható, addig bármilyen kis többletdózist is kedvezőtlen kihatásúnak kell feltételezni. Ennek alapján a lakosság egyes egyedeire számított többletdózisok összegével – amit kollektív dózisnak neveznek – arányosnak tételezik fel a károsodások valószínűségét. Ez rendkívül szigorú feltételezés, hiszen bármilyen kicsik is a dózisok, egy nagyszámú populáció, például egy ország lakosságának a figyelembevételénél összegük már nem kicsi. A kollektív dózis számításánál további szigorítás, hogy azt több évtizedre kiterjesztve kell figyelembe venni, tekintettel a sugárzó anyagok élettartamára.

Az ismertetett módszerrel az atomenergetika néhány vezető országában meghatározták az országos programokra a halálos kimenetű károsodás kockázatát. A számítások eredményét példázza a 4. ábra, melynek függőleges tengelyén logaritmikus léptékben az egyéni kockázat, vízszintes tengelyén pedig az erőtől mért távolság szerepel. A legfelső egyenes a rosszindulatú daga-

natok eredő mortalitása, az alatta lévő a háttérsugárzásból számítható kollektív dózis kockázata, – valószínűtlen azonban ennek tényleges veszélye, hiszen majdnem bizonyos, hogy a háttérsugárzáshoz az emberiség akklimatizálódott. A következő görbe az atomerőművi üzemzavar késői hatását, míg a legalsó az azonnali hatását szemlélteti. Érzékelhető például, hogy a sok nagyságrendes különbség miatt az atomerőmű nem okoz szignifikáns különbséget a rákos megbetegedés egyéni kockázatában. Az 5. és 6. ábra az atomerőművek által előidézett kockázatot hasonlítja össze egyrészt különféle természetes eredetű veszélyek, másrészt egyéb emberi tevékenységek veszélyességével. Fi-



6. ábra: Emberi tevékenység okozta kockázat



7. ábra: Fűtőelem

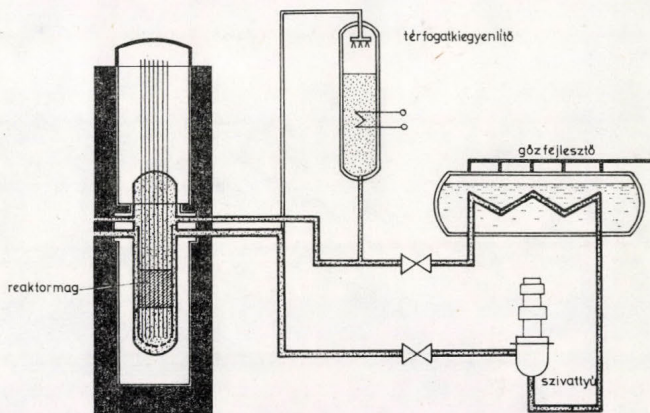
gyelembé véve a logaritmikus léptéket nyilvánvaló, hogy a nukleáris technika a legkevésbé veszélyes technikák közé tartozik.

Rá kell mutatni, hogy az említett kockázatbecsléseket rendkívül nagy óvatosság és mindig a legkedvezőtlenebb körülmények figyelembevétele jellemzi. A felgyülemelő tapasztalatok azt támasztják alá, hogy következtetéseik túlzottan pesszimiztikusak. Így például mind a laboratóriumi, mind a félüzemi kísérletek arra utalnak, hogy még a containment sérülés esetén sem kerül ki a feltételezett mennyiségben radioaktív anyag a környezetbe, mert azok különféle fizikai és kémiai hatások (kémiai reakciók, agglomeráció, adszorpció, oldódás stb.) következtében a transzportfolyamat során a technológiai rendszeren belül maradnak. Így például a legveszélyesebbnek tartott jóból 2–3 nagyságrenddel kevesebb kerülhet ki a környezetbe a számított értéknél. Terjedő gyakorlat az egyes erőművek egyedi kockázatának becslése is, gyakran csak a magolvasásig végezve el a számításokat, mivel a biztonságot ennek valószínűsége is karakterisztikusan jellemzi. Ezt céloztuk meg a

Paksi Atomerőműre is az OKKFT keretében folyó kutatással, mert egyrészt eddig a folyamatok technikailag jól uralhatók, másrészt egy ilyen vizsgálat az üzemvitelhez is sok segítséget nyújthat.

A védekezés módja

Vázlatosan érintem, hogyan védekezünk a környezet szennyeződése ellen. Ez a szempont már a telephely megválasztásánál is alapvető, de a tervezés, a kivitelezés és az üzemeltetés teljes folyamatában elsőrendű követelmény. A

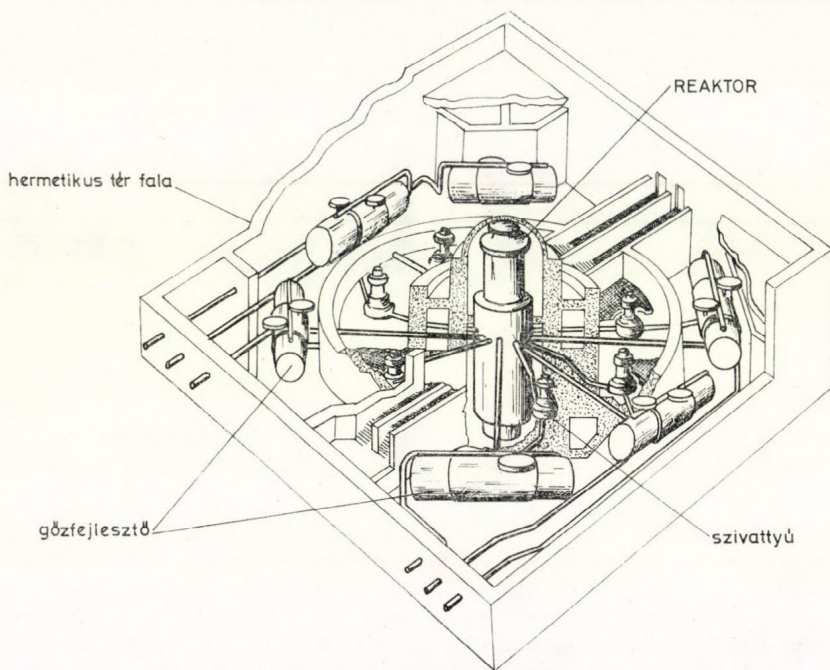


8. ábra: Primerkör

beruházásoknak mintegy a fele a biztonságot szolgálja, és e biztonsági filozófia sikerét a gyakorlat teljeskörűen alátámasztja. Tulajdonképp a hírhedt *Three Mile Island*-i üzemzavar is igazolta a biztonsági rendszer megbízhatóságát, hiszen e rendkívül súlyos üzemzavar következtében sem kapott senki károsodást okozó dózist, sem az üzemeltető személyzetből, sem a környezetben élő lakosságból.

Működési elvükben és térbeli elhelyezésükben redundánsan kialakított védelmek és automatikák gondoskodnak a veszélyes állapotok kialakulásának elkerüléséről. Ezek már csírájában megfogják a kedvezőtlen eseményeket, szükség esetén automatikusan leállítják a láncreakciót, és biztosítják a reaktorban fejlődő maradék hő elvezetését. Ha valamilyen okból a reaktor elveszti hűtőközegét, akkor különböző szükség-hűtőrendszerek veszik át e funkciót. A számítások szerint ezek a rendszerek a magolvadás valószínűségét 10^{-4} – 10^{-5} l/évre csökkentik. Ha a megolvadás mégis bekövetkezne, egymást körülölelő fizikai védőgátak sorozata akadályozza meg, hogy az aktivitás a környezetbe kerüljön. Az első ilyen gát tulajdonképp a hasadó anyag oxidkerámiai szerkezete. Ez a struktúra fizikai és kémiai hatásoknak ellenáll, és abból csak az aktív inventár kis hányadát kitevő gáznemű, illó és oldódó komponensek léphetnek ki. Ezek továbbterjedését a fűtőelem (7. ábra) magas hőmérsékletnek, nagy nyomásnak, kémiai reakcióknak és a nukleáris sugárzásoknak nagyon ellenálló cirkónium ötvözetből készített burkolata akadályozza meg. A tapasztalatok szerint ezeknek csak nagyon kis hányada sérül meg, és az említett *Three Mile Island*-i reaktornál megejtett első szemrevételezések is ezt támasztják alá. A sérült fűtőelemekből az aktív anyagok a hűtővízbe – vagy

ha forrás is bekövetkezett -- a környező gőztérbe kerülhetnek. E közegeket a primerkör (8. ábra) lokalizálja, melynek elemeit (reaktortartály, csővezetékek, szivattyú, gőzfejlesztő) rozsdamentes kivitelben rendkívül nagy mechanikai szilárdsággal és hermetikusan alakítják ki. A primerkör tervezése, gyártása, szerelése szélsőségesen szigorú műszaki követelmények és sokoldalú ellenőrzés mellett történik. Ha mindezek ellenére valamilyen sérülés következtében az aktív anyagokat tartalmazó hűtőközeg abból kikerül, a containment

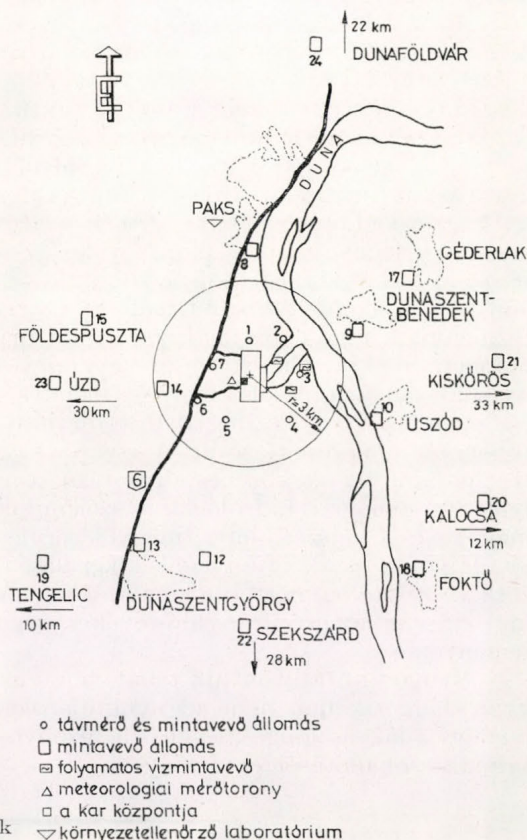


9. ábra: Hermetikus helyiségrendszer

akadályozza meg a továbbterjedést. Pakson ezt a funkciót egy, a primerkört körülölelő hermetikus helyiségrendszer (9. ábra) tölti be, mely kívül-belül rozsdamentes acélburkolattal ellátott, 1,5 m vastag sugárzáselnyelő vasbeton réteg. Ehhez csatlakozik a lokalizációs torony, melynek az a funkciója, hogy ha nagy mennyiségű gőz kerül ki a rendszerből, azt összegyűjtse, és az ott elhelyezett kondenzátorok segítségével cseppfolyósítsa. A Villamosenergiaipari Kutató Intézet feladata volt annak kimérése, hogy e 48 000 m³-nyi rendszer mennyire hermetikus, és mérései szerint a tervezettnél jóval kedvezőbbek a viszonyok. Ahhoz, hogy a reaktormagból kiszabaduló aktív anyagok a környezetbe kerüljenek, egyidejűleg valamennyi védőgátnak súlyosan meg kell sérülnie, aminek rendkívül kicsi a valószínűsége. De még akkor sincs kétségbeesés ok, ha e rendkívül kis valószínűségű esemény bekövetkezik, mert az emisszióval járó üzemzavarok nem pillanatszerűen következnek be, teljes kifejlődésük sok órát, esetleg 1–2 napot vesz igénybe, így van idő preventív intézkedések megtételére. Ilyen lehetőségek a közvetlen környezet kiürítése, az emberek épületen belüli tartózkodása addig a néhány óráig, amíg a kikerült aktivitás nem hígul eléggé fel a környezetben, jódtabletták bevétele az inhalált jó

felhalmozódásának megakadályozására a pajzsmirigyben, az érintett területen a táplálék fokozott ellenőrzése stb.

A sugárzási viszonyok ellenőrzésére Paks körzetében kiterjedt mérőhálózat (10. ábra) létesült. Ez egyrészt folyamatosan méri az aktivitás szintjét, másrészt évente sok ezer minta vizsgálatával ellenőrzi a talaj, az élővilág, a tápláléklánc aktivitását. Az ilyen környezetellenőrzés az atomerőművek körül általános gyakorlat, a tapasztalatok szerint az atomerőművek hatása a háttér-



10. ábra: A mintavevő és a mérőállomások a Paksi Atomerőmű környezetében

sugárzás ingadozásainak mértékén belül van. Ennek ismerete sem haszontalan, mert a mérések így megnyugtatóan bennünket a létesítmény veszélytelenségéről. Nagyon impresszívok voltak az első Novovoronyezs-i blokk környezetében végzett mérések, melyek az erőmű üzembe helyezését követően évekig a sugárzási szint folyamatos csökkenését mutatták. Az erőmű hatásánál ugyanis sokkal nagyobb volt a légkör szennyezettségének a csökkenése a légköri atomrobbantások akkoriban elfogadott betiltása után.

A hulladékok sorsa

Sok vita tárgya az atomerőművi hulladékok kérdése is. Az atomerőműben keletkező sugárzó anyagok 99%-a a kiégett fűtőelemekben van. Ezeket biztonságos és ellenőrzött körülmények között egy ideig az erőmű területén

kialakított tárolókban pihentetik, mialatt az aktivitás és a hőfejlődés mértéke több nagyságrenddel csökken. Ezt követően az államközi megegyezés értelmében mi a kiégett fűtőelemeket visszaszállítjuk a Szovjetunióba, így ezek végleges elhelyezése nem hazai feladat. Megjegyzem, hogy véleményem szerint a kiégett fűtőelemek sorsának nem a végleges eltemetés a jó megoldása, hanem a hosszú élettartamú alkotók visszavezetése a szaporító reaktorok segítségével az energiatermelésbe, és így a probléma redukálható a rövidebb élettartamú hasadási termékek tárolásának könnyebben megoldható feladatára.

Hazai feladat viszont a kis- és közepes aktivitású hulladékok elhelyezése. A hűtőközegből, valamint a szellőztető rendszerből kivont radioaktív anyagok, a karbantartás során kisserelt felaktiválódott alkatrészecskék, tömítések, az erősen beszennyeződött munkaeszközök és tisztításra nem érdemes munkaruhák tartoznak ezek közé. E hulladékokat megszilárdított formában kell a környezetre veszélytelen módon tárolni. A folyékony hulladékoknál mi a cementbe ágyazási technológiát választottuk. A figyelembe veendő sugárzó anyagok aktivitása legfeljebb néhány száz év alatt veszélytelen mértékre csökken, ezt az időt a legnagyobb – mintegy 30 év körüli – félférték idővel jellemzett stroncium és cézium izotópok jelölik ki. E tárolási technikában Magyarországon tulajdonképp több évtizedes gyakorlatunk van, hiszen mintegy 300 intézményünk régóta használ izotópokat orvosi anyagvizsgálati és egyéb technológiai célokra. Ennek során ugyanúgy képződnek aktív hulladékok és elhasznált sugárforrások, melyek temetését problémamentesen megoldottuk, elsősorban a Püspökszilágyiban több mint egy évtizede működő izotóp temetőben. A felmérések szerint Magyarországon sok helyen biztonságosan elhelyezhetők a kis- és közepes aktivitású atomerőművi hulladékok. Ezeken a helyeken a geológiai, hidrológiai és szeizmikus körülmények olyanok, hogy a csomagolás és a műszaki létesítmények sérülése esetén is a talaj struktúrája megakadályozza az aktív anyagok kikerülését a környezetbe, mielőtt azok sugárzása veszélytelen mértékre nem csökken. A végleges telephely kijelölése folyamatban van, az erre irányuló tevékenységet az MTA alkalmi bizottsága is véleményezte.

Nyugodtan állíthatjuk tehát, hogy az atomerőművek megjelenése a magyar energetikában nem ad nyugtalanosságra okot, ez a technika nem veszélyezteti a lakosság egészségét, sőt bizonyos vonatkozásokban a környezeti ártalmak csökkentését eredményezi.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5–6. szám. 1984. szeptember–december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5–6. Sept–Dec. 1984. Budapest

A szénbázisú erőművek környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei

ZETTNER TAMÁS, *Magyar Villamos Művek Tröszt, H-1011 Budapest, Vám u. 5–6.*

Environmental effects of coal-fired power plants and possibilities for their reduction. In the future development of the power industry an important role will be given to the utilization of the fossil fuels. During the conventional technologies of firing a lot of materials harmful to the environment are produced as dust, SO_x, NO_x and others. Some operational problems are also caused by these materials. The SO₃ content in the flue gases can increase the dew point according to the excess air ratio so a higher rate of corrosion would be experienced. Consequently the detailed investigations on the polluting materials and to elaborate the technologies of cleaning and utilization are required. As a good example we can refer to the field of the dust pollution in Hungary where the work of up-to-date cleaning systems are carried out together with the emission control using a triboelectric device developed for this purpose and the qualification of the collected materials regarding to their possible utilization (measurements for dispersity, morphology, puzzolan-activity and radioactivity) and the introduction of the new methods of utilization, e.g. selection of cenospheres. The water management and water quality control are considered as important factors in the environmental problems of the power stations. Taken into consideration the real needs for water in the different power station technologies it is required to be careful about the decreasing of the waste water quality by development of the water make-up methods and utilization of the water saving technologies. Besides of the individual methods for environment protection there is a final aim to utilize the energy conversion technologies promoting the use economically justified of the fossil fuels and minimalizing the pollution of environment. The state of development regarding these technologies (e.g. gasification of coal, decomposition of water, synthesis of organic matter, processes for decomposition of fuels, CO firing gas turbine) are available together with the advantages and problems of the new firing methods (e.g. fluidbed combustion) in the form of experimental data around the world. In the present trends the combined processes are judged to be likely.



A szénbázisú erőművek környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei. Az energiaipar fejlődésében továbbra is kiemelkedő szerep jut a fossziliák felhasználásának. A klasszikus tüzelési technológiák esetében nagy mennyiségben keletkeznek környezetszennyező anyagok: por, SO_x, NO_x és egyébek. E szennyezők keletkezése gyakran üzemeltetési problémákat is okoz. A füstgáz SO₃-tartalma pl. a légfesleges függvényében jelentősen megemelheti a savharmatpontot, és ezáltal növeli a korróziót. Előbbiek miatt nélkülözhetetlenné válik a szennyezőanyagok komplex vizsgálati, leválasztási és hasznosítási technológiáinak kidolgozása. Jó példa erre Magyarországon a porszennyezés területe, ahol a korszerű leválasztó rendszerek üzemeltetésével párhuzamosan folyik az emisszió-ellenőrzés az erre a célra kifejlesztett triboelektromos műszerrel, a leválasztott anyag felhasználás szempontjából történő minősítése (diszperzitás-, morfológiai, puzzolan-aktivitás- és radioaktivitás-vizsgálatok), és a hasznosítás mind újabb módszereinek – pl. a cenzoszfér-kinyerésnek – a bevezetése. Az erőművi környezetvédelem jelentős tényezője a vízgazdálkodás és -minőségvédelem. A különböző erőművi technológiák objektív vizigényeit figyelembevéve nagy gondot kell fordítani a hulladékvíz-mennyiség csökkentésére a vízkezelési módszerek tökéletesítésével és víztakarékos technológiák alkalmazásával. Az egyedi környezetvédelmi módszerek mellett végső soron a fossziliák gazdaságos felhasználását elősegítő, a környezetet

minimális mértékben szennyező energiaátalakító technikák alkalmazása a cél. Ilyen technikák (szénelgázosítás, vízbontás, szervesanyag-szintézis, tüzelőanyag-bontási eljárások, CO-tüzelésű gázturbina) kidolgozásáról, újszerű tüzelési módszerek (pl. a fluidágyas tüzelés) előnyeiről és problémáiról világszerte sok kísérleti adat áll rendelkezésre. A jelenlegi irányzatok a kombinált eljárások elterjedését valószínűsítik.

✱

A Magyar Villamos Művek Tröszt (a továbbiakban MVMT) a hazai szénbányászat legnagyobb fogyasztója. A szénbányászat az MVMT erőművek számára 1983-ban 17,95 millió tonna szenet szállított, ami a hazai széntermelés 70%-a. Hazai energiaforrásainkat figyelembe véve terveink, széntüzelésű- és atom-erőmű építését irányozzák elő. Tehát a szénnek a környezetet nem szennyező és jó hatásfokkal történő eltüzelését szolgáló technológiák, az ezekhez szükséges berendezések megvalósítása, továbbá a meglévő, működő széntüzelésű erőművek dinamikus szintentartása, korszerűsítése adottságaink figyelembevételével az útja annak, hogy az egyre szigorodó energiagazdálkodási és környezetvédelmi követelményeket kielégítsük. Atomerőműveknél a felsoroltakhoz követelményként járul még a maximális nukleáris biztonság. A következőkben a szénerőművek környezetet szennyező forrásait és az ezek megszüntetésének lehetőségeit vizsgálom.

Erőművekből kibocsátott szennyezők

Az erőművek kéményei szilárd és gáznemű szennyező anyagokat bocsátanak ki a légkörbe (emisszió), amelyek szétterjedés után környezetszennyezést okoznak a föld felszínén (immisszió).

Az immisszió csökkentésére két lehetőség van:

- emisszió csökkentés,
- a szétterjedési viszonyok javítása, kéménymagasság növelése.

A kettő között minőségi különbség van, mert az emisszió csökkentése ténylegesen csökkenti a kéményből kikerülő szennyező anyagok mennyiségét, így az immissziót (aktív védelem), míg a kéménymagasság növelése azonos emisszió mellett a szennyező anyagok szétterjedése révén csökkenti az immissziót (passzív védelem). Közös vonásuk, hogy alkalmazásuk többlet beruházási költséget kíván.

A szilárdanyag emisszió porleválasztók alkalmazásával csökkenthető. A korszerű berendezéseknél mindig alkalmaznak porleválasztót, amely a környezetet a durvább poroktól megóvjva, így a kibocsátott por csak a 30 μ -nál kisebb átmérőjű szemcséket tartalmazza. Ezek szabadesése elhanyagolható és az ilyen ipari aeroszolok úgy viselkednek, mint a gázok, szétterjedésük azokkal azonos törvényszerűségeket követik.

A szennyező gázok közül az SO_2 emisszió csökkentésére – kéntelenítésre – több eljárás ismeretes, míg a többinél a füstgázból való kivonásuk technikai feltételei nincsenek meg. A terjedőben levő fluid-réteges tüzelésnél mészkő vagy dolomit adagolásával a kénemisszió lényegesen csökkenthető és – az alacsonyabb ághőmérséklet miatt – az NO_2 képződés is kisebb mértékű mint a hagyományos tüzelőberendezéseknél.

Emissziót befolyásoló tényezők széntüzelésnél. A tüzelőberendezések kéményein emittált szilárd és gázalakú szennyező anyagok mennyiségét alapvetően az alábbiak befolyásolják:

- a felhasznált szén mennyisége és minősége,
- a széntüzelő berendezés rendszere, az eltüzelés módja.

Szilárdanyag emissziót a füstgázokkal távozó korom és szállópernye okoz. A széntüzelésnek nem sajátja a koromképződés, de teljesen kizárni nem lehet. A füstgázok szállópernye tartalmát a szén minősége (hamutartalma), valamint a tüzelés rendszere határozzák meg. A tüzelés rendszerétől függően a füstgázok szállópernye tartalma, durva közelítéssel a szén hamutartalmának százalékában:

szénportüzelés: 75–80%; rostélytüzelés 10–20%.

A szilárd égéstermékek fennmaradó hányada salak alakjában távozik a tüztér alján, illetve az egész hamumennyiség egy kisebb hányada (5–12%), mint pernye, a kazánhuzamok fordulókamráinál válik ki.

Az erőművi széntüzelésű kazánberendezések után mindig alkalmaznak pernyeleválasztókat. Nálunk döntően ciklont, multiciklont, elektrofiltert építenek és az utóbbi időben textilszűrőkkel kísérleteznek. Ezek nemcsak működési elv tekintetében térnek el egymástól, hanem leválasztási hatásfokban, beruházási és üzemeltetési költségben is.

A távozó füstgáz összetételét egyrészt az eltüzelte szén minősége (kémiai összetétele), másrészt az eltüzelés módja határozza meg. A füstgáz szokásos összetétele a következő:

Összetevők	H ₂ O	CO ₂	CO	O ₂	SO ₂	SO ₃	NO _x	NO ₂ + egyéb
Térfogat, %	2–20	9–16	0–0,1	0,5–8,9	0–0,4	0–0,04	0–0,01	79–84

A füstgáz alkotó gázkomponensek közül az érdeklődés középpontjában, mint szennyező gáz, a kén-oxidok és a nitrogén-oxidok állnak.

Kén-oxidok. Szenet légszennyezéssel elégetve annak kéntartalmából (szabad-, pirit, szerves-kén stb.) elsősorban kén-dioxid keletkezik és távozik a füstgázzal a szabadba. Keletkezik ezen kívül kén-trioxid is, nagyobb részben a primer SO₂-ből, kisebb részben a szulfátkén termikus bomlásából. *H. Stratman* adatai szerint az SO₂ emissziót azonban nemcsak a szén minősége, hanem a tüzelés módja is befolyásolja. Így pl. feketekőszén salakolvasztó tüzelésénél a kéntartalom közel 100%-a, míg barnakőszén porszéntüzelésénél 56–80%-a került a füstgázba. Ennek magyarázata egyrészt az, hogy a szilárd tüzelőanyagok kéntartalma eredetileg különböző kötési formákban van jelen és ezeknek csak egy része vezet SO₂ ill. SO₃ képződéshez, másrészt a képződött kén-oxidok jelentős része lekötődhet a képződött salakban, illetve szállópernyében.

Különböző hamusajátságú (savas, bázikus) és kéntartalmú szeneket felhasználó hőerőművekben vizsgálatokat végeztünk (Gagarin-, Ajkai-, Oroszlányi-, Pécsi Hőerőmű) a kén-dioxid emisszió meghatározására. A vizsgálatok során a következő lényegesebb megállapítás tehető:

– A kén-dioxid emisszió nagyobb, mint amennyi a tüzelőanyag ún. éghető kéntartalmából következne. Ez arra enged következtetni, hogy a tüzelés során nemcsak az éghető kéntartalomnak megfelelő kénmennyiség távozik el a szilárd fázisból, hanem más formában, vegyületben kötött mennyiség jelentős része is átkerül gázfázisba.

– Az emisszió és a légfesleges közötti kapcsolatra általánosítható megállapítást nem lehet tenni, bár a Gagarin és Ajkai Hőerőmű esetében úgy tűnt, hogy a növekvő légfeslegességgel növekszik a kén lekötése a hamualkotókban.

– A kénlekötési folyamatot lényegesen befolyásolja a felhasznált tüzelőanyag hamujának vegyi összetétele. Biztos, hogy a kén megkötésére képes CaO és MgO (az egyéb alkotók lényegtelen hatását elhanyagolva) részaránya a hamuban fontos szerepet játszik. Ösztönösen felmerül a kérdés, hogy vajon az elméleti kénlekötési tulajdonságokat figyelembe véve adott szén hamuja hányszorosát képes lekötni ugyanazon szén összes kéntartalmának.

A füstgázokban lévő kén-oxidok (SO₂ és SO₃) arányának kialakulásában több tényező játszik szerepet közvetve vagy közvetlenül. A folyamatok még nem kellően tisztázottak. A kéntrioxid szerepe elsősorban a tüzelőberendezések korróziója szempontjából jelentős. Mennyiségének ismerete azonban a kénmérés felállításánál is szükséges.

Nitrogén-oxidok. A nitrogén és oxigén többféle oxidot képezhet egymással. A nitrogén-monoxid képződhet a két elem egyesüléséből, de képződhet más nitrogén vegyületek redukciójából is. A nitrogén egyes oxidációs formái könnyen és gyorsan alakulhatnak át egymásba. Így a nitrogén-monoxid (NO) és nitrogén-oxid (NO₂) nitrogén-trioxiddá (NO₃) alakul. Ez azonban már nem gáz, hanem folyadék, amely vízzel salétromsavat (HNO₃) képez.

A „londoni szmog” keletkezésénél a kén-dioxid és a korom játszották a fő szerepet. A „los-angelesi szmog” képződését a nitrogén-oxidok, ózon és különféle szerves oxidációs vegyületek segítették elő.

A különféle nitrogén-oxigén vegyületek keletkezése, valamint bomlás nagymértékben függ a hőmérséklettől. A széntüzelő berendezésekben főleg NO és kisebb részben NO₂ képződik. Ez utóbbi a mérgezőbb. Viszont az NO az atmoszférában napsugárzás hatására NO₂-vé oxidálódhat. A nitrogén-oxidok képződése nemcsak a hőmérséklettel, hanem a szén nitrogén tartalmával is növekvő tendenciát mutat.

A tüztéri hőmérséklet csökkentésére a levegő késleltetett hozzávezetését alkalmazzák, kétfokozatú tüzelést, amelynél a nitrogéntartalom és az illó távozása a szénből oxigén-szegény atmoszférában történik. A tüztér hőmérséklet csökkentésének határt szab az éghető veszteségek növekedése, illetve a tüzelési határfok romlása. Ez a hatás szénportüzeléseknél magasabb hőmérsékletszinten jelenik meg, mint fluid-réteges tüzelésnél.

Az NO_x emisszió csökkentésére is alakultak ki füstgázkezelő eljárások (katalitikus és abszorpciós). Fejlesztésük az egész világon nagy érdeklődés mellett folyik.

A felsorolt, környezetet károsító füstgázkomponenseken túlmenően léteznek még egyebek is, pl. a gáznemű fluorvegyületek (fluorhidrogén, szilíciumtetrafluorid), de ezeknél még csak az emittált mennyiség meghatározására irányuló mérés-technika fejlesztése folyik.

Lehetőségek a hőerőművek kén-dioxid kibocsátásának csökkentésére. Az MVMT erőművekben az utóbbi években üzembe helyezett jó hatásfokú (99,2–99,6%) elektrofilterek alkalmazásával a porszennyezés jelentősen csökkent. A kén-dioxid kibocsátás a tüzelőanyag vagy a füstgáz kéntartalmának csökkentésével befolyásolható. A fűtőolaj, mint tüzelőanyag esetében az előbbi módszer a gazdaságosabb megoldás, a széntüzelésnél azonban csak az utóbbi jöhet számításba.

A füstgázokat kéntelenítő berendezések ma még jelentősen növelik a hő-

erőművek beruházási költségeit. Így például az USA környezetvédelmi előírása 1979-től előírja a szén-erőműveknél a kéntelenítő létesítését, ez 15–25 %-kal növelte a beruházási költségeket, amely 45–65 \$/kW értékkel fajlagos beruházási költségtöbbletet okozott (1978-as árszinten számítva). Érdemes megjegyezni, hogy 1978-ban a szénerőművek beruházása USA-ban kéntelenítő berendezésekkel 450 \$/kW, míg az atomerőművéké 260 \$/kW volt.

A fluidágyas tüzelés, amely mészködadalék és hosszú tartózkodási idő révén valószínűleg nagyobb kéntöltődést valósít meg a hamuban, a szükséges teljesítménynagyságban ma még nem áll rendelkezésre. A fluidágyas tüzelés jelentőségére külön szeretném a figyelmet felhívni.

A vizsgált MVMT erőművekben (Pécs, Gagarin, Oroszlány, Ajka stb.) az eltüzelt szén fajlagos kéntartalma 1,43 g/1000 kJ-tól (Gagarin) 3,94 g/1000 kJ-ig (Oroszlány) változott. Az egyes erőműveknél eltüzelt szén 1000 kJ-ra vonatkoztatott kéntartalmát és a hamutartalmának alsó-felső határát az I. táblázatban foglaltuk össze. Az éghető kén eredetének megállapításához néhány mintából teljes kénmegoszlási vizsgálat készült.

I. TÁBLÁZAT

Az eltüzelt szén fűtőértéke, 1000 kJ-ra vonatkoztatott kén- és hamutartalmának alsó és felső határa, erőművenként

Erőmű	Fűtőérték kJ/kg	Fajlagos S-tartalom g/1000 kJ	Hamutart. %
Pécs	9638 – 11 865	2,09 – 2,49	49,1 – 58,7
Gagarin	5627 – 7 515	1,07 – 1,98	20,1 – 31,2
Oroszlány	9186 – 11 053	3,51 – 4,13	41,0 – 44,2
Ajka	11 292 – 12 121	0,93 – 1,57	27,1 – 29,1

Az összes kéntartalomnak mintegy 60–70%-a éghető kén. Az éghető kén az organikus kén elégetéséből és részben a pirit és szulfid kénből származik. A mérési eredményekből megállapítható, hogy a kénlekötés szempontjából az ajkai szenek a legkedvezőbbek. Viszonylag kedvező a helyzet az inotai, oroszlányi szenek esetében is, szemben pl. a pécsi szenekre jellemző minimális kénlekötéssel. Az emittált SO₂ mennyisége döntő mértékben a fajlagos összes kéntartalomtól és a hamu összetételétől függ. Eddigi tapasztalataink szerint por-széntüzelés esetén bázikus salakképző szeneknél a tüzelőanyaggal bevitt éghető kén 73%-a volt mérhető füstgázban SO₂ formában, míg savas salakképző szeneknél 97%. Gáztüzelés esetén az SO₂ koncentrációja e kimutathatósági határ alatt van.

Az MVMT erőművekben eltüzelt olaj (pakura, gudron) fűtőértékre vonatkoztatott fajlagos kéntartalma 0,67–0,96 g S_p/1000 kJ között változik. A kéntartalomnak kb. 2–3%-a távozik SO₃, míg a többi SO₂ formában. A pakurában, gudronban található aránylag nagyobb mennyiségű kénvegyület (2,8–3,7% S) és vanádiumtartalom (150–350 mg V₂O₅/kg tüzelőanyag) különösen csúcstüzelésben és részterhelésen a kazánok fémcsőveinek füstgázoldali korrózióját és a fűtőfelületek elhamusodását idézik elő, ami csökkenti élettartamukat, a hatásokukat. Mindezen körülmények figyelembevételével úgy látjuk, hogy a vanádium és kén okozta korrózió és lerakódás elleni védelemre vonatkozó feladat összekapcsolható az erős korom emisszió elleni védelemmel szerves fém olajadalék családok (Bycosin, Amergy 5200, 5400 stb.) adagolá-

sával. A kén kibocsátás veszélyessége a levegőfelesleg visszaszorításával és a tüztéri hőmérséklet csökkentésével kedvezően befolyásolható.

Távlatilag feltétlenül megoldást kell keresni a környezet kénszennyezésének csökkentésére, szénerőműveknél. Nemcsak a korrózió megelőzéséhez, azaz az SO_3 tartalom semlegesítéséhez szükséges mennyiségben kellene ammóniát adagolni a füstgázba, hanem olyan arányban, hogy az SO_2 emisszió is csökkenjen. A kéménymagasság növelésével az emittált kénmennyiség nem változik, a füstgáz-mosás pedig felszíni vízszennyezéssé változtatja a levegőszennyezést. A mészkő adagolás valóságos kénmegkötést eredményez a szükséges mészkő mennyiség biztosítása és az adagolásból származó salak, illetve pernyetöbbség elhelyezése gyakorlatilag jól megoldható.

A fűtőfelületek (tápvízleomelegítő, levegő-előmelegítő) jelentős hányada a harmatpont, ill. savharmatpont alatti, vagy körüli hőmérsékleten van. Ez a kazánok füstgázoldali fémcsöveinek erőteljes korrózióját, és a fűtőfelületeken lerakódását idézi elő, ami csökkenti élettartamukat, hatásfokukat és jelentős anyagi kárt okoz. A fűtőfelületek két tisztítás közti időszakban a füstgáz hő-

II. TÁBLÁZAT

Erőművi pernye- és salaklerakodó tereken alkalmazott környezetvédelmi módszerek összehasonlítása

Amódszer neve	Környezetvédelmi szempontból alkalmas	Alkalmazhatósága	Kivitelezési költségek 1983. évi ár	Alkalmazási javaslat
Humuszolás (lignitfelhordás)	Teljes rekultivációra	Csak vízszintes felületen	55 – 60 Ft/m ² , ha a humuszt nem vásárolják	Mezőgazdasági termelő hasznosítás esetén
Szennyvíziszap elterítés	Teljes rekultivációra	Csak vízszintes felületen	Kivitelezési költség még nem ismeretes	Mezőgazdasági termelő hasznosítás esetén
Gyepetglázás	Biológiai védelem	Rézsűn és vízszintes felületen	70 Ft/m ²	Gyors eredményt adó biológiai védelemre, csak kis felületekre, hiánypótlásra
Hydrosa Verdyol eljárás	Biológiai védelem	Rézsűn és vízszintes felületen	16 – 20 Ft/m ²	Teljes biológiai védelemre
Solacrol-eljárás	Biológiai védelem	Rézsűn és vízszintes felületen	23 – 26 Ft/m ²	Rézsűvédelemre
Derózion	Biológiai védelem	Rézsűn és vízszintes felületen	54 Ft/m ² , szállítási költségek nélkül	Árkok, hiánypótlások, kis felületek füvesítésére
FÜTEX	Biológiai	Rézsűn és vízszintes felületen	33 – 40 Ft/m ²	Árkok, hiánypótlások, kis felületek füvesítésére

mérséklete jelentősen megnő, kb. 20 °C füstgázhőmérséklet növekedés már 1% kazán hatásfokromlást eredményez.

Az MVMT azt a nézetet képviseli, hogy az alacsony hőmérsékleten bekövetkező korrózió (kénsavkorrózió) elsősorban technikai eszközökkel (tüzelésvezetés, égő, égőtér kialakítás stb.) oldható meg. A savharmatpont-növekedés elleni egyik leghatásosabb védekezés a légfesleges tényező csökkentése, amivel ugyanakkora savharmatpont csökkenés érhető el, mint adalékanyagok alkalmazásával. Irodalmi adatok szerint pl. 1,1 légfeslegestényező esetén a savharmatpont 2% kéntartalomnál 131 °C, 1%-nál 143 °C és 4%-nál 152 °C. Ugyan-ezen értékek 1,05 légfeslegestényező esetén 108 °C, 122 °C és 132 °C.

Az olajadalékok alkalmazása a pakurába – goudronba – keverve egyik lehetséges módja a füstgázoldali kazánkorrózió és a levegőszennyezés csökkentésének. Ahol alkalmazása következtében lehetőség van a tüzelési légfeslegestényező és a tüzelési veszteségek számottevő csökkentésére, valamint a hőátadást is rontó lerakódás (kormosodás) megakadályozására, az adalékanyagok gazdaságossága nem vitatható.

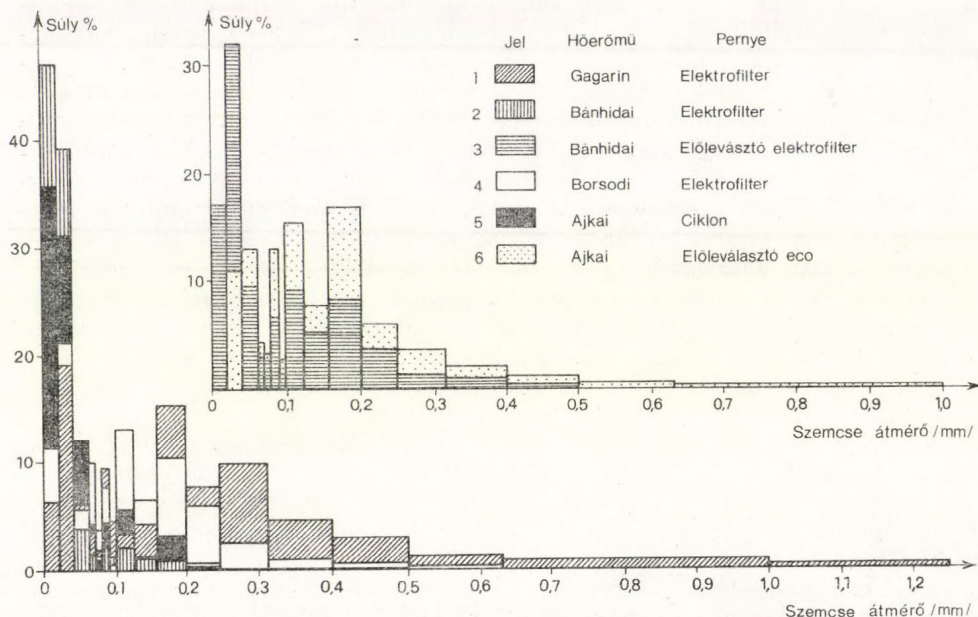
A szén elégetése során az erőmű kéményeken kiáramló mikroszkópikus méretű szilárd szemcsék a meteorológiai viszonyoktól és a kéménymagasságtól függően igen nagy távolságra szétszóródhatnak. A szűrőberendezésekben és a tűztérben visszamaradó pernye ill. salak az erőművek környezetében halmozódik fel. Kézenfekvő, hogy a keletkező pernyét, salakot máshol (építőipar, útépités stb.) alapanyagként hasznosítsák. Ez a szén gazdaságosabb felhasználását elősegítő lépés, amely a melléktermékek erőművi tárolási gondjait is enyhíti.

Az MVMT erőművekben évente kb. 6 millió tonna salak és pernye keletkezik. Ebből jelenleg mindössze 0,6 millió tonnát hasznosítanak. A pernye döntő többségét mesterséges, földből, pernyeföldkeverékből épített, gáttal határolt területeken (pernyehányókon) helyezik el. A pernyehányók porzása erőteljesen szennyezi a környezetet, így valamilyen módon történő lefedésükről gondoskodni kell. Az eddig általánosan elterjedt porzásgátlás a vízzel való öntözés volt. Ez azonban csak a vízszintes felületeken alkalmazható. A kialakított gátak porzásvédelmére más megoldás szükséges. A befejezett hányókon azonban már a rendszeres öntözésre sincs lehetőség, így a vízszintes felületek biológiai védelmét, majd teljes rekultivációját meg kell oldani.

Az MVMT erőműveiben a II. táblázatban bemutatott biológiai védelmi módszereket alkalmazzák. A fajlagos költségeket az 1983. évi árszinttel számítottuk.

Folyamatos füstgáz pernyetartalom-emisszió-mérés a széntüzelésű kazánok füstcsatornáiban. Az egyre szigorúbb környezetvédelmi előírások betartása miatt rendkívül fontos, hogy az erőművek kazánjaiból kibocsájtott pernye mennyiségét – emisszió – folyamatosan mérjék, regisztrálják, a normán felüli értékeket pedig jelezzék. Több MVMT erőműben erre a célra kifejlesztett tribometrikus mérőrendszert alkalmaznak. A rendszerek évek óta jó eredménnyel, kifogástalanul üzemelnek. A tribometrikus rendszerrel a kazánok után a pernyeleválasztás hatásfokát állandóan ellenőrizni tudják, a zavaró jelenségeket pedig azonnal észlelik. Az állandó ellenőrzéssel és regisztrálással, valamint hiba esetén az azonnali beavatkozással elérték, hogy az erőművekből a pernyekibocsájtás lényegesen csökkent. A tribometer műszer a tribometrikus jelenség alapján működik. A füstcsatornában megfelelő helyen elhelyezett mérőhálón a füstgázban lévő szilárd szemcsék ütköznek. Az ütközés során

mért triboelektromos áram és a mérőhálónak ütköző anyagmennyiség között 0–50 g/Nm³ pernyetartalom között lineáris összefüggés van. A nyert triboelektromos áramot felerősítik, és a központi műszerszobában elhelyezett analóg kijelző műszeren megjelenítik. A műszer a portartalomnak megfelelően van kalibrálva. A kijelző műszerhez regisztráló egység és határérték-kijelző is



1. ábra: A különböző pernyék diszperzitása néhány hazai erőműnél

csatlakozik. Az üzemeltetés során végzett ellenőrző porkoncentráció-mérések azt mutatták, hogy a műszer által jelzett értékek megegyeznek az ellenőrző mérések eredményeivel.

Erőművi pernyék hasznosításával kapcsolatos vizsgálatok. A hőerőművi pernyének, mint minden diszpergált anyagnak legjellegzetesebb tulajdonsága a szemcseösszetétele, amely az eredeti elegyásvány tulajdonságain túl, elsősorban a szemcsék keletkezési módjától függ.

A pernyének, mint adalékanyagának az építőiparban történő hasznosításával, a cement szilárdságára, kötésejére és egyéb építéstechnikai tulajdonságaira gyakorolt hatásaival a szakirodalom kiterjedten foglalkozik. Eszerint a beton szilárdsági optimumát a legkisebb hézagtartalom, azaz a cement, homok, kavics keverékének olyan szemszerkezete adja, amely mellett a beton a legtömörebb. A szemcseösszetétel ismerete alapján a legkedvezőbb, s egyben a leggazdaságosabb szemszerkezet kialakítására adódik lehetőség, mivel nemcsak a folyamatosan vegyes szemszerkezetű anyagokkal lehet jó betont elérni, hanem hiányos szemszerkezetű anyagokkal is. Az erőművi pernyék diszperzitás vizsgálatát a szobajöhető 1,25 és 0,02 mm szemcsemérettartományban végeztettük el. A szemcseanalízis vizsgálatokat légsugaras szita alkalmazásával és Andreasen-féle ülepitési módszerrel végeztük. A frakciók megoszlását a szemcseátmérő és súly % diagramban ábrázoltuk (1. ábra). A vizsgálatok

szerint a 0,04 mm szemcseméret frakció alatti értékektől eltekintve az 1, 4 és 6-os számú minták homogén szemszerkezetet, a 2, 3, 5 számú pernyék pedig inhomogenitást mutatnak. A 2, 3, 5 számú pernyeminták túlnyomóan finom, 0,04 mm alatt szemcsefrakciót tartalmaznak. A legdurvább diszperzitást a Gagarin salakpernye mutatja, ami feltehetőleg a visontai xilités lignit rozszabb kiörlésével függ össze.

Az eröművi pernyék morfológiai és diszperzitás vizsgálatára a Leitz mikroszkópos eljárásnak egy továbbfejlesztett formáját és a fénymikroszkópos (projekciós) és elektronmikroszkópos vizsgálatot alkalmaztuk. A pernyeminták ásványos (morfológiai) összetételének értékelése alapján azt találtuk, hogy a 20 μm alatti szemcsefrakciók a kazánok tűzterében olvadt, üveges héjat kapnak. Ennélfogva az egyes szemcsék általában gömbszimmetrikusak, tömör gömb vagy üreges héjszerkezetűek, jól kiégettek. Az 50 μm feletti pernyeszemcsék között ugyanakkor már csak néhány megolvadt szemcse van és több a kompakt szenes anyag. A szingazdagság a hamukomponensek sokféle oxidjainak jelenlétét igazolja. A pernyés cementben a tiszta cementhez viszonyítva több a gélfázis, de kevesebb a kalcium-hidroxid és valamivel több a karbonát-fázis.

A pernye puzzolán-aktivitásának növelése érdekében elsősorban az üveges burok elroncsolására van szükség. Az energiaigényes őrlés helyett a szemcsék koptatására dolgoznak ki jelenleg technológiát. Eszerint a körfolyamat rendszerű cementmalmokba a pernyét a már részben megőrölt klinkerhez adagolják és utána csak rövid ideig kell együtt őrlölni. Az új Beremendi Cementgyár őrlőüzemét már ennek figyelembevételével tervezték és építették meg. A 10% pernyetartalmú cementtermékük tulajdonságai a 350-es tiszta portlandcementével gyakorlatilag azonosak. A pernyét a Pécsi Hőerőmű szolgáltatja. A pernyehányad növelése érdekében tovább folynak a kutatások a pernyés cementek előállításához szükséges optimális klinkerösszetétel meghatározására és az őrlési technológia további finomítására.

Erőművekben keletkezett pernye hasznosításának újabb lehetőségei. A VI-ötéves terv energiagazdálkodási programtervezete több vonatkozásban is utal az eröművi pernyének, mint másodlagos nyersanyagának népgazdasági szintű energiamegtakarítási vonzataira. Eröművi pernyéket nagyobb mennyiségben felhasználók: a Borsodi Erőmű mellett létesített gázbetongyár (1982-ben 189 000 t), a Gagarin Erőműből a Bélapátfalvi Cementgyárba szállított pernye, amely 1982-ben 89 000 t volt, a Beremendi Cementgyár 1982-ben 90 000 tonnát szállított el a Pécsi Hőerőműtől. A KPM és az ÉVM energiagazdálkodási programja alapján kb. 400–500 ezer tonna pernyefelhasználási növekmény prognosztizálható.

Gázbetongyár építését kezdték meg Visontán, a Gagarin Hőerőmű szomszédságában a Könnyű Beton és Szigetelőanyagipari Vállalat (KŐSZIG) beruházásaként. A gyár az elektrosztatikus pernyeleválasztó pernyéjének középső és finom frakcióját dolgozza fel, évente kb. 350 e tonnát. Az Európában használatos legkorszerűbb technológiát egy NSZK-beli cég szállítja. A gázbetongyár a Gagarin Hőerőmű pernyehulladék elhelyezési gondjait enyhíti. A gázbeton alapanyaga eröművi pernye, kötőanyaga pedig őrlött égetett mész és gipszkő. A 2 milliárd Ft-os költséggel épülő Visontai gyár a program szerint 1985-ben készül el. Ez lesz Magyarországon a második ilyen pernyehasznosításra épült üzem. Teljesítménye kétszerese lesz az elsőként létrehozott kazincbarcikai gyárénak, amely a Borsodi Hőerőmű pernyéjét dolgozza fel, s évente 560 ezer tonna gázbeton kibocsátására készül.

Az Ajkai Erőmű rekonstrukciója kapcsán a különböző útépítési technológiákhoz önmagában kötőképes, de nem térfogatállandó ajkai pernye duzzadásmegoldásának megoldásával kb. évi 100 ezer tonna, 200–250-es cementtel egyenértékű ajkai pernye hasznosul.

A Tiszai Erőmű körzetében lehetőség van 600–800 ezer tonna pernye vízügyi gátakba történő beépítésére.

A pernye mennyiségi felhasználása mellett egyre fontosabb a pernye különféle speciális frakcióinak hasznosítása, mivel ezek a frakciók értékes anyagokat képesek helyettesíteni és számos esetben nyugati importanyagokat tudnak kiváltani.

Az egyik legértékesebb pernyefrakció az ún. cenoszfer. A Pécsi Hőerőműnél a pernye finom frakciója (90 μm alatti szemcseméret) kinyerésének megoldása a legfontosabb feladat. Elkészült a létesítendő finom pernye kinyerő berendezés technológiai terve. A legfinomabb szemcseméretű pernyét az utolsó, harmadik filterfokozat tároló hombárjaiból hasznosítjuk: Ez a hasznosítási szint megköveteli a pernye-minősítés, a pernye, a salak ellenőrzésének és a minősítési vizsgálati módszereknek a kidolgozását ill. ezzel kapcsolatban az erőművek, — mint eladók — jogi kötelezettség vállalási mértékének meghatározásához szükséges műszaki paraméterek rögzítését.

Puzzolán-aktivitási mérések. Az MVMT következő három erőművébe került telepítésre AKTIMET típusú puzzolán-aktivitás mérő műszer: Tatabányai HV., Pécsi HV., és Gagarin HV. Az említett erőművek vegyszeti osztályai a pernyeaktivitás értékeket a szemcseátmérő függvényében adják meg. Az adatok az Energiagazdálkodási Intézet (EGI)-ben számítógépen kerülnek feldolgozásra. Ezzel az erőművi pernyéknek egy folyamatos és rendszeres minősítése történik meg.

Széntüzelésű erőművekből származó szállópernye természetes radioaktivitásának vizsgálata. A földkéregben átlagban tonnánként 4 g urán van. Ugyanakkor egyes anyagokban, mint pl. némelyik magyar szénben (Mecsek, Ajka, Padrag) az átlagos koncentrációt 10–20-szorosan meghaladó mértékben is előfordul urán. A pernyében — a 400 °C-on szublimáló 210 Po kivételével — tovább koncentrálódik a szén természetes radioaktivitása. Így mindenképp széleskörűen vizsgálni kell a pernyék természetes radioaktivitását, továbbá azt, hogy egy adott pernyéből készített építőanyag mennyi radioaktív anyagot tartalmaz, és az ilyen építőanyagból készített építmény a felhasználó ember számára mekkora sugárterhelést jelent.

A vizsgálatok során alkalmazott módszer a pernyék gamma-sugárzásának a mérésén alapszik, és az eddigi tapasztalatok alapján alkalmasnak mutatkozott arra, hogy a különböző helyről származó pernyéket radioaktivitásuk mértéke szerint relatív mérőszámokkal jellemezze. (Minősítse.) E vizsgálatok szerint az ajkai, pécsi pernyeminták bizonyultak a legaktívabbaknak. A pernyék gamma aktivitása a természetes anyagokban előforduló urán és tórium radioaktív bomlási sorának tagjaitól, valamint a káliumból ered. A kálium 40-es tömegszámú izotópja elsődlegesen béta-bomló, az urán és tórium bomlási sorában viszont nagyszámú alfa-sugárzó izotóp is keletkezik. A nagy áthatoló képességű gamma-sugárzás jelenléte a pernyék felhasználása során elsősorban külső sugárterhelést jelent. A lakosság sugárterhelésének jelentős része belső sugárterhelésből származik, amelyet az épületek falából a lakóterbe kijutó radon bomlástermékeinek nagy ionizáló képességű alfa-sugárzása okoz.

Már a vizsgálatok első időszakában kiderült, hogy egyes dunántúli szénbányákból származó szenek pernyéjének ^{226}Ra koncentrációja többszörösen felülmúlja az általában használt építőanyagokét. A nagyobb radiumtartalmú pernyék építőipari felhasználása tehát a radon-koncentráció jelentősebb megnövekedését idézheti elő, ezért ennek rendszeres ellenőrzése szükségesnek látszik. A pernyék gamma- és alfa-aktivitása nem feltétlenül van egyértelmű korrelációban. A szén elégetése folyamán ugyanis a radioaktív bomlási egyensúly megváltozhat, és a pernyében, salakban egyes radioizotópok szelektíve feldúsulhatnak. Ugyanakkor döntően változhat a radon-kibocsátó képesség is a szemcsék méretétől és egyéb fizikai-kémiai tulajdonságaitól függően. A három magyarországi erőműből (Ajka, Pécs, Visonta) származó pernye-, salak- és hamumintákra kapott vizsgálati eredmények alapján az alábbi főbb megállapítások tehetők:

- A pernyék, salakok általában tízszer aktívabbak, mint a szenek. A pernyében, salakban – a 400 fokon szublimáló polónium 210-es tömegszámú izotópja kivételével – tovább koncentrálódik a szén természetes radioaktivitása.
- A radon (^{222}Rn) emissziójára figyelmet kell fordítani, mert a környezeti rizikófaktor megítélésében domináns elem.
- A pernyékben a radioaktivitás a kisebb méretű szemcsékben koncentrálódik.
- Nem találtunk szoros korrelációt a pernye-, salak- és hamuminták valódi és effektív rádiumtartalma között.
- A minták specifikus alfa-aktivitásának (vagy gammasugárzásának méréséből) meghatározható a valódi rádiumtartalom. Ez azonban egymagában nem elegendő az építőipari hasznosítás célját szolgáló radiológiai minősítéshez.
- A gamma-mérési eljárás mellett az alfa-részecskéket regisztráló szilárdtest nyomdetektorokat alkalmazva, a pernye radioaktivitásának minősítése tartalmában, módszerében és megbízhatóságában is korszerűsíthetőnek látszik. Erre jól alkalmazhatók az *Atomkiban* rendelkezésre álló műanyag nyomdetektorok. Ezek fényre, béta- és gammasugárzásra érzéketlenek, s így velük a környezeti alfa radioaktivitás gyakorlatilag zavarmentesen észlelhető.
- A hasznosításra szánt erőművi pernye, salak radiológiai minősítéséhez egy komplett vizsgálati eljárást dolgoztunk ki. Ennek során a különböző lelőhelyekről származó reprezentatív minták statisztikus összehasonlító vizsgálata révén olyan gyakorlati összefüggéseket nyerhetünk, amelyek ismeretében a pernyék, salakok informatív radiológiai minősítése a ténylegesen fellépő radonkoncentráció ellenőrzése alapján elvégezhető.

Vízgazdálkodás

Az erőművi technológia fontos része a vízgazdálkodás és a technológiai folyamatokhoz szükséges minőségű víz biztosítása. A környezetvédelmi követelmények fokozódása következtében mind a létesítmények, illetve berendezéseik tervezésénél, mind azok üzemeltetésénél a vízkezelés fejlesztésének fő irányát a víztakarékos és hulladékszegény technológiák kidolgozása jelenti a következő időszakban. A vonatkozó vízminőségvédelmi rendelkezések alapján Magyarországon minden beruházás esetében egyedi mérlegelést kell végezni. Egyes esetekben a szennyező anyagok mennyiségét, paramétereit és hőmér-

sékletét korlátozzák, más esetekben a kibocsátás helyére és időpontjára írnak elő korlátokat. Az ipari frissvíz mennyiségnek körülbelül 65%-át a hőerőművek igénylik. Ez az arány várható a következő években is. A kondenzációs villamosenergia termelés folyamatában használt víz mennyiségének mintegy 97–85%-át teszi ki a hűtővíz és csak kb. 3–15%-át a kazán pótvíz, illetőleg a salak- és pernyeszállítás célját szolgáló víz.

Hőerőműveknél és atomerőműveknél jelenleg a kondenzációs hő elvezetésére alapvetően háromféle hűtési rendszert alkalmaznak:

- frissvíz hűtést (illetve tó hűtést),
- nedves hűtőtornyos hűtést,
- léghűtést.

Egy korszerűbb kondenzációs hőerőmű frissvíz, hűtővíz igénye általában 120 m³/MWh termelt elektromos energia (MW_eh). Fűtőerőműnél ez az érték 80 m³/termelt MWh, hűtőtornyos üzennél pedig 1,5–3 m³/termelt MW_eh.

A levegőhűtésű (légkondenzációs) erőműveknél a hűtővíz igény a rendszer egyszeri feltöltésén kívül a továbbiakban gyakorlatilag nulla. Atomerőművek, a korszerű hőerőművekhez képest mintegy 1,7-szeresen nagyobb mennyiségű friss hűtővízzel, kb. 200 m³/MW_eh-val üzemelnek, ezért a vízgazdálkodás, vízkémia kérdéseit a hűtés módja szerint szétválasztva kell vizsgálni. Atomerőművek vízminőségi-, vízgazdálkodási normái részben szigorúbbak, részben – az atomerőművi konstrukcióból adódóan – a hőerőművek normáitól eltérnek. A gazdaságilag legkedvezőbb frissvíz hűtés a közelmúltig általában megvalósítható volt. Az erőművek beépített teljesítményének rohamos növekedésével azonban a frissvíz hűtés lehetősége egyre korlátozottabb. A hűtővíz növekvő mennyiségének biztosításával kapcsolatos nehézségek hozták létre a levegőhűtésű kondenzációs berendezéseket, amely az erőmű telepítéseket nagy mértékben függetleníti a víznyerő helyektől.

A hidraulikus pernyeszállító víz mennyisége jelentősen változik attól függően, hogy a pernyeszállítás nyitott, vagy zárt, recirkulációs rendszerben történik, és attól függően is, hogy milyen a pernye kémiai és szemcseösszetétele. A tipikus érték itt 40–150 m³/nap/MW. A zárt, recirkulációs, hidraulikus pernyerendszernél (pl. Hidromix) a szállítóvíznek mintegy 0–20%-át, míg a nyitott rendszereknél 80–100%-át bocsátják ki a környezetbe.

Hőerőművekből felszíni vizekbe történő megengedhető kibocsátások (hazai előírások), a területtől függően:

- a megengedhető legnagyobb sótartalom 1000–2000 mg/l,
- pH intervallum 5–10,
- fémszennyezés „0”
- a víz Ca, Mg és K-tartalmával szemben egyensúlyt tartó Na mennyisége egyenérték %-ban alatta maradjon a 45%-nak (szikesedés elkerülése érdekében),
- a víz hőmérséklete maximum 30 °C lehet,
- radioaktivitás maximum 0,05 mSv/év lehet.

A fentiekben vázolt követelmények teljesítése nem gazdaságossági kérdés, hanem környezetvédelmi követelmény.

Atomerőműből megengedhető kibocsátások:

- alfa-sugárzó radioaktív szennyezés a Dunába nem kerülhet,
- egy naptári év alatt a Dunába vezetett vizek szárazmaradékából összes-béta meghatározással mérhető radioaktivitás összes mennyisége a 3,7

GBq, illetve 0,2 GBq/nap értéket nem haladhatja meg. A radioaktivitás-

- a radioaktivitás kibocsátási koncentrációja maximum 100 Bq/l lehet. (MVMT „házi előírása szerint” maximum 30 Bq/l lehet),
- legfeljebb 0,5 órán keresztül – üzemzavar esetén – maximum 1000 Bq/l radioaktív kibocsátási koncentráció engedhető meg,
- egy naptári év alatt maximum 7,5 TBq trícium-radioaktivitás bocsátható a Dunába.

Erőművi hulladékvizek csökkentésének lehetőségei:

- a teljesáramú kondenzvíz-kezelés, a vegyszeradagolás nélküli, alacsony sótartalmú, semleges üzemmód,
- atomerőművek primerkörében a sótalan primerköri víz semlegessége, az illó lugosítók radiolízise és aktiválódásra való hajlamából adódóan,
- hűtési rendszerek hulladékhőjének hasznosítása mezőgazdasági célokra,
- az erőművi hulladékhő hasznosítása pótvíz előkészítésben (pl. az erőműbe visszatérő ipari kondenzátumok felhasználása a mézreaktorokban melegítésre, vagy a leeresztett kazánlúgnak hőszolgáltató távfűtési forróvíz rendszerekben pótvízként való alkalmazása),
- frissvíz hűtésű erőművek hulladékhőjének hasznosítása halgazdaságban (pl. Dunamenti Hőerőmű).

A villamosenergiaipar területéről az ioncserés víztisztítás, a leeresztett kazánlúg és a kazánok vegyszeres kémiai tisztítása során a technológiától függően savas vagy lúgos vegyszerek és egyéb hulladékok nagy mennyiségben kerülnek a befogadó környezetbe. Feladatunk itt a vegyszeres kezeléseket követően keletkező hulladékok csökkentése vegyszertakarékos regenerálási technológiával (ellenáram, a feleslegben alkalmazott elfolyó vegyszerek ismételt felhasználása stb.) A szennyvízkezelő berendezés korszerűsítése erőművekben elválaszthatatlanul összekapcsolódik a pótvízkezeléssel, a kazánok belső vízkezelésével. A kondenzátum és a páravesztések csökkentésének hatékony módja: a víz elszennyeződésének megakadályozása a technológiai ciklusban és a tisztított víz újra felhasználása.

Vízta- karékos technológiák alkalmazása. Az erőművekből az élővizekbe vezetett nagy mennyiségű hűtővíz tekintélyes hőterhelést jelent, bizonyos határon túl pedig hőszennyeződést okozhat. Hazánkban három folyóvízre telepített frissvízhűtésű erőmű üzemel, a Dunamenti Hőerőmű, a Tiszai Erőmű, a Paksi Atomerőmű.

A legjelentősebb hőterhelés és a legnagyobb hőszennyezés veszélye a Duna legmagasabb nyári víz hőmérsékleténél és az őszi legkisebb vízhozamú állapottánál van. (A Duna vízhozama 600 m³/s-tól 8000 m³/s-ig változik.) Követelmény, hogy a hűtővíz elkeveredése után a Duna víz hőmérséklete nem emelkedhet 28 °C fölé. (A hőlépcső nem haladhatja meg a 3–4 °C-t.) Ilyen mértékű hőszennyeződés mellett a Duna-víz kémiai paramétereiben még nincsenek a hőterhelés hatásával indokolható szignifikáns változások. A Duna bakteriológiai viszonyai sem romlanak. A legfontosabb változás a víz oxigén-tartalmában mutatkozik. A víz hőmérséklet emelkedésével az összes toxikus anyag toxicitása erőteljesen növekszik.

A Duna biológiai viszonyai következtében a Paksi Atomerőmű vízellátó rendszerében és a hűtési rendszerében a kagylók és mohaállatok olyan nagy tömegben szaporodtak el, hogy szükséges a vízellátó és hűtési rendszerek teljes

kémiai tisztítása, és az elsődlegesen leülepedett iszap, mohaállatok és a felületeken rögzült kagylók eltávolítása.

Szenek gazdaságos felhasználását és a környezetet minimális mértékben szennyező energia átalakító rendszerek. A környezetszennyezés csökkentésére világszerte új energiaátalakító rendszerek kifejlesztésén dolgoznak, figyelembe véve az energiaigények további növekedését. Az International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) felmérést végzett az 1 főre becsült energiafogyasztásra. Megállapította pl., hogy 2030-ban a primer energiaigény a jelenlegi igényekhez képest megháromszorozódik. A becsült energiaigény százalékos megoszlását a következő táblázat mutatja:

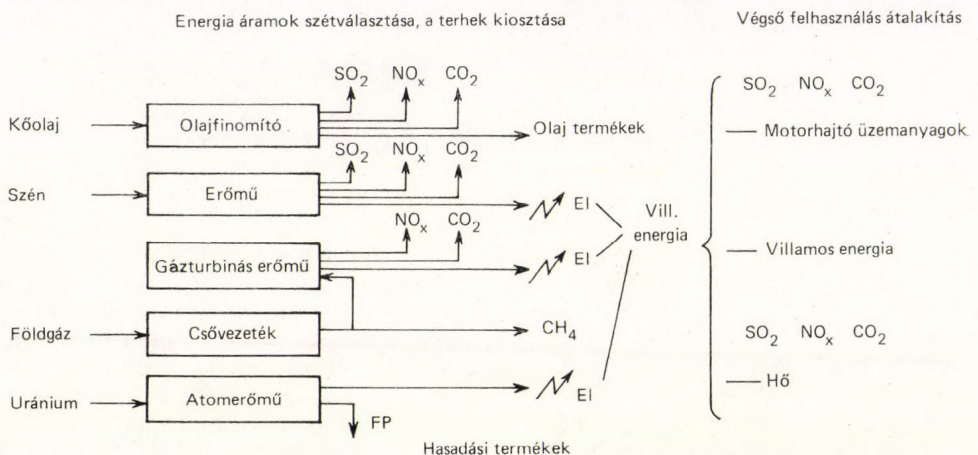
Energiafajta	Olaj	Gáz	Szén *	Hasadó anyag	Egyéb **
Igény, %	20	25	20	25	10

* – tartalmaz olyan szilárd tüzelőanyagot is, mint pl. kátrány-homok és olaj-pala

** – tartalmazza a napenergiát és egyéb megújuló energiaforrásokat.

A fosszilis tüzelőanyagok felhasználása tehát változatlan környezetvédelmi problémát okoz az emitált szennyezők miatt. A problémát a CO_2 , továbbá az SO_2 és az NO_x kibocsátás jelenti a környezetet szennyező hulladékvíz kibocsátás mellett.

Világszerte az emisszió ellenőrzése a környezetvédelem fókuszában van. Az IIASA vizsgálata megállapítja, hogy 10 – 20 év áll még rendelkezésre a környezetszennyezést okozók hatásainak kikutatására, mert ezután a környezetkárosítás olyan mértékű lesz, hogy hatásos beavatkozások szükségesek. A vizsgálat azt is megállapítja, hogy kb. 50 év múlva a jelenlegi szennyezők kibocsátását figyelembe véve, az éghajlati viszonyok a földünkön a CO_2 -szint emelkedése miatt potenciálisan változni fognak. Tehát létfontosságú a környezet-



2. ábra: A jelenlegi energiarendszer

szennyezést megakadályozó új technológiák kialakítása, amelyek a CO₂-emisszió csökkentése mellett az SO₂- és NO_x-emissziót is hatékonyan redukálják.

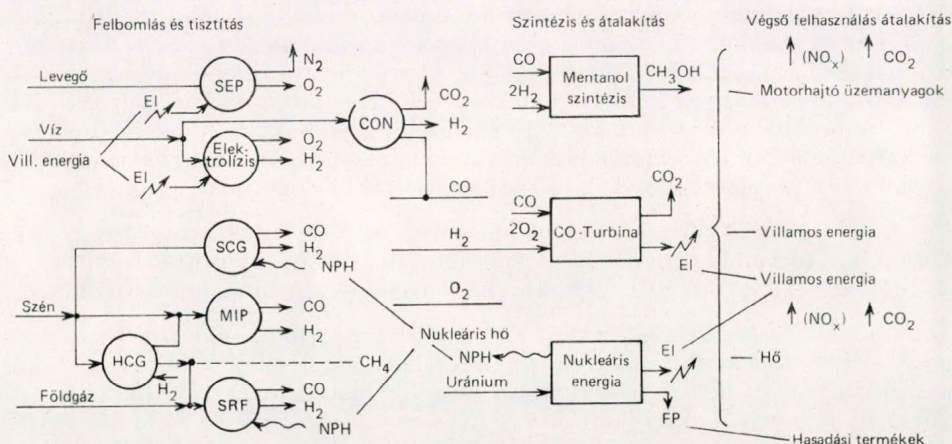
A mai ipari energiafelhasználásunkat az jellemzi, hogy a földgáz kivételével minden más primer energiahordozót (kőolaj, szén, uránium) át kell alakítani, azért, hogy szállítani, elosztani és végső soron felhasználni lehessen. A földgáz csővezetéken szállítható és közvetlenül a fogyasztó felhasználhatja, illetve gázturbinákban eltűzelve villamosenergiává alakítható át.

A környezetszennyező anyagok kikerülésének megakadályozásával világszerte nagy erőkoncentrációval foglalkoznak. Az eljárások alapvető jellemzője a fosszilis energiahordozók komponensekre bontása (2. ábra) és tisztítása, mielőtt eltűzelésükre sor kerülne. Ez a rendszer a Novel Horizontally Integrated Energy System (NHIES), amelyet Kernforschungsanlage Jülich (KFA) dolgozott ki; ennek sémáját a 3. ábra tartalmazza.

A primer energia-hordozók, mint például a szén, az olaj, többszörös energia átalakulási folyamaton keresztül kerülnek a fogyasztóhoz és közben a környezetet SO₂-, NO_x-, CO₂-kibocsátás terheli. A cél az, hogy olyan folyamatokat alkalmazzanak, mely folyamatok végeredményeként a környezetszennyezés minimális legyen.

A séma szerint például, a szenek különböző technikai eljárásokkal előbb CO-ra és H₂-re bonthatók. Ezek szintézissel methanollá (CH₃OH) alakíthatók át, de villamosenergia fejlesztésre is felhasználhatók! Tehát az eljárás lényege, hogy a tiszta közbensek termékek (CO, H₂, O₂) szintézisen és konverzióon keresztül jó hatásfokkal a környezetet nem szennyező energiaelőállításra legyenek alkalmasak. A levegő esetén pl. a nitrogénnek oxigéntől történő elválasztásával indul a folyamat, hogy a mai nyitott égési folyamatokkal együttjáró NO_x-emissziót – amely kb. 2/3-a az össz-NO_x-kibocsátásnak – elkerüljük. Ez az eljárás ma ismert, azonban a gyakorlati alkalmazás szélesebb körű elterjedésének feltétele a nagyobb hatásfok és a megvalósítás alacsonyabb költsége.

A víz hidrolízise ismert, azonban a vízbontáshoz jelentős a villamosenergia igény, amely a mai technikai szinten még alacsony hatásfokú és rendkívül magas beruházási költségeket támaszt. A KFA-Jülich kutatásai szerint a ma-



3. ábra : Újszerű, horizontálisan egybekapcsolt energiarendszer

gas hőmérsékletű hőkörfolyamat fenntartása például nukleáris energia felhasználásával a megoldás.

Számos technológia ismert ma már a szén és egyéb tüzelőanyagok bontására. Jó példa arra a szén elgázosítása (Steam Coal Gazification, SCG), amely magas hőmérsékletű körfolyamatot igényel. Essenben a Bergbau Forschungs GmbH 1976 óta kísérleti berendezést üzemeltet (kb. 2 MW teljesítmény). Általánosságban a Molten Iron Process (MIP) használható a szilárd tüzelőanyagok bontására. A magas hőmérsékletű hőkörfolyamat (kb. 1400 °C) a szénkristályokat roncsolja és H_2 –CO gázkeverék keletkezik. A salakban a tüztéri termékek (kén, egyéb szennyezők stb.) könnyen eltávolíthatók. Előnye a rendszernek, a gáz alacsony kén-tartalma, amely középértékben 5 ppm. Előnye az MIP eljárásnak továbbá, hogy a CO keletkezése során a szilárd tüzelőanyag részleges oxidációja hőt termel. Jelenleg az MIP rendszerből két kísérleti állomás üzemel; az egyik atmoszférikus nyomással (Klöckner, Duisburg) a másik berendezés 30 bar nyomással (Humboldt Dt-Deutz, Köln). Az oxigén mellett a hidrogént is fel lehet használni szilárd tüzelőanyagok bontására. A Rheinische Braunkohlenwerke AG, Köln fejleszti a hidrogén szén gázosítót (HCG.) Ez a rendszer része a nukleáris hő ilyen célra történő felhasználására kialakított rendszernek. A kísérleti állomás 320 kg/h száraz lignit bontására alkalmas és 1976–1982 között végzett kísérletek eredményeként 10 t/h száraz lignit bontására alkalmas berendezés épül, amely ez évben várhatóan üzembe kerül.

Egyéb eljárások is ismeretesek, ilyen pl. a Texaco Process, amely kőszenet alakít át metanollá.

Figyelemre méltó folyamat a földgáz bontását elősegítő Steam Reforming (SRF). Ez különösen azon földgázok esetében érdekes, melyek relatívan sok hidrogént tartalmaznak. Ez a folyamat is magas hőmérsékletű hőkörfolyammal kapcsolható, amely a CO_2 kibocsátást a jelenleg alkalmazott technológiákhoz képest 1/3–1/4-re csökkenti. A KFA Jülich létrehozott egy 10 MW teljesítményű kísérleti rendszert, mely 1981 óta üzemel és bizonyítja a Steam Reforming rendszer alkalmasságát nyersgázok bontására. A szén elgázosítás és a földgázbontás igen magas, 900 °C, vagy nagyobb hőmérsékleteket igényel. Ilyen magas hőmérséklet ún. magas hőmérsékletű reaktorokkal (High Temperature Reactor, HTR) biztosítható, amely hűtőközegként héliumot használ. Az elmúlt 5 évben a hélium hűtésű, keramikus anyagból készült aktív zóna, amelyben az üzemanyag elemek 6 cm átmérőjű gömbök, hatékonyan üzemelt 950 °C és annál magasabb hőmérsékleten. A probléma az ilyen magas hőmérsékletű héliumra alkalmas hőcserélő építése. Kifejlesztették az Inconel 716 ötvözetet. A próbák 25 000 óra alatt jó eredményeket hoztak és az eredmények alapján 75 000 órára extrapolálhatták ezen ötvözet alkalmazhatóságát. Az eredmények alapján 50 MW hőteljesítményű HTR reaktort építenek.

A rendszer a közbenső szakaszban megjelenő CO-gáz hasznosítását villamosenergia-termelés céljából előtérbe helyezi. A Massachusetts Institute of Technology (MIT) dolgozik CO-gázt hasznosító gázturbina fejlesztésén.

Új tüzeléstechnikai módszerek a szén hatékonyabb felhasználására. Világszerte nagy erővel fejlesztik azokat a rendszereket, amelyek a széntüzelés során kén-dioxidban és nitrogén-oxidokban szegény füstgáz-emissziót biztosítanak. Két ilyen fejlesztési vonal bontakozik ki: a szénelgázosítás és a fluidágyas tüzelés. A szénelgázosítással különböző gázfajták széles skálája előállítható. Külföldön a kutatások középpontjában a mesterséges földgáz-gyártás (SMG) áll,

azonban ezen gáztípus ipari méretekben történő alkalmazása gazdaságilag a szénhidrogénekkel ma még nem versenyképes. Másik vonal a levegős elgázósítással létrehozott fűtőgáz-gyártás, az ammónia, methanol és más vegyi termékek alapanyagát szolgáltatató szintézisgáz-gyártás. A fűtőgáz-gyártás összekapcsolható a villamosenergia-termeléssel úgy, hogy termodinamikailag jó hatásfokú gáz-gőz körfolyamat alakítható ki. A szénelgázosítás mellett a fluidágyas (örvényágyas, örvényréteges stb.) tüzeléstől várható a villamosenergiaipar területén a nagyobb fejlődés. A fluidágyas tüzelés előnye, hogy megoldja a kén-dioxid-emisszió csökkentését, és emellett lehetővé teszi igen gyenge minőségű szenek és éghető hulladékok stabil tüzelését. A tüzelési móddal a nagy meddőtartalmú hulladék szenek, palaféleségek, flotációs és nehéz-szuszpenziós széndúsítási eljárások hulladékainak eltüzelése is lehetséges. Ha a fluidágyat zónákra (cellákra) bontják, igen rugalmas üzemvitelt tesz lehetővé. A hagyományos széntüzelésű kazánokhoz képest előnye az alacsony kiegészi hőmérséklet, a nagy hőátadási tényező, a kopások és lerakódások lényegesen kisebb veszélye, valamint, hogy az SO_2 -emisszió csökkenthető és a tüzelés hatásfoka is megfelelő. Hátránya viszont a tüzelési maradványokban viszonylag magas éghető okozta veszteség, a viszonylag kis keresztmetszeti ($\text{MW}_{\text{termikus}/\text{m}^2}$) teljesítménye, továbbá a jelentős mézskó-tömeg előteremtése, szállítása. Meg kell említeni, hogy az erőművi fluidizációs technika hazánkban a Szikla—Rozinek-féle tüzelési mód alkalmazásával már a 30-as évek közepén megvalósult. Ez a technika abban tér el a fluidágyas eljárástól, hogy a lebegő állapotban létrejövő elgázosítás az elgázosító kamrában léghiányos égés mellett történik és a salak megolvadt állapotban hagyja el a tűzteret,

Kifejeztették az ún. cirkulációs fluidágyas tüzelés különféle változatait is, amelyeknél az éghető okozta veszteség a szénpor tüzeléssel legalább azonos mértékre, a mézskó szükséglet is jelentősen, felére, kétharmadára csökkenthető.

Világszerte foglalkoznak a fluidágyas tüzelőberendezések erőművi célra történő felhasználásával, így Angliában, az USA-ban, az NSZK-ban ilyen tüzelőberendezések vannak üzemben. Rivesvilleben Foster—Wheeler gyártnányú fluidágyas tüzelőberendezés elvileg 30 MW-os turbógenerátor gőzigényét biztosítja. Az NSZK-ban, Flingernben egy városi fűtőerőműben 30 MW hőteljesítményű fluidágyas egység üzemel. SZU-ban 1978-ban 10 t/h teljesítményű gőz kazánokhoz építettek fluidágyas tüzelést, kísérleti célra. A Babcock—Wilcox már több ezer órás kísérleti eredmények birtokában fejleszti rendszerét. Nálunk a Központi Bányászati Fejlesztési Intézet, a Villamosenergiaipari Kutató Intézet és a Tatabányai Szénbányák végez kísérleteket, illetve vizsgálja a fluidágyas tüzelés hazai alkalmazásának lehetőségét.

Az MVMT kísérleti célra a Győri Erőműbe tervezi 10—30 t/h teljesítményű fluidágyas kazán beépítését, amennyiben az ehhez szükséges feltételek biztosítása megtörténik. A KGST Villamosenergia Állandó Bizottság Hőerőművek Szekciója 1982-ben összefoglaló anyagot készített a KGST országokban végzett tevékenységekről és további célkitűzésekről. A fluidágyas technikával kombinált erőmű, a gőz-gáz cirkulációs körfolyamatok az érdeklődés középpontjába kerültek. Az USA, az NSZK, Anglia közös együttműködéssel 80 MW hőteljesítményű gőz-gáz körfolyamatba kapcsolt fluidágyas technikát valósít meg, amely 28 MW villamos teljesítményt szolgáltat. A tűztér túlnyomása 10 bar, az ágyfelület 4 m². Az angol Babcock—Wilcox és a svéd Stal—Laval cég is tervez demonstrációs célra 65 MW teljesítményű, gázturbinával kombinált nyomás alatti fluidágyas rendszert.

A hazai kísérleti munka egy érdekes eredménye a Villamosenergiaipari

Kutató Intézetben kidolgozott kombinált fluidizációs eljárás, amely olyan áramlástechnikai kialakítású, hogy a tüztéren belül biztosít mérsékelt por-cirkulációt és ezzel az éghető tartalmú por- és a nem teljesen reagált mészkő tartózkodási idejét a tüztéri hőmérsékleten jelentősen meghosszabbítja. Ezek hatására csökkenthető a CaO/S arány és a mészkő igény, javul a tüzelési hatások, kiegyenlítetté válik a hőmérséklet és növelhető a keresztmetszet egységére vonatkozó hőtéljesítmény. (3757/82 alapszámú VEIKI szolgálati szabaddalmi bejelentés.)

A kombinált ciklusú erőmű tervek között figyelemreméltó a Saarbergwerke AG terve (Völkingen Erőmű), ahol gáz- és gőzturbinához kapcsolt szénpor- és fluidágyas tüzelést építenek. A szénpor tüzelésű kazánhoz kapcsolnak fluidágyat, amelybe csökötegek merülnek, és melegítik fel a gázturbinába áramló levegőt 700 °C-ra. A gázturbinából távozó 440 °C-os levegővel a fluidizációt tartják fent. A két előkapcsolt fluidágyas berendezés hőtéljesítménye 200 MW, melynek 50%-át a gázturbinák körfolyamata igényli. A kőszén fűtőértéke 10 000 kJ/kg, hamutartalma 55%, a nedvességtartalma 18%, a kén-tartalma 1,2–1,3%. A fluidágyas kénmentesítés hatásfoka 50%. A gőzkazánból távozó füstgázokat a kéntől tovább tisztítják. A hűtőtornyokba elhelyezett kénmosóval tisztított gázok a hűtőtorny levegőjével távoznak. Az erőmű tervezett teljesítménye 221 MW, és ebből 31 MW a forrólevegős gázturbiná teljesítménye.

A fejlődés a nyomás alatti fluidágyas kazánok építésének irányába halad, amely nagyobb kéntelenítést, a kapcsolt körfolyamat alkalmazásával jó hatásfokot, kisebb NO_x-képződést és végülis kisebb, környezetet terhelő szennyezést biztosít.

A szenek erőművi célokra történő felhasználásának egyik vizsgált területe, amikor is a szénből fűtőgázt termelnek. A fűtőgáz-termelésben különböző eljárások ismertek, mint pl. a Winkler-, a Koppers–Totzek-, a Lurgi-rendszerű eljárás. A Winkler-technológia esetén a termelt gáz nyomása 2,5 bar, a Koppers–Totzek-eljárás atmoszférikus nyomású gázt, a Lurgi-eljárás 25 bar nyomású fűtőgázt szolgáltat.

A gáz-gőz körfolyamat erőművi alkalmazása esetén a nyomás alatti gázgyártás és nyomás alatti gáztüzelés összekapcsolása szükséges. A gázturbinából távozó füstgáz hőjét, tápvizelőmelegítés céljára használják. Olyan kapcsolást is terveznek, amikor is a kazánból kikerülő gázokat, a gázturbiná levegőkompresszorának hajtására használják fel. Ezeknél a kapcsolásoknál a tüzelőanyag a nyomás alatti elgázosítással (Lurgi-rendszer) nyert fűtőgáz. Az elgázosító közeg a kombinált ciklus gázturbinája által meghajtott, kétfokozatú kompresszorból szolgáltatott levegő. A fűtőgáz kénhidrogén-tartalmát kénmentesítővel redukálják, az ebből kikerülő hulladék gázokból pedig a kén cseppfolyós formában választják el. Melléktermékként fűtőolaj jellegű kátrány nyerhető. Ilyen kapcsolású elgázosító rendszer telepítését vizsgálta a Központi Bányászati Fejlesztési Intézet.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 88. évf. 5—6. szám. 1984. szeptember—december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5—6. Sept—Dec. 1984. Budapest

A szénélőkészítés és szénemesítés emisszió-csökkentő hatása*

TAKÁCS PÁL—BELLA LÁSZLÓNÉ, Központi Bányászati Fejlesztési Intézet,
H—1525 Budapest, Pf. 83.

The emission lowering effect of coal preparation and processing. After outlining the effect of coal preparation and briquetting on dust pollution and fly ash emission, the study deals in detail with the effect on sulphur emission in the case of the following technologies: *gravity separation (flotation), drying (dehydration), hydro-thermal heat treatment, coking of brown coal, and briquette coke production, coal gasification.* In the course of reviewing the technologies listed above, the study deals with the effect (negative effect in some cases) of the methods outlined, on power plant emission, and besides it deals with the problems of soot emission and the possibility of its lowering .

✱

A szénélőkészítés és szénemesítés emisszió-csökkentő hatása. A tanulmány a szénélőkészítés és brikettezés porszennyezésre, valamint pernyeemisszióra gyakorolt hatásának áttekintése után részletesebben a kénemisszióra gyakorolt hatást taglalja az alábbi technológiák esetében: *gravitációs dúsítás (flottálás), szárítás (ahidralás), hidrotermális hőkezelés, barnaszén-kokszosítás és brikettkokszgyártás, szénelgázosítás.* A felsorolt technológiák taglalása során a tanulmány kitér a vázolt módszereknek az erőművi emisszióra gyakorolt (egyes esetekben negatív) hatására, valamint foglalkozik a koromemisszió problematikájával és csökkentési lehetőségével is.

✱

A széntüzelésből származó szénpor-, pernye-, kén- és koromemisszió környezetszennyező hatása fizikai (szénélőkészítési) ill. termikus (szénemesítési) eljárásokkal is csökkenthető. Az egyes eljárások alkalmazhatósága természetesen a felhasznált szén minőségétől, a szénfelhasználás módjától és a környezetvédelmi előírások szigorúságától is függ. Utalunk itt arra, hogy pl. a háztartási és ipari széntüzeléssel járó porszennyezést már a szénélőkészítés leg-egyszerűbb módja a durva —, illetve dara-szenek szemnagyság szerinti megfelelő osztályozása is érdemben csökkenti. Hasonló eredménnyel jár a háztartási brikett gyártása is.

A háztartási és ipari tüzelés salak és perneszennyezésének csökkentésében eredményes út a szenek meddő-tartalmának dúsítással — sűrűség alapján való szeparálással — történő leválasztása.

Hazai vonatkozásban a széntüzelés legkárosabb környezeti hatása a kénemisszió. Ennek jelentőségét Takács et al. (1983) tanulmánya alapján néhány számadattal kívánjuk érzékeltetni.

* Az előadásban ismertetésre kerülő kutatások „Az energiagazdálkodás középtávú kutatási-fejlesztési feladatai” című program keretében az IpM és az OMF, valamint az érdekelt bányavállalatok közös támogatásával folytak.

A hazai szénbányászat 1982. évi értékesített szén termelése a kokszszen-koncentrátum termelés nélkül 25,6 millió tonnát, kerekén 280 PJ hőmennyiséget képviselt. A széntermékek összes kén tartalma átlagosan 2,5% volt, mely értéknek a laboratóriumi vizsgálatok szerint kétharmada (1,6%) tekinthető az eltüzelés során a hamu által nem megköthető, eltávozó (ún. éghető) kénnek. Ez azt jelenti, hogy a hazai kereskedelmi széntermékek eltüzelése jelenleg kb. 800 ezer tonna emittált SO₂-t eredményez. Ez az emittált SO₂-mennyiség az ezredfordulóra a különböző változatokban (360–500 PJ/év) tervezett termelésnövekedés mellett, az emissziócsökkentést célzó intézkedések elmaradása esetén 1100–1500 kt/év értékre növekedhet. Sajnálatos módon hazánkban nincs jelentős szénvagyont képviselő kis kén tartalmú szénelőfordulás. A jobb összehasonlíthatóság kedvéért a kén tartalom mérőszámának a százalékos értéke helyett a fűtőértékre vetített fajlagos értékét vizsgálva, a jelenleg értékesített széntermékek átlagos fajlagos összeskén értéke (gS_t/Q)_f 2,2 g/MJ.

I. TÁBLÁZAT

A műveleti szénvagyon megoszlása fajlagos összeskén szerint (Működő és épülő bányák.) Me.: PJ

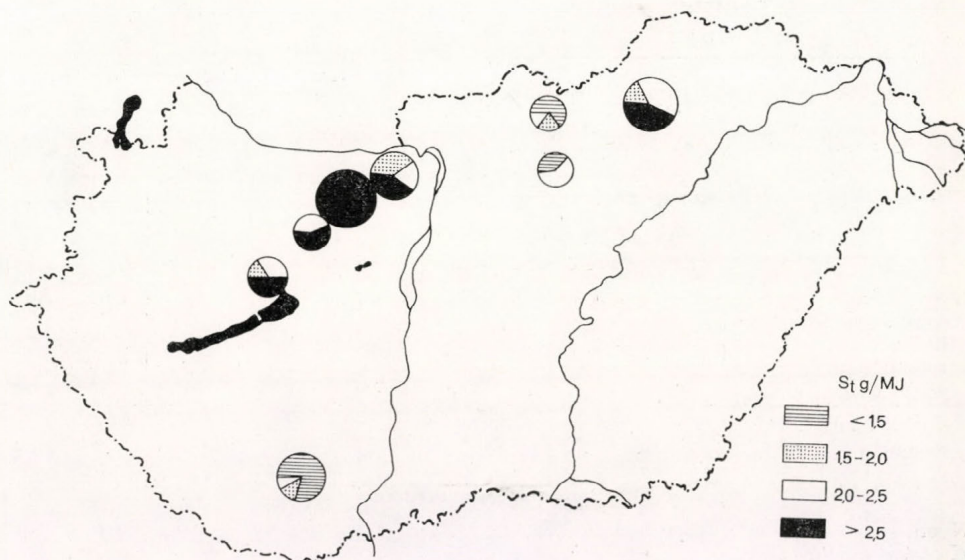
Szánbánya vállalat	Fajlagos összeskén-tartalmú kategóriák g/MJ				
	Átlagosnál kisebb		Átlagos 2,0–2,5	Átlagosnál nagyobb 2,5	Összes
	1,5	1,5–2,0			
Mecseki	1515	288	63	–	1 866
Nógrádi	623	207	213	5–	1 043
Mátraaljai	372	–	710	–	1 082
Borsodi	–	312	775	914	2 001
Veszprémi	–	222	419	699	1 340
Dorogi	–	703	388	722	1 813
Oroszlányi	–	–	484	702	1 186
Tatabánya	–	–	–	2724	2 724
Összesen	2510	1732	3052	5761	13 055
Százalékos megoszlás	19,2	13,3	23,4	44,1	100,0

A 13055 PJ-t képviselő műveleti vagyonnak csak mintegy 19%-át képviseli az 1,5 g/MJ fajlagos összeskénél kisebb kénértékű és 13 %-át az 1,5–2,0 g/MJ fajlagos összeskén értékű minőség. Ezzel szemben a szénvagyon 44%-ának összeskén értéke az átlagosnál nagyobb (I. táblázat).

Az átlagosnál kisebb fajlagos összeskén értékű szén jelentős hányadát a mecseki feketeszen teszi ki, utána a nógrádi szénvagyon következik. Kén-szennyezés szempontjából az oroszlányi és a tatabányai szenek a legkedvezőtlenebbek (I. ábra).

A pernyeszennyezés csökkentésénél már említett, meddő eltávolítást célzó széndúsítási, mosási eljárások elvileg alkalmasak a kénemisszió csökkentésére is, különösen ha a kén tartalom jelentős része pirit formában fordul elő, s ha a pirit nem annyira syngenetikus-, hanem inkább epigenetikus-eredetű s ha a meddőközethez kapcsolódó. Sajnos e tekintetben sem kedvezők szénelőfordulásaink. Csupán a mecseki feketeszenek és a mátraaljai lágybarnaszenek eseté-

ben éri el vagy haladja meg a piritkén tartalom az összeskén-tartalom 50%-át. A dorogi és oroslányi szenek esetében a piritkén az összeskén 40–35%-a, míg az összes többi szénfeleségeink esetében az összeskénnek csak kb. 25–15%-a van piritkén formában jelen, s a kéntartalom 60–80%-a szerves anyaghoz kötött ún. szerveskén. További kedvezőtlen körülmény, hogy a szénképződés genetikai jellemzőire visszavezethetően, széntelepeinkben található pirit syngenetikus eredetű, a szerves anyaggal finom diszperzitásban összenőtt, s így csak az aprítási fok jelentős növelésével tárható fel. E kedvezőtlen körül-



1. ábra: Műveleti szénvagyon (PJ) megoszlás fajlagos összeskén érték szerint

mények ellenére a hamucsökkentést, meddőtelenítést célzó nehézsuszpenziós dúsítási eljárások a kénemisszió terén is bizonyos javulást eredményeznek (Bella, 1983).

A jelenleg már megvalósult vagy tervezett barnaszéndúsító műveknél a meddőleválasztás eredményeként a II. táblázatban összefoglalt adatok szerint a dúsított termékek fajlagos összeskén értéke 0,13–0,59 g/MJ-lal csökken. Ez, az értékesített termékmennyiségeket figyelembe véve, az SO_2 emisszió 160 kt-val (18%) történő csökkentését jelenti már önmagában is.

A dúsítás kéncsökkentő hatása legszembetűnőbb a visontai lignitnél, de még inkább a mecseki szeneknél, mely utóbbi esetben az aránylag magas pirittartalomon kívül a Pécsújhegyi Dúsítóműben a rekonstrukció után alkalmazni szándékozott nagyobb mérvű törés és iszapszén-feldolgozás (flotálás) is hozzájárul (III. táblázat).

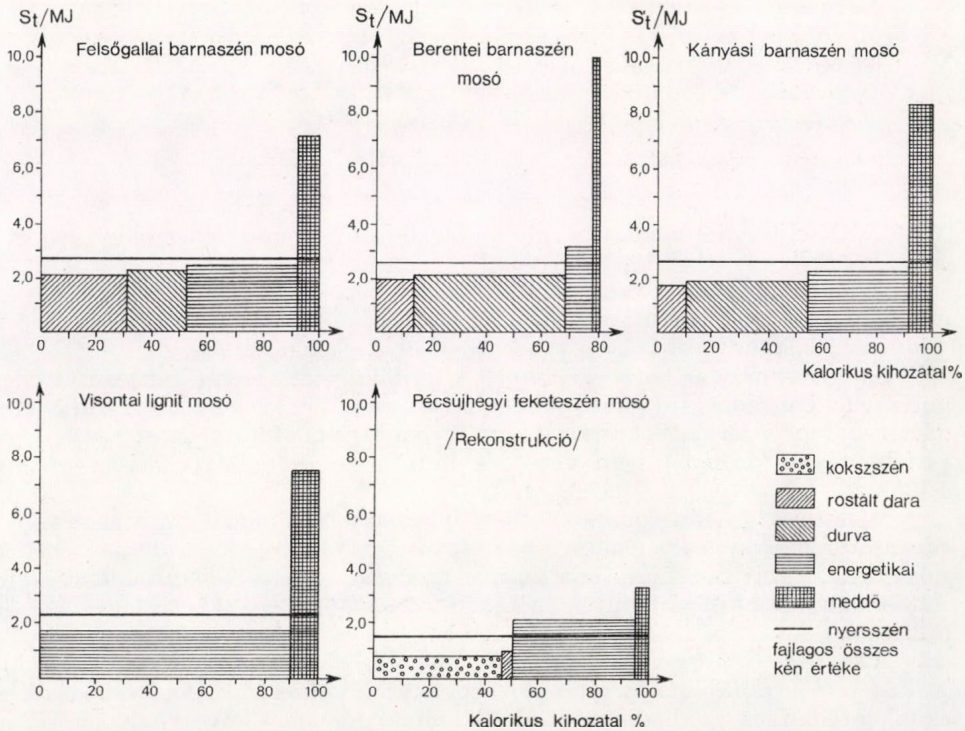
A széndúsítás kéncsökkentő hatásának bővebb diszkussziója érdekében a II. és III. táblázatban közölt kénértékeket a kalórikus kihozatalok függvényében oszlopdiagramban is ábráztuk (2. ábra). A diagramban feltüntetjük a dúsítás során eltávolított meddő kalórikus hányadát, valamint fajlagos összeskén értékét is. Az ábra alapján jól érzékelhető, hogy a fizikai dúsítási

III. TÁBLÁZAT

A rekonstruált Pécsújhegyi Dúsítómű alapanyag- és termékvizsgálati adatai

Megnevezés		Nyers szén	Minőségi		Energetikai		Koksz-szén koncentrációtum
			durva	apró	tört	iszap	
Termelés	kt/év	3500	100	200	1940	360	900
	PJ/év	54,2	2,50	3,20	18,82	3,67	26,01
Szénvizsgálati adatok							
Nedvesség	W_t %	9,1	4,0	25,0	5,8	25,0	6,7
Hamu	A_r %	42,6	22,9	22,5	60,9	41,6	10,1
Fűtőérték	Q_i MJ/kg	15,4	25,0	16,0	9,7	10,2	28,9
Összeskén	S_t %	2,30	2,25	2,20	2,40	1,50	2,35
Fajlagos összeskén	S_t^r/Q_i g/MJ	1,50	0,905	1,38	2,47	1,47	0,81

A gravitációs dúsítás fentiekben vázolt kéncsökkenítő hatása szorosán összefügg a kiindulási szén több-kevesebb pirittartalmával, mely pirit nagyobb sűrűségénél fogva inkább a meddő termékekben koncentrálódik. Ez a hatás a feltérési fok növelésével, azaz nagyobb mérvű aprítással elvileg javítható. E tendencia kihasználásának azonban a háztartási szénféleségek eseté-



2. ábra: Épülő és tervezett szénmosók várható termékeinek fajlagos összeskén megoszlása a kalorikus kihozatal függvényében

ben a megkívánt szemnagyság, az energetikai szeneknél pedig a finomszemcsés anyagokra (örleményekre) hazai szeneink esetében is alkalmas technológiák hiánya akadályozza.

A finomszemcsés anyagok feldolgozására leginkább elterjedt flotálás esetében a magyar feketeszeneknél eddigi tapasztalataink szerint a pirit a szénanyaggal együtt dúsul, és a kokszzszen-koncentrátumok esetében eddig elért 0,2%-os kéntartalomcsökkenés nem tekinthető olyan eredménynek, mely a piritflotálás megvalósítását az erőművi szenek esetében indokolná.

Más javasolt módszerek, így az iszapérlelés, valamint a ferrokarbonil redukív elbontásán és az ezt követő mágneses szeparáláson alapuló ún.

IV. TÁBLÁZAT

A várpalotai lignit-ahidráltás alapanyagai és termékei vizsgálati adatai

Megnevezés		Lignit				
		Nyers	Előszá- rított*	Ahidrált		Összes
				durva	apró	
Termelés	kt/év PJ/év	317 3,34	231 3,14	31 0,51	166 2,71	197 3,26
Szénvizsgálati adatok						
Nedvesség	W_t^r %	40,8	18,6	20,4	18,3	18,6
Hamu	A^r %	10,4	14,5	9,8	17,8	16,6
Fűtőérték	Q_i^r MJ/kg	10,5	15,4	17,9	16,3	16,6
Összeskén	S_t^r %	2,46	3,38	3,6	2,97	3,07
Fajlagoskén	S_t^r/Q_i^r g/MJ	2,34	2,19	2,02	1,82	1,85

* Számított (elméleti) érték

MAGNEX-eljárás eredményességének megítéléséhez még nincs elég tapasztalatunk (*Bella-Szalai, 1983*).

A főként szerves kötésű ként tartalmazó eocén barnaszeneink esetében a fizikai eljárások helyett a – külföldön élénk kutatások tárgyát képező – vegyi kéncsökkenő eljárások jöhetnek elvileg számításba.

Sajnos a magyar barnaszeneknek a külföldön általában felhasznált energetikai fekete szenektől eltérő jellege miatt az OKKFT keretében eddig vizsgált vegyi módszerek (bakteriális lugzás, oxidatív piriteltávolítás, nátronlugos piritbontás, klorolízis) nem vezettek érdemi eredményre (*Takács-Bella, 1983*).

Mielőtt a szoros értelemben vett szénemesítő technológiákat ismertetnénk, rámutatunk arra, hogy a nedvesség elpárologtatása révén a szén fűtőértéke növekszik, a szárítás is javítja a szárított termék fajlagos kén értékét. E javító hatás nagy nedvességű lignitek esetében már számottevő (II. táblázat, legalsó adatsor).

A szárítás egy speciális, sok szempontból is kedvező formája az ahidráltás. E módszert hazánkban ismeretesen Várpalotán alkalmazzák. Az ahidráltás kéncsökkenő hatása az alkalmazott magasabb hőmérséklet következtében fellépő kismérvű kénhidrogén-lehasadás miatt a szokványos szárításnál valamivel kedvezőbb (*IV. táblázat*).

Az ahidráálás során a lignit nedvességtartalma nem elpárolog, hanem a hőkezelés hatására bekövetkező strukturális változások során a lignit mintegy kiizzadja. Hasonló hatás érhető el, ha a lignitet vagy barnaszénét vizes közegben nyomás alatt hevítik (hidrotermális hőkezelés). A vizes közegű autoklavozás a gőzölésnél technikailag egyszerűbb módot nyújt a hőkezelés hőfokának 300 °C-ra emelésére, mely hőmérsékleten a szén organikus kéntartalmának már jelentős része lehasad, sőt a pirítékéntartalom is csökken. A hőkezelés hatására növekszik a termék fűtőértéke is. (Bognár et al. 1983.)

A jelenleg még laboratóriumi szinten vizsgált módszerrel elérhető kén-csökkenő és szén-nemesítő hatást az V. táblázatban mutatjuk be.

V. TÁBLÁZAT

Hidrotermális hőkezelés alapszeneinek és termékmintáinak nedves állaputra vonatkozó jellemzői

Megnevezés			Visontai lignit			Tatabányai barnaszén	
			Nyers	Hőkezelt		Nyers	Hőkezelt 300 °C
				260 °C	300 °C		
Nedvesség	W ^r	%	46,0	16,0	12,0	16,0	8,0
Hamu	A ^r	%	20,6	34,2	36,1	7,0	7,8
Égésmeleg	Q _s ^r	MJ/kg	8,61	14,20	15,20	22,86	27,12
Fűtőérték	Q _v ^r	MJ/kg	7,08	13,21	14,29	21,59	25,93
Összeskén Fajlagos	S _t	%	0,76	0,90	0,64	4,91	4,51
összeskén	S _t ^r /Q _v ^r	g/MJ	1,07	0,68	0,45	2,27	1,74
Súlykihozatal		%	100	52	47	100	76
Kalorikus kihozatal *		%	100	86	83	100	90
Égésmelegre		%	100	96	94	100	91
Fűtőértékre		%	100	96	94	100	91

* A hőkezelés hőigénye nélkül.

Áttérve most már a tipikus szén-nemesítő eljárásokra, elsőként a barnaszén-kokszosítást kell megemlíteni. A HBL francia cég merlebachi kísérleti telepen végzett forgókemencés félüzemi kísérletek szerint a 900 °C-os hőkezelés a nagy (szerves) kéntartalmú nagygyeházi szénnel igen hatásosnak mutatkozott (Wolf – Bognár, 1983, VI. táblázat). A barnaszén-kokszolásnak azonban a szilárd tüzelőanyagra vonatkozó kalorikus kihozatala csak kb. 52–54% és így gondoskodni kell a kalorikus melléktermékek (jelen esetben gyenge fűtőértékű gáz) hasznosításáról.

A HBL rendszerű kokszosításnál a gáz hasznosítására egy, a kemencével egybeépített hőértékesítő kazán szolgál, tehát az illó termékek kéntartalma a füstgázba kerül. Figyelembe véve az eredeti szén kéntartalmát és a termékek hőértékét, ez lényegében azt jelenti, hogy a 2,1 gS_t/MJ fajlagos kénértékű szénből kb. fele-fele arányban:

1,1–1,2 gS_t/MJ fajlagos értékű nemesített szilárd energiahordozót, és 3,3–3,4 gS_t/MJ fajlagos értékű energetikai terméket nyerhetünk.

A barnaszén-kokszosítás tehát a dúsításhoz hasonlóan tulajdonképpen nem kéntelenít, hanem a kiindulási szenet (bár a dúsításnál sokkal határozottabban) kén-szegény és kéndús termékekre bontja meg. Valójában önmagában nem kéntelenít a szeneinknél még számításba vehető másik szén-nemesítő el-

járás, az elgázosítás sem, mivel itt gyakorlatilag a szén kéntartalmának 80–90%-a a nemesített termékbe, a gázba jut. Ennek dacára az elgázosítás a kénemisszió szempontjából is igen kedvező, mivel a gázba jutó kén az SO₂-nél könnyebben eltávolítható H₂S formájában van és a kivont kénhidrogén kén vagy kénsav formájában jól értékesíthető.

Ma már gyakorlatban alkalmazott, illetve alkalmazni tervezett minden elgázosítási technológiához hozzátartozik a gyakorlatilag teljes kéntelenítést biztosítható kénhidrogén abszorpció és a kénhidrogén-feldolgozó üzem.

VI. TÁBLÁZAT

Tatabányai barnaszénből forgókemencében előállított porkoksz és annak felhasználásával készült kötőanyagos brikett, ill. brikettkoks vizsgálati és kihozatali adatai

Megnevezés	Barnaszén	Por-koksz	Nyers brikett*	Brikett-koksz	
a) Szénvizsgálati adatok					
Nedvesség	W ^r %	16,5	3,8	7,9	3,4
Hamu	A ^r %	6,8	13,5	12,0	14,2
Illó	V ^r %	38,3	4,6	13,4	5,5
Fűtőérték	Q _i ^r MJ/kg	22,3	27,1	27,2	26,0
Összeskén	S _t ^r %	4,6	3,0	2,7	2,9
Éghető kén	S _t ^r %	3,2	2,0	2,2	2,0
Fajlagos összeskén	S _v ^r /Q _i g/MJ	2,1	1,1	1,0	1,1
Fajlagos éghető kén	S _v ^r /Q _i g/MJ	1,5	0,7	0,8	0,8
b) Brikettszilárdsági vizsgálatok					
Pontnyomás	N	—	—	1000	1000
Dobszilárdság	%	—	—	85,2	84,6
c) Súlykihozatal	%	100	48	100	70**

* Brikettegy összetétele: HBL-koksz 70%, Flotált koncentrátum 20%, Bitumen 10%.

** Darabos termék, ezen kívül még 10% porkoksz is képződik, mely a nyers brikettek készítéséhez felhasználható.

Tekintetbe véve, hogy külföldi intézményeknél és szakképeknél folytatott vizsgálatok szerint a korszerű szénelgázosító eljárásokra a legfontosabb energetikai szénfélesegeink — beleértve a dúsított ligniteket és a feketeszen-dúsítási középtermékeket is — egyaránt alkalmasak, úgy véljük, hogy a szénelgázosítás a kénemisszió-csökkentés szempontjából is komoly érdeklődésre tarthat számot.

Itt jegyezzük meg, hogy a barnaszén kokszosítás is vezethető úgy, hogy a kalorikus melléktermékként a ként H₂S formájában tartalmazó kedvező fűtőértékű gáz is képződjék, ezért figyelmet érdemelnek azok a kutatások, melyeket az OKKFT keretében a kokszosítás egyik újszerű kiviteli formájának, a gyorspirolízisnek hazai adaptálására folynak (György et al. 1983).

Nem beszéltünk még, a széntüzelés esetében problémát jelentő szennyező források közül a koromemisszió kérdéséről.

A hazai szenekkel kapcsolatos tapasztalataink szerint ez a veszélyforrás

az ipari tüzelésnél gyakorlatilag nem jelentkezik, azonban a nyersszén, de különösen a kötőanyag brikettel történő háztartási tüzelés koromemissziója teljesen nem eliminálható. Így érthető, hogy a levegőtisztaság-védelmi szempontból szigorúan védett területeken a nyersszén és brikett-tüzelés háztartási berendezésekben nem megengedett.

Minden minőségi követelményt kielégítő füstmentes és kedvező kénemissziójú háztartási tüzelőanyag gyártható azonban a barnaszén-koksziporból készült brikettekkel akkor, ha azokat 800 °C-on mégegyszer hőkezelik. Ilyen brikettkoksz-gyártási technológiát külföldön a francia HBNPC cég, valamint a román ICEM Kutatóintézet fejlesztett ki és kedvező eredménnyel biztatnak a KBFI autoterm brikettkokszolási eljárásnak az OKKFT keretében folyó fejlesztési munkái (*Takács-Horváth, 1977*).

A brikettkoksz-gyártásnál a termék darabtartásának biztosítására a koksziporhoz 10–20% sülőszenet is szükséges adagolni. (A már hivatkozott VI. táblázat az így nyerhető brikettkoksz, valamint az előállításához felhasznált nyersbrikett vizsgálati adatait is közli.)

HBNPC cégtől legújabban beszerzett információk szerint 70% HBL koksz, 15% kokszzszen és 15% szurok keverékéből az Anthracine eljárással is nyerhető a háztartási kokszal egyenértékű füstmentes tüzelőanyag. Az Anthracine eljárás 400 °C hőmérsékleten lejátszódó oxidatív hőkezelést alkalmaz és mind a beruházási költségek, mind a szilárdtermék-kihozatal szempontjából a brikettkoksz-gyártásnál kedvezőbbnek látszik.

Itt jegyezzük meg, hogy hasonló terméket a dorogi szén Schlattner-rendszerű lepárlásához kapcsolódva a *Széki* professzor által kidolgozott berendezésben a Salgótarjáni Kőszénbánya Rt. már a II. világháború előtt gyártott és sajtolt koksz néven eredményesen forgalmazott (*Erdély-Előd, 1937*).

Befejezésül foglalkozunk még azzal, hogy az előzőekben ismertetett dúsító és nemesítő technológiák milyen formában, és mértékben illeszthetők a hazai szénvagyon hasznosításával kapcsolatos elképzelésekhez.

A felsorolt technológiák közül a széndúsítás ma már polgárjogot nyert és minőségjavító hatása a feketeszenek esetében érdemi, barnaszeneink esetében korlátozott mértékben jelenleg is, illetve a közeljövőben már jelentkezik. A ciklondúsításnak az észak-magyarországi szenekre történő kiterjesztésével, valamint az iszapszenek feldolgozására is alkalmas módszerek bevezetésével, esetleg kifejlesztésével ez a hatás várhatóan még fokozható, azonban az emissziócsökkenés elsősorban az ipari-háztartási szektorban jelentkezik. E szektorok minőségi tüzelőanyaggal való ellátását célozza a Tatabányai Cementgyárnak porkoksz-gyártásra javasolt átállítása és ahhoz kapcsolódó füstmentes háztartási tüzelőanyag-gyártás is.

A Dúsító Program az erőművi kénemissziót jelenlegi formájában érdemben nem csökkenti, mivel erőművi célra éppen a kénben dúsabb energetikai szorték kerülnek felhasználásra. Más lenne a helyzet, ha az aknaszén meddőtlenítésére erőműoldali megfontolásokból kerülne sor, ugyanis ez esetben a dúsított, esetleg dúsított és szárított lignit eltüzelése esetén a lignit-erőművek kénemissziója 25–30%-kal lenne csökkenthető.

Hatékonyabb és már a füstgáz-kéntelenítés alternatíváját jelentő megoldást a szénelgázosításhoz, esetleg a gyorspirolízishez kapcsolódó erőművi hasznosítás jelenthet.

Mindkét lehetőséget az OKKFT keretében tanulmányozzák, illetve kísérleti szinten vizsgálják.

Kedves kötelességüknek érzik végül a szerzők, hogy egyrészt a kutatókat finanszírozó főhatóságoknak (IpM, OMFB) és vállalatoknak (Mecseki Szénbányák, Borsodi Szénbányák, Veszprémi Szénbányák, Nógrádi Szénbányák, Mátraaljai Szénbányák MINNOVA) másrészt munkatársaiknak, első-sorban *Wolf György* tud. osztályvezetőnek, *Takácsi-Nagy András* tud. csoportvezetőnek és *Gimpl Elvira* tud. főmunkatársnak köszönetüket fejezzék ki

IRODALOM

- Takács P. – Bella Lászlóné – Kenyeres J.*, 1983: Átlagosnál érdemben kisebb kéntartalmú szén-előfordulások kijelölése. A KBFI-ben készült kutatási jelentés, Budapest.
- Bella Lászlóné*, 1983: A hazai széntermelés minőségi jellemzői különböző termelési alternatívák esetében. In: *Takács – Bella – Kenyeres*, 1983. 2. melléklet.
- Bella Lászlóné – Szala Z.*, 1983: Fizikai eljárások alkalmazásának lehetősége a hazai barnaszén-féleségek kéntartalmának csökkentésére. A KBFI-ben készült kutatási részjelentés, Budapest.
- Takács P. – Bella Lászlóné*, 1983: Lignitek és barnaszének kéntartalmának csökkentésére vizsgált módszerek tapasztalatainak összefoglalása. A KBFI-ben készült kutatási jelentés, Budapest.
- Bognár T. – Rákász I. – Takács P.*, 1983: Hydrothermale Wärmebehandlung ungarischer Kohlenarten International Symposium On Coal Processing. Katowice, 1983. X. 24–28, Reports, p. 337–353.
- Wolf Gy. – Bognár T.*, 1983: Félüzemi kísérletekben nyert porkoksz felhasználás-technológiai vizsgálata. A KBFI-ben készült kutatási jelentés, Budapest.
- György I. – Pallós Lászlóné – Takács P.*, 1983: A gyorspirolízis kéncsökkenő hatásának vizsgálata. A KBFI-ben készült kutatási részjelentés, Budapest.
- Takács P. – Horváth A.*, 1977: Füstszegény háztartási tüzelőanyag előállítása feketeszén, barnaszén és félkokszelegyből. *BKL Bányászat* 110. évf. 1. Ksz. *BKI Közleményei* XXI. évf. 1. sz. p. K69–K74.
- Erdélyi S. – Előd J.*, 1937: A Dorogi Brikettkokszmű. *Szénkísérleti Közlemények* 3. évf., p. 143.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5—6. szám. 1984. szeptember — december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5—6. Sept—Dec. 1984. Budapest

A környezeti hatások gazdasági és innovációs kapcsolatai a különböző tüzelőanyag-bázisú erőművekben

FALLER GUSZTÁV, *Ipari Minisztérium, H—1024 Budapest, Mártírok útja 85.*
TÓTH MIKLÓS, *Bányászati Egyesülés, H—1051 Budapest, Arany J. u. 10.*

The economical and innovative relations of environmental effects of power plants with different fuel-basis. Having looked over the system of environmental effects of the mining which produces primary mineral raw materials, the authors scrutinize that how the environmental reciprocal effects of electric power generation predominate in development of world market perspective of energy resources and what complex influence these factors have on innovation of power stations of various fuel basis. They demonstrate the role of mutual effects of electric power production in selection of fuel basis as well as three phases of innovation, from which the first phase has made environment protective hydrocarbon power plants generally used, the second one has made the establishment of safety conditions of nuclear power stations possible, and the third phase enables the coal power stations to be adaptable to environment.

✱

A környezeti hatások gazdasági és innovációs kapcsolatai a különböző tüzelőanyagbázisú erőművekben. A primer ásványi nyersanyagot termelő bányászat környezeti hatásai rendszerének áttekintését követően a szerzők azt vizsgálják, hogy miképpen érvényesülnek a villamosenergia-termelés környezeti kölcsönhatásai az energiahordozók világpiaci értékének alakulásában és milyen komplex hatása van e tényezőknek a különböző bázisú erőművek innovációjára. Bemutatják a villamosenergia-termelés kölcsönhatásainak szerepét az energiahordozó-bázis megválasztásában, valamint azt a három innovációs szakaszt, amelyek közül az első a környezetkímélő szénhidrogén erőművek elterjedését, a második az atomerőművek biztonsági feltételeinek megteremtését tette, a harmadik pedig a szénerőművek fokozott környezeti alkalmazkodását teszi lehetővé.

✱

A gazdasági következmények napjainkban is sokféle módon nyilvánulnak meg azokban az érdekelletetekben, vagy érdekezésekben, amelyek akár az ásványi nyersanyaghasznosítási vertikum egy-egy fázisát alkotó gazdasági egységek, akár a gazdasági egységek és környezetük között keletkeznek. Ez utóbbi csoportba sorolható kapcsolatokat a bányászatra szűkítetten vizsgálva, a makrokörnyezeti hatásokat — egyebek mellett — korábban elsősorban aszerint csoportosítottuk, hogy milyen sebességű és intenzitású a környezetmódosító hatásuk. Eszerint beszéltünk

a) viszonylag lassú és nem intenzív hatásokról: ide az emissziós jellegű szennyezéseket soroltuk;

b) viszonylag gyors és intenzív hatásokról: ezeket összefoglalóan tervszerű környezetátalakítási tevékenységeknek neveztük;

c) hirtelen, váratlanul bekövetkező, nagy intenzitású eseményekről: ezek a katasztrófális hatásokkal járók.

E csoportosítás akkor világosan hozzárendelhető volt az érdekviszony-típusokhoz. A kisösszegű bírságok például nem tették érdekeltté a szennyezőket

e cselekvésük megváltoztatásában, vagyis az *a* típusú esetekben határozott érdekellentét volt a bányászat és környezete között. A *b* típushoz azokat az eseteket soroltuk, melyekben a mindig is tervszerű beavatkozásokkal okozott károkat a károkozás előtti szintnél fejlettebben hoztuk helyre: például külfejlesztésre igénybevett termőföldeket az eredetinel nagyobb terméshozamúvá rekultiváltuk, avagy a falusi kutakból elvont vizet vezetékes vízellátással pótoltuk. Akkor az ilyen esetekben a beruházások finanszírozásának aktuális rendje folytán a bányászat könnyen megtehetette ezt, tehát végül is nem merült fel érdekellentét. (Csak a teljesség kedvéért említjük meg, hogy a *c* csoportba sorolt esetek – például a bányászat biztonságát és a környező gyógyvizek védelmét egyaránt szolgáló eljárások alkalmazása – akkor is közös érdek volt és ma is az.)

Az utóbbi években a gazdasági szabályozás változásainak hatására már korántsem lehet egymáshoz rendelni az „emisszió = érdekellentét” és a „tervszerű környezetátalakítás = érdekazonosság” tevékenységeket, illetve fogalmakat. (A katasztrófaszerű *c* csoportot illetően természetesen nem változott a helyzet.) Ebből a gondolatmenetből több – egymással is összefüggő – következtetést vonhatunk le, így például a következőket:

– A különböző természeti erőforrások egymásra és másra, illetve ezen belül az ásványi nyersanyagtermelés környezetre gyakorolt kárhatásának kvantitatív ismerete nélkül történő döntéshozatal lehet helyes, a gazdasági szabályozás ösztönözhet jó irányba, de csak véletlenül biztosíthatja a népgazdasági (az érintett gazdasági egységeken felülálló) optimumot.

– A népgazdasági optimum az erőforrás-értékelésre irányuló vizsgálatok elve és gyakorlati tapasztalatai szerint nem választható el az ásványi nyersanyagok és az energiahordozók világpiaci értékének alakulásától, általában e világpiaci értékítéletet befolyásoló tényezők és távlatra gyakorolt hatásuknak reális számbavételétől.

A vertikum egy-egy fázisát alkotó, elkülönülő gazdasági egységek közötti érdekviszonyok ugyancsak igen sokfélék lehetnek. Gondoljunk például az elsődleges átalakítás fázisát illetően arra, hogy a korábban alkalmazott technológia szerinti hazai ferromangányártást környezetvédelmi és egészségügyi okokból kellett megszüntetni; ezáltal a hazai mangánércbányászat népgazdaságilag nemkívánatos visszafejlődésnek indult, továbbá, hogy milyen elkülönült érdekviszonyok fékeztek egy modern – környezetvédelmi szempontból is kifogástalan – ferromangányártás kialakítását, jól érzékeltetve már a technikai újítás idekapcsoló szerepét is.

Tanulmányunk – a fémhordozó ásványi nyersanyagokra vonatkozóan említett példa analógiájára – egy másik ásványi nyersanyagcsoportra, nevezetesen az energiahordozókra vonatkozóan vizsgálja az elsődleges átalakítás környezeti hatásait és a világpiaci árak környezetvédelmi kapcsolatait, illetőleg azt, hogy miképpen érvényesülnek a villamosenergia-termelés környezeti kölcsönhatásai az energiahordozók világpiaci értékének alakulásában, hogy milyen komplex hatása van e tényezőknek a különböző bázisú erőművek – ezzel összefüggésben fűtőanyagbázisuk – innovációjára. Minthogy a jövő tervezése szempontjából a várható világpiaci áraknak meghatározó szerepe van, ezért vizsgálatainkban kiemelt szerepet kapott az energiahordozók ár-alakulása múltbeli okainak a távlatot érintő következtetések levonására is alkalmas olyan elemzése, amely a környezeti hatásokat a rendszervizsgálatok kiemelt alkotójaként kezeli.

Az ásványi eredetű energiahordozók in situ meg nem újítható jellegéből fakad, hogy (világpiaci) árszintjüket a szükségletek kielégítéséhez nem nélkülözhető legkedvezőtlenebb természeti adottságú források költsége, a még tömegesnek tekinthető marginális költségek szintje határozza meg. Az egymás helyettesítésére alkalmas különböző energiahordozók így értelmezett világpiaci árának, illetve ármozgási centrumának azonos használati értékre vonatkoztatottan, vagyis elvileg olyan szinten kellene kialakulnia, amely a belőlük előállítható végtermék — például villamosenergia — marginális költsége tekintetében biztosít azonosságot. (Ezen ár és az optimálisan korszerű technológiához tartozó költség közötti különbség alkotja az egyes lelőhelyek különbözeti járadékát.) Az *I. ábra* felső részén bemutatjuk a villamosenergia-termelés bázisául szolgáló feketeszén, erőművi szénhidrogén (fűtőolaj és földgáz), valamint a hasadóanyag hőegységre vonatkoztatott világpiaci árának megközelítő alakulását az elmúlt 30 év során, mégpedig — az inflációs hatásokat kiszűrő — a jelenlegi értékű dollárban \$/GJ egységben. Az ábra alsó részén vastag vonal mutatja be a különféle energiahordozókból előállított villamosenergia kilowattóránkénti költségét C/kWh-ban. A vékony vonalak az erőművi átalakítás költségeinek alakulását jelzik; ennek mintegy 80–85%-át teszi ki az erőmű beruházási költsége, amelyet 12%-os kamat terhel.

Az 1970 előtti helyzet

Az ábrán feltüntetett villamosenergia-költségek alakulását vizsgálva azonnal szembetűnik, hogy a fűtőolaj- és a földgázbázisú villamosenergia-termelés költsége az 1960-as években csak fele volt a szénbázisú villamosenergia költségének.

A 80–85%-ban a kamatos amortizációból álló erőművi átalakítási költségek segítségével visszafelé számolva könnyen megállapítható, hogy a szénhidrogénbázisú villamosenergia költsége akkor lett volna azonos a szénbázisúval, ha az erőművi fűtőolaj és földgáz világpiaci ára az 1950-es években kb. kétszer, az 1960-as években kb. háromszor nagyobb lett volna a ténylegesnél. Nyilvánvaló tehát, hogy a jelzett időszakban a fűtőolaj és a földgáz világpiaci árát nem a szükségletek kielégítéséhez nem nélkülözhető legkedvezőtlenebb források (például a nyugat-európai szenek) költsége határozta meg, azok ára az általános szabálytól eltérő módon — még hozzá nagyon eltérő módon — alakult.

Az alapvető kérdés tehát az, hogy mi volt ennek a rendhagyó esetnek az oka? Ismeretes, hogy a második világháború alatt és azt követően nagymértékben felfokozott szénhidrogén-kutatás világszerte óriási szénhidrogénvagyonokat derített fel. A szénhidrogénvagyonnak — szemben például a szénnel — az a közismert jellegzetessége, hogy a földtani megismerés tulajdonképpen már feltárást jelent, vagyis szinte azonnali termelésbeállítást tesz lehetővé. Ennek következtében az 1950–1960-as években igen nagy mértékben megnövekedett a szénhidrogén termelés lehetősége, vagyis a szénhidrogénkínálat.

A szükségleteket jóval meghaladó szénhidrogéntermelési lehetőséget természetesen csak akkor lehetett értékesíteni, ha ezt a kínálatot nemcsak az energiaszükségletek növekményi részének fedezésére használták fel, hanem meglévő szénfogyasztók egy részének kiváltására is. Ennek azonban olyan mérsékelt fűtőolaj- és földgázár volt a gazdasági feltétele, hogy az újként létesítendő

energetikai szénhidrogén-felhasználásoknál (például az új szénhidrogén-erőművekben) előállítható energia növekményköltsége ne haladja meg a meglévő más bázisú felhasználóknál (például a meglévő szénerőművekben) előállítható, a felhasználás tőketerheit nem tartalmazó energiatermelés költségét, vagyis hogy a szénhidrogénbázisú energiatermelés a szénbázisú energiatermelés még le nem törlesztett tőketerheit el is tudja viselni.

Ennek a feltételnek — figyelembe véve a szén akkori világpiaci árát, valamint a szenek és a szénhidrogének használati értékarányát az erőművekben — legfeljebb 15 \$/t-ás (jelenlegi értékű dollárban kifejezve 30–40 \$/t-ás) fűtőolaj és földgáz ár felelhetett meg, szemben azzal a 25–35 \$/t-ás (jelenlegi értékű dollárban 100–120 \$/t-ás) árral, amelyet a szükséges legkedvezőtlenebb források (általában a nyugat-európai szénbányák) termelési költségének kellett volna indukálnia.

Az erőművi fűtőolaj és földgáz, sőt a nyersolaj és ennek nemesebb frakciói abnormálisan alacsony árának realizálására egyébként az adott lehetőséget, hogy a közel-keleti szénhidrogénforrások tényleges kiaknázási költsége még ennek az alacsony árnak is csak töredéke volt, sőt még a nyugat-szibériai szénhidrogénlelőhelyek akkori kiaknázási költsége is alatta volt ennek az alacsony világpiaci árnak. (Az ennél nagyobb költségű texasi szénhidrogénlelőhelyeket ezidőtájt részben le is állították és közel-keleti kőolajimporttal pótolták.)

A fűtőolajnak és földgáznak a jelzett okokból eredően igen alacsony világpiaci ára természetesen csökkentette a szén- és a hasadóanyag iránti keresletet. Ezért került sor a szén világpiaci árát addig meghatározó legkedvezőtlenebb adottságú nyugat-európai szénbányák bezárására, vagyis a marginális költségek csökkentésére is. Ily módon az 1950–1960-as években számottevően mérséklődött a szén és a hasadóanyag világpiaci ára is ahhoz az árhoz képest, ami a fűtőolaj és a földgáz túlkínálatának hiányában kialakult volna.

A környezeti hatás tekintetében a szénhez képest alapvetően kedvezőbb szénhidrogének 1950–1970 közötti energetikai térhódításának közvetlen kiváltója tehát nem a törekvés a káros környezeti hatások elkerülésére, hanem a keresletet jóval meghaladó kínálat, illetve a szénhidrogén-fogyasztók „minden áron” megkeresése, illetve biztosítása volt. A szén- és a hasadóanyagbázisú erőművek, vélt vagy valós káros környezeti hatásának a szénhidrogénbázisú erőművek révén lehetséges elkerülése csak növelte az egyébként is igen olcsó erőművi fűtőolaj- és földgázkeresletet.

Az erőművek környezeti kárhatásának csökkentését biztosító ezen első innovációnak az az alapvető jelentősége, hogy a biztonságos és környezetkímélő szénhidrogének energetikai hasznosítása, illetve a szénhidrogénbázisú villamosenergia-termelés széleskörű megvalósítása meghatározta azt a követelményrendszert, amelynek megvalósítása elől a jövőben a hasadóanyag és a szén tekintetében sem lehet kitérni.

Az 1970 és 1983 közötti helyzet

A rendkívül alacsony szénhidrogénárak következtében 1970-et követően már olyan mértékben megnövekedett a szénhidrogének, valamint ezen belül a fűtőolaj és a földgáz iránti kereslet, hogy ezzel a kedvező adottságú szénhidrogénforrások igénybevétele már végképp nem tudott lépést tartani. Ezért mind fokozottabb mértékben vált szükségessé olyan kedvezőtlen adottságú szénhidrogénforrások (például az alaszka és a kelet-szibériai lelőhelyek)

igénybevétele is, amelyeknek költsége már nemcsak az alacsony világpiacon szénhidrogénárakat, hanem az energetikai szén és hasadóanyag előző évtizedbeli marginális költségével azonos használati értékre vonatkoztatva meghatározott erőművi szénhidrogénárakat is meghaladta. 1980-ban a fűtőolaj- és földgázbázisú villamosenergia-termelés költsége már mintegy 70%-kal nagyobb volt a hasadóanyag- és a hazai szénbázison előállíthatónál.

A szénhidrogénekkel ki nem elégíthető energiaigényeknek a szénre irányulása 1970, de főként 1975 után többek között azért volt intenzív, mert a hasadóanyagbázisú villamosenergia-termelés – a vele szemben megnyilvánuló jogos *biztonsági aggodalom* következtében – annak ellenére sem tudott a szénbázisú villamosenergia-termelés teljes sikerű versenytársa lenni, hogy a hasadóanyagbázisú villamosenergia-termelés költsége az 1960-as években kb. 20%-kal alacsonyabb volt, mint a szénbázisúé.

Itt kell kitérnünk a villamosenergia-termelés fejlesztésével kapcsolatban a környezeti hatásból származó második innovációs következményre. Az atomerőművekkel szembeni ellenérzés csökkentése, illetve a hangulati versenyképesség fokozása érdekében ugyanis az atomenergia-ipar az 1970-es évek elején olyan biztonsági fejlesztést hajtott végre az erőművekben, amelyek anélkül oldották fel a jogos biztonsági aggodalmat, hogy ezáltal a szénrel szembeni gazdasági versenyképesség megszűnt volna. A biztonság fokozásával kapcsolatos feladatokat ugyanis úgy oldották meg, hogy költségterhük csak az addig meglévő gazdasági előnyt emésztette fel, vagyis a biztonsági fejlesztés végrehajtása után a szén- és a hasadóanyagbázisú villamosenergia-termelés költsége – az 1970 előtti szénárakon – gyakorlatilag azonosává vált. Minthogy azonban a hasadóanyagbázisú erőművek környezeti hatásával, illetve biztonságával szembeni félelem – bár jogossága most már nem állt fenn – csak részben szűnt meg, ezért a fűtőolajjal és a földgázzal ki nem elégíthető energiaigény fedezésének feladata ebben az időszakban döntő mértékben a szénbányászatra hárult.

Fel kell azonban hívni a figyelmet arra, hogy a szükségletek kielégítéséhez 1975 és 1980 között nem nélkülözhető legkedvezőtlenebb szénhidrogén- és szénforrások marginális költségei a valóságban nem voltak olyan magasak, mint amilyen szintre a szénhidrogének és a szenek ára ezen időszakban emelkedett. Úgy becsülhető, hogy az 1970 és 1980 között bekövetkezett áremelkedéseknek legfeljebb felét lehet a nem nélkülözhető legkedvezőtlenebb források költségével megmagyarázni, az árnövekedések másik fele a monopóliumok és az érintett gazdasági hatalmak politikai machinációjának, illetve a kínálatot meghaladó kereslet pszichológiai túlhatásának volt a következménye. Ezt segítette az is, hogy a szenek és a szénhidrogének ára egymást gerjesztette azáltal, hogy a meglévő erőművek az amortizációs költségüknek megfelelő mértékben magasabb tüzelőanyagárakat is el tudtak viselni.

Erre utal egyébként az energiahordozók világpiacon árában a takarékoság további növekedésének, illetve a kereslet csökkenésének hatására 1980 után bekövetkezett mérséklődés, vagyis az a körülmény, hogy az erőművi fekete-szén, valamint a fűtőolaj jelenlegi világpiacon ára már csak 45, illetve 70%-kal nagyobb az 1970 előttiéknél, szemben azzal az 1980. évi helyzettel, amikor ezek az arányok elérték, illetve meghaladták a kétszerest. Amíg 1980-ban a szén-, illetve a fűtőolajbázisú villamosenergia költsége még 40, illetve 70%-kal haladta meg a hasadóanyagbázisút, addig jelenleg már csak 20, illetve 40%-kal nagyobb annál. (Lásd *I. ábra* alsó részét.)

A távlatra vonatkozó prognózisok

A világgpiaci árakat — a más célú felhasználási lehetőség jelentős hatásain kívül — természetesen motiválhatják a villamosenergia-termelés technológiájában esetleg bekövetkező változások is. Ez legkevésbé várható a szénhidrogének esetén. Az atomerőművekben a plutónium-visszatáplálás és a szaporító reaktorok alkalmazása a művelésbe vont uránérczek természeti adottságainak várható romlását minden bizonnyal ellensúlyozni fogják, különös tekintettel arra, hogy a hasadóanyagbázisú villamosenergia-termelés költségén belül a tüzelőanyagköltség nem számottevő. Gazdasági hatásában azonban jelentős változás várható a szénerőművek terén, ahol a környezetvédelmi igények olyan kéntelenítési technológiák alkalmazását fogják kikényszeríteni, amelyek az erőművek (vagy a szénbányák) beruházási költségét esetleg 20%-kal is megnövelhetik. Ez lesz egyébként a környezeti hatásokból eredően a villamos erőműveket érintő harmadik innovációs következmény.

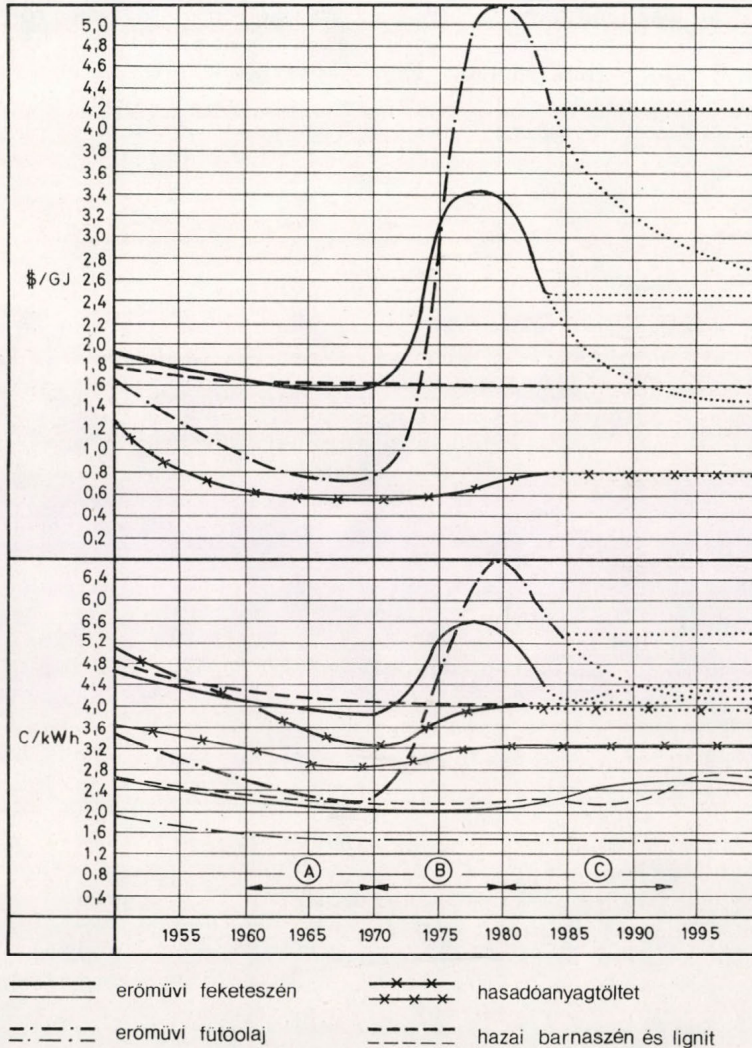
Ha az egyes energiahordozók jelenlegi világgpiaci ára, valamint a hasadóanyagbázisú villamosenergia-termelés költsége alapján megengedhető világgpiaci árak mellett az erőművi költségekben várhatólag bekövetkező ezen változások hatását is számításba vesszük, akkor az alapvető energiahordozók világgpiaci árának és a bázisukon termelhető villamosenergia-költség várható alakulását — a lehetséges szélső értékkel jellemzetten — az 1. ábrán pontozott vonallal érzékeltetjük. Eszerint — a mintegy 0,8 \$/GJ-s, vagyis 1600 \$/kg-os hasadóanyag-töltetár mellett — az erőművi feketeszen távlati világgpiaci ára az 1,5–2,4 \$/GJ, vagyis a 35–60 \$/t, az erőművi fűtőolaj és földgázé pedig 2,7–4,2 \$/GJ, vagyis 110–170 \$/t határok között valószínűsíthető, természetesen ugyancsak jelenlegi értékű dollárban mérve.

Ami pedig a különböző bázisú erőművek hazai gazdaságosságának összevetését, illetve ezredfordulói prognózisát illeti, a következőket fogalmazhatjuk meg: A hazai széntermelés ugyancsak 1983-as dollárban kifejezett, — a világgpiaci árat meghatározó legkedvezőtlenebb szénlelőhelyekével lényegében megegyezőnek becsült — átlagos termelési költségének és az annak bázisán előállítható villamosenergia költségének tényleges és a távlatban várható megközelítő alakulása alapján ismét csak arra a következtetésre juthatunk, hogy a szén- és hasadóanyagbázisú villamosenergia-termelés gyakorlatilag azonos költsége az elkövetkező évtizedekre annak a kombinatív energiapolitikának a helyességét igazolja, amely még akkor is ezen két energiahordozóra támaszkodik, ha közben a környezetvédelmi követelmények a szénerőművek költségét nálunk is megnövelik és mindaddig kizárja a szénhidrogénbázisú erőművek telepítését, amíg az erőművi fűtőolaj és a földgáz világgpiaci ára 100 \$/tonna alá nem csökken.

A történelmi tényekből megállapítható, hogy az egyes energiahordozók, illetve a bázisukon előállítható villamosenergia költsége egy ideig csökken, majd pedig stagnál, vagy növekszik attól függően, hogy a szükségletek kielégítéséhez igénybevett lelőhelyek természeti adottságainak romlását, vagy a növekvő környezeti követelmények innovációs igényeit a termelés, illetve átalakítás-technika fejlődése milyen mértékben tudja legyőzni vagy ellensúlyozni.

A történelmi tények arra is rávilágítanak, hogy az egymást felváltó energiahordozók, illetve a bázisukon előállítható villamosenergia költsége még akkor is csökkenő — vagy legalábbis nem növekvő — tendenciájú, ha az esetenként abnormális hatású kereslet-kínálati ingadozások ezt a tendenciát elfedik, vagy megtörik. Ha például az 1950–60-as évek szénhidrogén-túlkínálata nem ered-

ményez rendkívül alacsony szénhidrogénárakat, ezek pedig nem váltják ki a szénhidrogén-korszakot alaposan lerövidítő túlkeresletet, akkor az 1970–1980-as években nyilvánvalóan nincs kiugróan magas szénhidrogénár sem. Normális körülmények között tehát a szénhidrogének árfolyásoló szerepe, illetve hatása elsősorban azon kutatások gyakorlati alkalmazásának meggyorsításában (nem pedig lelassításában) nyilvánult volna meg, amelyek eredményeként a korszerű hasadóanyagbázisú (és a kedvező adottságú szénbázisú) villamosenergia-termelés kiválthatta volna kedvezőtlen adottságú szénlelőhelyek igénybe vételét.



1. ábra: Az alapvető energiahordozók világpiaci árának és a hazai szén átlagköltségének, valamint az ezek bázisain előállítható villamosenergia költségének alakulása 1983-as értékű dollárban, 12 százalékos tőkekamattal számítva

Mindezek alapján a távlati jövőre a következőket jelezhetjük előre: A szaporító reaktoros, majd a fúziós villamosenergia-termelés fokozatos elterjedése a szénhidrogéneket lényegében a vegyiparnak az alapanyagok és a motorhajtó anyagok iránti igényének kielégítésére fogja leszűkíteni (az olcsó villamosenergia bázisán megvalósítható villamos járművek elterjedése még ezt az igényt is csökkentheti), a széntermelést pedig — a speciális igényeket kielégíteni hivatott bányák mellett — a kedvező adottságú, általában a külfejtéssel művelhető szénelőfordulásokra fogja koncentrálni.

Mint hogy azonban a feldolgozóipari termékek esetében — amelyeknél természeti adottságok nem gátolják a művelésfejlesztés eredményeinek teljes érvényesülését — a termelési ráfordítások általában nagyobb mértékben csökkenhetnek, mint az igénybevett források természeti adottságainak romlásával terhelt energiahordozók esetén, ezért a cserearányok továbbra is az energiahordozók irányába fognak romlani. Ebből következik, hogy az energiahordozók importja, csak a kedvező adottságú energiahordozó lelőhelyeket nélkülöző azon országok számára lesz a jövőben célszerű, amelyek a feldolgozóipari termékek előállításának költségét a világátlagú mérséklődésnél nagyobb mértékben lesznek képesek csökkenteni.

Összefoglalás

A villamosenergia-termelés környezeti kölcsönhatásainak szerepét az energiahordozóbázis megválasztása, illetve az erőművek technológiai innovációja terén a következőkben foglalhatjuk össze:

Az *I. ábrán* feltüntetett *A* időszakban, vagyis főként az 1960-as években létesültek a világon nagy számban a fűtőolajerőművek. Környezetkímélő szerepüknek viszonylag kisebb volt a jelentősége, az alapvető ok az olajerőműveknek a szénerőművekhez képest jóval kisebb beruházásigénye, főleg pedig az igen alacsony kőolajár volt. E szakasz jelentősége a környezetvédelem szempontjából főként abban nyilvánult meg, hogy fokozott igényeket lehetett támasztani a környezetkímélő villamosenergia-termelés megteremtése iránt.

Az *ábrán* jelzett *B* időszakban, vagyis főleg az 1970-es években indult meg a hasadóanyagbázisú erőműveknek környezetbiztonsági okból történő innovációja. Erre az atomerőművekkel szemben világszerte tapasztalt félelmi elzárkózás adott indítékot, gazdasági háttere pedig a szénhidrogének és a szén időközben megnövekedett világpiaci ára volt.

Az *ábrán* ugyancsak feltüntetett *C* időszakban, vagyis előreláthatóan az 1985–1990-es években kerül sor a szénerőművek környezetvédelmi innovációjára. Ennek indítékául a világszerte megnövekedett környezetvédelmi igények szolgálnak, a realizálást pedig az biztosítja, hogy a kedvezőbb adottságú és korszerűbb technológiájú szénbázisok és a hasadóanyagbázisú erőművek képesek lesznek pótolni azokat a szénbázisokat, illetve szénerőműveket, amelyek ezeket a korszerűsítési költségeket esetleg nem lesznek képesek elviselni.

Így válnak az erőművek (és más felhasználók) környezetvédelmi kölcsönhatásai az energiahordozók világpiaci értékét és az erőművek technológiai fejlesztését egyaránt jelentősen befolyásoló tényezőkké.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 88. évf. 5–6. szám. 1984. szeptember–december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5–6. Sept–Dec. 1984. Budapest

A bányászat és környezetvédelem kapcsolata⁽¹⁾

SIMON KÁLMÁN, Központi Bányászati Fejlesztési Intézet, H—1525 Budapest, Pf. 83.

Relationship between mining and environmental protection. The environmental characteristics of the Hungarian mining and the related tasks are briefly summarized. It is stated that in the future we have to devote more attention to the reduction of environmental injuries. The participation of different environmental institutions in the planning of mining investments is proposed.

✱

A bányászat és környezetvédelem kapcsolata. A szerző röviden összefoglalja a hazai bányászat környezetvédelmi sajátosságait és az ezzel kapcsolatos feladatokat. Megállapítja, hogy a környezetvédelmi ártalmak leküzdésére a jövőben nagyobb figyelmet kell szentelnünk. Javasolja, hogy a bányászati beruházások előkészítésében a környezetvédelem egyes részterületeit jól ismerő szakintézmények is vegyenek részt.

✱

A bányászati tudományok távlati kutatási főirányainak tervezésénél a ma már jól becsülhető evidenciákra alapozunk, de természetesen mindig figyelembe vesszük a népgazdasági- és világmodellekből adódó rendszerösszefüggéseket is. A bányászati tudományok kutatási prognózisának kidolgozásánál a következő három szempontot, illetve jelenséget tartjuk egyaránt meghatározó jelentőségűnek:

1. Gyorsuló technológiai verseny tapasztalható, amely máris félreismertetlen kihatással van az ásványi nyersanyagkészletek gazdaságos kiaknázhatóságára.

2. A bányászat környezetvédelmi korlátai egyre erősebben, sokrétűbben és jogosabban jelentkeznek és az ezek kitolására irányuló törekvések visszacsatolást jelentenek a technológiai versenyhez.

3. A bányászat nagy volumenű és hosszú megtérülési idejű beruházásai miatt különösen érzékeny a világpolitikai helyzet alakulására, illetve fordítva, a bányászati termékek világpolitikát befolyásoló tényezőkké válhatnak.

Tudományos „szint-áttörések” természetszerűleg főként az 1. pontban említett technológiai versennyel kapcsolatban várhatók, amely a 2. és 3. pontban említett jelenségektől elválaszthatatlan.

A hazai bányászat technikai színvonalának nemzetközi összehasonlításban meghatározott helyzetéről és a fejlesztés távlati irányairól a KBFI szakemberei a közelmúltban összefoglaló tanulmányt készítettek, melyben a környezetvédelmi kérdések kiemelt szerepet kaptak. Ezen tanulmány megállapításait is figyelembevéve kívánom a hazai bányászat környezetvédelmének saját

(1)Hozzászólásként hangzott el.

tosságait jelen korreferátumban összegezni. A bányászat és a környezet kapcsolatát két fő transzportfolyamat jellemzi:

Az egyik a bányászati *üregnyitással és felhagyással járó állapotváltozások* összessége a kőzetkörnyezetben, hol a „kőzet” megnevezése ez esetben a szilárd és a fluidumi (folyadék és gáz) fázist egyaránt tartalmazza. Ha ezeket a relációs folyamatokat a bányászati tevékenység, a bányában tartózkodó ember helyzetéből szemléljük, úgy ezek az ún. bányászati elemi veszélyek (pl. kőzetomlás, vízbetörés, gázkifúvás, és ezek összetettebb jelenségei, a vizes kőzetbetörés, gázos kőzetkitörés stb.). Ugyanezeket az első csoportba tartozó transzportfolyamatokat a bányászati tevékenység természeti környezetéből szemlélve, a bányászat környezetkárosító hatásainak egyik nagy csoportját találjuk. A legjellemzőbbek a következők:

- a) Kőzetmozgás eredetű bányakárok
 - mélyműveltek felett és közvetlen környezetében,
 - külfejtési munkagödörök szomszédságában.
- b) Vízmozgással kapcsolatos bányakárok, amelyekre viszont az jellemző, hogy a bányászat távoli környezetére is kiterjednek, ilyenek:
 - vízelvonásos bányakárok,
 - a vízszint visszaemelkedéséből, a bányászat felhagyásából eredő károk.
- c) Víz-, kőzetmozgás-jelenségek körébe tartozó legismertebb bányakárok
 - kőzetmozgások (felszíni süllyedések) bányászati vízszintsüllyesztések következtében.
- d) Gázmozgás-jelenségekkel kapcsolatosan elvileg ugyanezek fordulhatnak elő, de ezek nem gyakori és nem jelentős környezetkárosító hatások.

A transzportjelenségek másik fő csoportja a *föld kérgéből leválasztott, kiszállított anyagok mozgása, tárolása*. Ezt a bányászat felől a kitermelés, a feldolgozás, a hulladékkezelés folyamataiként szemléljük, míg a természeti környezet számára ugyanezek a folyamatok a bányászat emissziós környezetkárosító hatásait jelentik. Ezek közül a kitermeléshez kapcsolódók pl.

- a külfejtések porszennyezése,
- meddőhányók, amelyek anyaguktól függően a termőtalajt, a vizeket, a levegőt egyaránt szennyezhetik, a tájat csúfíthatják,
- a felszíni vízfolyásokba kibocsátott szennyezett bányavizek.

A nyersanyag-feldolgozás körében, mint bányász, csak azokat a feldolgozási folyamatokat említem, amelyek a bányászat tevékenységi köréhez tartoznak. Ezek közül a legfontosabbak az ásványelőkészítő-művek szennyvizei, a por-szennyeződés és meddőhányók iszaptavai.

Az említett két transzport jelenségcsoport szükségszerűen kapcsolódik is egymáshoz. E komplex jelenségek között említhetők, pl.

- a felhagyott vízzel telt bányák nem mindig káros hatásai a felszín alatti vizekre,
- a vízelvonás és bányavíz-kibocsátás kölcsönhatásai, amelyre példát a tatabányai medence Általér völgyéből még említeni fogok.

Ezek a jelenségek, mint környezetszennyező hatások a bányászat természeti adottságaitól, az emberi környezettől, a bányászott nyersanyag tulajdonságaitól, a kitermelés és feldolgozás technológiájától függően országonként, bányavidékenként más-más jelenségek, és más súllyal jelentkeznek. E tekintetben is éppen úgy, mint másban, a hazai bányászatnak vannak sok más országgal közös és sajátos gondjai.

Az ország gazdasági fejlettségi szintjéből, lakosságsűrűségéből következően a fejlett és közepesen fejlett ipari országokkal közös gond a lakott területek aláfejtése, meddőhányók visszatájosítása. Az évi bányameddő-termelésünk, azaz az a meddő, amelyet a bányagödörön kívül helyezünk el, 5,5 millió tonna, és ebből csak 170 ezer tonnát hasznosítanak. A „külső” meddőhányók száma 47, összterülete 6–8 ezer hektár.

A hazai bányászat által okozott légszennyezés viszonylag csekély mértékű, hasonlóan pl. az USA-hoz, ahol a teljes légszennyezés csupán 1,4%-a származik a bányászati tevékenységből. A legjelentősebb légszennyezést a szénbányák meddőhányói okozzák, különösen az égő meddőhányókból származik több ezer tonna/év kén emisszió. A bányászat által okozott porszennyezés eléri a 7 ezer tonnát évente, ha a pontszerű kibocsátásokat tekintjük.

Ugyanakkor a világ átlagához képest *specifikus természeti adottságunk a hazai bányászat vízveszélyessége* és ezzel összefüggésében a bányászat hatása az ország felszín alatti vízeire. Ugyanezekből a természeti adottságokból azonban az is következik, hogy a kibocsátott bányavizek 60%-a ivóvíz minőségű, amelynek csak 27%-át hasznosítják. A nem ivóvíz minőségű bányavizek többsége is jobb minőségű, mint a befogadó felszíni vízfolyás, ugyanakkor a kibocsátott bányavíz gyakran növeli a felszíni vízfolyás hasznosítható kisvízhozamát is. Ezek a környezeti hatások gyakran nagyon összetett formában jelentkeznek és nem minden esetben károsak. Szeretnék két példát említeni.

A bányák víz elleni védelmét célzó *vízszintsüllyesztési* tevékenység hatásai a felszíni vizeket is tápláló forrásokra, valamint a bányavíz-kibocsátások helyének vándorlása a bányászati tevékenység vándorlásával, egészen sajátos felszíni vízgazdálkodási gondokat is okoz. Például Komárom megyében az Általér völgyében, ahol a patakok tápláló természetes források a bányászat hatására már elapadtak, és egy-két évtizedig nem is áll vissza az eredeti állapot. Az elapadt forrásokat azonban pótolta a vízhasználatok számára a kibocsátott bányavíz. A nagymennyiségű bányavizet kibocsátó bányászat azonban megszűnik az Általér völgyében, nevezetesen a tatabányai medencében. A jövőben a bányavizeket a Velencei tó vízgyűjtőjébe bocsátják. Ez vízgazdálkodási problémát jelent, amelyre természetesen van műszaki megoldás, pl. a bányavíz átvezetése az Általér völgyébe.

A másik példát a bányatóként *felhagyott kavicsbányák* sorából emeljük ki. Ezekre a környezetvédők és a vízgazdálkodás szakemberei úgy tekintenek, mint nyitott sebekre a földalatti víztárolók testén, ahol a szennyezés azokba bejuthat, ugyanakkor ezek a tavak a vízdúsítás, a vízkészlet-gazdálkodás objektumai is. Intézetünk egy Szentendre környéki konkrét helyzetet vizsgálva, pl. arra a következtetésre jutott, hogy a talajvíztárolót, amelyre a vízmű kútjait telepítették, ott a Duna szennyezte és a bányatavak vize javította. Ezek az ellentétek is hozzátartoznak a hazai bányászat vízzel kapcsolatos környezeti hatásainak teljes képéhez.

Mindezek az ellentétek szemléltetik, hogy a környezetvédelem tevékenységét magasabb rendűen szervezett tevékenységként, *környezetgazdálkodásként kell értelmezni* és gyakorolni. Környezetgazdálkodási feladataink a „világ bányászatának átlagához” hasonló és attól eltérő adottságainkból következően részben azonosak, részben eltérőek. Mint a kutatás-fejlesztés-tervezés területén dolgozó bányász, a környezetgazdálkodás feladataiból elsősorban a fejlesztés feladatait emelném ki. A fejlesztés hatékony adaptáció lehet ott, ahol feladataink más országokéhoz hasonlóak. Ezek a területek:

– a légszennyezés (kéntelenítés, égő meddőhányók stb.),

- emissziós vízszennyezés (elsősorban az előkészítő műveknél),
- aláfektetés.

Természetesen ezen a területen is vannak olyan magyar fejlesztési eredmények (mint pl. a Haldex technológia, egyes vízkezelési eljárások stb.), ahol a megszerzett előnyt tartani érdemes, két ismert okból. Az adaptáláshoz is olyan színvonal kell, amelyet legalább jelentős, új részeredményeknek kell reprezentálnia, másrészt ahhoz, hogy fejlesztési eredményt vásárolhassunk, kell ilyenből eladható termékünknek is lenni. Két olyan feladatkör van, ahol hazai adottságaink a hatékony adaptáción túl leginkább intenzív saját fejlesztésre is kényszerítenek bennünket.

Az egyik feladatkör az ország különösen értékes mezőgazdasági termőterületének védelme, az ásványi nyersanyagok kitermelésével egyidőben. A fejlesztés iránya közismert:

- a meddőhányók csökkentése a nyersanyag komplexebb hasznosításával (pl. Haldex technológia és annak továbbfejlesztése),
- a meddőhányók mezőgazdasági újrahasznosításának meggyorsítása (ahol ugyancsak az elért jelentős eredmények továbbfejlesztése a feladat),
- az építőanyag-bányászat (pl. kavicsbányászat) felhagyott bányagödreinek beillesztése a fejlettebb környezetgazdálkodás rendszerébe, figyelemmel a vízgazdálkodás, a mezőgazdaság és a hulladékelhelyezés komplex, de esetenként egymással ellentétes céljaira, érdekeire.

A másik feladatsoport a szilárd nyersanyagbányászat a vízgazdálkodás és a termásvíz sokoldalú hasznosításának fejlett környezetgazdálkodását kell céloznia. A környezetgazdálkodás megvalósítása nagy, országrésznyire kiterjedő területeken a felszín alatti vízmozgásfolyamatok és azok kölcsönhatásainak megbízható szabályozását igényli. A szabályozáshoz a folyamatokat ismerni, előrejelezni és hatékonyan befolyásolni kell. Ami a feladatok megismerését, modellezését jelenti, ez eddig is eredményesen megvalósított adaptációs feladat volt. A szükséges ismeretanyagot a föld- és bányászati tudományok, pl. a rezervoármechanika, a hidrogeológia tartalmazza, a szénhidrogénbányászatban a vízgazdálkodás területén a bányászat megtalálta a fejlett alkalmazási példákat is, és innen merítette ismereteit, modelljeit és azokat saját feladataira adaptálta. Jelentős alkalmazott földtudományi kutatási feladat azonban annak a geológiai környezetnek a megismerése, ahol a transzportfolyamatok lejátszódnak, nem kevésbé a transzportfolyamat egyszerűsített modelljének a valószínűleg kielégítően illeszkedő paraméterek meghatározása. Ez a megbízható előrejelzés kulcskérdése.

Nagymértékben egyetértek mindazokkal, akik a környezetvédelmi előrejelzéseink megjavításához jelenleg nem elsősorban a meglévő modell, hanem az abba betáplálendő paraméterek pontosítását szorgalmazzák. A megismert folyamat szabályozásának célszerű megoldása nem kevésbé fontos fejlesztési feladat. A műszaki megoldások megtalálása és kifejlesztése a bányászat elméletének és gyakorlatának közös terméke volt. Így volt ez az eocén bányák kombinált vízvédelme esetében és így alakult ki legutóbb a Hévízi-tó védelmének hatásosnak és gazdaságosnak ígérkező megoldása is. Jóleső érzés, hogy ebben a közös munkában a Központi Bányászati Fejlesztési Intézetnek is része lehetett.

Végül, de nem utolsósorban szeretnék olyan fejlesztési területeket említeni, ahol a bányászat ismeretei, adottságai a környezetvédelmi feladatok megoldásához segítséget adhatnak. Az egyik ilyen terület a hulladékelhelyezés

felhagyott és működő bányákban, ahol intézetünknek vannak javaslatai és kezdeti eredményei. A másik terület a bányászati vízkizárási anyagok és technológiák alkalmazása a hulladékok felszíni munkagödrökben való izolált tárolásához.

Az elmondottakból is látható, hogy bányászatunk környezetvédelmi feladatai mindenképpen országos feladatok is, illetve abba szervesen illeszkednek. Tekintettel arra, hogy a bányászathoz hasonlóan más ipari objektumokkal kapcsolatos környezetvédelmi kérdések is komplex szemléletet és megítélést igényelnek, ezért megfontolandónak tartom, hogy a környezetvédelem egyes részterületeit (víz, levegő, talaj, növényzet, ásványvagyon, táj stb.) jól ismerő szakintézmények a *beruházást előkészítő folyamathoz* társulás vagy más együttműködési formában közösen vizsgálják és véleményezzék az objektumok környezetvédelmi kérdéseit, a célszerű megvalósíthatóság szempontjából.

Végezetül utalni szeretnék rá, hogy a jövőben feltétlenül számolnunk kell azzal, hogy nyersanyagbázisunk növekvő igénybevétele folyamán fokozottabb mértékben kell leküzdenünk a környezeti ártalmakat. Ez a növekvő tendencia szükségképpen kényszerít bennünket arra, hogy műszaki, gazdasági, jogi vonatkozásban megfogalmazódjanak, megnyilvánuljanak a fejlesztő munkával, egyetértéssel született elvek, amelyek a gyakorlati életben már korszerű funkcionálásra képesek.

Az építőanyag-bányászat környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei

PATVAROS JÓZSEF, Nehézipari Műszaki Egyetem Bányaműveléstani Tanszék,
H—3515 Miskolc, Egyetemváros Pf. 15.

Environmental effects of building material mining and possibilities for their removal. The environmental problems related to the mining of different raw materials for building are discussed. The possible ways for reconciling technical efficiency with environmental needs are presented. It is concluded that the problem can be solved by means of system analysis.

✱

Az építőanyag-bányászat környezeti hatásai és az elhárítás lehetőségei. A szerző elemzi az építőipari nyersanyagok kitermelésének környezetvédelmi kérdéseit. Bemutatja a technikai hatékonyság és a környezetvédelmi követelmények összehangolásának lehetőségeit. Lezögezi, hogy a kérdést rendszerszemléletűen kell megoldanunk.

✱

1. Száibanálló építőipari nyersanyagok kitermelésének környezetvédelmi kérdései

A száibanálló építőipari nyersanyagok kinyerésének tekintélyes hányada a ciklikus-folyamatos (fúró-robbantó) technológiájú kitermelés eredménye. Ezen bányászati technológiai rendszerrel kapcsolatos alapvető követelmények a következők:

- a termő, illetve erdőgazdaságok területei minél kisebb mértékű és idejű igénybevétele;
- az ásványveszteség és a hígulás minimalizálása;
- a minél szabályozottabb mértékű felaprítás az egyéb környezeti kihatások (zaj, illetve vibráció, a szeizmikus károsodás, a kőzetkivetés és a léglökési károsodások, porszennyeződés stb.).

A felemlített műszaki hatékonysági és a környezetvédelmi követelmények komplex összehangolása leginkább a hosszú fúrólyukas robbantások alkalmazásával lehetséges s ezen belül a következő megoldásokkal:

- a kőzettulajdonságokhoz legjobban illeszkedő tolóhatású robbanóanyagok alkalmazásával;
- a fúrólyukakon belül osztott töltetkonstrukciók kialakításával;
- a fúrólyukakon belül a talpi és a felső indítások kombinált alkalmazásával;
- megfelelő késleltetési fokozatok kialakításával a fúrólyukak között az egyes sorok belül, illetve az egyes sorok között az egyenletes felaprítást biztosító hullámhatás hatóidejének az elnyújtásával, a másodlagosan felaprítandó kőzetdarabok hányadának minél alacsonyabb szintre történő leszállítása érdekében;

- a tömegrobbantások számának csökkentésével és a kapcsolódó munkafolyamatok (rakodás, szállítás, elő-, illetve utóaprítás) minél egyenletesebb és minél jobb időbeli kihasználtságú összehangolásával;
- az egy tűzben elrobbantható maximális töltetmennyiség meghatározásánál a műszaki hatékonyság és a gazdaságosság alapkövetelményei mellett legfontosabb a megfelelő biztonsági előírások betartása a zaj, a vibráció a repesz, a szeizmikus, a por- és a léglökési hatások csökkentése érdekében. A környezetvédelmi követelmények kielégítésében természetesen az utólagos védekezési intézkedéseknek is megvan a maguk jelentősége, de azok leghatékonyabban a megfelelő környezetkímélő technológiák kialakításával és alkalmazásával érhetők el.

A szállbanálló kőzetes építőipari nyersanyag termelésben a bányászati termelési folyamatok térben és időben minél egyenletesebbé tételében új irányt jelent a nagy vándor törőberendezések alkalmazása, amelyek a fúró-robbantó technológiával kitermelt nyersanyagalmazhoz szorosan csatlakozva azonnal az elő-, illetve a közép-aprítást és az anyag továbbmozgatását is megoldják. Léteznek azonban a vándor törőberendezéseknek olyan változatai is, amelyek már a szállbanálló, nagy szilárdságú kőzetek folyamatos gépi jövesztését is meg tudják oldani, ekkor elmaradnak a fúró-robbantó technológia összes környeztkárosító kihatásai.

A szállbanálló kőzeteket termelő építőipari külfejtéseknél a bányaművelés munkafolyamatát a fejtésfelhagyást is a környezetvédelmi követelmények messzemenő figyelembevételével, a veszélyes rézsűk felszámolásával, a táj rekreálásával és rekultiválásával kell végrehajtani.

2. A laza szerkezetű építőipari nyersanyaglelőhelyek kitermelésének környezetvédelmi kérdései

Jelenleg az építőipari nyersanyaglelőhelyek kitermelésében a legnagyobb gondot a laza szerkezetű (homok, kavics) előfordulások kitermelése jelenti, mert

- a rendelkezésre álló, főleg mechanikus kotráson alapuló berendezésekkel kicsi az elérhető művelési határmélység s ezért nagy az ásványvesztés, olykor 50–70%;
- a kis művelési határmélység az egyenletes termelés követelményét megtartva a bányaművelés gyorsított ütemű horizontális terjeszkedését és egyre újabb termőterületek elvonását eredményezi;
- a laza szerkezetű építőipari nyersanyaglelőhelyek zöme a talajvízszint alatt helyezkedik el, s így a bányaművelés elhaladása után tőfelületek maradnak vissza, amelyeknek a hasznosítása csak kisebb mértékben van megoldva. A problémát csak fokozza, hogy az építőipari nyersanyagelőfordulások kitermelése során igénybevett területek nyolcszor akkorák, mint a szénbányászati külfejtéseknél. További gond, hogy addig, amíg a szénkülfejtéseket a bányatörvény és a bányahatóság szigorúan kötelezi a bányaművelés által felhagyott területek rekreálására és rekultiválására, addig ez a tevékenység laza szerkezetű (homok, kavics) építőipari nyersanyagok kitermelésénél a viszonylag enyhébb szabályozások miatt alig érvényesül a gyakorlatban.

Az említett nehézségek felszámolásában a hidromechanizációs technológia szélesebb körű bevezetése segíthet. Ennek segítségével egyrészt a bányászati

(jövesztés, rakodás, szállítás), másrészt az előkészítési (osztályozási, dúsítási) munkafolyamatok a víznek, mint egységes munkaközegnek a segítségével kapcsolhatók össze körfolyamatos rendszerben.

A hidromechanizációs technológia szélesebb körű elterjesztése a termőterületek igénybevételének csökkentése, illetve kémelése, valamint az építőipari nyersanyagvagon minél hatékonyabb kiaknázása érdekében a következő megoldásokat teszi lehetővé:

- a hagyományos mechanikus technológiával kimerültnak nyilvánított bányák újbóli művelésbe vonását és a veszteségként visszamaradt ásványvagonok (homok, kavics) teljes vastagságban történő kitermelését;
- a működő és az újonnan telepítendő bányák határmélységének lényeges kitolását, a bányaművelés horizontális terjeszkedési sebességének csökkentését, s ezáltal kevesebb, de nagyobb kapacitású üzemek kialakítását.

Az építőanyag-termelésben a bányászat és a további feldolgozás környezetvédelmi feladatait rendszerszemléletűen kell megvizsgálni és összehangolni, mert mindkét részrendszer kölcsönösen befolyásolja egymást. A fejletlen, rossz anyagminőséget eredményező bányászat ugyanis a feldolgozási lánc további kapcsolódó elemeinek a hatékonyságát is lerontja, a fejlett feldolgozási módszerek és eljárások viszont a gyengébb minőségű lelőhelyek, illetve lelőhelyrészek gazdaságos és környezetkímélő kitermelését is lehetővé teszik.

A komplex hidromechanizáció alkalmazásával olyan bányászati technológiai rendszerek kialakítására nyílik lehetőség, amelyek az ásványlelőhelyek ésszerű kitermelésén túl a termőterületek maximális védelmét is megoldhatják, az ásványveszteségek minimalizálásával és a bányaművelés által felhagyott területek tervszerű rekultiválásával, a termőterületek minél nagyobb értékű helyreállításával.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5–6. szám. 1984. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5–6. Sept–Dec. 1984. Budapest

Az alumíniumfeldolgozás különböző fázisaiban keletkező környezeti hatások és azok elhárítási lehetőségei

GEBHARDT JÁNOS, Magyar Alumíniumipari Tröszt, H—1133 Budapest, Pozsonyi út 56.

Environmental impacts originating from the various processing stages of the aluminium industry and their possible reduction. The Hungarian aluminium industry is the only industrial branch in the country which is entirely based on the processing of indigenous raw material. The Hungarian Aluminium Corporation unites the whole line of production from bauxite mining to semi-products manufacture and has substantial capacities in finished products processing. Plant units of the Hungarian Aluminium Corporation are operating in more than 50 locations and thereby immediately effecting the environment. In respect to the total output of air polluting material with a quantity of about 2.5–3.0 thousand tons per year the aluminium industry is in a better position than the chemical-, the energy- or the steel industries. Considering the environmental impact of the various plants of the Hungarian Aluminium Corporation, it turns out that those stages processing more refined materials and being able to-reuse process wastes on site are in a much more favourable position than bauxite mines, alumina plants and smelters, which handle large quantities of material. For the latter branches considerable amounts have been invested by the Hungarian Aluminium Corporation to protect the environment, and even more has to be spent in the future.

✱

Az alumíniumfeldolgozás különböző fázisaiban keletkező környezeti hatások és azok elhárítási lehetőségei. A magyar alumíniumipar hazánk egyetlen olyan iparága, amely kizárólag hazai nyersanyagot dolgoz fel. A Magyar Alumíniumipari Tröszt átfogja az iparágat a bauxit bányászatától az alumínium-félgyártmánygyártásig, ezen túl a készárutermelemben is jelentős kapacitással rendelkezik. A MAT objektumai az országnak több mint 50 településén fejtenek ki közvetlen hatást a környezetre. A MAT össz-légszennyezőanyag kibocsátás tekintetében – a maga 2,5–3,0 kt/év mennyiségével kedvezőbb helyzetben van, mint a nehézipar, a villamosipar és a vaskohászat. A MAT vállalatának a környezetre gyakorolt hatását vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a vertikumnak a nagyobb kikészítettségű anyagokkal dolgozó szakágazatai – ahol a feldolgozásra kerülő anyagok tömege kisebb, s a keletkező hulladékok helyben feldolgozhatók – sokkal kedvezőbb helyzetben vannak, mint a nagy tömegekkel dolgozó bauxitbányászat, timföldgyártás és alumíniumkohászat. Ez utóbbi szakágazatokban eddig is nagy összegeket fordított a MAT a környezetvédelemre, de további áldozatokat kell vállalni még a jövőben is.

✱

A magyar alumíniumipar – mint olvasóink előtt is ismeretes – hazánk egyetlen olyan iparága, amely kizárólag hazai nyersanyagot dolgoz fel. A Magyar Alumíniumipari Tröszt (a továbbiakban MAT) átfogja az iparágat a bauxit bányászatától az alumínium-félgyártmánygyártásig, ezen túl a készárutermelemben is jelentős a kapacitása. Bányatelephelyeinkkel együtt a MAT környezetszennyező létesítményei az országnak több mint 50 településén, illetve telepén találhatók, a fővárostól az eddig még nem lakott, leendő bányatelepig.

A MAT az össz-légszennyezőanyag kibocsátás tekintetében – a maga

2,5–3 kt/év mennyiségével – kedvezőbb helyzetben van, mint a Villamosipari Művek Tröszt az erőművei miatt, illetve a vaskohászat, a cementipar és a vegyipar egyes ágazatai, mert ezek egyenkénti légszennyező kibocsátása 300–500 kt/év mennyiségekkel jellemezhető. Kétségtelen azonban, hogy alumíniumkohóink közül különösen Inota a fluór kibocsátása miatt eléggé ismert, és az Ajkai Erőmű miatt a közelmúltban az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohót is elmarasztalták.

Mint ismeretes, a MAT a különböző szakágazataiban a felszabadulás óta jelentős kapacitásnövelő fejlesztéseket hajtott végre. Ennek eredményeként azonban a környezetvédelmi kívánalmak betartása ezeken a területeken – a bővítés időszakában megkövetelt szinten – kielégítő. A legutolsó nagy fejlesztés során végrehajtott környezetvédelmi beruházások pedig jó helyzetet teremtettek a fegyártmánygyártás szakágazatunkban is. Az évente kifizetett bírság összege csökkenést mutat. Az 1982-ben kifizetett 1,1 MFt bírság a termelési értékünknek csak 0,005%-a.

A MAT egészét érintő közléseim után ismertetem a vertikum szakágazatait, hogy tevékenységük és telephelyeik, valamint környezetvédelmi hatásaik, kapcsolataik, majd elhárításmódjuk értelmezhető legyen.

Bauxitbányászat

Az Európában kibányászott bauxit 30,0%-át adó magyar bauxitbányászat a bauxit településétől függően mélyműveléses, vagy külfejtéses jövesztéssel dolgozik. A bányászat mindkét módozatával, de különösen a külfejtésekkel károsítjuk a talajt, az alapközetet, de a vizeket és az élővilágot is. Bauxitbányászatunk kezdetén (1920 körül) a külfejtéses jövesztés volt a jellemző termelési mód, annyira, hogy az 1945-ig kibányászott mintegy 8 Mt bauxitnak csak 8%-a származott mélyművelésből. A felszabadulást követő nagy alumíniumipari fejlődést megalapozó bauxittermelés egyre nagyobb arányú mélyművelést igényelt. Jól mutatják ezt az alábbi adatok, amelyek a mélyművelésből származó bauxittermelést a kibányászott összes bauxit %-ában fejezik ki:

Év	1950	1960	1970	1980
%	67	67	84	82

Az időközben megjelent törvények, rendeletek azonban egyre nagyobb követelményeket támasztanak a föld védelmére, kötelezően írták elő a földterületek rekultiválását, újrahasznosítását, amelynek két fő fázisát különböztethetjük meg:

- a tájrendezés, vagy technikai rekultiváció keretén belül a bányászati tevékenység következtében károsult területek térszíni elrendezését, süllyedések, bányagödrök betemetését, a földben maradt mőtárgyak eltávolítását, s a talajréteg helyreállítását kell elvégezni.,
- az újrahasznosítás, vagy biológiai rekultiváció során a károsult területnek az erdő-, vagy mezőgazdasági területként leendő hasznosításához szükséges munkálatokat: melioráció, erdőtelepítés, gyepesítés stb. kell megvalósítani.

A bányatörvény végrehajtására kiadott 9/1961. sz. Korm. rendelet szerint a tájrendezés a bányavállalat, a biológiai rekultiváció az új tulajdonos feladata.

A mélyműveléses bányüzemek nagyobb súlyúak a terület igénybevételében és a termelésben is, de kisebb gondot okoznak a föld védelme, valamint a finanszírozás forrása szempontjából. A mélyművelésnél a terület igénybevétele két célt szolgál:

- üzemi épületek, bánya-objektumok, bányaudvar, szállító útvonalak és meddőhányók területei,
- süllyedéssel, felszakadással veszélyeztetett területek, amelyeken felszíni objektumok nincsenek.

Az első esetben hosszú idő után és nagy költséggel lehet a bányászat előtti állapotot visszaállítani, ezért nagy gonddal kell kiválasztani a 10–20 éves létesítmények helyét, lehetőleg kevésbé értékes földterületen. A süllyedés miatt viszont elsősorban a termőhelyi adottságok változnak, nevezetesen:

- lefolyástalan területek alakulhatnak ki,
- vízfolyások módosulhatnak,
- a talavízrendszer megsérülhet,
- mikroklíma változhat,
- talaj és erdő károsodhat.

A földmozgás miatt veszélyeztetett körzetek nagyobbak, de ezek helyreállítása könnyebb és kisebb időtartamra kell bányászati célra igénybe venni.

A külfejtések aránya a közelmúltban ismét növekszik, az 1980. évi 18%-ról 1983-ra már 34%-ra emelkedett az Iharkút közelében feltárt és a termelésbe egyre erőteljesebben bevont készletek következtében.

A külfejtéssel művelt bányák erőteljes beavatkozást jelentenek a környezetükben. A külfejtés miatt megbomlik a táj eredeti ökoszisztémája, melyet a környezeti tényezők és az élővilág bonyolult egysége határoz meg. Éppen ezért a helyreállítás a mélyműveléseknél szokásosnál fokozottabb gondoskodást, körültekintést és anyagi eszközöket igényel. A külfejtések tájrendezésekor részben a bányagödör, vagy tó, részben a meddőhányó felszámolásáról van szó. Helyreállítás eredeti állapotba természetesen nem lehetséges, mert a kitermelt bauxit hiányzik, de egymás utáni kitermelések esetében – ha közeleiek az előfordulások –, a letakarítandó talaj a felhagyott gödörbe szállítható. További jó megoldás egyes szép külfejtésnek természetvédelmi területté nyilvánítása, amint a Nyírad térségi Darvastó VI. sz. bauxitlencsét 1971-ben védetté nyilvánították.

A részben még üzemben lévő, részben már felhagyott külfejtéses bányáink rekultivációjára pontos terv készült, amelynek összege – mintegy 14 telep-helyet érintően – meghaladja a 275 MFt-ot. A jelenleg megkutatott, külfejtésre alkalmas bauxitlőhelyek a jövőben

Iharkút – Németbánya	1987-től
Csabpuszta – Nyírad	1991-től
Fenyőfő	1992-től

még további, mintegy 2 km² rekultiválandó területet jelentenek.

A bányászati tevékenységnek a földfelszínt károsító hatásán túl a vizekre gyakorolt hatása nagyon jelentős. A bauxitbányászatnak leglényegesebb a hatása a felszín alatti vizekre, ebből is elsősorban a karsztvízrendszerekre, másodrendűen a réteg- és talajvízrendszerekre. Kisebb jelentőségűek a bányavizek elvezetésével és a víz minőségének megóvásával kapcsolatos kötelezettségeink. A leművelésre kerülő bauxitrétegek felszín alatti mélysége már 1950-

ben elérte a Dunántúli-középhegység főkarsztvízrendszerének eredeti szintjét. Meg kellett kezdődnie a bauxitbányászat biztonságát és gazdaságos működését szavatoló vízvédelem kiépítésének, azaz a bányászati tevékenységet megelőző vízszintsüllyesztésnek.

A vízveszélyes mélységből, az eredeti vízszint alól termelt bauxit aránya azóta fokozatosan növekedett az alábbiak szerint:

Év	1950	1960	1970	1980
%	42	39	71	82

A bányászat – amint nyilván ismeretes – minden vízvédelmi tevékenységet csak bányahatósági és vízügyi hatósági engedéllyel folytathat. Ennek megfelelően a bauxitbányászat kezdettől fogva eleget is tett vízkárelhárítási, illetve vízpótlási kötelezettségének, továbbá kezdeményezte a kiemelt, – ivóvíz minőségű – karsztvíznek a lakossági és ipari felhasználását, amely jelenleg a kiemelt víz mennyiségének mintegy 15–20 százaléka.

A Dunántúli-középhegység az ország legnagyobb karsztos vízgyűjtője, amely a délnyugati országhatártól délnyugat–északkelet csapásirányban Hatvan–Gyöngyös térségéig terjed, s mintegy 10 000 km² területű. Több különböző földtani korú karbonátos kőzetekben lévő karsztvízmelet található ezen a területen az alsó-karbontól a felső-pliocénig. A különböző kőzetekben lévő vízrendszerek közül legjelentősebb a középhegység egészére kiterjedő – hidraulikailag egységes – ún. főkarsztvízrendszer.

A mesterséges beavatkozások előtti természetes állapotában a rendszerbe bejutó vízmennyiség egyensúlyban volt a hegységperemeken – források, karsztlápok alakjában – eltávozó vízzel. Ezt az egyensúlyt a század elején már megbontotta a tatabányai, majd az ajkai szénbányáknál megindult bányavédő vízkimelés. Ez a vízkimelés 1950 körül már elérte az 550–600 m³/perc értéket. A bauxitbányászat részesedése ebből 1982-ben 65% körüli volt.

A vízszintsüllyedés által keletkezett károk közül legfontosabb a vízhasználatokban (források, kutak) keletkezett kár, amelyet a bányászatnak pótolnia kell. Ebbe a csoportba tartoznak azok a langyos- és melegvízű gyógyforrások (budai források, hévízi-tóforrás), amelyek nagyobb mértékű károsodása rendkívül súlyos helyzetet teremtene, ezért a káros vízszint-csökkenés megelőzése *feltétele* a bányászatnak. Kiterjedt kutatások, vizsgálatok eredményeként a budai források védelme érdekében a Vízügyi Hatóság 200 m³/percben maximalta a középhegység északkeleti szárnyán lévő bányák: Tatabánya, Nagygyháza, Csordakút, Mány együttes vízemelését. A középhegység délnyugati részén a Hévízi-tóforrás közelében 350 m³/perc a maximálisan kiemelhető vízmennyiség. Vannak olyan károk, melyeket elsősorban tájvédelmi és idegenforgalmi szempontból kell elhárítani. Ilyen pl. a Tapolca-tavasbarlang és Malom-tó, amelynek legalább részleges helyreállítása városképi szempontból kívánatos.

A felsorolt környezeti károkat tehát mindenképpen meg kell előzni, illetve a kár bekövetkezése esetén a vizet pótolni kell. Ezek a módok három csoportba sorolhatók:

- bányászati megoldások, amelyekkel kevesebb víz kiemelésével is megte-remthetők a bányabiztonság feltételei, ezt a célt el lehet érni közettömítéssel, időben- és térben korlátozott helyi víztelenítéssel;
- közvetlenül környezetvédelmi jellegű megoldások, ilyenek lehetnek a víz-visszaforgatásos rendszer, a hozam- és hőmérséklet-csökkenést elhárító védelmi intézkedések;

– vízgazdálkodási intézkedésekkel, a tóból kifolyó, a kutakból elvett vízmennyiség szabályozása, de ide tartozik a gyógyvizekkel való gazdálkodás bevezetése is. Itt kell említést tennem a kiemelt víz minél nagyobb hányadának a hasznosításáról, mert ezzel a direkt vízkiemelő kutak teljesítménye csökkenthető.

Előzetes, távlati terveink szerint a kiemelendő víz az alábbiak szerint fog csökkenni:

Év	1985	1990	1995	2000
m ³ min ⁻¹	390	350	180	170

A timföldgyártás

A magyar–szovjet timföld-alumínium egyezmény teljesítése érdekében felfejlesztett timföldgyártásunk a világon általánosan alkalmazott, körfolyamati lúgos termelési móddal, az ún. Bayer-eljárással dolgozik. Ennek a gyártásmódnak az a lényege, hogy magas hőmérsékleten (245 °C) és nagy nyomáson (35 bar) marónátronoldattal kioldják a finomra őrölt bauxitból az Al₂O₃-at. Ezt követően az oldatból kikristályosítják a kioldott Al₂O₃-at, majd leszűrik és forgódobos kemencében 1100 °C körüli hőmérsékleten izzítják kohósításra alkalmas timfölddé.

A kioldási maradék, az ún. vörösiszap, több lépcsős ellenáramú mosás után szivattyús szállítással tározó tavakba kerül. A vörösiszap 1–80 μ nagyságú, szilárd, hidratált szemcsék halmazára, s emiatt a kiszáradt vörösiszap laza szerkezetű és porlékony. A gyártáshoz felhasznált nagy tömegű folyadéknak bizonyos hányada hulladékba kerül, amelyet semlegesítés után engednek ki a gyártelepről. Az izzítás folyamán – a porleválasztó rendszer meghibásodásakor – aprószemcsés timföld kerülhet a légtérbe.

A gyártásmód rövid leírásában ismertetem a timföldgyártás során fellépő környezetszennyeződés lehetőségeit: 1. a szennyezett elfolyó vizet, 2. a légszennyező porkibocsátást és 3. a nagy tömegű vörösiszap keletkezését.

1. Az üzemeltetés során előforduló zavarok esetén bizonyos gyárrészlegben lúg, illetve lúgtartalmú zagy nagyobb mennyiségben kerülhet a padozatra. Ha a kiömlött anyag a meglévő hulladékszállító rendszer teljesítményét meghaladja, s nem adható vissza a körfolyamatba, akkor a csatornarendszeren át közvetlenül élővízbe, patakba, folyóba kerül. Az ide került lúg – tömegétől függően – kárt tesz az élővíz növény- és állatvilágában. Hasonló kárt okoz a talajba beszivárgó, s onnan a talajvízzel ugyancsak a folyóba kerülő lúg is.

Mindhárom timföldgyárunkban kidolgozták azokat a megoldásokat, amelyek megvalósításával megszüntethetők, legrosszabb esetben is nagyon ritka előfordulásig csökkenthetők az üzemzavarból eredő folyóvíz lúgosítások. A védelmi célrendszerek kiépítése mintegy 20 MFt költséget igényel.

2. Légszennyezést okozó porok és gázok pontszerű kibocsátókon 850 t, diffúz szennyezőkön át további 430 t jut a légtérbe évente. Az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal irányelvei szerint felmért timföldgyártási porok és gázok:

- bauxitpor-képződés a fogadásnál és tárolásnál,
- bauxitpor-képződés a törésnél és osztályozásnál,
- timföldpor, NO_x, SO₂, CO tartalmú füstgáz távozása a timföld izzításánál,

- timföldpor keletkezése a tárolásnál és szállításnál,
- mészpor képződése a mész betárolásakor és felhasználásakor,
- vörösiszap por képződése száradt tároló felületén.

A szennyező pontok közül a hidrát izzításánál keletkező szennyezés jelentős, melyet számszerűen is bemutatok az 1982. év adataival.

Vállalat	Kibocsátás, t/év	Bírság, EFt :
Ajka	182	28
Almásfüzitő	543	362
Magyaróvár	105	289

Terveink szerint mindhárom timföldgyárunkban mind a pontszerű, mind a diffúz források által okozott szennyezések csökkentésére intézkedéseket fogantatosítunk, amelyek főleg az elektromos porleválasztók munkájának javítására vonatkoznak. Az igényelt összeg 60 MFt.

3. A timföldgyárak legnagyobb gondja a vörösiszap elhelyezése. A keletkezett iszap mennyisége 1,2–1,3 t száraz iszap timföld tonnánként. Az eddigiek során mintegy 30–32 Mt-ra növekedett a hazánkban tárolt vörösiszap s évente további 1 Mt-val emelkedik e készlet.

A vörösiszap feldolgozására már sok kísérlet történt, azonban általánosan bevált módszer ezideig nem ismeretes. Vannak, illetve voltak kezdeményezések építőipari, útépítési, vasipari felhasználásra, de ipari méretű alkalmazásról nincs tudomásunk. Hazánkban is kidolgoztak egy kombinált eljárást a vörösiszap komplex hasznosítására, de a nagy beruházási költség, valamint a vitatható gazdaságosság miatt nem került bevezetésre. Emiatt szerte a világon hányón helyezik el a vörösiszapot, hazánkban is ez az elhelyezés módja. Tárolásának 2 fő hátránya van: *a)* Sok területet von el a mezőgazdaságtól, s a megszáradt iszaptó erősen porzik. *b)* A tárolóból elszivárgó folyadék szennyezi a környezet talaj- és élővizeit.

a) Az igényelt terület nagyságára jellemző, hogy Ajkán az eddig elfoglalt terület 95 ha és most épül egy 47 ha-s tározó. Almásfüzitőn 93,4 ha telt meg, s jelenleg töltés alatt van egy 65 ha-s tározó. Mosonmagyaróváron összesen 66 ha területet foglal el a vörösiszap. A már betelt tározók ismételt használatba vételét nem sikerült még megoldani, csak a porzás meggátolására szorítkozhat a rekultiváció. Korábban említettem, hogy a vörösiszap laza szerkezetű, ha megszárad. Ennek az a velejárója, hogy a több méter vastagságú réteg nem teherbíró, hanem az ingoványhoz hasonlóan alig terhelhető. Emiatt hazai kezdeményezéseink, jónak ítélt kísérleteink során a száraz iszaptó felületére vékony termőtalajt terítették, amelyből a vetett fűmag elfogadhatóan kikelt és megélt.

Ajkán facsemeték és cserjék telepítésével kísérleteznek. 1981 óta 19 000 db facsemetét, 5000 fagyalbokrot és 2000 db vadrózsát telepítettek. Ezek a növényfajták viszonylag jól bírják a rendkívüli körülményeket. Kísérletek folytak az ún. Verdyol-hydrosa eljárással, melynek lényege, hogy speciális gépi berendezéssel növényi magvakkal együtt felületkötő – humuszképző – és a növények fejlődésének megindulásához szükséges tápanyagokat vízes szuszpenzióban hordják fel a vörösiszap felületére. A kipróbált módszerektől joggal várhatjuk, hogy a régi tározók porzását meg lehet velük akadályozni. A rekultiváció várható költségkihatása 70 MFt.

b) A tározóból elszivárgó folyadék oldott szennyezői: NaOH, Na₂CO₃, Na₂SO₄ stb., ha nem szigetelt a tározó alja, a talajvízbe kerülnek, s onnan az élővizekbe jutnak. A szennyeződés nyomon követésére ún. megfigyelő kutakat létesítettek, s a vett mintákat elemezték, s azt kapták eredményül, hogy a talajvíz szennyezettsége Ajkán nagymérvű, Magyaróváron közepes, Almásfüzitőn elfogadható.

A régóta betelt iszaptavak környékén csökken a talajvíz szennyezettsége, de mégis számottevő, ezért indokolt a tározók aljának a szigetelése, vagy természetes vízzáró réteg fölé telepíteni a tározót. Ez utóbbi megoldást alkalmazzuk Almásfüzitőn, ahol a szerencsés geológiai adottság kihasználásával, egy völgyzárógát létesítésével — viszonylag kis költséggel — 25–30 évre megoldható a keletkezendő vörösiszap elhelyezése.

A közelmúltban a Giulini-cég nyugatnémetországi gyárában kifejlesztették a nagy teherbírású száraz-iszaptárolást, amelynek lényege, hogy 45–50% nedvességtartalmú, szűrt iszapot nagy mechanikai hatásnak tesznek ki erős keverőben; az így folyékonyvá vált iszap ismét szivattyúzható, de egymásra halmozódás esetén az egyes iszapszemcsék úgy rögződnek egymáshoz, hogy 30–32 m magas tározó is kialakítható. A tározón néhány napi száradás után földgépek közlekedhetnek. Külön érdekessége ennek a tárolásmódnak, hogy a folyadék-beszívárgás lehetetlen, s a környezet vizeit nem szennyezi. A Magyaróvári Timföldgyárban a közeljövőben bevezetjük ezt a tárolási módot.

Az Ajkai Timföldgyár vörösiszapjának elhelyezése továbbra is nagy gond, a legjobb megoldás kiválasztására most folynak kísérletek. Megjegyzem, hogy a vörösiszapnak — mint nagy mennyiségű hulladéknak — legcélszerűbb elhelyezése a nyersanyagkénti feldolgozása lenne, de ezideig ezt a hasznosításra vonatkozó számítások gazdaságtalannak mutatták. A környezetvédelem szigorúbbá válása esetén lehetséges lehet feldolgozása, ha a környezetvédelemre kötelezően kifizetendő összegeket is figyelembe vesszük.

Alumíniumkohászat

A timföldgyártásnál arról szóltunk, hogy nagy fejlesztéseket valósítottunk meg a magyar–szovjet timföld-alumínium egyezmény teljesítése érdekében. Az alumíniumkohászatnál — talán éppen az egyezmény következtében — elmaradtak a korszerűsítő, kapacitásnövelő beruházások.

Hazai alumíniumkohóinkban a 35–40 évvel ezelőtt korszerűnek minősített kádtípusok konzerválódtak. Bár az utóbbi 20 évben kisebb rekonstrukciókkal a termelés intenzív ebbé tételét sikerült megvalósítanunk. Bizonyos mértékig korszerűsítettük a kádszerkezeteket, de lényegbevágó változást nem tehetünk. Javítottuk a kádkiszolgálást nagyértékű gépesítéssel, korszerűsítettük az energiaellátást, az egyenáramszolgáltatást, de a gázelszívás és a gáz-tisztítás korszerűsége elmarad a kívánalmaktól.

A világon termelt fémalumíniumnak mintegy 60%-át — az 1960 óta elterjedt — nagykapacitású, ún. blokkanos elektrolizáló kádokban, 40%-át pedig oldal- vagy felsőtüskés Soederberg, vagy önsülő-anódos kádokban állítják elő. A blokkanos kádak gázainak tisztítása megoldott feladat, ezért a kohók légszennyezése minimális és a csarnokokban is tiszta a levegő. Ezeknek a kádoknak szerkezeti előnyük, hogy könnyen és jól burkolhatók, s a közep-töréses típusuk — amely egyre terjed — gyakorlatilag állandóan zárt, s ennek következtében a kohógázok csak a szellőzőrendszer felé távoznak. Az elszívott gázok az össz-gáz mennyiségnek 95–99%-át teszik ki, s általában száraz

gáztisztítási eljárással könnyen tisztíthatók, mert nincs bennük kátrányszármazék.

A Soederberg, önsülő-anódos kádaknál az anód kiégése magában a kádban folyik le, s az égés során keletkező kátránygőzök (PAH: policiklikus aromás szénhidrogének) az elektrolízis gázok alkotóivá válnak, s alacsony harmatpontjuk következtében a gázelszívó rendszerben és a tisztító berendezésekben lerakódnak, ezzel nagyon megnehezítik a gáztisztítást. Nemzetközi összehasonlításban hazai kohóink az azonos kádtípusokkal való összehasonlítást jól állják. 1970-ben japán szakértők jó technológiai és apparatív módosítással szép eredményt értek el, de ehhez speciális anódmassza szükséges, emiatt licencvásárlással sem lehetne átvenni a megoldást, mert a napjainkban importált anódmassza változó minősége erre alkalmatlan.

A környezeti ártalmak szempontjából az alumíniumkohászati gázok szennyező anyagai közül a CO, a CO₂, a por és PAH jelentősen hígítottan kerülnek a környezetbe, és tisztítás nélkül sem fejtenek ki jelentős károsító hatást. Kiemelt figyelmet érdemel azonban a fluor, melynek hatása a legerősebb.

Különböző típusú kádak közül legkisebb fluorszennyezést a blokkános kádak okozzák. Jól megközelíti ezt az értéket az oldaltüskés kád, de messze elmaradnak a felsőtüskés (Inotai-típus) kohókádak értékei. A kohók légszennyező hatása mellett meg kell említeni a talajszennyezést, amely a kádfelújítások során keletkező és kidobott katód-bontási hulladék karbid-nitrid tartalmának bomlása után juthat a talajvízbe. A fluor, SO₂ és CO emisszió értékeit az alábbi adatok szemléltetik:

Kohó	Fluorid		SO ₂		CO	
	Megeng.	Tényl.	Megeng.	Tényl.	Megeng.	Tényl.
Ajka*	52,7	15,3	152,0	4,6	670,0	35,0
Inota	1,2	8,6	3,3	5,2	140,0	73,0
Tatabánya	1,2	13,5	3,3	13,2	68,3	55,0

* Ajkán a nagy értéket a 105 m magas kémény miatt írták elő.

Az ismert sok – száraz és nedves – gáztisztító eljárás közül azt a módot ismertetem pár szóval, amelynek hazai alkalmazása lehetséges. A nedves eljárások közül a Zsiár-i Alumíniumkombinátban kifejlesztett ún. Korozet mosó, mely azon az elven működik, hogy az összegyűjtött gázokat – fenolgyanta és örölt azbesztes elektrografit keverékből égetett töltettel telt reaktorokban ellenáramban vízzel tisztítják. A fluorra vonatkoztatott tisztítási hatások 94–95% körüli. A berendezés egyszerű, beruházási költsége kicsi, a kapott oldatok fluor-tartalma regenerálható. A száraz gáztisztítási eljárásokat általában a blokkános, a nedves módokat pedig az önsülő-anódos kádaknál használják.

Hazai alumíniumkohászatunk szükséges korszerűsítésére több változat lehetséges, melyek bármelyike kielégítő környezetvédelmi viszonyokat teremt; s a beruházási költség meghaladja az 1,5 milliárd Ft-ot. A kielégítő gáztisztítás célját szolgáló beruházások további 160 MFt-ot igényelnek.

Fentiek eredményeként a várható fluor emisszió 2–3 kg/t-ra, az egyéb szennyezők: CO₂, SO₂, por és PAH értékek az előírt normák alá kerülnek.

Félgyártmánygyártás

A félgyártmánygyártás alapvetően a MAT két vállalatánál folyik. A két vállalat profilja, nagysága és környezetére gyakorolt hatásában eltér egymástól, ezért célszerűbb külön ismertetni őket.

A *Székesfehérvári Könnyűfémű* öntött, sajtolt, hengerelt, kovácsolt és felületkezelt termékeket állít elő alumíniumból, illetve ötvözeteiből. 1960 óta folyamatos termelésbővítés és választéknövelés folyik a vállalatnál, s a beruházások folyamán komoly erőfeszítés történt a környezetszennyezés mértékének csökkentésére. E tekintetben jellemző, hogy a kemencepark legnagyobb része gáztüzelésű. 1983-ban végzett ismételt ellenőrző mérések tanúsága szerint a CO és az NO_x is jóval a megengedett érték alatt volt. Az élővizek irányába elfolyó napi mintegy 3000 m³ hűtővíz szennyezőanyag tartalma az engedélyezettnek egytizede, a nagy beruházás során kivitelezett víztisztító rendszerek hatására.

A jelenleg is jó eredmények további javítására a vállalat tervet dolgozott ki, melynek néhány fontos pontja:

- Bővíteni kell az öntödei klórgázmosó berendezés kapacitását (8 MFt).
- Növelni kell a hengerléskor keletkező olajgőzök szűrésének hatékonyságát.
- Fokozni kell az emulzió-bontó kapacitását (30–35 MFt).
- Önálló szennyvízkezelővel kell ellátni a központi pácolóüzemet is (15 MFt).

A *Kőbányai Könnyűfémű* lakóházak és gyárak gyűrűjében dolgozik. A gyár beépítettségére jellemző, hogy parányi zöld területe az udvaron lévő fedett tűzi-víztároló tetején van. A gyár fő tevékenysége a fóliagyártás, amelynek két fő folyamata van:

- a hengerlés, a Székesfehérvárról érkező fólia előtermékből hengerlik szükséges méretűre a fóliát. Az alkalmazott keverőfolyadék légszennyező hatása nem éri el a megengedett értéket;
- a nemesítés során a fólia felületét lakkal, vagy festékkel vonják be. Az alkalmazott oldószerek jellegzetes alkohol-aroma szagúak, de töménységük az előírt érték alatt marad. Egyébként a tűzveszélyességi szempont is ezt követeli meg.

A gyárból kikerülő szennyvíz minőségének meg kell felelnie az előírásoknak, mert a fővárosi csatornarendszerbe juttatják. A nem semlegesíthető olajos vizet hordókba gyűjtik és kijelölt helyen lévő szikkasztóban semmisítik meg. A fólia színezésekor használt anyagokból számottevő mennyiségű veszélyes hulladék keletkezik, ilyenek: aceton, etilacetát, metil-etileton, etilglikol, etilalkohol, lakkmaradék stb., továbbá olajiszap, fűróolaj-emulzió stb. Ezeket az évi mennyiségben mintegy 150 t-t kitévő hulladékot összegyűjtik, s kijelölt helyre szállítják.

Készárugyártás

Készárugyártás a MAT két vállalatánál folyik, a Balassagyarmati Fémipari Vállalatnál és a Hódmezővásárhelyi Alumíniumszerkezetek Gyárában. Ezeknek a vállalatoknak a tevékenysége nem tartozik a környezetet szennyező kategóriába. Az alkalmazott technológiai eljárások, az üzemi tevékenység, viszonylag könnyű technikai megoldásokkal és nem túl költséges munkával megteremthető az előírásokban meghatározott mérőszámok betartása. Ennek

megfelelően készárugyártó vállalataink eleget tesznek a környezetvédelmi kívánalmaknak és tervezett fejlesztéseik még további javítást céloznak.

A MAT vállalataink környezetkárosító hatásait vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a vertikum nagyobb kikészítettségű anyagokkal dolgozó szakágazatai, ahol a kezelendő tömegek kisebbek, s a keletkező hulladékok helyben feldolgozhatók, sokkal kedvezőbb helyzetük miatt maradéktalanul megfelelnek az előírásoknak. Nehezebb a helyzet a nagy tömegekkel dolgozó szakágazatokban: a bányászatban, a timföldgyártásban és az alumíniumkohászatban. Ezekben a szakágazatokban eddig is nagy összegeket fordítottunk a környezet védelmét szolgáló indézkedésekre, de további áldozatokat kell még vállalnunk a jövőben is, amelyek közül a legfontosabbakat legyen szabad röviden felsorolnom:

- A bányaberuházások előkészítése során figyelemmel kell lenni arra, hogy csak a legszükségesebb területek kerüljenek kisajátításra, és már a bányaeépítés és termelés alatt gondot kell fordítani a majdani rekultiváció előkészítésére.
- A kevésbé vízveszélyes területek megkutatását előnyben kell részesíteni és nagyobb jelentőséget kell tulajdonítani a kitermelt karsztvíz minéi nagyobb mértékű hasznosításának.
- Fontos feladatnak kell tekinteni a vízkészlettakarékos bányavíz-védelmi módszerek gazdaságos alkalmazhatóságát eredményező kutatásokat.
- A régi iszapterek rekultivációját folytatni kell, el kell érni az összes elhagyott iszapter lefedését.
- Az új vörösiszapterek létesítésekor a száraztárolás alkalmazását vizsgálni kell.
- A vörösiszap hasznosítására vonatkozó kutatásokat erőforrásaink függvényében folytatni kell.
- A kalcinálás- és timföldszállításban el kell érni, hogy a porzási veszteségek, diffúz és pontszerű szennyező források együttesen a 0,5%-ot ne haladják meg.
- A kohóknál meg kell oldani az összegyűjtött gázok fluor-hasznosítással összekötött tisztítását, úgy, hogy az összegyűjtött gázok fluortartalmú felsőtüskés szériáknál 80 – 82%-os, oldaltüskés szériáknál 92 – 95%-os hatásfokkal kinyerhető legyen.
- Kohóinknál meg kell oldani a kádbontási termékek és a szénsalakhab fluor-tartalmának hasznosítását.
- Új kapacitás, épület, műtárgy, illetve létesítmény építése, bővítése, a technológia változtatása, korszerűsítése, továbbá rekonstrukciója során már a műszaki tervekben érvényesíteni kell a levegő tisztaságvédelmét, a környezetvédelmi előírásokat.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5–6. szám. 1984. szeptember – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5–6. Sept–Dec. 1984. Budapest

Vaskohászati salakok és a természeti környezet kapcsolata

SZIKLAVÁRI JÁNOS, Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság,
H-1052 Budapest, Martinelli tér 8.

Relation between siderurgical slags and natural environment. It is stated that in a major part of countries the mass of siderurgical slags is about the half of the quantity of steel produced. This makes the need for utilization of siderurgical slags obvious. The environmental problems related to slag management are discussed.

✱

Vaskohászati salakok és a természeti környezet kapcsolata. Szerző megállapítja, hogy a legtöbb országban a vaskohászati salak tömege a termelt acél mennyiségének felével egyenlő. Ez nyilvánvalóvá teszi a vaskohászati salak felhasználásának szükségességét. A tanulmány elemzi a salakkezeléssel kapcsolatos környezetvédelmi kérdéseket.

✱

A vaskohászati salakoknak általában 60%-a a nagyolvasztóművekben keletkező *nyersvassalak*, 40%-a az acélművekben keletkező *acélsalak*. A *nyersvassalak*: vas-oxidban és mangán-oxidban szegény kalciumszilikát. Az *acélsalak*: ugyancsak kalciumszilikát, de kalcium-oxidban gazdagabb, emellett vas-oxid- és mangán-oxid-tartalma együttesen 20–25%. Mindkét salak tartalmaz kisebb-nagyobb arányban magnézium-oxidot, alumínium-oxidot és még számos más fémoxidot is.

A kétfajta salak együttes tömege a legtöbb országban hozzávetőleg annyi, mint a termelt acél fele. A tekintélyes tömegű salakanyag indokolja, hogy a vaskohászat kiemelt figyelmet fordítson hasznosítására. E tekintetben a nemzetközi gyakorlat ma még nagyon különböző. Sok üzemet hatalmas salakhányók öveznek – pl. hazánkban is –, mert a salakot vagy annak egy részét kiöntik: szennyezik és csúfítják vele a környezetet. A technikailag fejlett országokban a természet kímélése és a termelés gazdaságosságának javítása érdekében a salakot hasznosítják: salakfeldolgozó üzemegységeket tartanak fenn.

Noha ez idő szerint a hasznosított salak nagy hányadát világszerte még útépítés és cementgyártás céljára adják, a jövő perspektivikus felhasználási területe a talajjavítás. A salak ugyanis – megfelelő előkészítés után – a talajba szántva, mint salaktrágya a természeti környezet javára szolgál. Külföldi tapasztalatok sora igazolja, hogy a vaskohászati salak – főleg az acélsalak – a savanyú talajok kedvezőbb javító anyaga, mint a hagyományos talajmeszező mészkőrlemény, lápi mész vagy cukorgyári mésziszap, mert hatékonyabban növeli a talajok pH-értékét. Emellett a salak tápanyaghordozó trágyának is tekinthető, mert hisz a kalciumtápanyag mellett több-kevesebb más tápanyagot is tartalmaz: magnéziumot, foszfort, kén, nitrogént és a növényzet

számára mikroelemnek számító vasat, mangánt, esetenként rezet, molibdént, cinket, bórt, krómot stb.

A salak magnézium-oxid-tartalma külön figyelmet érdemel, mert a termés hozama és minősége érdekében a talaj magnézium-háztartásának egyensúlyát folyamatosan fenn kell tartani. Az acélsalak ehhez elegendő magnéziumot juttat a talajba, ezért pl. a csehszlovák mezőgazdasági gyakorlat az acélsalakot kalcium-magnézium trágyának minősíti, és a szabvány így is nevezi. A hagyományos mésztrágya és a salaktrágya hatásának összehasonlításáról a nemzetközi szakirodalom számos példát tartalmaz. Számunkra főleg a szovjet tapasztalatok érdekesek, mert salakjaink közel azonos tulajdonságúak. Szovjet kutatók megállapították, hogy acélsalak (martinsalak) hatásaként

- a talaj gyarapodik a növények életképességét fokozó mikroorganizmusokban,
- a termés minősége javul (pl. növekszik a gabona és a széna fehérje-, cukor- és vitamintartalma),
- a növények ellenállóbbak a betegségekkel szemben.

Nyizsnyij-Tagil környékén 500 ha-nál nagyobb területen végeztek összehasonlító vizsgálatot savanyú talajok mészköves és martinsalagos javításának hatékonyságáról. Ha az alaptrágyához hektáronként 2 t martinsalagot adtak, akkor a terméshozam kukoricából 37%-kal, tavaszi búzából 5%-kal, zabos bükkönyből 33%-kal, árpából 14%-kal volt nagyobb, mint az alaptrágya + 2 t mészkőrlemény kiszórásakor. Hektáronként 2 t elektrosalak a széna terméshozamát 2 év alatt nagyobbra növelte, mint a hagyományos istállótrágya. Salak + istállótrágya keverékkel a terméshozam további 25%-kal növekedett. Salaktrágyával kezelt talajon a növények hamarabb virágoznak és a termés 1,5–2 héttel hamarabb érik be, mint hagyományos mésztrágyával kezelt talajon. Ez főleg a mostohább éghajlati körülmények között nagy előny.

A salaktrágyagyártás természetesen megfelelő műszaki felkészültséget igényel, mert a salaktrágya szemnagyságával szemben – éppúgy, mint a műtrágyákéval szemben – szigorú követelmények vannak: *egyrészt* a tápanyagok hasznosulásának hatékonysága oldaláról, *másrészt* a talajraszórás technikai megoldása oldaláról. A *hasznosulás* az őrlés finomságától függ. Tapasztalat szerint az 1 mm-es és ennél nagyobb szemcsékben lévő hatóanyagok feltáródása éveket vehet igénybe. Ilyen okokból pl. a csehszlovák salaktrágyaszabvány 1 mm-nél nagyobb szemcsét nem enged meg. A szovjet szabvány előírása, hogy a salaktrágya 90%-a 0,5 mm-nél kisebb szemnagyságú legyen. E követelmények miatt a salakot lisztté kell őrölni.

A *lisztszerű állapot* a hatékonyság érdekében fontos, de raktározás és kiszórás tekintetében – porzás miatt – *nem kívánatos*, ezért újabban a salaklisztet granulálják (pellettezik). A granulátum a liszthez képest kb. fél évvel később táródik fel, amit a kiszórásakor számításba vesznek. Az acélsalagnak salaktrágyacélra adott hányada azokban az országokban a legnagyobb, amelyekben foszfordús Thomas-salakok keletkeznek: Franciaországban és Luxemburgban 100%, Belgiumban 90%. Nem Thomas-salakkal dolgozó országokban az arány ma még lényegesen kisebb: Ausztriában és az NSZK-ban 24%, Csehszlovákiában 14%, a Szovjetunióban 6%, hazánkban ez idő szerint 0%.

Kérdés tehát: Mi a helyzet hazánkban a salaktrágya terén mezőgazdasági és vaskohászati oldalon? Hazánk mezőgazdasági területének egyharmada – több mint 2 millió hektár – pH < 6,6 kémhatású „savanyú”, sőt ennek egy része pH < 5,6 kémhatású „erősen savanyú” talaj. Ezt mind javítani kellene hektá-

ronként 2...5 t CaO hatóanyagú meszezéssel, mert a savanyú talajt túlkötöttség, tömődöttség, morzsálekönyság hiánya, levegőtlenység, rossz vízgazdálkodás, a műtrágyák hatásának nem kielégítő érvényesülése jellemzi. Mindez a termelékenységet csökkenti.

A meszező talajjavítás költséges művelet, amit a talaj folyamatos savanyúsodása miatt 10–15 évenként meg kell ismételni. Sajnos, hazánkban a javítás nem tart lépést a savanyúsodással. Az 1960-as években még évenként 70–75 ezer hektár savanyú talajt javítottunk, de 1968 óta – anyagi okokból – évenként már csak a felét: 30–35 ezer hektárt, pedig ennek sokszorosára lenne szükség, mert a savas esők és savanyító műtrágyák gyorsuló tendenciával növelik a talaj savanyúságát. *Stefanovits* akadémikus szerint 3–5 éves periódusban a talaj kémhatása 1 pH-val csökken! A meszező talajjavítás ütemét fokozni kellene, s ha e célra – valamint savanyító műtrágyák kísérőtrágyája céljára – vaskohászati salakok is eredményesen és gazdaságosan felhasználhatók, akkor mielőbb cselekedni kellene.

Folytak már itthon is kísérletek nyersvassalak és acélsalak mezőgazdasági hasznosítására, de rendszeres felhasználásról nem beszélhetünk. Pedig *egy-résről* megfelelő minőségű mészke és lápi mész „...Fogyóban van, kitermelésük egyre költségesebb és mind nagyobb környezeti veszéllyel jár.” állapítja meg az Agrártudományi Egyetem Talajtani tanszékének 1980. évi jelentése az „SM-salak mezőgazdasági alkalmazásának vizsgálata” tárgyú kutatás kapcsán; *másrészről* a salakokkal ez ideig végzett hazai kísérletek – összességükben – pozitív eredményeket adtak. A termés alakulását $pH = 4,6$ kémhatású szabadföldi összehasonlító lucernatáblákon vizsgálták: kezelés nélküli kontrollparcellákon, mészkevel kezelt parcellákon és martinsalakkal kezelt parcellákon. A kutatási jelentés megállapítja: „Gyakorlati tapasztalatok szerint *ilyen savanyú talajon* lucerna sikeresen már nem termesztendő. E tényt igazolja, hogy a kezeletlen kontrollparcellákon a lucerna termésátlaga egyre csökkent, és a tenyészidőszak végére ki is pusztult a telepítés. Ugyanakkor a martinsalakkal kezelt parcellák terméseredményei egyre javultak és az utolsó kaszálás alkalmával meghaladták a meszezett parcellák terméseredményeit.”

Eredményekkel biztatnak a hazai salakliszt-granuláló kísérletek és más, a salaktulajdonságokat kedvezően módosító kutatások is. A külföldi tapasztalatok és a hazai vizsgálatok egyaránt arra ösztönöznek, hogy vaskohászati salakjaink minél nagyobb hányadát salaktrágyaként értékesítsük. Ezzel szemben mi a mai helyzet? A magyar vaskohászatban – az acéltermelésre fajlagosítva – lényegesen több salak keletkezik, mint más országokban, ennél fogva a salak racionális felhasználásában vaskohászatunk nagyon is érdekelt. A többlet salak főleg a nyersvassalakból keletkezik, mert hazai nagyolvasztókban kohósított vasércben nagyon sok a meddő.

A *nyersvassalak* 80–85%-át üzemünk eladják: cementgyártás, útépités, betonadalék és más célra, kivéve a talajjavítást. A Lenin Kohászati Művek tervezi, hogy üzemén kívül helyezett cementgyári őrlőberendezés felhasználásával létesít egy salakmalmot, amely évenként 40 ezer tonna salaktrágyalisztet termelne. Ez a kapacitás ugyan nem nagy – hiszen egyrészt a Diósgyőrben keletkező nyersvassalak ennek több mint tízszerese, másrészt a mezőgazdaság felvevőképessége a diósgyőri körzetben évi 150–200 ezer tonna is lehetne –, e kezdő lépést mégis nagyra kell értékelni, s a megvalósítást segíteni kell.

Az *acélsalakok* észszerű hasznosítása terén ma még elmaradott országnak számítunk. Nagyobb acélcipók, acélmedvék és tapadványok kisedése után

a salak túlnyomó hányadát hányóra szállítják. Ózdon 10 millió tonna, Dunaújvárosban 5 millió tonna acélsalak fekszik — más anyagokkal keverten — a hányókon, közel 3 millió tonna ferrumtartalommal. E hányókon elfekvő és a folyamatosan keletkező acélsalak fémtartalmának kinyerésére alkalmas gépsorok telepítése most van folyamatban. A dunaújvárosi beruházás 900 millió Ft-ba, az ózdi 2,1 milliárd Ft-ba kerül. A két gyárban évenként összesen 3 millió tonna hányóanyagot fognak feldolgozni, amelyből a fémes és oxidos alakban kinyerhető fém értéke évenként közel 1,4 milliárd Ft. A fémkiválasztás után visszamaradó darabos salakot útépités és feltöltés céljára szánják, az apróbb szemcséjű anyagot hányóra viszik. *Salakórló technológiát* — sajnos — *nem valósítanak meg*, noha a vasmentes aprószemcséjű frakcióból évenként néhány százezer tonna salaklisztet lehetne őrlni. Az Ózdi Kohászati Üzemek hajlandó lenne építeni salakmalmot, sőt granulálót is, ha a mezőgazdaság ezt igényelné. Célszerű lenne, ha a kohászat és a mezőgazdaság mielőbb megállapodna, hogy a vasmentes finomszemcsés salak ne hányóhegyet növeljen, hanem a környezet javára szolgáljon.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5–6. szám. 1984. szeptember – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5–6. Sept–Dec. 1984. Budapest

A fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának hatása a légkör összetételére, savasodására és hőszennyeződésére

MÉSZÁROS ERNŐ, MAJOR GYÖRGY és HORVÁTH LÁSZLÓ,
OMSZ, Központi Légkörfizikai Intézet, 1675 Budapest, Pf. 39.

Effects of the use of fossil fuels on the composition, acidification and heat pollution of the atmosphere. In the first part of the paper the quantity of fossil fuels and their annual use are compared to the atmospheric burden of oxygen and carbon dioxide. The strength of anthropogenic nitrogen fixation is also estimated. It is found that the effect of fossil fuel use on atmospheric oxygen level can be neglected. On the other hand mankind influences considerably the atmospheric carbon dioxide level which can cause significant climatic variations. The rate of anthropogenic nitrogen fixation is very slow as compared to the total mass of nitrogen in the atmosphere. This means that man is not modifying its level. The aim of the second part is to discuss the modification of atmospheric sulfur dioxide and nitrogen oxide burden and consequently the acidity of deposition owing to fossil fuel use. The degree of this modification is illustrated by European and Hungarian data. Finally, in the third part energy deliberated owing to fossil fuel use is compared to the incoming solar energy. This comparison shows that in industrial areas the anthropogenic energy release can not be neglected.

✱

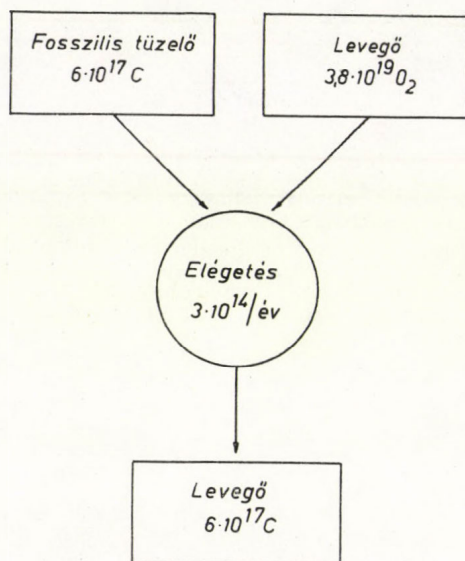
A fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának hatása a légkör összetételére, savasodására és hőszennyeződésére. Az előadás első részében összehasonlítjuk a fosszilis tüzelőanyagok mennyiségét és éves felhasználását a légköri oxigén és szén-dioxid mennyiségével, illetve megbecsüljük az antropogén nitrogén megkötés esetleges légköri hatásait. A kapott eredmények szerint a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása a légkör oxigén szintjére elhanyagolható hatást gyakorol. Ezzel szemben jelentősen módosítja a levegő szén-dioxid tartalmát, amely lényeges éghajlati következményekkel járhat. Az antropogén nitrogén megkötés sebessége igen lassú a levegő nitrogén koncentrációjához képest. Ez azt jelenti, hogy belátható időn belül az emberi tevékenység a légköri nitrogén mennyiségét nem fogja alapvetően befolyásolni. A második rész célja annak megtárgyalása, hogy a fosszilis tüzelőanyag felhasználás hogyan módosítja a légköri kén- és nitrogén-oxidok koncentrációját és ezen keresztül a levegő és a csapadékvíz savasságát. A módosítás mértékét európai és hazai mérési adatokkal illusztráljuk. Végül az előadás harmadik részében összehasonlítjuk a tüzelés miatt felszabaduló energia nagyságát a Napból érkező sugárzási energiával. Az összehasonlítás eredményei mutatják, hogy földi léptékben a napenergia jóval meghaladja a tüzelőanyagokból származó energiát. Ipari területeken és városokban azonban a két energia sokkal közelebb áll egymáshoz.

✱

1. Bevezetés

Adott terület éghajlata alapvetően hat az ott élő emberek életére és tevékenységére. Az energiafelhasználás, az ipar, és a mezőgazdasági termelés, valamint a közlekedés intenzitásának növekedésével viszont az ember is egyre nagyobb hatást gyakorol a légkör állapotára. Így, egyrészt a különböző szennyezőanyagok kibocsátásával megváltoztatjuk a levegő és a csapadékvíz kémiai összetételét, másrészt az energiatermelés következtében a levegőbe kerülő hővel módosítjuk a terület fölötti légtér hőmérségét.

Az antropogén-hatások különböző tér- és időléptékűek lehetnek. Közülük a legveszélyesebbek az egész légkörben hosszabb ideig fennálló globális hatások. Ilyen lehet például a fő összetevők (oxigén, nitrogén) koncentrációjának megváltozása, de ide sorolható a viszonylag hosszú tartózkodási idejű *nyomgázok* légköri mennyiségének módosulása is. (A légkörben a gázmolekulák meghatározott ideig tartózkodnak. Ha ez a tartózkodási idő hosszabb, mint kb. 1 év, akkor a szennyezőanyag az egész légkörben elkeveredik. Az 1%-nál kisebb térfogati koncentrációjú nyomgázok közül 1 évnél hosszabb tartózko-



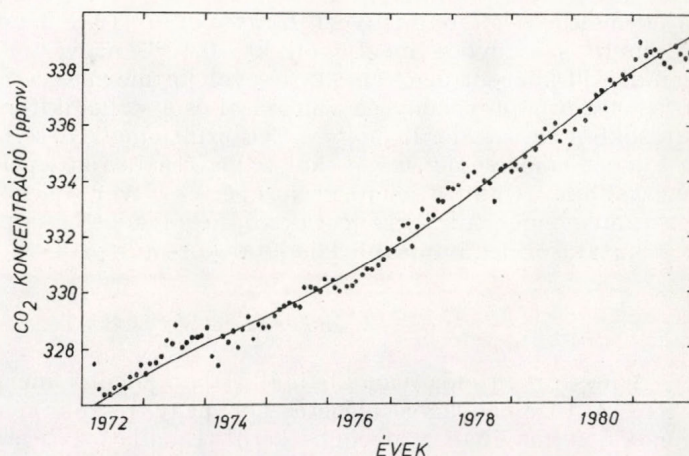
1. ábra: A fosszilis tüzelőanyag szénben kifejezett tömege és a légköri oxigén mennyisége Walker (1977) szerint. Az „elégetés” a jelenlegi évi felhasználásra vonatkozik, míg a légköri szén a teljes tüzelőanyag-mennyiség felhasználásával keletkező szén-dioxidot adja meg

dási idejű pl. a szén-dioxid, metán és dinitrogén-oxid.) A napos, illetve hetes tartózkodási idejű szennyezőanyagok (pl. kén- és nitrogén-oxidok) regionális (20–500 km) vagy kontinentális léptékben okoznak károkat. Jó példa erre a légköri aeroszolképződés és környezeti savasodás. Ebben a tanulmányban a regionális, illetve az ennél nagyobb skálájú légszennyeződéssel foglalkozunk és nem térünk ki a városok és ipartelepek jól ismert problémáira. Lokális léptékben is megvizsgáljuk viszont a kevésbé ismert hőszennyeződés mértékét és ennek esetleges következményeit. Célkitűzésünknek megfelelően csak a fosszilis tüzelőanyag-felhasználással kapcsolatos környezeti kérdéseket tárgyaljuk.

2. A légkör globális összetételének megváltozása

A légkör jelenlegi összetétele az élet szempontjából alapvető fontosságú. A vízen kívül a légköri szén-dioxid és oxigén a növények és állatok anyagcseréjének alapanyaga. Ezen kívül a bioszféra számára a légköri nitrogén megkötése is alapvető fontosságú. Másrészt a levegőben lévő gázok az éghajlat alakításában is fontos szerepet játszanak, mivel szabályozzák a nyomást és a légköri sugárzásátvitelt, s ezen keresztül a hőmérséklet eloszlását és a szélrendszerek kialakulását. A továbbiakban a nitrogén, az oxigén és a szén-dioxid légköri szintjére gyakorolt hatásokat vizsgáljuk meg.

Mint ismeretes, a levegőt elsősorban nitrogén gáz alkotja. Teljes légköri mennyisége $2,8 \cdot 10^{20}$ molal egyenlő. Kiszámítható, hogy az energiatermelés miatt évente $1,3 \cdot 10^{12}$ mol nitrogén kötődik meg a levegőből. Ez a mennyiség az ún. ipari megkötéssel (l. műtrágyagyártás) azonos nagyságú. Így a teljes antropogén nitrogén megkötés a légköri nitrogént kb. 10^8 év alatt fogyasztaná el, ha közben az elhasznált N_2 mennyiséget nem pótolná valamilyen természetes önszabályozó folyamat. Ebből következik, hogy a légköri N_2 koncentrációját a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása belátható időn belül nem változtatja meg.



2. ábra: A havi szén-dioxid koncentráció időszakos változása Ausztrália fölött a 3,5–5,5 km-es légrétegben (Pearman és Beardsmore, 1984)

A következő kérdés a légköri oxigénszint esetleges antropogén megváltozása. Nyilvánvaló, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetésével módosítjuk a levegőben lévő oxigén koncentrációját. A kérdés a fosszilis tüzelőanyagok és a légköri oxigén tömegének összehasonlításával válaszolható meg. A fosszilis tüzelőanyagok szénben kifejezett teljes becsült mennyisége $6 \cdot 10^{17}$ molra tehető (lásd: 1. ábra), míg a levegőben lévő oxigén tömege $3,8 \cdot 10^{19}$ mol. Égetéskor évente $3 \cdot 10^{14}$ mol szenet, illetve oxigént használunk fel. Bár abszolút értékben ez igen nagy mennyiség, a levegő oxigénkészletéhez képest elhanyagolható, főleg ha figyelembe vesszük, hogy léteznek olyan folyamatok, amelyek ellensúlyozzák az O_2 koncentráció esetleges változásait (ilyen a szerves anyagok üledékes kőzetekbe kerülése, lásd: Walker, 1977). Sőt, mint az 1. ábráról látható, ha az összes fosszilis tüzelőanyagot elégetnénk (és nem lennének önszabályozó folyamatok), az oxigénszint akkor is csak kevesebb, mint 2%-kal csökkenne. A jelenlegi felhasználás ütemét figyelembe véve, ehhez 2000 évre lenne szükség. Mindez azt jelenti, hogy a légköri oxigénkoncentráció antropogén változásaival előreláthatólag nem kell számolnunk.

A szén-dioxid légköri mennyisége jóval kisebb, mint az oxigéné, mindössze $6 \cdot 10^{16}$ mol. Így, ha tüzelőanyagkészleteinket (lásd: 1. ábra) elhasználjuk, a légköri szén-dioxid koncentráció tízszeresére nő, ha nem tekintjük a bioszféra által elhasznált, illetve az óceánok által elnyelt CO_2 -t. Tekintve, hogy ez a mennyiség a kibocsátott szén-dioxid tömegének felére tehető, valószínű, hogy az említett esetben a levegő szén-dioxid tartalma a jelenlegi érték ötszörösére növekedne.

A szén-dioxid légköri koncentrációjának növekedése máris jól kimutat-

ható. A jelenlegi CO₂ szint kb. 15%-kal magasabb, mint a múlt század végén megfigyelt koncentráció. A 2. ábránk Ausztrália fölött tiszta levegőben (3,5–5,5 km-es magasságban) az utóbbi tíz évben mért havi közepes szén-dioxid-koncentrációk időbeli változását mutatja be (Pearman és Beardsmore, 1984). Mint látható, a koncentráció emelkedése folytonos. Energiafelhasználási előrejelzéseket figyelembe véve megbecsülhető, hogy a légköri szén-dioxidszint kb. 2050-re az ipari forradalom előtti érték kétszeresére emelkedik.

A szén-dioxid-koncentráció változása azért lényeges, mivel a CO₂ molekulák a Naptól jövő rövidhullámú sugarakat átengedik, míg a Föld felszínéről kibocsátott hosszúhullámú sugárzást elnyelik. Ez az ún. üvegházhatás az éghajlat melegedését eredményezi. Hansen et al. (1981) modell-számításai szerint az elmúlt száz évben megfigyelt kb. 0,4 °C nagyságú átlagos melegedés a szén-dioxid-koncentráció emelkedésével jól megmagyarázható (a kisebb ingadozásokat a naptevékenység változásai és a vulkánkitörések okozták). A számításokból az is kiderül, hogy a CO₂ szint emelkedése miatt a század végére az átlagos hőmérséklet 0,5 °C-kal, a jövő század közepére kb. 2,0–3,0 °C-kal magasabb lesz, mint a jelenlegi középérték. Ilyen jellegű éghajlatváltozás következményeinek (pl. sarki jégtakaró megolvadása, csapadékeloszlás) felmérése a kutatások legfontosabb feladatai közé tartozik.

3. A környezet savasodása

A fosszilis tüzelőanyagokban általában jelentős mennyiségű a kén és nitrogén. A tüzelőanyagok elégetésekor nagy részük kén-dioxid és nitrogén-monoxid formájában a levegőbe kerül. Emellett az égéskor keletkező magas hőmérsékleten a levegő nitrogénje az oxigénnel egyesülve ugyancsak nitrogén-monoxidot hoz létre. Az ily módon kibocsátott gázok egy része a felszínen adés abszorbeálódik (ún. száraz ülepedés) és az ott lévő vízzel savakat alkot. Másik része a levegőben vagy a csapadékvízben alakul át kénsavvá, illetve salétromsavvá. A keletkezett savak a csapadékvízzel hullanak ki a levegőből, mivel a felhőelemek, valamint a hópelyhek és esőcseppek kimossák a levegőből a savas gázokat és aeroszol részecskéket (nedves ülepedés).

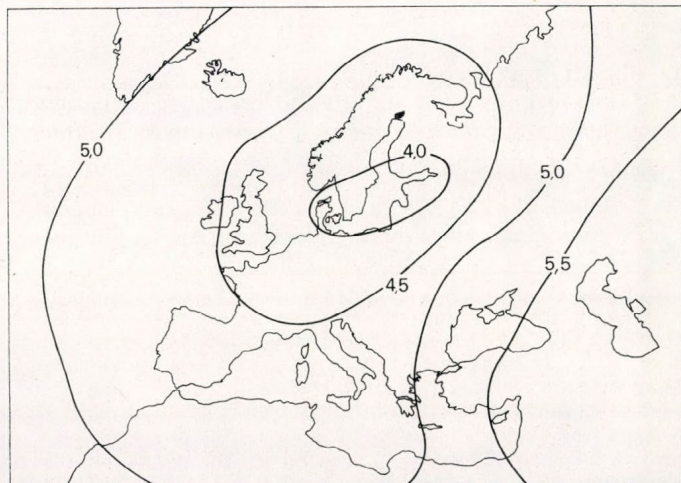
Ebből következik, hogy minél több fosszilis tüzelőanyagot égetünk el, a légköri száraz és nedves ülepedés („savas esők”) annál savanyúbbá válik, komoly károkat okozva egyes szárazföldi és vízi ökoszisztémákban.

A száraz ülepedés nagysága speciális fluxus mérésekkel becsülhető meg, míg a nedves ülepedés a csapadékvíz kémiai összetételéből és mennyiségéből számítható ki. A nedves ülepedés savasságának megítélésekor figyelembe kell vennünk azt a tényt, hogy a csapadékvíz neutrális pontja nem pH=7-nél, hanem pH=5,7-nél van a levegőből elnyelt szén-dioxid hatása miatt. Ez a gáz ugyanis a vízben szénsav keletkezése közben oldódik. Általában akkor tekintjük a csapadékot savasnak, ha a pH-ja kisebb, mint 5,7. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a CO₂-n kívül lehetnek a levegőben egyéb természetes (pl. biológiai) eredetű savképző vegyületek is.

Mindezek előrebocsátása után nézzük meg a 3. ábrát, amely a csapadékvíz pH-jának eloszlását mutatja Európában 1979-es adatok alapján (Georgii, 1982). Az ábrából világosan látható, hogy a csapadék egész Európa területén erősen savas. A káros hatások mértékét adott területen a hidroszféra és pedoszféra pH-érzékenysége határozza meg. Az ábrából az is kitűnik, hogy Magyarországon a hidrogénion koncentráció kb. 1 nagyságrenddel nagyobb, mint az említett neutrális érték (részletesebben lásd: Mészáros, 1984). Csapadékké-

miai vizsgálatok kimutatták, hogy a savasság kétharmadát kénsav, egyharmadát salétromsav okozza. Mint látható, a legsavasabb területek a legnagyobb emisszió helyén (Anglia, NSZK, NDK, Lengyelország), illetve a széliránynak megfelelően attól keletre helyezkednek el.

A 3. ábra értékeléséhez természetesen ismernünk kellene a csapadék savasságának változásait a múlt század vége óta. Ilyen adatok — sajnos — nincsenek. Általában a múltban a csapadékvíz kémiai összetételét is igen kevesen tanulmányozták. Ezek közé tartozik a magyar *Kazay*, aki 1902-ben



3. ábra: A csapadékvíz pH-jának területi eloszlása Európában 1979-es adatok alapján (Georgii, 1982)

Ógyallán kb. hétszer alacsonyabb nitrát koncentrációkat mért, mint a jelenlegi értékek (lásd: *Horváth*, 1983). Ez arra utal, hogy a század elején a savasság is jóval kisebb lehetett. Tekintve, hogy a légkör és a csapadékvíz további savanyodása várható, ennek a problémának a jövőben nagy figyelmet kell szentelnünk.

4. A hőszennyeződés éghajlati hatásai

Az emberi tevékenység következtében a légkörbe kerülő gázokat és részecskéket „légszennyeződésnek”, a kibocsátott hőt „hőszennyeződésnek” nevezzük. A hőszennyeződés lényegében a termelt összes energiával egyenlő, mivel a termodinamika második fő tétele szerint előbb-utóbb minden energia hővé alakul. Az energia gyakorlatilag fosszilis tüzelőanyagokból (szén, gáz és olaj) származik, tekintve, hogy az atomenergia és vízienergia jelenleg nem játszik lényeges szerepet.

A hőszennyeződés mértékét az ember által termelt energia és a beérkező napsugárzás energiájának összehasonlítása útján jellemezhetjük. Ezt az *I. táblázatban* megadott adatok segítségével végezhetjük el. A táblázat tartalmazza a hőszennyeződés területi sűrűségét, amely közvetlenül a napenergia erősségével vethető össze. Az utolsó oszlop az antropogén hatást a napenergia százalékában adja meg. Mint látható, a Föld egész felszínére vonatkoztatott energiatermelés még 2000-ben is csak a napenergia 0,02–0,04%-a lesz. Egy-egy erősen iparosodott területen a jelenlegi százalékérték kb. 1 nagyságrenddel

magasabb. Így Nyugat-Európában 0,4%-kal, Magyarországon 0,25%-kal egyenlő. Ennek ellenére nyilvánvaló, hogy regionális és kontinentális léptékben a hőszennyeződés a légköri folyamatok szabályozásában nem játszhat számottevő szerepet. Ezzel szemben a nagyvárosok légköri energiamérlegét az antropogén hatások máris érezhetően módosítják, hiszen Budapesten a hőszennyeződés több, mint 7%-a a beérkező napsugárzási energiának. Ez azt jelenti, hogy lokális léptékben a hőszennyeződés az éghajlat szempontjából közel sem elhanyagolható tényező. Egyebek mellett a hőszennyeződés az oka a nagyvárosok közismert speciális éghajlatának, az ún. városklímának.

I. TÁBLÁZAT

A hőszennyeződés és a napsugárzás intenzitásának összehasonlítása különböző léptékben. Az antropogén hatás a hőszennyeződés és napsugárzási energia hányadosát jelenti. Az adatok Valette és Focquet (1982), illetve Major et al. (1980) munkáiból, valamint a Statisztikai Évkönyvből (1983) származnak

Hely	Átlagolási időszak	Hőszennyező-dés/év MJ	Hőszennyező-dés sűrűsége W/m ²	Napsugárzás W/m ²	Antropogén hatás %
Az egész Föld felszíne	1980.	2,8 · 10 ¹⁴	0,017	137	0,01
	1985.	3,1 – 3,9 · 10 ¹⁴	0,02	137	0,02
	2000,	4,1 – 8,5 · 10 ¹⁴	0,02 – 0,05	137	0,02 – 0,04
	2030.	5,2 – 8,3 · 10 ¹⁴	0,03 – 0,05	137	0,02 – 0,04
Észak-Amerika	1980 – 1982.	8,5 · 10 ¹³	0,13	152	0,08
Nyugat-Európa	1980 – 1982.	5 · 10 ¹³	0,53	130	0,4
Kelet-Európa + Szovjetunió	1980 – 1982.	5,6 · 10 ¹³	0,075	135	0,06
Magyarország	1981.	10 ¹²	0,34	140	0,25
Budapest és agglomerátuma (43 helység)	1980.	3,4 · 10 ¹¹	4	138	2,9
Budapest	1980.	1,6 · 10 ¹¹	10,2	138	7,4

IRODALOM

- Georgii, H. W., 1982: *Review of the chemical composition of precipitation as measured by the WMO BAPMoN*. WMO, Geneva.
- Hansen, J., Johnson, D., Lacis, A., Lebedeff, S., Lee, P., Rind, D. and Russel, G., 1981: Climate impact of increasing carbon dioxide. *Science* 213, 957–966.
- Horváth, L., 1983: Trend of the nitrate and ammonium content of precipitation water in Hungary for the last 80 years. *Tellus* 35B, 304–308.
- Major, Gy., Miskolci, F., Putsay, M., Rimóczy-Paál, A., Takács, O. and Tárkányi, Zs., 1980: *World maps of relative global radiation*. Annex. WMO Technical Note 172, Geneva.
- Mészáros, E., 1984: Savas esők Magyarországon. *Magyar Tudomány* 91, 529–536.
- Pearman, G. I. and Beardsmore, D. J., 1984: Atmospheric carbon dioxide measurements in the Australian region: ten years of aircraft data. *Tellus* 36B, 1–24.
- Statisztikai Évkönyv*, 1983: Statisztikai Kiadó, Budapest.
- Valette, L. and Focquet, J. P., 1982: *Europe and renewable energy sources in the year 2000*. Agence Européenne d'Information, Bruxelles.
- Walker, J. C. G., 1977: *Evolution of the atmosphere*. Macmillan Publ. Co., Inc., New York and London.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5–6. szám. 1984. szeptember – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5–6. Sept–Dec. 1984. Budapest

Az ásványi nyersanyagtermelés hatása a felszíni és felszín alatti vizekre

KOVÁCS GYÖRGY, *Vizgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont, H-1453
Budapest, Pf. 27.*

Impacts of the exploitation of mineral resources on surface and groundwater. Although the prevention of harmful environmental changes due to human activities is an inevitable requirement, the hindering of technical development is an erroneous interpretation of environmental protection. Hence the utilization of natural resources requires the thorough analysis of the interactions between the natural and artificial environmental systems. One of the subsystems of this widely extending investigation deals with the impact of mining activity on water resources. When summarizing and evaluating the studies made in this field five activities should be considered (i.e. deep mining, open air mining, exploitation of carbonhydrogens, gravel-dredging and the supplementary activities on the surface around mines) determining their quantitative and qualitative impacts on both surface and groundwater. When the mineral resources to be exploited lie below the water table a great amount of water has to be pumped to protect the mine against water intrusion. The regional hydrodynamic models of groundwater systems are the most powerful tools to predict the consequences of such pumping. Where some conflicts are foreseen the impacts can be decreased by limiting either the time or the quantity of pumping. Another important aspect, that the quality of the pumped water should be protected because it is the precondition of utilizing the water for supply. When the mineral resources are exploited in open air mines the recultivation of the area is indispensable. The lake developing in the closing pit can be utilized in this way as a recreation centre. The special interaction between the exploitation of carbonhydrogens and groundwater resources is caused by the fact that the extraction of the two media utilizes the energy potential of the same porous reservoir. Hence by lowering the energy content in the layers storing oil or gas the pressure of the neighbouring aquifers is also decreased and vice versa. The water quality may be also affected by the exploitation of carbonhydrogens either from the surface or in the aquifers (e.g. increase of gas-content of groundwaters). Dredging of gravel from river beds causes the continuous lowering of the water level. This process may disturb the operation of water supply plants utilizing bank-filtered water, because the lowering of the level decreases the yield of wells and the silt deposited in the dredging pits may deteriorate the quality of the water filtering through the bed. The plants executing the primary processing of mineral resources are located usually near the mines. Their water supply and the quality control of the effluents raises also problems which can be solved together with the development of the infrastructure in the region. Summarizing the results of the analysis it can be stated that the prediction of the impacts of mining activity is an important precondition to determine the optimum way of the exploitation of natural resources. The most economic solution can be achieved in most cases by the combined utilization of the systems.

✱

Az ásványi nyersanyag-termelés hatása a felszíni és felszín alatti vizekre. Jóllehet az emberi tevékenység által okozott környezeti változások megelőzése vitathatatlan követelmény, azonban a környezetvédelem téves értelmezése az, amikor érdekében a műszaki haladást kívánják akadályozni. Ezért a természeti kincsek hasznosítása a különböző környezeti elemek közötti egymáshatás gondos elemzését teszi szükségessé, hogy így kialakíthassuk a természetes és műszaki környezet optimális egyensúlyát. Ennek a nagy terjedelmű vizsgálatnak egyik alrendszere a bányászatnak a vízkészletekre gyakorolt hatásával foglalkozik. Amikor összegezzük és értékeljük azokat a tanulmányokat, amelyek ezen

a szakterületen készültek, öt tevékenységet kell figyelembe vennünk (mélyművelés, felszíni bányászat, szénhidrogén termelés, kavics kotrás és a bányák környékén lévő kiegészítő tevékenység), hogy meghatározzuk azok mennyiségi és minőségi hatásait mind a felszíni, majd a felszín alatti vízre. Amikor a kitermelendő ásványi nyersanyag a víztükör alatt fekszik, nagy mennyiségű vizet kell szivattyúznunk annak érdekében, hogy megvédjük a bányateret a vízbetörések ellen. A felszín alatti vízrendszerek hidrodinamikai modelljei a leghatékonyabban felhasználható eszközök ahhoz, hogy az ilyen víztermelés várható hatásait előre jelezzük. Ahol konfliktushelyzet kialakulása várható, csökkenthetjük a hatásokat vagy a szivattyúzás hozamának, vagy idejének korlátozásával. Másik fontos szempont az, hogy a szivattyúzott víz minőségét védjük, mert ez a vízellátásban való felhasználás előfeltétele. Ahol az ásványkincset felszíni fejtéssel termeljük, a rekultiváció elengedhetetlen. A zárógödörben kialakuló tavat ezzel üdülési központtá fejleszthetjük. A szénhidrogének és a felszín alatti vízkészlet termelése során jelentkező különleges kölcsönhatás oka az a tény, hogy a két anyag felszínre hozása ugyanannak a porozus reservoárnak a potenciális energiáját hasznosítja. Így az olajat vagy gázt tároló réteg energia tartalmának csökkentése csökkenti a nyomást a szomszédos víztartó rétegekben is és viszont. A víz minőségét ugyancsak befolyásolhatja a szénhidrogének termelése vagy a felszín felől, vagy a víztartó rétegben (pl. a felszín alatti víz gáztartalmának növekedése). A folyómederből történő kavics-kotrás folyamatos vízfelszín-csökkenést okoz. Ez a folyamat megzavarhatja a partiszűrűsű vizet hasznosító vízművek üzemét, mert a szinteszkömmel a kutak hozamának csökkenésével jár és a kotrási gödörökben leülepedő iszap a mederből beszivárgó víz minőségét is ronthatja. Az ásványi nyersanyagok elsődleges feldolgozását végző üzemeket rendszerint a bányák köré telepítik. Ezek vízellátása és elfolyó vizük tisztítása ugyancsak gondot okoz, amelyet célszerűen a régió infrastruktúrájának fejlesztésével együtt oldhatunk meg. Az elvégzett elemzés eredményeinek összefoglalásaként megállapíthatjuk, hogy a bányászat várható hatásainak előrejelzése előfeltétel a természeti kincsek optimális termelési módjának meghatározásához. A leggazdaságosabb megoldást a legtöbb esetben akkor érhetjük el, ha a rendszerek együttes hasznosítását biztosítjuk.

✱

Nagy műszaki létesítmények környezeti hatásai

Az 1972-ben megrendezett stockholmi Környezetvédelmi Konferenciát követően fokozódott az érdeklődés az emberi tevékenység – különösen pedig a nagy műszaki létesítmények – környezet-módosító hatása iránt. Igényként merült fel, hogy már a tervezés során előrejelezzük a különböző beavatkozások várható hatásait, intézkedések szülessenek a káros változások kiküszöbölésére és a tervek tartalmazzák a módosuló környezet hatékony hasznosításához szükséges beruházási és üzemi feltételek megvalósítását is. Helytelen lenne azonban ennek az új szemléletnek az a szélsőséges értelmezése, – amellyel sajnos sokszor találkozunk mind hazánkban, mind határainkon túl –, hogy minden áron (a szükséges fejlesztések visszafogásával is) meg kell őriznünk a környezeti elemeknek, a levegőnek, a litoszférának, a víznek, a talajnak és az élővilágnak jelenlegi állapotát. Ésszerű törekvésnek azt tekinthetjük, ha a természeti és a művi környezet összhangjának, egyensúlyának megteremtésén fáradozunk, a természeti erőforrások felhasználása során olyan módszereket alkalmazunk, amelyek nem rombolják az igénybe vett természeti kincset vagy környezetét, és nem tesznek tönkre más, kapcsolódó erőforrás-rendszert sem.

A környezetvédelmi szemlélet érvényesülésének hatásaként számos értékes résztanulmány született, amelyek különböző emberi beavatkozás egy-egy környezeti elemre gyakorolt hatását elemezték. Ezek azonban legtöbbször mind területileg, mind tematikailag függetlenek voltak egymástól, mint egy mozaik különálló kövei, amelyekből egységes kép csak megfelelő rendezéssel, összecsiszolással alakítható ki. Korábban javaslatot tettünk olyan mátrix-jellegű rendező kialakítására, amelynek oszlopai a környezeti elemeket képviselik, sorai pedig a nagy műszaki létesítmények főbb csoportjait tüntetik fel (*I. ábra*).

A mátrix minden keresztezési pontja egy tematikailag egységes kutatási területet jelöl, így összegyűjthetjük az ezzel kapcsolatos résztanulmányokat, és ezeket egymással ütköztetve értékelhetjük a témakör feltártságát, vázolhatjuk jelenlegi ismeretünk szintjét, kijelölhetjük a szükséges további kutatás irányát.

<i>a vizsgált tevékenység</i>	<i>környezeti elemek</i>				
	<i>levegő</i>	<i>föld-kéreg</i>	<i>víz</i>	<i>talaj</i>	<i>élő-világ</i>
<i>vízgazdálkodás</i>					
<i>közlekedés</i>					
<i>bányászat</i>					
<i>ipar</i>					
<i>urbanizáció</i>					

1. ábra: A műszaki tevékenységi fajták és a környezeti elemek kapcsolatát szemléltető rendező

<i>bányászat</i>	<i>víz</i>			
	<i>felsővízi víz</i>		<i>felsővízi alatti víz</i>	
	<i>menyiség</i>	<i>minőség</i>	<i>menyiség</i>	<i>minőség</i>
<i>mélyművelés</i>				
<i>külfejtés</i>				
<i>szénhidrogén termelés</i>				
<i>kavics-bányászat</i>				
<i>felsővízi kiegészítő tevékenység</i>				

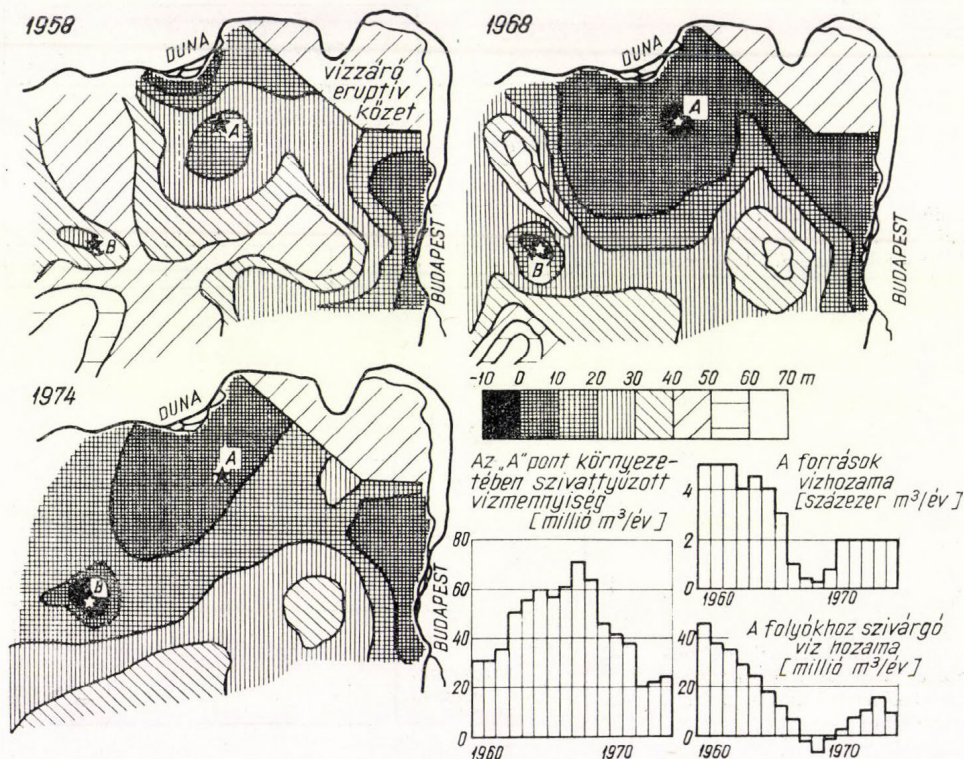
2. ábra: A mátrix részletes bontása a bányászati tevékenység és a vízkészletek kapcsolatának elemzéséhez

A vázolt rendező már több nemzetközi szervezetben alkalmazásra került és mostani előadásom alapjául is azt kívánom felhasználni. Természetesen amikor célunk nem a környezeti hatások teljeskörű áttekintése, hanem egy-egy csoportra részletesebb feltárása, mátrixunkat is tovább finomíthatjuk, alcsoportokra bontva annak mind oszlopait, mind sorait. Jelenlegi feladatunk az, hogy tanulmányozzuk a bányászatnak a vízkészletre gyakorolt hatását. Ésszerű felbontásnak fogadhatjuk el, hogy külön vizsgáljuk a felszíni és külön a felszín alatti hidrológiai folyamatok változását és mindkettőn belül keressük a mennyiségi, és a minőségi hatásokat egyaránt. A bányászati tevékenység további bontásakor – figyelembe véve, hogy célunk most a vízkészletekkel való kapcsolat elemzése – öt alcsoportot különíthetünk el: mélyművelés, külfejtés, szénhidrogén-termelés, kavics-bányászat és a bányászathoz kapcsolódó felszíni tevékenység: eródítás, ércelőkészítés, meddőhányók (2. ábra).

A következőkben arra törekszem, hogy – a rendező mátrix sorait követve – példákon mutasson be a bányászati tevékenység különböző fajtáinak kapcsolatát a vízkészletekkel, kiemelve nemcsak a káros következményeket, hanem azokat a hatásokat is, amelyek vagy már önmagukban is hasznosak, vagy megfelelő kiegészítő intézkedéssel hasznossá tehetők.

A mélyművelés vízkészletekre gyakorolt hatása

A mélyművelés legközismertebb és legerősebb hatása a bányák vízvédelme érdekében végzett szivattyúzás következtében létrejövő vízszintsüllyedés. Egy 1975-ben végzett vizsgálat (3. ábra) mutatta, hogyan növekedett Dorog térségében a depresszió 1967...1968-ig, majd ezt követően lassú visszatöltődés.

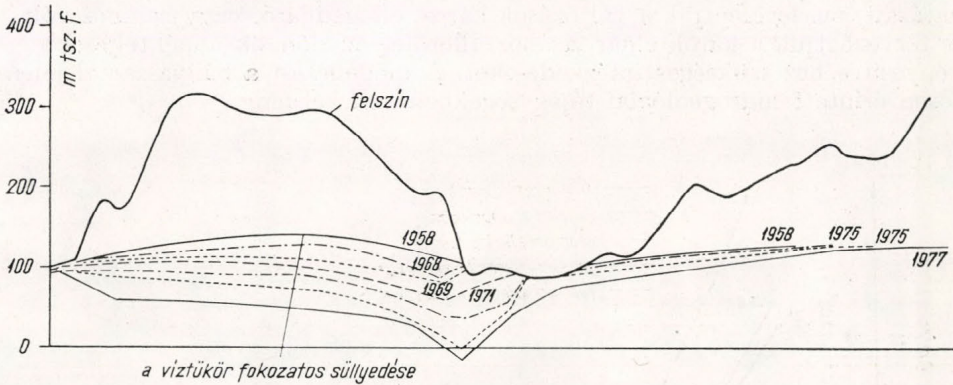


3. ábra: A dorogi bányák víztermelésének leszívó hatása és a hatások időbeli változása

dés volt észlelhető az emelt vízhozam csökkentésének hatására. Megfigyelhetjük az ábrán, hogy a leszívás következtében csökken a források hozama, és az a vízmennyiség is, amely a felszín alatti vízrendszerből a felszíni befogadók – jelen esetben a Duna – felé csapolódott. Ez utóbbi mennyiség a becslések szerint a legnagyobb leszívást követő három évben negatívvá vált, jelezve, hogy ebben az időszakban a felszíni vízrendszer a felszín alatti tározók táplálója volt. Ez a folyamat, ha hosszabb időre állandósul, jelentősen változtathatja a felszín alatti víz minőségét is, veszélyesen akkor, ha a felszíni víz erősen szennyezett.

Metszetben ábrázolva a leszívást – amint ezt a 4. ábra az iszkaszentgyörgyi bányák példáján mutatja – még világosabban szemléltethető a szivattyúzásnak a felszíni vizek hozamát csökkentő, sokszor nem felismert, vagy elismert hatása. Először a nyugati karsztforrások (Csór, Inota, Várpalota) apadtak el, amelyek a felszíni vízrendszer jelentős táplálói voltak. Látható a metszetről, hogy természetes állapotban a móri árok törésrendszere a karszt-

víz megcsapolója volt, így a Galya és a Mór–Bodajki vízfolyás hozamához a felszín alatti tározó nagymértékben hozzájárult. A bányák víztelenítése egyre meredekebb depressziót hozott létre a völgytalp és a megcsapolási hely között. Ez csak úgy volt fenntartható, hogy a völgy felszíni víz által táplált kavicsrétegből fokozatosan növekvő hozam adódott át a karsztba. Elérkezett



4. ábra : Hidrogeológiai metszet az iszkaszentgyörgyi bányák leszívó hatásának szemléltetésére

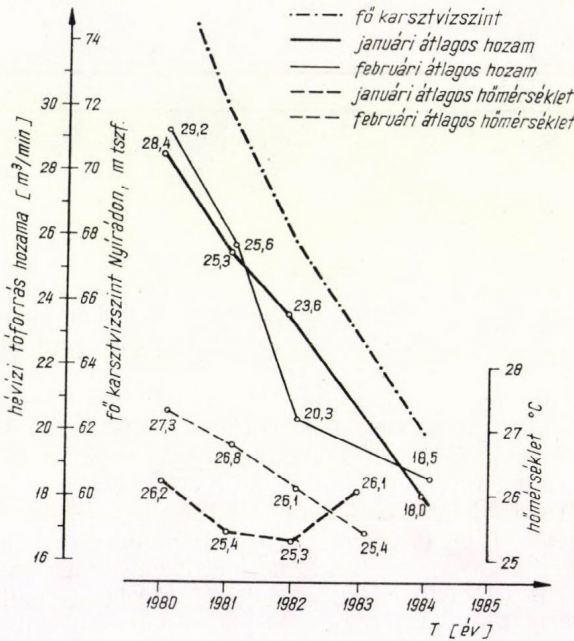
az az időpont is, amikor a táplálás – tehát a felszíni vízhozam csökkenése – már nem tudott tovább növekedni, a leszívási vonal a völgytalptól elszakadt és a depresszió áterjedt a Vértes tömbjére is.

Az iszkaszentgyörgyi példa alkalmas arra is, hogy bemutassuk a felszíni víz minőségének a mélyművelés következtében bekövetkező változását. Az 1950-es években, amikor a bányavizet közvetlenül a termelő vágatokból emelték, a víz lebegő anyaga tartalma és biológiai szennyezettsége olyan mértékű volt, hogy a befogadó patakok vize további felhasználásra alkalmatlanná vált. A preventív vízvédelmi módszer bevezetését követően a termelt bányavíz-minőség nem rosszabb a természetes állapotnál, a víz kezeletlenül, vagy még észszerű költséget jelentő kezelés után ivóvízként felhasználható. Az így termelt vízmennyiség nem csak elhárítja a forrásoknak és kutaknak a vízszint-süllyedés miatti elapadásával járó károkat, hanem a régió ipari és kommunális vízellátásához többlet készletet is jelent, ami a bányászat járulékos eredményeként hasznosítható. Erre jó példa a nyirádi rendszer is, amelynek vizét ma már nemcsak a balatoni regionális vízellátó rendszerben hasznosítják, hanem egy részét Kaposvár ellátására adják át.

A nyirádi bányaműveleteket említve szólni kell arról, hogy a vízvédelem érdekében végzett szivattyúzás nemcsak mennyiségi változást okozhat, hanem minőségít is. A Hévízi-tó hozamának és hőfokának csökkenése jelzi a felszín alatti vízrendszerek keveredési arányának változásaként bekövetkezett hatást (5. ábra). A példa arra is figyelmeztet, hogy értékes környezeti elemek védelme érdekében sok esetben mennyiségileg, vagy időben korlátoznunk kell a víztermelést, hogy káros és vissza nem fordítható változást ne okozzunk. Ehhez természetesen elsősorban az szükséges, hogy a várható hatásokat előre jelezhessük. Az időbeli korlát azért lényeges, mert ha a termelés idejét rövidíteni tudjuk, a depresszió területi kiterjedése csökkenthető. Ennek a gondolatnak egyik megvalósulási formája az instantán vízvédelem, amely a leszívást mindig a termelési hely környezetére koncentrálja.

Következtetések

– Az ország teljes területét lefedő hidrodinamikai modellrendszert kell létrehozni, ami megbízhatóan szimulálja az egymáshoz kapcsolódó hidrogeológiai tájegységekben létrejövő áramlási és tározódási folyamatokat. Csak ilyen modellekkel jelezhetjük előre kellő pontossággal a különböző beavatkozások hatásait, mérlegelhetjük a változások káros, elfogadható, vagy hasznos voltát és tervezhetjük a károk elhárításához, illetőleg az előnyök minél teljesebb érvényesítéséhez szükséges intézkedéseket. A modellezést a bányászattal jelentősen érintett hidrogeológiai tájegységekben kell kezdeni.



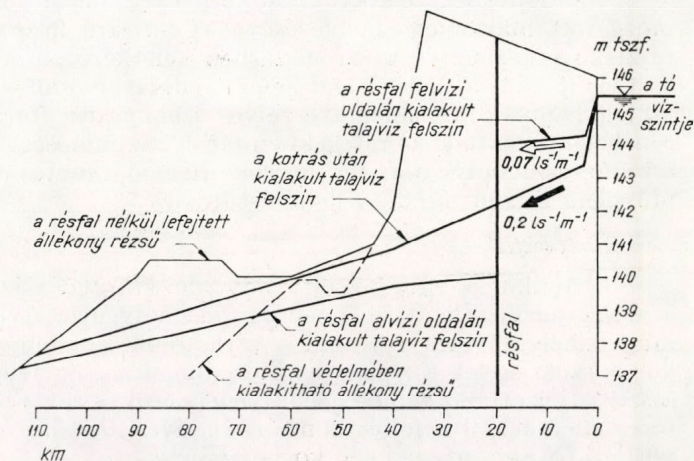
5. ábra: A Hévíz-tó hozamának és hőmérsékletének időbeli változása

– Törekedni kell a bányabeli vízkárok elhárítása érdekében szivattyúzott víz minőségének védelmére, garantált hozamának megóvására és meg kell oldani a felszínre hozott víz minél teljesebb hasznosítását. A bányavíz értékesítése a vízellátó rendszerek számára jelentős vízforrást szolgáltat, a bányászat számára pedig járulékos eredményt ad. Az elmondottak érdekében a víz összegyűjtését függetlenülünk kell a termelő vágatoktól és törekedni kell közel állandó hozam szivattyúzására. Ahol az utóbbi feltétel nem oldható meg, felszíni tározó közbeiktatásával egyenlíthetjük ki az ingadozást.

– A várható káros hatás elkerülése érdekében szükségessé válhat a szivattyúzás mennyiségi vagy időbeli korlátozása. Mindenképpen szükséges, hogy a vízszint alatti bányaterek megnyitása után az ott lévő ásványkincset a lehető leggyorsabban termeljük ki, mert ez nemcsak a bánya fenntartási költségét (ezen belül a szivattyúzott víz mennyiségét, a szivattyúzás energia- és költségigényét) csökkenti, hanem a leszívás területi kiterjedését és így a káros hatások kialakulásának valószínűségét is.

A külszíni fejtés hidrológiai következményei

Ahol a külszíni fejtéssel vízszint alatti ásványkincseket termelünk, a munkatér víztelenítése éppen úgy szükséges, mint mélyművelés esetében. A szivattyúzás hatásának értékelése is teljesen hasonlóan történik: előre kell jelezniük a várható változásokat, törekedniük kell a termelt víz hasznosítására és óvnunk kell minőségét. Előrejelzett káros hatások elkerülése érdekében sor kerülhet a víztelenítés korlátozására is. Ebben az esetben is előnyös a szivattyúzási idő hosszának csökkentése. Figyelembe véve, hogy a külfejtés legnagyobb mértékben a felszín közeli víztartó rétegeket csapolja, külön gondot



6. ábra: A tatabányai XV/b akna külfejtési szakaszának védelmére létesített résfal vízjárást módosító hatása

kell fordítanunk a talajvíz-felszín változása miatt bekövetkező mezőgazdasági hatások becslésére és értékelésére.

A bányászat és a vízgazdálkodás kapcsolatában a külfejtések környezetében a mélyműveléshez viszonyítva többletként jelentkezik a vízrendezés igénye. Patakmedreket kell áthelyezniük, hogy a művelni kívánt területet szabaddá tegyünk és csökkentjük a munkatérbe jutó és onnan csak szivattyúzással eltávolítható víz mennyiségét. Óvárkok és tározók létesítésével védenünk kell a külfejtést a vízfolyások véletlenjellelű árvizei által okozható károktól. A tervezés során nemcsak arra kell törekedniük, hogy előrejelezzük a megvalósításra kerülő rendszer vízjárást módosító hatását, hanem arra is, hogy a vízrendezés többcélú formáját alakítsuk ki. Gondos tervezéssel – és esetleg nem számottevő ráfordítási többlettel – ugyanis elérhetjük, hogy a külfejtés érdekében végzett vízrendezés egyben hozzájárul a régió vízgazdálkodási infrastruktúrájának javításához is (pl. az árvízvédelmet szolgáló tározók vize öntözésre felhasználható, az új medrek megfelelő vonalvezetésével egyébként szükséges lecsapolási feladatok is megoldhatók, a vízszint-süllyedés miatt elapadó kutak pótlásához szükséges vízellátó rendszer regionális hálózat alapja lehet, stb). Mindez jó példája annak, hogyan valósíthatjuk meg a szükségszerűen módosítandó környezeti adottságok más célú hasznosítását is.

Az előzőkben a külfejtés vízvédelme érdekében szükséges létesítmények más célra is lehetséges és szükséges felhasználásáról szoltunk. A többcélúság igénye fordított kezdeményezésre is felmerülhet: egy környezeti elem védelme

érdekében végzett beavatkozás növelheti a külfejtés hatékonyságát. Erre példát a tatabányai XV/b aknához csatlakozó külfejtés mutat (6. ábra). A szénmező nyugati irányban megközelíti a bánhidai erőmű hűtőtavát. A bánya-műszaki előírások a vízbetörés veszélyének csökkentése érdekében megszabják a védelmi pillér méretét, azt a távolságot tehát, ameddig a művelés a felszíni vízteret megközelítheti. A vizsgált esetben azonban a tó fokozott védelme volt szükséges, mert annak jelentős vízvesztése az erőmű üzemét zavarhatta volna. A felszínközeli 17...20 m vastag homokos-kavics réteget ezért részfallal zárták le. Ennek hatására a bányatérben nyugatról beszivárgó vízhozam a harmadára csökkent és mintegy 30...35 m-es mező vált-leművelhetővé, növelve így a külfejtés hatékonyságát.

A külfejtés legszembetűnőbb környezetmódosító hatása a kotrással és a mozgatott földtömeg elhelyezésével együttjáró felszínrombolás. Ennek vízrajzi következménye a zárógödörben keletkező tó, ami megfelelő kialakítás esetén új üdülési lehetőséget jelent, elhanyagoltan viszont nemcsak esztétikailag bántó kép, hanem veszélyes szennyezési forrás is, amely jelentősen ronthatja a csatlakozó rétegekben tárolt víz minőségét. Ezért szükséges, hogy a külfejtéssel bolygatott terület rekultivációja fontos és elválaszthatatlan záró művelete legyen mindig a bányászatnak.

Következtetések

– Amikor a külfejtéssel talajvíz-felszín alatti ásványkincset termelünk, a munkatér víztelenítése éppen úgy megbolygatja a vízháztartás egyensúlyát, mint a mélyművelés esetében. A várható hatások előrejelzése érdekében ilyenkor is szükségesek a regionális hidrodinamikai modellek, gondoskodnunk kell a szivattyúzott víz minőségének védelméről és a víz hasznosításáról, továbbá törekednünk kell a fejtés koncentrálásával, illetőleg gyorsításával a hatások területi továbbterjedésének korlátozására.

– A külszíni fejtés környezetében mindig szükséges a felszíni vízrendezés és néha módosítanunk kell a felszín alatti vízjárás jellegét is. A beavatkozások költség – eredmény hányadosának javítása érdekében feltétlenül indokolt többcélú vízrendezési létesítmények megvalósítása, amelyek a külfejtés igényének kielégítésén túl egyben szolgálják a régió vízgazdálkodási infrastruktúrájának javítását, vagy a környezeti elemek védelmén kívül növelik a külfejtés hatékonyságát is.

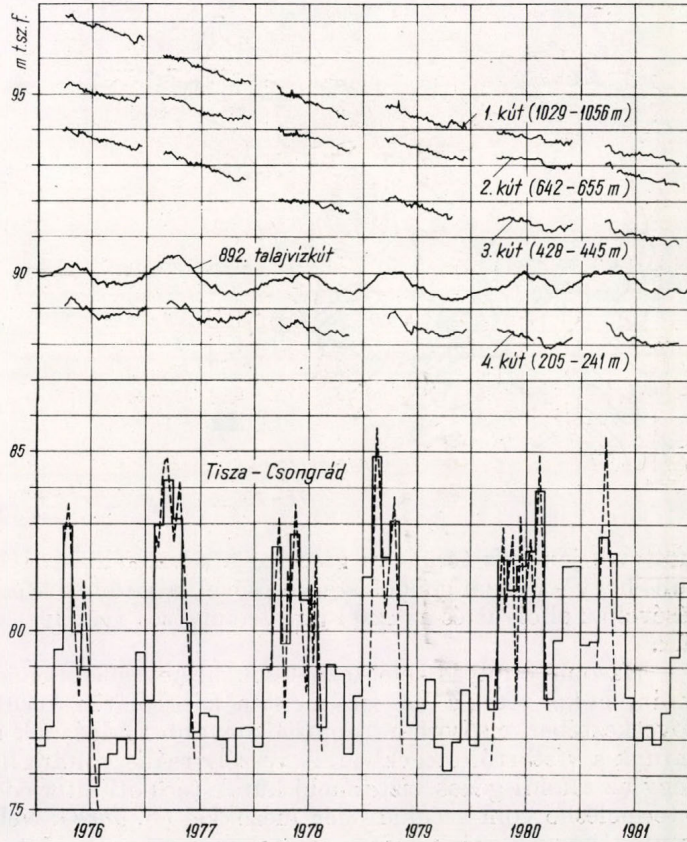
– A terület rekultivációja mindig szerves és elhagyhatatlan része legyen a bányászatnak. Megfelelő és nem túl költséges utómunkálatokkal a zárógödörben visszamaradó tónál új üdülőhely létesíthető. Ellenkező esetben a sérült felszín esztétikailag is tájromboló hatású és súlyos szennyezési góc lehet.

A szénhidrogéntermelés és a felszín alatti vízkészletek kapcsolata

A szénhidrogén-telepek energiaviszonyának feltárásával és a rétegek energiakészletének a termelés hatására bekövetkező időbeli változásával foglalkozó tudományágat az olajbányászatban rezervoire-mechanikának nevezik. Nem szabad azonban elfeledkeznünk arról a tényről, hogy ugyanazok a porózus formációk, amelyek a földgázt és az olajat tárolják, más szakaszukon vízzel telítettek. Összefüggő pórusrendszerükben egységes nyomás-mező alakul ki és ezért mind a szénhidrogének, mind a víz termelése a természetes geológiai folyamatok hatására felhamozódott energiakészletet fogyasztja. A rétegfolyadékok bármelyikének hasznosítása visszahat a másik készlet termelhetőségére, vizsgálatuk ezért csak együtt lehet ésszerű, a rezervoire-mechanika és

a hidrogeológia egymástól elválaszthatatlan iker ágai a folyadékok és gázok mechanikájával foglalkozó tudományterületnek.

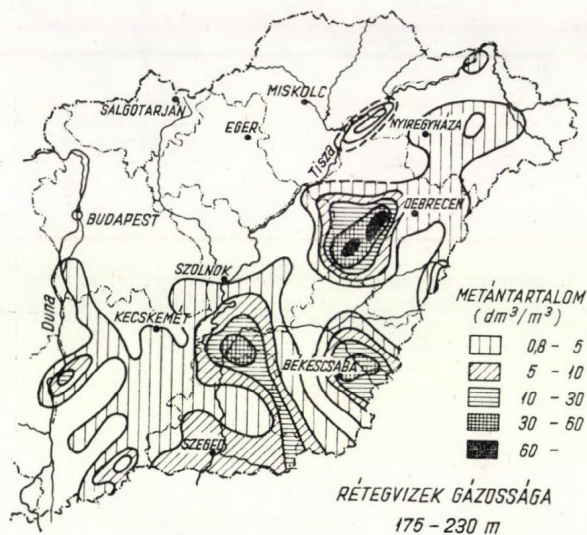
Az előző állítás igazolásaként a Magyar Állami Földtani Intézet csongrádi észlelőkút-csoportjának adatsorát mutatjuk be a 7. ábrán. Látható, hogy a talajvízfelszín a szokásos évszakos ingadozást követi, jelezve a beszivárgásból eredő felhalmozódás és a párolgás okozta kiürülés szabályos változását. Év-



7. ábra A MÁFI csongrádi észlelőkút-csoportjának adatsora

szakos ingadozás figyelhető meg a legfelső rétegvíz (204...241 m) nyomás-szintjében is, ami azonban jobban hasonlít a Tisza vízjátékára (pl. az 1977. évi márciusi és áprilisi kettős csúcs), mint a talajvíz-járáásra, mutatva a folyó megcsapoló hatásának jelentőségét. Kismértékben süllyedő trend is felismerhető ennek a horizontnak nyomás-szintjében, ami a mélyebben fekvő és erősen csökkenő energiájú rétegekkel való kapcsolatra utal. Az alsó három észlelt szintben (428...445 m, 642...655 m és 1029...1056 m) a nyomásváltozás legjellemzőbb tulajdonsága az energiakészlet gyors csökkenése és lefelé fokozatosan gyengülő évszakos ingadozás. Az a tény, hogy a legnagyobb nyomás-csökkenés a legalsó horizontra jellemző és a 200 m körüli szintben a csökkenés alig mutatható ki, igazolja, hogy az energia-készlet jelentős fogyasztója nem a felszínközeli rétegeket csapoló vízellátás, hanem a mélyebben fekvő formációkból termelő dél-alföldi szénhidrogén-bányászat.

Az energia-készlet csökkenésében jelentkező mennyiségi hatáson kívül az olaj és a földgáz termelése a vízkészlet szennyező forrása is lehet. A felszínen kezelési hibából elfolyó, vagy a szállító-vezetékéből elszökő olaj a felszíni vízbe juthat, vagy a talajvízhez szivároghat. Ez nemcsak a vízminőség rontása, hanem üzemi veszteség is, bár a szennyezés jelenti a nagyobb veszélyt, hiszen olyan kis mennyiség is, amely a termelés szempontjából egyáltalán nem szá-



8. ábra: Az alföldi gázos víztermelő kutak területi elterjedése

mottevő, jelentős területen gátolhatja a víz felhasználását. Feltétlenül indokolt, hogy az üzem gondos szervezésével, a vezetékek és szerelvények ellenőrzésével az elfolyás és az ezzel járó szennyezés veszélyét minimálisra csökkentjük.

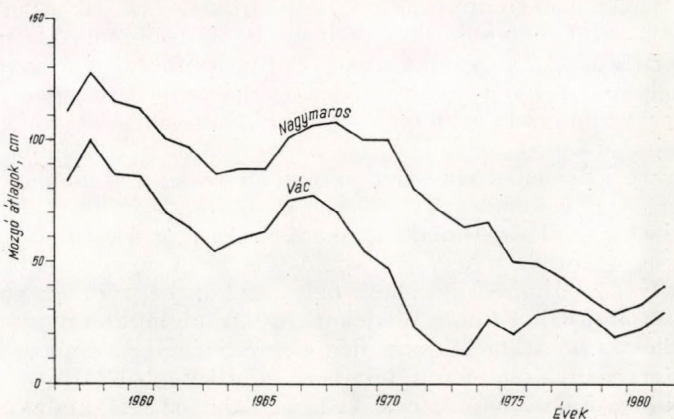
Hasonló elfolyás keletkezhet sokkal kevésbé ellenőrizhető módon a fúrás során, ha két réteg a csövezés mentén kapcsolatba kerül. Az ilyen átfejtődés következtében elsősorban a mozgékonyabb földgáznak megjelenésére számíthatunk a víztartó rétegekben. A veszély reális voltára figyelmeztet az a tény, hogy az alföldi gázos víztermelő kutak területi elterjedése jó egyezést mutat a termelésbe vont szénhidrogén mezőkkel (8. ábra). Néhány megfigyelés arra is utal, hogy a szénhidrogén-termelés és a kutak gáztartalma időben együtt növekedett. Természetesen a fúrás és a kútkiképzés során arra kell törekednünk, hogy a különböző rétegfolyadékot tároló formációk rövidre zárását elkerüljük, azonban az átfejtődés lehetőségét teljesen így sem zárhatjuk ki. A vízellátásba bevont kutak gáztalanításával és folyamatos minőség-ellenőrzésével kell az esetleges baleseteknek elejét vennünk.

Következtetések

– A Pannon-medence szénhidrogén-tároló és víztartó formációi összefüggő, energetikailag egységes rendszert alkotnak. Az egyik rétegfolyadék hasznosítása hat a másik termelhetőségére, ezért a rezervoire-mechanikai és a hidrodinamikai modellek csak együtt kezelhetők. Az egymásra hatást nem csak a tervezést segítő modellezésben, hanem az üzemben is figyelembe kell ven-

nünk és a két természeti erőforrás hasznosítása során mindig számítanunk kell a kölcsönhatásokból származó konfliktushelyzetek kialakulására.

– Az olaj és a földgáz termelése során felszíni és felszín alatti vizeink könnyen szennyeződhetnek. A felszíni elfolyás vízminőséget rontó hatása ellen gondos üzemmel védekezhetünk. Nehezebben védhető ki a rétegek közötti át-



9.ábra: A kisvízi szintek süllyedő trendje a Duna nagymarosi és váci szelvényében

fejtődés hatása, aminek jelenlétére gázos víztermelő kútjaink területi elhelyezkedése és vizük gáztartalmának növekedése utal. Feltétlenül indokolt ezért a vízművekben a folyamatos vízminőség-ellenőrzés és ahol szükséges a víz gáztalanítása.

A folyami kavicskotrás következtében létrejövő mederváltozások

Az évente legnagyobb mennyiségben igényelt ásványi nyersanyag az építkezésekhez felhasznált, laza szemcsés üledék (kavics, homok, agyag). Ennek jelentős hányadát külszíni bányákban fejtik, és ezért termelésükhöz kapcsolódva azok a vízgazdálkodási feladatok jelentkeznek, amelyeket a külfejtéseket elemezve már felsoroltunk. Kivételként említhetjük a kavicsot, amelynek nagyobb részét a folyók medréből kotorják és kisebb arányban használnak fel bányakavicsot. Minthogy ez a termelési mód közvetlenül befolyásolja a folyók medrének alakulását és ezáltal vízszintváltozásokat okoz, a bányászat és a vízkészletek kapcsolatának vizsgálatakor külön kell elemeznünk környezeti hatásait.

Mindaddig, amíg az igényelt kavics mennyisége nem haladta meg lényegesen a folyókon érkező görgetett hordalék mennyiségét, nem volt szükség arra, hogy gazdálkodjunk a medrek kavicskincsével. Csupán arra kellett ügyelnünk, hogy lehetőleg a gázlós szakaszokra korlátozzák a kotrást és így a termelés egyben segítse a folyószabályozás feladatainak munkáját és a hajózóút fenntartását. Ezért már a század első felében is a Folyammérnöki Hivatalok felügyelték a kavicskotrást.

Az utóbbi évtizedekben olyan mértékben növekedett meg a kavics iránti igény, hogy kielégítése érdekében a kotrások mellett már a tárolt készletek felhasználására kényszerültek. Különösen kritikussá vált a helyzet a Dunán, nem csak azért, mert a budapesti agglomerációban és a Duna mentén Győr és Esztergom között húzódó ipari tengelyben használták fel a legtöbb kavicsot és ezért a kotrások is itt koncentráálódtak, hanem azért is, mert az osztrák és német vízlépcsők kiépülése után jelentősen csökkent a középső Duna-szakaszra

érkező görgetett hordalék. A túlkotrás hatását mutatja a 9. ábra, amelyen a nagymarosi és a váci szelvényben észlelt évi legalacsonyabb vízszint öt éves mozgó átlagát ábrázoltuk. Világosan kirajzolódik a kotrások következtében előállt medermélyülés hatása, amely a hatvanas évek közepén gyorsult fel és tíz év során 60...70 cm süllyedést okozott.

Az évente dm-rendű vízszintsüllyedésnek az a hatása, hogy a szivattyúzott vizet mélyebbről emelve az ellátás több energiát igényel, elhanyagolható. Kritikussá a folyamat akkor válik, amikor egy rögzített küszöbű vízkivétel helyén a folyó alacsony vízállása már nem teszi lehetővé az üzemhez szükséges vízmennyiség kiemelését. Folyamatosan rontja a vízszintsüllyedés a parti szűrészű kutak termelését is, mert a kutak leszívásához viszonyítva a rendelkezésre álló energiakészlet csökkenése kisvizek idején már számottevő lehet.

Ugyancsak a parti szűrészű kutak rendszerében jelentkezhet a folyami kotrások vízminőség-módosító hatása. Amikor a cél építőipari nyersanyag termelése, a kotrások helyszínrajzi és mélységi vonalazásában háttérbe szorulnak a folyószabályozási érdekek, helyi zsákok képződnek, amelyek iszapcsapdaként összegyűjtik a finom üledéket. Az így kialakuló, nagyobb ellenállású rétegben a lelassuló áramlás és az elégtelen oxigénellátás miatt megkezdődhet az oldott szervesanyag anaerob bomlása, aminek első következménye a víz vas- és mangántartalmának növekedése. Közvetve is kialakulhatnak ilyen minőségrontó góccok, mert a kotrás miatt elfajuló meder vonalazásának biztosítása folyószabályozási művek építését teheti szükségessé és ezek holtterében is létrejön iszaplerakódás.

Következtetések

– A folyami kotrások a kritikus szakaszon már nem tudják az építőipar által igényelt kavics-mennyiséget előállítani. A túlkotrással járó medermélyülés veszélyeztetheti a rögzített küszöbű vízkivételek és a parti szűrészű kutak teljesítőképességét. Ennek elhárítása érdekében fokozni kell a már megkezdett öblözeti kotrások mértékét, hogy csökkenthető legyen a folyami kotrás mennyisége.

– A túlkotrással létrehozott helyi medermélyülésekben kialakuló iszaplerakódás ronthatja a parti szűrészű vízkészlet minőségét, növelve elsősorban ennek vas- és mangántartalmát. Ennek megelőzése érdekében feltétlenül szükséges a megzavart mederszakaszok rendezése, az egységes és megfelelően vonalazott meder kialakítása.

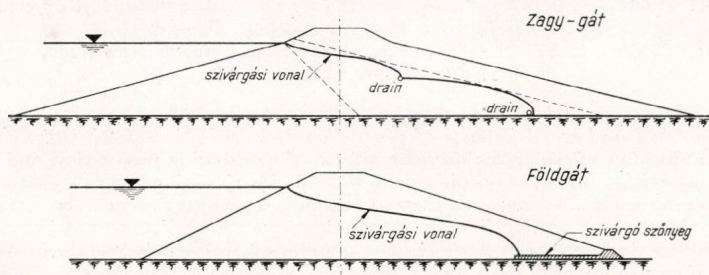
A bányászathoz kapcsolódó felszíni tevékenység vízgazdálkodási kérdései

A bányászat által termelt ásványi nyersanyagot a helyszínen osztályozni, dúsítani kell, sőt sokszor az elsődleges feldolgozást is itt célszerű végrehajtani, mert ezzel csökkenthető a szállítás költsége. A bánya környezetére jellemzők a meddőhányók, ércosztályozók és dúsítók. A kis kalóriájú szenek ésszerű értékesítése azt igényli, hogy a hasznosító erőművet is a bánya közelébe telepítsük, ezért közvetve ennek vízellátási gondjai, pernyéjük és salakjuk elhelyezése is a régiót jellemző felszíni tevékenységnek tekinthető.

Minthogy az ásványkincsek lelőhelyének közelében ritkán találunk nagy hozamú vízfolyást, a felsorolt létesítmények vízellátásának alapját a legtöbbször korlátozott helyi készletek szolgáltatják. A frissvíz-igény biztosítása így sokszor teszi szükségessé a hasznosítható víz mennyiségének tározással, átve-

zetéssel történő növelését. A gazdaságosság érdekében indokolt többcélú megoldások alkalmazása, amelyek az ipari igények kielégítésén kívül megoldják a kommunális vízellátást és vizet szolgáltatnak a mezőgazdaság számára is.

A többcélú hasznosítás egyik különleges formájának tekinthetjük azt a megoldást, amikor a készletszabályozást szolgáló tározó gátját a bánya meddőjéből, vagy az erómű salakjából, pernyéjéből építjük meg. Ezeknek a hulladékoknak az elhelyezése ugyanis terhet jelent az üzem számára. Ezért nagy mennyiségű beépítésük egy-egy vízgazdálkodást szolgáló gát testébe még akkor is gazdaságos, ha az anyag rosszabb fizikai tulajdonsága miatt nagyobb gát-szelvényt kell alkalmaznunk, amint ezt egy azonos biztonságot adó földgát és zagygát szelvényének összehasonlítása igazolja (10. ábra).



10. ábra: Azonos biztonságu földgát és zagygát szelvényének összehasonlítása

Az ellátási gondok megoldásán kívül problémát jelent az a tény is, hogy a bányászathoz kapcsolódó felszíni tevékenység számottevő szennyezőforrása lehet vízkészleteinknek. A bányához kapcsolódó ipar által kibocsátott szennyezett víz tisztítása jelentős feladat, technológiája azonban ismert és alkalmazása különös megoldást nem kíván. Számolnunk kell azonban a hányókból származó szennyezések tovaterjedésével is. A beszivárgó és a talajvízhez lejutó víz, vagy a felszínen végig csörgedező csapadék sok oldott anyagot szállít és ez a nem pontszerű terhelés rontja mind a felszíni, mind a felszín alatti vízkészletek minőségét. A csurgalék összegyűjtésével és kezelésével, vagy megfelelő terelésével és hígításával kell a talajvíz és a befogadó további felhasználhatóságát megőriznünk.

Következtetések

– A bányászathoz kapcsolódó felszíni tevékenység szorosan kötődik az ásványi nyersanyagok feltárási helyéhez. Telepítésük során ezért a legtöbb esetben nem lehetünk tekintettel a vízkészletek területi elhelyezkedésére, így sokszor vízellátásuk csak tározók létesítésével, vagy vízátvetéssel oldható meg. A vízgazdálkodási beruházások hatékonyságának növelése érdekében indokolt többcélú megoldások alkalmazása, amelyek a bánya és a hozzákapcsolódó ipar igényén túl szolgáltnia kell a kommunális és a mezőgazdasági vízellátást is. Külön figyelmet érdemel annak lehetősége, hogy a tározók gátjaiba a hányók hulladékanyagából jelentős mennyiséget építhetünk be, aminek elhelyezése másképpen gondot okoz az üzemeknek.

– A bányához kapcsolódó üzemek ipari vizének biztosításán kívül a felszíni és a felszín alatti vizek minőségének védelmére fokozott erőfeszítést kell kifejtenünk a hányókból eredő nem pontszerű szennyezések elhárítása végett.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 5–6. szám. 1984. szeptember – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 5–6. Sept – Dec. 1984. Budapest

Az ásványi nyersanyagtermelés és felhasználás földrajzi és társadalmi hatásai

BERNÁT TIVADAR, BORA GYULA, *Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem, Gazdaságföldrajzi Tanszék, H—1093 Budapest, Dimitrov tér 8.*
és RÉTVÁRI LÁSZLÓ, *MTA Természeti Erőforrások Koordinációs Iroda, H—1051 Budapest, Arany Lános u. 10.*

Geographical and social impacts of production and utilisation of mineral raw materials.
In the introduction of paper the adverse effects of world-wide production and utilization of mining activities on the environment are outlined by regions of raw material output and input (processing). At the same time attention is drawn to the tools for socially advantageous environmental equilibria elaborated scientifically and also tested in practice. The most important in theoretical basis, in the opinion of authors, is the clarification of the problems of environmental risks from multifarious aspects. Through establishing the concepts of environmental, economic and social risk and damage (loss of value) the final conclusion is reached, i.e. besides production costs the mining and processing of raw materials have an additional and important cost component. This component covers the expenses spent for the restoration of environmental damage of various kind, listed as 'social costs' in economic literature. In the scope of practical problems, authors study two fundamental issues. One is that of derelict land abandoned by mining (as a form of environmental damage) and the other is the problem of utilizing natural resources and endowments. The latter also reveals the conflict between bauxite mining (with active sinking of water table) and the world famous Hévíz medical resort (spa) in the Transdanubian karstic mountains. The present situation is engraved by the tension of aluminium industry and general social interest.

✕

Az ásványi nyersanyagtermelés és felhasználás földrajzi és társadalmi hatásai. A tanulmány bevezetője tömören jellemzi a világot átfogó bányászati termelés és feldolgozás környezetkárosító hatását, mégpedig a nyersanyagkibocsátó, illetőleg az azokat befogadó és feldolgozó térségek szerint. Ugyanakkor felhívja a figyelmet arra, hogy az ember számára kedvező környezeti egyensúlyok kialakítására a tudomány ma már elméletileg a gyakorlatban is kipróbált eszközrendszert teremtett. Az elméleti alapok között a szerzők legfontosabbnak a környezeti kockázat kérdésének sokoldalú tisztázását tekintik. A környezeti, gazdasági, társadalmi kockázat és kár (értékvesztés) fogalmának tisztázásával jutnak el arra a végkövetkeztetésre, hogy a bányászati nyersanyagtermelésnek és feldolgozásnak a termelési költségen túl létezik még egy igen fontos költségtartománya. Ez a költségtartománya különböző környezeti károk helyreállítása, amit a közgazdasági irodalom a „társadalmi költségek” közé sorol. A gyakorlati problémakörökből a szerzők két fundamentális kérdést fejtenek ki. Egyik a bányászat miatt a mezőgazdasági termelésből kivont földterület (mint a környezeti kár egyik formája), a másik pedig a természeti erőforrások és adottságok együttes hasznosításának problémája. Utóbbi a Dunántúli-középhegység karsztos térszínein aktív víztelenítéssel technológiával folyó bauxitbányászat, ill. a világhírű hévízi gyógyüdülői potenciál közötti igen súlyos, napjainkban jelentkező – az alumíniumipar és az általános társadalmi érdekeltség között feszülő – konfliktus helyzetét is feltárja.

✕

Az ember létfenntartása érdekében folytatott termelő tevékenységével az ősközösség felbomlásától kezdve napjainkig egyre látványosabban formálja, mind intenzívebben hasznosítja földrajzi környezetét. Korunkban a különböző

gazdasági tevékenységformák oly nagy mértékben gyorsultak fel, hogy hatásukra világjelenséggé vált a természeti feltételek romlása, az emberi környezet egyensúlyának megbomlása.

A világot átfogó anyag- és energiaáramlási rendszerben ma már mind méretét, mind a szállítási távolságokat tekintve az *ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás áll az első helyen*. Míg korábban, még egy évszázaddal ezelőtt is, jól elkülönültek a mező- és erdőgazdálkodás, a halászat, vadászat *természeteshez közel álló* – hatalmas térségeket átfogó – *területhasznosítási típusai* a bányászati és ipari területhasznosítás szinte pontszerűen elhelyezkedő kis térségeitől, addig a mában már nehezen található olyan térségek, amelyek mentesek volnának az ásványi nyersanyagtermeléstől, vagy nyersanyagok híján befogadásuktól.

Globálissá vált a bányászati termelés és feldolgozás, de a *kibocsátó és befogadó térségekre* gyakorolt környezetromboló, környezetkárosító hatások között aligha lehet egyik, vagy másik javára mennyiségi, ill. minőségi különbséget felfedezni. De még a bányászat vagy a nyersanyagfeldolgozás tereit tanulmányozó geográfus is gyakran csak nagy ügyel-bajjal képes eligazodni a természeti környezetre gyakorolt antropogén hatások és formák között, mert azok hasonlóak lehetnek, vagy keverednek, Kétségtelen, hogy legszembeötlőbb a *kibocsátó bányászati térségekben* a környezet átalakulása. Külszíni szén, lignit, érc (pl. bauxit), építőipari alapanyagok, egyéb nem fémes ásványok kinyerése után a „bulldózer-denuváció” eredményeként hatalmas, gyakran vízzel feltöltődő mélyedések keletkeznek, s körülöttük felhalmozott meddőanyagokkal „holdbéli táj”-ra emlékeztető felszíni alakzatok képződnek. Mélyművelési bányászat esetén a milliós tonnákban mérhető bányászati meddőanyagok felhalmozódása pozitív irányú antropogén formákat eredményez. A bányafelhagyás után viszont roskadásos, hullámos felszínek, jó ideig semmire sem használható parlagok jönnek létre. A felhalmozott meddőanyagok mesterséges képződményei miatt előfordul, hogy hegytetőn spontán mosási növénytársulás alakul ki, a mélyebb részek korábbi tavai, vizenyős területei viszont kiszáradnak, az erdők kipusztulnak.

Az ásványi nyersanyagokat *befogadó, feldolgozó térségekben* hasonló formákkal, de még több, emberre, állat- és növényvilágra káros környezetszennyező anyaggal találkozunk. A *szilárd halmazállapotú* égéstermékek, kiszáradó zagyok, ipari – építőipari hulladékok, roncok, vegyipari – gyakran mérgező – melléktermékek; a *cseppfolyós* ásvány- és kőolajszármazékok, biológiailag le nem bomló ipari szennyvizek, különböző oldott mérgező anyagok és a *légkört* folyvást terhelő szén- és kén-dioxid, korom, pernye, por, mind-mind idegen, „megszokhatatlan” a természet számára. Ezek elhelyezése, ártalmatlanítása önmagában is rendkívül nagy gond, amit csak tetéz, hogy ezek a talajfelszínt, vizeket, levegőt folyvást szennyező, terhelő anyagok sűrűn lakott, többnyire városi térségben halmozódnak – a feldolgozás zaja, búza a lakosságot sújtja – és ezzel tovább növelik a helyszükével küszködő területgazdálkodás egyébként is akút problémáit, gondjait.

Nem mentesek azonban a környezetkárosodástól azok a térségek sem, amelyek a bányászati termelés és feldolgozás utáni kész termékeket fogadják be. A távolabbi termőföldeket is eléri a savas esők, s az odahordott műtrágya a legkülönbözőbb vegyszerek nem kellően körültekintő alkalmazásával a talaj elsavanyodik, ill. a talajvíz egyre mélyebben szennyeződik el.

A földrajzi környezet néhol katasztrofális degradációs folyamatait felismerve a tudomány és technika sok területen már ma is kínál elfogadható

alternatívákat arra, hogy a természet-társadalom kapcsolatrendszerében a környezeti krízis kihívása ellen megfelelő válaszokat adjon.

A visszafordíthatatlan és globális környezetkárosodás ellentétpárja az új – az ember számára kedvező – környezeti egyensúlyok megteremtése volna. Ezekhez a tudomány, ha még nem is teljes skálában, de elméletileg kidolgozott, sőt a gyakorlatban is kipróbált eszközrendszerrel teremtett. Eredményes technikai eszközök, technológiai eljárások állnak rendelkezésre a bányászati terek rekultivációjára, célszerű hasznosítására, a meddő- és hulladékanyagok újrahasznosítására, a mérgezők ártalmatlanítására, az alapanyagok feldolgozásakor keletkező folyékony és légnemű szennyező anyagok kiszűrésére. A környezeti ártalmakból kivezető utat azonban keresztezi a világ politikai megosztottsága, a környezetvédelemre fordítható pénzüsszegek szűkössége, a ma még meglévő nagy gazdasági és technikai szintkülönbségek, a szinte áthidalhatatlan érdekellentétek. Századunk végén a 6 milliárdos emberiség közel 4/5 része a fejlődő országokban fog élni és az évente százmillióval szaporodók eltartásához belső tőke hiányában nem képesek ezek az országok lemondani a természeti erőforrások igénybevételének és hasznosításának extenzív formáiról. Kétségtelen, hogy ez korunk egyik legnagyobb, legsúlyosabb ellentmondása és kihívása.

Az ásványi nyersanyagtermelés és felhasználás kockázatának és hatásainak elméleti megközelítése

Az ásványi nyersanyagkitermelés és feldolgozás sokoldalú hatásai között vannak gazdasági hatások, mint a makroökonómiai szinten a társadalmi termék, ill. a nemzeti jövedelem növekedése, a külgazdasági egyensúly fenntartása vagy javítása, a gazdaság menetének, folyamatának biztosítása, ezeken túl a jövedelmek és a vásárlóerő növelése. A társadalmi hatások közül megemlíthető a foglalkoztatottság növelése, a foglalkozási szerkezet megváltozása, a szakmai struktúra korszerűsödése. Pozitív hatás mutatható ki a települések fejlődésében, az urbanizációs folyamat meggyorsulásában, az infrastruktúra általános fejlődésében is. Az előbbieken túl természetesen számos előnyük mutatkozik meg a technikai fejlődés terén is.

A fentiekben túl azonban számos olyan hatás is jelentkezik, amelyek már kevésbé kedvezők vagy kimondottan negatívak társadalmi és gazdasági szinten egyaránt. A reális értékelés megköveteli mindkét oldal számbavételét és ezekből a szükséges következtetések levonását. A kétoldalú szemlélet fontosságát azért kell aláhúzni, mert az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás társadalmi és gazdasági értékelésekor a gyakorlat hosszú időn keresztül csak a pozitív oldal kiemelésére koncentrált. Az egyoldalú szemlélet okai ma már ismeretesebbek, amelyekre itt nem szükséges rámutatni, többek között kapcsolatban van a környezetvédelem fontosságának lassú felismerésével, de kapcsolatban van azzal is, hogy a kockázatnak, különösen pedig a környezeti kockázatnak a figyelembevétele nem kapott kellő hangsúlyt.

Az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás kockázatának és hatásainak a vizsgálatok is az alapvető emberi motivációs tényezőkből, az emberi szükségletek kielégítéséből kell kiindulni, amely az emberi tevékenység meghatározója volt a történelem során és az ma is. Az igények kielégítésének következménye a termelés fokozása, az ember és a természet közötti kapcsolatok ki szélesítése és elmélyítése lett, ami napjainkban már globális kereteket ölt. Az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás az emberi cselekvés egy speciális és

jól meghatározható területe, amely mint minden emberi tevékenység, a kockázatot is magában hordozza. A kockázat pedig a tevékenység, cselekvés (események) potenciális következményeinek eloszlásában jut kifejezésre. A következmények objektíven lehetnek pozitívak (nyereség, veszteség), de lehet negatív is (veszély, veszteség, ártalom), azaz a gyakorlatban egyidejűleg mindkettővel számolni kell. Az előbbiekből tehát még következik az is, hogy a kockázatnak végeredményben valószínűségi aspektusa is van, annak ellenére, hogy a cselekményhez (eseményhez) pozitív vagy negatív előjelű következmény tartozhat, a kockázattal foglalkozó irodalom, illetve gyakorlat általában a negatívan értékelendő következményekre koncentrál.

A témakörrel kapcsolatban jelentkező kockázatoknak eredetük szerint több csoportja is van:

– a társadalmi kockázat hordozói – szoros értelemben véve – azok a tevékenységek és magatartások, folyamatok, amelyek a társadalmi viszonyokra, egyes emberek, csoportok kapcsolataira, helyzetére hatnak és – a kedvezőtlen kimenetel esetén – közvetlenül vagy közvetve vezetnek a kárhoz.

– a gazdasági kockázat általában visszavezethető a gazdasági folyamatokban figyelmen kívül hagyott, vagy időközben megváltozott belső vagy a gazdasági környezetben rejlő tényezőkre, amelyek pl. a kereslet, az árak, a nyereség, a versenyképesség stb. változását idézik elő;

– a kockázatnak van azonban egy speciális területe is, amely a szakirodalomban *környezeti kockázat* néven vált ismertté. A fogalom megközelítését kétségtelenül nehezíti, hogy az esemény oka, aminek következménye a kockázat, lehet emberi (társadalmi) eredetű, de következhet a természet spontán folyamataiból is, a kettőnek azonban van egy közös jellemzője, hogy a kockázatot a környezet (természet) valamilyen közege közvetíti. Az előbbieken alapján a környezeti kockázat a következőképpen fogalmazható meg: A környezeti kockázat spontán természeti jelenség vagy emberi cselekedet által kiváltott és a természeti vagy mesterséges környezeten, mint közvetítő közegen keresztül továbbított nem kívánatos ártalmak és következményeik valószínűségének mértéke.

A kockázat a spontán jelenségeken a valószínűségen és a következményeken túl feltételezi az embert (társadalmat) is, amely annak részbeni előidézője és a következmények szenvedője is. A környezet, mint közvetítő közeg a meghatározásban azt jelenti, hogy a kockázatot, ill. annak ártalmait a természeti környezet valamelyik közege (víz, levegő, talaj stb.) vagy a biológiai élelmiszer-lánc közvetíti az emberhez.

A környezeti kockázat okai, bár jól meghatározhatók, de rendkívül sokoldalúak, közülük egyesek az emberi tevékenységből származnak, mint a termelés egésze, vagy azon belül az új technológiák, termékek, vegyszerek bevezetéséből; mások, mint a talaj pusztulása és a természeti csapások, a természet folyamataiból következnek, az emberre, az emberi tevékenységre vagy a településekre hatnak.

A környezeti kockázattal kapcsolatban még rá kell mutatnunk két fontos jellemzőre. Az egyik az, hogy számtalan olyan tevékenység (döntés) van, amelynek következménye többféle előjelű is lehet, ami az ásványi anyagkitermelésre és feldolgozásra is vonatkozik. A tevékenység következményének gazdasági kockázata lehet pozitív eredményű, azaz a tevékenység gazdasági előnyökkel, nyereséggel jár, de ugyan ennek a környezeti kockázati következménye lehet negatív is (ami a dolgok természetéből kiindulva, közvetve negatív gazdasági

következményekhez is vezethet). A környezeti problémák okai között kere- sendő, hogy a döntéseknél, tevékenységeknél egyoldalúan csak a pozitív gaz- dasági következményeket veszik figyelembe. A másik jellemző, hogy az ese- mény gyakran nem annak a mozzatát, hanem másokat, esetleg tömegeket érint negatívan, nem csak az esemény helyén, hanem attól távolabb is. Az előbbieket arra hívják fel a figyelmet, hogy a környezeti kockázat veszélyeinek különös társadalmi aspektusa mutatkozik meg, ami az egész probléma jelentő- ségét aláhúzza. A környezeti kockázat – más kockázati típusokhoz hason- lóan – mint már említettük valamilyen eseménnyel, cselekvéssel, döntéssel kapcsolatos és számolni kell következményeivel. Ezek lehetnek veszteségek, amelyek elsősorban az emberi egészség terén jelentkeznek mint betegségek, sérülések és legszörnyebb esetben a halál (az utóbbiak például a bányászati te- vékenység során viszonylag nagyobb valószínűséggel következnek be). A kö- vetkezmény más része a különböző károkból mutatkozik meg, amelyekkel azért kell foglalkozni, mert a spontán természeti jelenségek, vagy az emberi cselekedetek által kiváltott vagy miattuk bekövetkezett ártalmak a közgazda- sági gondolkodás alapján legjobban a kárral fejezhető ki.

A károkat röviden összefoglalva megállapítható, hogy azok lehetnek *köz- vetlen* károk, amelyeket a levegő-, a vízszennyeződés és a környezetbe kerülő egyéb szennyezőanyagok (pl. szilárd hulladék) okoznak, rendszerint a kiterme- lés vagy a feldolgozás helyén vagy azok térségében, de jelentkezhet távolabb is (pl. a savas esők). A károk az anyagi termelés területén a termelő kapacitá- sokban infrastruktúrában, a természet által biztosított közgazdaságilag érté- kelhető termelési tényezőben mutathatók ki.

A károk másik csoportja *közvetlen* jelentkezik (pl. a bányászat miatt ki- szivattyúzott víz következtében jelentkező vízszint-, vízhozamcsökkenés), ere- detükre gyakran nehezen lehet következtetni.

A károk egy másik nagy csoportja esztétikai jellegű és kétségtelenül pénzben nehezen mérhető, mint egy természeti táj tönkretétele (kirívó példa a Duna-kanyarba beépített váci cementgyár), elsősorban a külszínfejtéses bá- nyászat okoz ilyen károkat, de a feldolgozás is, ha olyan tájképi környezetbe építik be, amelynek természeti értéke pótolhatatlan (pl. a visontai erómű). Je- lentkezhet kár továbbá esetleg történelmi-archeológiai jelentőségű területek beépítésével, tönkretételével is.

A károk következő csoportja az igénybe vett földterülettel kapcsolatos, ami gyakorlatilag egy másik gazdasági ágazat munkatárgyának megszünteté- sét jelenti, azaz a földfelhasználás kedvezőtlen átalakulását. A földterület igénybevétele sokrétű: szükség van a földre, a bányák és más ásványi nyers- anyagkitermelő helyek, vagy a feldolgozást végző ipar számára, szükség van földterületre a meddőhányók, salakhegyek, hulladékanyagok elhelyezéséhez, a létesítményeket kiszolgáló infrastruktúrához (vasutak, utak, csatornák, víz- tárolók stb.), a lakótelepekhez vagy nagyobb, komplexebb létesítmények esetén esetleg egy új városhoz. Az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás földigénye tehát egy multiplikációs folyamaton keresztül jelentkezik, ezért is roppant nehéz a veszteségeket pontosan pénzben kifejezni. A makrogazdasági nézőpontból természetesen a termőföld (vagy erdő) kiesése, mint veszteség szembeállítható azokkal az előnyökkel, amelyeket a bánya vagy a feldolgozás magával hoz. Ebben az esetben egy ún. haszonlehetőség (feláldozott haszon, ill. opportunity cost) költség egy speciális esetével állunk szembe.

A károk pontos mérését többek között megnehezíti, hogy azoknak csak egy része fejezhető ki közgazdaságilag (pl. termék-, anyagveszteség, elmaradt ha-

szon, értékcsökkenés, kompenzációs költségek) elfogadott értékmutatók segítségével, döntően pénzügyi eszközökkel (monetárisan), ilyenek a közvetlen károk nagy része. A károk nagy csoportja például már pénzügyi eszközökkel kevésbé, közvetetten vagy egyáltalában nem fejezhető ki. Ilyenek az esztétikai károk, az élet minőségének romlása, emberélet elvesztése stb., általában a társadalmi károk.

Az ásványi anyagkitermelés és feldolgozás miatt a természetben előidézett változások a társadalom és a gazdaság terén pozitív vagy negatív következményekkel járnak. A gazdasági és a gazdaságon kívüli (társadalmi) értékelés tárgyát *ezek a következmények, nem pedig az azokat kiváltó hatások képezik*. A racionális természeti hasznosítás meghatározásakor alapvető jelentőségű a negatív következmények mérése, amelynek *célja* a hatás és a következmények közötti ok-okozati kapcsolatok irányítása és tervezése, a következmények megszüntetésére, minimalizálására vagy kompenzálására irányuló rendszabályok kidolgozása.

Az értékelés egyik formája a gazdasági következmények megállapítása, másik a gazdaságon kívüli társadalmi hatások jelentőségének meghatározása.

A természetbe történő beavatkozások negatív jelenségeinek kedvezőtlen hatásait a természeti *környezet elsődleges károsodásának lehet nevezni*. Ennek megfelelően az *elsődleges környezeti kár* igen széles körben értelmezhető, átfogva mindazokat a jelenségeket, amelyek a természeti környezet állagában, egyensúlyi helyzetében helyrehozhatatlan változásokat okoznak, vagyis a természeti értékek csökkenését eredményezik, függetlenül attól, hogy a szóban forgó természeti érték közgazdasági értelemben értéknek minősül-e, vagy nem testesít meg gazdasági értéket.

Az *elsődleges környezeti kár* tehát mindenekelőtt a természet károsodását fejezi ki, függetlenül attól, hogy természetben végbement állagromlásnak közvetlenül van-e gazdasági következménye, vagy nincs gazdasági kihatása. Az *elsődleges környezeti kár* forgalomkörébe így egyaránt beletartozik egy folyó vízminőségének romlása, egy ökoszisztéma élővilágának jelentős pusztulása, de ide kell sorolni egy esztétikailag szép táj megváltoztatását, vagy a biológiai értelemben vett károsodásokat is.

Megjegyzendő azonban, hogy a környezeti kár semmiképpen sem értelmezhető olyan földrajzi determinista módon, amely a természetben előidézett minden változást kárként kezel. Így például egy természeti táj olyan jellegű megváltoztatása, amely a társadalom számára kedvező, esztétikailag is értékes és gazdaságilag is hasznos művi környezetet eredményez, nem tekinthető környezeti kárnak. Tekintve, hogy az *elsődleges környezeti kár* igen szélesen értelmezhető, így környezetgazdasági szempontból a *gazdasági kár* fogalmának lehatárolására kell törekedni. Közgazdasági nézőpontból azonban nem a szélesen értelmezett elsődlegesen jelentkező környezeti kár vizsgálata a feladat, hanem annak részeként értelmezett, másodlagosan megjelenő *gazdasági kár*. Általános megfogalmazásban a környezeti károk közül azokat tekintjük közgazdasági értelemben gazdasági kárnak, amelyek közvetlen, vagy közvetett úton gazdasági értelemben is értékcsökkenéseket, elmaradt hasznokat eredményeznek.

A gazdasági károk általános közgazdasági értelmezésénél, a kár fogalmának elsődleges megközelítésénél abból kell kiindulni, hogy *makrogazdasági értelemben csak az a plusz ráfordítás és értékvesztés tekinthető kárnak, amely a termelés adott rendszerén belül, továbbá a termelési rendszeren kívül plusz gazdasági ráfordításként vagy értékvesztésként jelentkezik*.

A gazdaságban az egyedi termelők, illetve a gazdálkodó egységek arra törekednek, hogy termelésüket hatékonyra tegyék, megalapozzák helyüket a gazdaságban és olyan jövedelemre teygenek szert, amely továbbfejlődésüket biztosítja. E tevékenységük közben használják a természeti erőforrásokat, és szennyeznek a környezetüket, ezzel kárt okoznak a környezetben, kárt okoznak más termelőknek, a lakosságnak stb. Azt figyelmen kívül hagyták eddig, hogy a saját termelési költségeiken kívül – amelyeket pontosan mértek – a szennyezés következtében másoknak keletkezett kára, másoknak kellett pénzt fordítani a károk elhárítására.

A termelési költségek a valóságban tehát nagyobbak mint kizárólag a termelés során felmerült költségek. Ez a kiindulási alapja annak a fontos megállapításnak, *hogy a termelésnek az egyedi termelő költségein túl van még egy költség (ráfordítás) tartománya*, amelyet a társadalom kénytelen viselni (a környezeti károk helyreállítására, a levegőszennyezés miatt beteggé váltak gyógykezelési költségeire, szennyezett levegő miatt a korrozio által tönkretett berendezések pótlására, újrafásításra stb.).

Ezeknek a költségeknek a közgazdasági irodalom a „*társadalmi költség*” nevet adta. (Meg kell jegyezni, hogy a társadalmi költséget más hasonló területre is alkalmazzák.) Egy termék összes költsége (C_t) a valóságban tehát nem azonos az egyéni termelőnél – a mikroszinten – mutatkozó költségekkel (I_K), hanem a következő:

$$C_t = I_K + S$$

ahol: a S a társadalmi költség, amelyet a szennyezések, ill. a környezet tönkretétele miatt a társadalomnak kell fizetnie. (Az „S” a társadalmi költség részeként itt a környezetszennyezésből eredő társadalmi költség.) Az S tehát tulajdonképpen a társadalomban a konkrét termelőn kívül, esetleg széles skálában jelentkező és feltételezhető kártételek, vagy a helyreállítási költségek összegéből áll.

Az előbbi elméleti fejtegetéssel arra szeretnénk volna rámutatni, hogy az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás földrajzi és társadalmi hatásainak tanulmányozása feltétlenül megköveteli a környezeti kockázat és a kár fogalmának és problémáinak bevonását. A továbbiakban az ásványi nyersanyagtermelés és feldolgozás által igénybevett termőföld értékelése és az erőforrás és adottságok együttes hatásának, környezeti problémáinak példáján kívánjuk bemutatni a problémakör gyakorlati oldalát.

A bányászat miatt a mezőgazdasági termelésből kivont földterület mint a környezeti kár egyik formája

Az alábbiakban az ásványi nyersanyagkitermelés és feldolgozás által okozott gazdasági károk közül a földben, a mezőgazdasági termelés legfontosabb termelőeszközében okozott kárt tekinthetjük át. Főként a külszíni, de a mélyművelésű bányászat is kénytelen a földkéreg külső, termékeny rétegét, a mezőgazdasági termelés térszínét igénybe venni.

A bányatelleket nagyságrendileg bővíti az a terület, amelyet a bányászati meddőhányók nagy tömege foglal le. A sort az ásványi nyersanyagokat feldolgozó ipari üzemek által kihasított terület teszi teljessé. Miközben a bányászat az ásványi erőforrások kiaknázásával új értéket hoz létre, a bányauzem területi

méreteitől függően szűkíti a másik ágazat, a mezőgazdaság erőforrásait, növeli a bányászati parlagok arányát. *A gazdasági értékelés céljából a bányászat által elért gazdasági eredményt szembe kell állítani azzal a veszteséggel, amely a megváltozott erőforrás hasznosítással állt elő.* A gazdasági kár magába foglalja a földtartalék csökkenésével keletkező direkt termelési veszteséget és a környezet eredeti állapotának visszaállítására, a rekultivációra fordított költségeket. A gazdasági értékelés képlete a következő:

$$Eg = Br - Fé + Kf$$

Eg = gazdasági értékelés

Br = a bányászat tisztajövedelme

Fé = a mezőgazdasági föld értéke

Kf = a rekultivációra fordított kiadások

A bányászati üzem telepítésekor – mivel az csaknem kivétel nélkül mező- és erdőgazdasági földterületet vesz igénybe – a döntéshozatal céljából meg kell vizsgálni a fenti képlet elemeinek egymáshoz való viszonyát. A helyki-jelölésnél, a technológia megválasztásánál, a természetvédelmi intézkedések meghozatalakor figyelembe kell venni a gazdasági értékelés összetevőinek szerepét. A bányászati jövedelem és az okozott kár összevetése lehetővé teszi a természeti (ásványi- és föld) erőforrásokkal való racionális gazdálkodást, az erőforrásokat hasznosító vállalatok között fennálló gazdasági kölcsönkapcsolatok mechanizmusának zavartalanságát. A kár meghatározásában igen nagy jelentősége van a földérték reális meghatározásának. A mezőgazdasági termelésből bányászat, vagy az ásványi nyersanyagokat feldolgozóipar céljára kisajátított földterületeket az érvényes jogszabálynak megfelelően a forgalmi érték alapján kellene értékelni. Ez azonban a gyakorlatban nem érvényesült, mivel hazánkban a földpiac nem funkcionál. A kisajátítási eljárás során a teleknek nem minősülő föld értékét a MÉM irányelvei szerint a minőség, fekvés, művelésre való alkalmasság, a művelés módja, továbbá művelési ága alapján kell megállapítani. A térítés összege tehát több tényező függvényében, de meglehetősen szubjektíve kerül meghatározásra. A földingatlan nyilvántartásban szereplő I–VIII. minőségi osztályhoz, aranykorona értékhez 5500–2800-as szorzószámok kapcsolódnak. Az így kiszámított földértékek az előbb említett tényezők (fekvés, művelés módja, stb.) alapján 50%-ban módosíthatók. Abban az esetben, ha kőolaj-, gáz- és villamosvezeték céljára vesznek igénybe művelt területet és a terület nem kerül kisajátításra – úgy a kár nagysága az igénybe vétel által okozott költségnövekmény 8–12-szeres szorzatának megfelelő összege.

Mind a kisajátítás, mind a tartós igénybevétel esetén fizetett kártérítés nem felel meg a reálértékeknek, nem tükrözi megfelelően a földnek, a mezőgazdaság legfontosabb termelési eszközének egy részéről történő lemondás nyomán keletkezett kárt. A beruházások költségtényezői közt a kisajátított földár elenyésző értékkel jelent meg, de ezt is az állami költségvetés viselte. Az olcsó föld hosszú időn keresztül veszélyes földpazarláshoz vezetett. Az ásványfeldolgozás a kisebb ellenállást követve a tereprendezést nem igénylő szanálás-mentes területek felé terjeszkedett, amelyek egyben a legjobb termőföldek voltak.

A mezőgazdaság számára értéktelen, az ipar számára minimális költség-igeli ipari területté alakítható területek többnyire parlagon maradtak, mert nem állítottuk szembe a mezőgazdasági termelésből kieső termelési értéket az ipar-

terület előkészítési költségeivel. 1970 és 1980 között minden szándékunk és jogi szabályozás ellenére tovább csökkent a termőterület mintegy 250 000 hektárral, vagyis egy közepes nagyságú megye mezőgazdasági területnagyságával. Míg az ásványvagyon értéke az összes számbavett reáleszköz érték 12%-át képviseli és aránya 10 év alatt lényegében nem változott, addig a termőföld reáleszköz értéke a földkivonás következtében az 1970. évi 24%-ról 19,5%-ra csökkent.

A termőterület állandó, bár mérséklődő csökkenése részben a társadalmi-gazdasági fejlődés következménye. A közlekedési hálózat fejlesztése, új települések, lakótelepek építése jelentős területfelhasználással jár. Az ásványi erőforrások hasznosításának növelése érdekében egy-egy kitermelési rendszer egyre nagyobb kapacitást, egyre nagyobb hatékonyságot, de sajnos egyre nagyobb területi igényt is feltételez. Ezért ezeknek a termelési rendszereknek a működési feltételeit – beleértve a területi igényüket – a korábbinál sokkal körültekintőbben, pontosabban kell megismernünk. A bányászat területfelhasználása és az ásványi termékeket feldolgozó ipartelepek létesítése az összes földkivonáson belül becslések szerint mintegy egyötöd részt képvisel. Ennek felét a művelés alól évente kivont terület 10%-át (3500 ha-t) bányászatok vették igénybe. A termőföld védelmére hozott intézkedések hatására ez a részesedés a nyolcvanas évek elejére 7%-ra csökkent. A bányatelkek területének nagyságarányú bővülését jelentették a TSZ-ek által létesített homok- és kavicsbányák, amely célokra nagyon sokszor a jó minőségű földterületeket használták fel és a bányafelhagyást követően a rekultivációról nem gondolkodtak, és így használhatatlan parlagterületek jöttek létre (ilyen veszélyes helyzet alakult ki a főváros határa és Szentendre közötti sávban). Tehát a mezőgazdasági üzemek sem mindig jártak el példamutatóan.

A mezőgazdasági rendeltetésű földek hatékonyabb védelme érdekében az utóbbi évtizedekben több törvény és törvényerejű rendelet lépett életbe. A legutóbbi, 1978. évi jogszabály szerint a mezőgazdasági rendeltetésű és belterületen, mezőgazdasági nagyüzemi műveléssel hasznosított föld termelésből való kivonása, vagy időleges igénybevétele esetén a terület igénybevételéért járó ellenértéken felül térítést kell fizetni. A térítés összege a negyedik minőségi osztályba sorolt földek kivonása esetén a kataszteri tisztajövedelem négyezer-szerese szorzata. Egy közepes minőségű, 20 aranykoronás szántó után a térítés összege a korábbi 40 – 50 ezer Ft-ról 100 ezer Ft-ra emelkedett. Ugyanebben az időszakban Nyugat-Európában a hasonló minőségű földek ára 6 – 8-szorosa volt az előbb említett összegnek.

A század elején megállapításra került aranykoronás földminősítési rendszer elavultságát és közigazdasági megalapozatlanságát úgy gondoljuk, hogy nem kell bizonyítani. Mindössze arra utalnánk, hogy a rendszer közigazdasági elemei lényegében változatlanok, jóllehet ezekben történt a legnagyobb változás. A különböző szorzószámok meghatározása megítélésünk szerint teljesen önkényes jellegű és végeredményben véletlenszerű. A mezőgazdasági termőföldnek, mint nemzeti kincsnek a védelme és optimális hasznosítása szempontjából kulcskérdés annak megalapozott ökonómiai (pénzbeni) értékelése. Ezzel kapcsolatban az új földértékelési rendszer bevezetésének előkészítéséről szóló MT határozat* az MTA-át bírta meg azzal, hogy 1985-ig dolgoztassa ki a földek ökonómiai értékelésének rendszerét úgy, hogy ez a párhuzamosan folyó ökológiai értékelési rendszerre ráépíthető legyen.

* 2012/1979. V. 28.

Az MTA vezetése egy szakértői bizottságot bízott meg azzal, hogy végezze el a témával összefüggő ismeretek és tapasztalatok összegezését és dolgozzon ki javaslatot a termőföld közgazdasági értékelésére, amely az aranykorona helyett a mai ökonómiai feltételeket jobban fejezze ki és a termeléspolitikához, a szabályozáshoz, földvédelemhez hatásosabb módszereket adjon.

Legtöbb közgazdász a földár meghatározására az egységnyi földterület valamely hozadékának, jövedelemmutatójának a tőkésítését javasolja. A jövedelemkritériumokból kiindulók is kétféle megközelítést tartanak lehetségesnek:

- egyik részük a tisztajövedelemből,
- másik részük a bruttó jövedelemből indul ki.

Az értékelési kritériumok tekintetében e tanulmányban arra a következtetésre jutottunk, hogy a növénytermesztésből származó tisztajövedelmet célszerű a földárszámításnál alapul venni. Az ország összes mezőgazdasági nagyüzemének 1978–80. évi tisztajövedelme alapján végzett földárszámítások alapján egy ha mezőgazdasági terület átlagos értékeként 31 000 Ft-ot kaptunk, arra a következtetésre jutva, hogy a kapott földértékek relatíve jól fejezik ki az ország különböző tájegységeinek eltérő termőképességét, a különbozati járadék területi differenciálódását.

A tisztajövedelem alapján való földárszámítás tapasztalatai azonban tükrözik e megközelítés korlátait is, amelyek jórésze a mezőgazdasági árak diszparitásából fakadnak és a földárak alulértékelését eredményezik. A mezőgazdasági földterületek egy részének – amelyeken az üzemek veszteséggel, vagy minimális eredménnyel gazdálkodnak – tehát a még művelés alatt álló legrosszabb minőségű földeknek nincs ára. A jövedelmi mutatók az adott árviszonyok között nem tükrözik a mezőgazdasági termelés növekedésének a társadalom gazdaságában tapasztalható dinamikáját, azaz a föld társadalmilag vett tényleges termékenységében rejlő jövőbeni potenciált. Ez arra a megfontolásra utal, hogy a földértékelésnél a jövedelem helyett, vagy mellett a főbb termékek terméshozamaikat helyezük előtérbe, vagy pedig a közgazdászok másik csoportja által javasolt helyettesítési (kompenzációs) költséggel kapcsolatos koncepciót célszerű figyelembe venni. Ez utóbbi lényege, hogy a kompenzációt biztosító műtrágyamennyiség árát tőkésítve juthatunk olyan földárhoz, amelyet tartósan lekötve (bankba helyezve) kamataiból a földjét elvesztő gazdaság pótolni tudja a kieső terület termévesztését.

Miközben a bányászat fő törekvése a leművelésre érdemes szilárd, folyékony és gázhalmazállapotú ásványi nyersanyagok és energiahordozók kitermelésének bővítése, nem szabad szem elől téveszteni – és a makroszemlélet ezt feltételezi – az erőforrások másik csoportjával, a földdel való hatékony gazdálkodást. Ez tulajdonképpen mindnyájunknak egzisztenciális érdeke. A magyar export termékeinek 17%-át energiahordozó import ellentételezésére kell fordítanunk. Ma tízszer annyi húst és négyszer annyi gabonát kell egységnyi szénhidrogénért adnunk, mint korábban. Tekintve, hogy a mezőgazdasági tér korlátozott, nem bővíthető az azzal való racionális gazdálkodás nemcsak gazdasági, hanem társadalmi érdek is.

Az erőforrás és adottságok együttes hasznosításának környezeti problémái

Hazánkban a természeti erőforrások hasznosításának extenzív módjai a „szűz terek” hiányában csaknem teljesen kizártak. A megkutatott és feltárt ásványi nyersanyagok kinyerése szinte mindig a mező- és erdőgazdasági föld-

hasznosítás rovására, a talaj- és mélységi vízkészletek, vagy épp az egyik ásványi nyersanyagának a másik kárára történhet. A fentieknél nem kisebb gond, hogy a sűrűn lakott országterületet a település- és infrastrukturális hálózat, az ipar-, közmű- és mezőgazdasági telepek pénzben kifejezhető nemzeti vagy önkormányzati védelmi objektumok, a jelen s jövő rekreációs értékeinek sokasága. Mindebből következően a környezeti kockázat felismerése, figyelembevétele a környezetet érintő minden döntésnél nélkülözhetetlen.

A természeti, ill. a társadalmi-gazdasági környezet erőforrásainak és adottságainak együttes számbavételére és értékelésére nincsenek még általánosan használt és még kevésbé a gyakorlat próbáját is kiállt sémák. Pedig épp a környezeti alrendszerek közötti kölcsönkapcsolatok és hatások figyelmen kívül hagyása vezetett eddig is súlyos környezeti krízisekhez; egy-egy ágazati és társadalmi érdekeltiség közötti, nem ritkán kibékíthetetlennek, megoldhatatlannak tűnő konfliktusra. Ezek kivédésére ökológusok, közgazdászok a közelmúltban számos modellt dolgoztak ki, de a különböző blokk-, mátrix-, kartográfiai és egyéb modellek közmegegyezést kiváltó eredményre nem vezettek, mert pl. egy „előny-veszteség” modellben a látszólag nagyobbak tűnő társadalmi érdekek, vagy a könnyebben értelmezhető és elfogadható „kisebb rossz” kapott preferenciát.

Az ágazati érdekeltiség és a társadalom egyéb, ezen belül az ember egészséges biológiai és társadalmi létéhez szükséges környezeti érdekeltisége közötti konfliktusok a legutóbbi évtizedekben váltak hazánkban igazán súlyossá. Legtöbbjük esetében a döntéseket megelőző és a kockázatot is figyelembevevő ún. környezeti hatásvizsgálás elmaradt (részben felismerés vagy megfelelő módszerek hiányában) és csak később a nehezen megoldható problémák jelentkezése vagy felismerése után vált szükségesé a korrekciók megtétele (lásd. pl. Gabčíkovo-Bős – Nagymaros Vízlépcsőrendszer környezeti hatásairól kialakult vitát). Pozitív előrelépés, hogy a helyzet tarthatatlanságára már a kormányzati szervek is felfigyeltek és a döntésekhez a tudománytól várják a megfelelő válaszokat.

Az ásványi nyersanyagtermelés és a földrajzi környezet közötti konfliktushelyzetnél maradványként a még folyamatban lévő „A bauxitbányászat fejlesztésének komplex környezeti hatásai”-val foglalkozó akadémiai vizsgálat néhány jellemző összefüggését emeljük ki.

A Dunántúli-középhegység makrorégióiban jelentkező környezeti problémák jellemzésére, azon belül főleg a „nyirádi bauxitbányászat kontra hévízi gyógyüdülői potenciál” közötti konfliktus, nehezen egyeztethető társadalmi érdekellentét érzékeltetésére csak a legfontosabb adatokat, összefüggéseket emeljük ki.

A 200 km hosszúságú, 20 – 50 km szélességű, ÉK – K – DNy – Ny csapásirányú Dunántúli-középhegység hazánk természeti erőforrásfeleségeiben leggazdagabb tájegysége. Szénmedencéiben rejlik az ország ipari barnaszén- vagy lignitjának több mint fele, itt található a bauxit, a mangán egésze, de a térség gazdag különböző építő- és burkolókövekben és egyéb ipari (öntődei és üveghomok), építőanyagipari, ásványi nyersanyagelőfordulásokban is. Különböző korú karbonátos kőzetek hasadékaiban, üregeiben tárolt karsztvíz összmenyiségét 50 milliárd m³-re becsülik, amely egyelőre emberi fogyasztásra ma még jórészt tisztítás nélkül is alkalmas. 7000 km²-es – árkos süllyedékekkel, medencékkel tarkított – felszínének több mint fele mezőgazdaságilag hasznosított, 22% az erdő, közel ennyi a hasznosításból kivont terület aránya (tele-

pülések, bányászati térszínek, ipar, infrastruktúra, parlag stb.). Alapvető probléma, hogy a két legfontosabb ásványi nyersanyag, vagyis a barnakőszén- és a bauxitvagyon jórészt a középhegységi karsztvízszint alatt helyezkedik el, ezért azok kinyerése élet- és vagyonbiztonsági okok miatt csak aktív vízvédellel lehetséges. Az aktív víztelenítéses bányászati tevékenység káros környezeti hatásai már eddig is jól ismertek, s az ezzel összefüggő gondok, problémák mind a többi erőforrás hasznosítása, mind pedig a lakosság vízzel való ellátása szempontjából egyre inkább növekszenek. A percenként 550–570 m³-es bányászati vízkiemelés legszembeötlőbb hatása a karsztforrások (pl. a pápai Tapolca-, ill. a tatai Fényes-forrás), a patakmedrek elapadása, a karsztlápok kiszáradása, a vízművek kútjai hozamának csökkenése, vagy épp megszűnése. A legnagyobb karsztvízemelő nyirádi bauxitbánya (1983-ban 270 m³/min.) miatt a Hévízi-tó vízhozama az utóbbi évtizedben az eredeti vízhozam 55%-ára esett vissza.

A karsztvízrendszer nyomáscsökkenése egyes feltevések szerint a felszín, a talaj vízháztartására is visszahat; a bányák térségében 120–130 ezer ha-ra becsülik az így károsodó mezőgazdaságilag művelt területek nagyságát.

Mind a külszíni, mind a mélyművelésű bányászkozás a természetes földfelszíni alakzatokban is nagy kárt tesz, pusztítva a természeti, táji értékeket és növelve ezzel a bányászati parlagok arányát. A korábbi külszíni bauxitbányák helyén elhagyott bányagödrök, a körülöttük felhalmozott meddőanyagok csúfítják a tájat, a mélyművelésű bányák fölött pedig a beomlás után egyenetlen felszínek maradnak vissza. Ezeknek a térszíneknek a folyamatos rekultivációja kellően még nincs megoldva. Az omlasztásos kőszén és bauxitfejtésnek azonban a mélyben is jelentkezik káros hatása. A roskadással felszakadt és fellazult fedőrétegen keresztül a felszínen szennyeződő csapadék és egyéb vizek gyorsan lejutnak a karsztvízrendszerbe. Ez a szennyeződés már ma is veszélyezteti a Dunántúli-középhegység potenciálisan igen fontos természeti erőforrását, a nagymennyiségű és tiszta karsztvizet, ami a térség vízellátásán túl más régiók (pl. a Balaton-üdülkörzet) vízellátását is szolgálja.

A Nyíradon kitermelt bauxitot ércszállító autókon viszik az Ajkai Timföldgyárba. A mintegy 20 km-es útvonalon és a közbeeső településeken (Szóc, Halimba, Padragkút) az évente elszállított 800 ezer tonna bauxittól származó porból, égéstermékekből és zajból származó környezeti ártalom igen nagy, nem beszélve arról, hogy a szállításnak ez a formája gazdasági szempontból sem előnyös.

30 év alatt több ezer km²-es területen átlagosan 40–50 m-rel csökkent a karsztvízszint (az utóbbi 5 évben 15–20 m-rel); a nyirádi bauxitbánya 3000 km²-nyi karsztvízdepresszióiban viszont a 100 m-t is meghaladja a süllyedés. A fűrt aknakutakból történő nyirádi vízemelés páratlan intenzitását jellemző adat, hogy az aktív víztelenítés kezdetétől (1963) mintegy 2,45 milliárd m³ víz került kiemelésre. 1983-ban a percenkénti vízemelés 270 m³, ami azt jelenti, hogy 1 t kinyert bauxitra ebben az évben átlagosan 217 m³ vízkiemelés jutott.

A Nyírad térségében folyamatosan mélyülő karsztvízdepresszió Hévízi-tóforrásra gyakorolt hozamcsökkentő hatása csak egy évtized eltelte után jelentkezett, a 35 km-es távolság és a közbeékelődő más kőzetfelépítésű Lesence-árok késleltető szerepe miatt. Rohamos vízhozamcsökkenés a világon párját ritkító Hévízi-tóforrásban 1978 és 1983 között következett be; a mért adatok szerint a bázisidőszakra (1977. I–1978. III.) megállapított 500 l/sec. átlagos vízhozam 1983. II. felére 300 l/sec. átlagértékre esett, s az ez évi akadémiai

vizsgálat idején rendszeresen végzett (1984. I – II.) mérések már csak 288 l/sec. átlagértéket adtak. Az utóbbi évek erőteljes s a legutóbbi hónapokban folytatódó vízhozamcsökkenésben nyilván szerepet játszhatott az utóbbi öt év – és azon belül az 1983-as legszárazabb év – beszívárgás hiánya, de a nyirádi karsztvízszint-süllyesztés és a Hévízi-tóforrás hozamcsökkenése közötti korreláció a fentieket figyelembe véve is egyértelműnek látszik.

A vízhozamcsökkenéssel magyarázható a Hévízi-tó felszíni átlagos (30,0 – 30,9 °C) vízhőmérsékletének 2,2 °C-os csökkenése (30 éves mérési adatok alapján), aminek legsúlyosabb következménye, hogy a balneoterápiás szempontból meghatározott 28 °C-os vízhőmérsékletet el nem érő napok száma a korábbi idők 24 – 40 napjáról az utóbbi évekre 120 – 140-re növekedett, a tó vízcsereidőjeének meghosszabbodása miatt. Az akadémiai vizsgálatot végző munkabizottság egyes tagjai szerint – az eddigi tendenciákat extrapolálva – beavatkozás híján nincs kizárva az sem, hogy a Hévízi-tóforrás vízhozama néhány év múlva megszűnhet.

Az aktív víztelenítéses bauxitbányászat és a Hévízi-tó forráshozama és hőmérsékletcsökkenése közötti összefüggéseket érzékeltetve térhetünk ki a nagyon keményen ütköző alumíniumipari, ill. gyógyüdülési érdekellentétre. Közismert, ugyanis, hogy a nyirádi bauxitbányák adják a hazai timföldiparnak a legjobb minőségű bauxitot, s a jelenlegi termelésben, ill. a bauxitvagyonon belüli részesedésben is Nyirád szerepe kiemelkedő. Ennek kiesését a hazai viszonylatban egyébként fejlett, exportorientált alumíniumipar is csak nagy nehézségek, költségtöbblet árán tudná kiegyenlíteni. Ugyanakkor a páratlan értékű gyógyüdülői potenciálra az utóbbi években Hévízen igen jelentős beruházások valósultak meg: mind az V., mind pedig a VI. ötéves tervben az ország 130 körüli „termál-település”-ére fordított fejlesztési összegek közel negyede a hévízi gyógyüdülőhelyre jutott. Az Állami Gyógyfürdőkórház, a SZOT és a vállalati gyógyüdülők, a Hotel Thermal együttes beruházási költsége meghaladja az 1,7 milliárd Ft-ot; a szövetkezeti és magánüdülőkkel együtt a 3,2 milliárdot is, melynek bázisán 1983-ban a beutalt mintegy 1,3 millió és az alkalmi vendégek kb. 0,7 milliós táborával 2 millió körül volt Hévízen a vendégnapok száma. 1984-ben kezdi meg működését az osztrák tőkével épült Hotel Aqua gyógyszálló. A Belkereskedelmi Minisztérium adatai szerint Hévízen az éves idegenforgalmi bevétel 560 millió Ft (ebből 7,8 millió dollár a tőkés bevétel), s az Állami Gyógyfürdőkórház számításai szerint évi 1,5 milliárd Fr-ta tehető az a „nyereség”, ami az emberi termelőerő, a munka- és mozgásképesség megőrzése, javítása útján megtérül.

Nem kisebb tehát az egészségügy, a belkereskedelem, ill. az általános társadalmi jólét érdekeltége sem a „Nyirádi kontra Hévíz” környezeti érdekellentétben. És a jövő szempontjából a gyógyhelyi potenciál megőrzésére nemcsak és nem is elsősorban a megvalósított beruházásokból származó gazdasági eredmény megtartása, továbbnövelése miatt van szükség, hanem azért még inkább, mert idősödő demográfiai korszerkezetünkben országosan már ma is 10%-ra tehető a különböző fokú mozgásszervi betegségekben szenvedők aránya, s ez az arány épp a bányászok körében a legmagasabb.

A fentiekben vázolt kényszerhelyzetből kivezető út megválasztása nem lehet feladatunk. Itt és most csak annyit kívánunk nyomatékkal megemlíteni, hogy a természeti környezet erőforrásainak és adottságainak hasznosítása a jövőben csakis az azokhoz fűződő együttes társadalmi érdekeltség figyelembevételével folyhat.

Meg kell ugyanis őrizni a meglévő, pénzben kifejezhető és pénzben ki nem

fejezhető értékeket egyaránt. Ehhez új fejlesztési alapokra kell helyezni a bányászati termelés jövőjét. Be kell látnunk, hogy a továbbiakban az a gyakorlat nem követhető, melyben az egyébként igen fontos bányászati tevékenység bizonyos határon felül a többi erőforráshasznosítás sérelmére folyják. Az egy és oszthatatlan természeti és társadalmi környezet értékeinek, potenciáljának megóvása valamennyiünk közös érdeke. Jól tudjuk, hogy az optimum keresésében még jó ideig a kisebbik rossz, a kisebb népgazdasági veszteség mellett kell dönteni. A fenti elv a tudomány és a gyakorlat eddigieknél szorosabb összefogását követeli meg, a környezetvédelem szakembereitől a veszélyhelyzetek idejében való jelzését, a várható hatás-következmény összefüggésének feltárását, az ásványi nyersanyagtermelés és a feldolgozástól pedig a környezetkímélő technológiák és technikák fokozott fejlesztését és bevezetését.

IVANOV, M. V. és FRENEY, J. R. (szerk.): *The Global Biogeochemical Sulphur Cycle (A kén biogeokémiai körforgalma)*. Scope 19, John Wiley and Sons, Chichester, 1983. XXV + 470 14,5×23,0 cm oltal, számos ábra és táblázat.

A Föld különböző szférái között állandó anyagáramlás van s ennek hatására a szférákat alkotó kémiai elemek (vegyületek) folytonosan kicserélődnek. Ez a szüntelen anyagáramlás, melyet összefoglalóan biogeokémiai körforgalomnak nevezünk, teszi lehetővé az életet a Földön, tápanyagot szolgáltatva a különböző geoszférákban lévő ökoszisztémák számára. Az elemek körforgalma határozza meg a légkör jelenlegi állandó összetételét. A kén különlegesen jelentős komponens, mivel a troposzféra és a sztratoszférában az aeroszol részecskék számottevő része kénvegyület, pl. kénsav, ammónium szulfát. E részecskék fontos tényezői számos légköri folyamat, pl. légköri sugárzásátvitel, felhőképződés, látástávolság stb. szabályozásának. Emberi tevékenység okozta módosulásuk nagyban hozzájárul a környezet elsavasításához.

Nem meglepő tehát, hogy a kén kutatása szerves része a SCOPE biogeokémiai ciklusokkal foglalkozó programjának. E programhoz kapcsolódva a Szovjet Tudományos Akadémia 1979 nyarán, Pucsinoban nemzetközi munkaértekezletet szervezett, a globális kén ciklus kutatása terén elért legkorszerűbb eredmények összegyűjtése és publikálása céljából. E konferencia anyagát tartalmazza a könyv, amelynek mind a hét fejezetét más-más szerző írta.

A hét fejezet és szerzőik a következők:

1. A kén globális biogeokémiai körforgalmának legfontosabb reakciói – V. A. Grinenko és M. A. Ivanov (Szovjetunió);
2. A kén körforgalma a litoszférában – A. A. Migdisov, A. B. Ronov, V. A. Grinenko és A. Yu. Lein (Szovjetunió);
3. A kén körforgalma a talajban – J. R. Freney és C. H. Williams (Ausztrália);
4. A kén légköri körforgalma – A. G. Ryaboshapko (Szovjetunió);
5. A kén körforgalma a kontinentális rezervoárookban – M. V. Ivanov, V. A. Grinenko és A. P. Rabinovich (Szovjetunió);
6. A kén körforgalma az óceánokban – I. I. Volkov, A. G. Rozanov, A. Yu. Lein, V. A. Grinenko és A. A. Migdisov (Szovjetunió);
7. A kén globális biogeokémiai körforgalmának legfontosabb fluxusai – M. V. Ivanov (Szovjetunió).

A kén körforgalma a természetben röviden a következőképpen foglalható össze. A kén, mely a litoszférában szulfid formájában van felhalmozódva, erózió és más mállási folyamatok szabadítják fel. Az ásványi szulfid egy részét (szulfáttá oxidálódva) a folyók közvetlenül a tengerbe juttatják. A másik rész a talaj számára szolgál kén-forrássul, ahol egyrészt a növények és más élő organizmusok felhasználják, másrészt szulfátként bizonyos ideig felhalmozódik. A talajban lévő kén egy része gáz halmazállapotban (mikroorganizmusok által kibocsátott illékony gáz-nemű kénvegyületek) és por formájában kerül a légkörbe. A tengervízben lévő kén túlnyomórészt a tengerfelszín mállása és bűborekképződés következtében közvetlenül jut a levegőbe míg egy kisebb kénmennyiség redukált gázként szabadul fel. Az óceánok kéntartalmának jelentős része a kőzetképződés során beágyazódik az üledékbe. A litoszférikus kén egy részét a vulkánkitörések juttatják a levegőbe. A légkörben a különböző kénformák oxidálódnak és a nedves és száraz ülepedés hatására kikerülnek a légkörből. A kiülepedett kén ilymódon visszakerül a talajba, a litoszférába és az óceánokba. Ezt a természetes ciklust zavarhatja meg napjainkban az emberi tevékenység. Az ember ugyanis mobilizálja a litoszférában tárolt kén egy részét, első sorban a kéntartalmú fosszilis fűtőanyagok elégetésével.

E sorok írója úgy véli, hogy jelen könyv valóban hasznos lehet az *Időjárás* olvasói számára. Először is mivel a légkörrel foglalkozó fejezet bizonyos szempontokból különbözik a korábbi munkáktól. Így például *Ryaboshapko* kimutatja, hogy a vulkáni tevékenység, az eolikus erózió és a tengeri só-kibocsátás jelentősebb kén-fluxust képvisel, mint azt korábban megbecsülték. Másrészt pedig, s ez rendkívül lényeges vonása e munkának, a könyv világosan demonstrálja környezetünk különböző közegeinek egységét és kölcsönhatását, valamint az antropogén hatások komplexitását. Így nyilvánvaló, hogy ha meg akarjuk ismerni a légkört, mindig szem előtt kell tartanunk, hogy a természet oszthatatlan, minden részletében szervesen összekapcsolódó egység.

Mészáros Ernő

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

NOTES TO THE AUTHORS

Az IDŐJÁRÁS célja az elméleti és alkalmazott meteorológia tárgykörébe tartozó tanulmányok publikálása. A tanulmányok új kutatási eredményeket tartalmazó beszámolók, illetve adott szakterület időszerű kérdéseit összefoglaló kritikai szemecikkek lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettes sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendők be a következő címre: **Időjárás Szerkesztősége 1525 Budapest, Pf. 38.**

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzővel nem közöljük. A kéziratnak a következő formai igényeket kell kielégítenie:

Címreész: Tartalmazza a tanulmány címét, a szerző(k) nevét, munkahelyét és ez utóbbi pontos címét.

Összefoglalás: Külön oldalakon, magyar és angol nyelven, tartalmazza a kutatás célját, módszerét és a kapott eredményeket.

Szövegrész: Alcímekkel értelemszerűen fejezetekre tagolandó.

Irodalmi hivatkozások: Szövegben a hivatkozás tartalmazza a szerző(k) nevét aláhúzva és a publikálás évét. Pl. egyetlen szerző esetén: *Róna* (1909), vagy ha a szerző neve a szövegbe nem illeszthető be: (*Róna*, 1909); két szerző esetén: *Gamow és Cleveland* (1973); szerző esetén: *Bacsó et al.*, (1953). Ha adott szerzők ugyanazon évben publikált több cikkére hivatkozunk, akkor az évszámhoz *a, b* stb. betűket írunk. Az irodalom felsorolása a cikk végén a szerző(k) neve szerinti betűrendben történik. Folyóirat esetén: szerző(k) neve, évszám, a cikk címe, a folyóirat neve, kötetszám, kezdő és befejező oldalszám. Pl.: *Dési, F.*, 1955: A meteorológiai kutatás időszerű kérdései. *Időjárás* 57, 65–70. Könyv esetén: Szerző(k) neve, évszám, könyvcím, kiadó, megjelenés helye. Pl. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

Ábrák: A kézirat első példányához az ábrákat pausz- vagy mm-papíron, a másodikhoz az eredeti ábrák másolatát kell csatolni. Az ábrák aláírásait külön lapon kell mellékelni. Fényképek fekete-fehér színben, fényes, kontrasztos minőségben nyújthatók be.

Táblázatok: A táblázatokat római számozással, szövegükkel együtt, külön lapon kell mellékelni.

Matematikai formulák és jelölések: A nem latin betűket és kézzel írott jeleket a margón ceruzával írt magyarázattal kell ellátni.

A szerzők megjelent tanulmányukért tiszteletdíjat és térítésmentesen 30 db különlenyomatot kapnak. Több különlenyomat a szerző költségére a kézirat elküldésével egyidejűleg rendelhető.

The purpose of IDŐJÁRÁS is to publish papers in the field of theoretical and applied meteorology. These may be reports on new results of scientific investigations or critical review articles summarizing current problems in certain subject. Authors may be of any nationality but papers are published only in Hungarian or English. Two copies of the manuscripts, typed with double space, should be sent to the Editorial Office of *Időjárás*. Address: **Budapest, P. O. B. 38, H-1525, Hungary.**

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

Title: Should contain the title of the paper, the name(s) of the author(s) with indication of the name and address of employment.

Abstract: Should contain the aim, method and conclusions of the scientific investigation on a separate page.

References: The text citation should contain the name(s) of the author(s) underlined and the year of publication. In case of one author: *Róna* (1909), or of the name of the author cannot be fitted into the text: (*Róna*, 1909); in case of two authors: *Gamow and Cleveland* (1973); there are more than two authors: *Bacsó et al.* (1953). When referring to several papers published in the same year by the same author, the year of publication should be followed by letters, *a, b* etc. At the end of the paper the list of references should be arranged alphabetically. For an article: the name(s) of author(s), year, title of article, name of journal, volume number, pages. E. g. *Dési, F.* 1955: Current problems of meteorological research. *Időjárás* 57, 65–70. For a book: the name(s) of author(s), year, title of book, publisher, place of publication. E. g. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

Figures: Should be prepared entirely in black India ink upon transparent paper and be attached to the first copy of the manuscript; a copy of the original figures should be attached to the second manuscript copy. The legends of figures should be given on a separate sheet. Photographs of good quality may be provided in black and white.

Tables: Should be marked by Roman numbers and provided on separate sheets together with relevant captions.

Mathematical formulas and symbols: Non-Latin letters and hand-written marks should be explained by making marginal notes in pencil.

Authors are receiving 30 reprints free of charge. Additional reprints may be ordered at the authors expense when submitting the manuscript.

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Tel.: 353-500

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223.

Felelős kiadó: Siklósi Norbert vezérigazgató



84.2335 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás

Felelős vezető: Szlávik András vezérigazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329