

## A geoökológiai térképezés jelentősége a környezeti hatásvizsgálatokban

JUHÁSZ ÁGOSTON<sup>1</sup>

### Abstract

#### The relevance of geoecological mapping to environmental impact statements

A series of legislative measures, such as acts and governmental orders relating to the improvement of the state of environment (general regulations, shaping and protection of the built environment, recommendations on the protection of the quality of subsurface waters) have been taken recently to protect the environment. Local governmental rules with respect to regional development make environmental impact assessment a compulsory task to be implemented in planning. Methodical approaches, however, are far from being uniform. The procedure of geoecological mapping offers a method to carry out regional environmental rehabilitation and to avoid conflict situations.

Beside the generally accepted and purposefully applied methods and procedures ('ad hoc' methods, Leopold impact matrixes and their advanced versions, superposition of thematic layers through computer assisted mapping, simulation modelling in environmental analyses etc.) geoecological mapping is considered to be most applicable. Its methodical aspect is that the latter can be equally used for the individual and integrated evaluation of the environmental factors and their interrelated system.

The novelty of the detailed concept is that in the first step crisis regions of degraded state of environment due to permanent pollution are subdivided into geoecologically homogeneous areal units. Earlier investigations have proven that the effect of contaminants, their toxicity, deposition, mobility, behaviour in the food chain, migration or long lasting isolation varies by geoecological types. Geoecological types of wetlands (e.g. ox-bows with moist habitats) and those of e.g. karst plateaus are affected differently by the same pollutant. That is why in the course of investigations the quantity and impact of pollutants are studied and evaluated by geoecological types. Then the latter contaminated e.g. by fluoride or heavy metals are assessed according to their state and degree of stability. A synthetic map summarising the results provides a solid scientific basis for physical and regional planning and the rehabilitation of areas in environmentally critical situation.

#### Aktualitás, kutatási előzmények

A hazai ipari-bányászati térségekben, a települések környezetében, szennyezőket kibocsátó ipari létesítmények hatásövezetében az erőforrások intenzív kiaknázása, az elavult műszaki technológia, a folyamatos kémiai és biológiai szennyezés visszafordíthatatlanul átalakult művi tájak, sok esetben környezeti *krízistérségek* kialakulásához vezetett. Megváltoztak a környezet ökológiai rendszerei, és az ökológiai egyensúly-felbomlások láncolatán keresztül jelenleg számos térségünket ökológiai konfliktushelyzetek, esetenként környezeti krízisállapot jellemzi (pl. Ózd, Salgótarján, Komló, Ebszönybánya, Sárísáp, Dorog és környéke, Inota-Várpalota, Ajka, Százhalombatta stb.). A környezet

---

<sup>1</sup> MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

leromlását elősegítette az át nem gondolt településfejlesztési politika, az előkészítetlen településfejlesztési tervek, a koncepció nélküli területrendezés és -tervezés, a központilag vezényelt iparbeszüntetés a bányabezárások és az összehangolt rekultiváció teljes hiánya. A krízistárségekben elengedhetetlenül szükséges a környezet teljes körű ökológiai szemléletű vizsgálata, környezetvédelmi stratégiák kidolgozása és az átgondolt környezeti rehabilitáció.

Napjainkban a tervezői gyakorlat mind jobban igényli az *ökológiai megalapozottságú* elemzéseket a környezeti krízishelyzetek megoldásában, a településkörnyezetek térségi hatásvizsgálatában. Erre vonatkozóan legalkalmasabb módszerek a célorientált geoökológiai térképezést tartjuk, de még korántsem rendelkezünk egységes módszertani eszköztárral és széles körben elfogadott eljárásrendszerrel; az elemzők az „ad hoc” módszerek sokféle változatát alkalmazzák. Ez a kihívás a tudomány felől megköveteli az újabb módszerek, eljárásrendszerek kidolgozását, bevezetését és alkalmazását.

Újabb hatásvizsgálati eljárások kimunkálását és továbbfejlesztését az is indokolja, hogy váratlan baleseti kibocsátások, szennyeződések nem csak az emberi létet, a növényi és állati élőközösségeket veszélyeztetik (tisztai ciánszennyezés), hanem sérülékeny természeti erőforrásainkat (pl. kiemelten védett ivóvíz bázisok) is hosszú távon károsítják. Ezért a természeti értékek és erőforrások védelmében a gyakorlatnak rendelkeznie kell olyan információkkal, térképekkel, amelyek alapján adott esetben lehetséges a környezetet ért szennyeződések megfelelő kezelése, a károk mérséklése, ill. és elhárítása.

Az Európai Unió országaiban a természetes és művi környezet ökológiai krízis- és konfliktushelyzeteinek elemzését a gyakorlat szükségszerűen a tudományos kutatások fókuszába állította (Rajna menti tájrehabilitációs programok, ipari krízistárségek felszámolása stb.). Nemzetközi tapasztalat, hogy a globális, a kontinentális, ill. a nagytárségi környezetvédelmi stratégiák mellett a gyakorlat által támasztott követelmények hatására a lokális településkörnyezeti problémák megoldására alkalmas geoökológiai vizsgálatok kerültek előtérbe (MOSIMANN, T. 1978, 1980; LESER, H. 1980, 1983).

Nemzetközi hatásra (MOSIMANN, T. 1978, 1980; KLINK, H. J. 1974; LESER, H.–KLINK, H. J. 1988; MAILANDER, A.–KILCHMANN, A. 1989; NEEF, E.–BIELER, J. 1971 et al) hazánkban is számottevően bővült a vizsgálati módszerek skálája. Laboratóriumi vizsgálatok és a kvantitatív módszerek bevezetésével (MAROSI S. 1980; PINCZÉS, Z. 1991; PINCZÉS, Z. et al 1987; KERTÉSZ Á.–MEZŐSI G. 1988, 1989; JUHÁSZ Á. 1988; CSORBA P. 1988, 1989; MEZŐSI G. 1987, 1989; TÓZSA I.–TÉCSY Z. 1988; MEZŐSI G.–MÁRKUS B.–KERTÉSZ Á. 1991) az ez irányú kutatások tartalmilag is gazdagodtak.

Először fogalmazódott meg a környezetkutatásokban geoökológiai vizsgálatok és térképezés tartalmi és módszertani eszköztárának továbbfejlesztése, alkalmazása a környezetvédelemben, a környezeti hatásvizsgálatokban és a környezeti krízistárségek rehabilitációjában (JUHÁSZ Á. 1992). Az alkalmazók, tervezők részére elkészült a Paksi Atomerőmű 30 km sugarú környezetének környezetvédelmi célú 1: 25 000-es ma. geoökológiai térképe (JUHÁSZ Á. 1990), amely az atomerőmű környezetében az esetleges atomerőművi balesetből bekövetkező kibocsátás következményeként a környezetbe kerülő radionuklidok lehetséges területi eloszlását, geoökológiai egységekben való felhalmozódását és mobilitását vizsgálta. Tulajdonképpen először jelentkezett az alkalmazók részéről egy prognózis jellegű geoökológiai térkép kimunkálásának igénye.

Később mindjobban előtérbe került a *térinformatika* alkalmazása a térképezés területén. GIS megalapozottságú geoökológiai térképezési eredményeiket MEZŐSI G.–KEVEINÉ BÁRÁNY I.–MUCSI L.–BALOG I. (1993) összegezték. A Bakonyvidék példáján pedig elkészült az 1: 100 000-es ma. áttekinthető geoökológiai térképezés eljárásrendszere és ennek eredményei alapján az ÖKOINFO – ökológiai információs programrendszer (JUHÁSZ Á. 1993; JUHÁSZ Á.–CZIFKA I.–SOMOGYI S.–HOCK B. 1993).

A továbbiakban topikus egységek rendszeranalízise mellett a kutatások témaköre jelentősen bővült, előtérbe került az egyes tényezők célorientált vizsgálata (pl. talajok nehézfém szennyeződése, levegő–talaj fluor szennyezése) (JUHÁSZ Á. 1992, 1993, 1999; KEVEINÉ BÁRÁNY I. 1998; KERÉNYI A. 1995; FARSANG A. 1995; CSORBA P. 1999; MEZŐSI G.–RAKONCZAI J. 1997; SZABÓ GY. 1998; SZALAI Z. 2000). Befejeződött a környezeti hatásvizsgálatokat megalapozó, részletes (1: 10 000-es ma.) geoökológiai térképezési módszereinek továbbfejlesztése és kimunkálása (JUHÁSZ Á. 1999).

## A környezeti hatásvizsgálat és a geoökológiai térképezés kapcsolata

A közelmúltban (1995, 1997, 2000) életbe lépett törvények, a környezet állapotával kapcsolatos jogszabályok<sup>2</sup>, a területfejlesztési célú önkormányzati előírások, szabályozások a területfejlesztéssel párhuzamosan kötelezővé teszik a környezeti hatásvizsgálatokat. Mivel ezek módszertani megalapozottsága korántsem egységes, a geoökológiai térképezés eljárásrendszere módszertani alapot nyújt környezeti konfliktushelyzetek térségi rehabilitációjához, a létesítmények és környezetük közötti kapcsolatok környezetük hatásvizsgálatához.

A nemzetközi és a hazai gyakorlatban általánosan használt teljeskörű és célorientált módszerek és eljárásrendszerek (célorientált „ad hoc” módszerek, Leopold-féle hatásmátrixok és ezek továbbfejlesztett változatai, a „tematikus térképek, fedvények szuperpozíciója” eljárás térinformatikailag megalapozott vizsgálati, a környezeti hatásokat elemző szimulációs modellek stb.) mellett a krízistérségek környezeti hatásvizsgálatához a részletes geoökológiai térképezés eljárásrendszerét tartjuk a legalkalmasabbnak. A módszer ismerve, hogy a környezeti tényezők és ezek kapcsolatrendszerének egyedi és integrált értékelésére egyaránt alkalmas.

A részletes geoökológiai térképezés eljárásrendszerének új, koncepcionális eleme, módszertani újítása, hogy a leromlott állapotú, folyamatosan szennyezőkkel terhelt krízistérségek földrajzi környezetét első lépésként térszerkezeti, homogén területi egységeire, *geoökológiai egységekre* tagolja.

Korábbi vizsgálataink igazolták, hogy a szennyezők hatásfoka, toxicitása, deponálódása, mobilizációja, táplálékláncba kerülése és migrációja vagy esetleges tartós izolációja geoökológiai típusonként eltérő. Ugyanazon szennyező anyag eltérő módon fejti ki a hatását pl. egy vizes élőhelyekkel jellemzett meander és egy karsztos fennsík geoökológiai típusaiban. Ezért az eljárás következő szakaszában térszerkezeti egységként, geoökotípusonként vizsgáljuk és értékeljük a szennyező anyagok mennyiségét és hatásait. Ezt követően a környezetszennyezők (fluor, nehézfémek) toxikus hatásai által sérült *geoökológiai típusokat* állapotuk és stabilitásuk fokozatai szerint minősítjük. Az eredményeket összegző *szintézistérkép* jeleníti meg, amely tudományosan megalapozott informatív alapot nyújt területrendezési és településfejlesztési tervekhez és krízistérségek rehabilitációjához.

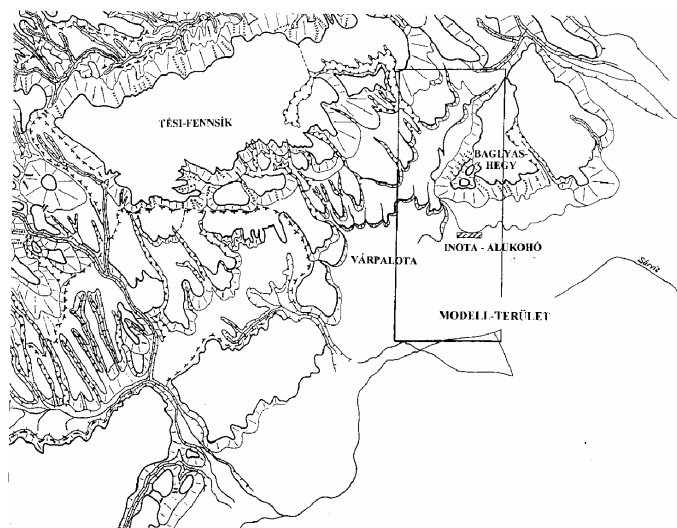
A következőkben egy középhegységi krízistérség környezeti hatásvizsgálata keretében adunk áttekintést a geoökológiai térképezés gyakorlatából.

### Az Inota–Várpalota modellterület környezeti hatáselemzése

#### *A modellterület főbb jellemzői*

A hegységperemi helyzetű kutatási terület a Keleti-Bakony D-i peremi lejtőin helyezkedik el az Inota–Várpalota–Nádasdladány községek által határolt területeken. Vizsgálatainkat főképpen az Inotai Alumíniumkohó és Erőmű közvetlen környezetében, mintegy 5 km hosszú szegmens mentén végeztük (*1. ábra*).

<sup>2</sup> Az 1995. évi LIII. Tv. a környezet védelmének általános szabályairól, 1997. évi LXXVIII. Tv. az épített környezet alakításáról és védelméről, 33/2000. (III. 17.) Korm. rend. a felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról stb.



1. ábra. Az inotai modellterület földrajzi fekvése  
Geographical surroundings of the Inota model area

A modellterület *geomorfológiai képének* legfőbb vonásai a pannóniai abrúzióval átfomált, lenyesett alacsony hegységperemi sasbércek, a sasbércek közé réselődő száraz aszövölgyek, tágasabb öblözetek. A sasbércek változatos peremi lejtőkkel kapcsolódnak a heglábfelszínekhez. A pedimentek és glacisfelszínek széles sávban övezik a sasbércsorokat, hegységelőtéri lápos-mocsaras süllyedékek alapzatában folytatódnak.

A felszín *litológiai felépítését* a szennyeződésre igen érzékeny karbonátos kőzetek túlsúlya jellemzi. A sasbérceket mezozoós dolomit, mészkő építi s ezeket palástszerűen 1–5 m vastag negyedidőszaki lejtős áthalmazódású üledéktakaró borítja. Ezért szemcseösszetétele változatos, a löszös-homokos üledékek jó talajképző kőzetek. A sasbércek oldalait lejtőtörmelékek takarják. A heglábfelszíneket durva dolomit és mészkő komponensekből álló glacis anyag fedi s a finomabb, talajosodásnak kedvező üledékek az enyhe vápákban halmozódhatnak fel.

A *talajképző kőzeteknek* megfelelően a sasbércek tetőrészein vékony rendzinatalajok, a peremeken lejtőhordaléktalajok képződtek s csak itt-ott fellelhető barna erdőtalajok csonka szelvényei tanúskodnak egykori összefüggő elterjedésükről. Az enyhén hullámos glacisfelszíneken köves váztalajok, pszeudorendzinák, a mélyebb fekvésű területeken hidromorf és szemihidromorf talajok fordulnak elő.

A modellterület *felszíni vizekben* szegény, a karsztos felszínek egész évben vízhiányosak, a lejtőüledékekkel fedett lejtőpalástokon van jelentősebb felszíni lefolyás. A *talajvíz* szintje a hegység-előtötereken 3–5 m mélységben váltakozhat, felszíni szennyező hatásokra érzékeny.

A terület *éghajlatát* a mérsékelt száraz, mérsékelt nedves klímátípus jellemzi, átmenet a Bakony hegységi karaktere és a Mezőföld kontinentalitása között. Esőárnyékos jellegét hangsúlyozza viszonylag kevés, 500–550 mm évi csapadék, évi középhőmérséklete 10–10,5 °C, a napsugárzás évi összege 4400–4500 MJ<sup>2</sup>, az évi napfénytartam 2000–2050 óra. Mezo- és mikroklíma típusokban gazdag terület; a felszínközeli horizontokban, gyepekben, a karsztbokorerdő társulásokban, művi környezetekben (meddőhányók, zagyterek, salakhányók, épített környezet stb.) szélsőséges paraméterekkel jellemezhető.

A térség egész évben vízhiányos karaktere visszatükröződik *vegetációtípusaiban* is. A fennsíkokon, D-ies kittedtségű peremi lejtőkön a dolomitvegetáció, a mészkőfelszíneken sziklafüves lejtő-

sztyepek mozaikos elrendeződésű társulásai fordulnak elő karsztbokorerdőkkel, néhol ültetett feketefenyvesekkel. Az Alumíniumkohó környezetében szennyezők hatására gyep szintig degradált, természeteshez közelítő növénytársulások keretezik az épített környezetet.

A modellterület környezeti képére, szerkezetére rányomja bélyegét, hogy *ipari-bányászati hasznosítású*, sok esetben a krízis állapotig leromlott stádiummal. Külszíni és mélyművelésű bányászat, a létesítmények telepítése, a meddőhányók, zagyterek, veszélyes hulladék-lerakóhelyek mellett, határértéket meghaladó a levegő szennyeződése (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, fluor, kriolit stb.), az intenzív kibocsátás a környezet valamennyi tényezőjének általános leromlásához vezetnek. Elsősorban az Inotai Alumíniumkohó és az Erőmű kibocsátásai, mint fő veszélyforrások befolyásolják a térség környezeti állapotát.

### *A hatásvizsgálat menete*

A vizsgálat első lépése az adatbázis kialakítása. Ennek során az értékelést és a térképezést terepi kutatási eredményeinkre, műszeres méréseinkre, laboratóriumi vizsgálatainkra, a térség talaj-, éghajlati-, víz- és növényföldrajzi stb. viszonyaival foglalkozó szakirodalmi adatokra, korábbi vizsgálati eredményekre, döntő hangsúllyal azonban az általunk szerkesztett tematikus térképi információ (TTI) egzakt adatbázisára alapoztuk. Ezen túlmenően felhasználtuk a térségről készült LANDSAT TM űrfelvételek sorozatait is. Az adatok feldolgozása térinformatikai eszköztárral az ökológiai adatgyűjtő és információs rendszerrel – ÖKOINFO –, ill. más programrendszerekkel (ARCINFO) valósítható meg.

A második lépés a *részletes geoökológiai térképezés* megkezdése, amelynek eljárásrendszere a következő (2. ábra):

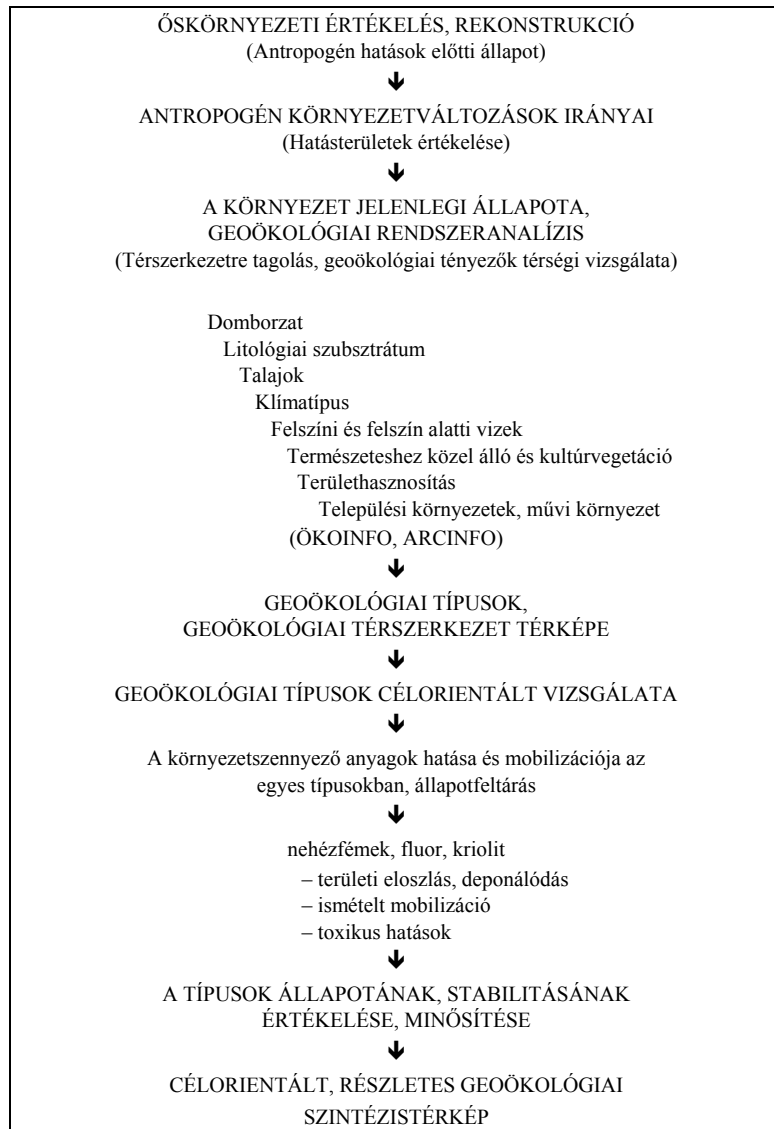
A munka *őskörnyezeti értékeléssel* kezdődik, amely a környezet korábbi, az antropogén hatásokat, környezetváltozásokat megelőző időszak természeteshez közel álló állapotának rekonstrukciójára irányult.

Ezt követi az *antropogén környezetváltozások irányainak meghatározása*. Az antropogén környezetváltozások értékelésével számba vettük, időrendi sorrendben vizsgáltuk és minősítettük mindazokat az antropogén hatásokat, tevékenységi köröket, amelyek a környezetváltozások fő okozói.

A továbbiakban *geoökológiai rendszeranalízisre* kerül sor.

A *domborzat* más tényezőkkel szelektív kölcsönhatásban kijelöli a morfortopikus egységeket, s mint bázistérkép (tematikus térképsorozat) a geoökológiai térkép térbeli szerkezetét képezi, amelyre a biotikus tényezők információi épülnek. Alapvető adatbázisunkat a kvantitatív morfometriai analízis módszereivel képeztük és minőségi kategóriák, a területi típusalkotás módszereivel határoztuk meg a morfortopikus egységeket. A minősítés folyamatát az 1. táblázat mutatja be.

A *litológiai szubsztrátum* közettani jellege szerint meghatároz egy sor ökológiai paramétert, befolyásolja a felszín lefolyási-beszivárgási viszonyait, a felszínközeli rétegek vízellátottságát (karszt), vízháztartási viszonyait, a genetikai talajtípusokat, a felszíni dinamikus folyamatokat (kőfolyások, csuszamlások stb.) és a morfortópokkal kölcsönhatásban a termőhelyi adottságokat.



2. ábra. A célorientált geoökológiai térképezés folyamata és eljárásrendszere (szerk.: JUHÁSZ Á. 1996)

Process and methodology of a purposeful geoecological mapping (comp. by JUHÁSZ, Á. 1996)

A talaj egyik legfontosabb alkotórésze a táji ökoszisztémának, annak magas fokon integrált része. Érzékenyen reagál a környezeti változásokra, nyitott, összetett rendszer. Indikátor jellege elsősorban a káros környezeti szennyezők hatásának jelzésében mutatkozik meg. Részlegesen megújuló erőforrás, ezért termőképességének megőrzése, környezeti hatásokkal szembeni pufferoló képességének „karbantartása” a jövő egyik fontos agrotechnikai feladata lesz.

1. táblázat. Részlet az 1: 10 000 ma. geoökológiai térképezés eljárásrendszeréből (összeáll.: JUHÁSZ Á. 1998)

Geoökológiai minősítés	Célorientált értékkategóriák	Tematikus térképi információ (TTI) homogén egységek
1. A domborzat geoökológiai szempontú minősítése		
1.1. A szubsztrátum genetikai domborzattípusai	1-n minőségi kategóriák	A domborzat genetikai típusai tem. térkép M = 1: 10 000
Hegységi, dombsági típusok Síksági típusok		M = 1: 10 000 – 1: 25 000 M = 1: 5 000 – 1: 10 000
1.2. A felszín alakrajzi minősítése	1–10 minőségi kategóriák	Orográfiai domborzattípusok tem. térkép
1.2.1. A domborzat orográfiai minősítése Hegységi, dombsági területeken Síksági területeken	célorientált kategóriák	M = 1: 10 000 M = 1: 5 000 – 1: 25 000
1.2.2. A felszín reliefenergia-paramétereinek értékelése	1–10 minőségi kategóriák	A domborzat reliefenergia-térképe tem. térkép. M = 1: 10 000
Hegységi, dombsági területeken Síksági területeken		M = 1: 10 000 M = 1: 5 000 – 1: 10 000
Adatképzés: reliefenergia-térkép készítése raszteranalízissel		
Adatképzés – kartogram		
Kategóriák szerinti osztályba sorolás	1–10 minőségi kategóriák	Energiatakarékos felszínek tem. térkép M = 1: 10 000
Minőségi kategóriák Reliefenergia érték	1–3: alacsony 4–5: mérsékelt 6–7: közepes 8–9: erős 10: legnagyobb	
1                    0–20 m/km <sup>2</sup> . . 10                    270–300 m/km <sup>2</sup>		Homogén területi egységek izovonalas térképe
Homogén területi egységek térképe		
1.2.3. A felszín vízszintes tagoltságának értékelése	1–10 minőségi kategóriák	A domborzat felszabdaltsága tem. térkép M = 1: 10 000
Hegységi, dombsági területeken Síksági területeken		M = 1: 5 000 – 1: 25 000 M = 1: 5 000
Adatképzés: Völgysűrűség-kartogram készítése Kategóriák szerinti osztályba sorolás		
Minőségi kategóriák		
Felszabdaltság érték	1–3: alacsony 4–5: mérsékelt 6–7: közepes 8–9: erős 10: legnagyobb	
1                    0–0,5 km/km <sup>2</sup> . . 10                    5,1–6,5 km/km <sup>2</sup>		
Homogén területi egységek izovonalas térképe		

1. táblázat folytatása

Geoökológiai minősítés	Célorientált értékkategóriák	Tematikus térképi információ (TTI) homogén egységek
<p>1.2.4. A felszín lejtősségének értékelése</p> <p>Hegységi, dombosági területeken Síksági területeken</p> <p>Adatképzés:</p> <p style="padding-left: 40px;">0–2° 2–5° 5–15° 15–25°</p> <p>Lejtőkategória-térkép</p>	<p>1–4 minőségi kategóriák</p> <p>Kategóriák szerinti min:</p> <p>1: mérsékelt 0–5° 2: közepes, 5–15° 3: erős 15–25° 4: legnagyobb 25°– lejtősődés</p>	<p>A domborzat lejtőkategória-térképe tem. térkép M = 1: 10 000</p> <p>M = 1: 5 000 – 1: 25 000 M = 1: 5 000</p>
<p>1.2.5. A felszín lejtőváltozékonyságának értékelése</p> <p>Adatképzés: lejtőkategória-térkép raszteranalízissel Kategóriák szerinti osztályba sorolás</p> <p style="padding-left: 40px;">1 = 0–3 2 = 4–5 3 = 6–7 4 = 8–10</p>	<p>1–4 minőségi kategóriák</p> <p>Minősítés</p>	<p>A felszín lejtőváltozékonyságának izovonalas térképe tem. térkép M = 1: 10 000</p>
<p>1.3. A domborzat dinamikus felszínformáló folyamatainak értékelése (eróziós és tömegmozgásos folyamatok)</p> <p>Hegységi, dombosági területeken Síksági területeken</p> <p>Adatképzés:</p> <p>Homogén területi egységek</p>	<p>1–10 minőségi kategóriák</p> <p>Minőségi kategóriák: 1: alig érzékelhető 2: gyenge 3: mérsékelt 4: mérsékeltén közepes 5: közepes 6: közepesen erős 7: erős 8: intenzív 9–10: katasztrofális</p>	<p>A domborzat dinamikus felszínformáló folyamatai és formái tem. térkép M = 1: 10 000</p> <p>M = 1: 10 000 M = 1: 5 000 – 1: 10 000</p> <p>A domborzat egyensúlyi állapotának izovonalas térk.</p>

A modellterület és környezete *éghajlati adottságainak*, klímátípusainak meghatározásakor a fő hangsúlyt a modellterület csapadékösszegeinek idősoros vizsgálatára, az átlagot meghaladó csapadékos, az átlagon aluli aszályos periódusok meghatározására helyeztük.

A *vizek* geoökológiai szempontú minősítése – mivel a modellterület felszíni vízfolyásokban szegény – csupán a mesterséges állóvizekre (bányatavakban, tározókban a pH, oldott oxigén, mikroszennyezők, keménység és hőmérséklet mérése) terjedt ki. Az MSZ 1994 szabvány alapján végzett minősítés alapján a bányatavak a szennyezett és az erősen szennyezett vizek kategóriájába tartoznak.



A *vegetációtípusok* felmérése és térképezése során a modellterületen feltérképeztük a természeteshez közel álló asszociáció típusokat a sasbérczek tetőszintjeiben, D-ies kittedtségű peremi lejtőin a zárt és nyílt dolomit sziklagyepeket, sziklafüves lejtősztyepeket, karsztbokorerdőket, telepített erdőállományokat (feketefenyő, akác), degradált erdőszegély társulásokat, mészkedvelő tölgyeseket.

A *területhasznosítás*, a funkcionális térhasználat szerkezetének vizsgálata alapján lehatároltuk az ipari-bányászati térségek ipari térhasználati típusait, a rekreációs- és lakóövezeteket, az agrárgazdasági térségeket s figyelembe vettük a kárpótlással kapcsolatban bekövetkezett műveléság változásokat is.

Ezután a *geoökológiai típusok meghatározása és célorientált vizsgálata* következik. Eljárásunkban a geoökológiai tényezők előzőekben bemutatott értékelése és minősítése a topikus egységek (morfortóp, pedotóp stb.) lehatárolására irányult. Ezt követően ezek integrált értékelésével határoztuk meg az Alumíniumkohó környezetének főbb geoökológiai típusait.

A geoökológiai térképezés eljárásrendszere valamennyi környezettípus vizsgálatára alkalmazható, célorientáltságát az adott gyakorlati feladat határozza meg, pl. környezeti hatáselemzés (léggöri szennyezés térségi hatásai, ipari létesítmények nehézfém kibocsátásai, folyóvizek, ártéri szennyeződések vizsgálata stb.), jelen esetben az Alumíniumkohó fluor kibocsátásának hatása a környezetre.

A geoökológiai egységeket sajátos, típusonként eltérő anyag- és energiaforgalom jellemzi. Egy adott térség térszerkezeti egységekre való tagolása, a geoökológiai típusok lehatárolása azt is jelenti, hogy a környezetet eltérő anyag- és energiaforgalmú típusokra tagoltuk.

A szennyező anyagok deponálódása, kötődése, beépülése az ökoszisztémába, feldúsulása és izolációja geoökológiai típusonként változó. Az Alumíniumkohó által kibocsátott szennyezők migrációja eltérő módon történik a szántóföldi hasznosítású kultúrmezőségekben, és legelőhasznosítású, időszakosan vízzel borított réti ökotípusokban, és más módon a zárt dolomit sziklagyepekkel jellemzett fennsíkok, pusztafüves peremi lejtők vagy a magas talajvízállású láprétek geoökológiai típusaiban.

A szennyezők éppen a geoökológiai egységek eltérő anyagforgalma és dinamizmusa következtében különböző állati és növényi élőközösségekre fejtik ki hatásukat és kerülnek a táplálékláncba, az ökoszisztémák anyagforgalmába. A típusok eltérő anyag- és energiaforgalma tehát meghatározza a szennyezők beépülését, kötődését és toxikusságának határfoka is másképpen érvényesül.

A környezet mobilis közegei (víz, léggör) közvetítésével áramló szennyezők toxikus hatása megváltoztatja a geoökológiai típusok természetes fejlődését, állapotát, szennyeződés érzékenységét és sebezhetőségét s azok szerkezetében is maradandó, sok esetben vissza nem fordítható változásokat okoz.

Geoökológiai vizsgálataink, az alkalmazott eljárás sajátos koncepciója, hogy a környezetszennyezők területi eloszlása és mennyiségi vizsgálata mellett a fő hangsúlyt a környezeti szennyezőknek a geoökológiai típus állapotára, továbbá azok stabilitására kifejtett határfokának vizsgálatára helyezi.

### *A fluor hatásvizsgálata*

A modellterület fő szennyező forrása az Alumíniumkohó. A gyártási technológia során nagymennyiségű fluorgáz (F) kerül a légkörbe. A szilárd szennyezők közül fehér por alakjában számottevő a kriolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) felhalmozódása.

A fluor a talaj-növény rendszerben elsősorban oldhatatlan formában van jelen, a növényi élőközösségek számára főként az oldható fluoridok felhalmozódása káros, és mérgezést okoz. A fluornak tehát a növényélettani folyamatok és a fotoszintézis gátlásában van szerepe. Legveszélyesebb a levegővel elegyedő HF (hidrogénfluorid) füst toxikus hatása, amely a levelek légzőnyílásain keresztül károsítja, mérgezi a növényzetet, bontja meg az eredeti társulásokat.

A talajok tároló (pufferoló) képességük következtében nagy mennyiségű oldott és oldhatatlan fluort képesek megkötni, ill. felhalmozni. A fluor meszes talajokban kevésbé toxikus, a savanyú talajfélésekben mobilizálódik s a növények számára könnyebben felvehető.

A fluornak az emberre, ill. az állati élőközösségekre kifejtett toxikus hatásai: gyengíti a csontszövetek szilárdságát, általános plazmaméreg, gátolja az enzimek működését és a sejtoxidációt, a véralvadást és a csontok összeforradását.

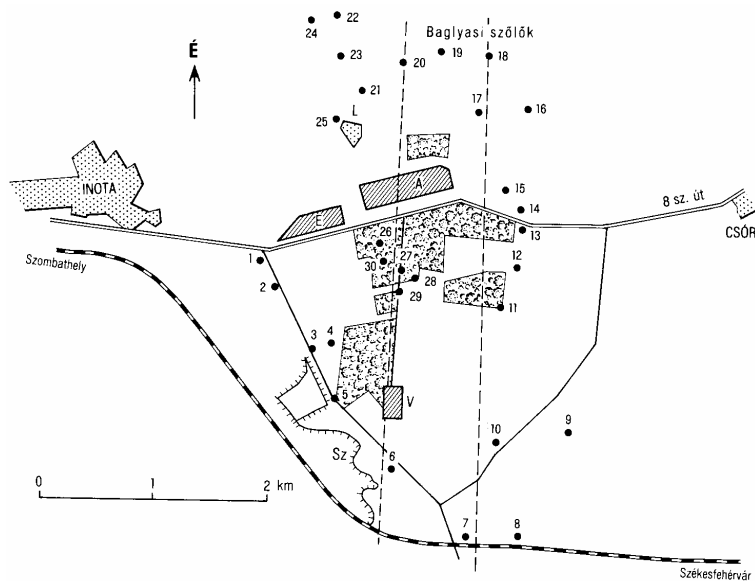
Monitoring rendszerű, 31 mérőpontban végzett méréseinket különböző geoökológiai típusokban végeztük. Vizsgáltuk a talajok, vegetációtípusok és a levegő fluorszennyezettségét, a levegőből érkező szilárd és gáz szennyezők ülepedését, területi felhalmozódását. Korábbi vizsgálati eredményeinkre is támaszkodtunk és ezzel időbeli összehasonlítás is lehetővé vált (3. ábra).

Méréseink igazolták, hogy a talajok több évtizedes szennyező hatás eredményeként jelentős mennyiségű fluort tartalmaznak. A legmagasabb a fluortartalom az Alumíniumkohó 1,5 km sugarú hatásövezetében tapasztalható pszeudorendzina- és barna erdőtalajokban. A fluor itt olyan mértékben feldúsult, hogy azon semmiféle vegetáció nem képes megtelepedni a krízis állapotú geoökológiai típusokban.

A növényzetre gyakorolt legerősebb toxikus hatás az Alumíniumkohó HF-kibocsátásának közvetlen környezetében tapasztalható a normál értéket (2–20 mg/kg) százszorosan meghaladó mérési eredményekkel. Az intenzív, folyamatos kibocsátás az eredeti vegetáció nagyfokú degradációjához vezetett, csak a legellenállóbb fajok (kékény, galagonya, szeder, erdei iszalag) képesek megtelepedni a szennyezőktől sérült geoökológiai egységekben.

A levegő szennyezettségének mennyiségi vizsgálatát az Inotai Alumíniumkohó környezetében végeztük monitoring rendszerben, több mint 100 megfigyelési pontban ismételt mérések sorozatával.

1996–97 telén, január és február hónapokban a levegő szennyezettségének vizsgálata során a levegő szilárd szennyező anyagainak és a hóminták oldott fluorid tartalmának elemzésére került sor a szennyező anyagok mennyiségi paramétereinek és területi eloszlásának, valamint a geoökológiai típusokban való deponálódások mértékének megállapítása céljából.



3. ábra. Monitoring rendszerű mintavételi helyek az Alumíniumkohó (A) környezetében  
 Sampling sites as a part of the monitoring system in the vicinity of the Aluminium Smelter (A)

Vizsgálataink szerint a levegő szennyezettsége az Alumíniumkohó közvetlen környezetében a legnagyobb. Korábban végzett méréseink (1991) eredményei csak megerősítették a hóminták alapján végzett vizsgálatok. Ezek alapján megállapítottuk, hogy a fluor(gáz) esetében:

- a környezeti szennyezők kibocsátása, koncentrációja az Alumíniumkohó közvetlen közelében a legnagyobb;
- a szennyezők területi eloszlását, ülepedési idejét alapvetően az időjárási típusok és helyzetek határozzák meg;
- a szennyező hatásnak a műszeres mérésekkel mért legnagyobb érzékelhető távolsága 8–10 km, uralkodó szélirányban (ÉNy–DK);
- a szennyező hatásnak az ott élő ember által érzékelhető legnagyobb távolsága 14–16 km, uralkodó szélirányban.

Szilárd szennyezők (kriolit) esetében:

- a legnagyobb felhalmozódás az Alumíniumkohó közvetlen közelében, a „koncentrált” kibocsátás 400–500 m sugarú környezetében tapasztalható;
- a szennyező anyagok az uralkodó széliránynak (ÉNy–DK) megfelelően az Alumíniumkohótól DK-i irányban, egy 5–7 km hosszú zóna mentén halmozódnak fel.

Az Alumíniumkohó szennyező hatásterülete agrár- és településkörnyezetet egyaránt érint, a szennyezők folyamatos felhalmozódása valamennyi környezettípusban jelentős mértékben érezteti hatását.

Ipari-bányászati területeken a legszigorúbb környezetkímélő technológia mellett is igen jelentős a káros, mérgező szennyezők kibocsátása. Az Inotai Alumíniumkohó és a várpalotai szénre települt hőerőmű több évtizedes szennyező hatása (SO<sub>2</sub>, CO, HF, pernye, salak, zagy stb.) a növényzet szinte teljes degradációjához vezetett. A szennyezés mértékéről, területi eloszlásáról tájékozódó vizsgálatokat végeztünk 2 km hosszú katéna mentén.

Az egyes geoökológiai típusok állapotának, stabilitásának értékelése, minősítése érdekében laboratóriumi vizsgálatokra, mérésekre alapozva értékeltük az egyes tényezők (talaj, vegetáció, vizek) szennyezettségének mértékét, területi változásait. Értékelésünkhöz jó alapot szolgáltatottak a felszíni vizek, talajok stb. minőségi jellemzőit és követelményeiket tartalmazó szabványok (MSZ), amelyek a minőségi, mennyiségi jellemzőket szigorú határértékekhez kötik.

A szennyezettség mértéke, a határérték limitje és az egyes geoökológiai tényezők sérülékenysége szerint felállított kritériumok alapján az alábbi 6 kategóriával minősítettük a geoökológiai típusokat:

- I. Szennyezőktől mentes, optimális állapotú és geoökológiai szerkezetű típusok. Jellemzők:
  - valamennyi geoökológiai tényező szennyezőktől mentes;
  - természeteshez közel álló állapot;
  - funkciója, stabilitása optimális.
- II. Határérték alatti szennyeződésű geoökológiai típusok. Jellemzők:
  - egy vagy több tényező időszakos szennyeződése;
  - jól működő pufferoló hatás;
  - optimálishoz közelítő állapot;
  - önreprodukcióra képes, optimálishoz közelítő fejlődési irány.
- III. Határértékhez közeli szennyeződésű geoökológiai típusok. Jellemzők:
  - egy vagy több geoökológiai tényező határértéket elérő szennyeződése;
  - pufferoló képessége jó, önreprodukcióra képes;
  - szerkezete, állapota labilis.
- IV. Határértéket meghaladó szennyeződésű geoökológiai típusok. Jellemzők:
  - egy vagy több tényező erős szennyeződése;
  - emberi beavatkozással rehabilitálható;
  - labilis szerkezetű;
  - leromlott állapot.
- V. Határértéket többszörösen meghaladó szennyezettségű geoökológiai típusok. Jellemzők:
  - a határértéket tíznél többszörösen meghaladó szennyezettség;
  - egy vagy több tényező irreverzibilis változása;
  - megváltozott szerkezet;
  - erősen degradált állapot.
- VI. Krízis állapotú geoökológiai típusok. Jellemzők:
  - ökoszisztémákban élettani határértéket meghaladó szennyezés;
  - egyes tényezőkben irreverzibilis változások;
  - krízis állapot;
  - felbomlott, szétesett struktúra.

A különféle szennyezőket eltérő határértékek jellemzik, ezért a kategóriákban ezek az adott feladat célorientáltságának megfelelően változtathatók, behelyettesíthetők.

Az ily módon elkészülő, célorientált, részletes geoökológiai szintézistérkép főbb tartalmi jellemzői: bemutatja egy adott térség geoökológiai típusait továbbá – 6 kategória alkalmazásával – szennyezettségük, sérülékenységük mértékét. Mérési adatok alapján izovonalakkal ábrázolja a szennyezők területi eloszlását, feltünteti a veszélyforrásokat; a szennyezők rövid- és hosszú távú deponálódásának, koncentrálódásának területeit.

#### IRODALOM

- CSORBA P. 1988. Az ökológiai szemléletű táj kutatás alkalmazása a környezetgazdálkodásban. – Műhely. 5. MTA FKI Bp., 20 p.
- CSORBA P. 1989. Ökogeográfiai térképek a táj ökológiai kutatások szolgálatában. – Földr. Ért. 38. 3–4. pp. 283–304.
- JUHÁSZ Á. 1988. A Bakonyvidék domborzatminősítése és tájtípusai. Kandidátusi dissz. – MTA FKI 144 p.
- JUHÁSZ Á.–SOMOGYI S.–CIFKA I.–HOCK B. 1993. Geoökológiai térképezési eljárások és módszerek továbbfejlesztése magyarországi típusúterületeken. OTKA kutatási zárójelentés. – MTA FKI 79 p. + mell.
- JUHÁSZ Á. 1999. A részletes geoökológiai térképezés módszereinek továbbfejlesztése, eljárásrendszereinek kidolgozása ipari-bányászati térségek típusúterületein. – OTKA kutatási zárójelentés. – MTA FKI 51 p.
- KERTÉSZ Á.–MEZŐSI G. 1988. Földrajzi információs rendszerek Magyarországon. – Földr. Ért. 37. pp. 43–58.
- KERTÉSZ, Á.–MEZŐSI, G. 1989. Microcomputer assisted ecological feasibility study of landscape types. – In: Geomorphological and geoecological essays. – Akadémiai Kiadó. Bp. pp. 99–128.
- LESER, H. 1980. Die Wölbung in der geomorphologische Karte. – Kartographische Nachrichten. 30. pp. 11–24.
- LESER, H. 1983. Geoökologie. – Geographische Rundschau. 35. 5. pp. 212–221.
- MAILÄNDER, A.–KILCHENMANN, A. 1989. Geoökologie. Zur Entwicklung von Inhalten, Theorien, Methodik und Praxis.–Karlsruher Geoökologische Manuskripte. 4. 77 p.
- MAROSI S. 1980. Táj kutatási irányzatok, tájértékelés, tájtipológiai eredmények különböző nagyságú, és adottságú hazai típusúterületeken. – Akadémiai doktori értekezés. Bp. 162 p.
- MEZŐSI, G. 1987. Method of reducing number of parameters used in landscape ecology. – Acta Geographica Szegediensis. 26. pp. 112–126.
- MEZŐSI G. (Szerk.) 1989. A mikroszámítógépes módszerek használata a természetföldrajzban. – JATE TTK Kiadványa
- NEEF, E. 1982. Naturhaushalt und Gebietscharakter. 15 Jahre landschaft ökologischer Forschung durch die Sächsische Akademie der Wissenschaften. – Geographische Berichte. 27. 1. pp. 19–32.
- NEEF, E.–BIELER, J. 1971. Zur Frage der landschaftsökologischen Übersichtskarte. Ein Beitrag zum Problem der Komplexkarte. – Pet. Geogr. Mitt. 115. pp. 73–77.
- PÉCSI M. 1985. Táj típusok a Nagyalföldön. – Földr. Közl. 3. pp. 187–195.
- PINCZÉS, Z.–KERÉNYI, A.–ERDŐS–MARTON, K.–CSORBA, P. 1987. Geoecological research methods and utilization of the results on the basis of investigations in Tokaj Mountains. – Ekológia, 6. 4. pp. 403–416.
- PINCZÉS, Z. 1991. Landschaftsforschung auf ökologischen Grundlagen und die Anwendung ihrer Ergebnisse. – Acta Geographica Debrecina. 28–29. pp. 145–155.