

Környezetvédelmi Minisztérium

Kármentesítési kézikönyv 2.

**A szennyezett talajok
vizsgálatáról**

Kármentesítési program

Szerző:
Dr. Kádár Imre

Lektorálta:
Dr. Sarkadi János, MTA doktora
Péter Balázs, környezetvédelmi szakértő

Főszerkesztő:
Dr. Németh Tamás

Szerkesztőbizottság:
Dócsné Balogh Zsuzsanna,
dr. Gruiz Katalin,
Kapolcsi Imre,
Liebe Pál,
Ötvös Károly,
Sajgó Zsolt,
dr. Vermes László

Technikai szerkesztő:
Dr. Pintér Nándorné

Felelős kiadó:
Környezetvédelmi Minisztérium, 1998.

ISBN: 963 04 5362 2

Készült a Hungexpo Reklámügynökség gondozásában
Nyomda: FHM

SZENNYEZETT TALAJOK VIZSGÁLATA ÉS MINŐSÍTÉSE

Tartalomjegyzék

ELŐSZÓ.....	6
I. A TALAJ ÉS VÉDELME	7
1. A talaj fogalma és funkciói.....	7
2. A talajvédelem alapelvei.....	9
3. Az Európai Talaj Charta	10
4. A talajvédelmi szabályozás, a kárfogalom és a bírságolás problémája	13
A talajvédelemmel kapcsolatos hatósági eljárás jogi háttéréről	15
5. A környezetszennyezés forrásai és következményei	16
6. A toxicitás problémája és a határkoncentrációk megállapítása	19
7. A talajvizsgálatok alapelvei, jellege és korlátai.....	21
8. Talajszennyezettség minősítése a talajvizsgálatok alapján	24
9. Az Európai Közösség vízvédelmi irányelveiről	32
II. TALAJMINTAVÉTEL	35
1. A talajmintavétel alapelvei és módszere	35
2. Párhuzamos átlagmintavétel és az ismételt laborvizsgálat.....	37
3. A mintavétel mélysége és a minta mennyisége.....	39
4. Mintavételi terület kijelölése (talajháló, matrix, raszter).....	43
5. Pontszerű emissziós terület mintázása	45
6. Lineáris emissziós terület mintázása	48
7. Egyéb kisméretű terület mintázása	49
8. Mezőgazdasági táblák, diffúz szennyezett területek mintázása.....	51
9. Mintavétel a talaj mikrobiológiai vizsgálatához	52
10. Mintavételhez szükséges eszközök, a minták szállítása és tárolása	52
11. A mintázandó terület jellemzése, helyszíni adatfelvételezés.....	54
12. Talajvíz mintavétel kémiai vizsgálatokhoz	56
13. Szennyezett területek feltárásának alapelvei és a károsanyagok leltára ..	57
14. A károsanyagok leltárának becslése.....	58
15. Előzetes adatgyűjtés felderítés, tájékozódás.....	61
16. A környezeti adottságok és a helyi viszonyok figyelembevétele.....	62
17. A feltárhatóság tényezői és korlátai	67
18. A feltárás végrehajtása.....	68
III. TALAJTISZTÍTÁS	70
1. A talajtisztítás módszerei, alapelvei és korlátai.....	70
IV. KOCKÁZATBECSLÉS.....	76
1. A veszélymegítélés szempontjai	76
2. Az abszolút, relatív és összes kockázat becslése	79
3. Kockázatbecslés közvetlen érintkezés és orális felvétel esetén	80
4. Kockázatbecslés légszennyezés esetén.....	83
5. Kockázatbecslés a talajvíz szennyezése esetén	89
6. Kockázatbecslés felszíni vizek szennyezése esetén	93

7. Kockázatbecslés a termőtalaj szennyezése esetén	95
8. A terület részletes vizsgálata.....	100
9. A talaj és a haszonnövények értékelési kritériumai.....	102
10. Kockázatbecslés építmények szennyezése esetén	109
11. Talajtisztítási munkák kivitelezésének ellenőrzése	113
V. HULLADÉKGAZDÁLKODÁS	115
1. A hulladékgazdálkodás alapelvei és környezeti hatása.....	115
2. Települési hulladékok kezelése és elhelyezése.....	116
3. Veszélyes hulladékok kezelése és elhelyezése.....	119
4. Mezőgazdasági hulladékok kezelése, elhelyezése és hasznosítása.....	120
5. Állattartó telepeken keletkező hullák, hulladékok és melléktermékek környezetszennyező hatása.....	122
VI. ANORGANIKUS SZENNYEZŐK, NEHÉZFÉMEK ANALÍZISÉNEK	
MEGÍTÉLÉSE	124
1. Az "összes" tartalom meghatározása	125
Feltárás magasabb nyomáson és hőmérsékleten, királyvizes kivonás, cc HNO ₃ +cc H ₂ O ₂ kioldás autoklávban.....	125
2. Ökológiailag meghatározó frakciók	125
2.1 Híg ásványi savak.....	126
2.2 Komplexképzőkkel kivont frakciók (EDTA-, DTPA kioldás)	126
2.3 Semleges sóoldatokkal történő kivonás (NH ₄ -acetát kioldás, CaCl ₂ , NH ₄ NO ₃ kioldás).....	127
3. Egyéb módszerek	128
3.1 Telítési talajkivonat.....	128
3.2 Humántoxikológiai frakció	128
VII. ORGANIKUS SZENNYEZŐK ANALÍZISÉNEK MEGÍTÉLÉSE	129
1. PAH vizsgálata	129
2. PCB és klórpeszticidek vizsgálata	130
VIII. A GYAKRABBAN ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ISMERTETÉSE	131
1. Királyvizes feltárás ("összes" tartalom)	131
2. cc HNO ₃ +ccH ₂ O ₂ ("összes" tartalom).....	131
3. NH ₄ -acetát + EDTA kioldás ("felvehető" tartalom)	131
4. Vizeskivonatok készítése ("kioldható" tartalom).....	132
1:10 arányú kivonat környezetvédelmi vizsgálatokhoz	132
1:5 arányú kivonat agronómiai célú vizsgálatokhoz	132
Egyensúlyi vagy telítési talajkivonat	132
IX. LABORATÓRIUMI TALAJTANI ALAPVIZSGÁLATOK	133
1. Arany-féle kötöttség (K _A).....	133
2. Mechanikai összetétel	133
3. Kémhatás (pH).....	133
4. Hidrolitos aciditás (y ₁)	133
5. Szénsavas mésztartalom (CaCO ₃).....	134

6. Szervesanyag- (humusz, szerves-C) tartalom.....	134
7. Adszorpciós kapacitás (T-érték).....	134
8. Térfogattömeg.....	134
9. Összes vízdoldható só tartalom.....	134
10. Fenolftalein lúgosság.....	135
11. Szárazanyag-tartalom.....	135
12. Ditionit oldható Fe-tartalom.....	135
13. Oxalát oldható Fe-tartalom.....	135
X. HELYSZÍNI VIZSGÁLATOK.....	136
1. Talajszelvény feltárása.....	136
2. Talaj színe.....	137
3. Talaj nedvességállapota.....	138
4. Talaj mechanikai összetétele.....	138
5. Talaj szerkezete.....	139
6. Talaj tömődöttsége, talajhibák.....	139
7. Karbonát-tartalom meghatározása.....	140
8. Fenolftalein lúgosság vizsgálata.....	140
XI. VESZÉLYES HULLADÉKOK VIZSGÁLATA.....	141
1. Vizes kivonat készítése.....	141
2. Ásványi savas kivonat készítése.....	141
3. Acetát-pufferes kivonat készítése.....	141
XII. BALESETVÉDELEM, ÓVÓRENDSZABÁLYOK.....	142
1. A szabványosítás és a harmonizálás követelménye.....	143
2. Az előzetes vizsgálatok alapelvei és módszere. A helyszíni szemle.....	144
3. Biztonsági és munkavédelmi szempontok a helyszíni vizsgálatok során... ..	146
4. Egyének veszélyeztetettsége.....	147
5. Balesetvédelmi intézkedések.....	148
Kémiai szennyezők esetén.....	148
Gázszenyezés esetén.....	148
Biológiai/bakteriológiai szennyezés esetén.....	149
Topográfiai veszélyek esetén.....	149
Géphasználat esetén.....	149
6. Biztonsági és munkavédelmi előírások.....	149
7. Biztonsági felszerelések listája.....	150
XIII. MINŐSÉGELLENŐRZÉS.....	152
1. Mintavétel.....	152
2. Elemzés.....	153
2.1 Standard referenciaanyagok.....	153
2.2 Körelemzések.....	154
2.3 Párhuzamos feltárás, kioldás.....	154
2.4 Párhuzamos mérések.....	154
2.5 Kimutathatósági határok.....	154
2.6 Vakminta.....	155

3. Geofizikai vizsgálatok.....	156
<i>XIV. TALAJSZENNYEZETTSÉG MINŐSÍTÉSE A HAZAI SZABÁLYOZÁSBAN ...</i>	157
<i>XV. FONTOSABB FOGALMAK ÉS RÖVIDÍTÉSEK.....</i>	164
<i>XVI. FELHASZNÁLT IRODALOM.....</i>	172

ELŐSZÓ

Az ezredfordulóhoz közeledve szembe kell nézni azzal a ténnyel, hogy a gazdasági, ipari fellendülés áraként a természeti környezet egyre nagyobb mértékben károsodik, ami gyakran már közvetlenül veszélyezteti magát az embert.

A fejlett ipari társadalmakban az 1970-es években, Magyarországon az 1990-es évek elején került a közvélemény figyelmének középpontjába a múlt örökségét képező, hátrahagyott tartós környezetkárosodások ténye.

Ezeknek az örökölt szennyeződéseknek az a legnagyobb veszélye, hogy az emberi szem elől rejtve a talajban és ezeken keresztül a felszín alatti vizekben megmaradnak és károsító hatásuk gyakran térben és időben is elkülönülve jelenik meg. Jelentős részüknél a talaj és a felszín alatti vizek szennyeződése csak akkor válik egyértelműen ismertté, amikor az már közvetlen veszélyt jelent az élővilágra, sok esetben az ott élő emberek egészségére.

Közös, minden társadalmat érintő gond továbbá az is, hogy a problémakör ismertté válásakor a környezetvédelmi igazgatás késésben van a társadalmi elvártsághoz képest.

Ezt felismerve az elmúlt egy-két évtizedben, számos országban megtették a kezdeti lépéseket a "hátramaradt" tartós környezetkárosodások felderítésére és megszüntetésére. Az óriási összegeket felemésztő feladatokat rendszerint költségvetési forrásból támogatják, mivel az általánosan elfogadott "a szennyező fizet" elv, sok esetben nem érvényesíthető. Ezért fontos az országos koordináció a

prioritási rangsor felállítása, a szennyezett területek országos szintű feltárása, számbavétele és jellemzése során. Az előzőek ismeretében a kármentesítési programok legfőbb célja az emberi egészség és környezet megóvása, melynek pozitív hatású, közvetlen gazdasági hatásai vannak.

A környezetszennyezések teljes körére kiterjedő fellépés tervszerű munkát igényel, ezért a KTM kezdeményezésére a Kormány 1996-ban a nemzetközi tapasztalatoknak megfelelően új, országos programot indított be, a szennyezett területek kármentesítésére.

A Kármentesítési Program keretében egy olyan kiadvány-sorozat kiadására kerül sor, amelynek célja a program végrehajtása során összegyűlt jogi, műszaki, gazdasági tapasztalatok összefoglalása, áttekintése és folyamatos közzététele. A kiadványok a téma jellegétől függően Füzet, Útmutató és Kézikönyv formájában jelennek meg.

A Kiadó

BEVEZETÉS

Az elmúlt mintegy száz év alatt hazánk is átalakult. Különösen a II. világháborút követően felgyorsult az iparosodás, városiasodás, közúti közlekedés, valamint a mezőgazdaság kemizálása és gépesítése. Ugrás-szerűen nőtt a környezeti elemek mint a levegő, víz, talaj szennyezése, különösen az ország ipari centrumaiban. A szennyezettebb területek aránya mintegy 10 % körüli, azonban a koncentrált ipar és a nagyvárosi népsűrűség nyomán itt él a lakosság közel fele.

Napjainkra tudatosult a környezet megóvásának fontossága, országos kárfelmérési és kármentesítési program indult. Azonnali cselekvésre van szükség, hiszen a szennyezők a talajba és a vizekbe jutva veszélyeztetik egészségünket és az egész élővilágot. Ugyanakkor nem készült el a kármentesítéseket tudományosan megalapozó módszertani útmutató. Szükséges volt összefoglalni a hazai és nemzetközi tapasztalatokat, kidolgozni a beavatkozásokhoz, döntésekhez szükséges határértékeket, rögzíteni a szükséges mintavételi (analitikai) veszélyeztetettséget megítélő eljárásokat.

A Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium e célból életre hívta a Talajvédelmi Szakértői Bizottságot, mely a talajvédelemhez kapcsolódó szakterületek ismert és tapasztalt szakembereit reprezentálta és a feladatok jellegéből adódóan tudományközi megközelítést tett lehetővé. Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete koordinálásával és szerkesztésében e Bizottság kidolgozta a szennyezett területek vizsgálatára és minősítésükre alkalmas módszertani útmutatót, egy kézikönyvet, mely a talajvédelemben és a kármentesítési programban érintettek számára eligazítást, a hatósági döntésekhez és beavatkozásokhoz tudományos alapot nyújthat.

A kármentesítés feladata óriási és hosszú távú koncepcionális kezelést igényel. A tapasztalatok és az újabb kutatási eredmények alapján szükséges lesz az útmutatóban foglaltakat időről időre pontosítani, a határértékeket ellenőrizni. Beavatkozásaink hatékonyságát a háttérkutatások ill. a hazai tapasztalatok mennyisége és minősége szabja meg. Ide értendő a kármentésben részt vevők szakmai felkészültsége. A Bizottságra és a hazai kutatásra további feladatok várnak. Általánosan érvényes határértékek nincsenek, ismernünk kell hazánk geológiai, talajtani, vízrajzi, gazdálkodási viszonyait ahhoz is, hogy a nemzetközi eredményeket adaptálhassuk.

I. A TALAJ ÉS VÉDELME

1. A talaj fogalma és funkciói

Fontos meghatározni a talaj fogalmát, hiszen ahányféle módon tekintünk a talajra, annyi definíció adható. Az építőipar a felszín mechanikai tulajdonságaiból kiindulva tárgyalja a talajt. Az agráregyetemek Talajtan tankönyvében a mezőgazdasági talajtan alábbi definíciója szerepelt: "A talaj a Föld legkülső szilárd burka, mely a növények termőhelyéül szolgál. Alapvető tulajdonsága a termékenység, vagyis az a képesség, hogy kellő időben és a szükségelt mennyiségben képes ellátni a növényeket vízzel és tápanyaggal. Ebből következik, hogy a talajtan tudománya a talaj tulajdonságaival, kialakulásával és hasznosításával foglalkozik." (Stefanovits, P.: Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1975.)

Növény táplálkozás szemszögéből az alábbi definíciót emelhetjük ki: "A talaj szilárd, folyékony és gáz fázisból álló heterogén rendszer, mely lehetővé teszi a növényi-állati és mikrobiális életet a talajban és annak felszínén. A szervetlen és szerves részekből álló szilárd fázis főként tápanyagtároló; a folyadékfázist jelentő talajoldat a tápanyagok szállítója

és a fiziko-kémiai, biológiai átalakulások közege; a gázcsere főként az O₂ és N₂ beáramlását és a CO₂ távozását jelenti".(Mengel, K.: A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1976).

Az ELTE újabb talajbiológiai kézikönyve a talaj fogalmának meghatározásánál azt hangsúlyozza, hogy a talaj tipikus nyílt ökológiai rendszer, amely magában foglal egy élő biológiai és egy élettelen abiotikus háromfázisú (gáz, folyékony és szilárd halmazállapotú) alrendszert, melyek szorosan összefonódnak. Bennük az anyagcsereutak lehetnek biológiailag szabályozottak és kémiaiak (pl. adszorpció az agyagásványok felületén), a folyamatok azonban nehezen elkülöníthetők, az anyag- és energiaáramlás állandó a környezettel. (Szabó, I. M.: Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1986).

A talaj legáltalánosabb természettudományi meghatározása a talajképző folyamatokból indul ki és az alábbiakban fogalmazható meg: "A talaj olyan háromdimenziós test vagy képződmény a földkéreg legfelső szintjén, mely az anyaközet, klíma, relief, élő szervezetek, emberi tevékenység és az időtényező kölcsönhatásának eredményeképpen keletkezett. Tulajdonságaiban és minőségében eltér a közettől, saját levegője, vize és élővilága van, az élő és az élettelen természet határterületét jeleníti meg." Ilyen definíció a klasszikus orosz genetikus szakirodalomból olvasható ki, bár szó szerinti megfogalmazása hiányzik a kézikönyvekből, ill. az eredeti művekből.

E koncepcióban a "talaj" fogalma alatt nem a hagyományos szak tudományi definíciót értjük. Környezeti szempontból tágul ez a fogalom, mert beleértendő az egész mállott földkéreg porózus szerkezetű üledékes közetekkel és más permeábilis anyagokkal, az összes ásványi és szerves összetevővel, talajvízzel együtt. A "talajvíz" értelemszerűen minden felszín alatti vizet jelent. Az általunk használt és a környezetvédelemmel foglalkozó nemzetközi irodalomban is elfogadott "talaj" értelmezés tehát kiterjed a nem természetes felszíni takaróra, az antropogén ráhordásokra, szemétkerakók és gyártelepek töltéseire, rekultivációs meddőkra, termőföldre és nem termőföldre egyaránt.

A tágabban értelmezett talaj védelme az állami politika rangjára emelkedett. A talajszennyezés összetett politikai kérdés a talaj sokrétű funkciói és sokrétű hasznosítása miatt. Az Európa Tanács 1990. évi jelentésében 6 ilyen funkciót azonosítottak, 3 főként ökológiai, 3 pedig elsősorban az emberi tevékenységhez kötődik.

Ökológiai funkciók:

Biomassza termelési funkció:

A talaj a mező- és erdőgazdálkodás termőhelye, az élelmiszer- és takarmánynövények, valamint a megújuló energia és nyersanyag előállítója ill. forrása.

Szabályozó funkciók

az anyagátalakulási folyamatokban (pl. mállás, humifikáció és ásványosodás).

Biotópfunkció:

A talaj biológiai élettér, mely mint a biocönózisok élettereinek alkotója teret, anyagot és biomasszát nyújt a benne élő mikroorganizmusoknak, növényeknek és talajlakó állatoknak. Egyben géntartalék, hiszen genetikai öröksége elengedhetetlenül szükséges életünkhöz.

Emberi tevékenységhez kötődők:

Fizikai közeg funkció:

A talaj mint építési telek technikai, ipari, szociális létesítmények alapjául szolgál, beleértve a közlekedési utakat, pályákat, pihenőhelyeket stb.

Nyersanyag-forrás funkció:

A talaj anyagai mint a tőzeg, folyami kavics, agyag, homok stb. az építőipar alapanyagai. Emellett a talaj a víz, olaj, ásványok és egyéb nyersanyagok lelőhelye is.

Archiv funkció:

A talaj archeológiai és paleontológiai információkat hordoz és mint földtörténeti ill. kultúrtörténeti objektum lehetővé teszi az emberiség és a Föld kialakulásának, fejlődésének tanulmányozását és megismerését. A geológiai örökségre vonatkozó információ pl. elengedhetetlen a klímaváltozások tanulmányozásához.

A talaj említett funkciói azonban végesek, megújuló képessége pedig behatárolt. Elsősorban az ökológiai funkciók sérülékenyek és védelemre szorulnak. Útmutatónk alapvetően a talajok szennyezéssel szembeni védelmével foglalkozik, érintve a talajvizet is. Az üledékek szennyezését nem tárgyaljuk, bár elvileg a talajvédelmi területhez tartozó problémáról van szó, de külön vizsgálatokat igényel.

2. A talajvédelem alapelvei

A talaj kialakulását és használatát az éghajlati és domborzati viszonyok befolyásolják. Hasznosítását nem szabad alárendelni a pillanatnyi gazdasági érdekeknek, minőségének és termékenységének hosszú távú megőrzésére kell törekedni. Helyenként és egyre nagyobb területen a víz-

védelmi, természetvédelmi funkcióit kell előnyben részesíteni. A talaj sajátja, hogy a szakszerű mezőgazdasági vagy erdőgazdasági hasznosítással nem romlik a minősége. E tekintetben megújuló/megújítható természeti erőforrás. Sőt, a gondos kezeléssel termékenysége növelhető, minősége évek vagy évtizedek alatt javítható.

A talaj ugyanakkor korlátozottan áll rendelkezésre és pusztul. Nagyértékű talajfelületeket használunk évente ipari, lakásépítési, úthálózati célokra. Komoly veszélyt jelentenek a városok és nagyobb ipari létesítmények, melyek felfalják a talajt, környezetünket is szennyezve hulladkaikkal és szennyvizeikkel. A házak, gyárak, hidak, utak, csatornák gyakran megváltoztatják a föld alatti természetes vízfolyásokat és a talajvízszintet. A szakszerűtlen talajhasználat ill. agrotechnika (művelés, trágyázás, növényvédelem) szintén erózióhoz, talajpusztuláshoz vagy talajszennyezéshez vezethet. A talaj tehát a levegőhöz és vízhez hasonlóan védelmet igényel. Védelmet a szennyezés, erózió, pusztulás ellen. E tekintetben a mezőgazdasági technológiákat is vizsgálni kell. A talaj pusztulását követően az újraképződés évszázadokat vehet igénybe, hiszen lassú természeti (fizikai, kémiai, biológiai) folyamatok teremtik meg a termőföldet. Az elszennyezett talaj tisztítása, a helyreállítás költségei meghaladhatják a társadalom erejét generációkon át.

A talaj sokrétű funkcióinak védelme és racionális használata igényli a talajtakaró pontos ismeretét (talajtani, geológiai, hidrogeológiai tulajdonságok). Az ilyen irányú kutatás és számbavétel, különböző célú alkalmazás vizsgálat, térképezése hazánkban is alapszükséglet, mely egyben nemzetközi összehasonlítás céljaira is szolgálhat. A helytelen talajhasználat következményeinek elhárításához szintúgy nélkülözhetetlen a tudományos kutatás és szakemberképzés. A probléma összetettsége tudományközi együttműködést és nemzetközi tapasztalatcserét igényel. Meghatározóak azonban a nemzeti kutatások, a helyi vizsgálatok, hiszen a természeti/talajtani/gazdálkodási viszonyok országonként vagy régióként eltérőek.

Az állam, az illetékes hatóságok feladata, hogy a tömegtájékoztatás tudományosan helytálló információval lássa el a lakosságot. A talajvédelmi alapismereteknek a környezetvédelmi oktatás részévé kell válniuk minden szinten, az általános iskolától az egyetemig. Mivel a talaj korlátozottan rendelkezésre álló és sérülékeny erőforrás, jogi védelemben kell részesíteni. Szükséges a nemzeti és helyi érdekeknek megfelelő törvénykezés, hogy a talajhasználat ellenőrzötté váljon és ne vezethessen pusztuláshoz vagy szennyezéshez. A szennyezett talajok tisztításáról kötelezően intézkedni kell.

Az Európai Közösség aláíró államai elfogadták az Európai Talaj Charta (1990) alapelveit és vállalták, hogy a fenti alapelveket elfogadva magasszintű talajvédelmi politikát valósítanak meg és ehhez a megfelelő pénzalapokat is biztosítják. Hazánk különösen érdekelt a talajvédelemben, hiszen a hasznosított terület részaránya Európában az egyik legnagyobb, valamint a talaj képezi Magyarország legnagyobb természeti erőforrását, kincsét. Védelme az egész nemzet létalapjának, az eljövendő generációk életének védelmét is jelenti, nemcsak átvitt értelemben.

3. Az Európai Talaj Charta

1. A talaj az emberiség egyik legdrágább kincse, mely életteret jelent a növények, állatok és az ember számára.

A talaj már önmagában is felbecsülhetetlen érték, hiszen a táj alap-eleme, őrzi a földtörténet nyomait, kulturális és tudományos vizsgálataink középpontjában áll. Mint élő dinamikus közeg nélkülözhetetlen az élővilág létezéséhez, a bioszféra részeként ill. a rajta létrejött vegetációval és a klímával együtt a víz körforgását is szabályozza, befolyásolva annak minőségét. Mindezen túlmenően az emberiség létalapjává szolgál mint a nyersanyagok és élelmiszerek forrása.

2. A talaj korlátozottan áll rendelkezésre és könnyen tönkretelhető.

A talaj a földfelszín egy részének vékony takaró rétege, használatát az éghajlat és a domborzati viszonyok korlátozzák. Csak lassú fizikai, fizikokémiai és biológiai folyamatok eredményeképpen jön létre, viszont gondatlan kezeléssel rövid úton tönkremehet. Bár gondos gazdálko-dással évek vagy évtizedek alatt termékenysége feljavítható, pusztulását követően a helyreállítás évszázadokat vehet igénybe.

3. Az ipari társadalmak a talajt ipari és mezőgazdasági célokra egyaránt hasznosítják. A ma és a holnap társadalma érdekében szükséges kidolgozni olyan talajhasznosítási politikát, mely a talajtulajdonságokon és a regionális sajátosságokon alapul.

A talajt sokféleképpen hasznosítják, általában alárendelve a pillanatnyi gazdasági és társadalmi céloknak. Igénybevétele legyen összhangban tulajdonságaival, termékenységével és azokkal a szolgáltatásokkal, melyeket szociális és gazdasági téren nyújtani tud. Vannak talajok, melyek természetvédelmi és pihenő területekül szolgálnak, ill. újra-erdősítve erózió- és vízvédelmi funkciót töltenek be. E területek

speciális védelmet és gondozást igényelhetnek, rövid távú érdekeket szolgáló gazdálkodást, ill. a vele járó talajkárosodást el kell kerülni.

4. *A mező- és erdőgazdaságban alkalmazott technológiáknak biztosítaniuk kell a talajminőség védelmét.*

A gépesítés és a modern technika nagyobb terméseket tesz lehetővé, de a szakszerűtlen beavatkozással kedvezőtlenül változhatnak a talaj tulajdonságai, sérülhetnek funkciói. A túlművelés csökkenti a szervesanyagkészletet, a túlgépesítés a talaj szerkezetét rombolja és ez a növénytermelés sikerét veszélyeztetheti. A legelők túllegeltetése egyben fokozott taposással is jár. Javított fakitermelési módszerekre lesz szükség az erdőgazdálkodásban a fokozott talajvédelem érdekében. A talajhaszná-lattal nem szükségszerűen jár együtt a talajkárosodás, a minőség javítható is. Az új technikák bevezetése előtt hatásvizsgálat indokolt az esetleges hátrányok kiküszöbölése céljából.

5. *A talajt meg kell védeni az eróziótól.*

A talaj ki van téve az időjárás viszontagságainak (vízerózió, defláció, hó, jég stb.). Gondatlan kezelésnél az eróziós folyamatok felgyorsulhatnak, ezért megfelelő fizikai és biológiai módszereket kell alkalmaznunk a talajvédelem érdekében. Az időszakosan elárasztott és lavina-veszélyes területeken speciális intézkedésekre is szükség van.

6. *A talajt meg kell védeni a szennyezésekkel szemben.*

Műtrágya és növényvédőszeresek halmozódhatnak fel a művelt területeken és hozzájárulnak a talaj, talajvíz, vízfolyások és a levegő szennyezéséhez. Ha egy ipari vagy mezőgazdasági vállalkozás tevékenysége folyamán toxikus szermaradványt, szennyvizet vagy szerves hulladékot bocsát ki, köteles a szennyvíz tisztításáról, a toxikus anyagok kezeléséről vagy a hulladék megfelelő helyre történő szállítá-sáról gondoskodni, továbbá használat után a károsított területet rehabilitálni.

7. *A városfejlesztési tervezésben a minimális talajkárosodás elsőbbsége érvényesüljön.*

A városok terjeszkedése csökkenti a talajfelületet és károsítja a tágabb környezetet. Gondoljunk csak az infrastruktúrára, a városi élet kellékeire, az utakra, vízhálózatokra és a megnövekedett hulladékmennyiségre, amelytől meg kell szabadulni. A beépítéseknél kerülni kell a jó termőföldek, farmok, erdők, természetvédelmi és pihenő körzetek szennyezését.

8. *Objektumok tervezésekor hatástanulmányt kell készíteni a talajvédelmi intézkedések költségeivel bezárólag.*

Duzzasztógáták, hidak, utak, csatornák, gyárak, házak építése kisebb-nagyobb mértékben, de tartósan érinti a környezetet. Gyakran megváltoztatja a föld alatti természetes vízrendszert, talajvízszintet. Az ilyen és hasonló utóhatások lehetőségét idejében fel kell becsülni, hogy megfelelő intézkedésekkel ellensúlyozni lehessen a környezetkárosítást. Utóbbiak költségeit figyelembe kell venni. Ha a létesítendő objektum csak átmeneti jellegű, a környezet helyreállításának költségét be kell számítani az építkezés árába.

9. *Elkerülhetetlen a talaj erőforrásainak leltárszerű felmérése.*

Hatékony területgazdálkodás, valamint a talaj megóvása és további javítása érdekében szükséges megismerni a különböző típusú talajok adottságait, a benne rejlő értékeket és azok megoszlását. Minden országnak szükséges leltárszerűen, ha kell számszerűsítve is felmérni talajkincsét. E célt szolgálják a talajtérképek, ezért kell megismerni a talaj geológiai és hidrogeológiai adottságait, különböző célokra való alkalmasságát, vegetációját. Ilyen térképek különböző szakterületek együttműködésével készülhetnek és fontos, hogy nemzetközi szinten is összehasonlítás alapját képezhessék.

10. *A talaj ésszerű használata és megóvása érdekében további kutatásokra és interdiszciplináris együttműködésre van szükség.*

A talajtani kutatásokat és eredményeinek alkalmazását teljes mértékben támogatni kell. Ezen múlik a talajvédelmi technikák tökéletesítése, a különböző kemikáliákra vonatkozó szabványok kidolgozása, a toxikus növényvédőszer helyettesítésére irányuló fejlesztések és a talajtisztítási beavatkozások sikere. A helytelen talajhasználat következményeinek elhárításához nélkülözhetetlen a tudományos kutatás. A probléma összetettségéből következik, hogy ez csak több tudomány-terület együttműködésével valósítható meg és feltételezi a nemzetközi tapasztalatcserét is.

11. *A talaj megóvásának fontosságát minden szinten be kell építeni a köztudatba.*

A talaj minőségének megóvása nagyobb publicitást, valamint nemzeti és helyi adaptációt igényel. Az illetékes hatóságoknak törekedniük kell arra, hogy a tömegtájékoztatás tudományosan helytálló információval lássa el a lakosságot. A talajvédelmi alapismereteknek a környezet-

védelmi oktatás részévé kell válniuk mind általános és középiskolai, mind pedig egyetemi szinten. A talajvédelmi technikák tanítására fakultációk, mérnökképzés, mező- és erdőgazdasági iskolák tananyagának keretén belül kerüljön sor, továbbá a falusi felnőttoktatásban is meg kell jelennie.

12. A kormányok és a helyi hatóságok céltudatos intézkedésekkel kötelesek segíteni a talajvédelem ügyét.

A talaj létfontosságú, de korlátozottan rendelkezésre álló erőforrás, ezért használatát ésszerűen kell megtervezni. Az illetékes hatóságoknak a pillanatnyi szükségszerűségeken túl szem előtt kell tartaniuk a talaj hosszú távú megőrzését, termőképességének javítását, de legalább annak fenntartását. A helyes talajvédelmi politikába beletartozik a megfelelően centralizált és regionális szinten is jól összehangolt jogi szabályozás. A talajvédelem a nemzeti és helyi érdekeknek megfelelően történjen, hogy a talajhasználat (amely romboló erő is lehet) megfelelő kontroll alá kerüljön; a talaj a természetes és mesterséges úton történő szennyezéstől mentesüljön és ahol szükséges, a talajtisztításra is sor kerüljön.

Az aláíró államok vállalták, hogy a fenti alapelveket elfogadva magas-szintű talajvédelmi politikát valósítanak meg és ehhez a megfelelő pénzalapokat is biztosítják.

4. A talajvédelmi szabályozás, a kárfogalom és a bírságolás problémája

Az utóbbi néhány évtizedben olyan talajszennyezésekkel kapcsolatban halmozódtak fel ismereteink, melyek a múltban keletkeztek ugyan, de a jelen generáció egészségét és környezetét veszélyeztetik. Az elmúlt mintegy 100 esztendő során számos anyag jelentős szerepet játszott gazdasági életünkben, melyekről kiderült, hogy mérgező, mobilis, nem bomló vagy a szervezetben felhalmozódó tulajdonsággal rendelkezik. Ehhez járultak a háborús körülmények és a laktanyákban ill. gyakorlótereken okozott szennyezések. A szennyezés méreteit és jelentőségét csak akkor tudjuk igazán megérteni majd, ha valamennyi vizsgálatra szoruló terület veszélyeztetettségét felmértük. Az eddigi ismereteink szerint is többezer többé-kevésbé szennyezett területtel rendelkezünk. Feladataink a fentiekből adódnak:

1. Szennyezésre utaló adatok gyűjtése, rendszerezése. Mivel hazánkban az állami tulajdonú (felelősségű) területek a meghatározóak, az információkat mielőbb meg kell menteni, hiszen azok elveszhetnek az idő múlásával, tulajdonosváltással.

2. Szennyezett vagy szennyezésre gyanús területek azonosítása, körülhatárolása, térképezése.
3. Szennyezett területek feltárása, vizsgálati eredmények értékelése.
4. Veszély megítélése és a területek szanálása, ill. a hasznosításnál az információk felhasználása.

A szennyezett területekkel kapcsolatos jogi és műszaki szabályozás hiányosságaira a volt szovjet laktanyák hívták fel a figyelmet. Nincsenek jogi normák a talajtisztításra, sőt a tiszta és szennyezett talaj egzakt fogalma sem meghatározott a hatósági eljáráshoz. A "szennyező fizet" elv sem érvényesíthető, hiszen utóbbi feltételezné a tényleges kár megállapítását az eredeti állapot visszaállításának költségeivel. Már amennyiben az eredeti állapot egyáltalán visszaállítható. A környezet elemeit azonban nem emberi kéz hozta létre és működését sem értjük átfogóan, így az "eredeti állapot" sem definiálható valójában sem természettudományi, sem jogi értelemben.

A hatékony jogi védelem és a bírságolás szempontjából is meg kell határozni a talajt érő káros szennyeződések fajtáit, határértékeit. A jognak fix pontra van szüksége az ítélethez, nem tűri a bizonytalanságot. A természettudományban ilyen fix pontok nem léteznek, hiszen a toxicitás, terhelhetőség, felvehetőség a talajtulajdonságok és az élő szervezetek (faja, kora, állapota, ellenállóképessége stb.) függvénye. A helyi természeti és gazdálkodási viszonyok is módosító tényezők. Ebből adódóan előfordulhat, hogy valamely technológia ill. szennyezés engedélyezés szempontjából "nem káros", a bírságolás szerint viszont igen. A szabályszerű engedély alapján épített tisztítóberendezés vagy növényvédelmi technológia nem mentesíti tehát az üzemelőt vagy tulajdonost a bírságfizetés alól károkozás esetén.

A kár tekintetében mutatkozó nagyfokú bizonytalanság annak tulajdonítható, hogy a jogi fogalom tartalmát voltaképpen nem jogi, hanem inkább fizikai, kémiai, biológiai tényezők határozzák meg. A talajszennyezést megállapító helyszíni vizsgálat egyben az államigazgatási eljárás része és olyan elsődleges bizonyítási eljárásnak tekinthető, amelyet a mért adatok és határértékek alapján követhet hatósági intézkedés. A szankcionálás ma még gyakran elmarad, mert az egyértelmű metodika, határértékek és azok értelmezésének jogi formába öntése nem megoldott. A hatékony védelem igényelné, hogy a jogalkotók már a korai szakaszban bekapcsolódjanak a határértékek és az irányelvek megfogalmazásába, a

szabványügyi grémiumok munkájába, az irányelveket előkészítő bizottságokba.

A legkorszerűbb számítógépekkel összekapcsolt automata mérőrendszerek (levegő, víz, talaj monitoring) vajmi keveset érnek a szükséges jogi keretek nélkül. A jogi szabályozásba mind a hatásköri, mind a technikai háttérnek az írott szabályokba (eljárási előírások) foglalása és a kényszerítő büntető szankcióknak a kimunkálása is beletartozik. A jogi szabályozás tárgya lehet a levegő, víz, talaj, növény, állat. A védelem ugyanakkor differenciált védekezést jelent a helyi környezeti jellemzők alapján, mert amint utaltunk rá, időtől, helytől, körülményektől független határértékek nincsenek. A védendő objektumokat, térségeket kategorizáljuk és más bírságot javasolunk a különös védelemre szoruló körzetekben és talajokon.

A szennyezés okozta károk becslése számos nehézségbe ütközhet mert:

- az okozati összefüggések nem egyértelműek és nem közvetlenek,
- az okozott károk ritkán fejezhetők ki pénzben,
- nehéz felderíteni mind a károkozók, mind a károsultak körét.

A mezőgazdasági tevékenységgel kapcsolatos környezetvédelem a földművelési tárca elsődleges felelőssége. Illetékességi területén hatósági felügyeletet kell gyakorolnia és érvényt szereznie az ökológiai gazdálkodás alapelveinek, a talajvédelemnek. Mivel a tárca elsődlegesen a termelést koordinálja rövid távú termeléspolitikai érdekeknek megfelelően, szükség van a KTM független ellenőrző tevékenységére. A felügyelőségek a környezetvédelmi törvény jogosítványa alapján ellenőrző méréseket végezhetnek, szükség szerint beavatkozhatnak a "termőföld" szennyezésének gyanúja esetén.

A talajvédelemmel kapcsolatos hatósági eljárás jogi háttéréről:

Ismeretes, hogy a hazai jogrendszer a szennyezett talajokra gyakran ma még nem tartalmaz külön speciális szabályokat, így a hatóságok más jogi alapokat kénytelenek alapul venni a védelem és a szanálás kikényszerítésére. A felügyelőségek akkor járhatnak el, ha a szennyező veszélyes hulladéknak minősül vagy a felszíni/felszín alatti vizek minőségét veszélyezteti. A veszélyes hulladéknak nem minősíthető szennyezett talajra alkalmazható eljárás során a mindenkori jogszabályokat kell alapul venni.

A szennyezés mértékét az anyag koncentrációjának alapján ítélik meg, összevetve a szennyezettségi listákkal, határértékekkel. Erre szolgál az ún. Holland-lista, Berli-ni-lista vagy a hazai "Szennyvizek és szennyvíziszapok termőföldön történő elhelyezése" című ágazati műszaki irányelv határértékei. A holland listában közölt koncentrációk iránymutatóul szolgáltak pl. több szovjet ingatlan vizsgálatánál. A szennyvízrendelet adatait pedig Apajpuszta (Kiskunsági Állami Gazdaság) tisztítása során alkalmazták. A szennyezett talaj általában nem minősíthető veszélyes hulladéknak, melyet átmenetileg tárolni és ártalmatlanítani kell. Továbbra is alkalmas lehet hasznosításra korlátozottan ill. kezeléssel, funkciói döntően helyreállíthatók.

Nem írható elő, hogy a talaj veszélyes hulladékot ne tartalmazzon, hiszen pl. a nehézfémek egyben talajalkotók és esszenciális növényi tápelemek is. A talaj és a veszélyes hulladék fogalma nem keverhető össze tehát a talajtisztításnál. A hivatkozott vízvédelmi KTM rendelet is jogi buktatókat rejt magában. A talajszennyezés esetleg a vizeket nem veszélyezteti, viszont az emberi egészséget és a környezetet igen (pl. ha a levegőbe vagy a növényekbe, állatokba kerül). Az is nyilvánvaló, hogy a veszélyeztetettség egyetlen koncentrációval nem jellemezhető, a határérték meghaladása esetén Hollandiában sem kezelik automatikusan veszélyes hulladékként a talajt.

Másrésről az ágazati hazai szennyvízrendelet nem szól arról, hogy a táblázatos koncentrációknál többet tartalmazó, határérték feletti talaj tisztításra szorulna vagy veszélyes hulladék lenne. Mindez abból adódik, hogy elsősorban terhelhetőségi határértéket fogalmaz meg, nem pedig beavatkozási határértékeket. Ezért is áll ez a koncentráció-tartomány közelebb pl. a Holland-lista A "háttér" terheléséhez, mint a C beavatkozási értékekhez. A fentiekkel kapcsolatban felmerülő feladat:

Alapvető lesz a területspecifikus kockázatelemzés, melynek eljárásait számos ország környezetvédelmi hatósága szabványosította. Célja meghatározni a kockázat mértékét, melyet a szennyezés előidézhet az emberi egészségben, természeti értékekben vagy vagyontárgyakban. Mindez sok, részletes vizsgálatot igényel, beleértve a szennyezési utak feltárását is. Ezért bizonyulhat olcsóbbnak a talajtisztítás csekély terjedelmű szennyezés esetén, mint a részletes kockázatvizsgálat. Az érintettek igényeit is az egyszerűen ellenőrizhető talajcsere, talajtisztítás elégítheti ki (lakott területen).

5. A környezetszennyezés forrásai és következményei

Civilizációnk nem kis mértékben a környezet szakszerűtlen használatán alapul. A növekvő népességgel párhuzamosan olyan gazdasági rendszert működtetünk, mely a termelés és fogyasztás fajlagos növelésére ösztönöz. Ebből adódóan a környezet igénybevétele hatványozottan jelentkezik. Az ásványi nyersanyagok kitermelése és felhasználása a közelmúltig úgy történt, mintha a készletek kimeríthetetlenek lennének a Földön. A természetes anyagok feldolgozása során a végtermék mellett szemét és hulladék képződik. A fogyasztás is a termékek további átalakítását jelenti szemétté, hulladékká.

Így pl. az USA lakossága alig felével emelkedett a II. világháborút követő évtizedekben, míg a környezet szennyezése 7-szeresére nőtt (In: Vester 1982). A terhelés 80-85 %-ban arra vezethető vissza, hogy 1946 óta új gyártástechnológiákat (műanyagok, műtrágyák, növényvédőszer, villamosipari és energetikai termelés stb.) vezettek be. A környezetkímélő eljárások helyett hazánkban is olyan technológiák terjedtek el, melyek az ingyen felhasználható levegőt, vizet, talajt, élővilágot terhelik. A költségszerűbb újrahasznosítás, szennyvíztisztítás, zártabb termelési ciklus csökkentette volna a versenyképességet. Csak az utóbbi évtizedekben tudatosul, hogy a környezetkímélő eljárások megdrágíthatják ugyan az egyes termékeket, de az élet egésze olcsóbbá válik. A tiszta környezet megóvása nagyságrendekkel olcsóbb, mint a szennyezett tisztítása. Utóbbi, amennyiben egyáltalán lehetséges, a társadalom egészének áldozatvállalását igényli.

A szárazföldi állatokhoz hasonlóan döntően az ember is a talajból származó élelemre utalt. Az életközösségek, növény, állat, ember genetikailag lassan változnak. A földi élő rendszerek nem képesek rövid távon alkalmazkodni a drasztikus környezeti átalakulásokhoz. A városi ember vérében, vizeletében, szöveteiben pl. az ólom- és kadmiumtartalom nagyságrendekkel megnőhet, hosszú távon kiszámíthatatlan következményekkel. Amennyiben drasztikus javulás nem történik, utódainknak talán már nem is lesz lehetősége megszabadulni a szennyezéstől. A tisztítás ugyanis oly sok energiát igényelhet (újabb szennyezést indukálva), hogy a gyakorlatban már kivihetatlenné válik.

A környezetszennyezés, elsősorban a légszennyezés fő forrásai a közlekedés, a fosszilis tüzelőanyagok mint a szén és az olaj égetése (fűtés, energiatermelés), metallurgiai ipar, bányászat stb. A települések valamint az ipar növekvő szemétermelése, szennyvize mellett nem elhanyagolható a mezőgazdaság terhelése műtrágyákkal, peszticidekkel, szerves trágyákkal, mezőgazdasági eredetű szennyvizekkel, iszapokkal és porral. A szennyezők

jelentős része közvetlenül a levegőbe kerül gázok, gőzök, füst, korom, por alakjában. Bizonyos idő után száraz vagy nedves üledékként kicsapódnak, a felszínre jutnak. A talajok és növények összetétele jelezheti a szennyezést. A vízbe kerülő anyagok a lebegő vagy leülepedő kolloidokhoz kötődnek, vagy oldatban maradnak és beépülhetnek a vízi élőlények testébe. A vizek, vízi élőlények (növények és állatok), valamint az üledékek analízise szintén jelzi a szennyezés mértékét.

Az élőlények bizonyos csoportjai különösen érzékenyek a terhelésre, visszaszorulásuk vagy kipusztulásuk a növekvő szennyezésre utalhat. (Lásd a békák eltűnését vízpartjaink többségéből). A légszennyezés kiváló indikátorai pl. a zuzmók. Budapest nagy része napjainkban sivatagnak minősül a legtöbb zuzmófaj számára. A közeg (levegő, víz, talaj) szennyezettsége mérhető közvetlenül is. A mérés azonban nem tükrözi az élővilágra gyakorolt hatást, a környezet és a szervezet kölcsönhatását, a táplálékláncba kerülést vagy a felvétel hiányát. A bioteszt vagy bioindikátor (mikroorganizmusok, növényi, állati vagy emberi szervek vizsgálata) gyakran jobban tájékoztat a környezet minőségének változásáról.

Az élő szervezet rendelkezik azzal a képességgel, hogy a nyomokban jelen levő elemeket gyakran sokezerszeresen is koncentrálna testében, így az emberi tevékenység nyomán szétszóródó anyagokat szelektíven felhalmozza. A bioindikátorok lehetővé teszik olyan anyagok mozgásának vizsgálatát is, melyek a közegben (levegő, víz, talaj) alig mérhetők, vagy kimutathatatlanok még a jelenkori technika számára is. Ilyen tesztek lehetnek a mikroorganizmusok, zuzmók, gombák, mohák, cserjék, útszéli gyomfajok, városi sorkák, vízi és szárazföldi kultúrnövények. Hasonlóképpen a vízben és a szárazföldön élő állatok szervei, valamint az ember is. A terhelés kimutatására gyakorta azon növényfajokat alkalmazzuk, melyek jelentős akkumulációs képességgel és rezisztenciával rendelkeznek. A vízi növények nemcsak jelezhetik a tavakat érő terhelést, hanem nagy fitomasszájuk és akkumulációs képességük révén részt vesznek az állóvizek biológiai tisztításában is. Feltéve, ha a burjánzó vízi növényzet rendszeres összegyűjtésére és elszállítására sor kerül.

Vajon létezik-e közös mértékegység a levegő, víz, talaj, növény, állat, ember, tehát az egész élettér terhelésének mérésére? Nyilvánvalóan nem, hiszen más minőségű objektumok és szervezetek számára más lesz a veszélyes vagy nemkívánatos koncentráció. A védelem középpontjában az ember áll, a tápláléklánc végén elhelyezkedő, biológiailag érzékeny és veszélyeztetett élőlény. Aki tudatosult cselekedeteivel helyreállíthatja majd a természettel megromlott viszonyát, az élettér egészségének harmóniáját. A

szennyezett környezet visszatükröződik bennünk és fizikálisan is érintkezünk vele látás, hallás, ízlelés, szaglás, belélegzés és fogyasztás útján.

Szervezetünk terhelése lényegében négy úton történik: a belélegzett szennyezett levegő és por, valamint az elfogyasztott élelem és ital által. A káros anyagok jelenlétét (pl. Hg, Cd, Pb) sem az állat, sem az ember nem észleli az élelemben. Ösztöneink nem alkalmasak különösen a mesterségesen kezelt élelmiszerek terhelésének felismerésére, kiszűrésére. Nincs tehát természetes minőségellenőrzési védelmi rendszerünk, szerzett tudásunkat kell segítségül hívni. E téren a kémiai elemzés orientálhat. A káros anyagok nemkívánatos hatása összeadódhat és nemcsak egy-egy funkciót vagy szervet érint. Az emberi test egésze károsodik (idegrendszer, vese és a máj funkciói, vérképzés, légzőszervek, szaporodási és genetikai anomáliák, rákképződés stb.). A toxikus hatások közül talán legsúlyosabbak hosszú távon azok a genetikai anomáliák, melyek az ember fennmaradását veszélyeztetik az utódok degenerációja, károsodása útján.

6. A toxicitás problémája és a határkoncentrációk megállapítása

Toxikusnak tekintünk egy anyagot (kémiai elemet, vegyületeit, szerves anyagot), amennyiben káros hatást fejt ki a talajra, növényre, állatra, emberre. Számos ásványi elem nélkülözhetetlen vagy legalábbis előnyös élettani hatású, de mérgezővé vagy károssá válik túlsúlya esetén. A károsság tehát az adag, a terhelés, ill. a koncentráció függvénye. A toxicitás más oldalról is relatív fogalmat takar. Mértékét a fajlagos, azaz egységnyi koncentrációra eső negatív hatással (terméscsökkenés, megbetegedés) mérhetnénk. Ez a hatás nem független azonban a környezetben előforduló más anyagok, kémiai elemek jelenlététől vagy hiányától, a lehetséges kölcsönhatásoktól.

Még a káros anyag/elem is kifejthet áldásos hatást, amennyiben más toxikus anyag/elem nemkívánatos befolyását ellensúlyozza. Így pl. a káros Cd túlsúlyt Zn kezeléssel részben ellensúlyozhatjuk, mivel antagonisták kationok. Terápiás célokra használunk olyan mérgező elemeket mint a higany, ólom, arzén, bizmut stb. A felvétel ill. a megkötődés folyamán megnyilvánuló kémiai, fiziko-kémiai jelenségek mint a kation és anion antagonizmus/szinerģizmus stb. lejátszódnak a talajban, növényben, állati és emberi szervezetben egyaránt és módosítják az egyes elemek vagy káros anyagok mérgező jellegét. Hasonlóképpen a táplálék minőségétől, a káros anyag formájától függően változik a toxikus anyag felvehetősége és hatása.

Ez a hatás függ az expozíciós időtől is. A rendszeres, tartós, kis adagú terhelés alattomosabb lehet, mert nehezebben észrevehető az akkumuláció.

A növekvő terhelés krónikus zavarokat, míg az egyszeri nagy adag akut megbetegedést, a letális dózis pedig pusztulást okozhat a szervezetben. Másként jelentkezik a károsodás a fejlődés különböző stádiumaiban, eltérhet nemenként, fajonként, egyedenként. A Hg és Pb különösen veszélyes a gyermekekre, a Cd pedig részben csontlágyulást is előidézve az idősebb nőkre. Az érintett szervek is különbözhetnek. Így pl. a Cd és Hg főleg a vesében és a májban, míg a Pb az agysejtekben és a csontokban raktározódik. A kétszikűek mikroelem készlete meghaladja az egyszikűekét, a gyökérgumós és zöldlevelű növényi részek káros elem tartalma a gabonamagvakét. Utóbbiak genetikailag védettek, stabilabbak.

Fontos lehet, hogy a károsanyag milyen formában található. A toxicitás kritériuma, hogy az anyag könnyen oldható ill. felvehető/emészthető legyen. A metilhigany vegyületek erős mérgek, míg a HgS oldhatatlan semleges anyag. Hasonlóképpen a Ba oldható vegyületei mérgezőek, míg szulfáttal képzett sóját kontrasztanyagként használják a gyomor röntgenvizsgálatainál. Meghatározó lehet az ionos állapot, az oxidációs fok. A Cr(III) vegyületek nem mérgezőek, míg a Cr(VI) erős mérgező és rákkeltő. Megemlítendő, hogy egyes források szerint a Cr(III) vegyületek bizonyos talajokban oxidálódhatnak és idővel mérgezővé válhatnak. Hasonló a helyzet az As(III) és As(V) ionokkal, utóbbiak mérgezőek.

Humán szempontból lényeges a szervezetbe kerülés, ill. a felvétel módja. Legveszélyesebb az injekció (közvetlen véráramba jutás), ezt követheti az emésztőrendszerbe, tüdőbe kerülés, a belélegzés. Fontos az emészthetőség, hiszen az élelmiszerekből bizonyos anyagok 100 %-ban felszívódhatnak, míg mások a vizelettel és a bélsárral gyorsan kiürülnek a szervezetből káros következmények nélkül.

Nem elhanyagolható a diszperzitás foka, az eloszlás. A szemcseméret csökkenésével ugrásszerűen nő az anyagok fajlagos felülete, mely meghatározza reakcióképességüket. Különösen veszélyesek e tekintetben a kolloidális porok, melyek felületén a toxikus szennyezők koncentrálódnak. A finom porok lassan ülepednek ki az atmoszférából, tartós szennyezőkké válnak, messzire eljutva regionális vagy globális, egész Földet érintő terhelést jelentenek. A felületi hatások miatt a kolloidális méretű diszperz rendszerek fotokémiai reakciókra hajlamosak füstködöt (szmog) képezve. A folyékony, szilárd és gáz halmazállapotú szennyezők komplexen, egymás hatását felerősítve súlyos károsodást okozhatnak a nagyvárosok és iparvidékek körzetében. A légkör aeroszol mintáinak károsanyag dúsulási

együtthatója az átlagos talajösszetételhez viszonyítva akár a 2-3 nagyságrendet is elérheti.

Összefoglalva megállapítható, hogy a toxicitás problémája rendkívül összetett. A mérgező vagy káros hatás függhet számos tényezőtől, mint a koncentráció, ionállapot vagy oxidációs fok, expozíciós idő, vegyület formája, fizikai eloszlás és fajlagos felület, a rendszerben előforduló más anyagok jelenléte és azokkal való kölcsönhatás, az élő szervezettel történő érintkezés módja és a bejutás körülményei (felületre, táplálékba, közvetlenül vérbe vagy tüdőbe). A környezeti feltételek módosítják a hatást, melyet a toxicitási határkoncentrációk megállapításánál nem tudunk kellően figyelembe venni. A megadott határértékek ebből adódóan viszonylagosak, relatívak. Nem kevésbé meghatározó természetesen az egyéni szervezet kondíciói, genetikai adottsága, ellenállóképessége stb.

A talaj szennyezettségének megítélését szolgáló terhelési határértékek ugyan hatósági eljárás alapját képezhetik, hangsúlyozni kell azonban viszonylagosságukat. Tudatában kell lennünk a mintavétel és az analízis hibaforrásainak mértékéről. Még ha kellő gondossággal vizsgáltuk is meg a területet és becsültük a talajban a koncentrációkat, nem szabad elfelejteni, hogy a koncentráció önmagában nem sokat mond. Döntő a környezetre való hatás, a veszélyeztetettség, amely a hasznosítás és a talajviszonyok függvénye. Tehát az analitikai adatok csak a termőhelyi tulajdonságok ismeretében értelmezhetők, a szennyezési utakat feltárva alapozható meg a védelmi vagy szanálási intézkedés. A következő fejezetekben a szennyezett talajok vizsgálatával és minősítésével részletesebben foglalkozunk, érintve a talajbani mobilitás, felvehetőség, oldhatóság problémáit is.

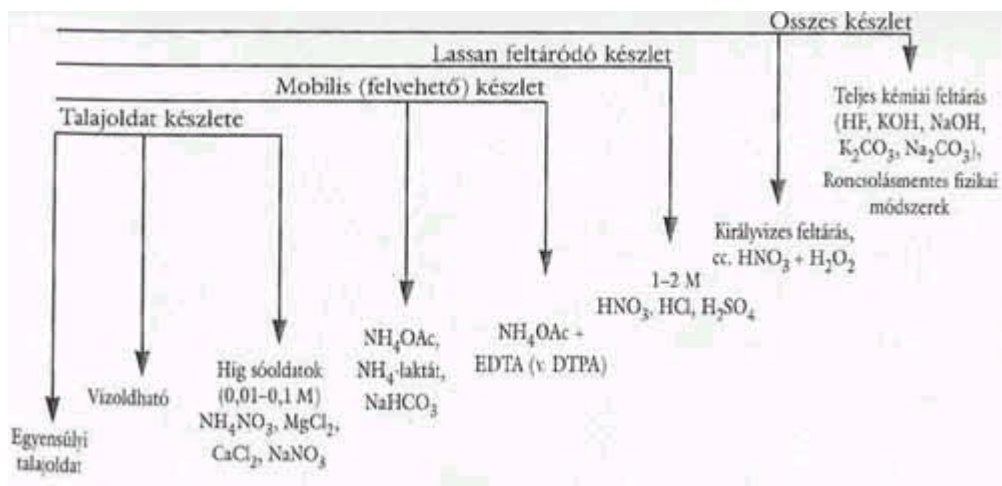
7. A talajvizsgálatok alapelvei, jellege és korlátai

Minden olyan káros terhelés, szerves vagy ásványi anyag ill. technológia, mely a talaj funkcióit veszélyezteti, talajszennyezésnek minősül. A szennyezés mértéke, a szennyezett terület minősítése, a veszélyeztetettség megítélése csak a megfelelő analitikai vizsgálatok alapján történhet. A talajvizsgálati eredmények értelmezése, kalibrálása az előzetesen kísérleti úton megállapított határértékek/határkoncentrációk bázisán valósítható meg. A szennyező anyagnak, magának a hulladéknak elemzése károsanyag tartalomra a legtöbb esetben nem teszi lehetővé a talajszennyezés, ill. a veszélyeztetettség megítélését, nem prognosztizálható a környezetre gyakorolt hatás. A szennyezők ugyanis a talajban átalakulnak, szétterjednek, kölcsönhatásba lépnek a talajalkotókkal stb. Nem elhanyagolható az expozíciós idő szerepe a folyamatokban. Más oldalról pl. a régebbi

szemétlerakók történetét, anyagleltárát csak a legritkább esetben ismerjük. Általában sokféle összetevőt tartalmaznak, melyek hatása, elterjedése, átalakulása kvantitatív prognózist nem tesz lehetővé.

A talajvizsgálatok célja megítélni a talaj szennyezettségi állapotát valamint azt a veszélyt, mely a szennyezőkből származhat (talajvízbe, növénybe jutás stb.). A szennyezettségi állapot becslésére egyelőre az összes tartalom szolgál. Az összes készletet azonban körülményes meghatározni, a gyakorlatban csak becsljük az "összes" tartalmat valamilyen kémiai eljárással, leggyakrabban tömény savakkal kezelve a talajokat. Mivel a káros anyagok nagyobb része erősen megkötődhet a talajban (különböző ásványokban), az összes tartalom keveset mond az anyag aktuális felvehetőségéről, mobilitásáról. Élettani, ökológiai és veszélyeztetési szempontból az oldhatóbb frakciók jelentősége fontos. Elemzésükkel bepillantást nyerhetünk a károsanyag talajbani kötésformáiba és ezzel becslhető a jövőbeni felvehetőségük is. A talajok terhelésének megítélését, az ásványi szennyezők frakcionálásának elvi sémáját az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra: Anorganikus szennyezők becslése talajvizsgálatokkal



Problémát jelenthet a módszer megválasztása. Különböző laboratóriumok azonos mintából, de részben vagy egészében más módszerekkel nagyságrenddel eltérő eredményeket nyerhetnek. Az egyes oldószeres elemeként, anyagoként eltérő frakciókat extrahálnak. Más lesz a kapott koncentráció (a kioldás) eltérő talajtulajdonságok esetén ugyanazon terhelésnél. Nincs olyan univerzális oldószer vagy módszer, mely mindenféle

károsanyag mobilis vagy felvehető frakcióját kielégítően jellemezné eltérő talajokon. Mindenféle kémiai elemzés módszerfüggő, adatai a módszer ismerete nélkül nem értelmezhetők. A módszereket szabványosítani szükséges, hogy a vizsgálatokat szigorúan azonos körülmények között végezzék és eredményeik összevethetők legyenek. Ellenkező esetben az adatok még azonos módszeren belül sem hasonlíthatók össze, pl. ha eltér a talaj:oldószer aránya, kioldás időtartama, hőmérséklet stb.

A legtöbb nehézséget mind nemzetközi, mind hazai viszonylatban az okozza, hogy a vizsgálatok nem azonos módon történnek, eredményeik nem vethetők össze és nem általánosíthatók. A másik kulcsfontosságú kérdés az eredmények értelmezhetősége, a kalibráltság. Kísérletesen meg kell állapítani, hogy az adott módszer mennyit képes kioldani a talajba juttatott összes szennyezőből. Hasonlóképpen növénykísérletekben, eltérő hazai talajokon kalibrálni kell a "felvehető"-nek tekinthető frakciókat, hogy élettani és ökológiai értelmet nyerjenek. Ezek a kísérletes kalibrációs munkák, a talajelemzési és növényvizsgálati adatok közötti összefüggés-vizsgálatok időigényesek és költségesek. Elkerülhetetlenek azonban, mivel más természeti viszonyok között el nem végezhetők, külföldről nem importálhatók úgy, mint pl. a számítógépek vagy egyéb technikai eszközök.

A szennyezett területek vizsgálata és minősítésük összetett feladat, sokirányú ismeretet és jól szervezett, egymásra épülő tevékenységet jelent. Tágabban ide értendő

- a talajszennyezéssel összefüggő szervezeti, koordinációs, oktatási és propaganda munka.
- a tulajdonképpeni mintavételi, analitikai és laboratóriumi tevékenység.
- az adatok értelmezése alapján a szennyezettség megítélése.
- a veszélyeztetettségi utak feltárásával a szükséges beavatkozások megtervezése.
- a talajszennyezéssel kapcsolatos kutatások és összefüggés-(kalibrációs) vizsgálatok.

A talajtisztítási, kármentesítési beavatkozások hatékonyságát a leggyengébb láncszem szabja meg. Általában elfogadott (és ismét hangsúlyozzuk), hogy ebben a rendszerben a leggyengébb láncszem a talajmintavétel, valamint az adatok értelmezése terén a hiányos kalibráltság, a bizonytalan határértékek. A talajvizsgálatra épülő minősítés és beavatkozás csoportmunkát igényel, különböző szakemberek együttműködését és tudásuk felhasználását. A munkafázisok behatárolják, hogy milyen eredményes lehet a program. Értelemszerűen nem lehet megbízhatóbb, mint

amilyen volt a mintavétel, az analízis, a kalibráltság, az érintettek szakmai műveltsége és tapasztalata stb. A hibás döntés hatása pusztító lehet:

- Helyenként túltisztítás történhet rendkívüli költségekkel, indokolatlanul;
- Másutt a beavatkozás elmarad és a veszélyhelyzet állandósul;
- Kárenyhítésre szánt területek prioritási sora nem érvényesül hosszú távon;
- Hibás kockázatfelmérés nyomán a célszerű kárenyhítés nem tervezhető.

A kémiai elemzéssel kapott adatok tájékoztató jellegűek, szigorúan véve önmagukban nem jelentenek közvetlen toxikológiai vagy élettani értelmet. A hatásokat kell ismernünk. Minél szélesebbé és mélyebbé válik a hazai tapasztalat, kutatási háttér, annál eredményesebb lesz a beavatkozás. Kémiai eljárásokat, technológiákat átvehetünk külföldről. A szennyezők mozgására, átalakulására, hatására vonatkozó összefüggések azonban csak a hazai viszonyok között (talaj, víz, éghajlat stb.) állapíthatók meg. A talajtisztítási programok sikerét a nemzetközi tapasztalat szerint meghatározza a nemzeti háttérkutatások mennyisége és minősége, a felhalmozódó tudás és tapasztalat. Mivel minden szennyezés egyedi, egyedi megítélést is igényel. Az elmondottakból következik, hogy a helyileg előforduló szennyezés feltárásánál a helyismerettel rendelkező szakemberek nélkül sikeres munka nem végezhető. Számítógépes "programokkal" és a központi intézményekben tevékenykedő "adatbázis-kezelő" technikusokkal a helyismeret nem pótolható.

8. Talajszennyezettség minősítése a talajvizsgálatok alapján

A szennyezett talajok minősítésére elterjedt a hármas: *A, B, C* minősítési rendszer, mely kiegészül a mindenkori hasznosítási/érzékenységi kritériumokkal. Hangsúlyozni kell, hogy a határértékek nem alkalmazhatók sablonosan a helyi viszonyok ismerete nélkül. Minden esetben egyedi értékelést kell végezni, mert ezek a kritériumok csak általános iránymutatóul szolgálhatnak. A hármas minősítés abból kiindulva keletkezett, hogy a védendő objektumok eltérő tûrési és toxicitási megítélést kívánnak.

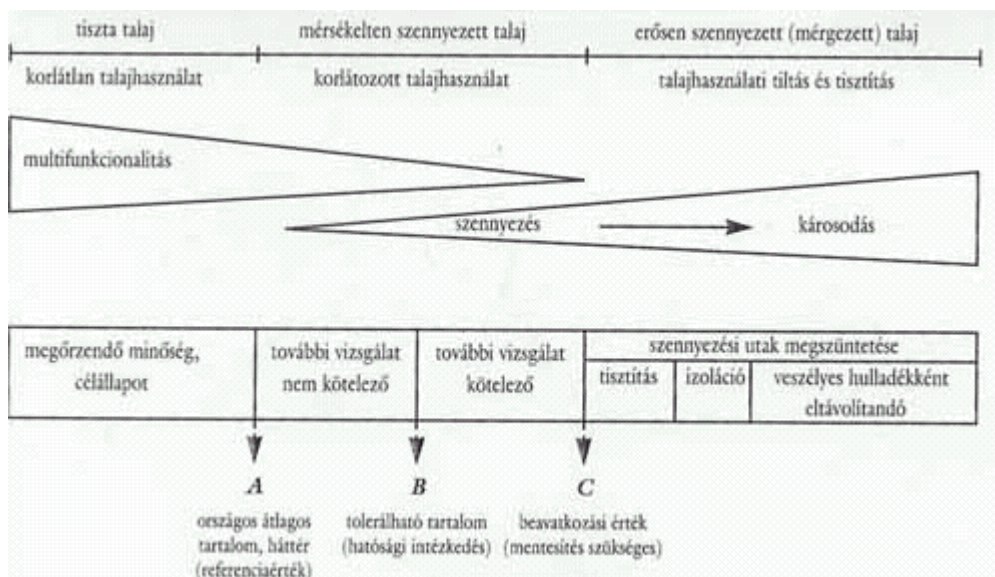
A - a szennyezetlen talajt, annak felső határát, a megőrzendő minőséget jelenti. A talaj minden funkciója ép (multifunkcionalitás). Referencia vagy háttérszintet is jelöl, amennyiben a talajok átlagos összetételének felel meg az országban és függ a termőhelytől, lokálisan alacsonyabb vagy geológiai okokból magasabb is lehet. Szigorúan véve tehát az *A* minőség sem egy pont vagy érték, hanem inkább egy tartomány.

A szennyezés növelésekor a multifunkcionalitás sérül, a korlátlan talajhasználat megszűnik. Az *A* feletti érték nem jelent automatikusan újabb vizsgálatokat a szennyezett területen. További vizsgálat akkor szükséges, ha fennáll az emberi egészség vagy a környezet veszélyeztetettsége. Lehetséges tehát, hogy az adott talajhasználat mellett még problémamentes a situáció. Az *A* érték egyben kívánatos célállapot lehet a szennyezett talajok tisztításához. Hangsúlyozni szükséges, hogy a háttérszintet lokálisan is meg kell határozni, hiszen a helyi *A* értékhez viszonyítható a szennyezés mértéke.

B - minőség indikatív érték. A még tűrhető határterhelést jelöli multifunkcionalitás nélkül. A talajhasználat már korlátozott. Egyben speciális célértéke is lehet a talajtisztításnak, a tervezett talajhasználatához igazodva. Ha a *B* értéket egy vagy több szennyező meghaladja, a veszélyt reálisnak tekintjük. További vizsgálat indokolt, míg a *B* szint alatt a mérlegelés dönt. A *B* szint felett sincs tehát automatikusan beavatkozás, talajtisztítás.

C - minőség a beavatkozási határt jelenti. Azonnal részletes vizsgálatokat kell végezni és tisztázni a beavatkozás mikéntjét. Gondoskodni kell a lehetséges szennyezési utak megszüntetéséről izoláció, talajtisztítás által, vagy veszélyes hulladékként való eltávolítással. A *C* szint alatt a beavatkozás nem nyilvánul sürgősnek, végleges részletes analitikai térképezés később is elvégezhető. Itt is döntő a helyi megítélés és a tervezett jövőbeni hasznosítás. A talajszennyezés áttekintését a 2. ábra szemlélteti.

2. ábra: A talajszennyezés sematikus áttekintése



Az *A* minőség azt jelentette, hogy a talaj normális összetételű, melyhez alkalmazkodott növény, állat, ember éppúgy mint a benne lévő mikroorganizmusok. A tolerálható *B* minőségnél feltételezzük, hogy a védendő objektumra nézve tartósan veszélytelen (élettartamát, teljesítményét, minőségét nem csökkenti) jelenlegi tudásunk szerint. Lakott körzetekben követelmény, hogy a károsanyag koncentrációja annál kisebb legyen, minél valószínűbb az emberbe/gyermekbe kerülésének veszélye szájon át vagy beléggzéssel. Takarmány és élelmiszer növények természeténél a növényi felvétel, ill. az ember és állat terhelése kerülendő el. A *B* érték termőhelyspecifikus, alkalmazásánál a növényi felvehetőség, klíma, pH, humusz, agyag mennyiségét is tekintetbe vesszük. Összességében tehát a helyi körülmények és a jövőbeni hasznosítás alapján döntünk.

Amennyiben nincsenek külön határértékek a védendő objektumokra, a talajhasználat szerint differenciálunk. Lakott területen prioritást az emberi egészség jelenti. Védendő azonban az élelmiszer- és takarmánynövények, növénytársulások, ökoszisztémák, talajvíz, valamint a talajfunkciók is. Utóbbiak az élet fenntartását szolgálják, mint a talajnak a szűrő, megkötő és lebontó képessége, mely biztosítja az anyagok természetes körforgalmát a víz és tápláléklánc tisztaságát megőrizve.

A szennyezettebb *C* minőség arra utal, hogy minden védendő objektum veszélyeztetett, azaz mindenféle talajhasználati lehetőség megszűnhet. Olyan fito/zoo/öko/human toxikológiai határkoncentráció, mely felett az alábbi károsodások léphetnek fel:

- A növények termése vagy minősége gazdaságilag már elviselhetetlen mértékben csökken, a károsanyagok mennyisége túllépi a megengedettet a természetű növényekben;
- Az állati és emberi szervezetben egészségi károsodás vagy teljesítmény-csökkenés áll elő. Az állati eredetű élelmiszerek károsanyag tartalma túllépi a megengedettet;
- Az ökoszisztémák, helyi növénytársulások összetétele megváltozik;
- A talajfunkciók és a talajélet károsodása nyomon követhető.

A környezetvédelem gyakorlatában fontosak az ún. hasznosítási határértékek, melyek igen változatos területeket fognak át. Ilyen pl. a víz minőségét előíró szabvány a használatától függően (ivóvíz, öntözővíz, használati vizek, gyógyvizek stb.). Ezek az előírások, szabványok tágabban már területhasználati érdekeket reprezentálnak, területi prioritásokat

fogalmazznak meg. A felszín alatti vizeknél ilyen hasznosítási értékek nincsenek, viszont a C1-C2-C3 beavatkozási határkoncentrációk a hazai jogszabályban a területek érzékenységét hivatottak figyelembe venni.

Számos ország gyakorlatában a határértékek nem differenciáltak a talajhasználat függvényében, mert a kockázatelemzésre bízzák a beavatkozás szükségességének megítélését a helyi viszonyok és a tervezett hasznosítás függvényében. Ezzel szemben a német gyakorlat részletesen differenciál. Erre például szolgálhatnak az ismert Eikmann és Kloke (1991) által javasolt határértékek, melyet az 1. táblázat mutat be. Az ún. "Berlini Lista" határértékei a szennyezett talajok és talajvizek megítélését segítik a vízvédelmi prioritások szerint. Utóbbiak Berlin város és környéke vizsgálata ill. tisztítása során szolgáltak iránymutatóul (2. táblázat).

Az általános határértékek segítik a hatóságot a gyors döntés meghozatalában, de gyakran nem differenciáltak a talajtulajdonságok szerint. Utóbbi, a helyi viszonyok ismerete teszi lehetővé az értelmes mérlegelést a szakember számára, melyre a kockázatelemzésnél kerül sor. Előfordulhat, hogy a kutatás nem tud ma még választ adni számos kérdésre, ugyanakkor a környezeti kár elhárítása nem tûr halasztást. Ilyen esetekben a biztonság elsődlegessége érvényesítendő. Minden esetben a környezet állapotának javítása a cél, hosszabb távon az ivóvíznek megfelelő minőség és a multifunkcionális használatra alkalmas talaj. Új létesítmények, technológiák esetén a korlátlan talajhasználat megőrzésének elve alkalmazható, míg szennyezett területeken a célállapot elérését szolgáló beavatkozások ütemezhetők.

1. táblázat

Eikmann és Kloke (1991) által javasolt határértékek a talajhasználat függvényében, mg/kg összes tartalom királyvízben oldva

Talajhasználat		As	Be	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
0. Multifunkció	A	20	1	1	50	50	0.5	40	100	1	150
1. Gyermekjátszó	B	20	1	2	50	50	0.5	40	200	5	300
	C	50	5	10	250	250	10	200	1000	20	2000
2. Házikert, telek	B	40	2	2	100	50	2	80	300	5	300
	C	80	5	5	350	200	20	200	1000	10	600
3. Sportpálya, játszóterek	B	35	1	2	150	100	0.5	100	200	5	300
	C	90	2	5	350	300	10	250	1000	20	2000

4. Park, üdülő- terület	B	40	5	4	150	200	5	100	500	10	1000
	C	80	15	15	600	600	15	250	2000	50	3000
5. Ipari terület	B	50	5	10	200	300	10	200	1000	15	1000
	C	150	20	20	800	1000	20	500	2000	70	3000
6. Ipari fedett terület	B	50	10	10	200	500	10	200	1000	15	1000
	C	200	20	20	800	2000	50	500	2000	70	3000
7. Mezőgazd. terület	B	40	10	2	200	50	10	100	500	5	300
	C	50	20	5	500	200	50	200	1000	10	600
8. Nem mg-i ökoszisztéma	B	40	10	5	200	50	10	100	1000	5	300
	C	60	20	10	500	200	50	200	2000	10	600

A - Alapérték, szennyezetlen talajban érdemi antropogén hatás nélkül. A talaj sokoldalú, multifunkcionális használatra alkalmas.

B - Tolerálható érték, melynél káros hatás sem rövid sem hosszabb távon nem jelentkezik.

C - Toxikus érték, károsodik a védendő objektum (növény, állat, ember), ezért beavatkozás szükséges.

2. táblázat

A "Berlini Lista" határértékei a szennyezett talajok és talajvizek megítélésére, 1991 (összes tartalom)
(Beavatkozást igényelnek)

Elem jele	Talajban mg/kg				Talajvízben µg/l			Talajban* mg/kg
	Ia	Ib	II	III	I	II	III	
As	10	7	20	40	40	60	80	5
Cd	2	1.5	10	20	5	10	15	1
Cr VI	5	5	25	50	20	30	40	2.5
Hg	0.5	0.5	1	10	1	2	3	0.25
Pb	100	100	500	600	40	60	150	50
Cr	150	100	400	800	50	100	200	75
Co	100	100	200	300	50	150	200	50
Cu	200	100	500	600	40	60	150	100
Ni	200	50	250	300	50	75	100	100

Zn	500	300	2000	3000	1000	1500	2000	250
Sn	100	100	300	1000	40	100	150	50

Ia - Vízvédelmi terület

Ib - Érzékeny talajhasznosítású terület

II - Ösfolyamvölgyek

III - Felföldi síkságok

* - Megtisztított talaj határértékei

Forrás: Contaminated land policies in some industrialized countries.

W. J. F. Visser. The Hague. 1993. Techn. Soil Protection Committee.

Bemutatásra méltó a lengyel talajszennyezettségi osztályba sorolás, melyet néhány nehézfémre dolgoztak ki talajcsoportonként a hasznosítás függvényében. A 3. táblázatban megadott "összes" tartalmak a tápláléklánc védelmét szolgálják, így ezek a maximálisan megengedett koncentrációk kiskerti talajokban a legalacsonyabbak. A talajok 3 csoportját különböztették meg, úgymint savanyú és homokos; savanyú és közepesen kötött; agyagos vagy szerves anyagban gazdag és semleges talajok. Talán hazai viszonyaink között indokolt lehetne a "D" talajcsoport bevezetése is (kötött és humuszban gazdag meszes termőhelyek). A talajcsoportonként javasolt talajhasználat az alábbi az egyes szennyezettségi osztályokban Lengyelországban:

- 0 - A szennyezetlen talajokon bármilyen növény termesztethető (multifunkcionális).
- I. Enyhén szennyezett talajokon szántóföldi növénytermesztés folytatható, kivételt képeznek a gyermektápszerű szolgáló zöldségfélék.
- II. Mérsékelt szennyezett talajokon a gabonafélék, burgonya, cukorrépa és a takarmánynövények művelése megengedhető. A leveles és gyökér zöldségfélék termesztése tilos.
- III. A közepesen szennyezett talajokon fennállhat bármely növény szennyeződésének kockázata. Szükséges a károsanyagok felvételét csökkentő agrotechnika (trágyázás, meszezés stb.), valamint az élelmiszer- és takarmánynövények minőségének gyakori ellenőrzése növényanalízissel. Ipari növények és fűmagtermesztés javasolt.
- IV. Erősen szennyezett talajokon az élelmiszer- és takarmánynövények termesztése nem megengedett, különösen ha a termőhely savanyú és homokos. Javasolt az ipari növények elterjesztése alkohol, energia és ipari célú olaj nyerése céljából.
- V. Az extrém szennyezett talajok mezőgazdasági hasznosításra alkalmatlanok, a művelés alól kivonandók. Lehetőség szerint talajtisztítást kell

végezni e területeken. Bizonyos körülmények között, elsősorban meszes kötöttebb talajokon, ipari növények termesztetők (lásd: IV. hasznosítása).

Lengyelországban az ipari szennyezés óriási méreteket öltött az elmúlt évtizedekben, így kiterjedtebb kutatások folytak. A legtöbb országban, így hazánkban is, a növényi fejlődésre károsnak tekintett mikroelemek maximálisan megengedett tartalmát egyetlen határkoncentrációval jellemzik a hasznosítás figyelembevétel nélkül. Gyakran a talajtulajdonságoktól is eltekintenek, ebből adódóan a legérzékenyebb szituáció védelmében a határértékek alacsonyabban vannak megállapítva. Az egyes elemek ill. országok tekintetében hasonlóak vagy összevethetők ugyan a megadott értékek (limitek), de lényeges eltérések is előfordulhatnak, amint a 4. táblázatban látható.

Mivel az adatok az "összes" becsült tartalomra vonatkoznak és az analitikai módszerek is eltérhetnek országonként, a táblázatos értékek csak iránymutató jelleggel bírnak. Annál is inkább, mert a növények számára "felvehető" frakciók meghatározása jelenthetné az igazi előrelépést, melyek szorosabb kapcsolatban vannak a növényi reakciókkal és a felvétellel. A "felvehető" frakciók kalibrálásához ma még részben hiányoznak a különböző talajokon elvégzett növénykísérletek, ezzel a kutatás még adós.

3. táblázat

Talajszennyezettségi határértékek nehézfémekre Lengyelországban a mezőgazdasági hasznosítás függvényében, talajcsoportonkénti összes tartalom, mg/kg, 0-20 cm réteg.
(Kabata-Pendias 1995)

Talaj- csoport	Talajszennyezettségi osztályok v. határkoncentrációk				
	0	I	II	III	IV
Cd					
a	0.3	1	2	3	5
b	0.5	1.5	3	5	10

	c	1	3	5	10	20
Cu						
a		15	30	50	80	300
b		25	50	80	100	500
c		40	70	100	150	750
Ni						
a		10	30	50	100	400
b		25	50	75	150	600
c		50	75	100	300	1000
Pb						
a		30	70	100	500	2500
b		50	100	250	1000	5000
c		70	200	500	2000	7000
Zn						
a		50	100	300	700	3000
b		70	200	500	1500	5000
c		100	300	1000	3000	8000

Talajcsoportok: a - gyengén és közepesen kötött talajok, pH 5.5 alatt
b - kötött és erősen kötött talajok, pH 5.5 alatt
c - agyagos és szervesanyagban gazdag talajok, pH 5.5-6.5

Szennyezettségi osztályok: 0 - szennyeztelen
I - enyhén szennyezett
II - közepesen szennyezett
III - jelentős szennyezés
IV - erős szennyezés (Felette extrém szennyezés)

4. táblázat

Mikroelemek maximálisan megengedett tartalma néhány országban
Összes tartalom a szántott rétegben, mg/kg
(Kabata-Pendias és Adriano 1995)

Elem	Ausztria	Kanada	Lengyelo.	Magyaro.*	Anglia	Németo.
Zn	300	400	300	300	150	300
Pb	100	200	100	100	50	500
Cu	100	100	100	100	50	50

Ni	100	100	100	50	30	100
Cr	100	75	100	100	50	200
As	50	25	30	10	20	40
Co	50	25	50	50	-	-
Mo	10	2	10	10	-	-
Be	10	-	10	10	-	10
Cd	5	8	3	2	1	2
Hg	5	0.3	5	1	2	10

Megjegyzés: Németországban erősen toxikusnak tekintett koncentrációk:
 Zn=600, Pb=1000, Cu=200, Ni=200, Cr=500, As=50, Be=20, Cd=5, Hg=50,
 mg/kg

* FM (1990)

9. Az Európai Közösség vízvédelmi irányelveiről

Az EK a felszín alatti talajvizekre, ivóvízbázisokra szigorúbb szabályozást ír elő, mint a felszíni vizekre, amennyiben a határértéket elvileg 0-nak állapítja meg. Két jegyzéket dolgoztak ki a szennyezőanyagokra. Az I. jegyzékben felsoroltaktól a vizeket mentesíteni kell, a II. jegyzék anyagai pedig csökkentendők. Az irányelv értelmezésében "talajvíz: minden föld alatti víz a telítettségi zónában, amely a talajjal vagy az altalajjal érintkezésben van", tehát minden talajvíz. Az irányelvek szerint a tagállamok megteszik a szükséges intézkedéseket azért, hogy az I. jegyzék anyagai ne jussanak a talajvízbe, ill. a II. jegyzék anyagai csak korlátozottan szennyezhesék a talajvizet, ill. a szennyezést elkerüljék.

Az I. jegyzék anyagai a toxikusság, hosszú élettartam és a szervezetben való feldúsulás kockázata miatt T₁ jelzésűek, erősen mérgezőek. Ide sorolandók a szerves halogének; a P és Sn szerves vegyületei; a vízzel rákkeltő, mutagén vagy embriót károsító (teratogén) anyagok; a Hg és Cd, valamint vegyületei; olajok, szénhidrogének, cianidok. A II. jegyzék anyagai hasonló tulajdonságokkal bíró káros szennyezők, melyek azonban mai tudásunk szerint csekélyebb kockázatot jelentenek az emberre. Ide sorolandók az alábbi metalloidek, fémek és azok vegyületei:

- | | | | |
|----------------|------------------|--------------------|------------------|
| 1. Cink (Zn) | 6. Szelén (Se) | 11. Ón (Sn) | 16. Vanádium (V) |
| 2. Réz (Cu) | 7. Arzén (As) | 12. Bárium (Ba) | 17. Kobalt (Co) |
| 3. Nikkel (Ni) | 8. Antimon (Sb) | 13. Berillium (Be) | 18. Tallium (Tl) |
| 4. Króm (Cr) | 9. Molibdén (Mo) | 14. Bór (B) | 19. Tellur (Te) |
| 5. Ólom (Pb) | 10. Titán (Ti) | 15. Urán (U) | 20. Ezüst (Ag) |

Továbbá az I. jegyzékbe nem tartozó biocidok; a víz ízét vagy illatát rontó anyagok; mérgező vagy hosszú életű szerves Si-vegyületek; elemi P és bizonyos szerves vegyületei; fluoridok, ammónia, nitrit. A mezőgazdasági termelés során arra kell törekedni, hogy ne kerüljön több szennyező a talajba, mint amennyit a talaj (növény) hasznosít. Így a vízminőség megőrizhető, hisz a vízbe nem kerülhet semmi. A szennyvizek és -iszapok kihelyezésénél terhelhetőségi határértékeket javasolt a közösség, melyeket az 5. táblázatban mutatunk be. A bemutatott határértékek csak ajánlások, viszont a legtöbb európai ország (házánk is) gyakran szigorúbb irányelveket érvényesített a hatósági szabályozásában.

5. táblázat

Az Európai Közösség (EU) és Magyarország (MO) által megadott maximális terhelhetőségi határértékek szennyvíziszap kihelyezésénél a mezőgazdaságilag hasznosított terület szántott rétegében (Összes tartalom, Kabata-Pendias és Adriano 1995, FM 1990)

Elem jele	Szennyeztelen talaj mg/kg*		Megengedett terhelés mg/kg**		Éves terhelés 10 éven át, kg/ha/év	
	EU	MO	EU	MO	EU	MO
Zn	80	100	300	100	15	30
Cr	50	30	600	100	40	15
Pb	50	25	250	100	15	10
Cu	20	30	135	100	7.5	10
Ni	25	25	75	50	3	2
As	10	10	20	15	0.7	0.3
Mo	1	3	4	10	0.2	-
Cd	0.5	0.5	3	3	0.150.15	
Se	0.5	-	3	10	0.151.00	
Mg	0.1	0.15	1	1	0.1	0.15

* Átlagos érték (MO kormányrendelet tervezetének A értékei)

** Szennyvíziszap kihelyezése után (MO - alacsony adszorpciós kapacitású talajon Zn 200-250, Cr 75, Cu 74, As 7-10, Cd 1-2 mg/kg terhelés a megengedett)

Az említett irányelvek nem vonatkoznak az egyedülálló lakóházak háztartási szennyvizeire, mely problémát ilyen oldalról nem is lehet kezelni. Gyakorlatilag ellenőrizhetetlenek a szennyvízszikkasztók és a szennyvízűrítők. A talajt helyileg nagy terhelés éri, így a vizek veszélyez-

tettek. Az I. jegyzékben szereplő anyagokat tartalmazó szennyvizek ürítését meg kell tiltani. Bizonyos tevékenységek tehát akkor sem engedélyezhetők, ha a szennyvíz garantáltan zárt gyűjtését megoldják, de az ártalmatlanítására/kezelésére nincs mód. Szigorú alapelv, hogy a felszín alatti vízbe szennyvíz vagy használt víz közvetlen bevezetése nem engedélyezhető. Kivételt a termálvíz visszasajtolása jelent, amelyre más szabályozások vonatkoznak.

II. TALAJMINTAVÉTEL

1. A talajmintavétel alapelvei és módszere

A mintavétel célja kettős. Nemcsak számszerű paramétereket nyújt a talajtulajdonságok és a terület szennyezettségének jellemzésére, hanem azok változékonyságának (variabilitásának) megítélését is szolgálja. A leegyszerűsített és szakszerűtlenül végrehajtott mintavétel nem felel meg e kettős követelménynek és nem reprezentálja megbízhatóan a területet. Tekintettel a szennyezett talajok sokféleségére nehezen képzelhető el egyetlen mintavételi eljárásról, hogy minden igényt kielégítsen. A vizsgálat céljától, helyi viszonyoktól, pénzügyi lehetőségektől függően a mintavétel módja különbözhet.

A sűrűbb mintavétel és analízis ugyan költségesebb, de módot nyújt a talaj heterogenitásának megismerésére, elkülöníthetők a szennyezettebb foltok és megalapozhatók a differenciáltabb beavatkozások. A talajtisztítás megvalósíthatósága gyakran éppen a differenciált vagy alternatív eljárások függvénye, így a részletesebb mintavétel és az analízis többletkiadásai sokszorosan megtérülhetnek. Mivel a mintavétel az egész további eljárást alapozza meg, precíz tervezést és kivitelezést, valamint pontos dokumen-tációt igényel. Az általános mintavételi alapelveket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. A talaj tulajdonságai és a szennyezők mind horizontálisan, mind vertikálisan cm-enként, pontszerűen változhatnak. A talajt mikroheterogenitás jellemzi. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy két pontminta vagy lefűrés analízisének eredményei akár 1-2 nagyságrenddel is eltérhetnek. Ebből adódóan egy vizsgálni kívánt terület (parcella, mintavételi egység, gyárudvar stb.) szennyezettségét megismerni általában csak több rész(pont)mintából kevert átlagmintából célszerű. Mivel az átlagmintákat analizáljuk, egy-egy mintavételi egységről legalább 2 átlagmintát veszünk, hogy a mintavétel hibáját megbecsülhessük és megbízhatóbb ítélethez jussunk.

Egy szabadföldi kísérletben pl. a gyakorlatban alkalmazott foszfor-műtrágya adagok 5-10-szeresét adtuk szemcsés szuperfoszfát formájában. Az ilyen módon szennyezett parcellákon 20-20 lefűrésből pontmintákat vettünk, melyeket külön-külön analizáltunk és emellett átlagmintákat is kevertünk analízisre. A botfűró a művelést követő 1 év, azaz a búza aratása után, még talált "érintetlen" és műtrágyaszemcsés foltokat minimum 60 és maximum 2200 ppm felvehető (AL-P₂O₅)

foszfortartalommal. A 20-20 pontminta analízisének átlagértékei kielégítően egyeztek az egyesített átlagminták (1-1 analízis) értékeivel. (Sarkadi et al. 1986)

2. Egy-egy átlagmintát legalább 20-20 pontminta vagy részminta (leszúrás, lefúrás) anyagából kell keverni a reprezentativitás céljából, melyeket a mintavételi területen egyenletesen elosztva véletlenszerűen ejtünk.
3. Az átlagminta keverése feltételezi, hogy a pontminták azonos térfogatúak és súlyúak, ill. azonos méretűek legyenek; azonos genetikai vagy szennyezettségi szintből származó talajtömeget tartalmaznak. Az egységes fúrók, az előírt és szabványosított mintavevő eszközök alkalmazása ezt a célt hivatott szolgálni.
4. Nem képezhető átlagminta, ill. a pontminták nem egyesíthetők, amennyiben a vizsgálandó talajtulajdonság vagy a szennyezők meghatározását az összekeverés módosíthatja. Így pl. nem keverhetők a meszes és savanyú, az eltérő kötöttségű, láthatóan is eltérő színű, szennyezettségű, minőségű talajok, talajfoltok. Egy-egy átlagmintát csak (a vizsgálat tárgya szerinti) homogén területről szabad venni. Ez a mintavétel egysége, mely genetikailag és szennyezettség alapján is egynemű területet reprezentál, beleértve a talajváltozat és domborzat azonosságát. Feltétel továbbá, hogy a mintavételi területet azonos módon kezelték, művelték, hasznosították (szennyezték) a múltban.
5. A reprezentatívnak tekintett átlagmintából, pl. az 1-2 kg mennyiségből is csupán néhány vagy néhány tized g-ot mérünk be az analízis során a laboratóriumban. A mintavétel fogalma ezért kettős. Beszélhetünk egy terepi külső és egy laboratóriumi belső mintavételről. Mivel a talajt/szennyezést mikroheterogenitás jellemzi, a rosszul előkészített és nem kellően homogenizált minta bemérésekor szintén akár nagyságrendi hiba adódhat és nem érvényesül a reprezentativitás. Más szóval a két bemérés ill. analízis eredményei drasztikusan eltérhetnek ugyanazon mintaanyagból is. Minél kisebb a bemérés egy-egy módszernél, annál finomabb előkészítést igényel az előkészítés értelemszerűen. Így pl. a 2 mm szitán átment örölt száraz talajmintában előfordulhat 1-1 szemcsényi kiugró szennyezés az 1-2 g-os vagy kisebb bemérésnél. 5 g-nál kisebb beméréshez 1 mm-es, 1 g-nál kisebb bemérés esetén legalább 0.5 mm-es szitán kell átengedni a vizsgálandó mintát.

A helyszíni mintavételtől az analitikai eredmények kiszámításáig számos hibaforrással találkozunk, amelyeket a módszertani kutatások sora próbált tisztázni. Az ez irányú vizsgálatok azt bizonyították, hogy az összes ejtett hiba 80-85 %-át az átlagmintában kereshetjük, azaz a terepi minta-

vételben. A maradék 15-20 % azon hibákat takarja, melyek a laboratóriumban fordulnak elő. Beleértve az előkészített, homogenizált átlagmintából való bemérést, azaz a második mintavételt és a műszeres analízis hibáit. Természetesen ez az arány, a hibaforrások súlya függ a talajtulajdonságoktól/szennyezőktől és az alkalmazott eljárásoktól is. Mindenesetre a mintavétel hibaforrásaival részletesebben kell foglalkoznunk.

Bár leszögeztük, hogy a talaj genetikailag nem homogén test, az egyes talajok e tekintetben is lényegesen különböznek. Az egymáshoz közelfekvő síkvidéki nem sérült (nem erodált) területek alapvető tulajdonságai mint a mészállapot, humusz, kötöttség, vízgazdálkodási jellemzők, összes elemkészlet stb. közelállóak, míg a távolabbi területek között nagyobbak az eltérések. Ez az ún. "makroheterogenitás" jelensége, mely a talajképződési folyamatok függvénye.

A szennyezett talajt különböző típusú változékonyság jellemzi, melyek a szennyezés eredetére, múltjára vezethetők vissza. Éles különbségek léphetnek fel a mikrokörnyezet hatása alatt helyileg. Ilyenek lehetnek a topográfiai körülmények, olyan emberi behatások mint a trágyázás, kezelés stb. A mintavétel során figyelembe vesszük a szennyezett talaj makroheterogenitását pl. a szennyezőforrástól való távolság és a szélirány függvényében, tehát általában a nem pontszerű szennyezések felvételezésénél. Az elmondottak főként a felszíni 0-30 cm talajréteg jellemzésére szolgálnak.

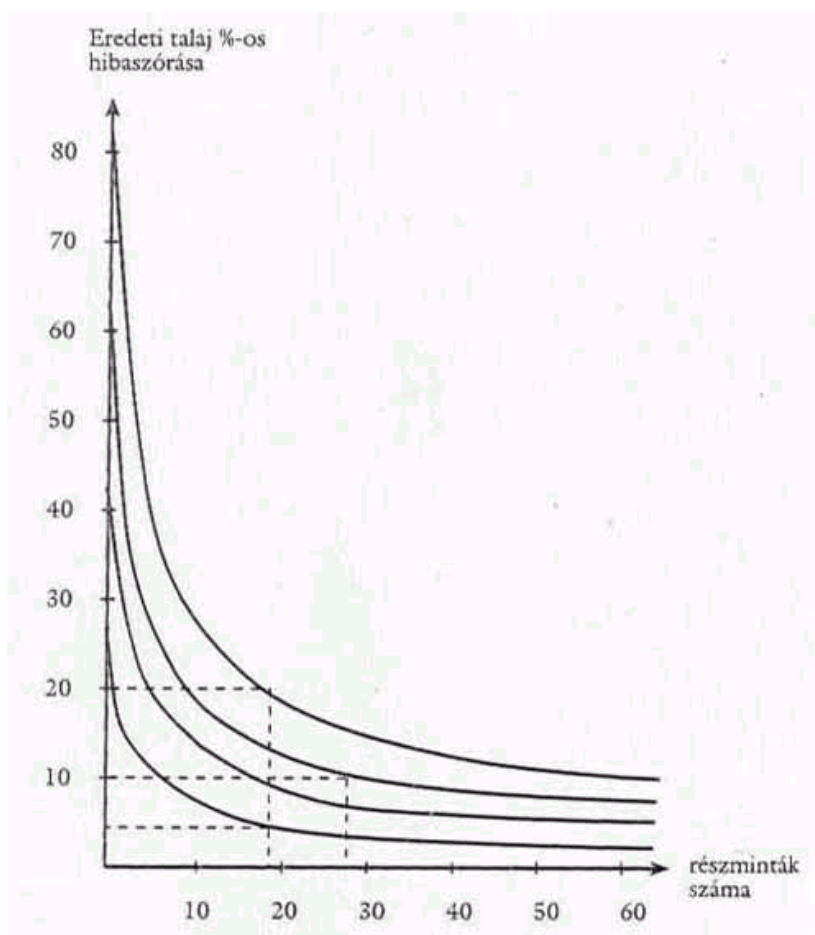
A mélyebb talajrétegeket (feltárt talajszelvényt, munkagödröt) általában egyedi vagy pontmintákkal jellemezzük, vagy takarékosági okokból a mélyfúrások anyagából átlagmintákat készítünk. Mivel szennyezett területen döntő az azonos talajmélység, a terhelést talajtérfogatra adjuk meg, gyakran nem a genetikai szintek meghatározóak. Annál is inkább, mert pl. egy régi szemétkerakó vagy egy gyári salakkal feltöltött gyárudvar esetében aligha beszélhetünk hagyományos értelemben "talaj"-ról. A mélyítő fúrásokat mindaddig folytatni kell, amíg a talajvizet, ill. a szennyezetlen altalajt (közveteket) el nem érjük, mely egyfajta kontrollként is szolgálhat a szennyezettség becslésénél. Törekedni kell a talajvízből is mintát venni. Egy-egy parcelláról legalább 3-5 mélyfúrást végzünk párhuzamosan. A feltárt talajszelvényt vagy munkagödröt a megtisztított 3 profilfalon mintázzuk alulról kezdve, legalább 3 eltérő mélységben. Célszerű a mélyfúrások rétegenkénti talajanyagát külön-külön elemezni.

2. Párhuzamos átlagmintavétel és az ismételt laborvizsgálat

A talajvizsgálatok hibaforrásainak megoszlásából következik, hogy az elemzések pontosságát és megbízhatóságát kevésbé tudjuk növelni, ha

ugyanazon talajmintákat esetleg többször is megvizsgáljuk. Az ismételt laborvizsgálat csak a laboratóriumi bemérés és analízis hibáját mutathatja meg. Az sem járhat komoly előnnyel, ha a felszíni mintavétel során az átlagminta részmintáinak (leszúrások, pontminták) számát egy-egy mintavételi helyen 30 fölé emeljük. Az átlagminta szórása 30 feletti részminta esetén már alig csökken az $s_x = \sqrt{s/n}$ képlet szerint, ahol s = egyedi minták szórása, n = részminták száma. Ezt az összefüggést szemlélteti a 3. ábra.

3. ábra A %-os szórás és a részminták számának összefüggése (Sarkadi-Németh-Kádár 1986)



Amennyiben precízebb ítéletre törekszünk, felszíni mintavételeknél 2-3 átlagmintát kell vennünk 1 átlagminta helyett a mintavételi területről. Hasonlóképpen a mélyfúrások számát kell növelni és több mintát anali-

zálni. A párhuzamos átlagmintavétel különösen kisebb foltok, parcellák, pl. egy gyárudvar felvételekor indokolt. Ilyenkor ugyanis nehéz a reprezentativitás követelményeinek eleget tenni. Kevés mintát veszünk eredendően és így nehéz a mintavétel hibáját megítélni. A mintavételi egységek száma korlátozott, esetleg a kisméretű gyárudvart egy mintavételi egységként kezeljük.

Ha egy mintavevő dolgozik, célszerű a páros és páratlan fúrások anyagát külön-külön gyűjteni 1. és 2. számú átlagmintába. Helyesebb minden esetben, ha a mintázandó területen 2 mintavevő halad külön átlagmintákat gyűjtve, egyenletesen bejárva a területet véletlenszerű fúrásokkal. Nagyobb térséget előzetes helyszíni bejárás után homogén mintavételi egységekre bontunk (talajháló vagy raszter) és a négyzethálók vagy rácsok területeiről külön átlagmintákat veszünk átlós bejárással a két-két átló mentén. A mintázandó terület egészére így érvényesülni fog a cikcakkos véletlenszerű mintázás.

3. A mintavétel mélysége és a minta mennyisége

A talajokat lehetőleg genetikai szintenként mintázzuk és jelöljük. A művelt felső réteget a művelés mélységéig (0-20 vagy 0-30 cm), a bolygatatlan altalajt általában 30 cm-enként. A vizsgálatok jellegéből, céljából adódóan azonban a mintavételi mélység változhat. Szennyezett területen, pl. gyárudvaron, gyakran több méter mélységben nem talaj a takaró réteg, hanem salak vagy iszapok, egyéb üzemi hulladék. A mélyítő fúrásokat ilyen esetben azonos szintenként (30, 50 vagy 100 cm-enként) kell végezni a talajvízszintig, ill. esetleg azt meghaladóan a szennyezés határán túl.

Amennyiben avar, szerves fedőréteg is található, a fedőréteget, a legfelső finom humuszos réteget külön mintázzuk feljegyezve vastagságát cm-ben, valamint egyéb jellemzőit (szín, állag, összetétel a helyszíni megfigyelés alapján). A feltalaj mintázásakor a mintavételi mélység függhet a védendő objektumtól és a hasznosítástól. Számos talajhasználati mód lehetséges, de csak néhány esetre alapozunk. Kiindulási alap a területhasznosítók egy-egy csoportja, valamint a károsanyag bekerülésének útja, mint pl. szájon át (orális), belélegzéssel (inhalatív) stb.

Gyermekjátszó: Az 1-6 éves korú gyermekek a legérzékenyebbek, akiknél döntő az orális felvétel. Mintázandó a homokozó homokja és a környező fedetlen talaj 35 cm mélységig. A gyermekjátszó füves, fás, növényekkel fedett része a "park" kategóriába esik mintavételi szempontból.

Kiskertek, házikertek: A gyermekeken túl a felnőttek is védendők, akik érintkeznek a talajjal a kert munkák során. A gyermekek orális terhelése itt is jelentős lehet, de kisebb mint a játszótéren, ezért a határértékek nagyobb tûrést jeleznek. Amennyiben az udvar vagy a kert egy része játszótérül szolgál, természetesen a homokozóra érvényes megítélést kell követni. A mintázandó réteg az ásásnak, forgatásnak megfelelően 0-35 cm.

Sportpályák: Érintettek a sportolók és a sportesemények látogatói. Meghatározó a por belélegzésével járó terhelés. A gyepes, valamint más borítással fedett pályák a "park" kategóriába sorolandók. A fedetlen területek, pályarészek mint pl. a futballkapu előtti játéktér ide tartozik. A talajmintavétel 0-10 cm-t érint.

Parkok, szabadidő területek: Döntő a felület fedettsége (növényzet, kőburkolat stb.). A fedetlen poros területen a belélegzés, a porszennyezés dominál. A mintázandó mélység füves területen és a fedetlen poros talajon egyaránt 0-10 cm. A kisgyermekek, fiatalok itt is szorosabb kapcsolatban vannak a talajjal, intenzívebben mozognak, aktívan játszanak.

Ipari terület: A foglalkoztatott dolgozókat éri a terhelés a talaj és a levegő közegből. Munkavédelmi előírások, a maximálisan megengedett munkahelyi koncentrációk kritériumai érvényesíthetők. A mintázást a szennyezés teljes mélységéig el kell végezni. Külön a 0-10 cm réteget is mintázzuk a fedetlen területeken.

Mezőgazdasági terület: Élelmiszer és takarmány előállítására szolgál. A mintavétel mélysége eltér a művelt és a nem bolygatott rét és legelő között. A határértékek függenek a hasznosítás módjától és a talajtulajdonságoktól, ezért a pH, humusz és agyag mennyisége meghatározandó a növényanalízis adataival együtt. Rét és legelő 10 cm, művelt területek 30 cm mélységig mintázandók.

Nem agrárökoszisztémák: Erdőgazdálkodási, vízvédelmi és nem hasznosított egyéb területek tartoznak ide. Döntő itt a vizek és az ember védelme. A talajvíz védelme miatt fontos a terhelés nagyságának és a károsanyag oldhatóságának ismerete a telítetlen zónában. A határértékek részben egyeznek az agrárterületekre adottakkal, mert amennyiben általában a növény védelme megfelelő, úgy a talajvíz is kielégítően védett. Elsősorban a 0-30 cm felső réteget mintázzuk, szennyezés gyanúja esetén a mélyebb rétegekből is mintát veszünk egészen a talajvízig.

Megjegyezzük, hogy a növény nélküli lakó és játszó területen, gyárudvarokon célszerű a felszíni poros 0-2 cm és a 2-10 cm réteget, növényvel fedett lakó és játszó területen a 0-5, ill. 5-10 cm réteget külön begyűjteni és elemezni. Ha fennáll a mélyebb szennyezés lehetősége, a 10-30 cm réteg is

(a szennyezés határáig) mintázandó. A homokozókban átlagmintát veszünk a töltéshomokból a talajfelszínig vagy az aljbetonig. Mélyítő fúrásokra (esetleg több vagy több-tíz m-ig) van szükség, amennyiben fennáll a talajvíz szennyeződésének veszélye. Hasonlóképpen szennyvízelvezetők torkolatánál, bányavidékek meddőhányóin, gyárudvarokon, árterületek üledékein és vízgyűjtőkön is minden olyan esetben, amikor állandó erős terhelés gyanítható. A mélyebb rétegek, kőzetek vizsgálata elkerülhetetlen, amennyiben az átszivárgó vízzel bevitt anyagokat kíséreljük meg nyomon követni. Az ajánlott mintavétel mélységét Eikmann és Kloke (1993) a hasznosítás módja és a védendő objektumok szerint csoportosítva a 6. táblázatban foglalja össze.

A minta mennyisége (tömege) a vizsgálatok számától és céljától függ. A finomra örölt légszáraz talajmintából a következő mennyiségekre van szükség g-ban:

- Tápelemek, humusz és pH meghatározása.....	250
- Fizikai vizsgálatok (kötöttség, térfogatsúly, fajsúly)	500
- Szervetlen károsanyagok vizsgálata.....	150
- Dioxin és furán vizsgálata	500
- Klórozott szénhidrogének meghatározása.....	400
- PAH meghatározása	500

A minta tömegét a fúró átmérője, a leszúrási mélysége, a pontminták száma és a talaj térfogatsúlya határozza meg. A térfogatsúly 0.2-1.7 között változhat. Előbbi a tőzeges szerves talajokra, utóbbi a homokos ásványi talajokra jellemző. A fent említett talajtömeg magában foglalja az archiváláshoz szükséges mennyiséget, a minta előkészítése (szárítás, őrlés, szitálás), analízise során fellépő veszteségeket, valamint az ismételt vizsgálatokhoz igényelt tartalékot is. A talajtulajdonságok, valamint a rendeletben előírt káros anyagok vizsgálatához szükséges talajmennyiség általában az 1 kg-ot ritkán haladja meg, friss mintára számítva. Szerves és kavicsos talaj esetén gyakran több mint 2 kg talajtömegre lesz szükség ahhoz, hogy elégséges finom talajrészt nyerjünk a laborvizsgálatokhoz.

Amennyiben egyéb paraméterek, szermaradványok elemzésére is sor kerülhet, úgy a minta mennyiségét értelemszerűen növelni kell. A reprezentativitás követelményeiből adódóan a felesleges talajmennyiséget csak azután szabad kidobni, ha az egész mintatömeget alaposan homogenizáltuk, tehát lehetőleg a szárítást és őrlést követően. A szabványosított hengeres fúrók, botfúrók az előírt számú leszúrással biztosítják a szükséges talajtömeget, így elkerülhető a felesleges talajtömeg mozgatása és hibalehetőséget magában foglaló szanálása. Ásó vagy lapát használatát

még felszíni mintavételkor is tiltani kell, mert nem biztosítja az egyenletes mintavételi mélységet és kevés pont anyagából túl nagy, illetve gyakran nem reprezentatív talajmintát eredményez.

6. táblázat

Talajmintavétel mélysége a hasznosítás módja és a védendő objektumok szerint. Eikmann és Kloke (1993).

Hasznosítás módja	Védendő objektum	Szennyezés módja	Felszín jellege és fedettsége növényel
Gyermek-játszó	Gyermekek, kísérőik	Szájon át (orális)	Homokozó homokja és fedetlen környéke
Házi- és kiskertek	Gyermekek, felnőttek	Orális és inhalatív	Ágyások és növény-szegény felületek
Sport- és lőpályák	Sportolók, fiatalok	Inhalatív	Pálya felülete és növény-szegény környéke
Parkok, pihenőhelyek	Felnőttek, gyermekek	Inhalatív és orális	Nem fedett és növény-szegény felszín
Ipari területek	Felnőttek, munkavállalók	Inhalatív és víz	Nem fedett és növény-szegény felszín
Mezőgazdasági területek	Növények, tápláléklánc	Orális és növény	Szántó, zöldség és gyümölcsös területei
Nem mezőgazd. területek	Talajvíz, növénytakaró	Orális, víz és növény	Nem hasznosított természetes felszín

4. Mintavételi terület kijelölése (talajháló, matrix, raszter)

A mintavételi területek ill. parcellák határai és nagysága esetenként változhat a vizsgálat céljainak megfelelően, de általában elfogadott, hogy a maximum 1 hektár azaz 10.000 m² lehet szennyezett ipari vagy kommunális területen. Irányadó a védendő objektum. Amennyiben védendő az ember, a terület méretét a hasznosítás módja (mint pl. gyermekjátszó, település vagy az adott ipari létesítmény területe) és fedettsége határozza meg. Mezőgazdasági művelésnél szintén a hasznosítás alapvető, külön mintázandó pl. egy zöldséges a kertben stb. A minden esetben 2-2 átlagmintával jellemzett mintavételi egység további bontása akkor indokolt, ha különbség van a kezelésében vagy a talajtulajdonságok (mint pl. a pH, humusz, mész- vagy agyagtartalom, vízgazdálkodás) mások.

A mintavétel lehetővé teszi a károsanyagok eloszlásának megismerését, amennyiben a mintavétel az előre ismert vagy feltételezett szennyezőforrás és a talajtulajdonságok figyelembevételével történik. Ha nincs ilyen stabil kiinduló pontunk, úgy egy térbeli hálót tervezünk a mintázandó területre és kijelöljük a mintavételi egységeket. Első lépésben a mintázandó térséget bejárjuk és bejelöljük az 1:10.000-es méretarányú térképre a területre eső létesítményeket (épületek, utak, kutak), valamint a szennyezőforrást. Ha ásott kutakat találunk, bejelöljük a mintavétel időpontjában mért talajvízszint mélységét és ha ismert, a talajvíz áramlásának irányát.

Mezőgazdasági területen felhasználjuk az üzemi/gazdasági térképeket, melyen fel vannak tüntetve a táblák jelei, határai és területei, valamint a művelési ágak is. A térképlapnak kettős funkciója van. Segítségével és a helyismeretek birtokában kell megtervezni és kijelölni a mintavételi egységeket, rögzíteni rajta a mintavételek helyét, számát. Ezáltal utólag visszaazonosíthatók a vizsgálati eredmények, elhatárolhatók a foltok és ellenőrizhető az esetleges talajtisztítási beavatkozás eredményessége. Az így elkészített mintavételi térkép 1 példányát a mintákkal együtt a vizsgáló

intézménybe küldjük, 1 példány a mintavevőnél marad. Amennyiben a gazdaság nem rendelkezik üzemi térképpel, beszerzendő a Megyei Földhivataloknál az 1:10.000-es kataszteri térkép. Kiegészítő jelleggel felhasználhatók még üzemi talajtérképek, meliorációs tervek, tápanyagtérképek, melyek feltüntetik az előforduló talajtípusokat és korábbi beavatkozásokat.

Ha a vizsgálandó terület kisebb, pl. 1000 m² alatti, úgy a hálót sűrítjük, hogy legalább 5-10 mintavételi területet, ill. 10-20 átlagmintát

kapjunk. Az 1000-10.000 m² területen 20-30 m-es hálót alkalmazva 20-30 átlagmintával jellemezhetjük a szennyezést. Nagyléptékű regionális felmérésnél másképp járunk el. A mintázandó régióban reprezentatív mintavételi helyeket jelölünk ki. A minimálisan szükséges mintavételi helyek száma (n) függ a terület heterogenitásától (n_H), a terület nagyságtól és a vizsgálati léptéktől (n_G). Mivel tájanként változhat a heterogenitás nem-pontszerű diffúz terhelésnél is, több kiegészítő mintavételi területet kell kijelölni (n_Z). Ez a minimális mintavétel számát jelenti. Az analíziseket és a kiértékelést követően egyedi esetekben további mintavételre lehet szükség. Példaképpen bemutatjuk a Kieleti Egyetem Földrajzi Intézete által javasolt mintavételi sűrűséget a vizsgált terület és lépték függvényében:

Lépték méretaránya	Vizsgált terület nagysága km ² -ben*		
	100	1000	10.000
1 : 25.000	20	200	2000
1 : 50.000	10	100	1000
1 : 500.000	1	10	100

* Párhuzamos átlagminta javasolt 10 m sugarú körben

Megemlítjük, hogy hazánkban létrejött a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM), mely országos mérőhálózat és 1236 pontot foglal magában. A mérőhelyeket természetföldrajzi egységek reprezentatív területein jelölték ki, így jellemezhetik az ország talajviszonyait és lehetővé teszik a talajállapot változásának nyomon követését is. A TIM pontok érintik azokat a termőhelyeket, ahol szabadföldi tartamkísérletek vannak, korábbi vizsgálatok és talajtani céltérképek készültek, ill. egyéb vizsgálatok folytak vagy folynak (meteorológiai állomás, talajvízszint-észlelő kút, földtani mélyfúrás, hidrológiai megfigyelő állomás). Ilyen módon a mérési pontokon nyert adatok kapcsolhatók múltbani adatsorokhoz és egyéb vizsgálatok eredményeihez.

Az említett sűrűségű, regionális vagy országos áttekintést segítő mintázás a Geográfiai Információs Rendszer (GIS) számára nyújt adatokat és a nemzetközi összehasonlítás alapjául szolgálhat. A német-orsz, valamint a német-magyar talajvédelmi együttműködés keretében hasonló felvételezésekre került sor, melyek elsősorban a regionális háttérszennyezettség megállapítását célozták. A hálórendszer, a raszter felépítése megfelelő méretarányú, kellő minőségű átnézetes térkép segítségével történik. A raszter eredet, az első mintavételi hely, a vizsgálandó régió területén húzható leghosszabb egyenes középpontja. A hálót az egyenes mentén fokozatosan kell kialakítani a földrajzi szélességgel párhuzamosan.

Az első keresztirányú egyenes a raszter középpontján halad át, a többi attól É-ra és D-re kerül. A mintavételi helyek közötti minimális távolság megállapításához irányszámként használható a 0.04-es szorzó. Ez 1:10.000 méretarány esetén 400 m, 1:25.000 méretarányánál 1000 m, 1:200.000 méretarányánál 8000 m távolságnak felelhet meg. A hexagonális raszternél a keresztirányú párhuzamosok távolságát úgy kapjuk meg, hogy a mintavételi helyek közötti távolságot 0.866 faktorral szorozzuk. Ez az eljárás a szennyezők kétdimenziós vizsgálatára alkalmas ott, ahol nem állnak rendelkezésünkre a mérőhálózat pontosítását (optimalizálását) lehetővé tevő alapinformációk (németországi javaslatok).

Mindenféle mintavételnél figyelembe vesszük a terület lejtési viszonya-it. Az erózió következtében a lejtő felső, középső és alsó szakasza eltérő minőséget/szennyezettséget jelenthet. A mintavételi egységeket úgy kell kijelölni, hogy egy-egy parcella a lejtő azonos szakaszára kerüljön a különböző lejtőszakaszok önálló értékelhetősége érdekében. A 10 %-nál nagyobb lejtőkön a hálót a lejtőre keresztbe húzzuk. Talajszelvény ill. mélyfúrás esetén külön-külön mintázzuk a lejtő felső, középső és alsó részét. A lejtő hordalékos alján talajvíz-mintavételre is törekedni kell. A mintavétel minden esetben párhuzamos átlagmintavételt jelent.

5. Pontszerű emissziós terület mintázása

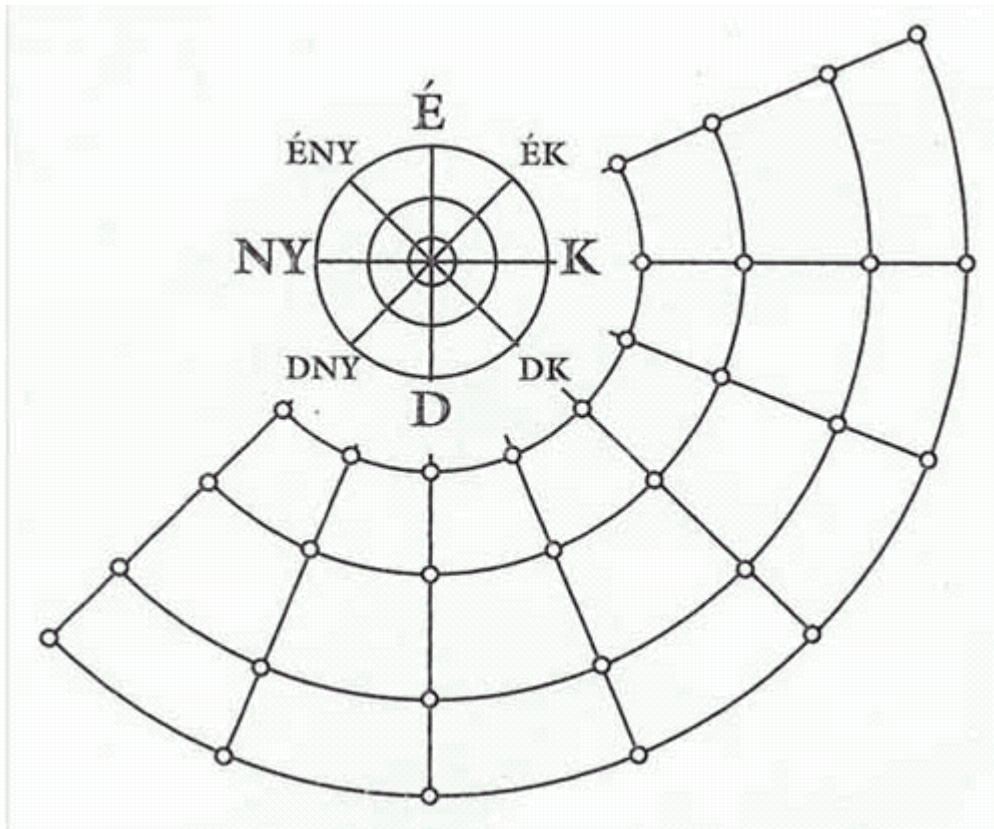
Pontszerű szennyező környezetben a szennyezőforrást középpontnak véve, a mintavételt koncentrikus körök mentén végezzük a fő- és mellékégtájaknak megfelelően. A középpontot, a szennyezőforrást 1:10.000 léptékű térképre rajzoljuk be. A térképen feltüntetjük a létesítményeket (pl. házak, utak, kutak stb.), felszíni vizeket. A bejárás alkalmával bejelöljük az ásott kutakban mért vízszintet, a talajvízszint mélységét és ha ismert, a talajvíz áramlásának irányát.

A térképvázlaton 0.2, 0.5 és 1.0 km sugarú köröket, valamint az uralkodó szélirányban 2, 3, 4, 5 km sugarú legalább 120 °-os köríveket rajzolunk. A teljeskörök mentén, az összes fő- és mellékégtájnak megfelelő sugarak metszéspontjában kijelöljük a mintavételi helyeket. A 2, 3, 4 és 5 km sugarú köríveken szélirányban, szintén a fő- és mellékégtájaknak megfelelő sugarú metszéspontokon, továbbá azok felezőpontjában is 22.5 fokonként mintavételre kerül sor a 4. ábrán feltüntetettek szerint.

Az egyes mintavételi helyeket a körív sorszámával és az égtáj megjelölésével kódoljuk. A talajt minden egyes helyen 20x20 m-es mintaterekről vett átlagmintákkal (2-2 db) jellemezzük, a 400 m² háló átlói

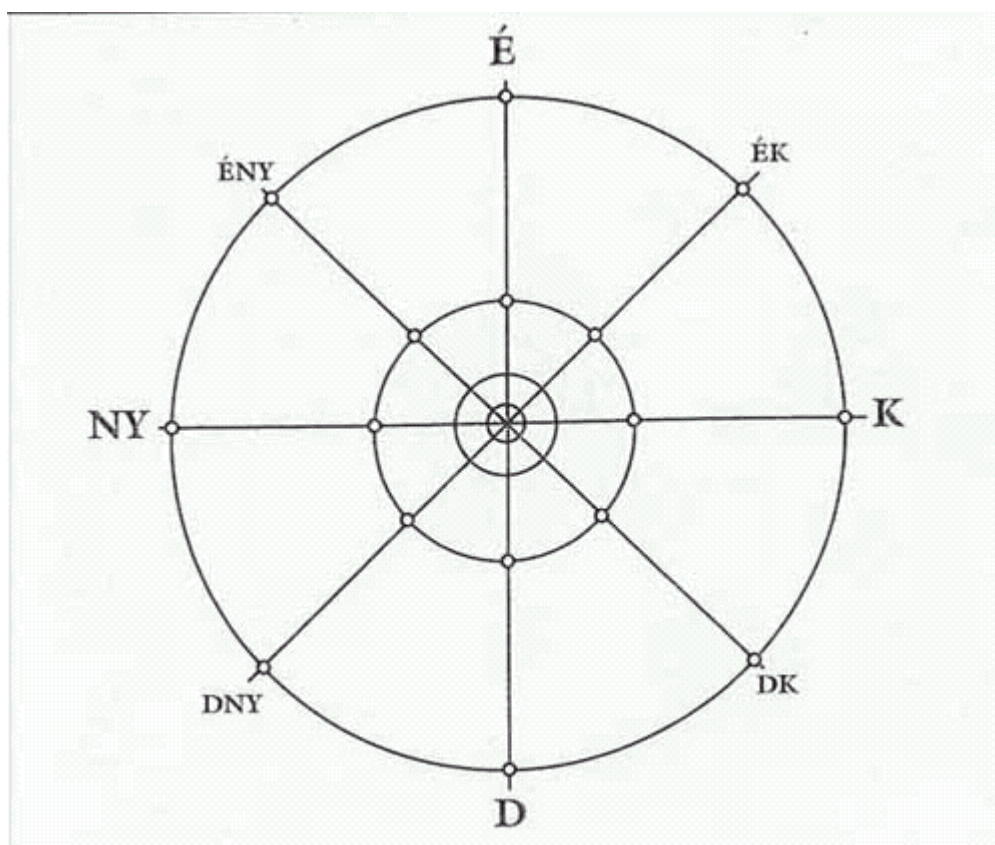
mentén. A felszíni mintákat 0-25 cm talajrétegből vesszük, az átlagminták tömege minimum 1 kg legyen. Amennyiben a terület mikrobiológiai szennyezettségét is vizsgáljuk, úgy külön mintavételre kerül sor. A szennyezőforrás körül a vizsgálatot olyan távolságig kell végezni, amelyen túl a vizsgált szennyezők (az adott meghatározási módszer hibáját figyelembe véve) a távolsággal már nem csökkennek. Amennyiben felmerül a mélyebb szennyezés gyanúja, a 20-20 m háló sarkain és átlói metszéspontjában (összesen 5 db) mélyfúrást végzünk mintaterenként, ill. az átlók metszéspontjaiban 1-1 talajszelvényt tárunk fel. Ebben az esetben a szélirány nem befolyásolja a mintavételt, célunk pedig nemcsak a horizontális terjedés megismerése, hanem a vertikális eloszlás vizsgálata is.

4. ábra



Az előbbi esetben a szennyezőforrás (pl. egy gyárkémény) emisszióját, kibocsátását mérjük tartós szennyezés esetén a talaj felszínén. A pillanatnyi emissziót a levegőben mérhetjük. Amennyiben a szennyezőforrás a talajban található, hatását hasonló mintavétellel követhetjük nyomon. A helyszíni bejárás nyomán a térképen bejelöljük a szennyezőforrást, 1 km távolságig feltüntetjük a házakat, utakat, létesítményeket, kutakat és a felszíni vizeket. Feljegyezzük az ásott kutak észlelt vízszintjét és ha ismert, a talajvíz áramlásának irányát. Fontos lehet a maximális és minimális talajvízszint ismerete a szennyezett területen. A szennyezőforrást középpontnak véve a térképre 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 stb. méter sugarú köröket rajzolunk a fő- és melléktájaknak megfelelően, ill. a sugarak metszéspontjaiban kijelöljük a mintavételi helyeket az 5. ábrán bemutatottak szerint.

5. ábra

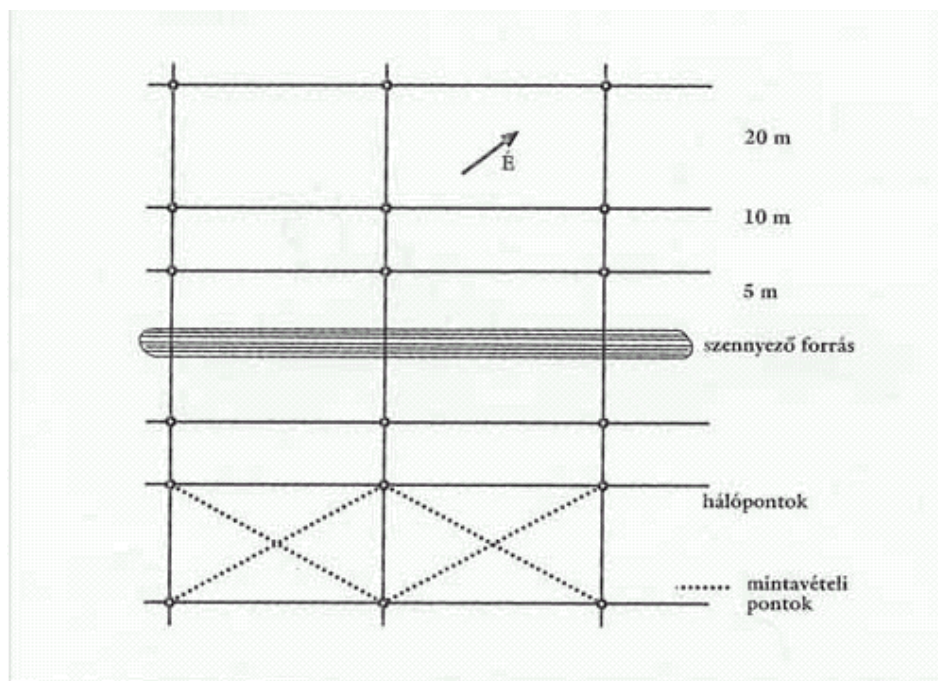


A mintavételi pontokat azonosítási számmal látjuk el a fentebb említett módon, a mintákat fúróberendezéssel vesszük a talajvízig terjedő rétegből. Ügyelni kell arra, hogy a furat faláról talaj ne hulljon vissza. Mivel a mélyfúrásnál használt mintavevő átmérője nagyobb és a kiemelt talajtömeg jelentős, elégséges a 0-20, 50-70, 100-120, 150-170 stb. cm mélységből származó talajt begyűjteni a 20-20 m négyzet sarkain és átlói keresztezésében. A mikrobiológiai szennyezettség vizsgálatához rétegenként külön mintát kell venni. A szennyezőforrás (pl. szikkasztó berendezés) körül olyan távolságig terjedjen a mintázás, amelyen túl a vizsgált jellemzők az adott módszer meghatározási hibáját figyelembe véve már nem változnak.

6. Lineáris emissziós terület mintázása

Autópályák, utak, vasutak, csatornák mentén a mintavétel követi a lineáris szennyezőforrás helyzetét. A mintavételi háló téglalap alakú, nyújtott, a hálópontok a szennyezőforrástól 5, 10, 20, 50, 100 stb. m távolságban helyezkedhetnek el a szennyezés jellegétől függően. A hálók, ill. mintavételi területek átlói mentén vesszük meg véletlenszerű leszúrásokkal a 2-2 átlagmintát a felszínen, ill. szükség szerint a háló sarok és átlójának metszéspontjaiban 5-5 mélyfúrásra kerülhet sor, melyek anyagát részben átlagmintákká egyesíthetünk vagy külön analizálunk. A mintavételi pontok kijelölését a 6. ábra szemléleti.

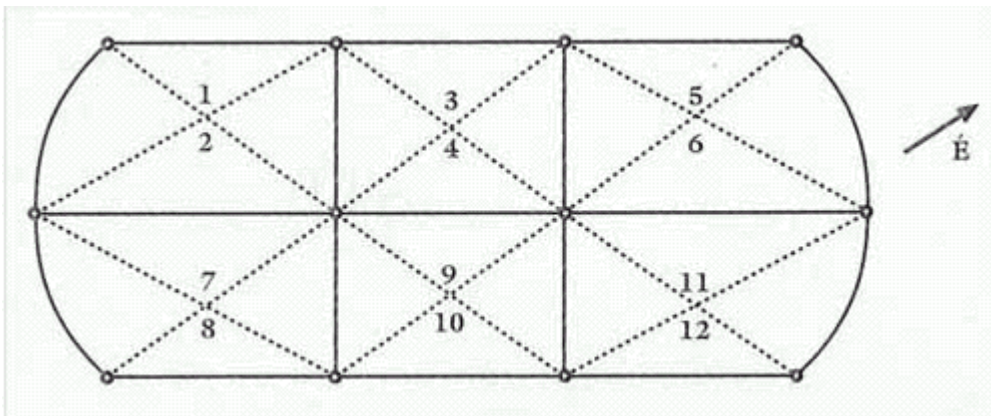
6. ábra



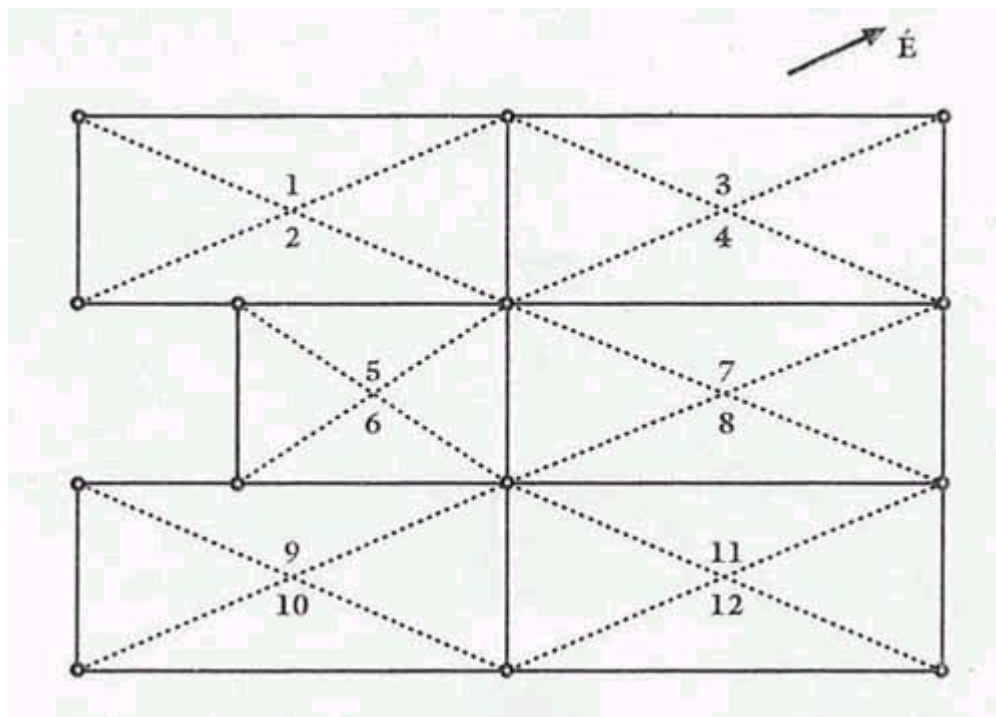
7. Egyéb kisméretű terület mintázása

Egyéb kisebb méretű területek (régii szeméttlerakóhely, gyárudvar, futballbálya stb.) mintázása során is érvényesülnek ugyanazon alapelvek, melyeket korábban már megfogalmaztunk. A mintázandó területet először bejárjuk és kijelöljük a mintavételi egységeket, megrajzoljuk vázlaton a talajhálót. Minimum 4-6 mintavételi egységet célszerű a helyi viszonyoknak megfelelően képezni, így 8-12 átlagmintát nyerünk. Az átlagmintákat a négyszögek átlói mentén haladva, jobbra és balra 20-20 leszúrással kapjuk felszíni mintázásnál. Mélyebb szennyezés gyanúja esetén a négyszögek sarkain és az átlók metszéspontjain végezhetünk mélyfúrásokat, talajszelvény feltárását. Egy futballpálya felszínének talajhálóját a 7., egy gyárudvar fedetlen felszínének matrixát a 8. ábra szemlélteti.

7. ábra: Javaslat egy futballpálya felszínének mintavételére



8. ábra: Javaslat egy fedetlen gyárudvar felszínének mintázására



..... Mintavételi pontok az átlók mentén
1-12 Átlagminták számozása

A kiszállítás, helyszíni bejárás és mintázás költségei nem takaríthatók meg. Nem sokat nyerhetünk, ha kevesebb mintát veszünk, viszont elveszítjük az alapos feltárás lehetőségét és esetleg újabb mintavételre kényszerülünk utólag. A sokoldalú analízis költségei nagyságrendekkel nagyobbak lehetnek a mintavételi kiadásoknál, ezért először céltottan a minimálisan szükséges vizsgálatokra szorítkozunk (alapvizsgálatok + a feltételezett szennyezők elemzése). Mélyfúrásoknál tájékozódó jelleggel csak 1-1 fúrás anyagát vizsgáljuk az 5-5 mintavételi pontból, tehát 1 ismétlésben mintaterenként (esetleg átlagmintát keverünk az előkészített fúrások anyagából beméréshez). Amennyiben elégtelennek bizonyulnak a kapott eredmények a megbízható ítélet meghozatalához, úgy pótlólag elvégezhetők az elemzések újabb mintákon és más szennyezőkre.

Felmerül a kérdés, mekkora az a minimális terület, amelyet még mintázni érdemes? A mintavétel és az analízis költségei a talajkitermelés kiadásaihoz viszonyulnak. Amennyiben a szennyezett talaj térfogata az 50-100 m³-t meghaladja, talajvizsgálatokra kerülhet sor. Az ennél kisebb szennyezett foltok (melyek okozói a közúti balesetek, havária, szétszóródó anyagok) esetében a szennyezőanyagot össze kell gyűjteni és a szennyezett talajt meg kell tisztítani a helyszínen (in situ) vagy hulladékként elszállítani a lerakóhelyen. Ilyenkor általában azonnali beavatkozás szükséges és a károkozó ill. a felelőség is megállapítható.

8. Mezőgazdasági táblák, diffúz szennyezett területek mintázása

Nagy kiterjedésű területek, mezőgazdasági táblák általános talajszennyezettségének jellemzése a felszínen átlagmintákkal, valamint szelvénymintákkal történik. Mintavétel előtt a területet bejárjuk, 1:10.000-es léptékű térképen megjelölve az ott található létesítményeket. A vizsgálandó területet maximum 6 hektáros mintavételi parcellákra osztjuk és meghúzzuk a parcellák 2 átlóját. Az átlók mentén minimum 20-20 pontból részmintát veszünk a 0-20 cm rétegből, tehát 2-2 átlagmintát gyűjtünk mintavételi egységként. A szelvényminták helyét lehetőleg a parcellák sarkain és az átlók metszéspontjain, reprezentatív helyén jelöljük ki és helyét a térképlapon feltüntetjük.

A talajszelvényt jellemezni hivatott fúrásokat talajfúró berendezéssel, kanálfúró fejjel a 0-20, 50-70, 100-120, 150-170 stb. cm mélységből vesszük lehetőleg a talajvízig, de homoktalajnál minimum 3 m, egyéb talajon 2 m mélységig. A minták legkisebb tömege 0.5 kg, melyeket külön polietilén tasakba teszünk és furatszámával ill. rétegjellel (mintavételi mélység) látunk el. A mintavételről jegyzőkönyvet veszünk fel, mely tartalmazza a mintavétel helyét, idejét, a mintavevő nevét, a használt térkép megnevezését és léptékét, a begyűjtött átlagminták számát, a furatok számát és a mélyfúrásból származó minták számát, a talajvíz mélységét. A szelvények mikrobiológiai szennyezettségének vizsgálatához rétegenként külön mintát veszünk.

Amint korábban utaltunk rá, a mezőgazdasági táblák kijelölésénél és mintázásánál az üzemi, talajtani, meliorációs, táblatorzskönyvi térképek és adatok elengedhetetlenek. Elvégzendő a növények analízise is, mely külön mintavételt igényel. A talaj szántott rétegének mintázására a standard

botfúró szolgál, mely 20-25 leszúrásból kb 1 kg mintát gyűjt. A bolygatatlan réteglegelőn a 10 cm mintavételi mélység szükségessé teszi a 25-30 leszúrást, hogy a kb. 1 kg átlagminta tömegét megkapjuk. Réteges mintavételnél is használható ez a fúrótípus, amennyiben a talaj állapota lehetővé teszi, hogy 3 részletben (kiemeléssel) a 60 cm-ig lehatoljunk keveredésmentesen (beomlásmentesen). A fúrót csak függőleges mozgással lehet lenyomni.

A mélyebb mintázásra 60 cm mélységig külön rétegfúró is szolgálhat. A fúróhoz tartozó mintavevő kanállal annyi minta vehető ki a fúró felvágott oldalából, hogy a minimális 20 leszúrásból összegyűlik kb. 1 kg talajminta. Ilyen fúrókat használnak az állókultúrák (szőlő, gyümölcs, bogycsók kultúrák) és a cukorrépa táblák mintázásához, amennyiben a talajvizsgálatra alapozott szaktanácsadás igényli a 0-20, 20-40 és 40-60 cm rétegek tápanyagállapotának ismeretét is. A standard és a rétegfúró beszerzhető a Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomások segítségével. Gépi rétegfúrók különböző válfajai szintén alkalmazhatók.

9. Mintavétel a talaj mikrobiológiai vizsgálatához

Felszíni mintázás esetén a háló kijelölt pontjain, ahol a szelvényfúró-pontokat is kijelöljük, a talajfelszínt megtisztítjuk és steril kanállal 0-5 cm mélységből 100 g talajmintát gyűjtünk steril porüvegbe. Ezt követően ugyanezen a ponton 20 cm mély, 30x30 cm kerületű gödröt ásunk. A gödör falából 15-20 cm mélyen újra 100 g talajt veszünk steril kanállal és egy újabb steril üvegbe helyezük. A mintákat mintavételi területenként (hálónként) legalább 3 ismétlésben vesszük és hűtőtáskában a laboratóriumba szállítjuk, ahol a feldolgozásig +4 °C-on tároljuk. A feldolgozást lehetőleg 24, legkésőbb 48 órán belül el kell végezni.

Szelvények rétegenkénti mintázásánál rétegfúrót használunk. A fúrófejben felhozott talajminta felső vékony rétegét steril késsel levágjuk és az előre előkészített polietilén zacskóba tesszük. A megmaradt talajfelületről steril kanállal 100 g mintát veszünk és steril üvegbe helyezük. A mintákat a fent leírtak szerint szállítjuk és tároljuk. Amennyiben feltárt szelvényt mintázunk ügyelni kell arra, hogy a mintát a genetikai szint legjellemzőbb részéből vegyünk, ill. a nem jellemző részek (pl. állatjáratok, krotovinák, elűtő talajfoltok) ne kerüljenek a mintába.

10. Mintavételhez szükséges eszközök, a minták szállítása és tárolása

Első feltétel a megfelelő léptékű és minőségű térképek beszerzése, helyszíni térképészeti készítése, amennyiben szükséges. A mintavételhez úgyszintén szükséges mindennemű, a szennyezett területre vonatkozó információ, adat. A mintavétel sűrűsége, a talajháló e nélkül nem tervezhető meg célszerűen és gazdaságosan. A mintavétel technikai eszközei az alábbiak: szabványosított standard fúrók és rétegfúrók, kézi és gépi mintavevők, polietilén zacskók és zsákok, vedrek, tájoló. A mikrobiológiai vizsgálatokhoz külön alufóliába csomagolt és hővel sterilizált kések és spatulák vagy fémkanalak, sterilizált 200 g-os csiszolt dugós porüvegek és hűtőtáska is szükséges. Minden mikrobiológiai mintához külön eszköz használandó.

A mintavevő eszközt minden használat előtt meg kell tisztítani. A fúrók talajjal érintkező részének olyan anyagból kell lennie, amely a mintát nem szennyezi. E célra megfelelők a kemény acélfúrók. Szerves anyagok vizsgálatánál lakkozott, olajozott, impregnált és műanyag szerzőt nem szabad használni. Az avar, szervesanyag-takaró mintázása egy minimum 0.1 m² alapterületű fémkeret beszűrésével, a takaróanyag vastagságának mérésével és kiszedésével történik legalább 5 ismétlésben mintavételi egységenként. Ez a szervesanyag-takaró polietilén zacskókba gyűjthető.

Amennyiben veszélyes szerves szennyezők fordulnak elő, a mintákat barna porüvegben, ill. alumínium vagy nemesacél edényben szállítsuk. Dioxin esetén polietilén zacskó is megfelelő. Könnyen párolgó mintákat szorosan záródó edényekben gyűjtünk és az edényeket szinültig töltjük. Tápelemek, nehézfémek és arzén elemzésénél általában műanyag (fémmen-tes) edényeket használunk. A szerves Hg vegyületek talajmintáit az illékony szerves vegyületekre vonatkozó szabályok szerint kezeljük. A minták hűtve szállítandók és a mintavételt követő 12 órán belül azokat analizálni vagy konzerválni szükséges. Egyéb talajparaméterek vizsgálatánál a talajok 40-60 °C-on történt szárítást követően eltarthatók.

A tárolással szembeni igény, hogy a mintában ne következzenek be olyan változások, amelyek a vizsgált tulajdonságok megváltozását eredményezhetnék. Szennyezésmentes, tiszta, jól szellőzőtt, hűvös és sötét helyiségben tárolhatók a talajok légszáraz állapotban. A száraz talajban a biológiai folyamatok szünetelnek. A szennyezésen túl legfőbb veszély a benedvesedés, mely egyfajta érlelést, átalakulást eredményezhet (penészesedés, gombásodás, algásodás, kémiai átalakulás). A rosszul tárolt minta hamis eredményeket szolgáltathat és a hibák utólagos korrigálása már megoldhatatlan. A mintákat meg kell őrizni, archiválni kell, hogy utólagos vizsgálatok végzését lehetővé tegyünk.

A talajmintavétel tartozékai még a mintazacskón kívül a mintaazonosító jegy és a védőtasak, melyek a minták szennyezésmentes, vízálló és egyértelműen leolvasható jeleit tartalmazzák. Feltétlenül szerepelnie kell a következő adatoknak: a mintavétel helye, dátuma, száma a mintavételi térképlap szerint; mintavétel mélysége és jellege (átlagminta, pontfúrás anyaga), valamint a mintavevő neve és címe. A műanyag zacskó vagy az üveg (szerves szennyező esetén) falára írt jelek nem elégségesek. Mindig kettős biztonsággal dolgozunk, a külső jelek vagy feliratok sérülhetnek vagy olvashatatlaná válhatnak.

Külön mintaazonosító jegyet alkalmazunk, melyet értelemszerűen kitöltve a polietilén védőtasakba helyezünk és a mintazacskóba tesszük. A mintaazonosító jegy védett a nedvességtől és a sérülésektől. A mintazacskót, azonosító jegyet és a védőtasakot egységes méretekben készítik és beszerzéséről az illetékes NTÁ vagy Talajfelügyelőség gondoskodik. Miután a mintázandó területet bejártuk, a mintavételt megtervezjük, a hálót felépítettük, a mintaazonosító jegyeket előre kitöltve és védőtasakba rakva sorba helyezzük a mintavételi tervnek (útiránynak) megfelelően. A mintaazonosító jegy anyaga karton, mérete általában 8x4 cm; a védőtasak 12x4.5 cm méretű polietilén zacskó.

A mintavételt irányító szakembernek a helyszínen kell jól láthatóan kijelölni a parcellák sarokpontjait. Erre a célra felhasználhatók a helyszín tereptárgyai, vagy karókat és zászlókat kell használni. A 2 m-es piros-fehér jelzőkarók hasznos segédeszközök. A mintavevők a parcellák átlói mentén meghatározott számú lépés után veszik a pontmintákat felszíni mintázásnál vödörbe vagy közvetlenül a mintazacskóba, amit az irányító szakember a helyszínen ellenőriz. Az átlag- vagy mélyfúrások mintáit zsákokba gyűjtjük és mintavételi kísérőbárcával látjuk el, mely tartalmazza az alábbi adatokat: mintavétel ideje és helye; a zsákban levő minták számozása ...-tól ...-ig; a minták darabszáma.

A mintázott terület egészéről mintavételi összesítő készül, mely minden kísérőbarca adatát összesíti. Végül a mintavételi jegyzőkönyvet kell megemlíteni, mely a fenti adatokon kívül részletesen ismerteti a mintavétel körülményeit (növénytakaró, terepi viszonyok, alkalmazott mintavételi eljárások leírása stb.). A mintákkal együtt a mintavételi összesítőt és a jegyzőkönyv 1-1 példányát is a vizsgáló laboratóriumba kell küldeni.

11. A mintázandó terület jellemzése, helyszíni adatfelvételezés

Az utóbbi 100 évben gazdasági életünkben jelentős szerepet játszott anyagokról esetenként kiderült, hogy mérgezők, nem lebomlók, mobilisak, élő szervezetekben felhalmozódhatnak. A szennyeződés tehát származhat régebbi időkből, a veszély megítélése különleges szaktudást igényel. A törmelék- és hulladéklerakó helyeken, meddőhányókon a terepet mesterségesen feltöltötték olyan anyagokkal, amelyek a természetes altalajtól ill. talajtól különböznek. Szennyezésre gyanúsak az üzemek régi telephelyei, raktárai, ahol a múltban káros anyagokkal dolgoztak. Az anyagok "leltárát" be lehet határolni a termelési folyamat ismeretében.

Más eredetű szennyezéseknél mint pl. közlekedés, légszennyezés, szennyvizek és -iszapok mezőgazdasági alkalmazása, ma már betiltott növényvédőszer maradványai, csövezetékek szivárgásai stb. ilyen anyagleltárt nehezebb készíteni. Adatok és információk gyűjthetők az érintett üzemekben, helyi hatóságoknál, tulajdonosoknál, lakóknál. Lakott területen előfordulhat, hogy emberek olyan alapincézett házban laknak, mely egy korábbi háztartási vagy ipari szemétkerakóra épült és a deponált anyagból keletkező gáz egészségüket veszélyezteti. Lakott területen ilyen esetben az építési előírások lehetnek mérvadók, beleértve a kívánt munkavédelmi szabályozást is.

Gondolni kell arra, hogy a szennyezett területen, hulladéklerakón a felszabaduló anyagok különböző formában és halmazállapotban fordulhatnak elő és különböző szállítási mechanizmusok révén terjedhetnek. A gáz, folyadék (feloldott vagy szuszpendált) és szilárd szennyezők egymásba is átalakulhatnak, egyaránt terjedhetnek a telítetlen és telített talajrétegekben. Az anyagáramlás, a migráció végbemehet a nehézségi erő, koncentráció-csökkenés (diffúzió), talajvízáramlás (konvekció) segítségével. Mindez anyagspecifikus és nem független a helyi talajtani, geológiai, hidrológiai és hasznosítási tényezőktől.

Alapvető pl. a hidrogeológiai körülmény, a hidraulikus áteresztés. Utóbbi függ a hasznos üregtérfogattól. A laza kőzetek áteresztő képességét emellett főként a kötöttség (szemcsenagyság) és a tömődöttség befolyásolja, míg a tömör kőzeteknél a rések és repedések lehetnek meghatározók. Mészkövekben ehhez még a karsztosodás is hozzájárul, növelve az áteresztést és a talajvíz potenciális veszélyeztetettségét. Az elszivárgó csapadékvíz szállíthatja a szennyezőket a talaj telítetlen rétegein és a kapillárisokon keresztül a vízzel telített zónába. Fontos információt jelenthetnek tehát a háttérvizsgálatok, amelyek a geológiai/hidrogeológiai jellemzőkre vonatkoznak, valamint a geológiai és hidrogeológiai térképek, talaj- és talajvíz térképek.

A szennyezés felderítéséhez mintázzuk a talajt, altalajt, talajvizet. Egyszerű esetben legalább három talajvíz mérőhely szükséges ahhoz, hogy meg lehessen határozni a talajvízszint fekvését, a hidraulikus esést és ezzel együtt a talajvíz áramlási irányát. Mindez fontos a mintavételek, mérőhelyek megtervezésében. A talajvíz mérőhelyeket a hulladéklerakó szélétől 20-100 m távolságban célszerű elhelyezni az alsó áramlásnál a talajvíz áramlási irányára merőlegesen. Fontos lehet a felső áramlásban is elhelyezni egy mérőhelyet kontrollként (semleges kút).

A talajvíz talprétegét, ill. a talajvíztartó fekvését általában nem fúrjuk át a mélyebb rétegekben fekvő víz szennyezésének elkerülése érdekében, ill. hogy a különböző rétegvizek közötti hidraulikus összeköttetést elkerüljük. Ha mégis szükséges a mélyebb rétegvizek vizsgálata és eközben a védő agyagszint átfúrása, akkor megbízható tömítés beépítéséről is gondoskodni kell. Szükségessé válhat kutatóvájatok vagy szondázó fúrások létesítése, melyek segítségével meghatározható egy szennyezett terület horizontális és vertikális kiterjedése. A gyanús területeken kívül feltáró fúrások végezhetők a geológiai szituáció tisztázása érdekében. Egyúttal talaj- és talajvíz minták is nyerhetők a fúrómagvakból. Esetenként a talajlevegőt is elemezni kell könnyenilló anyagokra. A talajvíz toxikussága biotesztekkel is vizsgálható. (Pl. Daphnia baktérium teszt.)

Régi szemétkerakók, hulladéktemetők gyakran takaró réteget kapnak és növénytermesztési célokat szolgálnak. Ha a szennyezésre gyanús területet a növények termőhelye szempontjából kell megítélni, akkor a vizsgálatokat általában 1 m mélységig végzik, ugyanis ezt tekintjük mérvadóan gyökérszónának. A káros anyagok felvétele ebből a tartományból történik döntően. A környező talajok is károsodhatnak azonban, a szennyezők széllel, vízzel vagy egyéb úton átjuthatnak, a depóniagáz is elvándorolhat az altalajban és a távolabb fejlődő növényzetben okozhat kárt. E téren ismereteink meglehetősen korlátozottak, különösen ami a szerves szennyezők mozgását illeti.

12. Talajvíz mintavétel kémiai vizsgálatokhoz

Talajmintát gyűjtünk azon szelvényekből, ahol elérjük a vizet. Hasonlóképpen vízmintát veszünk talajvízkútból, rétegvízből, belvízből, felszíni álló vagy folyóvizekből. A mintavevő edénnyel minden esetben annyi mintát veszünk, hogy a 2 literes folyadékedény megteljen. A jól zárható műanyag flakonba néhány csepp kloroformot vagy toluolt adunk tartósítás céljából.

Amennyiben a folyamatos mintavételhez talajvízkutakra van szükség, a kijelölt helyen talajfúróval olyan átmérőjű lyukat fúrunk, hogy a PVC cső behelyezhető legyen. A cső perforált vége 50 cm mélyen a talajvízadó rétegbe kerül, fedéllel zárható teteje a talajfelszín felett 20-30 cm magasan, jól láthatóan, jelzőoszloppal megjelölve helyezkedik el. A legalább 10 cm belső átmérőjű csőben zsineggel leereszthető az 5-7 cm átmérőjű, 2-3 dl űrtartalmú rozsdamentes acél mintavevő edény.

Ásott talajszelvény összegyűlt talajvizébe merítve a folyadékedényt közvetlenül megtölthetjük. Rétegvízből a kilépés helyén, drénvízből a drénkifolyóból, belvízből és kisebb állóvizekből ill. folyóvizekből szintén közvetlenül vehetünk mintát. A drénkifolyót szükséges lehet lapáttal annyira megtisztítani, hogy aláférjen a folyadékedény. Drénaknában zsinegre kötött mintavevő edényt, vödört tarthatunk a vízszög alá.

A talajvízmintákat a talajmintákhoz hasonlóan azonosítóval látjuk el és a mintavételről jegyzőkönyvet veszünk fel. A jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell a minta kódszámát, a mintavétel helyének (táblaszám, hossz stb.) és jellegének (talajvízszelvényből vagy talajvízkútból, rétegvíz, drénvíz, belvíz, egyéb folyó- vagy állóvíz) megnevezését, mélységét cm-ben, valamint a mintavétel idejét és a mintavevő nevét. A mintákat az előírt helyszíni vizsgálatokat követően (hőmérséklet, szín stb. megállapítása) lehetőleg hűtőtáskában szállítjuk a laboratóriumba.

13. Szennyezett területek feltárásának alapelvei és a károsanyagok leltára

A munka során az alábbi egymásra épülő feladatok jelentkeznek, ill. a következő munkafázisok különíthetők el:

I. Feltárás (a szennyezés ill. károsodás tényének megállapítása).

- 1. Felderítés az előzetes információk, bejelentések és adatok alapján.**
- 2. Tényfeltárás további vizsgálatokra épülve, a szennyezés mértékének és kiterjedésének pontos meghatározása kárbecsléssel, kárfelméréssel.**

II. Veszélyelhárítás (azonnali elhárítás, kárenyhítés vagy ütemezett megelőzés).

- 1. Kármegelőzés a további károsodás megakadályozásával.**
- 2. Kárenyhítés a károsodás részleges elhárításával.**
- 3. Kárfelszámolás a károsodott elem megtisztításával, teljes kármentesítéssel.**

III. Utóellenőrzés a beavatkozás eredményességének megállapítására.

1. Kontroll vizsgálatok, megfigyelőhálózat működtetése.
2. Területhasználati korlátok, gazdálkodás ellenőrzése.

A szennyezésre ill. a szennyező anyagokra alkalmazható jogi előírások:

- Veszélyes hulladékokra vonatkozó jogszabály.
- Felszíni és felszín alatti vizek védelmére vonatkozó jogszabály.
- Bányatörvény rekultivációs előírásai.
- Általános rendészeti és rendőrjogi előírások.

A feltárás kapcsán számos illetékességi kérdés is felvetődik, mint pl.:

- Illetékesség az intézkedések elrendelésére.
- Illetékesség a helyszíni és laborvizsgálatok elvégzésére.
- Illetékesség az adatszolgáltatási kötelezettségek terén.
- Illetékesség az adatfelvétel és adattovábbítás terén.
- Illetékesség a területre való belépés joga tekintetében.
- Illetékesség a költségviselési kötelezettségek tekintetében.

Régi hulladéklerakók, szennyezett területek esetén a jogi előírások alkalmazását a következő sorrendben vizsgáljuk: hulladékokról szóló előírások - vízgazdálkodási előírások - rendészeti előírások. A felügyeletre vonatkozó intézkedések (feltárás, veszélymegítélés) az illetékes Környezetvédelmi Felügyelőségek feladata, míg a helyreállítási és kárelhárítási feladatok elvégzése a jogszabályban meghatározott kötelezettek körének feladata, miután az illetékes hatóság elrendelte a végrehajtást. Kötelezettek a szennyezés okozói, a telephelyek üzemeltetői, tulajdonosai. A talajhasználati engedélyezés vagy tiltás kapcsán dönteni kell a védő és rekultivációs intézkedésekről, lehetséges-e utólagos talajráhordás, lefedés stb.

Ha a szennyezett területen létesítmények vannak és káros anyagokat tárolnak, az immissziós előírások szerint is intézkedések foganatosíthatók. A területeket a helyi építési tervekben fel kell tüntetni és építkezési engedélyek kiadása előtt a veszélyeztetettséget vizsgálni szükséges. A károkozás kétirányú lehet, nemcsak az ember, hanem a természeti közegek is károsodhatnak a megbolygatott talajon. Megnyugtató döntés csak valamennyi érintett fél együttműködésével, szakemberek széles körének bevonásával és gyakran jelentős többletköltséggel hozható.

14. A károsanyagok leltárának becslése

A számbavételnek ki kell terjednie a régi lerakóhelyekre, ahol mesterséges anyagokkal feltöltés történt, beleértve az építési törmeléklerakó

helyeket is. Szennyezésnyűszak általában azok a régi üzemi területek, ahol a múltban környezetkárosító anyagokkal dolgoztak. Össze kell állítani a használt anyagok leltárát a régebbi tevékenységi típus alapján, melyek a kockázatra utalnak. A német tapasztalatok szerint iránymutatóul szolgálhat az alábbi összeállítás:

1. Kőszénbányák, koksizolók, gázművek: Ammónia, As, Pb, Cr, Zn, antracén, (azbeszt), benzol, benzo/a/pirén, cianid, fluorén, krezol, mezitilén, ásványolaj, naftalin, PAH, fenol, sav, lűg, kátrányolaj, tiocianát, toluol, xilol.
2. Ércbányák: Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Zn, cianid, krezol, fenol, sav, lűg.
3. Ásványolaj tárololók, feldolgozók: As, Pb, Cr, Cu, Ni, Se, V, Zn, antracén, benzin, benzol, dibrómmetán, diklóretán/propán, etilbenzol, ásványolaj, naftalin, PAH, PCB, PCN, fenolok, TCDD, sav, lűg, kátrányolaj, tetraklóretán, ólomtetraetil, toluol, triklóretán/etén, xilol.
4. Vas- és acélgyártás: As, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, V, Zn, fluorid, cianid, ásványolaj, fenol, sav, lűg.
5. Érckohók: As, Sb, Be, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, Tl, V, Zn, cianid, fluorid.
6. Fémolvasztók: As, Sb, Be, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, cianid, fluorid, ásványolaj, sav, lűg.
7. Fémöntőde: As, Sb, Cd, Pb, Cu, Ni, Hg, V, Zn, cianid, fenol, sav, lűg.
8. Fémek felületi kezelése és edzése: As, Sb, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, Zn, benzin, benzol, cianid, kloroform, diklóretán, fluorid, ásványolaj, sav, lűg, széntetraklorid, tetraklóretán, triklóretán/etén.
9. Szárzelemek és akkumulátorok gyártása: As, Sb, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, Zn, fluorid, sav, lűg.
10. Szervetlen alapanyagok, vegyszerek előállítás: Ammónia, As, Sb, Be, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, Tl, V, Zn, cianid, tiocianát, fluorid, fluorszilikát, dinitrofenol, nitrobenzol, pentaklórfenol, sav, lűg, széntetraklorid.
11. Műtrágyák előállítás: Ammónia, nitrát, As, Cd, Cu, Tl, sav, lűg, fluorszilikát.
12. Szerves alapanyagok, vegyszerek és gyógyszerek előállítás: bármilyen anyag előfordulhat.
13. Műanyagok előállítás: Pb, Cd, Cr, Se, Zn, sav, lűg, akrilnitril, benzol, kloroform, cianid, dibrómetán, diklóretán/etén/propán, dinitrotoluol,

epiklórhidrin, fluorid, krezol, PAH, fenol, ftalát, toluol, széntetraklorid, vinilklorid.

14. Festékek és lakkok gyártása: As, Sb, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Se, Zn, ant-racén, benzin, benzol, klórbenzol/fenol, kloroform, cianid, diklórmétán, dinitrofenol/toluol, etilbenzol, fluorantén, fluorid, krezol, mezitilén, ásványolaj, naftalin, nitrobenzol, PAH, PCB, fenol, pentaklórfenol, ftalát, sav, lág, kátrányolaj, tetraklóretán/etén, széntetraklorid, toluol, triklóretán/etén, xilol.
15. Növényvédőszeres gyártása: As, Pb, Cr, Cu, Hg, Se, Tl, Zn, aldrin, benzol, kloroform, klórbenzol/fenol, cianid, DDT, dibrómetán, diklórfenol/propán, dinitrofenol, epiklórhidrin, fluorid, fluorszilikát, hexaklórbenzol/ciklohexán, krezol, naftalin, nitrobenzol, fenol, pentaklórfenol, TCDD, kátrányolaj, széntetraklorid, triklórbenzol/fenol, tetra-klóretán, xilol.
16. Lőszer és robbanóanyag gyártása: As, Sb, Pb, Cr, Cu, Hg, dinitrofenol/toluol, nitrobenzol, fenol, sav, lág.
17. Használt vegyszerek, oldószeres regenerálása: bármilyen anyag előfordulhat.
18. Állati tetemes roncsolása, hasznosítása: ammónia, benzin, tetraklóretán.
19. Üveg gyártása és feldolgozása: As, Sb, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, Zn, benzol, cianid, fluorid.
20. Fafeldolgozás és megmunkálás: As, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, benzin, DDT, diklórmétán, dinitrofenol, fluorantén, fluorid, fluorszilikát, krezol, ásványolaj, naftalin, PCB, PCN, pentaklórfenol, fenol, sav, lág, TCDD, kátrányolaj, széntetraklorid, toluol, triklóretán, xilol.
21. Papír és textil gyártása és feldolgozása: As, Sb, Pb, Cr, Cu, Hg, Zn, benzol, cianid, epiklórhidrin, ásványolaj, PCB, pentaklórfenol, sav, lág, tetraklóretán, kátrányolaj, talliumtriklórbenzol, triklóretán/etén.
22. Gumi, műanyagok és azbeszt feldolgozása: Sb, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Se, Zn, azbeszt, akrilnitril, benzin, benzo/a/pirén, benzol, klórbenzol, cianid, diklóretán/etén/metán/propán, dinitrotoluol, epiklórhidrin, fluorid, nitrobenzol, PAH, PCB, fenol, ftalát, kátrányolaj, széntetraklorid, toluol, triklóretán/etén.
23. Bőripar (előállítás és feldolgozás): As, Cr, Hg, fluorid, krezol, naftalin, pentaklórfenol, fenol, széntetraklorid.

24. Növényolajipar (étkezési olajok és zsírok gyártása). Cr, Ni, benzin, benzol, kloroform, diklóretán/metán, sav, lúg, széntetraklorid, triklóretén, tetraklóretén.
25. Vegytisztítás: Benzin, benzol, kloroform, diklóretán, tetraklóretén, triklóretán/etén.
26. Hulladékkezelők és derítők: bármilyen anyag előfordulhat.
27. Ócskavas és autóröncs telepek: Zn, Cd, Cr, Pb, benzin, ásványolaj, PCB, tetraklóretán, triklóretén.
28. Teherpályaudvarok: kiömlő folyadékok és szóródó rakomány bármilyen anyaga.
29. Repülőterek: ásványolaj, benzin, benzol, ólom- és brómvegyületek, foszfát, észter, tetraklóretán/etén, triklóretén.
30. Benzinkutak: Benzin, benzol, diesel üzemanyag, klórozott szénhidrogének, kenőanyagok, ólomakril, petróleum, PAH, toluol, xilol.

Egyéb eredetű szennyezések felléphetnek a légköri ülepedéssel, árvi-zekkel, öntözésre használt szennyvizekkel, az alkalmazott szennyvíziszapokkal, meghibásodott csővezetékekkel, növényvédőszerrel nagyobb felületen, de nem mélyrehatóan. Utóbbi szennyezések nyilvántartásba vételéről is gondoskodni kell a talajvédelmet szolgáló intézkedések kikényszerítésével egyidejűleg.

15. Előzetes adatgyűjtés, felderítés, tájékozódás

Az előzetes információszerzés és adatgyűjtés a feltárás része és segít eligazodni a tekintetben, hogy valóban fennáll-e a szennyezés, illetve

- mely szennyezők fordulhatnak elő, azok hatása a környezetre;
- mely tevékenység, esemény vagy technológia jelenthet szennyezőforrást;
- milyen mérvű lehet a károsodás mértéke, kiterjedése;
- esetleg becsülhetők a szennyezési utak és a veszélyeztetett objektumok.

A felderítés során összegyűjtött és a szennyezést alátámasztó dokumentáció alapján valószínűsíthető a helyszínen a szennyezőforrás vagy szennyező tevékenység, azonosíthatók a korábbi engedélyezés körülményei, jogszabályi korlátozások stb. A diagnosztikai célú vizsgálatok előtt minél részletesebb információszerzés indokolt, hiszen költségigénye elenyésző a talajtani feltáráshoz viszonyítva. Minél precízebb előzetes

ismeretek birtokába jutunk, annál jobban megtervezhető a talajmintavétel és analízis, ill. annál gazdaságosabbá válik az egész feltárás. Az adatgyűjtést folyamatosan végezni kell a munka során, hiszen újabb szempontok merülhetnek fel.

Az előzetes információgyűjtés meghatározza a diagnosztikai feltárás hatékonyságát, valamint megvalósíthatóságát is a helyi adottságokhoz igazodva. Másrészt megalapozza a kockázatelemzést, amennyiben leírja a környezeti elemeket (érzékenyséjük, várható állapotváltozásuk) és viszonyukat a környezethasználattal. A vizsgálatokat több évre vagy évtizedre visszamenőleg el kell végezni, amennyiben az eset indokolja. A káresemények kapcsán tekintettel kell lenni a gyártástechnológiákra, szolgáltató tevékenység jellegére, raktározás és kereskedelem milyenségére, hulladék- és szennyező anyagokkal végzett bármilyen tevékenységre.

Ismerni kell a korábbi rendkívüli eseményeket, az akkori szennyezés körülményeit, a megtett intézkedéseket és azok következményeit. Ellenőrizni kell a fő tevékenységhez kapcsolódó fenntartási és javítási munkák jellegét (elfolyás, csöpögés, elszóródás lehetősége). A szennyező anyagokat azonosítjuk, csoportba soroljuk mint alapanyagok vagy segédanyagok, félkész- vagy késztermékek, energiahordozók, szennyvizek és szennyvíziszapok, veszélyes és nem veszélyes hulladékok. A szennyező anyagok mennyiségének, kiterjedésének becslése kapcsán ismerni kell a termelő tevékenység anyagforgalmát, anyagmérlegét.

Fontos dokumentumok lehetnek az alábbiak:

- Veszélyes hulladékok bevallása, nyilvántartása, anyagmérlege;
- Veszélyes hulladékok kezelésére vonatkozó hatósági engedélyek, szerződések, szállítólevelek, jegyzőkönyvek, raktározási adatok, bírságok stb.
- Nem veszélyes hulladékkezelés bizonylatai és raktári nyilvántartása;
- Tüzelőanyagok, alap- és segédanyagok, energiahordozók raktári nyilvántartása; a hulladékok tárolásának körülményei; a műszaki védelem módja; a telepen belüli és a ki/beszállítás mikéntje.
- Földalatti tartályok és közművek helyzetére vonatkozó dokumentumok;
- Szennyvízgyűjtő és tisztító rendszer működése, kezelése, iszapelhelyezés módja, korábbi szennyvízkezelési és gyűjtési eljárások.

A fentiekben túl információk, háttérismeret nyerhető olyan dokumentumokból mint a vízjogi engedély, levegőtisztaságvédelmi bejelentések, haváriaterv, üzemi környezetvédelmi szabályzat, munkavédelmi utasítás, selejtezési jegyzőkönyvek, leltárhiányok jegyzőkönyvei, tartályok nyomáspróbájának igazolása. Részben a termelő tevékenységhez nem kapcsolódó

szennyezésekre utal a kommunális szemétkerakó, a települési szilárd hulladék elhelyezése, melynek fontos dokumentumai lehetnek:

1. A beszállítási körzetben élő lakosok száma és az ott működő nem veszélyes termelési hulladékot kibocsátó üzemek.
2. A települési és a termelési hulladék neve, fajtája, összetétele és mennyisége.
3. A kerakó dokumentált, vélt vagy becsült élettartama.
4. A szervezett szemétszállítás kezdete, a szállítást végző neve.
5. A kerakó műszaki védelme és a kerakás módja.
6. A térségben 1981. előtt működő és veszélyes hulladékot termelő üzemek ill. azok hulladékának kezelési módja.

Egyéb nem azonosítható, de valószínűleg illegális veszélyes hulladék kerakónak minősíthető területek azonosításához különösen fontos információkat gyűjteni a szennyezésről (eredete, milyensége, elterjedése). E célból a területen dolgozók, a közelben lakók, a szállítási útvonal mellett élők, a kezelő vagy őrző személyek és a hatósági megbízottak kérdezhetők ki, velük készíthetők riportok, hang- vagy videofelvételek, melyek kiindulási alapul szolgálhatnak a feltárás további lépéseibenél.

16. A környezeti adottságok és a helyi viszonyok figyelembevétele

Az előzetes adatgyűjtés során felvesszük az általános adatokat, melyek a szennyezésnyús terület azonosítására szolgálhatnak:

1. Telephely vagy terület fekvése: helység, körzet, dűlő megnevezése;
2. Terület nagysága, tulajdonosa vagy használója (a szennyezés idején és jelenleg);
3. Elérhető dokumentációk: szakvélemények, végzések, esetleges publikációk, fűrésok adatai, korábbi feltárások eredményei;
4. A szennyezőanyag-"leltárhoz" tartozó adatok. Anyagok fajtája és becsült mennyiségei, a kerakás módja és ideje; termelt anyagmennyiség t/év.
5. Terepváltozás a kerakás következtében (feltöltés, halmozás);
6. Területhasznosítás régen és most, valamint a tervezett hasznosítás.

A környezeti feltételek értékelése során figyelembe kell venni, hogy milyen a szennyezésnyús terület fekvése lakott övezethez, felszíni vizek-

hez, árterekhez, természet- és tájvédelmi körzetekhez, vízvédelmi zónákhoz, dologi javakhoz és kulturális értékekhez, ill. egyéb védendő objektumokhoz. Ilyenek:

1. Éghajlati jellemzők

- Hőmérsékleti adatok mint az átlagok és szélső értékek;
- Csapadék mennyisége, eloszlása, intenzitása;
- Fagyos napok száma, az első és utolsó fagyos nap előfordulása;
- Szél erőssége, gyakorisága és a jellemző vagy uralkodó szélirányok.

2. Morfológiai és geológiai jellemzők

- Magassági és lejtési viszonyok, domborzat, a felszín tagoltsága;
- Természetes (erózió, defláció) vagy antropogén felszínmozgások ;
- Felszín borítottsága, növénytakarója;
- Felszín közeli kőzetek kora, összetétele, fajtája, elterjedése.

3. Talajtani jellemzők

- Talaj genetikai típusa és mechanikai összetétele (fizikai félesége);
- Talajképző közete és vízvezető képessége (K-szivárgási tényező);
- Adszorpciós kapacitása, kationmegkötő képessége (s és T érték)
- Agyagos rész tartalma és minősége, kémhatása és szervesanyag-készlete
- Termőréteg vastagsága és mészállapota stb.

Amennyiben a talajtulajdonságokat korábban nem vizsgálták, mindenképpen meghatározásra szorulnak a tájékozódó ill. részletes vizsgálatokban.

Meghatározó jelentőséggel bír a talajhasználat módja. A részletes megjelölés érdekében Baden-Württemberg talajvédelmi irányelvei pl. közel 40 változatot kódolnak a felvételezés kapcsán, az alábbi csoportokat képezve:

- Szántó, zöldterület (legelő, kaszáló, rét, alomtermő terület)
- Házikert (zöldecsés, ültetvény, díszkert, pázsit, gyep)
- Parlag (gyomos, bokros, lepusztult terület)
- Erdő (lomblevelű, tűlevelű, kevert, tarvágás)
- Speciális kultúrák (faiskola, komló, szőlő, zöldecsés, gyümölcs, dísznövény)
- Zöldterületek (park, sportpálya, játszótér, iskola területe, temető)
- Ipari területek (zöldfelület, raktározási és nem hasznosított terület)
- Depók (szemét, kitermelt föld, speciális hulladék, meddőhányók)
- Egyéb (közlekedési terület, beépített terület, zárt udvar, egyebek)

Megkülönböztetjük a védett természeti értékeket, védett elemeket. Ide tartoznak a vadon élő védett növény- és állatfajok (esetleg élő szervezetek

egyedei, társulásai, fejlődési szakaszai), védett tájértékek, élőhelyek, földtani alakulatok és képződmények. Utóbbiak lehetnek: barlang, szurdok, hegy, szikla alakzat, ősmaradvány és ásványtársulás. A védett vizek között említhetők források, patakok, folyók, tavak, vízesések, lápok. Természeti erőforrásokhoz soroljuk az ásványi anyagokat (nyersanyag lelőhelyek) és energiahordozókat (bányaterület).

A környezeti elemek jellemzésekor megadjuk azok védettségi kategóriáit. Azaz a levegő esetén a levegő tisztaságvédelmi, a felszíni vizeknél a vízminőségi területi kategóriákat. A felszín alatti vizeknél megkülönböztetünk

- a hivatalos értesítőben közzétett fokozottan érzékeny vízminőségi területeket,
- ivóvízbázisok, ásvány- és gyógyvízforrások védőövezeteit, védőidomait,
- kijelölt talajvíz, parti szűrészű és sekély rétegvízű távlati ivóvízbázisok területeit.

Rögzítjük az infrastrukturális ellátottság jellemzőit (légi, vízi, vasúti, úthálózati közlekedés), melyek a kármentesítés későbbi fázisaiban mint a tervezés, kivitelezés, figyelőrendszer kiépítése, megvalósíthatóság során fontos szerephez jutnak. A káreseményeket is azonosítani szükséges mint gázkilépés, szivárgó víz, felszíni és talajvíz szennyezés, földcsuszamlás, terep süllyedése, növényzet károsodása, szél- és vízerózió, égés, robbanás, egyéb. A szennyezőanyag tulajdonságai közül az alábbiak ismerete meghatározó jelentőségű lehet a kockázatbecslésnél:

- Összetétele, megjelenési formája (keverék, komplex vegyület stb.);
- Sűrűsége, szétterülés helye, pH értéke;
- Oldhatósága vízben, savban, lúgban, szerves oldószerekben;
- Stabilitása aerob és anaerob viszonyok között (pH-függés, bomlástermékek);
- Tűz és robbanás veszélyessége, radioaktivitása, veszélyességi besorolása.

A szennyezés terjedésének vizsgálatakor meghatározzuk a térbeli kiterjedést és az időbeli változásokat (időbeli és térbeli becslés ill. előrejelzés). A becslés történhet egyszerű számításokkal a sebességi, szivárgási, térfogati, hígulási stb. együtthatók figyelembevételével, elvi modellezéssel vagy egyéb műszaki becslésekkel. Mindehhez természetesen ismernünk kell a szennyezés körülményeit mint a szennyező minősége és mennyisége, környezeti elemek tulajdonságai és az érintett terület sérülékenysége, szennyezés története, időtartama.

Mivel ebben a szakaszban még nem rendelkezünk elégséges adattal, a hiányzó ismereteket közvetett információk, szakirodalmi utalások és analógiák útján pótolhatjuk. A szennyezőforrástól kiindulva megkíséreljük feltárni a szennyezés különböző terjedési útvonalaait és megbecsülni, hogy az adott szituációban mely környezeti elemek a leginkább veszélyeztetettek. A terjedés jellegét döntően meghatározza, hogy pontszerű, foltszerű vagy diffúz szennyezőforrásról van szó. A szennyezőanyag kibocsátása történhet a levegőbe, vagy közvetlenül a talajfelszínre, talajba, talajvízbe, egyéb felszíni vízbe. Ennek megfelelően a terjedési utak az alábbiak lehetnek: levegőn, talajfelszínen, talajon talajvízen és felszíni vízen keresztül.

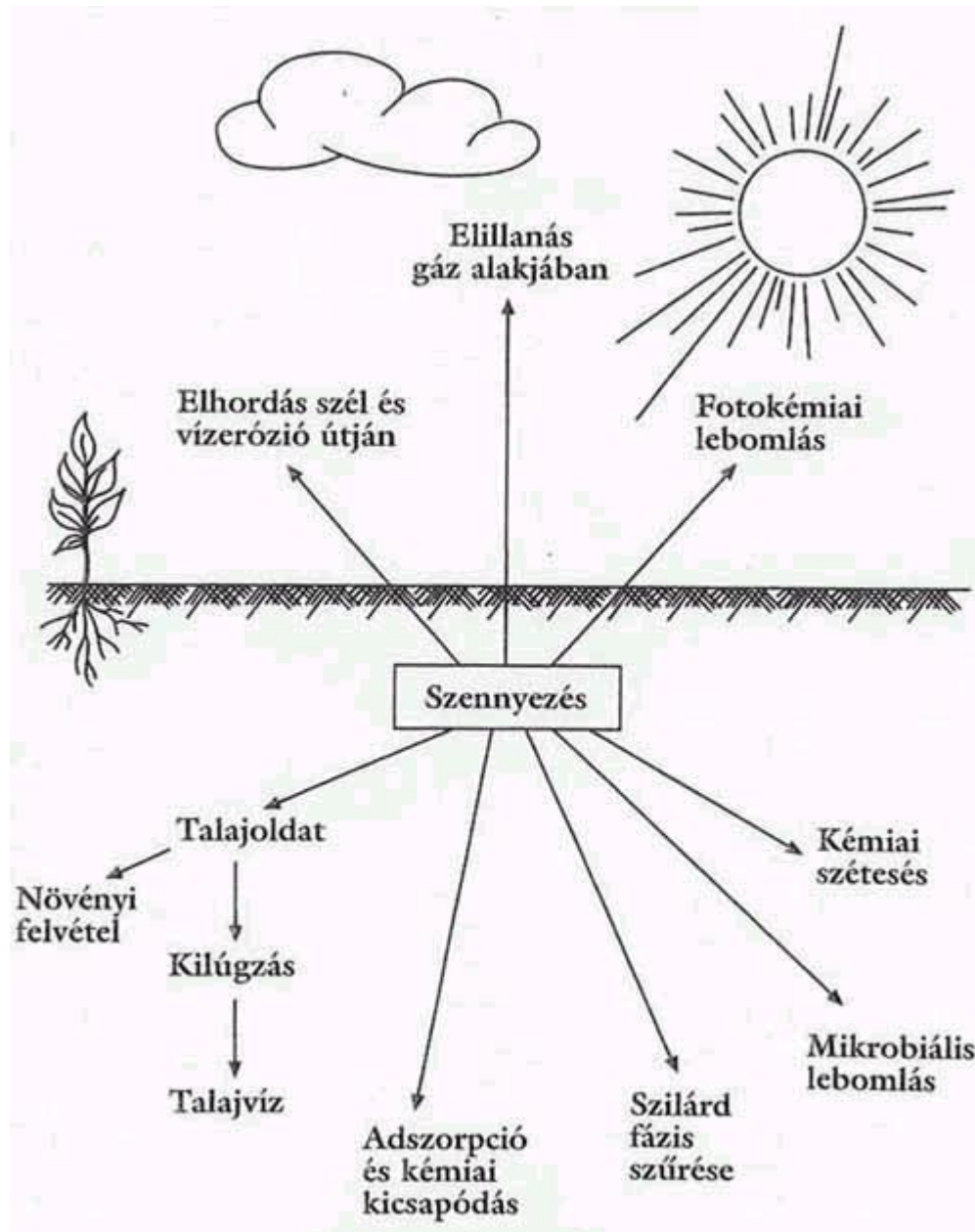
Az élő szervezetek egyaránt szennyeződhetnek a levegőből, talajból és vízből, tehát bármely közegből. A légtérjedés a meteorológiai viszonyok függvénye, de meghatározó a szennyező anyag minősége, diszperzitása, szemcsemérete is. A szennyezés lehet helyi, regionális és globális. A talajfelszíni szennyezésnél az elfolyás, a víz és a szél általi elhordás a döntő. A talajban a vertikális terjedés megállapításához, az oldott anyagtranszport megítéléséhez mintavételek és analízisek szükségesek. A közvetlenül szennyeződő közeg más elemeket is veszélyeztet, úgy mint a

- légműködést, talajt, felszíni vizeket (levegőbeni terjedés),
- talajokat, levegőt, felszíni vizeket (talajfelszíni terjedés),
- levegőt, talajt, talajvizet, felszíni vizet (talajbani terjedés),
- talajt, talajvizet, felszíni vizet (talajvízbeni terjedés).

Pontszerű szennyezőforrásnál a szennyező anyag koncentrációja a kibocsátás helyétől távolodva koncentrikusan csökken mind horizontális, mind vertikális irányban. Különösen jellemző mindez a friss szennyezésekre, míg a régi szennyezések alakja jelentősen torzulhat. Foltszerű forrásnál több különböző kibocsátási pont jelenik meg, közöttük a szennyezés elmosódik és a heterogenitás, az egyenetlen akkumuláció dominál. Diffúz forrásnál ezzel szemben viszonylag egyenletes a terjedés, a szennyezés. Mindez fontos a talajmintavételi tervek összeállításánál.

A kibocsátás időtartama lehet folyamatos, pillanatszerűen ismétlődő és bizonyos időszakokra korlátozódó. Mértéke jellemezhető térfogattal és tömeggel, időben változó paraméterek esetén átlagértékekkel vagy idősoros adatokkal. Elégséges kiindulási adat esetén a szennyezők transzportja modellezhető, számszerűen is előrejelezhető bizonyos esetekben, főként az egyszerűbb mozgásokat leíró levegő és víz modellekben.

9. ábra: Szennyezőanyagok lehetséges vándorlása szennyezett területről



Tájékoztató szempontok lehetnek az összegyűjtött információk forrásainak kiértékeléséhez:

1. Milyen dokumentációk állnak rendelkezésre?
2. Adatok, közlések mennyire megbízhatóak, források ellenőrzése.
3. Térképek, légi fényképek szisztematikus kiértékelése évfáronként.
4. Cégek, helytörténeti írások szisztematikus kiértékelése.
5. Egyes személyek, korábbi alkalmazottak információinak ellenőrzése.
6. Helyszíni felmérések, vizsgálatok, bejárások adatainak értékelése.
7. Helyi hatóságoktól, hivataloktól származó adatok értékelése.

17. A feltárhatóság tényezői és korlátai

A gazdasági okokon ill. a pénzügyi túlmenően természeti, jogi és területi használattal kapcsolatos korlátozások is fennállhatnak. Jogi természetű akadályt jelenthetnek a tulajdonjogi, kegyeleti és honvédelmi korlátozások, valamint határterületen a szomszéd ország érdeksérelme. A talaj nehéz járhatósága, extrém időjárási viszonyok, árvíz- vagy belvízveszély, omlás vagy csúszás veszélye, domborzati és természetes terepadályok a természeti adottságokból eredő korlátokat támasztanak.

Külön nehézségeket okozhat az igénybevehető közműhálózat és energiaellátás, ill. az infrastruktúrák ellátottság hiánya, mely a nehezen megközelíthetőségéből, a kiépítettség hiányából adódhat. A területi használat összefüggésben befolyásoló tényező a beépítettség, terhelési korlátok, védendő létesítmények jelenléte, balesetveszély vagy forgalomszervezési korlátozás, építmények statikai kockázata a szennyezett talaj bolygatásakor, összefüggő burkolt felületek és nagyméretű fedett létesítmények megléte, védendő mezőgazdasági kultúrák, a telephelyen folyó tevékenységből származó veszélyek (tűz, robbanás, káros sugárzás, fertőzés, gáz és porképződés veszélye).

A környezeti elemeket érintettségük, szennyezettségük mértékének megfelelő részletességgel kell vizsgálni a feltárás során, majd a diagnosztikai-mintavételi eljárásoknál is. Szükséges a prioritást, a rangsort megállapítani és a fontossági sorrendet a fő veszélyforrásoknak megfelelően kialakítani. A közvetetten vagy másodlagosan érintett elemek esetében egyszerűsítések eszközölhetők, a részletesebb feltárás elnapolható vagy elhagyható, a kockázat elhanyagolhatóbb. Ki kell azonban terjeszteni a feltárást a nem szennyezett szomszédos területre, mert háttér vagy refe-

rencia (kontroll) területül szolgálnak és viszonyítási alapot jelentenek a szennyezett talaj állapotának megítélésében.

18. A feltárás végrehajtása

1. Feltárási terv engedélyeztetése a környezetvédelmi hatóságnál.
2. Műszaki biztonsági előírásokhoz igazodó intézkedések:
 - A szennyezésnyús terület körülhatárolása, útlezárás, forgalomeltemelés;
 - A területen folyó tevékenység korlátozása, szükség esetén áramtalanítás;
 - A dolgozók balesetvédelmi és biztonságtechnikai oktatása;
 - Illetéktelenek bejárásának és tartózkodásának megakadályozása;
 - Védőfelszerelések beszerzése és használatának betanítása;
 - Biztonsági és védelmi berendezések telepítése.
3. Feltárás megkezdésének bejelentése az illetékes környezetvédelmi hatóságnál.
4. Mintavételi és mérési helyek kitűzése, geodéziai azonosítása és térképi megjelölése.
5. Felvonulás a mérésekhez és mintavételekhez szabvány mintavételi eszközökkel.
6. Helyszíni mérések végzése és az adatok rögzítése jegyzőkönyvben a feltárási tervben, ill. az érvényes szabványelőírásokban leírtak szerint.

A jegyzőkönyvben részletesen ismertetni és indokolni kell a feltárási tervtől való esetleges eltérést.

A mintavételek adatait a mintavételi jegyzőkönyv rögzíti:

- mintavételi eljárás mikéntje, ideje és helyszíne,
- minta egyértelmű azonosítói, kódja (mélysége, átlagminta/pontminta stb.),
- mintavételi és mérési eszközök leírása, típusai és jellemzői,
- hatóságnak/műszaki ellenőrnek átadott kontroll minta azonosítása,
- mérést, mintavételt befolyásoló körülmények ismertetése (időjárási tényezők, biztonsági előírások betartása, üzemeltetés mikéntje stb.),
- minták tárolásának és szállításának módja, ideje,
- mintavételi tervtől történő esetleges eltérés részletes ismertetése és indoklása.

A laboratóriumi analízisek, mérések jegyzőkönyvének tartalmi követelményei:

- minták átvételének/beérkezésének ideje,
- minták feldolgozásának kezdete és az alkalmazott módszerek,
- méréshez használt műszerek és jellemzőik megadása,
- mérési eredmények és a kimutathatósági határok közlése,
- mérést végző személyek és a laboratórium megnevezése.

A munkák befejeztével feloldhatók a korlátozások és elszállíthatók a biztonsági berendezések, elkészíthető a végleges feltárási dokumentáció az adatgyűjtés, valamint a helyszíni és laboratóriumi mérések alapján. A dokumentációnak tartalmaznia kell tehát az adatgyűjtés információit:

- A szennyezés okának, eredetének és körülményeinek leírását.
- A szennyezés helyének, környezetének jellemzését.
- A veszélyeztetett természeti, környezeti és művi elemek felsorolását.
- A szennyezés geológiai, hidrológiai, természeti adottságainak jellemzését.

A dokumentációnak tartalmaznia kell a részletes feltárási eredményeit:

- A mérési, mintavételi helyek koordinátáit.
- A helyszíni és laboratóriumi mérés eredményeit.
- Az értékeléshez, minősítéshez használt határérték táblázatokat.
- A szennyezett terület lehatárolását, annak megbízhatóságát.
- A becsült szennyezőanyag mennyiségét, szétterülését.
- A szennyezők kármentesítés szempontjából fontos jellemzőit, a kármentesítési technológiát befolyásoló tulajdonságait.

A kármentesítési feladatok végrehajtására ütemtervet kell készíteni (lokalizálás, ill. védekezés, megóvás, tisztítás). Meg kell fogalmazni, ill. utalni szükséges mindazon körülményekre, melyek a kármentesítés biztonságos végrehajthatóságát befolyásolják. A feltárási jegyzőkönyvben rögzítendő a javaslat a figyelő rendszer (monitoring) üzemeltetésére.

III. TALAJTISZTÍTÁS

1. A talajtisztítás módszerei, alapelvei és korlátai

A talajtisztítás feltételezi a talajtulajdonságok, természeti adottságok (geológiai, hidrológiai viszonyok) és a szennyezők x talaj kölcsönhatások ismeretét. A talaj eredeti fizikai, kémiai, biológiai minősége általában már nem állítható vissza. A főbb talajkezelési eljárásokat csoportosíthatjuk:

- Kitermelt talaj extrakciós kezelése, mosása;
- Helybeni (in situ) extrakciós talajkezelés, gőzölés, kilúgzás;
- Biológiai talajtisztítási módszerek (mikroorganizmusok, akkumulátor növények);
- Helyszini talajstabilizálási (szennyezést megkötő) módszerek.

Minden technológia alkalmazhatósága függ a helyi körülményektől, nehézfémek vagy más szennyezők fajtájától, a szennyezett terület nagyságától stb. A helyszini technikák kétségkívüli előnye, hogy nincs külön szállítás és külön hulladéktárolás. Jelentősek a hátrányaik azonban:

- A megkötött szennyezők idővel kioldódhatnak, különösen ha megváltoznak a talaj egyéb tulajdonságai mint pl. a pH, vízgazdálkodás stb.
- A szennyezők a helyszínen maradnak és a potenciális veszély nem szüntethető meg.

Valószínű, hogy a jövőben több módszer kombinációját fogják alkalmazni a talajok mentesítésére. Végső cél a fémek, szennyezők visszanyerése, mellyel a költségek némiképp csökkenthetők majd. A fémmentesítés során nehézfém tartalmú oldatok keletkeznek, melyek további feldolgozást igényelnek. A koncentrált iszapok kezelése ma még nem megoldott és az olcsónak tekintett technológiák is drágák. A talajok szennyezettsége azonban jelentősen csökkenthető és a helyreállított terület megszűnik szennyezőforrás lenni. A helyszini stabilizálást nehézfémekkel és poliklórozott bifenilekkel szennyezett talajokra is kidolgozták. Cementet, pernyét, adalékanyagokat kevernek a talajba, így a szennyezők oldhatatlan állapotba kerülnek. A módszer bármely talajon alkalmazható, ha a szennyezés nem túl mély rétegeket érint.

Komolyabb szennyezésnél a talajt és a talajvizet is tisztítani kell. Példaképpen utalunk az USA Oregon állambeli United Chrome Product cég galvanizáló üzemében végzett eljárásra, ahol 1956-85. között az öblítővíz és a szivárgó tartályok a talaj- és talajvíz szennyezéséhez vezettek. Az épületek lebontását követően mintegy 1100 t erősen szennyezett talajt szállítottak el, létrehozottak 23 sekély talajvízkiemelő kutat, szűrőmedencét és talajvízkezelő egységeket a Cr kivonására. Bár az As, Ba, Cr és Pb

szennyezés egyaránt kiugróan nagy volt a talajban, a Cr-ra összpontosítottak, mert a talajvízben csak a Cr szennyezés jelent meg. Mégpedig a Cr(VI) mérgező forma 4-5 nagyságrendi dúsulásban.

Elvégezték a helyszíni földtani, hidrogeológiai feltárást, megállapították a talajvíz mélységét és mozgási irányát, a talajrétegek áteresztő képességét, feltérképezték a szennyezés méreteit. A talajvíz kiemelését (szivattyúzás) követően a tárolókban a Cr(VI) redukcióját kénsavval 2.3 pH értékre állítva Na-metabiszulfittal végezték. Majd a víz pH értékét 8.5-re emelték NaOH segítségével, hogy a Cr(III) kicsapódjon hidroxid formájában. A csapadékot leválasztották, a keletkezett szennyvíziszapot és a kezelt szűrőket veszélyes hulladékként tárolták. A tisztított talajvízzel a szennyezett talajok átmoshatók.

Az 1988-90. közötti 3 éves krómmentesítés során 15 millió liter 200-2000 mg/l Cr szennyezettségű talajvizet emeltek ki, a kivont Cr mennyisége elérte a 9 tonnát, mely a 200 m³ szennyvíziszapban ülepedett le. Az eljárás költségeit részben ellensúlyozza, hogy viszonylag teljes körű tisztítás végezhető és a talajmosással egybekötött talajvíztisztítás vízigénye helyben biztosítható.

A biotechnológiai (mikrobiológiai) eljárások azon alapulnak, hogy a mikroorganizmusok képesek fémeket megkötni, sőt értelepeket is létrehozni megfelelő körülmények között. Ismertek a mélytengeri vas-mangán üledékek, urán és ezüst ércesedések egyes típusai, valamint a mikrobiológiai fémkinyerés technológiája urán és rézérccek dúsítására. Bizonyos baktériumtörzsek képesek pl. akár 7 % Cd-ot is megkötni szervezetükben. Az USA Homestake színesfémhánya elfolyó bányavize Pb, Cu, Zn, Mn, Cd elemekkel erősen szennyezett. A kifolyócsatornába ciannerbaktériumokat, algákat, magasabbrendű növényeket telepítettek és meglepő 99 %-os tisztítási hatásfokot értek el.

Más esetben a tengeri algákat kiszárították, formaldehiddel térhálósították. Ez a bioszorbens anyag tömegének 10 %-át elérő Cd mennyiséget kötött meg, felülmúlva a legjobb kereskedelmi ioncserélő gyanta teljesítményét. Az anyag regenerálásával (0.1-0.5 mólos sósavval kezelve) a teljes fémmennyiség leválasztható volt és a fémmegkötő képesség még ötszöri deszorpció után sem csökkent. A megkötött Cd 1 %-a már desztillált vízzel kimosható volt. Utóbbi adat arra figyelmeztet, hogy a nehézfémek oldódása olyankor is végbemehet, amikor a kioldást egyáltalán nem feltételezzük. Mivel a szénbányák meddő- és pernyehányóiban kis mennyiségben általában megtalálhatók a mérgező fémek, hosszú időn át fennállhat a

környezetszennyezés veszélye ilyen módon. A jelenség rejtve marad, éppen ezért "időzített bomba"-ként viselkedik.

Az ipari meddőhányók hazánkban is nagy területeket foglalnak el. Környezeti szempontból a bányameddő anyagait 4 csoportra oszthatjuk:

1. Környezetszennyezők, melyek toxikus hulladékot tartalmaznak és bizonyos elemek koncentrációja sokszorososan meghaladja az élő szervezetek által elviselhető értéket.
2. Környezetterhelők, melyek veszélyes anyagoktól mentesek de felhasználásuk nem megoldott, rontják a tájképet stb.
3. Környezetbarátok, melyek felhasználhatók talajjavításra és adalékanyagként mint a mészkő- és dolomitbányák meddői.
4. Különleges értékű hasznosítható meddők pl. bizonyos salakok, riolittufa stb.

A nagy tömegben képződő meddő fizikai környezetkárosító hatása jelentkezik a rézsücsúszás és talajrozkadás nyomán, valamint a növénytakaró nélküli fedetlen hányófelületen porképződéssel. A kémiai károsító hatás megjelenhet gázemisszió, talajkilúgzás, ill. talajvízszennyezés formájában. Az érctelepek meddőjének pH értéke döntő lehet a nehézfémek kioldódása szempontjából. Egyik vizsgálat szerint a CaCl_2 -dal történő kilúgzás 6.5 pH-jú meddőnél $\text{Pb} = 2$, $\text{Zn} = 6$ mg/l koncentrációt, míg 4 pH értéknél $\text{Pb} = 67$, $\text{Zn} = 990$ mg/l koncentrációt eredményezett. A nehézfémek mozgékonyágát tehát a meszezés akár 2-3 nagyságrenddel csökkentheti és segítheti a növényzet megtelepedését.

A barnaszemek elégetésével dúsulnak a pernyehamu fémkoncentrációi. A nagy kéntartalmú fiatalabb bitumenes barnaszemek mérgező nehézfémek jórészt a szén szerves anyagához kötődnek és mind a meddő-, mind a pernyehányóból könnyen kioldódnak. Azon elemek, amelyek a szén hamualkotói közül a szilikátokhoz kapcsolódnak, nagy valószínűséggel oldhatatlanok maradnak. A hazai karbonátos barnaszemekben a Sr főként a szerves anyaghoz kapcsolódik (nem a karbonátos anyaghoz) és így a pernyében oldható maradhat. A bakonyi nagy kéntartalmú barnaszemeink meddői nehezen rekultiválhatók, bennük kénsav képződhet és öngyulladásra hajlamosak, ezért a növényzet nehezen alakulhat ki rajtuk.

A szennyvizek és talajok tisztítására a növények is alkalmasak lehetnek, amennyiben egyes fajok jól tűrik a káros tápelem és toxikus elem túlsúlyt és kiváló akkumulátorok, az elemeket sokezerszeresére koncentrálik testükben. Európában a közönséges nád egyik fajtáját (*Phragmites australis*), valamint a nyárfát használják kiterjedten a kommunális elfolyó

szennyvizek tisztítására, ill. szennyvízzel való öntözésre. A már erősebben elszennyezett talajokon ugyan több nagyságrenddel is megnőhet egyes növényfajok nehézfém koncentrációja, azonban a növény tömegével kivont elemek tömege így is elenyésző a terheléshez viszonyítva, ritkán haladja meg az 1-2 kg/ha/év mennyiséget saját kísérleteink szerint (Kádár 1995). A talajtisztításnak ez a módszere nem tekinthető perspektivikusnak és hatékonynak, nem is beszélve a nagytömegű növényzet további kezeléséről.

A talaj mint természeti közeg a levegőhöz és a vízhez hasonlóan öntisztulásra képes. Az öntisztulásban jelentős szerepet játszik a napsugárzás sterilizáló és hőhatása, a kondenzáció és a talajbani adszorpció ill. szűrés. A talaj szűrőhatása nem egyszerű mechanikai szűrés, ebben a folyamatban fizikai-kémiai és biológiai reakciók sora játszódik le mint pl. az oxidáció, redukció, hidrolízis, mikrobiális lebontás és átalakulás. A komplex folyamat eredményeképpen tartja vissza a talaj a fehérjéket, kolloidokat, káros mikroorganizmusokat, baktérium és gomba toxinokat stb. A szaganyagok, gázok, vízgőz megkötése, valamint a kation és anion adszorpciója döntően a talajkolloidok határfelületén megy végbe.

A talajba került szénhidrátok gyorsan oxidálódnak CO₂-dá és vízzé a mikrobák közreműködésével. A fehérjék és a N-tartalmú vegyületek ammonifikáció és nitrifikáció eredményeképpen bomlanak le. A zsírok először zsírsavakra és glicerinnel hidrolizálódnak, majd széndioxiddá és vízzé oxidálódnak. A szénhidrogének oxidációja során keletkező metán és széndioxid kiszorítják a talajlevegőt és egyaránt károsítják a talajéletet, növényt, állatot és embert. Az erősen szennyezett talajok, személtlerakók öntisztulásra már nem képesek. A talaj kitermelés nélküli (in situ) tisztításának feltétele a szennyezők viszonylag egyenletes eloszlása és a talaj jó vízáteresztő képessége. Az alábbi módszerek terjedtek el:

Átlevegőztetés: Elsősorban az illékony oldószerek mint a kloroform, triklóretán és triklóretilén stb. eltávolítására alkalmazható. Az eljárás lényege, hogy meleg levegőt injektálnak a szennyezett talajba, mely azon átáramolva felveszi a szennyező illékony anyagokat. A szennyezett levegőt elszívócsövekkel kiszivattyúzzák, aktív szénrel tisztítják, majd újra cirkuláltatják. Az eljárással az illékony klórozott szénhidrogének akár 99 %-a is eltávolítható.

Talajmosás: A szennyezett talajt felületaktív anyagot tartalmazó vízzel átmossák, majd a mosóoldatot kezelik.

Biológiai tisztítás: Injektáló és gyűjtőkutakkal a talajvizet cirkuláltatják. A kiemelt vízhez mikroorganizmusokat és tápelemeket (N, P, esszenciális

nyomelemek) adnak, valamint oxigént juttatnak a mikrobiális tevékenység ill. bontás gyorsítása céljából.

Megkötés: A talaj pórusaiba olyan polimerizálódó vagy kocsonyásodó anyagot injektálnak, amely a szennyezőket megkötöti a talajban. A megkötés irányulhat pl. az igen mérgező és vízoldható Cr(VI) ion redukációjára oldhatatlan Cr(III) vegyületté. Hasonlóképpen inaktíválhatók az As, Ba és más oldható mérgező sók is semleges, élettanilag és toxikológiailag veszélytelen vegyületekké.

A talaj kiemeléssel történő tisztítását általában helyben végzik és a szennyezéseket fizikai, kémiai és biológiai úton távolítják el, vagy az említett módszerek kombinációját alkalmazzák. E módszernek nagyobb a költség- és területigénye, viszont kevésbé érzékeny a talaj homogenitására, a szennyezők eloszlására, valamint a talaj vízáteresztő képességére. Az alábbi eljárások terjedtek el:

Termikus kezelés: 600-1200 °C-on égetést és hőbontást alkalmaznak. Azon túl, hogy költséges beavatkozás, a talajt elégeti és élettelenné, terméketlenné teszi. A aromás és klórozott szénhidrogénekkal, PCB-vel, dioxinnal szennyezett talajok tisztítására alkalmas elsősorban.

Talajmosás: Az olajjal, cianidokkal, nehézfémekkel szennyezett talajok extrahálására vizet, felületaktív anyagokat, savat, lúgot, szerves oldószerek keverékét alkalmazzák. A kezelt talajból fontos talajalkotók is kimosódhatnak, megváltozhat a talajok egyéb tulajdonsága is. A mosófolyadékot a szennyezőanyagoktól megtisztítják és újra cirkuláltatják.

Biológiai lebontás: Az olajjal, aromás szénhidrogénekkal, fenollokkal szennyezett talajok tisztítására bevált eljárás, amennyiben a szennyezés nem túl jelentős. A kezelési költség mérsékelt, az energiaigény kicsi. Hátránya, hogy a lebontás lassú, nem tökéletes és gyakran bizonytalan az alkalmazott olajlebontó mikroba törzsek érzékenysége miatt.

Szilárdítás: A talajba cementet, meszet, vízüveget vagy szerves polimereket kevernek, melyek a szennyezőket oldhatatlan formában stabilizálják. Az így kezelt talaj visszateríthető, de mennyisége megnő és részben a tulajdonságai is megváltoznak.

A talaj szerves szennyezőanyagai hulladékokból, szennyvizetből és szennyvíziszapokból, felszín alatti tartályok és vezetékek sérüléseiből, valamint a mezőgazdasági tevékenységből származnak. Utóbbiak közül a talajfertőtlenítő szerek és herbicidek, valamint a szerves trágyák és hígrágyák jelentősek. A termékeny talaj a szerves trágyákat megkötöti, lebontja és átalakítva a termő növény rendelkezésére bocsátja. Szakszerű trágyázási

gyakorlat nem vezet a talaj vagy a talajvíz szennyezéséhez. A herbicidek (gyomirtók) többsége szintén a talajfelszínen megkötődik és lebomlik.

A policiklikus vegyületek természetes anyagként is előfordulnak, mivel a talaj mikroorganizmusai és a növények egyaránt szintetizálják. Jó öntisztuló képességgel rendelkező talajokon ezek a szerves anyagok különösebb veszélyt nem jelentenek, közülük csak néhány fejt ki rákkeltő hatást. A szintetikus mosószerek (detergensek) talajba szivároghatnak háztartási vagy ipari szennyvizekből. A talajvizet is szennyezhetik nagyobb terhelésnél csatornázatlan területeken és idővel a kiemelt talaj/ivóvíz a detergensek tulajdonságait mutathatja mint pl. habzás, íz vagy szaghatás stb.

A házi szennyvíz, fekália, szennyvíziszap patogén baktériumokat is tartalmaz a szerves anyagon kívül. Az öntisztulás során a baktériumok lassan elpusztulnak a talajban, a szerves anyag mineralizálódik, a N-vegyületek nitrifikálódnak. A folyamat végtermékei szervesetlen sók és a humusz, az újonnan képződött stabilabb talaj-szervesanyag. A sók közül döntő a klorid és a nitrát, melyek mozgékonyak, kilúgzódnak és a talajvíz minőségét rontják. A szerves anyagok lebontásához, a talaj öntisztulásához megfelelő vastagságú talajtömegre és időre van szükség. Nem szabad elfelejteni, hogy az öntisztuló képesség véges, túlterhelés esetén a talaj szennyezőforrássá válhat.

Mérsékelt terhelésnél is legalább 1.5-2 m vastag jó minőségű takaró szűrőréteg szükséges ahhoz, hogy a talajvíz védelmét néhány évre biztosítsuk. Ellenkező esetben a talajvíz szennyeződése elkerülhetetlen. Horizontálisan 30-50 m védőtávolság ajánlott az emésztőgödörök esetében. Szikkasztók közelében felhalmozódnak a sók és egyéb szennyező anyagok, a vizek nitrát, klorid, szulfát koncentrációja megemelkedik, megnő a keménység. A terhelés hatása, következménye csak a talajtulajdonságok és a hidrológiai viszonyok tükrében becsülhető.

Összefoglalóan megállapítható, hogy számos olyan megoldás és technológia létezik ma is, mellyel a talajok szennyezése eltávolítható vagy immobilizálható. Az alkalmazhatóság függ a helyi speciális körülményektől, főként a szennyezés fajtájától, a szennyezett terület nagyságától és a szennyezés mértékétől. A helyszíni technológiák, mindenekelőtt a stabilizálási eljárások előnyei maguktól értetődőek, hisz nincs szállítás és külön hulladéktárolás. Hátrányai azonban, hogy bármilyen jó hatásfokkal megy végbe a megkötés, a nehézfémek bizonyos mérvű kiszabadulására mindig számítani lehet, mert a szennyező anyag a helyszínen marad potenciális szennyezőforrásként.

Bármilyen módszert alkalmazunk, a teljes méregtelenítés szinte sohasem érhető el. Adott esetben a talaj mentesítése elvégezhető, de számolni kell a megmaradó hulladék további kezelésével, mely a szennyezőket már koncentráltabban tartalmazza. Mindenféle technológia, legyen az helyben alkalmazható vagy a szennyezett talajt helyszínről elszállító, további kezelést igénylő koncentrált hulladékot termel. Előnyük azonban, hogy a szennyezett talaj mennyiségét csökkentik, a helyreállított terület megszűnik érdemi szennyezőforrás lenni.

IV. KOCKÁZATBECSLÉS

1. A veszélymegítélés szempontjai

A szennyezésre gyanús terület vizsgálata bizonyos munkafázisok elvégzését jelenti. A veszélyeztetettség első értékelése az előzetes információk és a helyszíni bejárás nyomán történhet a feltárás fázisában. A tájékozdó fázisban végzett helyszíni és laborvizsgálatok nyomán eldönthető, hogy fennforog-e veszélyeztetés? A részletes vizsgálatokkal azonosítjuk majd a szennyező fajtáját, a szennyezés mértékét, ezt követően megteesszük a veszélyelhárítással, szanálással kapcsolatos intézkedéseket. Az utógondozás kapcsán rendszeres felügyeletet gyakorolunk és szükség esetén további intézkedéseket hozunk, ill. a lehetséges veszély megítélésével döntünk a további talajhasznosítás módjáról.

Valójában minden fázisban döntenünk kell és meghatároznunk a prioritásokat. A veszély megítélésének is több fázisa van, de ez a döntési folyamat azonos alapelven nyugszik. Az emberi élet és egészség védelme elsőbbséget élvez. A tájékozdó vizsgálatok eredményeképpen megítéljük, hogy valóban fennáll-e a veszély, vagy a gyanú elejthető. Elégtelen információ, adat esetén további vizsgálatokra szorulunk, pl. rendszeres további ellenőrző vizsgálatokat végzünk. E fázisban már mindenképpen fel kell derítenünk az okokat és nemkülönb a kötelezettek körét.

A részletes vizsgálatokat elvileg már a kötelezett végezteti el az alapvető védelmi céloknak megfelelően. A kárelhárítási (remediálási) variánsokat alá kell vetni költséghatékonysági elemzésnek, melyek részét képezik a megfelelő biztonsági intézkedéseket is tartalmazó hatósági döntésnek. A veszély mérsékelhető

- a talaj kezelésével vagy cseréjével (szanálás)
- a szennyezés továbbterjedésének megakadályozásával (biztosítás)
- a talajhasználat korlátozásával, tiltásával (hasznosítás módosítása)

Az intézkedéseket követően ellenőrizni kell a beavatkozás hatékonyságát az utógondozás keretében. Fenn kell tartani azon berendezések működtetését is, melyek a sikeres beavatkozáshoz szükségesek (pl. a szivárgó víz kezelése, gyűjtése stb.). Az utógondozás nyomán további javító intézkedések válhatnak szükségessé, melyet az erre kötelezettnek kell elvégezni. Meg kell becsülni a jövőbeni hasznosításból eredő esetleges veszélyeket is. A szennyezettség tényét és a használati korlátozásokat telekkönyvileg iktatni kell és a kataszterbe történt bejegyzés a szanálás után sem törölhető.

A vizsgálat és kockázatbecslés munkafázisai, lépései

- I. Előzetes információk értékelése**
 - Veszélyeztetettség előzetes becslése a meglévő információk és a helyszíni bejárás tapasztalatai alapján (interjúk, szemtanúk meghallgatása)
 - Döntés a tájékoztató vizsgálatokat illetően
- II. Tájékoztató fázis (összehasonlítás a háttér adatokkal)**
 - Helyszíni tájékoztató vizsgálatok elvégzése
 - Veszélyeztetettség megítélése
 - Kötelezettek felkutatása
- III. Részletes vizsgálati fázis**
 - Főbb szennyezők azonosítása és a kockázat nemének/mértékének végleges megállapítása
 - Döntés a további eljárásról (felügyelet, biztosítás, kármentesítés)
 - Veszélyelhárítási intézkedések főbb irányainak meghatározása
- IV. Kármentesítési vizsgálatok**
 - Remediációs alternatívák megítélése, vizsgálata
 - Hatósági döntés az alternatívák mérlegelése alapján
 - Veszélyelhárítási intézkedések részleteinek kidolgozása
- V. Biztosítás és kármentesítés**
 - Remediációs megoldás kidolgozása
 - Engedélyezési intézkedések megtétele
- VI. Utógondozás, monitoring, felügyelet**

- **Rendszeres felügyelet és szükség szerint további intézkedések megtétele**
- **Lehetséges veszélyek megítélése a további hasznosítás során**

A "veszély" fogalma jogi szempontból kulcsfontosságú. Rendőrjogi értelemben a közbiztonság (által védett javak) védelmének veszélyeztetéséről van szó. Védendő az emberi egészségen túl a kommunális vízellátás, valamint a talajvíz és az élelmiszerek tisztasága. Mivel a kár rendkívül nagy lehet, már a károkozás csekély valószínűsége esetén is el kell járni. A pusztaság lehetőség ugyan nem vonhat maga után szankciókat, de figyelmen kívül sem hagyható, ill. a prognózisokban szerephez juthat.

Az egészségre nemcsak az akut hatások jelenthetnek veszélyt, hanem kis mennyiségben történő folyamatos felvétel vagy terhelés is, melyek csak hosszú évek múltán okoznak daganatos megbetegedéseket. Az anyagok terjedése néhány veszélyeztetési úton történik a védendő objektum felé. A szabadválasztás közege lehet a levegő, víz, talaj, ember, állat, növény, egyéb védendő javak. Esetenként kell meghatározni a kritikus, legveszélyesebb behatolási utakat és módokat. Egyik esetben lehetséges, hogy a deponált anyagból keletkező gáz veszélyezteti a lakókat, mert háztartási személtárolón épült alapincézett házban laknak. Más esetben a deponált anyag a kút vizét vagy a haszonállatokat károsítja a rajta termő szennyezett takarmánynövényeken keresztül.

Precíz kockázatelemzést lehetetlen végezni régi szennyezett területeken, hiszen a szennyezőanyagok leltárát, mennyiségét csak ritka esetben ismerjük. Másrészt számos kémiai vegyület fordulhat elő, melyek viselkedése a kvantitatív prognózis számára legyőzhetetlen akadályokat jelent. A meghatározó jelentőségű néhány károsanyag-fajtára koncentrálnunk. A káros anyagok leltáránál ezeket az anyagokat gazdasági ágazatokhoz, tevékenységi körökhöz rendelve soroltuk fel. Ezek közül a kiválasztásnál döntő a környezetre gyakorolt hatás, nem pedig azok a paraméterek, amelyeket a kémiai analízis könnyen vagy gyakran kimutat. A szóba jöhető kiválasztási szempontok az alábbiak lehetnek:

Kritériumok: előfordulás, toxicitás, mobilitás, bioakkumuláció, lebontathatóság.

Jellemzők: mennyiség, koncentráció vagy tartalom, minőségi adottság, vízoldhatóság, gőznyomás, talaj/víz és megoszlási együttható, felezési idő, bioakkumulációs faktor, bomlástermék, toxicitás növényre és állatra, karcinogén hatás mértéke és fokozatba sorolása, nem rákkeltő anyagnál a hatásfok, LD₅₀, LC₅₀, ADI, NOAEL értékek.

Szigorú értelemben lehetetlen rákkeltő anyagokra határértéket megadni, mivel a nem káros mennyiség "0". Amennyiben meg lehetne állapítani tűrhető rák-kockázatot, levezethető lenne a még tolerálható károsanyag-felvétel is. Az eddigiekből adódik, hogy a hasznosítástól

független standard értékek a talajra nem adhatók, mindig a veszélyeztetési utak összességét kell figyelembe venni. A veszély megítélésében pl. az ivóvizekre adott határértékek minden további nélkül nem alkalmazhatók a talajvízre, csak iránymutató jelleggel.

A talajra adott határértékek jelzik, hogy meghaladásuk esetén veszély jelentkezhethet az adott hasznosítási módnál, ill. további költségesebb vizsgálatokra van szükség a tényleges veszélyhelyzet megállapítására és elhárítására. Alkalmassak a szennyezett talajkataszter összeállítására is. Utalnak a növények szennyeződésének veszélyeire, valamint az emberi egészség akut és krónikus károsodásának lehetőségére. Hasonló értelmű információt nyújtanak az élelmiszerek nehézfém-tartalmára adott határkoncentrációk is.

A Holland-lista, Berlini-lista vagy az Eikmann-Kloke féle határértékek szigorúan véve toxikológiailag nem indokolhatók, veszélyeztettség alacsonyabb vagy magasabb értékeknél egyaránt előfordulhat. A koncentrációk átlépése egy állapotot jelez, mely a természetes állapottól való nemkívánt távolságot mutatja. A veszélyes anyagoknak való kitétség az érintett károsultak vizsgálatával is becsülhető. Közvetlenül az emberi szervezetre vonatkozó adat pl. az emberi vér ólomtartalmára adott határkoncentráció.

2. Az abszolút, relatív és összes kockázat becslése

A kockázatelemzésnél különbséget tehetünk aszerint, hogy abszolút vagy relatív kockázatokat becsülnek, ill. a teljes kitétséget vagy csak egyes veszélyeztetési utakat elemezik. Az USA környezetvédelmi hatósága 1986-ban jelentette meg a "Superfund Public Health Evaluation" c. munkát, mely részletesen ismerteti az egészségkárosító hatások meghatározásánál követendő eljárást (USEPA 1986). A kézikönyvet kiegészíti a "Superfund Exposure Assessment Manual", mely a károsanyagok elterjedésére és hatásmechanizmusára vonatkozó adatokat foglalja össze. Ehhez hasonló igénnyel lép fel a "California Site Mitigation Decision Tree Manual" (CDHS 1986).

Az említett amerikai források az abszolút kockázat megítélését segítik, de arra is használhatók, hogy fordított irányban a védendő objektumra szállított anyagmennyiség alapján a talaj állapotát becsüljük. A szennyezett terület emberi egészségre gyakorolt negatív hatása durva becsléssel ilyen általános adatokkal megítélhető a tájékozódó fázisban, amikor még nem rendelkezünk helyi mért adatokkal.

Baden-Württemberg 1987-ben kiadta az "Altlasten-Handbuch" c. kézikönyvet, melynek alapján a szennyezettség-gyanús területek relatív kockázatát lehet becsülni. A standard összehasonlítási szituációra vonatkoztatva meghatározható a veszélyeztetettség ill. prioritási rangsor. A relatív veszélyeztetettség alapjául szolgálhat a "Hazard Ranking System" c. kiadvány (USEPA 1982, módosítva 1988). Németország több tartományában adaptálták az amerikai tapasztalatokat és olyan modellszámításokat végeznek a relatív kárbecslésre, amely a pénzeszközök elosztásánál a prioritások megállapítására is alkalmas.

Az összes kockázat becslésekor meghatározzuk a tényleges napi felvételt, mely különböző forrásokból ill. szennyezőutakból tevődik össze. Szükség szerint pl. megítéljük az orális és inhalatív terhelés mértékét is külön-külön. Amennyiben a szennyezőanyag nem rákkeltő, a napi tényleges összes terhelés veszélyessége a még "tolerálható" terhelés értékével összevetve minősíthető. Ha az összes terhelés túllépi a megengedett azonnal cselekedni kell. Rákkeltő anyagoknál az egyes kockázati tényezőket, hatásuktól függően, össze kell adni. Sajnos a veszélyes anyagok szervezetben lejátszódó valamennyi kölcsönhatását nem ismerjük, a humán- és ökotoxikológiai ismereteink hiányosak. A veszélyeztetés becslésének minden fázisában utalni szükséges a bizonytalanságokra és annak az elkészült jelentésekben, feltérési dokumentumban is tükröződnie kell.

3. Kockázatbecslés közvetlen érintkezés és orális felvétel esetén

Amennyiben a szennyezett terület településközelben található, a lakosoknak a teljes károsanyag "leltárral" szembe kell néznie. A gyerekek kb. 6 éves korig hajlamosak játék közben talajt lenyelni, de a felnőttek is érintkeznek a talajjal kerti munkák vagy építkezések során. A fedetlen testrészekre került szennyezett talaj káros anyagai felszívódhatnak a bőrön át. Rovarok vagy mikroorganizmusok közvetítésével is fertőzések léphetnek fel. Potenciális veszélyt jelenthetnek még a talajülepedések, meddő-hányók földcsuszamlásai stb. Amennyiben a területen üzemi tevékenység folyik, ellenőrizni szükséges az adatok munkahelyre vonatkozó munkavédelmi előírásai betartását, védőfelszerelések használatát.

A károsanyag mennyiségén és toxicitásán túl fontos információt jelenthet a szennyezett terület hozzáférhetősége: bekerített vagy sem, topográfiai helyzete, fedettsége, lakott helytől való távolsága. A szennyezőforrás megítélésében ismerni kell a vízzáró rétegek helyzetét, a szennyezés kiterjedését, a növénytakaró állapotát. A fedetlen felszín felporozódhat,

külön mintázzuk ilyenkor a felső 0-10 cm talajréteget. A 7. táblázatban feltüntettük azokat a határkoncentrációkat, melyek az As és néhány nehéz-fém-szennyezés esetében irányadók a veszélyeztetési utak megítélésénél.

A határértékek összes tartalmat jelölnek. Meghaladásuk veszélyhelyzetet teremthet kedvezőtlen körülmények között, ezért ilyenkor részletes vizsgálatokat kell végezni és meghatározni az oldhatósági, felvehetőségi viszonyokat:

- Az 1. oszlop értékeinek túllépésekor a természetű növények szennyezettségét (fogyaszthatóságát) ellenőrizzük növényvizsgálatokkal.
- A 2. oszlop koncentrációinak meghaladásakor (a zárójeles Cu 500 ppm érték kivételével, mely elsősorban a talaj biológiai aktivitásának és a főbb természetű növényeknek védelmét szolgálja) az emberi egészség veszélyeztetetté válhat. A határértékek olyan területre vonatkoznak, ahol tartósan gyermekek játszanak és a szennyezett talajt lenyelhetik, mint pl. játszóterek, házikertek.
- A 3. oszlop értékeinek túllépése akut veszélyhelyzetet teremthet, ezért azonnali beavatkozásra, ill. egészségügyi vizsgálatra van szükség. A küszöbértékek olyan szennyezett területre vonatkoznak, ahol gyermekek esetenként fordulnak elő.
- Az összes Cr tartalom mindhárom oszlopban a Cr(III) formára vonatkozik. Az igen mérgező és rákkeltő Cr(VI) frakciót külön vizsgálni szükséges.

7. táblázat

A káros elemek talajbani ideiglenes terhelési határértékei egyes veszélyeztetési utakra. Összes tartalom, mg/kg (LAGA 1990)

Elem jele	Haszon (1)-növényekre	Lakott területen emberi egészség védelmében	
		Tartós behatás (2)	Akut behatás (3)
Cd	2	40	40
Hg	2	10	200
As	40	100	100
Cr	100	200	500
Cu	10	(500)*	3000
Ni	100	400	(4000)*
Pb	300	500	3000
Zn	500	2000	2000

* Bizonytalan érték

A 7. táblázat adatai kapcsán megjegyezzük, hogy a 2. oszlop alatti, azaz az 1. és 2. oszlop közötti tartományban a növényzetre gyakorolt káros hatás általában még nem drasztikus, mértéke elfogadható. Másrésztől karcinogén hatás esetén (As, Cd, Cr, Ni) elvileg nem lehetne olyan küszöbértéket megadni, amely alatt fennállhat az emberi egészség károsodása. Eljárási-jogi okokból mégis sor kerülhet ilyen javaslatok kidolgozására. Mind a növényzetre, mind az emberi egészségre a 6.5 pH alatti savanyú, kolloidszegény homokos talajok a leginkább veszélyesek, melyek potenciálisan kevés szennyezőt képesek inaktiválni, megkötni.

A durva megközelítő kitettségi becslésnél abból indulhatunk ki, hogy a leginkább veszélyeztetett 6 év alatti gyermek naponta átlagosan 0.1-0.3 g talajt nyelhet le. A közepes testsúlyt 15 kg-nak vehetjük, a kinntartózkodás idejét az időjárástól függően kb. fél évre tesszük. Hosszabb időszakon át elviselhető napi agadokra a már hivatkozott (USEPA 1986) kiadvány ad útmutatást. A helyszínen kell meggyőződni a gyermekek tényleges ott-tartózkodásának idejéről, a károsanyagok oldhatósági stb. viszonyairól.

Ha egyes személyekre vagy csoportra nézve az expozíció becslése egészségügyi kockázatra utal, ajánlatos további orvosi vizsgálatokat végezni mint pl. a haj vagy a sejtmedvek elemzése. Igaz, hogy közvetlen összefüggést nehéz találni a szervezet terhelése (biológiai monitoring) és a betegségi tünetek között. Kivételt az akut mérgezések jelentenek, ahol az ok-okozati kapcsolat nyilvánvaló. A szennyezőanyagoknak való kitettség és a betegségek fordulások ma még epidemiológiai vizsgálatok hiányában nem jelezhetők előre. Szerepet játszanak a családi, genetikai tényezők, az eltérő korú és nemű egyénektől is más-más eredmények származnak. Kérdés, mennyiben fogyasztanak helyben termelt élelmiszert, italokat, mennyi időt töltenek a helyszínen stb., tehát az összefüggések feltárása összetett feladat.

Miután a helyi szennyezés körülményeit megismerték és felbecsülték a veszélyeztetési potenciált, kidolgozható egyedi munkavédelmi szabályozás. A veszélyeztetés mértéke az alábbi főbb szempontok alapján tisztázható:

- Veszélyes anyagok mely fajtájával és koncentrációjával kell számolni?
- A tervezett munkálatok során hogyan kerülhet káros anyag a dolgozók szervezetébe?
- A legkedvezőtlenebb esetben milyen terhelés érheti a dolgozót?

A becslésekhez egyaránt hasznosítani kell a helyi káros anyag kémiai analízisének adatait, laborvizsgálatok/kísérletek eredményeit, szakirodalmi ismereteket, valamint alternatív szituációkra vonatkozó számítások anyagait. A beavatkozásoknál váratlanul nagy terhelések jelentkehetnek,

pl. fúrásoknál por, folyadék vagy gáz jelenhet meg stb. Fontosak lehetnek olyan méréstechnikai eszközök, melyek riasztanak, azonnal jelt adnak a veszélyhelyzetekben. Egyes hordozható berendezések a szennyezők széles spektrumát érzékelik, mint a kémcsöves berendezések, a metanométer, kombinált óvóberendezések, fotoionizátor-detektor, mobilis tömegspektrométer. A munkavédelmi előírásoknak tartalmazniuk kell a technikai, óvó és légzésvédelmi szabályozást egyaránt, esetleg munkaidő kedvezmény-nyel kiegészítve.

Munkaegészségügyi megelőző vizsgálatok is szükségesek, ha a veszélyes anyag akut vagy krónikus károsodást okozhat, ill. a rákkeltő anyagokkal kerülnek érintkezésbe.

4. Kockázatbecslés légszennyezés esetén

A szennyezők gázemisszió, aeroszolok képződése, gőz és por útján is veszélyeztethetik az egészséget. A légköri terjedésen túl a talajlevegőt, vala-mint az altalajban található üregeken és járatokon történő transzportot is vizsgálni szükséges. Fontos becslési kritérium az építmények elhelyezkedé-se, szennyezett területtől való távolsága. Régebben lerakott hulladék-anyagokból lényegében az alábbi hatásmechanizmus eredményeképpen képződhetnek gázalakú emissziók:

1. Lebontható anyagok biokémiai átalakulása gázképződéssel mikro-organizmusok közreműködésével.
2. Oldott, adszorbeált, szilárd vagy folyékony fázisban található anyagok átmenete gázfázisba.
3. Az altalaj szennyezői egymással vagy a szivárgó ill. csapadékvízzel reakcióba lépve gázt termelnek.
4. Gázok szabadná válása konténerekből, tartályokból, vezetékekből elillanás útján.

Az 1. pontban említett lebontásnál aerob és/vagy anaerob folyamatok zajlanak le az altalajban az eltemetett szennyezőanyag összetétele, tömődöttsége, nedvességtartalma hatására. Az aerob bomlásnál főként víz és széndioxid, míg az anaerobnál metán és széndioxid keletkezik. Gyakorta nem jelezhető előre, hogy melyik folyamat az uralkodó. Az erősen összetömörödött depóniáknál az aerob lebontás csak a legfelső fedetlen rétegben megy végbe. Az alsóbb rétegek vízmentes pórusai is megtelhetnek ugyanis depónia-gázzal és kiszorítják a levegőt.

Ha viszont a gáztermelés nem intenzív, levegő hatolhat be az altalajba. A tapasztalatok szerint a régebbi hulladéklerakókban egymás mellett

folyhat az aerob és anaerob bomlás, mely tükröződik a gázfázis összetételén is. A metán és a széndioxid főalkotók a háztartási depóniákban kb. fele-fele arányban képződve, régebbi lerakókban inkább a metán túlsúlya érvényesülhet 55:44 %-os megoszlásban a német tapasztalatok szerint. A depóniagáz számos más anyagot is tartalmazhat kisebb mennyiségben mint pl. kénhidrogént, ammóniát, hidrogént, nitrogént, klórozott szénhidrogéneket, szervesen kötött nyomelemeket, szénmonoxidot stb. A depóniagáz átlagos összetételéről a 8. táblázat adatai tájékoztatnak.

8. táblázat

A depóniagáz összetétele, ill. fő összetevői tf %-ban
(LAGA Informationsschrift "Altlasten", Berlin, 1990)

Összetevők megnevezése	Összetevők kémiai jele	Összetevők mennyisége tf %-ban
Metán	CH ₄	0-80
Széndioxid	CO ₂	0-80
Nitrogén	N ₂	0-78
Oxigén	O ₂	0-21
Hidrogén	H ₂	0-3

Megjegyzés: A fő összetevőkön túl még több mint száz egyéb, kis mennyiségben előforduló anyagot azonosítottak (főként szerves klórozott szénhidrogéneket, azok gázalakú átalakulási termékeit).

A depóniagázok mennyiségét az alábbi módon szokták becsülni ill. jellemezni:

- Gázképződés sebessége m³/t hulladék/év
- Képződött összes gáz mennyisége m³/t hulladék

Mindkét módszerhez vannak elméleti és mért adatok. A szakirodalomban az összes képződött gáz mennyiségét 40-180 m³/t, a gázképződés sebességét 1-30 m³/t/év értékkel jellemzik általában. A depónia gáztermelése idővel csökken, az időtartamot azonban csak közelítően lehet

behatárolni. Egyes amerikai adatok szerint a könnyen és közepesen bomló szerves anyagok 80 %-a 30-35 év alatt bomlik el.

Németország viszonyai között ennél rövidebb időt, kb. 12-15 évet állapítottak meg. Találtak azonban néhány évtizeddel a hulladéklerakás befejezése után is olyan depóniákat, ahol a metán koncentrációja meghaladta a 20 tf %-ot. A vizsgálatok tovább folynak. Megemlítjük, hogy egy 75 évvel korábban lezárt depóniában még jelentős metánkészletet találtak az Egyesült Államokban. Persze a gázképződés megszakadhat a depóniában akkor is, ha pl. a bomló közegben a tápanyagok aránya a gázképző baktériumok számára nem megfelelő, esetleg szárazság, vízhiány miatt a tápanyagtranszport, ill. a baktériumok életvékenysége szünetel, vagy a hőmérséklet túl magas vagy túl alacsony a biológiai folyamatokhoz.

A 2. pontban említett gázfázisba történő átalakulásnál a folyamat nemcsak fizikokémiai paramétereiktől függ mint az oldhatóság, kémiai összetétel, gőznyomás, hőmérséklet, melyek az egyensúlyi állapotot befolyásolják, hanem a talaj típusától, tulajdonságaitól, víztartalmától, gázvezető képességétől is. A 3. pontban említett gázképződés lejátszódhat pl. ha reakcióképes fémek vagy fémporok érintkeznek, vagy az acetilénis iszap lúgos/savas anyaggal keveredik. Ilyenkor éghető vagy mérgező gázokkal kell számolni. Ömlesztetten lerakott hulladéknál kevésbé valószínű hirtelen intenzív gázemisszió, amennyiben a reakciók korábban végbemehettek.

A gázképződés függhet tehát a hulladék minőségétől és a hulladékban lejátszódó kémiai, fizikokémiai, mikrobiológiai folyamatoktól. Ebből adódóan az alábbi kérdések megválaszolása elengedhetetlen:

- Tartalmaz-e a lerakott hulladék mikrobiálisan lebontható, elsősorban növényi eredetű anyagokat?
- Mekkora a depónia gáztermelő potenciálja?
- Sor kerülhet-e gázképzési reakcióra az adott viszonyok között?
- Fennáll-e az elillanás veszélye tartályokból, sérült vezetékekből stb?

A képződő gáz elterjedhet a depónia körüli talajban; csatornába, vezetékekbe, aknába, épületekbe szivároghat; légkörbe kerülhet. A levegőbe kilépő gázok a szaganyagokkal együtt már a talaj feletti 20-50 cm magasságban sokezerszeresen hígulnak. A hígulás és a transzport meteorológiai és topográfiai állapottól függő. A gázok talajbani terjedésének fő tényezői a talaj porozitása ill. szerkezete, a káros anyagok koncentrációja a depóniában, nedvességtartalom, hőmérséklet és a gáznyomás, valamint a molekuláris diffúzió és kipárolgás (volatilizáció).

A légtérbe került gázok áramlási irányát és immissziós helyét a szélirány határozza meg. A szélsébség és a talajközeli légrétegek turbulenciája befolyásolja a gázfelhők ill. gáz-zászlók hígulását, amely nappal kifejezettebb. Tapasztalt klimatológusok a helyi topográfiai ismeretekből következtetni tudnak az uralkodó légmozgásokra, hegy-völgy szélrendszerekre. Ködképződés, gyenge légmozgás és légcseré esetében (inverziós helyzetekben, amikor is az alsó levegőréteg hidegebb, mint a felső) a kibocsátott anyag nem tud felhígulni és átmenetileg nagyobb immissziós koncentrációk léphetnek fel, a szagterhelés kifejezettebbé válik. Elegendő helyismeret és mért adat esetén a káros anyag levegőbeni terjedése előrejelezhető, modellezhető.

A felporzás a szennyezett terület felszínéről szélerozió, gépjárműforgalom, földmunkák hatására következik be és függ a felszín nedvességi állapotától. Lakóhelyek mentén ilyen emissziós források a fedetlen lerakók, meddőhányók, a lerakóhelyen átvezető nem szilárd burkolatú utak, nyitott felszíni munkagödrök. A depóniagázok, könnyen illó szerves vegyületek a porral együtt a levegőbe kerülve égést, robbanást idézhetnek elő. Robbanásveszély következhet be, amikor a fedőrétegen végeznek munkálatokat, a gáz koncentráltan lép ki és lassan hígul, a munkagödörben robbanásra hajlamos keverék keletkezik.

Másik veszélyforrás az akut mérgezés és a fulladás. A gázkeverék tartalmazhat toxikus anyagokat, míg a fulladás elsősorban az aknákban és munkagödrökben jelenthet reális veszélyt. Előfordulhat, hogy a tömény depóniagáz a pincébe kerül és belélegezve néhány percen belül halálos CO₂ mérgezést ill. fulladást okoz. Háztartási hulladék és gipsz keveredésekor kénhidrogén képződhet akut mérgezést okozva.

Az illó rákkeltő anyagokban, nehézfémekben gazdag depók esetleg csak nyomokban termelnek gázokat, viszont tartós hatásuk krónikus betegségeket idézhet elő lakott területen. A szennyezett talajok illetően megítélésében az orvosok részvételét is biztosítani kell. A beépített telkek, gyermekjátszók, szabadidő központok területén tartózkodók egészségügyi vizsgálata indokolt lehet. A kellemetlen depónia illatot előidéző kénhidrogén, merkaptán, zsírsavak és aminok pl. már a toxikus küszöb-koncentráció alatt rontják a közérzetet, ezért a beavatkozás elengedhetetlen ilyenkor is.

A poremisszió nemcsak az emberi egészségre lehet káros, hanem egyéb javakra, növényekre, állatokra is. A toxikus hatású porok hasznos növényekre rakódva az egész táplálékláncot szennyezik. Káros hatású a jelentős mérvű nem-toxikus porterhelés is, mely a tüdőbe juthat. Végül

megemlíthető, hogy a depóniagáz a talajéletet és a föld alatti növényi részeket is károsíthatja, valamint megváltozhat a talajvíz minősége, pl. keménysége a vízben oldott CO₂ következtében.

Ami a hatósági jogi eljárás megalapozását illeti, a hulladékokra vonatkozó törvény és a rendőrhatósági előírások mellett érvényesíthetők a levegőtisztaságvédelmi törvény maximális immissziós koncentrációi (MIK). Igaz, hogy ma még számos anyagra nincsenek konkrét határértékek kidolgozva. Iránymutatóul szolgálhatnak a munkavédelmi és balesetvédelmi előírások üzemi területen, így pl. a maximális munkahelyi koncentrációk (MAK).

A feltérési munkák, ill. a helyszíni előzetes bejárás során információt kell gyűjteni arra vonatkozólag is, hogy a légszennyezés, depóniagázképződés valószínűsíthető-e? A beszerzett általános információk erre már utalhatnak (szennyezés eredete, mennyisége, növényzet esetleges károsodása, valamint a lakott terület közelsége stb.). Konkrét kérdésekre is választ kell keresnünk, pl:

- Biogáz képződésének feltételei adottak-e?
- Oldószerek, illékony szerves vegyületek, éghető vagy mérgező anyagok jelenléte?
- Porok terjedésének és egyéb migrációs utak feltételei adottak-e?
- Az anyagok fizikai és kémiai adottságai alapján a gázemisszió kizárható-e?

Azonnali intézkedések szükségesek, ha utalás történik mérgezési, fulladási, robbanási, fellobbanási esetekre vagy azok lehetőségére. A teendők lehetnek:

1. A terület lezárása és a veszélyre utaló táblák elhelyezése.
2. Kikapcsolás, gyújtóeszközök használatának tilalma, az esetlegesen folyó építkezési munkák leállítása.
3. Az épületek kényszer-szellőztetése, esetleges védőidomok felszerelése.
4. Aknák szigetelése vagy tömítése, védelmi beavatkozások.
5. Robbanásbiztos gázriasztó készülékek felszerelése.

A helyszíni vizsgálatok során megállapítandó az altalaj gáz/levegő aránya, gázproduktions számítások végezhetők a telepített műszerek adataiból, azonosíthatók a szagok, a fő összetevők. Hordozható gázkromato-

gráffal elemezni kell az atmoszféra és az építmények levegőjét; hordozható detektorokkal az éghető gázok jelenlétét; explozíméterekkel a felgyülemlett gázok mennyiségét aknában, csővezetékekben, mélyen fekvő helyiségekben. A helyszínen mért adatokra támaszkodva a keletkező depóniagáz mennyisége becsülhető, számításokkal modellezhető.

Az éghető gázok koncentrációjának méréséből megállapíthatók a hígulások, valamint a gázkilépések helyei is azonosíthatók (vezetékek menti repedések, fedőréteg és a gödrök peremei stb.). Hígulásra a depóniagáz és a levegő metántartalmának összevetése adhat útmutatást. A gázmintavétel általában fúrólukakból történik szondákkal, a talajlevegőt pedig O_2 , N_2 , CO_2 , CH_4 tartalomra elemezik rutinszerűen. A szondázással azonosíthatók a gázmigrációk és a szennyezett területek, behatárolható a gázcsere mélysége, időbeni változása. Az eredményekből következtethetünk pl.

- a metánoxidáció fellépésére, melyre a metán/széndioxid arányváltozása utal.
- fölös mennyiségű oxigén megjelenésére, amely az aerob folyamatok jele.
- fúrások közötti koncentráció gradiensekre, változásokra. Ha az oxigén jelenléte kimutatható pl. a teljes mélységben akkor feltehető, hogy a depóniagáz képződése befejeződött vagy valamilyen oknál fogva megszakadt.

A fúrásokat meg kell tervezni, hogy a szondázás elég sűrű legyen és igazodjon a helyi adottságokhoz. A szonda anyaga és mérete, ill. a perforált rész megfeleljen a mintavételi mélységnek. Célszerű a minták egy részét alaposabban, a nyomokban jelenlévő alkotórészekre is megvizsgálni utólag a laboratóriumban. Tekintettel kell lenni arra is, hogy a jövőbeni esetleges területhasználatnál ne legyenek az ott tartózkodók érdemi megterhelésnek kitéve, ill. terveznek-e olyan beavatkozásokat a vizsgálat helyén, amelyek az emissziót befolyásolhatják. Fontos a mérési időtartam és gyakoriság, melynek eredményei alapján a különféle határfeltételek, extrém meteorológiai viszonyok hatása is megítélhető.

A szennyezett területen végzett emisszió-méréseket követően a lakott területen immisszió-mérések is szóba jöhetnek, hiszen az emberi egészség lehetséges károsodása az állandó tartózkodási helyeken enélkül nem ítéltető meg. Hasonló immissziós mérések akkor szükségesek, ha a lakónegyedek közelében a levegő toxikus, főként pedig rákkeltő anyagokkal szennyezett. Másrészt, ha a levegőben intenzív szaghatású káros anyagok jelenlétét észlelik és emiatt a talajhasznosítást korlátozni szükséges. Az immissziós méréseknél figyelembe veszik:

1. A már elvégzett emissziós mérések eredményeit;
2. Külső és belső épületrészek, pinchhelyiségek és azok feletti lakószobák terhelését;
3. Összehasonlításra alkalmas nem szennyezett kontroll háttérterhelést;
4. Mérési időtartam és gyakoriság rögzítését különféle határfeltételek (meteorológiai extrémítások, talajhőmérséklet változása) megítélése céljából;
5. Az immissziós méréseket kiegészítő egészségügyi-toxikológiai vizsgálatok, valamint az érintett lakosság kikérdezésének eredményeit.

Az emberre ható légszennyezés (gázok, gőzök, por) egészségügyi kockázatát egyedi esetek, esettanulmányok példáján lehet becsülni. A többhatóanyagú károsanyagok veszélyessége ma még kellő toxikológiai ismeret híján nem prognosztizálható. A szanálási célok meghatározása integrált veszélymegítélést igényel, azaz valamennyi lényeges veszélyeztetési utat meg kell szüntetni. El kell érni, hogy mind az akut veszély (mérgezés, fulladás), mind a krónikus betegségekhez vezető hosszú tartós behatás, egészségkárosodás megszűnjön és zavaró szagterhelés se lépjen fel.

5. Kockázatbecslés a talajvíz szennyezése esetén

A helyi személtlerakó vagy szennyezett üzemi terület csupán pontszerű szennyezőforrásnak tűnik a térségben, de ez a veszélyeztetési út különösen érzékeny. Főként ott, ahol az altalajban a vízzáró réteg hiányzik, ill. a felszínhez közel van. A talajvíz szennyeződhet a káros anyagok bemosódásával a felszínről (a telítetlen zónán áthaladó csapadékvíz útján), valamint alulról az eltemetett szennyezőn átáramló talajvízzel. Bejuthatnak ezen túlmenően szennyezett vizek közvetlenül is a talajvíz zónájába. A víz mozgása a laza kőzetek szabad pórusain, valamint a tömör kőzetek repedésein valósul meg alapvetően, miközben a gázalakú szennyezők is feloldódhatnak.

Ha a szennyezett talaj a talajvíz tartományában fekszik, akkor a kilúgzás intenzívvé válhat, a vízoldható szennyezők közvetlenül a talajvízbe kerülhetnek a horizontális áramlásokkal. Az ásványi olajok, halogénezett szénhidrogének átfolyási sebessége a viszkozitás és a sűrűség

függvénye. A könnyen illó, de viszonylag nehezebb halogénezett szénhidrogének hidraulikus áteresztése meghaladhatja a vizét. A szennyezők különböző halmazállapotban és eltérő szállítási mechanizmusok révén terjednek a telítetlen vagy telített zónában. A migráció vagy anyagáramlásban szerepet játszik a nehézségi erő (gravitáció), a koncentráció-csökkenés (diffúzió), a talajvíz áramlása (konvekció).

A fentiekből adódóan az anyagok áramlását számos tényező befolyásolja, melyhez anyagspecifikus, talajtani, hidrológiai és hidraulikus jellemzők tartoznak. A veszélyeztetettség megítélésénél mindezen adatokat mérni és értékelni szükséges. Az anyagspecifikus viselkedésre jellemző pl., hogy amíg a klórozott szénhidrogének az egész talajvízben akár külön fázisként megjelenhetnek, addig az ásványolaj-fázis nagyobb része a talajvíz felszínén úszik és a vízbe csak az oldható részei kerülnek.

A szennyezés mozgása, a hidraulikus áteresztés függ a hasznos üregtérfogattól mind a laza, mind a tömör kőzetekben. A hasznos pórus-térfogatot laza kőzeteknél meghatározza a szemcseméret, tömődöttség, valamint a pórusok alakja, míg tömör kőzeteknél a repedések, ill. mészkőben még a karsztosodás is áteresztést növelő tényező. A fedőrétegek csak akkor jelentenek védelmet, ha nem áteresztők. Ismernünk kell az értékelésüknél a rétegvastagságukat, porozitásukat, áteresztőképességüket befolyásoló jellemzőket. A szennyezők terjedését egyéb általános környezeti okok is módosíthatják mint pl.

- a felszíni vizek helyzete, árterek fekvése, árvízveszély;
- a talajvízszint állása, ingadozása és újraképződésének sebessége;
- a telítetlen talajzóna állapota, vastagsága, áteresztőképessége, szorpciós kapacitása stb.
- a talajvíz áramlási sebessége és iránya, esése, valamint a vízréteg vastagsága;
- a talajvíz kivétele: kivett vízmennyiség, kivételi helyek, kutak fekvése;
- a talajvíz és a szivárgó víz fizikai és kémiai tulajdonságai.

A talajvíz önmagában is védendő, de meghatározó a hasznosítás módja. Amennyiben ivóvízként is szolgál és a központi vagy egyéni ivóvízellátás kerülhet veszélybe a szennyezéssel, különös szigorral kell eljárni. Gyanú esetén a hatóság előírhatja, hogy az üzem saját költségére vizsgálatokat végezzen. Az eljárás jogi alapjait tekintve több jogszabályra is utalhatunk mint a hulladékgazdálkodási, vízgazdálkodási, bányászati és az általános rendészeti előírásokra. A talajvízelemzés adatai gyors és hatékony bizonyítási eredményt szolgáltathatnak. Megkövetelhető a

üzemeltől a vonatkozó információk átadása, az iratokba való betekintés joga, a vizet veszélyeztető anyagok helyszíni ellenőrzése.

A feltárás során olyan kritériumokat kell figyelembe venni, mint a károsanyagok leltára, tömege és fajtája, halmazállapota, vízdoldhatósága, toxicitása. A szabaddá válás megítélésénél az altalaj fizikai félesége és vízáteresztő képessége; a talajvízszint elhelyezkedése, ingadozása, folyási iránya, átfolyási sebessége, újraképződése; a talajvíz természetes háttérterhelése (geogén koncentrációk) és az általános antropogén terhelés; a szennyezett terület fekvése, ill. érzékenysége az esetleges áradással szemben, a terület védettsége, fedettsége, felügyelete; a szivárgó víz kezelése.

A veszélyeztetettség ill. a lehetséges hatások megítélésénél szempontok az alábbiak:

- A talajvíz hasznosításának módjai (ivóvíz, öntözés, fürdőzés stb.);
- Ivóvízbázisoktól, vízkivételi helyektől való távolság;
- Védett természeti/tájvédelmi körzetektől való távolság.

A hidrogeológiai viszonyok megértéséhez a geológiai és vízgazdálkodási intézmények nyújtanak információt, felhasználhatók a geológiai, hidrogeológiai, talajtani és talajvíz szintvonal térképek. A talajvíz minőségvizsgálatát államilag rendszeresen végzik, adatai szintén hozzáférhetők. A bejárást követő helyszíni vizsgálatokat a talajvíz áramlásának irányában kell végezni.

A fúrési pontok kijelöléséhez ismerni kell a helyi hidrogeológiai adottságot, a közeli talajvíz-mérőhelyeket és a kémiai vizsgálatok eredményeit, valamint természetesen a szennyezésre, a szennyező anyagok leltárára vonatkozó adatokat. Az altalaj és a talajvíz felderítéséhez a már meglévő mérőhelyek, kutak, források, ill. vízminőségi eredmények is felhasználhatók. Egyszerű esetben legalább három észlelőhely szükséges a talajvízszint fekvésének, hidraulikus esésének és így áramlásirányának meghatározásához. Ez azonban csak az összefüggő talajvízkészletekre érvényes.

Amennyiben több helyi vízkészlettel kell számolni vagy vízvásztók vannak a területen, akkor további mérőhelyeket kell létesíteni. Meg kell határozni a mérőhely mélységét, átmérőjét, kiépítettségét, elrendezését és számukat. Célszerű azokat a szennyezett területtől 20-100 m távolságban elhelyezni a talajvíz áramlási irányára merőlegesen, az elfolyó alsó áramban. Erős szennyezésnél elengedhetetlen, hogy a befolyó felső áramban is kiépítsenek a nem szennyezett területen egy semleges kutat. Utóbbit kívánatos a szennyezett területtől távolabb oldalirányba helyezni, hogy az oda áramló szennyeztelen talajvíz adottságait megismerjük.

A mérési helyek hálózatát fokozatosan kell kiépíteni a mérési eredmények alapján, nem pedig előre megtervezett hálópontokat fúrunk meg. Amint a talajmintavételek kapcsán korábban már említettük, a talajvíz talprétegét szennyezett területen általában nem fúrják át a további szennyezés ill. a rétegvizek közötti hidraulikus összeköttetés elkerülése céljából. A védő agyagszint átfúrásakor, rétegvizek vizsgálatakor megbízható tömítések behelyezéséről kell gondoskodni. A felszíni víz behatolása ellen a mérőhelyeket cementtel szigetelik (palástcementezés).

Részletesebb feltárásnál további mélyítő szondázó fúrásokat végezhetnek, kutatóvályatokat létesítenek, melyek segítségével a szennyezett terület horizontális és vertikális kiterjedése behatárolható. A nem szennyezett szomszédos területen hasonló feltáró fúrásokkal tisztázható a geológiai szituáció, a fúrómagból talajminták vehetők, elemezhető a talajlevegő is illékony anyagokra (pl. klórozott szénhidrogének). A helyszínen az altalaj vízáteresztő képessége vízszivattyúzási próbákkal vizsgálható.

A talajvíz kémiai elemzése a tájékozódó fázisban szervesen kémiai anyagokra és összegzett szerves kémiai paraméterekre terjedhet ki, a fontosabb hidrokémiai jellemzőkön túl. A helyszíni vizsgálatok között az alábbiak említhetők:

1. A szín, szag és zavarosság kvalitatív becslése;
2. Hőmérséklet a mintavételkor °C-ban;
3. A 25 °C-ra vonatkozó elektromos vezetőképesség, $\mu\text{S}/\text{cm}$;
4. Oxigén, mg/liter;
5. Redoxpotenciál mV, és a pH értéke a mért hőfokon.

A laboratóriumba szállított mintákban további mérések eszközölhetők:

- Összegzett jellemzők;
- Savkapacitás pH 4.3 értékig a mért hőfokon, mmol/liter;
- Összes keménység Ca-ból és Mg-ból számítva, mmol/liter;
- Összes és lebontható szerves szén, mg/liter (TOC és DOC);
- Adszorbeálható szerves halogének, $\mu\text{g}/\text{liter}$ (AOX és benne POX);
- Szénhidrogének $\mu\text{g}/\text{liter}$ (IR-spektrum);
- UV extinkció 254 nm-nél;
- Szükség szerint GC-kromatogram, bioteszt.

Az egyedi meghatározások között említhetők (mg/liter):

- Bór;
- Anionok: számított hidrogénkarbonát, klorid, szulfát, nitrát, fluorid;
- Kationok: Na, K, Ca, Mg, NH_4 , Mn és Fe (utóbbi csak akkor, ha nem határozták meg a redoxpotenciált);
- As, Al, Sb, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, V, Zn (ICP multielemes technikával);
- Cianidok, PCB, PAH vagy GC-fingerprints stb.;

- Toxikológiai vizsgálat bioteszttel (Daphnia-teszt, alga-teszt stb.).

Ha a tájékoztató vizsgálatok során nincs különbség a befolyó és az elfolyó vizek minőségében, akkor a további vízvizsgálatoktól eltekintenek. E tekintetben kontrollként szolgálhatnak a talajlevegő elemzése is a könnyen illó szennyezők kiszűrésére. A szennyezés megítélésében döntő a hasznosítás, valamint az oda- és elfolyó víz minősége közötti különbség. A háttérterhelés helyenként geológiai okokból igen eltérő lehet, így az általános határértékek ill. küszöbkoncentrációk gyakran nem használhatók a minősítéskor. Mértékadó ugyan az anyagok és anyagfajták koncentrációja a szennyezettség, terhelés megítélésében, de a mérlegelésbe az odafolyó szivárgó víz minőségét be kell vonni.

A határértékek túllépésekor, ill. a védendő objektumok veszélyeztetésekor azonnali intézkedések szükségesek a prioritások kijelölésével:

1. Emberi egészség védelme az ivóvíz és élelmiszereken keresztül történő szennyezés (kertészet, szántóföldi növénytermesztés, haltenyésztés) megakadályozásával;
2. Növények, állatok, élő környezet károsodásának elhárítása;
3. Egyéb védendők mint a víz, talaj, levegő és vagyoni értékek.

A szanálási célok megalapozására talajvíz-modelleket és terhelési mérlegeket állítanak fel, a részletes feltárás során kapott adatokkal számításokat végeznek és a hasznosítással kapcsolatos aggályok képezhetik a veszélymegítélés mércéjét. A szanálás mikéntjéről és a beavatkozások sorrendiségéről a döntést az illetékes hatóság hozhatja meg. A sokirányú vizsgálatok eredményeit csak tapasztalt szakember(ek) értékelheti(k) ki. Speciális esetekben szükségessé válhat növényvédőszer maradványok, ismeretlen nyomanyagok kimutatása költségesebb eljárásokkal.

Illékony anyagokat pl. a gázkromatográfia és a tömegspektrometria összekapcsolásával, a nem illékony szerves vegyületeket nagynyomású folyadékkromatográfiával (HPLC), a nyomokban előforduló fémeket és károsolemeket ICP/AAS készülék segítségével elemzik. A nem illékony szerves anyagok kimutatására ma még nem rendelkezünk megfelelően érzékeny módszerekkel, így gyakran nem is szerepelnek a kémiai vizsgálati programokban. Szükség szerint az analízisek megismételhetők, ill. többszöri mintavételre kerülhet sor nehezebb esetekben.

6. Kockázatbecslés felszíni vizek szennyezése esetén

Szennyezőforrás közelében a felszíni vizek is szennyeződhetnek alulról a szennyezett talajvízzel, ill. az oda folyó szivárgó kilépő vízzel felszíni

hozzáfolyással. Előfordulhat, hogy a szennyező anyagot vízbe dobták, de az esetleges vízkiemelők vagy vízvezetékek meghibásodása is terhelést okozhat. Záporok, hirtelen hóolvadások, áradások, gátszakadások, lejtőcsuszamlások okozta lemosódás, valamint a szélerózió okozta porterhelés szintén lehetséges okozója a károsanyag bevitelének.

Meg kell különböztetni a károsanyag természetéből eredő tényezőket mint

- mennyiségi összetétel, a szennyező konzisztenciája és szemcsemérete,
- akut és krónikus toxicitás, felezési idő, lebomlóképeség,
- mobilitás, adszorbeálhatóság, felhalmozódásra való hajlam,
- odaáramlás állandósága, időtartama, távolsága.

A felszíni vizek sajátosságai között említendő a vizek típusa (állóvíz, folyóvíz), folyási sebessége, mélysége, eredeti terhelése, hordalékai, ökológiai állapota, tápanyag- és oxigéntartalma, hőmérséklete, fotoszintetikus aktivitása.

A gyakori kommunális és ipari szennyvizek szerves anyagai a vizek sótartalmát és keménységét növelik, a nitrogén és főként a foszforvegyületek eutrofizációhoz vezetnek. Nagyobb tömegű szerves anyag jelenléte csökkenti a víz oxigénkészletét. A nehézfémek, peszticidek, PCB, PAH és más szerves kötésű klórozott vegyületekről ismeretes, hogy az üledékekben és a táplálékláncban akkumulálódnak. A dúsulás ennek megfelelően kimutatható az üledékekben, vízi növényekben, halakban is. Az ember terhelése a vízzel, fürdéssel, halak fogyasztásával következhet be.

A feltárás során hasznosíthatók a korábban felvett akták, térképi anyagok, egyéb információk és esetleg a légi felvételek kiértékelése is indokolt lehet az alábbi kritériumok alapján:

- A víz fajtája és az emissziós forráshoz viszonyított fekvése;
- A lehetséges immisziós utak, topográfia, vízgyűjtő nagysága, lefolyási tulajdonságok;
- A vízre vonatkozó kvalitatív és kvantitatív eredmények, a vízfelügyelet adatai;
- Időjárási és csapadékadatok, szivárgó vízkilépések;
- Víz hasznosítására vonatkozó adatok (ivóvíz, egyéb vízkivételek, öntözés, haltenyésztés, üdülő célú hasznosítás);
- Víz jelentősége a természet (régió) háztartása szempontjából.

Helyszíni szemle során azonosíthatók a káros anyag bejutásának útvai, feljegyezhető a víz állapota mint a szag, szín, zavarosság, algásodás, habképződés, olajfoltok, halpusztulás stb. Télen a jégképződés jellege, ténye is hasznos információt nyújthat. A szivárgó víz kilépési helyeit

szintén meg kell állapítani. Ha a tározóba közvetlenül nagy mennyiségű szennyvíz vagy károsanyag juthat, azonnali intézkedések válhatnak szükségessé: ivóvízkivétel leállítása, fürdési és halászati tilalom, valamint a szennyezőutak elzárása védőberendezések építésével.

Amennyiben a tározó 100 m-nél távolabb fekszik a fedett szennyezett területtől feltehető, hogy a szennyezés főként talajvízen keresztül terjed. El kell végezni a talajvíz elemzéseket ilyen esetben, mielőtt továbblépés történne. Ha a szennyezett terület és a felszíni víz között természetes vízváltó van, a szennyezésnek ezt a módját elvethetjük. A szennyezés megítéléséhez víz- és üledékminták analízise szükséges. Ajánlatos legalább két mintavételt ejteni több hetes időközzel. Folyóvizeknél a háttérterhelés becsléséhez kontrollmintát vesznek a szennyeztelen szakaszon.

Az üledéket akkor célszerű mintázni, ha a vízmozgás csekély és az üledék finom szövetű. A feltáró fázisban állóvizeknél javasolt az üledék analízise az alábbi paraméterekre:

- As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn
- Összes kivont és extrahálható szerves halogének
- Ásványi olajból származó szénhidrogének

Gyanú esetén egyéb szennyezőkre is kiterjesztik az elemzést az anyageltár, ill. a termelésre (gazdálkodási tevékenységre) tipikus anyagok szerint. A víz elemzését a talajvíznél bemutatott jellemzők meghatározása jelentheti lényegében. Elszennyezett vizeknél, amennyiben szivárgó vízki-lépéseket kívánnak befogni és a csatornahálózatba vezetni, a szenny-vízkezelésre vonatkozó szabályok szerint kell eljárni és a megadott határ-értékeket be kell tartani. Folyóvizeknél egyértelműen eldönthető a szennyezés az odafolyó és az elfolyó víz mutatóinak tükrében. Állóvizeknél a vakpróbát a környék más nem szennyezett állóvizei vagy talajvizei jelenthetik. Amennyiben ilyen módon nem lehet vízminőségromlást bizonyítani, a további pótlólagos, speciális vizsgálatok elhagyhatók. Ha a vízben nehézfémek vagy szerves szennyezők találhatók, különösen álló-vizekben, az üledéket fokozottabb figyelemmel kell vizsgálni.

Szennyezés esetén a fürdésre és haltenyésztésre használt felszíni vízminták bakteriológiai és toxikológiai vizsgálatát is elő kell írni kiegészítésként. A bioteszten kívül arra is gondolni kell, hogy az ételmszerű szolgáló hal a káros anyagok akkumulátora, tehát szintén analízist végez-nek a bioakkumuláció megállapítására. Erre a célra az uralkodó halfajták kifejlett példányai alkalmasak. A víz állapotát folyamatosan ellenőrizni szükséges mindaddig, amíg döntés születhet a szanálásról vagy a korlá-tozott hasznosításról.

A folyóvizek szennyeződése gyakran csak átmeneti és korlátozott, az állóvizek azonban érzékenyebbek, lassúbb az öntisztulásuk, az üledékekben megkötött szennyezők újból mobilizálódhatnak. Az értékelés során a vizek hasznosítására adott műszaki irányelveket kell figyelembe venni. Toxikus, rákkeltő szerves szennyezők ember és állat számára egyaránt súlyos veszélyt jelentenek a direkt érintkezés, fogyasztás miatt. Utóbbi esetben a szennyezőforrást meg kell szüntetni, beleértve szükség szerint az üledék eltávolítását is a felszíni vizek talpazatáról. Amennyiben a szanálás költségei nem terhelhetők a károkozóra, azokat a rendelkezést kibocsátó hatóságnak kell viselnie.

7. Kockázatbecslés a termőtalaj szennyezése esetén

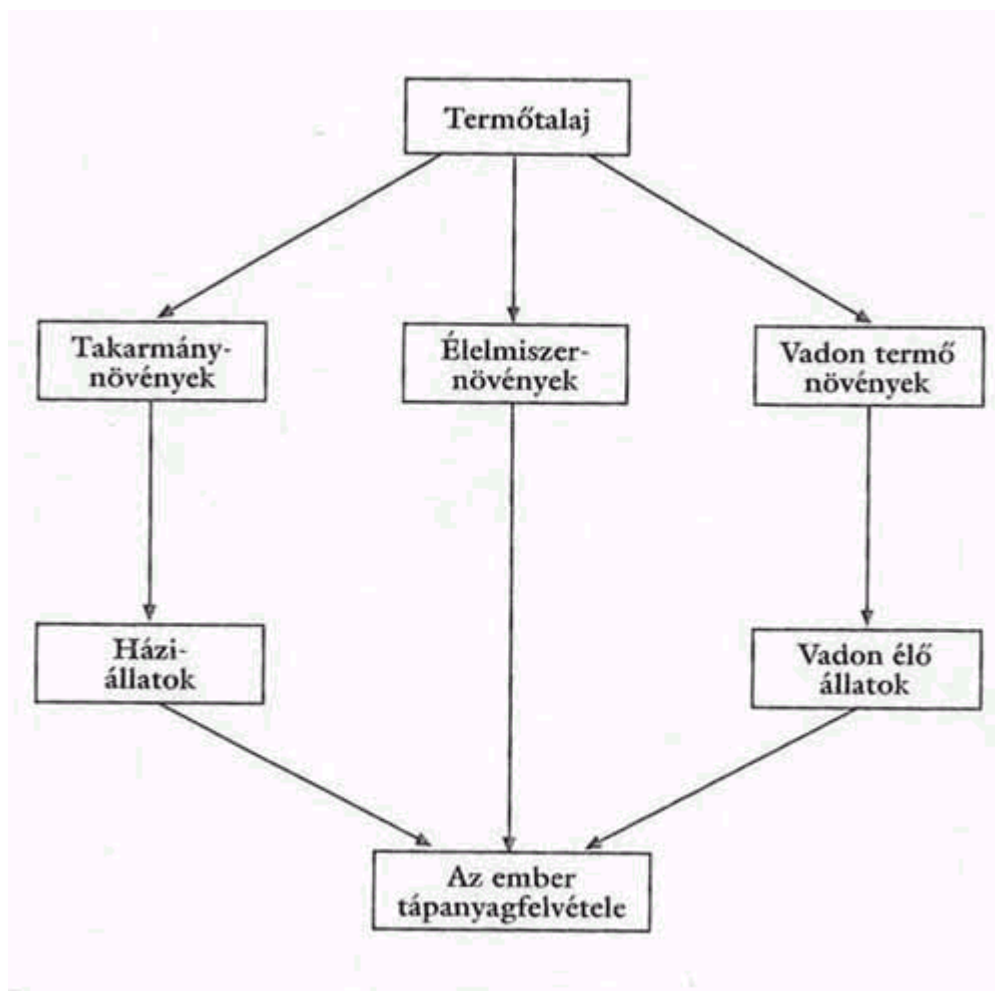
A szemétkerakók, szennyezett területek felülete sok esetben növénytermesztési célokat szolgál. A felső réteg tartalmazhat különböző termelési hulladékokat, iszapokat, salakokat, az altalaj felszínre került anyagát. A szennyezők sokirányú átalakuláson mehetnek át a talajban:

1. Felszínről való elhordásuk a talajrészecskékkel szél- és vízerózióval;
2. Gáz alakban történő elillanás a légkörbe;
3. Kimosódás, talajoldattal a talajvízbe kerülés;
4. Adszorpció és kémiai kicsapódás a talaj szilárd fázisán;
5. Kémiai szétesés és mikrobiális lebomlás;

A talajmintavétel mélysége általában 1 m-re, azaz a gyökérjárta rétegre terjed ki, ahonnan a káros anyagok felvétele történik. Mivel a környező talajok is szennyeződhetnek szél- és vízerózió, áramló szennyezett talajvíz vagy depóniagáz által, a mintavételeket azokra is ki kell terjeszteni. A tervezett hasznosítástól függően az alábbi szennyezési utakat kell vizsgálni:

- Élelmiszer, takarmány és vadon termő növénye szennyeződése, anyagfelvétele;
- Tenyésztett és vadon élő állatok szennyeződése, anyagfelvétele;
- A növényi és állati terméket fogyasztó emberek anyagfelvétele;

10. ábra Káros anyagok veszélyeztetési útjai a talaj-növény



rendszerben

A káros anyagok tápláléklánca jutása akut toxicitást vagy tartósan feldúsulva krónikus megbetegedést eredményezhet emberen és állaton egyaránt. A mezőgazdasági, főként a kertészeti (házikertek zöldségtermesztése, ill. üzemszerű piacra termesztés) hasznosítást kell veszélyesnek tekinteni, míg az egyéb termőhelyek mint az erdő, park, díszkert, ugar kevesebb figyelmet érdemel és csak érintőlegesen tárgyaljuk. Meg kell említeni, hogy a termesztett növények károsanyagfelvételét jobban ismerjük a vadon termőkénél. A szerves szennyezők

talajbani viselkedéséről és növénybe jutásuk mechanizmusáról szintén keveset tudunk, az ilyen jel-

legű szabatos kísérletek gyakorlatilag hiányoznak, különösen ami a természetes körülmények között folyó szabadföldi tartamkísérleteket illeti.

A termőhelyek szennyezettségének megítélésénél nem szabad elfelejteni, hogy az "összes" elemtartalom és a növényi felvétel között alig van összefüggés. Amennyiben eltérő talajtulajdonságú termőhelyeket hasonlítunk össze, általában csak az extrém magas és az extrém alacsony szennyezettségű termőhelyek azonosíthatók a növényelemzési eredményeken. Azonos (tulajdonságú) talajon vagy egy termőhelyen belül viszont a terhelés mértéke jól tükröződhet a növényi felvételben, a növényfajra és elemre specifikus telítési görbének megfelelően. A növényi felvétel aktív élettani jelenség és számos környezeti tényező függvénye, ezért azonos nehézfém-tartalmú vagy szennyezettségű, de eltérő tulajdonságú termőhelyeken a tápláléklánc terhelése esetleg nagyságrendekkel is eltérhet.

A talajtulajdonságok közül a kötöttség, agyag- és humusztartalom (azaz a kolloidok, valamint az agyagásványok mennyisége és minősége), ill. a pH a meghatározó. A kolloidok alapvetően a megkötődést, míg a pH a mobilitást, az elemek felvehetőségét szabályozza. A termőhelyek minősítésénél, a kockázatelemzésnél ezért nemcsak az "összes", hanem a mobilis vagy "felvehető" frakciókat is vizsgáljuk és határkoncentrációkat állapítunk meg kísérletesen eltérő hazai talajokra és a főbb termesztett növényekre vagy növénycsoportokra.

Hasznos információt szolgáltatnak a helyszíni megfigyelések, diagnosztikai toxicitási tünetek, fejlődési rendellenességek, depressziók, terméscsökkenések. A növénymintavétel és analízis segít a termelt takarmány vagy élelmiszer szennyezettségét elbírálni, amelyhez a takarmányokra és élelmiszernövényekre megadott határértékek szolgálnak. Az emberi/állati terhelésnél az átlagos fogyasztás adataiból indulnak ki, melyeket összevetnek a megengedhető napi fogyasztás irányzámaival. A terület humán-, zoo- és fitotoxicitásán túl elbírálni még a károsanyag akkumulációs képessége, biológiai aktivitása, mozgása a táplálékláncban. Egyes elemek vagy anyagok pl. kritikusak a talajvízre (jól oldódnak), vagy könnyen illók/bomló, míg a talajbani felhalmozódásuk, perzisztenciájuk, felezési idejük szempontjából kevésbé fontosak.

A nem lebomló perzisztens káros anyagok a talaj/növény rendszerben az alábbiak:

1. Nehézfémek és nyomelemek:

- elsősorban az emberre és állatra káros a Cd, Pb, As, Hg, Tl
- főként a növényekre káros a Zn, Cu, Ni, Cr túlsúlya

2. Szerves vegyületek:

- Poliklór bifenilek (PCB)
- Policiklikus aromás szénhidrogének (PAH)

Jogi eljárási szempontból a hulladékokról szóló törvény, a bányászati törvény, az általános rendőrségi/rendészeti jogszabályok, a szennyvíziszap-elhelyezési jogszabály, egészségügyi/élelmiszeri előírások, Növény- és Talajvédelmi Állomások előírásai alapján is gyakorolható a felügyelet és végezhető talaj- és növényvizsgálat. Kivételt képeznek azok a növények, melyeket a termesztő saját szükségletére kíván felhasználni. A takarmányok minőségét előíró rendelet is figyelembe vehető. A helyi körülményektől függ, hogy melyik jogi előírást alkalmazzák.

Közvetlen jogi alapot nyújtanak azok az előírások, amelyek szerint az illetékes hatóságnak köteleznie kell a tulajdonost a szennyezett terület rekultiválására és a közjó károsodásának megakadályozására. A rekultivációs kötelezettség azonban csak arra terjedhet ki, ami a rendezési tervben előírt hasznosítási cél. Elegendő lehet füvesíteni, a szántó talaját termékkennyé tenni, az erdőt fákkal visszatelepíteni, amennyiben nem jelent a jövőben veszélyforrást a környezetre. A hatóság korlátozhatja a növényi termék felhasználását vagy forgalomba hozatalát is.

A feltárás ill. a helyszíni bejárás során a termőhely alábbi jellemzői bírnak jelentőséggel:

- Károsanyagok fajtája, természete, mennyisége stb.;
- Terület jelenlegi vagy tervezett hasznosítása;
- Fedőréteg vastagsága, anyagának eredete és jellemzői;
- Talajszennyezés látható jelei: idegen anyag jelenléte, idegen szaghatás, szín;
- A növényen látható károsodások, elszíneződés, terméseszkökenés;
- A talaj típusa, félesége, tulajdonságai (korábbi vizsgálat eredményei);
- Talajvízszint állása, mélysége és ingadozása.

A korábbi iratokból és a termékenység jellegéből következtethetünk az anyagleltárra. Rendkívül kritikus szennyezőknek minősülnek a Cd, Tl, PAH, PCB, valamint kritikusnak az As, Pb, Cu, Ni, Hg, Zn. A fedőréteg gyakran antropogén felhordást jelent és amennyiben 1 m-nél vékonyabb, a régebbi lerakóhely szintén kritikusnak minősül. Miután a fedőréteg is tartalmazhat káros anyagokat, vizsgálata elengedhetetlen. Az észlelhető

talajidegen tünetekre (szag, szín stb.) egységes vagy számszerű kritériumok nincsenek, ezért talajtani szakembereket kell igénybe venni.

A talajbani eltéréseket, foltokat, heterogenitásokat talajvizsgálatokkal kell azonosítani nagyobb terület esetén a párhuzamos átlagmintavételek szabályai szerint. Hasonlóképpen kell eljárni a növényi elváltozások vizsgálatánál (klorózisok és nekrosisok). Arra is figyelemmel kell lenni, hogy utóbbiakat nem a depóniagáz okozta-e, tehát levegőelemzésre is sor kerülhet.

Azonos nehézfém-tartalmú talajoknál annál inkább várható nagyobb felvétel a növényben, minél savanyúbb és kolloidszegényebb (sovány homok) a termőhely. Szerves szennyezőknél döntő lehet a humusz mennyisége az organofil jelleg miatt, míg az ionos alakban előforduló anyagoknál a pH érték is. Előnytelennek minősül ha a talajvíz 1-2 m-nél sekélyebben van akár időlegesen is, mert a káros anyagok horizontálisan terjedhetnek és a redoxfolyamatok következtében mobilizálódhatnak. Ilyen környezeti szempontból érzékeny területünk, tájunk pl. a Nyírség, savanyú kolloidszegény homoktalajaival és alacsony víztükrével.

A tájékoztató fázisban a talajtérképek alapvető információt szolgáltatnak és hazánk e téren részletes felvételezésekre támaszkodhat. A szennyezett területeken azonban a hagyományos térképek, ill. talajtani információ nem adhat minden esetben megfelelő eligazítást, mert a fedőréteg feltöltött anyagból áll, vagy az antropogén beavatkozások a genetikai szinteket megbolygatták. A várható heterogenitás miatt talajhálóban kell mintavételt és térképezést végezni. Kisebb, 1 hektár alatti területen is legalább 4 mintateret kell kijelölni és 0-30, 30-60, 60-100 cm rétegekből párhuzamosan átlagmintákat venni. Ajánlatos szűrőpróbaszerűen a mélyebb rétegek szondázását is elvégezni, mivel a káros anyagok kapilláris úton később a feltalajba vándorolhatnak és a szennyezés gócpontja, forrása rejtve maradhat.

A mélyítő fúrásokkal különösen az alábbi jellemzőkre szerzünk adatokat:

- Fizikai féleség, szemcseméret eloszlás, szerkezet, tömődöttség;
- Humusztartalom, szennyező anyagok koncentrációja, talaj feltűnő tulajdonságai;
- Talajvíz és duzzasztott víz jellemzői.

Ha a talaj felszínén idegen anyagot találnak, természetesen azt is mintázzák és vizsgálják kilúgozhatóság, oldhatóság, toxicitás, növényi felvehetőség szerint. Célszerű az ICP/AAS készülékkel végzett áttekintő

analízis, vagy összegzett paraméter a szerves szennyezőkre. Szükség szerint alkalmazható a Neubauer-féle csíranövény teszt. A pontfúrások, szondázások mintáit akkor célszerű összevonni, ha egységes a talajprofil, de az összekeverés előtt az eredeti minták egy részét légmentesen lezárva archiválni kell. Kontrollként a nem szennyezett területről is átlagmintákat vesznek. Amennyiben a pH 7 feletti, a karbonátok mennyiségét is meghatározzák. Kiegészítő információt adhat még az oldható sófelhalmozódásról tájékoztató elektromos vezetőképesség.

Klórozott szénhidrogének felhalmozódására utalhat a szerves halogének OX-összesített paramétere. Kidolgoztak eljárást a könnyen illó vegyületek mennyiségének becslésére is. Jelenlegi tudásunk szerint a PAH esetén nem lehet összesített vagy fő jellemzőt megadni, ezért szűrőpróbaszerűen 6 egyedi anyagot vizsgálnak. További eljárásokkal (gázkromatográfia, infravörös és ultraibolya spektroszkópia) megítélhetők a szerves szennyezők fajtái és koncentrációi. A PCB, PAH, OX esetében is széleskörű kutatási munkák indultak a környezetvédelmi célú laboratóriumi vizsgálatok és értékelési módszerek kifejlesztésére, mert a határértékek alapján történő megítélés a szerves paraméterekhez hasonlóan ma még nem megoldott.

8. A terület részletes vizsgálata

Szerves paraméterek esetén határérték túllépéskor részletes kibővített analízist végeznek, gyakran kistenyészvényes teszttel együtt. A szennyvíziszapban szokásos elemeket határozzák meg "összes" és "felvehető" tartalomra. Továbbá valamennyi talajmintában mennyiségi analízist végeznek a 6-6 PAH és PCB komponensre. Ha a szerves halogének összesített értéke (OX) nagyobb, mint azt a PCB tartalomból és a felhasznált klórozott növényvédőszer (DDT, HCH, HCB stb.) maradványai alapján várnák, vagy gyanúsítható egyéb terhelés az előzetes információk alapján, további vizsgálatokra lehet szükség.

Ilyenkor célzott analízisekkel az egyéb szerves halogénvegyületek mint az említett növényvédőszer, PCP, egyéb halogén oldószer elemzését végzik el gázkromatográfiával, elektroncsapdás detektorral stb. A PCP és PCB kiugró értékeinél, ill. egyéb szerves klórvegyületek felhalmozódásánál a mintákat PCDD és PCDF (poliklór-dibenzodioxin és -dibenzofurán) tartalomra is vizsgálni szükséges. Az analitikailag nem vizsgált vagy nem kimutatható anyagok fitotoxicitásáról a kiegészítő kistenyészvényes Neubauer-teszt adhat felvilágosítást, melyet gyakran here, fűfélék vagy gabonamagvak elemzésével végeznek.

A királyvízzel vagy tömény salétromsavval végzett elemzés az "összes" tartalmat mutatja meg, melyre határértékeket közölnek. A felvehető frakciókra megbízható határértékeket még ritkán találunk, a kiterjedt kutatások nagyszámú adataira alapozva kívánják a határkoncentrációkat megállapítani. Ez a munka a fejlett országokban különösen intenzíven folyik, de rendkívül költséges és időigényes, mert kísérleteket feltételez. Amint említettük a szerves paraméterekre sincsenek megbízható kritériumok.

A termőtalajok határérték túllépésekor (As, nehézfémek) vizsgálni szükséges a természetett növényeket. Szennyezettek lehetnek azonban azok a növények is, melyek nem szennyezett talajon nőnek, esetleg a szomszédos kontroll területen. A terhelés oka lehet pl. az immissziós terhelés, légszennyezés. A talajvizsgálatok önmagukban nem adhatnak kielégítő tájékoztatást a káros anyagok növényi felvételéről, döntéshez a növények elemzése elengedhetetlen. A fajspecifikus különbségek miatt bizonyos uralkodó fajok elemzése is szükséges, ill. a fajspecifikus különbségek miatt bizonyos uralkodó tesztfajokra korlátozzuk a vizsgálatokat. Házikertekben, kiskertekben a tulajdonosokkal egyeztetni szükséges, hogy többen azonos növényfajt termesszenek.

A fenti célokra kísérleti kerteket is létesítenek. Egyes termőhelyeken a hasznosítási módnak megfelelően az alábbi növényfajok vizsgálhatók:

- Réten, legelőn: májusi és júliusi növedék;
- Szántó földön: búza, zab, árpa, rozs szemtermése, répa, burgonya vagy a kukorica levele, köztesként természetett növények;
- Piaci természetést szolgáló kertészetben, haszonkertben zöldségfélék: paraj, zeller, káposzta, répa, saláta, hagyma stb.

A növényelemzési adatok értékeléséhez a megfelelő határértékek szolgálnak. Az eredmények és információk birtokában az alábbi intézkedések fogantathatók:

1. A növények nem mutatnak kritikus felvételt, bár a talajok szennyezettsége meghaladja a határkoncentrációkat. Ez esetben nem áll fenn a növények akut veszélyeztetése, azonban a felvehetőségi viszonyok változhatnak. Célszerű vagy előírható 5 évenként a talaj pH értékének, valamint a növényi növedék összetételének vizsgálata ellenőrzés céljából.
2. A növényekben enyhébb szennyezés jelentkezik. A szaktanácsadó szervek bevonásával ajánlások tehetők a talajok kezelésére (pl. meszezés), valamint a tiszta és pormentes termények betakarítására. Kiskertekben

és házikertekben a termesztés és a fogyasztás bizonyos elővigyázatosságot igényelhet. Esetleg korlátozni szükséges a termeszthető növények körét, azok felhasználhatóságát. A fajtaspecifikus akkumulációs képesség is nagyságrendi eltérést eredményezhet. A nagyobb Cd terhelésnél kerülnek a paraj és zeller, az Pb terhelésnél a főzelék és gyümölcsfélék termesztését. Kevésbé szennyeződnek a nem leveles termést adó zöldségek mint a paradicsom, uborka, bab, burgonya. A termés genetikailag többé-kevésbé védett a káros anyagoktól. Különösen igaz ez a gabonafélék szemtermésére, főként meszes talajú termőhelyeken.

3. Mérsékelt szennyezésnél a hasznosítást változtatjuk meg. Az élelmezési célokat szolgáló növények termesztéséről áttérünk a takarmánynövények vagy ipari növények termesztésére.
4. Takarmánytermesztésnél, legelőhasznosításnál a takarmányokra adott határkoncentrációk az irányadók. Egyes országok megengedik a helyben termelt szennyezett takarmány üzem belüli felhasználását, amennyiben károsanyag-tartalmuk nem haladja meg a határérték 2.5-szeresét. Ilyen esetben a szennyezettebb takarmányokat hígítják más szennyezetlen anyagokkal, hogy a rendeletben megadott értéket ne lépjék túl.
5. Amennyiben a fent említett intézkedések sem elégségesek, ill. a kismérvű felhalmozással jellemzett növényfajok is túllépik a megengedettet, akkor további korlátozásra kerülhet sor vagy a területet szanálni kell.

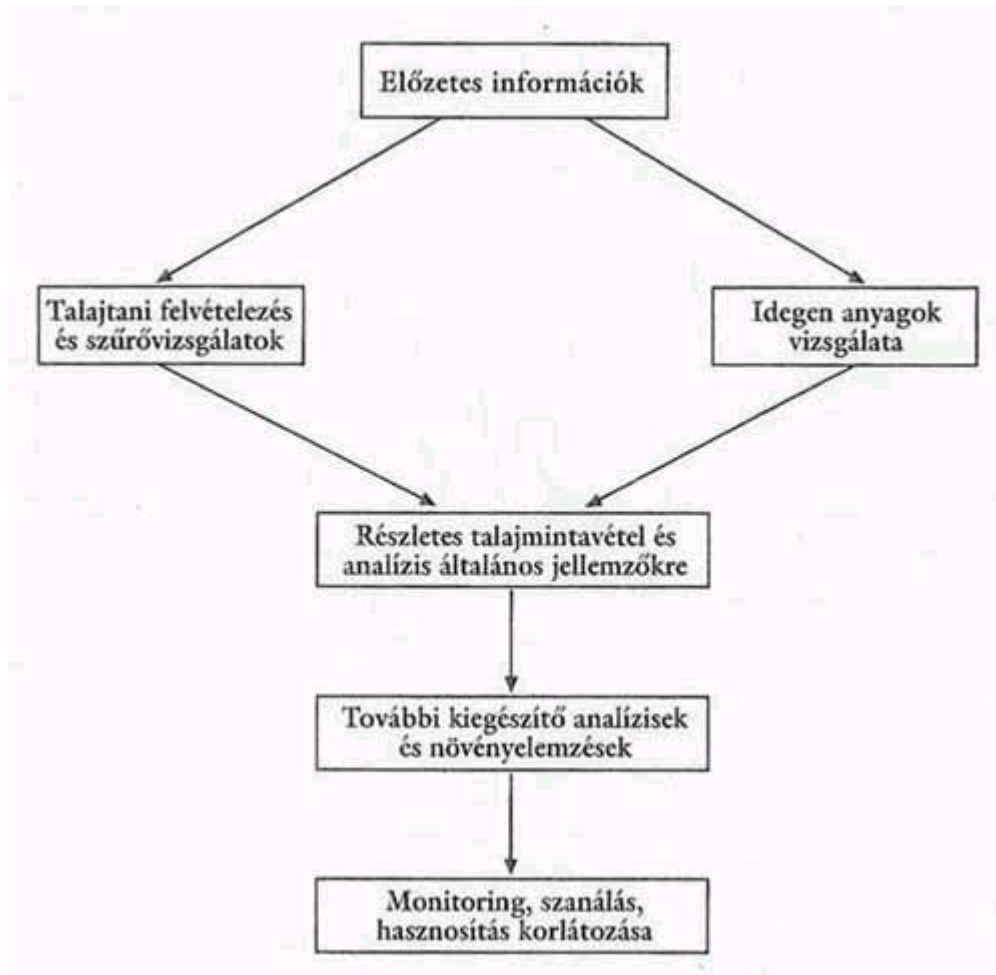
9. A talaj és a haszonnövények értékelési kritériumai:

A szerves paraméterek határértékei kizárólag arra szolgálnak, hogy a további lépéseket megítélhessük (kibővített talajvizsgálat, növényelemzés). A szanálás szükségességéről általában nem lehet dönteni csupán a talajvizsgálatokra, ill. egy-egy növényfaj vizsgálatára alapozva. A határértékeket úgy állapítják meg, hogy a savanyú és gyenge szorpció képességű talajokon se következzen be a növények veszélyeztetése. E célból nem ritkán a "gyakran előforduló tartalmak" szolgáltak viszonyítási alapként, elegendő precíz szabadföldi terhelési kísérlet hiányában.

A határértékek irányszámai több esetben eltérhetnek a talajok szennyvíziszap elhelyezésére adott terhelési értékeitől. Utóbbiak más célt követnek, ugyanis az odaszállítást korlátozzák, a további szennyezésnek szabnak határt. Savanyú homokokon pl. a Cd határértéket 2-3 ppm-ről 1 ppm-re kell leszállítani, ill. a 6.5 pH alatti talajok meszesítéséről gondoskodni szükséges szennyezett területeken, amennyiben élelmisznövények

termesztésére hasznosítják azokat. Az Pb alig mozog a talaj-növény rendszerben, ezért a határérték 300 mg/kg-ra emelhető.

11.ábra A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc vizsgálatának egyszerűsített sémája



A Zn 500 mg/kg koncentráció felett okoz nyilvánvaló növekedési zavarokat. A Ni határ-értéke 100 mg/kg, mivel zoo- és humántoxicitását időközben kevésbé tekintik súlyosnak. Az As felvétele jelentéktelen az Pb és Hg elemekhez hasonlóan, a növények koncentrációja alig nő a

talajszennyezés esetén és a fitotoxi-kus hatások is csak extrémebb terhelésnél jelentkeznek (9. táblázat).

A 9. táblázat ideiglenes határértékei kultúrnövények termőtalajaira, azaz mezőgazdasági és kertészeti művelt területre vonatkoznak. Egyéb termőhelyeken mint a rét, ugar, erdő, nádas stb., melyek nem közvetlenül az élelmiszer- és takarmánytermelést szolgálják, valószínűleg magasabb határkoncentrációk tolerálhatók. Elegendő adat és kísérlet híján azonban nem lehet határértékeket javasolni. Hazai talajainkra hasonló irányszámokat még szintén nem adhatott a kutatás.

9. táblázat

Termőtalajok ideiglenes károsanyag-határértékei haszonnövények termesztése estén, összes tartalom. (Altlasten 1990)

Elem jele	Határérték mg/kg talajban	Tápláléklánc mely tagjára veszélyes elsősorban
Tl	1	Ember és állat
Hg	2	Ember
Cd	2	Ember
As	40	Ember és növény
Cu	100	Növény és állat
Cr	100	Növény és ember
Ni	100	Növény és ember
Pb	300	Ember és állat
Zn	500	Növény

Megjegyzés: A 6.5 pH alatti savanyú és homokos talajon a Cd 1 ppm lehet.

Humántoxicitás a táplálékon, zootoxicitás a takarmányon keresztül nagyobb felvételtől eredhet. A fitotoxicitás növekedési, fejlődési depresszióban jelentkezik.

Az élelmiszerekre az egészségügyi hatáság írhat elő határkoncentrációkat, melyek átlépésekor (ha tudomására jut) kötelező a szennyezés okainak vizsgálata. A feldolgozás, csomagolás során elvileg nem kerülhetnek nehézfémek az élelmiszerekbe, így általában a csomagolt és előkészített élelmiszerekre is a 10. ill. a 11. táblázatban feltüntetett adatok a mérvadók. Az élelmiszerként hasznosított gabonafélékre a német irányelvek az alábbi káros szerves szennyezőt engedélyezik (Altlasten 1990):

- Dieldrin, endrin, heptaklór, HCB: 0.01 mg/kg
- Klórdan: 0.02 mg/kg
- DDT: 0.05 mg/kg

- Lindan: 0.1 mg/kg

A takarmánynövényekre szintén vannak határértékek az ásványi elemeket illetően. A hazai maximálisan megengedett As, Pb, Hg, Cd koncentrációkat a 12. táblázatban tüntettük fel. Az 1988. évi német takarmányrendeletben takarmányfélésekre és részben a hasznosító állatokra közlik a megengedett maximális tartalmakat (13. táblázat). Szerves szennyezőkre a német takarmányrendelet az alábbi maximális koncentrációkat engedélyezi (BGBL. I. S. 869-910, 1988):

Takarmányok szerves szennyezőinek határértékei Németországban, mg/kg

Szennyező neve	Növényi zsírok	Egyéb egyedi takarmányok
Klordan	0.05	0.02
DDT	0.50	0.05
Endrin	0.05	0.01
Dieldrin, HCB, Heptaklor	0.20	0.01
HCH: alfa	0.20	0.02
béta	0.10	0.01
gamma (Lindan)	2.00	0.20

10. táblázat

Élelmiszerek maximálisan megengedhető Hg, Pb, Cd tartalma a Német Szövetségi Köztársaságban (Bundesgesundheitsamt BGA 1986)
mg/kg friss anyagban

Élelmiszer neve	Higany	Kadmium	Ólom
Búza szem	0.03	0.1	0.3
Rozs szem	0.03	0.1	0.4
Burgonya	0.02	0.1	0.25
Fejeskáposzta	0.05	0.1	2.0
Egyéb leveles zöldség	0.05	0.1	0.8
Zöldség hajtása	0.05	0.1	0.5
Zeller	0.05	0.2	0.25

Gyökérzöldségek	0.05	0.1	0.25
Gyümölcsök*	0.03	0.05	0.5

* Magvas, csonthéjas és bogyós termés

11. táblázat

Élelmiszerek maximálisan megengedhető fémtartalma mg/kg anyagban
Kivonat a 8/1985. (X. 21.) EüM rendeletről

Élelmiszer fajtája	As	Hg	Pb	Cd	Cu	(Zn)
Liszt, gabonaőrlemény	0.1	0.02	0.5	0.1	5	(30)
Száraz hüvelyesek	0.5	0.02	0.5	0.1	x	x
Friss/fagyasztott gyümölcs	0.5	0.01	0.2	0.03	x	x
Friss/fagyasztott zöldség	0.5	0.01	0.3	0.03	x	x
Friss burgonya	0.3	0.03	0.3	0.03	x	x
Zöldség/gyümölcs üvegben	0.5	0.01	0.4	0.05	10	(10)
Zöldség/gyümölcs fémdobozban	0.5	0.01	1	0.1	10	(10)
Szárított gyümölcs	4	0.05	2	0.5	x	x
Szárított zöldség	4	0.05	2	0.3	x	x

x = Határérték nem szükséges. Kivétel a Cu és Zn tartalmú növényvédőszerrel kezelt friss gyümölcs és zöldség, ahol a megengedett maximum 10 mg/kg

12. táblázat

Takarmányok As és nehézfém tartalmának határértékei mg/kg
szárazanyagban. 4/1990. (II. 28.) MÉM rendelet

Takarmány félesége	As	Pb	Hg	Cd
Takarmány alapanyag	2	10	0.1	-
Takarmánykeverék	2	5	0.1	0.5
Zöldsiztek, répaszelet	4	-	-	-
Takarmány-kiegészítők	4	10	0.2	0.5
Alapanyag 8 % P-tartalom felett	10	30	-	0.5
Ásványi takarmány	12	30	-	0.75

13. táblázat

Takarmánynövények As és nehézfém tartalmának határértékei mg/kg szárazanyagban az 1988. évi német takarmányrendelet szerint (Altlasten 1990)

Takarmánynövények	As	Pb	Hg	Cd
Legelő-növedék, silókukorica, zöldsiztakarmányok, széna:				
- Egyedi vagy kizárólagos etetésnél (marha, birka, kecske)	2	40	0.1	1.0
- Borjú és bárányok esetén	2	20	0.1	0.5
Egyéb egyedi növényi takarmányok (gabona, répaszelet) esetén	2	10	0.1	1.0

A károsanyag-elemzésnél és a talajvizsgálatoknál a nyomelem analitikában tapasztalt szakemberek és intézmények közreműködése szükséges. A mintavétel szintén szakember jelenlétét és betanított személyzetet igényel. A mintavétel, a minták szállítása, előkészítése és analízise során a szennyeződést el kell kerülni. A vizsgálatok megbízhatóságát a vizsgált jellemzőktől, ill. az alkalmazott módszertől függően az alábbiak szerint ellenőrizhetjük:

1. A rutin analitikai eljárás mellett egy más ellenőrző módszert alkalmaznak szűrőpróbaszerűen. Az összes tartalom vizsgálatánál pl. az atomabszorpciós spektrometria kiegészítéseképpen röntgenfluoreszcenciát.
2. A vakérték meghatározásához tiszta homok vagy más talaj analízisét.
3. Körelemzésekkel külső laboratóriumok mintaanyagának analízisét.

Ismert és szabványosított módszereket szükséges alkalmazni és azokat mindig meg kell adni, közölve a kimutathatósági határokat és a szórási tartományokat is. A minőségi ellenőrzésre célszerű kötelező irányelveket kidolgozni és egy intézményt a módszertani központ feladataival (köranalízisek szervezése, helyszíni kontroll) megbízni. Speciális óvórendszabályok lehetnek szükségesek a szerves szennyezőket tartalmazó minták kezelésénél:

1. A mintavételi eszközt minden talajminta után acetonnal meg kell tisztítani;
2. A mintákat jól záródó, lehetőleg henger alakú üvegbe helyezzük. Az üvegnek ne legyen műanyag zárókupakja vagy gumi szigetelése. Újrahasznosításuk mosást, majd 0.1 N salétromsavas és tiszta acetonos öblítést igényel 110 °C-on történő szárítószekrényes szárítással bezáróan.
3. Szállítás közben a mintákat fénytől és hőtől védeni kell. Kölcsönös szennyeződésük az üvegek tökéletes zárásával küszöbölhető ki. Sötét helyen 5-15 °C-on lehetőleg rövid ideig tárolandók.
4. Az előkészítés szervesetlen paraméterekre és az alaptulajdonságok meghatározására szárítást, darálást, 2 mm-es szitán való áteresztést jelent. Mintegy 50 ml reprezentatív mintamennyiséget 100 µm-nél kisebb szemcse nagyságra őrölnek achát vagy izzított korundbetétes malmokban.
5. Szerves szennyezőknél ismeretlen mértékű elillanás, átalakulás léphet fel az őrlés és szárítás alatt, ezért a meghatározásokat friss szitált mintákból végzik. A nedvességtartalmat külön határozzák meg és az adatokat szárazsúlyra adják meg. A módszertani fejlesztés-kutatás folytatódik.

A nem élelmiszer és takarmány termésképzésére szolgáló egyéb termőhelyeken mint az erdő, rét, ugar stb. a tápláléklánc kevésbé veszélyeztetett. Két alárendelt expozíciós utat kell megemlíteni:

- Táplálékkal való felvétel bogyók, gombák és más növények gyűjtésekor;

- Táplálékkal történő felvétel vadászott vadállatok fogyasztásakor, melyek főképpen a szennyezett területen nőtt növényekkel táplálkoztak.

A talajvizsgálatokat hasonló alapelvek és eljárás szerint végezzük, mint a kultúrtalajoknál. A növényvizsgálatokat növénytársulás felvételezéssel kell kiegészíteni. A fogyasztott gombákat és a vadállatokat célszerű közvetlenül is megvizsgálni. Kísérletek és vizsgálatok hiányában nehéz minősíteni a vadon termő növényeket. Alapul vehető a nem szennyezett kontroll terület hasonló fajokból álló növénytársulása. A takarmánynövényekre adott határértékek is orientálhatnak, bár itt jelentős biztonsági tényezőt is beépítenek a határértékekbe.

Ami a szükséges beavatkozásokat illeti, szintén a kultúrtalajokra leírtak lehetnek mérvadóak. Fontos szempont a pH szabályozása és ellenőrzése, mivel az erdőtalajok, mezőgazdaságilag vagy kertészetileg nem hasznosított termőhelyek gyakran erősen elsavanyodtak. Környezetvédelmi szempontból felmerülhet e területek meszezésének szükségessége. Erdők és rétek újratelepítésekor fontos olyan fű- vagy fafajok kiválasztása, melyek károsanyag-felvétele csekély. A faj- ill. fajtaspecifikus akkumulációs különbség a vadontermőknél is nagyságrendi lehet.

10. Kockázatbecslés építmények szennyezése esetén

Építmények alatt értendő bármilyen építészeti műtárgy mint pl. utak, hidak, épületek, csövek, vezetékek, árkok stb., melyek állagát vagy funkcióját a szennyezés veszélyeztetheti. A szennyezők fizikai, kémiai és biológiai hatást gyakorolnak az építményekre:

Fizikai hatás: Üledékek, lerakódások, csuszamlások, betemetések. Az elmozdulások következtében repedések keletkeznek a műtárgyakon, melyeken gázok áramolhatnak be és felhalmozódva egészségkárosodást okozhatnak.

Kémiai hatás: Érintkezés agresszív szennyezőkkel. A szivárgó szennyvíz vagy depónia gáza is megtámadhatja a betont, műanyagokat, fát, acélt vagy szigetelő anyagokat. A kémiai hatás általában közvetlenül savak, sók, zsírok, olajok, szerves oldószerek formájában nyilvánul meg.

A műtárgyak kémiai befolyás alá kerülnek, ha közvetlenül érintkeznek káros anyagokkal vagy ha a káros anyag közvetetten kerül oda

talajbani vándorlással, esetleg bolygatott szennyezett talajjal való feltöltés útján. A kémiai támadási pontok az alábbiak lehetnek sók és savas vagy lúgos oldatok agresszivitása miatt:

- Fémek: korrózió, fém feloldásával járó kémiai reakciók;
- Nemesfémek: anyag oldódásával vagy duzzadásával járó kémiai reakciók;
- Szerves anyagok: anyag oldódásával, tágulásával vagy összehúzódásával járó kémiai reakciók

A biológiai befolyás okozói a mikroorganizmusok, gombák és algák lehetnek.

A káros anyag fő szállítóközege a víz. A szivárgó vízzel a szennyező anyag gázokat képezhet (pl. H_2S), melyek savas oldatokkal a tartószerkezetet károsítják, ill. egyaránt agresszívek a betonra és az acélszerkezetre is. A szerves oldószerek különféle szigeteléseket rongálhatnak. A vízszint ingadozásakor, szerves hulladék lebomlásakor ülepedések, süllyedések léphetnek fel, terep- és lejtőbeszakadások fordulhatnak elő. A fizikai, kémiai és biológiai hatás együtt, egymást átfedve jelentkezhet, a feltáráshoz alaposan ismerni kell a helyi sajátosságokat.

Korábban pl. a hulladéklerakókat minden különösebb korlátozás nélkül hasznosították, rajtuk lakóházak, kiskertek, játszótérek létesülhettek. Az építési engedélyhez mindössze az állag biztonságát igazoló okmányt kellett mellékelni, az egyéb lehetséges káros hatásokat nem vették figyelembe. A veszélyeztetést befolyásoló tényezők között meg kell említeni:

- A károsanyag féleségét és koncentrációját;
- Az agresszív közeg utánpótlási sebességét, mennyiségét;
- Az építmény minőségét, állagát, ellenállóképességét,
- valamint a már taglalt fizikai és biológiai tényezőket.

A tájékoztató fázisban helyszíni vizsgálatokat végeznek és feltárják az építmények lehetséges veszélyeztetési útjait. Tisztázandó, hogy milyen beavatkozások szükségesek ill. alkalmasak a műtárgyak és a benne lakók megóvására. A fontosabb szennyezőket oldhatóság, gőznyomás, valamint fizikai-kémiai diffúziós viselkedésük szempontjából jellemezni szükséges. Az adatokat a környezeti paraméterekkel (hőmérséklet, csapadék, szél-erősség, mechanikai behatás) összekapcsolva következtethetünk a lehetséges emissziókra.

A beavatkozások célja legtöbbször, hogy a műtárgy anyagának ellenállását megőrizzük. E célból igyekeznek a kritikus szennyező közeget megváltoztatni, ill. külön speciális védőidomot vagy védelmi rendszert kiépíteni. Legfontosabb azonban a megfelelő minőségű, jó ellenállóképességű építőanyag megválasztása. A kiválasztás során az alábbi anyagok jöhetnek számításba: beton és egyéb cementtermékek, fémek, bitumen és aszfalt, téglá, fa, gumi, műanyag. A kiválasztás szempontjai:

- Az anyag élettartama, mechanikai behatással és korrózióval szembeni ellenállása;
- A támadó vegyület fajtája és mennyisége;
- Tervezett építési mód és hatása a területre;
- Talajvíztől való távolság, ill. összeköttetés a talajvízzel;
- Pótlólagos szigetelő és védő rendszerek;
- Hosszú távú ellenőrző és figyelő rendszer (monitoring)

A szennyezés-gyanús területek védendő építményein túl egyre gyakrabban arra kell választ kapni, vajon ilyen talajon építhetők a jövőben lakóházak, emberközeli egyéb műtárgyak? Mindez érinti a tervezőket, az engedélyeket kiadó önkormányzatokat is. Figyelembe kell venni, hogy egy sor nehezen becsülhető kockázattal kell számolni. A ma még esetleg kármentesítésre nem szoruló terület a beavatkozás nyomán remediációra, szanálásra szorulhat. Az építési tevékenység áttörheti a fedőréteget és a talpréteget, a bolygatott talaj aerobbá válhat, kiszabadulhatnak a szilárd, folyékony és gáz alakú szennyezők (egészségkárosodás, robbanásveszély).

Abszolút elfogadott ezért, hogy a hulladéktárolókon tilos az építkezés. Ez alól kivétel csak akkor tehető, ha a veszélyhelyzet véglegesen megszüntethető biztonsági intézkedésekkel:

- Depónia felületének repedésmentes leszigetelése az épület körzetében;
- Pince építésének tilalma, levegőztetés biztosítása az épület és a talaj között;
- Gázmentesítés, vezetékek szigetelése;
- Zárt helyiségekben jelző- és mérőkészülékek elhelyezése;
- Elektromos készülékek, szerelvények robbanás elleni védelme;
- Meglévő építmények rendszeres utóellenőrzése.

Indokolt különböző szakterületek tapasztalt szakértőinek bevonása veszélyelhárítás céljából. Magától értetődő valamennyi szakhatóság és önkormányzati testület részvétele is. A biztonsági és kárelhárítási beavatkozásokat belátható idő alatt el kell végezni az alábbiak szerint:

- Károsanyag-terhelésnek csökkentése tolerálható mértékig;
- Biztosítás, amíg a megfelelő remediáció elvégezhető;
- Veszélyeztetési utak megszakítása;
- Szennyezett terület meg nem engedett hasznosításának tiltása.

A beavatkozás hatékonyságát az a veszélyeztetési fokozatkülönbség adja meg, amely a beavatkozás előtti és utáni állapotot jellemzi. A megfelelő eljárás kiválasztásának kritériumai lehetnek:

- A védelmi célkitűzés elérhetősége, technikai igényessége;
- Az eljárás biztonsága, ellenőrizhetősége (munka-, személyi- és balesetvédelem);
- Megvalósíthatósága a helyi körülmények között: meglévő építmények, térbeli korlátok, hozzáférhetőség, talajtani és hidrológiai viszonyok;
- Depóniák megléte az eltávolítandó anyagok számára;
- Esetlegesen képződő szennyvíz eltávolításának lehetősége;
- Beavatkozás időigénye és költségessége;

A remediációs eljárások egy része csak lassan fejti ki hatását, mint pl. a hidraulikus talajvíz tisztítása, mikrobiológiai eljárások. Más részük hatékonysága az idővel csökkenhet mint pl. a védőidomok tömítő hatása. A biológiai eljárásoknál különösen indokolt lehet az alkalmasságról előkísérletekkel meggyőződni. Fontos a beavatkozások környezetre (ember, állat, növény, víz, talaj, levegő) gyakorolt hatását előre felbecsülni. Minden esetben vizsgálni kell, hogy

1. lehetséges vagy egyáltalán szükséges-e adott károsanyagot feltétlenül eltávolítani?
2. nem indukálnak-e újabb szennyezést, veszélyhelyzetet? Pl. az illékony klórozott szénhidrogénnel telített talajlevegőt kiemelve elvégezhető-e a szennyezett levegő tisztítása?
3. a talajok kitermelése csak extrém esetekben alkalmazható eljárás. Más módon és elviselhető ráfordítással a károsanyag hatása valóban nem mérsékelhető?
4. elkerülhető-e a talajvízháztartás, a biotópok, a természetes táj károsodása?
5. beszerezhető-e a szükséges engedélyek, hatósági hozzájárulások?

Minden kiválasztott variáns esetén meg kell becsülni a várható költségeket:

- A telek és a lerakóhely költségei;
- A beruházási, bérleti, kártalanítási költségek;
- Az illetékek, leírások, tőkeszolgáltat kiadásai;
- Üzemi költségek mint a kezelés, javítás, karbantartás;
- A vizsgálatok és elemzések, valamint a készülékek készenléti díja;
- Mérnökirodák és szakértők honoráriumai;
- A hatósági és saját ellenőrzés költségei hosszú távon.

Fel kell becsülni a költségek várható hatékonyságát költség-haszon analízissel. A természettudományos és technikai szempontokon túl a beavatkozásnak pénzügyileg is reálisnak kell lennie amellet, hogy a kockázatot az elfogadható mértékre csökkenti. (Ritkán lehet olyan eljárást elrendelni, mely teljes tisztítást céloz.) A szükséges állapotot a leggazdaságosabb feltételekkel kell megvalósítani a hasznosítási célnak megfelelően. Az illetékes közigazgatási vagy környezetvédelmi hatóság az intézkedés meghozatalakor valamennyi mértékadó szempontot körültekintően méltányolni köteles és a viszonylagosság alapelveiből indulhat ki.

Meg kell határozni a remediációs célokat. Az elrendelés csak olyan intézkedésekre vonatkozhat, melyek technikailag és gyakorlatilag kivitelezhetők. Az elrendeléssel együtt a hatósági engedély is kiadható, amennyiben nincs külön akadálya (pl. nyilvános meghallgatás előírása stb.). A kármentesítés céljait részletesen ki kell dolgozni, kivitelezési tervet kell készíteni. A remediációra kötelezett az alábbi dokumentáció benyújtásával folyamodik engedélyért:

1. A beavatkozás részletes ismertetése, magyarázó szöveggel és számításokkal;
2. Határidő és időpont tervek, kivitelezési tervek, részletes tervek;
3. Engedélyeztetési kérelmek;
4. Javaslatok átvételkori és közbülső ellenőrzésekre, utógondozásra;
5. Biztonsági intézkedések és egyéb dokumentációk.

A talajtisztítási intézkedések egy vagy több hatósági engedélyezést feltételeznek és több jogi területet érintenek (vízügyi, hulladékgazdálkodási, immisszió védelmi, bányászati, természetvédelmi, munkavédelmi jogszabályok). Gondolni kell harmadik személy esetleges érdekvédelmére, valamint a terület használatba vételi engedélyére. Mivel egészségre káros

vagy veszélyes anyagokkal dolgoznak, a munkavédelmi követelményekre (kesztyű, munkaruha, esetleg gázálarc stb.) különösen oda kell figyelni.

11. Talajtisztítási munkák kivitelezésének ellenőrzése

Az ellenőrzésnek ki kell terjednie a munkák minden fázisára, a technikai irányításra, a környezetre gyakorolt befolyás vizsgálatára, a hatékonyságra, valamint a bizonylatolási fegyelemre. Példaként a feltárás során elvégzendő vizsgálatokra utalunk:

- Talaj- és vízmintavételi helyek kijelölésének, térképezésének ellenőrzése;
- A mintavételi eljárások ellenőrzése;
- A minták előkészítésének és vizsgálatának ellenőrzése;
- A talajvízszint és folyási irány ellenőrzése;
- A vízmennyiség becslésének ellenőrzése szivattyúzási munkákat megelőzően;
- A környezet levegőjének ellenőrzése;
- Ülepedéseknél, földcsuszamlásoknál szakértők bevonása;
- A balesetvédelmi előírások betartásának ellenőrzése;
- Közbülső dokumentáció, könyvelés ellenőrzése (kísérő jegyzőkönyvek stb.);
- Legfontosabb munkafázisok fényképes dokumentációja.

A talajtisztítási munkák eredményességét külön szükséges vizsgálni. Erre már az előzetes tervezésnél gondolni kell a megfelelő kritériumokat szem előtt tartva:

1. Olyan reprezentatív mintavétel szükséges, amely megbízhatóan képes bizonyítani a beavatkozások hatását, a veszélyeztetettség csökkenését.
2. Meg kell adni azt az időtartamot, ami után a határkoncentrációk már nem fordulhatnak elő a talajvízben, valamint a maximum értékek lehetséges előfordulási gyakoriságát statisztikailag jellemezni szükséges.
3. A műtárgyak, védőidomok hatékonyságát megfelelő próbákkal, helyszíni kísérletekkel kell ellenőrizni. Ilyen kontroll lehet a tömítőfalak tömítőképességének vizsgálata szivattyúzási kísérletek segítségével stb. Esetleg talajvíz-megfigyelő kutak működtetése is indokoltá válhat.

Megfontolandó, hogy a későbbi ellenőrzés céljából mely létesítmény őrzendő meg, ill. kell-e új létesítményeket emelni. Az utógondozás kidolgozott ellenőrzési tervet igényel, melyből nyilvánvalóvá válik a soron következő vagy eljövendő vizsgálatok módszere, ideje, terjedelme. Az ellenőrzések gyakoriságát, mikéntjét, terjedelmét az illetékes hatóságnak kell(ene)

előírnia szakértői és szakhatósági konzultációkat követően. Természetesen azon szakemberek tapasztalata értékes különösen az utógondozás (monitoring) terén, akik a feltárásnál is jelen voltak.

Az utógondozás során az alábbi ellenőrző intézkedések lehetnek fontosak:

- A talaj és a felszíni vizek minőségének megfigyelése;
- A gáz és por emisszió ellenőrzése;
- A flóra és a helyi fauna fejlődésének ellenőrzése;
- A növények károsanyag-tartalmának ellenőrzése;
- A talajtisztítási intézkedések hatékonyságának ellenőrzése;
- A rézsük stabilitásának ellenőrzése;
- A telepített ellenőrző berendezések állapotának és működőképességének felülvizsgálata;
- Lényeges változások megfigyelése (pl. szivárgó víz kilépésének ellenőrzése).

Szükség szerint a fenti vizsgálatok alapján szabályos időközönként felülbírálnak a teljes veszélyeztetettség. A mindenkori legújabb mérési eredmények és megfigyelések az újraértékelést szolgálják. A szennyezett területre vonatkozó adatok, információk, tapasztalatok jelentős értéket képviselnek. Alapvető igény, hogy az információ hosszú távon megőrződjön és hozzáférhető legyen. A helyi közösség, önkormányzat az építési-jogi eljárásaiba, terveibe a felhalmozott ismeretanyagot be kell, hogy építse.

V. HULLADÉKGAZDÁLKODÁS

1. A hulladékgazdálkodás alapelvei és környezeti hatása

Éves szinten a hazánkban keletkező nem veszélyes termelési hulladék és melléktermék mintegy felét, a begyűjtött szilárd települési hulladék közel 90 %-át nem dolgozzák fel. A hasznosított termelési hulladék értéke mindössze 3-4 %-a az éves termelői anyagfelhasználásnak. A hulladékgazdálkodás az elkerülhetetlenül keletkező hulladék megfelelő gyűjtését és hasznosítását, ill. ártalmatlanítását jelenti. A súlypont a hulladékszegény technológiákra, környezetbarát termékekre, anyag- és energiatakarékosságra helyeződik. A hulladékok eredet, veszélyesség és halmazállapot szerinti csoportosításáról a 14. táblázat nyújt áttekintés

14. táblázat

Néhány példa hulladékok eredet, veszélyesség és halmazállapot szerinti csoportosítására (In: Thyll 1996)

Halmazállapot szerint	Eredet szerint a hulladék		
	Települési	Termelési	Veszélyes
Szilárd	Háztartási és utcai szemét	Ipari, állati eredetű hulladék és trágya	Ipari salakok, porok, törmelékek
Folyékony	Kommunális szennyvíz	Ipari szennyvizek olajok, hígtrágya	Festékek, trafóolaj, savak, lúgok, oldatok
Iszapszerű	Szippantott iszap, szennyvíziszap	Ipari eredetű szennyvíziszap	Ipari eredetű galvániszapok
Gáznemű	Lakóházak fűtési füstje	Ipari füstök és gázok	Vegyipari, olajipari gázok és füstök

Veszélyesnek minősül a hulladék, ha a jogszabályokban előírt határértékeket meghaladó mennyiségben tartalmaz mérgező, rákkeltő, sugárzó, azaz egészségkárosító anyagokat. A radioaktív vagy radioaktív szennyezett hulladékok külön kategóriát képeznek és külön kezelendők. A hulladékkezelés során három osztályt különböztetnek meg veszélyességükből kiindulva:

- I. kezelési osztály: Komposztálható vagy elégethető, háztartási hulladékokkal együtt kezelhető hulladékok.
- II. kezelési osztály: Csak elkülönített hulladéklerakóhelyen tárolható és külön kezelést igénylő ipari, speciális üzemi hulladékok.
- III. kezelési osztály: Veszélyes (gyanús) hulladékok külön kiépített veszélyeshulladék-lerakó telepeken helyezhetők el, kezelésük szigorú előírások szerint.

A kommunális hulladékok kezelésének általános fázisai a gyűjtés, elkülönítés (szeparálás), előkezelés, átmeneti tárolás, szállítás és elhelyezés (lerakás) vagy hasznosítás. A háztartási szemét szelektív, szeparált gyűjtése néhány fejlett ország kivételével világviszonylatban sem megoldott, bár a szilárd hulladék kevert gyűjtése egyre tarthatatlanabbá válik. Különösen kerülni kell az eltérő kezelési osztályba tartozó hulladékok összekeverését. Bármilyen toxikus vagy sugárzó anyag néhány köbmétere több száz köb-méter nem veszélyes hulladék, szennyvíz vagy szennyvíziszap hasznosíthatóságát akadályozhatja meg, melyek egyébként a természetes biológiai tisztítással együttjáró mezőgazdasági hasznosítási technológiát igényel-nének (Vermees 1992).

Amennyiben a hulladék nem szállítható közvetlenül a felhasználás vagy a végleges lerakás helyszínére, átmeneti tárolóhelyet kell létesíteni. A tárolás átmeneti jellegére ugyanazon szabályok és műszaki irányelvek érvényesek, mint a végleges deponálásra. Az átmeneti tároló nem jelenthet veszélyt a környezetre. A hulladékok felszíni járműveken való szállítását nemzetközi egyezmények szabályozzák. A nemzetközi előírásokat a hazai rövidebb távolságú rendszeres hulladékszállításoknál is be kell tartani. Minden eszközzel meg kell akadályozni az ellenőrizetlen ürítések és fekete-fuvarok lehetőségét a társadalmi károkozás nagy jelentőségére tekintettel.

A veszélyes hulladékot csak zárt csomagolásban és speciális járművön szabad szállítani, feltüntetve csomagolásán a tartalmát és a veszélyességi fokozatra utaló nemzetközi jeleket, kódokat. A szállítmányok csak fuvarlevéllel továbbíthatók, kiemelten betartva a biztonsági rendszabályokat. A járművek vezetőit és kísérőiket előzetesen ki kell oktatni a tűz- vagy baleset alkalmával teendő intézkedésekre.

2. Települési hulladékok kezelése és elhelyezése

Korábban világszerte elterjedt gyakorlat volt a szabálytalan nyílt lerakás, amikor terepmélyedésekben, üregekben, vagy egyszerűen a talaj felszínén helyezték el a szilárd hulladékot, mindenféle egyengetés, tömörítés, takarás nélkül szórták a szemetet a kijelölt vagy elhagyott területre. Ez a módszer higiénés és környezetvédelmi okokból még a településektől, víznyerőktől nagy távolságban sem fogadható el. Porral szennyeződhet a környező légkör és a tágabb régió, a bűzös szag nagy távolságban is érezhető, szennyeződhet a talaj és a talajvíz, a takaratlan laza hulladéktömeg vonzza a rovarokat és rágcsálókat, potenciális fertőzésveszélyt jelent az élővilágra és esztétikailag is romboló hatású.

A szabályozott vagy rendezett lerakás során eleget tesznek az egészségügyi és környezetvédelmi követelményeknek. A módszer olcsó és egyszerű, ezért általánosan elterjedt. A hulladékot alkalmas helyen, ellenőrzött módon, rétegesen rakják le, a lerakott anyagot egyengetik és tömörítik. A rétegek vastagsága 2-4 m, minden réteget inert takaróanyaggal (salak, talaj, építési törmelék) 10-15 cm vastagon borítanak a lerakást követő 24 órán belül. A hulladék 30-70 °C-ra felmelegszik, a káros mikroorganizmusok többsége, a tetanuszbaktériumok kivételével elpusztul. A depónia felszínére végül a rekultiváció igényeinek megfelelően 1-2 m vastag talajréteg kerül, amely a növények megtelepedését lehetővé teszi.

Szabályozott hulladéklerakónak alkalmas terület lehet:

- Erdő- és mezőgazdasági célokra nem hasznosítható területek;

- Állandóan vízmentes homok-, kavics- és agyagbányák területei;
- Külszíni fejtés után visszamaradt értéktelen bányaterületek;
- Tájképet rontó természetes horpadások, lejtők.

Feltételesen alkalmasak lehetnek a külön erre a célra kialakított gödörök és árkok, köfajtók és völgyek, terméketlen mezőgazdasági területek. Ugyanakkor nem alakíthatók ki hulladéklerakók az alábbi térségekben:

- Ivóvízbázisok védőövezeteiben, vízgazdálkodási védett területeken;
- Árvíz- és belvízveszélyes övezetekben;
- Tájvédelmi és természetvédelmi területeken;
- Védett erdőkben, üdülőövezeti vagy üdülőerdőkben;
- Víz alatt álló vagy víz alá kerülő homok-, kavics- és agyagbányákban.

A depónián átszivárgó vizek és a keletkező gázok jelentik a legfőbb gondot. A szivárgó vizek ammónium vegyületeket, nitrátokat, egyéb sókat, nehézfémeket, zsírsavakat, baktériumokat tartalmaznak. A kimosódás 3-7 évig is intenzíven tarthat hazai viszonyaink között, és a csapadék 10-50 %-a átjuthat a depónián. A mikrobiális bomlással keletkező gázok a talaj pórusain keresztül nagy távolságra juthatnak, kiszorítják a talajlevegőt, károsítják a növényzetet és növelhetik a kevésbé oldódó anyagok mobilitását. A káros hatások kiküszöbölése céljából a lerakóhely kijelölésekor figyelembe veszik a településekhez és infrastrukturális létesítményekhez viszonyított helyzetet, a geológiai és hidrológiai jellemzőket.

Amennyiben hiányzik a természetes vízzáró réteg és a talaj természetes öntisztuló képessége nem megfelelő, mesterséges szigetelésről gondoskodnak és a szivárgó vizeket drénhálózat segítségével elvezetik. A talajvíz áramlási irányára merőlegesen megfigyelőkutakat, a ráfolyási irányban pedig kontrollkutakat létesítenek a vízszennyező hatás ellenőrzésére. A zaj és a levegő szennyezésének csökkentésére a lerakót 8-15 m fásított területsávval veszik körül. A lerakás befejezésével helyreállítják a tájképet egy előzetesen elkészített rekultivációs terv keretében. A feltöltött terület hasznosításának legcélszerűbb és legolcsóbb módja a füvesítés vagy fásítás. Ehhez megfelelő talajtakaró réteggel való borítás szükséges. Idővel lehetővé válik a mezőgazdasági hasznosítás, kialakítható a felszínen sportpálya vagy játszótér is. Természetesen csak a talajszennyezettség megítélését követően, melynek mértékadó kockázati mutatóit, emlékeztetőül, a 15. táblázat tekinti át.

15. táblázat

Mértékadó kockázati mutatók a talajszennyezettség jellemzésére
(Vester 1993)

Határérték típusai	Kockázati szint	Szabványi jelölés
Referencia/alapérték	Elhanyagolható	A-érték
Terhelési határérték	Tűrés felső határa	B-érték
Beavatkozási érték	Súlyos veszélyhelyzet	C-érték

Az egyedi derítőkől, házi szennyvíztárolókból, csatornatisztításból származó és rendszeren szippantókocsikkal szállított folyékony és iszapszerű hulladékok szabálytalan elhelyezése a szilárd hulladékoknál is nagyobb veszélyt jelenthet a környezetre. A szilárd hulladéokra való lerakás, a szemétre való ürítés veszélyforrásnak minősül és nem tekinthető ártalmatlanításnak. Csak a független elhelyezés, vagy a szemét és a szippantott szennyvíz(iszap) együttes komposztálása engedhető meg.

Az illetékes egészségügyi és vízügyi hatóságok, valamint a közcatorna üzemeltetőjének előzetes engedélyével a folyékony települési hulladék a közcatorna hálózatba üríthető. Abban az esetben, ha a hulladék a csatornahálózat állagát, az ott dolgozókat vagy a csatornamű tisztítóberendezésének rendeltetésszerű működését nem veszélyezteti. Az engedély meghatározza az ürítési pontokat és az ürítés módját, valamint a folyékony hulladék mennyiségét és minőségét. Ahol a közüzemi szennyvíztisztító telepen az iszapkezelés megoldott, a folyékony hulladék a közcatornába ürítéssel azonos feltételek mellett közvetlenül a tisztítótelepre szállítható és a tisztítási technológiába illeszthető. Ekkor a fogadó tisztítótelep rendszerint bizonyos előkezelést is végez (Bakos 1996).

A folyékony hulladékot fogadó telepek, szennyvíztisztítók területigényes beruházások. Telepítésük a területfelhasználási, építési és használatbavételi engedélyezés szabályai szerint történik a környeztvédelmi, vízügyi és egészségügyi követelményeknek megfelelően. A telepet zárhatóan körülkerítik és a kerítésen belül 15 m széles fás védősávval látják el. Gondoskodnak a csapadék elvezetéséről, megfelelő úthálózat kiépítéséről. A zárt telepről hulladék kezeletlenül nem kerülhet ki, szennyvíz nem folyhat el. A telepen a hulladékok deponálására, szikkasztására, komposztálására egyaránt sor kerülhet, ezért alkalmassá kell tenni e funkciók ellátására. A fő feladat azonban a hulladék ártalmatlanítása, nem trágya előállítás.

3. Veszélyes hulladékok kezelése és elhelyezése

A nemzetközi egyezmények általában anyagelvű listákat tartalmaznak, míg hazánkban technológiai eredet centrikusan csoportosítjuk a veszélyes hulladékokat:

- Növényi és állati eredetűek mint pl. a cserzőüzemi iszap, szappangyártás lúgos maradéka;
- Ásványi eredetű pl. a vörösiszap, azbesztpor, faüzemi cianidtartalmú iszap;
- Kémiai eljárás során keletkező hulladékok mint pl. a galvániszapok, hulladék savak, halogéntartalmú szerves oldószerek;
- Egyéb speciális kórházi, radioaktív stb. hulladékok.

A termelő köteles a veszélyes hulladékkal összefüggésben az alábbiakra:

1. Fajtánként elkülönítve gyűjteni és biztonságos átmeneti tárolásukról gondoskodni a keletkező anyagoknak;
2. A hulladékok keveredését és a környezet szennyezését kizáró szállításukról gondoskodni;
3. Tevékenységéről anyagmérleget készíteni és a munka megkezdését követő 60 napon belül bejelentést tenni a keletkező veszélyes hulladék fajtájáról, mennyiségéről és kezeléséről;
4. Évente március 31-ig részletes változásjelentésben beszámolni a területileg illetékes környezetvédelmi hatóságnak;
5. Jelenteni kell a hulladék gyűjtésének, átmeneti tárolásának, ártalmatlantításának módját, a kezelő berendezések kapacitását és kihasználtságát.

A veszélyes hulladékok elhelyezésére különlegesen kialakított telepet kell létesíteni. Az első ilyen telep Aszód-Nagyvölgy térségében épült meg és 1989 óta fogadja a következő I. és II. veszélyességi kategóriába tartozó hulladékokat: Az I. veszélyességi osztály hulladékai mérgek, galvániszapok, savas és lúgos iszapok, festékiszapok stb., melyeket kis konténerekben vagy acélhordókban tárolnak vagy szállítanak. A II. veszélyességi osztályba ömlesztett veszélyes hulladékok tartoznak (műanyag hulladékok, olajos iszapok; gipsz-, foszfát- és fémtartalmú iszapok).

A kiemelten veszélyes hulladékot tartalmazó göngyöleget vasbeton tálcán tárolják, majd betonba ágyazzák. A víztelenített ömlesztett hulladékot 4 m mély és 1 m vastag agyagszigeteléssel védett földmedencében hulladékfajtánként elkülönítve tárolják. A megtelt tárolókat vízzáró szigeteléssel zárják le, majd rekultiválják a felszínt. A tárolók alatt szivárgókat építenek, a telepet 100 m széles védő erdősáv, övások, valamint megfigyelőkutak veszik körül. Havária esetére külön szennyvízkezelő szolgálja a keletkező szennyvíz tisztítását. A közeljövőben 6 hasonló végleges veszélyeshulladék lerakótelep és 19 megyei átmeneti tároló építését tervezik Magyarországon (Bakos 1996).

4. Mezőgazdasági hulladékok kezelése, elhelyezése és hasznosítása

Évente mintegy 100 millió tonnára becsült melléktermék és termelési hulladék keletkezik Magyarországon, melyhez 20-25 millió t szilárd és folyékony települési hulladék járul. A mezőgazdaság kb. 60 millió t hulladékot termel, azaz a keletkező összes (termelési + települési) hulladék közel 50 %-a a mezőgazdaságból származik. A mezőgazdasági hulladékok fele, mintegy 30 millió t, nem megfelelően kezelt és hasznosított. A 15 millió t növényi és a közel 45 millió t állati eredetű melléktermékre egyaránt vonatkozhat az 50-50 % körüli hasznosítás.

A növénytermesztés melléktermékeit takarmányozásra vagy a talaj trágyázására használják fel, esetenként ipari módszerekkel fehérjedús takarmánykiegészítőket készítenek. Nagyobb gondot okoz az iparszerű állattartás során keletkező nagymennyiségű hígtrágya elhelyezése. A hagyományos konzisztenciájú szerves trágya mennyisége 20-40 millió t évenként, melynek közel felét a szarvasmarha trágyája teszi ki, a többit a sertés- és baromfitartás eredményezi. A mezőgazdasági hulladékok iparszerű hasznosítására számos technológiát dolgoztak ki, így pl.

- baromfitrágyából húgysav előállítása;
- szalmából cellulóz gyártása;
- napraforgó tányérjából pektin előállítása;
- boripari törkölyből cserzőanyagok gyártása;
- rizs és napraforgó héjából furfurool kinyerése;
- dohányipari hulladékból ipari nikotin előállítása.

A mezőgazdaság hulladékait takarmányozásra, trágyázásra, ill. talajjavításra hasznosítják elsősorban. Mivel ezek szerves anyagok, energetikai célokat is szolgálhatnak. Tüzelésre alkalmas a fanyesedék, szalma, nád, napraforgó és a kukorica szára stb. Fűtőértéküket elsősorban a szénttartalom határozza meg, mely általában 50 % alatti, alacsony a kőszenek 80-90 %-os készletéhez viszonyítva. A fa és a szalma O és C készlete közel azonos. A szalmából préselt biobrikett hagyományos tüzelőberendezésekben jó hatásfokkal égethető, hamuja környezetbarát, füstjének nincs kéntartalma. A napraforgómag héját a növényolajipari vállalatok tüzelésre használják.

A nagy cellulóztartalmú növényi részeket gyakran zárt térben magas hőfokon gázosítják. A hulladékok mintegy 80-90 %-os hatásfokkal gázosíthatók, a nyert gáz fűtőértéke a földgázénak 15-20 %-a. A pirolízis olyan közepes tökeigényű technológia, amely a növényi hulladékot éghető gázzá

alakítja levegőhiány mellett fellépő részbeni elégetés, ill. oxidációs hő hatására. Másik ismert eljárás a biogáz előállítás, melyre bármilyen természetes eredetű szerves anyag (szennyvíziszapok, szerves trágyák, háztartási és növénytermesztési hulladék) alkalmas. A gázképződéshez a következő feltételek szükségesek:

- Kellő mennyiségben és folyamatosan utánpótlódó hulladék szervesanyag;
- Levegőtől elzárt (anaerob) környezet;
- Állandó kiegyenlített hőmérséklet és folyamatos keverés;
- Metánbaktériumok jelenléte, valamint a
- Metanogén és acidogén baktériumok megfelelő aránya.

A tapasztalatok szerint 25-30 napos erjesztési idő alatt 1 t szárazanyagból átlagosan 300-500 m³ gáz nyerhető 60 % metán és 40 % széndioxid összetétellel. Az anaerob rothasztás nyomán a colibaktériumok száma néhány tizedszázalékra csökkenhet, a kórokozók, férgek, férgek petéi és a gyommagvak nagyrészt elpusztulnak vagy a fermentáció során életképességük erősen csökken. A szakaszosan működő berendezéseket egyszer töltik meg hulladékkal és oltóiszappal, míg a folyamatos töltésnél a kirothadt iszapot kiszorítják a fermentáló tartályból, oltásra nincs szükség és a gáztermelés közel állandó. Mivel a gáztermelés és a fogyasztás nem esik egybe, puffertartályokat (gáztárolókat) kell építeni. A jövőben elképzelhető a települések kommunális és mezőgazdasági hulladékainak együttes anaerob fermentációja és az így nyert biogáz sokoldalú hasznosítása. Az energetikai célú hasznosítás (pirolízis, égetés, biogáztermelés) a korábbi olcsó energiaárak, valamint a beruházások tökeigényessége miatt ma még nem jelentős.

A nagyüzemi állattartó telep létesítésekor be kell tartani a megfelelő óvórendszabályokat. Mindez nemcsak a telep érdeke, hanem a szag- emisszió miatt a település védelmét is jelenti. A jobb izolálást szolgálja az állattartó üzem bekerítése és védő erdősávval való ellátása. A kapuban, a bejáratnál biztosítani kell a személyek és járművek fertőtlenítéséhez szükséges felszerelést. A trágya kezelését és az állati hullák biztonságos elhelyezését a telepen kívül kell megoldani. Az állati hulla veszélyes hulladéknak minősül és nyilvántartási kötelezettség alá esik. A kötelező nyilvántartásnak tartalmaznia kell a termelő megnevezését, KSH azonosító számát, az elhullás okát és idejét, a hulladék veszélyességi típusát és kezelését (Szabóné 1996).

A fő problémát a termelődő hígtrágya jelenti, mivel a hazai nagyüzemi sertés- és szarvasmarha telepek jelentős része hígtrágyás technológiával üzemel. Az állatok által termelt vizeletet és ürüléket a trágya eltávolításához felhasznált öblítővíz is növeli. A hígtrágya szabvány

1:1 higítási aránnyal számol, a gyakorlatban azonban a vízigény többszörösét is elhasználják. Mindez terheli a helyi vízkivételt, valamint óriási tároló-kapacitást igényelne, hiszen a felhasználás szakaszos. Járvány esetén a hígtrágyát karantén tározóban elkülönítetten kell tartani és kezelni, mert a fertőző ágensekben gazdag trágya potenciálisan kiemelt veszélyforrást jelent. Bakteriológiai összetételük miatt persze a trágyák járványmentes időszakban sem veszélytelenek a környezetre. A kisgazdaságok növekedésével, a fegyelem lazulásával takarékoságból kifolyólag a hígtrágyák a jövőben is jelentős veszélyforrást jelenthetnek elsősorban az élővizekre és a talajvizekre. Legelők hígtrágyával való öntözésekor gyakran egy hónap múlva is fertőzőképes kórokozók mutathatók ki a növényállományon.

5. Állattartó telepeken keletkező hullák, hulladékok és melléktermékek környezetszennyező hatása

Az állati hullák és állati eredetű hulladékok gyorsan bomló veszélyes anyagok, ezért ipari felhasználásukról vagy környezetkímélő ártalmatlanításukról gondoskodni szükséges. Nagyüzemekben gyűjtésük és takarmányipari célú feldolgozásuk jórészt megoldott. Telepi hullakamrákból, ill. a kisüzemek istállóiból az elszállítás a feldolgozó üzem járművén történhet, mely hermetikusan zárható, szag- és csepegésmentes. A ma még gyakori nyitott kocsin, nyitott hordós fuvarozás megengedhetetlenül szennyezheti a környezetet. A vágóhídi hulladékot zárt konténerekben szállítják el, mely a szakosított állattartó telepeken és a községi kényszervágóhelyeken szervezett begyűjtésre is megfelelő.

Kisebb állattartó telepen a hullák és hulladékok a trágyadomb mellett is eláthatók a talajban 1-2 m mélyen, klóros mésszel beszórva. Dögtér vagy hullatemetőt kényszerből ritkán akkor létesítenek, ha a magas víz-állás miatt nem lehet döggutat fúrni, ill. a hullabegyűjtés nincs megszervezve. A dögtér helyét ilyen esetben a beépített területtől legalább 1-2 km-re, közüttől, legelőtől, kúttól, álló- és folyóvizektől legalább 250 m távolságra kell kijelölni. A hullatemetőt be kell keríteni. A 2 m mélyen elásott hullák aerob és anaerob úton elbomlanak. Mivel azonban a baktérium spórái a talajban évekig életben maradhatnak, a területet fertőzöttnek kell tekinteni, művelésből ki kell vonni és célszerű befásítani.

Amennyiben a hullabegyűjtés nincs megszervezve és a talajvíz 8 m-nél mélyebb, dögtér helyett döggutat vagy hullaemésztő vermet létesítenek. A kút mélysége 6-8, átmérője kb. 2 m. Mivel a hulla itt levegővel érintkezik, az aerob rothadás gyorsan végbemehet. Oldalát kövel, téglával vagy

kútgyűrűkkel bélelik, fenekére farácsot tesznek a jobb oxigénellátás céljából. Betonlappal fedik, mely előtt 3x3 m-es lejtős betonfelületet képeznek ki a boncolás céljaira. A dögkút területét bekerítik és zárható kapuval látják el, a szagvédelmet az erdősáv biztosítja. Amikor a kút megtelik, 3 m-re megközelítve a felszínt betemetik és újat nyitnak. Gazdaságosabb azonban kiégetni a dögkutat kőolajipari hulladékokkal. Újabban ikerdögkutatkat létesítenek 4-4 m aknákkal, melyeket nyílások kötnek össze. Amikor az egyik akna megtelik, kiégetik és belőle a csonthamu könnyen kiszedhető, míg a másik üzemel.

A nagyobb állattartó telepeken, vágóhidakon, élelmiszeripari üzemekben keletkező nagy mennyiségű gyorsan bomló hulladékok, melléktermékek és szennyvizek környezetkímélő elhelyezése hidrogeológiai hatásvizsgálat előzetes elvégzését indokolja. A szennyezők, miután a talaj öntisztuló képessége korlátozott, a talajvízbe juthatnak. A talajvízzel a káros anyagok nagy távolságokra szállítódnak, a mélyebben fekvő helyeken feldúsulnak, besűrűsödnek. Gyors áramlást figyeltek meg pl. az Alföld eltemetett folyóvölgyeiben, melyek föld alatti csatornaként működnek. Károsanyag hóján az oldott anyagok közöses sótartalma nő meg a párolgás nyomán és a talaj elszikesedhet. A magasabb területen a beszivárgás, mélyebb részeken a föláramlás uralkodik. A szennyezők esetleg évek vagy évtizedek múlva váratlanul jelennek meg (nem várt helyeken és időben), amikor az eredeti szennyezésre már nem is emlékezünk. Mindez előrejelezhető és így elkerülhető a talajtani, hidrogeológiai feltárás segítségével.

VI. ANORGANIKUS SZENNYEZŐK, NEHÉZFÉMEK ANALÍZISÉNEK MEGÍTÉLÉSE

Az elemzés célja kettős: egyrészt a szennyezőanyag terhelés megállapítása, másrészt az ebből származó veszély, veszélyeztetés megítélése (transzport lehetősége vízbe, táplálékláncba, környezetbe). Az összes mennyiség kvantitatív meghatározására ritkán kerül sor, az erre alkalmas módszerek száma korlátozott. Alkalmazhatók elvileg a roncsolásmentes fizikai módszerek, pl. a röntgenfluoreszcencia, valamint az előzetes kémiai teljes feltárás HF, KOH, NaOH, K_2CO_3 , Na_2CO_3 ömlesztéssel. Mivel az összes mennyiség nagyobb része általában erősen kötött a talajban, keveset mond a felvehetőségről, a veszélyeztetettségről.

Környezeti szempontból ezért alkalmaznak különböző erősségű kivonószereket, frakciókat határoznak meg, melyek többé-kevésbé jellemezni képesek az eltérő kötésű vegyületformákat a talajban. Így pl. a szervesanyaghoz, agyagásványokhoz, oxidokhoz, karbonátokhoz kötött frakciók egyben eltérő mobilitási fokozatokat képviselhetnek (mint az ásványosodással, mállással lassan felszabaduló, közepesen felvehető, mobilis vagy felvehető stb.). Sajnos a szennyező anyagtól, nehézfémektől, valamint a talajtulajdonságoktól függően ugyanaz a kivonószert más és más mennyiséget/frakciót von ki. Nem létezik, elvileg sem létezhet olyan kioldás, amely valamennyi szituációban képes lenne a mobilitási fokozatokat egyetemlegesen azonosítani.

Univerzális módszer híján és az adatok összehasonlíthatósága érdekében megegyezés jött létre az intenzív kutatások nyomán a tekintetben, hogy mely módszerek felelhetnek meg a követelményeknek (módszer harmonizálás). Általában olyan eljárásokat javasolnak, melyek

- különböző szennyezőnél, terhelésnél és talajnál alkalmazhatók;
- ökológiailag jellemző (kísérletekben kalibrálható, értelmezhető) frakciókat tükröznek;
- módszere és a kioldás nagy mértékben szabványosított;
- módszere rutinvizsgálatra alkalmas.

A rutin célú analízis feltételezi a szennyezésmentes mintaelőkészítést kevés műveleti lépéssel; az extrakciós oldat mérhetőségét tág koncentrációs tartományban és eltérő technikai háttérrel; a gyors és olcsó kivitelezést; a személyzetet és a környezetet egyaránt kímélő veszélytelen

vegyszereket a munka során és a megsemmisítéskor is. Mivel pénzügyi, időbeli korlátok miatt a folyamatos kioldás, extrakciós sorok nem alkalmazhatók, néhány módszert emelnek ki célszerűen.

1. Az "összes" tartalom meghatározása

Az "összes" nehézfém-tartalom a terhelést mutatja, mint a talaj maximális veszélyeztetési potenciáljának kifejezőjét. Becslésére több módszer használatos a környezetvédelmi vizsgálatokban.

1.1 Feltárás magasabb nyomáson és hőmérsékleten

Alkalmazzák a cc HCl, HF, HNO₃+HClO₄ keverékeket nyomás és hőhatás mellett. E módszerekkel a szerves anyag teljesen feltárható, azonban a savakban nehezebben oldódó szulfidok, szulfátok, nehézfém-oxidok esetenként nem teljesen határozhatók meg. Autoklávban, teflonbombában a feltárás zárt edényben nyomás alatt megy végbe, kevesebb savra van szükség és könnyen illó savak is használhatók. Kisebb a veszteség és a szennyeződés veszélye is. További előny, hogy a nemzetközi referenciaminták bevizsgálásánál is ezek használatosak, így minőségellenőrzésre alkalmasak. Szabványosításuk előrehaladott vagy folyamatban van.

1.2 Királyvizes kivonás

A 3:1 arányú cc HCl:HNO₃ keverék a mállással potenciálisan felszabaduló frakciót jellemzi, de gyakran a talajok "összes" tartalmára vonatkoztatják. A tapasztalatok szerint közelítően kioldhatja pl. a Cd, Cu, Ni, Pb, Zn 80-100 %-át is, míg a Cr esetén ez az arány 50 % alatti. A módszer drága, nehézkes, sok savat igényel, korrozív, egészségkárosító gőzöket termel. Előnye a nagyfokú szabányosítottóság, a német szennyvíziszap rendelet is alkalmazza, ill. Baden-Württemberg talajvédelmi törvényében is szerepel.

1.3 cc HNO₃ + cc H₂O₂ kioldás autoklávban

A kioldás autoklávban nagy nyomás és hő mellett történik, a kioldott nehézfémek mennyisége közelítően megegyezik a királyvizes módszerrel kapottal. A német-országi környezetvédelmi együttműködés során végzett összehasonlító vizsgálatokban, különféle talajokban, a Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn tartalmak jól korreláltak egymással, bár a királyvizes módszer némileg magasabb koncentrációkat jelzett (Fränze 1994). Előnye, hogy kevés reagenst igényel, védett a korrozív gáztermelés ellen, olcsóbb stb. Rutin eljárásaként bevezethető.

2. Ökológiaailag meghatározó frakciók

Nehézséget jelent, hogy ugyanazon kivonószer elemenként eltérő kivonóképességet mutathat. Azonban minél kisebb a kivont mennyiség, annál nagyobb ráfordítást igényel a meghatározása általában (komplikáltabb műszerek, nagyobb bizonytalanság, mintaszám stb.). Gyakrabban használt kivonószerek:

- Hígított, különböző molaritású ásványi savak (pl. HCl, HNO₃) a mállással felszabaduló, lassan feltáródó nehézfémek kimutatására.
- Szerves komplexképzők (pl. EDTA, DTPA) a lassan vagy középtávon felszabaduló frakció becslésére.
- A Ca, Mg, NH₄ híg sóoldatai, HN₄-acetát, valamint talajvíz kivonatok a mobilis, növények számára közvetlenül felvehető frakció becslésére.
- A fenti oldószerek valamilyen keverékei.

2.1 Híg ásványi savak

Gyakrabban a 0.1-2.0 M HCl és HNO₃ oldatai használatosak. A töményebb, 1-2 M kioldás már az "összes" készlet közelítő becslésére is szolgál. Semleges és meszes talajokon a kioldás erősen függ a karbonátok jelenlététől, ezért torzítás léphet fel. További problémát jelent a csekély szabványosítottság. Nagyobb molaritású HCl-oldatoknál a kloridok zavarhatnak (pl. ICP technika). Savanyú talajokon gyakran becsülik a növények Cu és Zn ellátását 1 M HCl kioldással is, mert a talaj és a növényi koncentrációk közötti kísérletes összefüggést kielégítőnek találták.

2.2 Komplexképzőkkel kivont frakciók

EDTA kioldás

Az etiléndiamintetraacetáttal (EDTA) különösen a Cu és Pb oldható ki jól a talajból, mert e fémek a talaj szerves anyagaihoz kötődnek erősen. Igen elsavanyodott, 4 pH alatti talajokon azonban a komplexképző képesség erősen csökken, így a Cu, Pb, Zn, Mn kioldhatósága is megváltozik. Az EDTA kivonószerek többfélék lehetnek.

1. Na₂-EDTA eltérő molaritással és talaj/oldószer aránnyal
2. Na₂-EDTA együtt alkalmazva NH₄-karbonáttal
3. Na₂-EDTA együtt alkalmazva NH₄- acetáttal.

Sajnos az adatok csak részben szabványosítottak, így korlátozott mértékben hasonlíthatók össze. A hulladék EDTA oldat nem környezetbarát, mivel a szennyvízbe kerülve mobilizálhatja az üledék nehézfém készletét. Részben alkalmas azonban a növényi felvehetőség becslésére

megfelelő kalibrálás, növényi koncentrációkkal való összefüggésvizsgálat után.

DTPA kioldás

A dietiléntriaminpentaacetát (DTPA), a CaCl_2 és triklóramin vagy trietanolamin keverékével a mérsékelt mobilis nehézfém-frakciót becsülik. A DTPA gyengébb kivonószer az EDTA-nál, de az EDTA-nál leírt előnyök és hátrányok rá is vonatkoznak. Az eljárás nagy mértékben szabványosított, Lindsay és Norvell (1978) munkája nyomán pedig az adatok is többé-kevésbé értelmezhetők agronómiaiailag a Fe, Mn, Zn, Cu, valamint újabban a Ni elemekre. Rutin vizsgálatokra alkalmas, a mintaelőkészítés viszonylag egyszerű.

2.3 Semleges sóoldatokkal történő kivonás

NH_4 -acetát kioldás

Az oldat pH-ja eltérő lehet, használatos a 4.3, 4.8, 7.0 pH. Ebből adódóan a kioldott frakció is eltérő. Így pl. a pH 7.0 oldat főként a könnyen mobilizálható és közvetlenül növényfelvehető frakciót, míg az erősebben savas pH-n pótlólag a karbonátokhoz kötött, a felületen kicsapott, valamint a szerves anyaghoz gyengébben kötött frakciók is leválnak. Az oldatok kicsi koncentrációban is jól mérhetők. Hátránya, hogy a módszer nem kielégítően szabványosított, különféle molaritású oldatokkal, eltérő talaj/oldószer arányokkal és rázatási időkkel dolgoznak. Az oldatot egy-egy adott pH értékre állítják be, így különböző talajokon a kioldás más-más frakciókat tükrözhet, tehát talajtulajdonságok szerint kísérletesen kalibrálni szükséges az adatokat.

CaCl_2 kioldás

A könnyen oldható frakció kimutatására szolgál. Mivel az összes tartalomnak csak kis töredékét vonja ki, kevésbé terhelt talajoknál hamar jutnak el a rutin analízisnél nehezen kimutatható határokhoz. Különösen a talajban erősebben kötött nehézfémek (Cu, Pb), valamint a nyomokban előforduló elemek (As, Cd, Cr stb.) esetén. Méréstechnikai nehézségek lépnek fel, az oldatok további előkészítést igényelhetnek, mely fokozott szennyeződéssel, gyengébb reprodukálhatósággal, több költséggel járhat. A klorid ionok az ICP mérést zavarhatják.

Problémát jelent, hogy a használt módszereknél tág határok között változhat a molaritás (0.01-0.1 M között), a talaj:oldószer aránya (1:2 és 1:10 között), valamint a rázatási idő. Általánosabban elterjedt a 0.1 M CaCl_2 oldat 1:2.5 talaj:oldószer aránnyal és 2 óra rázatási idővel. Az eljárást azonban még nem szabványosították, így az adatok nem vehetőek

össze korlátlanul. Több szerző szoros kapcsolatot talált a talajokból CaCl_2 -dal kivonható és a növények által felvett nehézfém-tartalom között.

NH_4NO_3 kioldás

A nem pufferolt 1 M ammoniumnitrát oldat a mobilis (vízoldható, kicserélhető, valamint a könnyen leváló szerves) nehézfém frakciókat mutatja ki a talajok természetes pH tartományában. A tápláléklánc terhelése, a növényi felvétel jól becsülhető az eddigi adatok szerint e frakcióval. Bár az 1 M NH_4NO_3 oldat általában még kisebb mennyiségeket von ki a talajból mint a CaCl_2 oldat, azonban ritkán lépnek fel mérés technikai nehézségek még a terheletlen talajok rendkívül kis koncentrációi esetén is. A hulladék oldatok sem különösen környezet-terhelők, a szabványosítás előrehaladt. A módszer rutin célra való alkalmasságát alátámasztották a német-ország környezetvédelmi együttműködés terén nyert tapasztalatok, szerepel Baden-Württemberg talajvédelmi törvényében standard módszerként.

3. Egyéb módszerek

3.1 Telítési talajkivonat

A növények számára közvetlenül felvehető frakció becslésére szolgál. A telítési vagy egyensúlyi talajoldat a talaj olyan vizes kivonata, melyet a desztillált vízzel telített és összekevert talajból vonnak ki. Hátránya, hogy alig szabványosított, mivel a talajtelítettség gyakorlati definíciója nehezen adható meg precízen. Csekély a kioldás, így költséges mérési eljárásokat tesz szükségessé. Rutinvizsgálatra alkalmatlan, inkább a kutatás céljait szolgálja.

3.2 Humántoxikológiai frakció

A módszer kidolgozása folyamatban van. Célja megbecsülni az emberre mérgező talajszennyezőket, ezért az ember gyomor-bél traktusában uralkodó környezeti feltételeket szimulálja a kioldás. Így elvileg megismerhetők azok a mérgező anyagok amelyek a szájon át (orálisan) a gyomorba kerülnek és az emésztés során felszabadulhatnak, kioldódhatnak, beépülhetnek a szervezetbe. A biológiailag potenciálisan felvehető, emészthető anyagok mérhetővé válnak, bár a gyomor-bél működés környezete valóságosan nem reprodukálható. Ennek ellenére a szennyezett talajok humántoxikológiai kockázatbecsléséhez hasznos adatokat szolgáltat. A módszert eredetileg szerves szennyezőkre dolgozták ki, de ásványi szennyezőkre is alkalmazhatónak tartják.

VII. ORGANIKUS SZENNYEZŐK ANALÍZISÉNEK MEGÍTÉLÉSE

Döntő jelentőséggel az ökológiailag meghatározó, felvehető vagy mobilis frakciók bírnak a talajminőség megítélése szempontjából. Még nem alakult ki azonban egységes vélemény arra vonatkozólag, hogy a felvehető toxikus frakciók mely kémiai módszerrel becsülhetők megbízhatóbban. Nem kémiai eljárással, ökotoxikológiai tesztekkel meghatározható a talaj káros vagy mérgező összhatása. A hatás tehát mérhető, de a talajbani frakció kémiai kimutatása nehézségekbe ütközik.

Eleddig a szerves talajanalitikában alkalmazott kémiai módszerek döntően az "összes" káros anyagtartalmat becslik. A károsanyagok azonban beépülnek a talaj humuszába, változik felvehetőségük, átalakulnak és lebomlanak. A talajtulajdonságok sokszínűsége, a talajban lezajló folyamatok komplex jellege miatt a szerves szennyezők kimutatására szolgáló módszerek szabványosítása messze elmaradt az ásványi elemekétől. Gyakran anyagcsoportokat vizsgálnak és határoznak meg (növényvédőszer- és élelmiszerkémia). A módszerek szabványosítása és harmonizálása elengedhetetlenné vált az eredmények összevethetősége érdekében.

1. PAH vizsgálata

Általában az EPA-listán szereplő 16 policiklikus aromatikusszénhidrogén (PAH) jön számításba. Esetenként a 4 könnyen illó szénhidrogén (naftalin, acenaftalin, acenaftén, fluorén) elhagyható, amennyiben nem zárható ki a mintavétel, szállítás, mintaelőkészítés (pl. szárítás) közben fellépő elillanás. Ez a 4 illékony vegyület azáltal is eltér a többi nagy molekulásúlyú karcinogén PAH-tól, hogy rövid felezési idejű a környezetben.

A kevésbé terhelt talajoknál a PAH meghatározására acetonnal történő kivonást javasolnak, mely a talajaggregátumokat jobban feltárja és így mérhetőbb adatokat szolgáltat. Terhelt talajoknál a kivonás toluollal Soxhlet készülékben javasolt. Erős szennyezésnél a kivonat közvetlenül mérhető (HPLC, gázkromatográf). Kisebb mérési határon a kivonatot tisztítani és koncentrálni, sűríteni kell. A kivonás és a tisztítás nem kellően szabványosított, így a laboratóriumok gyakorlata eltérő.

2. PCB és klórpeszticid vizsgálata

A poliklórozott bifenilek (PCB) és klórpeszticid vizsgálatára nemzetközi szabványok készültek külön a vizek, ásványolaj termékek és talajok részére. A talajokat nempoláros oldószerrel vonják ki (petrol-éter) és a kivonatot kétpoláros adszorbenssel (aluminium-oxid és szilikagél) tisztítják. A PCB és a szerves klórpeszticid a szilikagélen történt szétválasztás 1-1 frakciójaként jelennek meg. A kivonás és a tisztítás módja nincs szabványosítva, a laboratóriumok gyakorlata eltér.

A talajminták PAH, PCB és szerves klórpeszticid szennyezettségének együttes kimutatásakor közös kivonási és tisztítási fázis is lehetséges. A kivonás a PAH meghatározásnál előírt módon toluollal történik, a tisztítás pedig géelpermeációs és adszorpciós kromatográfiával. A PAH, PCB és a szerves klórpeszticid a szilikagéles elválasztás különböző frakcióiként jelennek meg.

VIII. A GYAKRABBAN ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ISMERTETÉSE (Anorganikus szennyezők)

1. Királyvizes feltárás ("összes" tartalom)

Bemérünk 3 g légszáras finomszemcsés talajt vagy 2 g őrölt avarmintát és 21 ml cc. HCl + 7 ml cc. HNO₃ hozzáadásával 16 órán át állni hagyjuk szobahőmérsékleten. Ezután 2 órán át visszafolyó hűtéssel forraljuk. Lehülés után 100 ml-es polietilén mérőlombikba átmoszuk, salétromsavval jelig feltöltjük. Magyarországon a módszer jelenleg általában nem használatos. DIN/ISO 11 466 (1992, 1993).

2. cc. HNO₃ + cc H₂O₂ feltárás ("összes" tartalom)

A légszáras, őrölt, 2 mm-es szitán átengedett talajt porcelán mozsárban tovább finomítjuk és homogenizáljuk. Feltárodénybe 1 g talajt bemérünk és 5 cm³ cc HNO₃ + 2 cm³ cc H₂O₂ hozzáadásával, hermetikusan lezárva 3 órán át 105 °C-on tartjuk. Lehülés után a roncsolatot 50 cm³-es mérőlombikba szűrjük és desztvízzel jelig töltjük. Hazánkban elfogadott módszer. Részletes leírás: TIM Módszertan. I. kötet. FM NAF. Budapest. 1995.

3. NH₄-acetát + EDTA kioldás ("felvehető" tartalom)

A kioldás 0.5 M Na-acetát + 0.5 M ecetsav + 0.02 M Na₂EDTA oldószerrel történik pH = 4.65 mellett. Az eredeti ajánlás 25 ml légszáras finomszemcsés talajhoz 250 ml kioldószert ír elő. Egyórás rázatást követően a szuszpenziót szűrjük és mérjük. Hazánkban elfogadott módszer. (Lakanen, E. - Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. Acta Agr. Fenn. 123:223-232.)

A hazai szabvány szerint 5 g előkészített talajhoz 50 cm³ kivonóoldatot adunk, majd körforgó rázógépen 30 percig rázatjuk. A szuszpenziót redős szűrőpapíron szűrjük, a szűrlet első 10 cm³-ét elöntve. A módszer az oldható tápelemek, valamint a toxikus nehézfémek meghatározására is alkalmas. (MSz-08-1722/1-1989)

4. Vizes kivonatok készítése

1:10 arányú kivonat környezetvédelmi vizsgálatokhoz

Az előkészített talajmintából 5 g-ot rázópalackba mérünk és 50 cm³ desztvízzel 1 percig összerázzuk. A szuszpenziót 24 órán át állni hagyjuk, majd körforgó rázógépen 2 órán át rázatjuk. Ezután redős szűrőpapíron átszűrjük és a szűrletet analizáljuk. Ajánlott, de még nem szabványosított eljárás.

1:5 arányú kivonat agronómiai célú vizsgálatokhoz

Desztvízzel 1:5 arányú kivonatot készítünk, amelyet a Pasteur-Chamberlain szűrőberendezéssel leszűrünk. A szűrletből mérjük a pH-t, a klorid, karbonát és hidrogénkarbonát ionok mennyiségét titrimetriásan, valamint a szulfát ionokat fotometriásan. A kationok meghatározása atomabszorpciós spektrofotométeren vagy ICP készüléken történik. (MSz-08-0213/1-2/1978)

A talajoldatban legnagyobb mennyiségben Ca, Mg, Na kationok, valamint SO₄, HCO₃, Cl, NO₃ anionok fordulnak elő természetes körülmények között. Nem szennyezett talajokban a rosszul oldódó sók dominálnak, a talajoldat sótartalma alacsony. Szennyezett és öntözött területeken a talajoldat sókészlete jelzi a talajvíz-szennyezés veszélyeit. A telítési vagy egyensúlyi talajkivonat jobban megközelíti a természetes talajtani viszonyokat (talaj:víz arányát), mint az általánosan használatos 1:5 vizes kivonat. Elemzésével realisabb képet kapunk a talaj folyadékfázisainak kémiai összetételéről, koncentrációról. Környezetvédelmi vizsgálatoknál utóbbi is ajánlott.

Egyensúlyi vagy telítési talajkivonat

Minimum 10 ml egyensúlyi talajoldat készítendő a vizsgálatokhoz, 1 ml előállításához 50 g homok, 10 g vályog vagy 3 g agyag szükséges. Az előkészített légszáraz talajból 50-500 g mérendő be, melyre kb. 5 ml desztvizet adunk az edény falán lecsorgatva, amíg a kapillárisok telítődnek. Ezután spatulával kevergetve a talajt cseppenként adagoljuk a vizet, amíg fényleni kezd a felület, de szabad víz még nem lép ki. Majd 24 órára letakarjuk, ha szükséges újabb vízádagokkal fenntartva a fénylő felületet. Az extraktumot vízlégszivattyúval vagy centrifugálással nyerve palackba szűrjük, majd a szűrletből határozzuk meg a káros elemek koncentrációját és µg/l egységben fejezzük ki.

IX. LABORATÓRIUMI TALAJTANI ALAPVIZSGÁLATOK

1. Arany-féle kötöttség (K_A)

Meghatározása a szabvány szerint gépi keveréssel történik. Egy műanyag pohárba 30 cm^3 desztizet öntünk, míg egy másikba 120 g előkészített légszáraz talajt mérünk be. A vizet géppel folyamatosan keverve lassan adagolunk hozzá annyi talajt, amíg pépes "fonalpróbát" kapunk. A megmaradt talajt visszamérjük és ebből számítjuk a kötöttségi számot. Minél kötöttebb, kolloidokban gazdagabb a talaj, annál több vizet képes befogadni. Az a nedvességtartalom, amelyet a képlékenység felső határán mérünk, jól jellemzi a kötöttséget. (MSz-21470-51-83). (Kutatóintézetekben az eredeti, Arany Sándor által javasolt kézi keveréssel határozzák meg. Az ily módon meghatározott K_A nem mindig azonos a gépi keveréssel nyert értékkel.)

2. Mechanikai összetétel (szemcseméret eloszlás)

Pipettás eljárással végezzük. Előkészített finomszemcsés talajból elemi részecskékre diszpergált szuszpenziót készítünk. A talajszuszpenziót ülepítőhengerben felkeverjük, majd ülepedni hagyjuk és bizonyos idő múlva különböző mélységből szuszpenziót pipetázunk ki. A szuszpenziókban talált talajszemcsék tömegének meghatározása után, a szemcsék sűrűségének ismeretében kiszámítható az egyes mechanikai frakciók (homok, por, agyag) %-os mennyisége. A talaj diszpergálásához Napirofoszfátot használunk, a szerves anyagokat H_2O_2 -dal, a karbonátokat HCl-val bontjuk, a 2 mm -nél nagyobb frakciót előtte száraz szitálással határozzuk meg. (MSz-08-0205-1978).

3. Kémhatás (pH)

A $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ meghatározását $1:2.5$ arányú talaj:desztvíz, a $\text{pH}(\text{KCl})$ vizsgálatát $1:2.5$ arányú talaj:1n KCl szuszpenzióban végezzük. A szuszpenziót 12 órán át lefedve állni hagyjuk, majd potenciometrikusan mérjük a pH-t. (MSz-08-0206/2-1978)

4. Hidrolitos aciditás (y_1)

A talajsavanyúság, ill. a mészigény megítélésére szolgál. A savanyú talajt Ca-acetáttal, hidrolitosan bomló sóoldattal kezeljük. A só kationját a

talaj megköti, az anionból keletkező rosszul disszociáló gyenge savat acidimetriásan mérjük és ebből számítható az y_1 értéke. (MSz-08-0206/2-1978)

5. Szénsavas mésztartalom (CaCO₃)

Scheibler készülékkel ill. módszerrel határozzuk meg. A talajt híg sósavval rázzuk össze majd kalciméteren mérjük a fejlődő CO₂ gáz mennyiségét. A módszer nem tesz különbséget a talaj különböző karbonátformái között, így az összes karbonátot méri, amit CaCO₃-ban fejezünk ki. (MSz-08-0206/2-1978)

6. Szervesanyag-(humusz, szerves-C) tartalom

A magyar szabvány szerint Székely-módszerrel határozzuk meg. A szerves anyagot 1:2 arányú 5 %-os K₂Cr₂O₇ + cc. H₂SO₄ keverékével roncsoljuk. A roncsolókeverék színe a talaj szervesanyag-tartalma függvényében változik, amit kolorimetriásan mérünk. Általában 12-15 % humusztartalom felett ill. tőzegtalajokon a módszer kevésbé alkalmazható, ilyenkor izzítási veszteség alapján becsüljük a szervesanyag-tartalmat. A bikromátos + kénsavas oxidációval valójában a szerves-C mennyiségét mérjük. Az átszámítás azon a feltevésen nyugszik, hogy a humuszanyagok átlagos szerves-C tartalma 58 %, így az 1.724 szorzófaktorral az összes szervesanyag-készletet ismerjük meg. (MSz-08-0452-1980)

7. Adszorpciós kapacitás (T-érték)

Mérése a módosított Mehlich eljárással történik és mg-e/100 g talajra adja meg az adszorbeálható kationok maximális értékét. A kicserélhető kationokat 8.1 pH értékre beállított 0.1 M BaCl₂ oldatával szorítjuk ki a talajból. A talaj:oldat aránya 1:25 és a reakcióidő 4 óra. A kicserélő oldatot homokkal kevert talajoszlopon szivárogtatjuk át, majd az oszlopon adszorbeált Ba-ot Ca-mal cseréljük le és ebből számítjuk a T-értéket. (MSz-08-0215/1978)

8. Térfogattömeg

Az egységnyi térfogatú száraz talaj tömegét mérjük, ezért a meghatározás bolygatatlan szerkezetű mintán történik. A talajmintavevő patronájából kivett talajt 105 °C-on súlyállandóságig szárítjuk, exsikkátorban hűtjük, majd tömegét megmérjük. (MSz-08-0205-1978)

9. Összes vízdíható sótartalom

A képlékenység felső határán (Arany-féle kötöttségi szám, K_A) lévő, vízzel telített talajpépbe elektródot merítünk és mérjük az elektromos ellenállást, ill. a vezetőképességet. A vízdíható összes só %-át táblázatosan olvassuk le. (MSz-08-0206/2-1978)

10. Fenolftalein lúgosság

Szikes-sós, ill. szikesedésre hajlamos talajoknál először a szódában kifejezett fenolftalein-lúgosság minőségi, majd mennyiségi meghatározását végezzük el. A méréshez 0.1 n $KHSO_4$ oldatot és fenolftalein indikátort használunk és titrálás után számítjuk ki a lúgosságot. (MSz-08-0206/2-1978)

11. Szárazanyag-tartalom

A légszáraz talajminta lemért aliquot részét 105 °C-on súlyállandóságig szárítjuk, majd visszaméréssel határozzuk meg a szárazanyag mennyiségét. A légszáraz és a 105 °C-on szárított talaj arányából kapott faktorról számolható át a szennyező anyag koncentrációja szárazanyagra. (MSz-08-0205-1978)

12. Ditionit oldható Fe-tartalom

Meghatározása Mehra és Jackson (1960) által leírt ditionit-citrát mód-szerrel történik: 2 g légszáraz finomszemcsés talajt 100 ml-es centrifugacsőbe mérnek 40 ml 0.3 M Na-citrát + 5 ml 1 M $NaHCO_3$ hozzáadásával, majd vízfürdőn 80 °C-ra melegítik. Ezután 1 g szilárd $Na_2S_2O_4$, majd 10 ml telített NaCl oldatot adnak hozzá. Centrifugálást követően a felső átlátszó részt mérőlombikba dekantálják és bideszt-vízzel jelleg töltik.

Részletes ismertetés: Mehra, O.P. - Jackson, M.L. (1960): Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: Swineford, A. (Szerk): Proceedings of the 7th Conference on Clay Mineralogy. 317-327. New York.

13. Oxalát oldható Fe-tartalom

Meghatározása Schwertmann (1964) szerint történik: 2 g légszáraz finomszemcsés talajhoz 100 ml oxalát oldatot (amely 700 ml 0.2 M NH_4 -oxalát és 535 ml oxálsav keverékéből származott 3.0 pH értékkel) adunk, majd elsötétített helyiségben 2 órán át rázatjuk és szűrjük.

Részletes leírás: Schwertmann, U. (1964): Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalatlösung. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. 105:194-202.

X. HELYSZÍNI VIZSGÁLATOK

A laboratóriumban végzett talajtani alapvizsgálatok mindazon paramétereket szolgáltatják, amelyek ismerete elengedhetetlen a szennyezőanyag-terhelés, ill. pontosabban a veszélyeztetettség megítéléséhez, a mobilitás becléséhez. Ezek a kötöttség, szemcseösszetétel, pH, hidrolitos aciditás, mészállapot, szervesanyag-tartalom, adszorpciós kapacitás. Az adatok átszámításához szükséges a térfogattömeg, valamint a szárazanyag-tartalom ismerete. Sós és szikes talajainkon fontos lehet a vízdoldható sótartalom és a lúgosság, szerves szennyezők esetén a ditionit- ill. az oxalátoldható Fe tartalom meghatározása is.

Bizonyos vizsgálatokat a helyszínen végzünk a talajszelvény feltárásakor. Ide tartozik a genetikai szintek leírása, a humuszos és a termőréteg vastagságának megállapítása, valamint az egyes talajrétegek tulajdonságainak vizsgálata:

- Talaj színe, fénye, nedvessége, fizikai félesége és szerkezete;
- Talaj tömődöttsége, kiválások előfordulása, esetleges talajhibák;
- Talajvízszint, szénsavas méztartalom és a fenolftalein lúgosság;
- Talajtakaró növényzet gyökérzetének mennyisége és mélysége.

A talajszelvény feltárását és részletes morfológiai leírását lásd: TIM Módszertan. 1. kötet. FM NAF. Budapest. 1995. c. kiadványban.

1. Talajszelvény feltárása

A szelvény helyének pontos kijelölése után általában 2 m hosszú, 1-2 m mély és 0.8 m széles gödröt ásunk. A morfológiai vizsgálatokat és a talajmintákat a szelvény fő- vagy homlokfalán végezzük. Megfigyeléseinket a "Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv"-ben rögzítjük. A kiásott szelvény homlokfalán éles késsel lefelé haladva, 20-30 cm szélességben 1-2

cm átmérőjű talajrészeket pattintunk ki. Így jobban tanulmányozható a talaj eredeti szerkezete, színe, tulajdonságai. Ezután a szelvény bal sarkába helyezett mérőszalaggal vagy léccel leolvassuk az egyes rétegek mélységét és vastagságát.

Az így kipreparált homlokfalon azonosítjuk a talaj színét, a humuszos réteg vastagságát, a gyökerek eloszlását, a talaj szerkezeti állapotát, tömődöttségét, nedvességét, sósavval lecseppentve a CaCO_3 tartalmú rétegeket stb. Az elütő rétegeket késsel meghúzott vonallal elhatároljuk. Feljegyezzük az átmenet jellegét is (éles: 1-2 cm, határozott: 2-5 cm, fokozatos: 5-10 cm átmenettel, ill. diffúz). A genetikai szinteket az ABC nagybetűvel és szükség szerint indexszámokkal is jelöljük.

A-szint: A talajok felső humuszos rétege, mely erodált területen hiányozhat. Kilúgzásos talajoknál az alluviális réteget jelenti, ahol csökkent a Fe, Al és agyagtartalom. Jellemző a podzolos, pszeudoglejes és agyagbemosódásos barna erdőtalajokra, valamint a szikes szologyokra és szolonyeczekre. Színük kifakult, fakószürke vagy fakóröt. Nem kilúgzott talajoknál ez a sötét elhumuszosodott réteg, mely jellemző a csernozjomokra, réti talajokra, humuszos homok és öntés talajra és a láptalajra. Az A szinten belül gyakran elkülönítjük a szántott réteget és feljegyezzük az előforduló tömődött ún. "eketalp-réteget".

B-szint: Az A-szint alatti, általában csekélyebb biológiai aktivitású réteg. Kilúgzásos talajoknál ez a felhalmozódási (illuviális) szint, ahol az agyagos részek és a Fe, Al oxidok feldúsulnak. A nem kilúgzásos talajoknál ez az átmeneti szintet jelöli, melyben a humusztartalom fokozatosan csökken.

C-szint: A B-szint alatti humuszmentes mállott talajközet, melyben gyakran található vízdoldható és egyéb sók (mész, gipsz stb.) kiválásából származó felhalmozódás. E rétegeket, kemény padokat fel kell jegyezni. Amennyiben a talajképző közet alatt más anyagú ágyazati közet található, **D-szint** jelölést kap. Esetenként önálló réteget alkot a redukciós viszonyokat, anaerob körülményeket jelző **G-szint** (glejes talajszint).

Az átmeneti rétegeket is jelöljük. Így pl. foltosan keveredhet a fakó kilúgzási szint a barna vagy vöröses felhalmozódási szinttel, amikor is **AB** jelölést alkalmazunk. Genetikai szintek ugyanakkor nem különböztethetők meg pl. a futóhomokok, kavicsos váz talajok, tőzegek, vastag láptalajok esetében. Nem a talajképződési folyamatok eredményeképpen differenciálódnak a tavi üledékek, öntések, lejtőhordalékok talajai. A

szelvényben előfordulhat humuszos, agyagos, iszapos, kovárványos eltemetett talajréteg, fosszilis szint. A szelvény leírásánál a réteg megnevezésén túl a vastagságát, mélységét, színét, jellegét is feljegyezzük.

2. Talaj színe

Enyhén nedves állapotban, ujjal elgyúrt csipeten határozzuk meg, a Munsen-féle színskálát használva. Feljegyezzük a szín mélységét is (fakó, világos, sötét), ill. keverék színeknél a komponenseket, pl. barnásszürke-fekete (uralkodó a fekete szín, kevés szürke, kevesebb barna árnyalat). A többi szín megjelenése tarkázottságot okoz. A gyengén tarka 2 % alatt, a közepesen tarka 2-20 % között, az erősen tarka 20 %-ot meghaladó, az alapszíntől eltérő felületet jelent. A tarkaság erősségén túl annak jellegét is kategorizáljuk:

- Foltosan tarka: az elütő szín foltokban különül el;
- Csíkosan tarka: az elütő szín csíkokban különül el;
- Márványozottan tarka: a foltok vagy csíkok határai elmosódottak;
- Hálósan tarka: az elütő szín egymást átszövő ereken különül el;
- Mozaikosan tarka: az elütő szín éles kontúrú három vagy sokszögek formájában különül el.

3. A talaj nedvességállapota

A talaj pillanatnyi nedvességállapotának jellemzésére az alábbi fokozatok használhatók helyszíni vizsgálatoknál:

- Száraz: szemre, fogásra száraz, vízzel érintkezve színe erősen változik;
- Friss: hűvös tapintású, vízzel érintkezve színe kevéssé változik;
- Nyirkos: fogása nyirkos, összenyomva kissé tapad, vízzel érintkezve színe alig változik;
- Nedves: kézen nedves foltot hagy, színe vízzel érintkezve nem változik, összenyomva erősen tapad;
- Vizes: a talaj sáros, összenyomva víz préselhető ki belőle.

4. A talaj mechanikai összetétele

A talaj mechanikai összetételének (fizikai féleségének) fő jellemzőit, kategóriáit az alábbiak szerint minősíthetjük a helyszínen érzékszervi meghatározással:

Homok: szárazon és nedvesen egyaránt érdes tapintású, diónyi mennyiséget vízzel gyúrva nem tudunk golyót formálni, mert eltöredezik.

Homokos vályog: a homok mellett finom porszerű frakció is található, vízzel golyóvá gyúrható. Hengerré nem sodorható, mert széttöredezik.

Vályog: csak finomabb porszerű frakcióból áll, vízzel golyó és henger is formálható. Gyűrűvé nem hajlítható, mert széttöredezik.

Iszap (agyagos vályog): kezünkön foltot hagy, belőle vízzel golyó és henger is gyúrható, sőt gyűrű is formálható.

Agyag: nedvesen síkos tapintású, szárazon cementálódik és nehezen nyomható szét. Vízzel golyóvá, hengerré, gyűrűvé sőt pereccé formálható.

Fizikai féleség meghatározásánál kell leírni a 2 mm-nél nagyobb, víztartó képességgel már nem rendelkező (talaj számára nem hasznos) durva vázrészt, a kavics arányát. Fizikai talajféleségként jelenik meg még a nagy szervesanyag-tartalommal bíró tőzeg, kotu és lápföld. Tőzeg a lápos területen feltárt szelvényben található, ahol elhalt növényi maradványok korhadásnak indult anyagai halmozódnak fel. Ha a tőzeg ásványi talajjal keveredik, lápföldnek nevezzük. Koturól akkor beszélünk, ha az eredeti növényi részek korhadása előrehaladott, azok már felismerhetetlenek. Szervesanyag-tartalmuk általában 10-30 % között ingadozik.

5. A talaj szerkezete

A szelvény morfológiai leírásakor jellemezhető a szerkezetesség foka, mennyiben alakult ki a morzsalékosság, aggregátumok stb. A tömött, poros vagy homok talajon szerkezeti elemeket nem látunk. A gyengén szerkezetes talaj morzsái nyomásra elmállanak, könnyen szétesnek. Közepesen szerkezetes talajban ezek a morzsák nagyjából épkekké maradnak, míg az erősen szerkezetes talajt nyomással és dörzsöléssel szemben is ellenálló morzsák alkotják, amelyek egymáshoz csak kevésbé tapadnak.

A morzsák ill. szerkezeti elemek alakja, nagysága térbeli elrendezése változó, melyek alapján szerkezet típusok különböztethetők meg. A köbös szerkezet elemei a tér három irányában közel egyformán fejlettek. A hasábszerű elemek függőleges, míg a lemezszerűek vízszintes irányban kiterjedtek. Ezen túlmenően ide sorolható a tőzeges láptalajok rostos, valamint a gyökérrel teljesen átszőtt gyepes rétegek nemezszerű szerkezete is.

6. A talaj tömődöttsége, talajhibák

Vizsgálata a kiásott szelvény falán történik nagyméretű acélkés vagy geológus csákány segítségével. Fokozatai az alábbiak lehetnek:

Omlós talaj: ásó, kés nyoma nem marad meg benne, könnyen bomlik;
Laza talaj: vágásélek könnyen elsimíthatók, de önmagától nem omlik be;
Tömődött talaj: vágásélek épek maradnak, a kés nehezen hatol bele;
Erősen tömődött talaj: ásó vagy kés nehezen hatol bele, csákánnyal bontható meg és hegyének nyoma megmarad;
Tömör talaj: csákány sem képes érdemben megbontani.

Fontos a gyökérfejlődést akadályozó jelenségek számbavétele. Talajhibának minősül minden olyan tényező, mely a növény fejlődését akadályozhatja. Ide sorolható a tömör kőzet vagy gyengén mállott kőzettörmelék, laza vagy cementált kavics vagy homokkő, mészkőpad, eketalpréteg, gyevasérc, szikesség, glejes réteg (magas talajvíz). A talajszelvény leírásánál feljegyezzük a növényi gyökerek mennyiségét, eloszlását, állapotát. Mindezekből következtetni lehet az előforduló talajhibákra is. Sós, szódás, erősen meszes vagy tömődött rétegben eltűnik pl. a gyökérszövet. A behatolás mélységét azonosítani kell.

7. Karbonáttartalom meghatározása

A morfológiai vizsgálatokat követően tájékoztató jelleggel elvégezzük a karbonát-tesztet. A talajszelvény minden rétegére 10 %-os sósavat csepeztünk és figyeljük a pezsgés erősségét. Pezsgési fokozatok a következők:

Nincs pezsgés:	0 % CaCO_3 tartalom
Pezsgés alig hallható:	2 % alatti CaCO_3 tartalom
Gyengén pezseg:	2-5 % közötti CaCO_3 tartalom
Kifejezetten pezseg:	5-10 % közötti CaCO_3 tartalom
Forrva pezseg:	10 % feletti CaCO_3 tartalom

A teszt eredményét bejegyezzük a helyszíni vizsgálati jegyzőkönyvbe.

8. Fenolftalein lúgosság vizsgálata

Főként a szikes és szikesedésre hajlamos talajokon végezzük el a szódátartalom kimutatására és ezzel a talajtípus vagy altípus azonosítására. A meghatározás kolorimetrikusan történik (fenolftalein színátcsapása 8.4 pH körül). A fenolftalein lúgosság fokozatai:

Színtelen	pH 8.4 alatt
Enyhe rózsaszín	pH 8.4-8.7
Közepesen erős rózsaszín	pH 8.7-9.2

Erős-lilás rózsaszín

pH 9.2 felett

XI. VESZÉLYES HULLADÉKOK VIZSGÁLATA

1. Vizes kivonat készítése

A homogenizált és előkészített szilárd hulladékból, ill. a hulladék szilárd fázisából megfelelő mennyiséget kimérünk és 9-szeres tömegű desztvízzel rázóedénybe mossuk. A szuszpenziót erősen felrázzuk, 24 órán át állni hagyjuk, majd a körforgó rázógépen 2 óráig rázatjuk. A szűrletet használjuk az általános fizikai és kémiai vizsgálatok céljaira.

2. Ásványi savas kivonat készítése

Az előkészített szilárd hulladékból, ill. az elválasztás során kapott szilárd anyagból 5 g-ot rázóedénybe mérünk és hozzáadunk 45 cm^3 2 M HNO_3 oldatot. A Hg vizsgálatokor ettől eltérően 45 cm^3 2 M H_2SO_4 , ill. az As vizsgálatokor 45 cm^3 2 M HCl oldattal dolgozunk. Az edényt 1 percig rázzuk, majd nyitott állapotban 24 órán át állni hagyjuk. Másnap körforgó rázógépen a szuszpenziót 2 órán át rázatjuk, szűrjük, a szűrletet nyomásálló polietilén palackokban tároljuk az analízis megkezdéséig.

3. Acetát-pufferes kivonat készítése

Az előkészített szilárd hulladékból, ill. az elválasztás során kapott szilárd anyagból 5 g-ot kimérünk és 45 cm^3 NH_4 -acetát pufferoldattal a rázóedénybe mossuk. Az edényt 1 percig rázzuk, majd nyitott állapotban 24 órán át állni hagyjuk. Másnap körforgó rázógépen a szuszpenziót 2 órán át rázatjuk, szűrjük, a szűrletet nyomásálló polietilén palackokban tároljuk az analízis megkezdéséig.

Megjegyzés: A veszélyes hulladékok mintavétele az MSz-21978/1., a mintaelőkészítés laborvizsgálatokra az MSz-21978/4. sz. szabványok szerint történik. MSz-21978/9-85.

XII. BALESETVÉDELEM, ÓVÓRENDSZABÁLYOK

A veszély kockázata valamennyi hétköznapi tevékenységünk során fennáll. Ez a kockázat megnő ismeretlen területen, pl. a fizikai sérülése olyan talajon, ahol egyenetlenségek, gödrök, beomlásveszély stb. előfordulhat. A kockázat tovább nő olyan szennyezett területen, ahol egészségre ártalmas anyagok lehetnek. Gépi műveletek végzése (mintavétel, fúrás, gödörösás) úgyszintén veszélyforrást jelent. Meg kell tehát határozni az előzetes információk és a helyszíni bejárás során a lehetséges veszélyforrásokat, valamint a szükséges óvintézkedéseket. Egyúttal ki kell választani a minimális kockázattal járó munkavégzési eljárásokat.

Mezőgazdasági területen nagyobb mennyiségben műtrágyákat, gyomirtókat (herbicidek), rovarirtókat (pesticidek) használnak, melyek túladagolásakor vagy a gép elakadásakor helyenként felhalmozódhatnak. Mocsaras, tőzezes területek mintázásakor, szennyvízzel (iszappal) a patogén baktériumok és vírusok mennyisége is megnőhet. Patkányok elszennyezhetik a folyó és állóvizeket, a mintavevő személy az ilyen vízzel érintkezve megbetegedhet (Leptospirosis). Nukleáris hulladék vagy hibás nukleáris berendezés közelsége sugárveszélyt okozhat. Topográfiai egyenetlenségek, árkok, gödrök, vizenyős területek növelik a baleseti kockázatot különösen ott, ahol a talajfelszín magasabb növénytakaró fedi. A gépek mozgatása ilyen felszínen további veszélyforrás lehet.

Az ipari terület korábbi hasznosítása utalhat a lehetséges veszélyforrásokra (vegyszer, gáz, fertőző mikroorganizmusok, rágcsálók, nukleáris hulladék, topográfiai egyenetlenségek). Külön kockázattal számolhatunk olyan területeken, ahol vegyszereket állítottak elő, pl. a kémiai ipar üzemében és környékén mérgező gázok fordulhatnak elő, melyek a feltárt gödrökből felszabadulva a gépkezelők számára veszélyt jelentenek. Különösen a zárt gépkezelői fülkében ülőkre, mert ott felhalmozódhatnak, amennyiben az atmoszférikus hígítás nem következik be (H₂S, hidrogénianid stb.). Szemétlerakóhelyeken a termelő metán robbanásveszélyt okozhat, melyet a nyílt gödrök vagy furatok készítésénél keletkező szikra válthat ki.

Vágóhidak, hullakamrák, bőrfeldolgozó üzemek, gyógyszergyárak a talajt bakteriálisan szennyezhetik. Külön veszélyt jelenthetnek a tönkrement és részben talajfelszín alatt maradt acél, beton, üvegszerkezetek és építmények maradványai. Az ilyen területen nő a fizikai sérülés veszélye, a mechanikus talajfúrók könnyebben elakadnak, törnek. A mélyásó kotró-

gép szilárd akadályokba ütközhet, a szétrepülő törmelékek, szilánkok sebesülést okozhatnak az akadály áttörésekor.

Nedves, talajvízhez közeli rétegben a szennyezett talaj(víz) szétfröccsenhet, szembe kerülhet. A gépi munkák során megnő a közművek rongálódásának veszélye (víz, gáz, elektromos vezetékek) városi körzetekben. Nem ritkán a háborús eseményekből visszamaradt aknák, bombák, robbanószerkezetek lehetnek a talajban. A gépkezelőket, mintavevőket számos veszély fenyegeti, munkájukat ennek megfelelő gondossággal kell végezni.

Geológiai vizsgálatoknál (barlangok, régi bányák, vajatok feltárásánál) elővigyázatosságot igényel a zárt terek alacsonyabb oxigéntartalma, az esetleges metán, széndioxid és H₂S gázok felhalmozódása. Fennáll a természetes radioaktivitás veszélye, mely eredhet gáztól (radon) vagy kőzettől (gránit). Külön veszélyt jelenthet a beomlás, a rosszul rögzített tartószerkezet, a fizikai sérülés kockázatát növelő topográfiai környezet, mely a mentést is nehezíti. A munkákhoz tapasztalt szakmérnök jelenléte szükséges.

1. A szabványosítás és a harmonizálás követelménye

A környezetvédelmi vizsgálatok egyik általános problémája a nem egységes módszertan. Így az adatok, vizsgálati eredmények nem hasonlíthatók össze, nem értelmezhetők egységesen még egy országon belül sem. Szükséges a módszerek, eljárások szabványosítása, valamint harmonizálása (azonos módszer alkalmazása). Az elmondottak vonatkoznak a tágabban vett vizsgálat egészének folyamatára:

- Mintavétel tervezése (előzetes információk alapján a talajháló felépítése, mintavételi helyek kijelölése);
- Mintavétel technikája (eszközök, átlagminta képzése, minta mennyisége vagy térfogata, mintavétel mélysége, szelvényfeltárás módja stb.);
- Minták szállítása, tárolása és laboratóriumi előkészítése analízisre (száritás, szitálás, őrlés stb.);
- Károsanyag meghatározása (kioldás, mérés, adatok értékelése);
- A vizsgálati szakaszok átfogó minőségellenőrzése az egyes lépéseknél ejtett hibák becslésére és figyelembevételére;
- A vizsgálati szakaszokban betartandó biztonsági és balesetvédelmi előírások.

A szabványosításra hazánkban nem áll rendelkezésre elegendő tapasztalat, egyébként is célszerű a nemzetközi szabványok átvétele, azokkal való

harmonizáció. A megfelelő ISO szabványok vagy azok tervezetei ma már rendelkezésünkre állnak, adaptációjuk megkezdődött. Jelen útmutató csak ideiglenes jelleggel adhat általánosabb irányelveket, alapelveket fogalmazhat meg, de nem pótolhatja a részletes szabványi előírásokat. Még a szabványosított eljárásoknál is követelmény azonban, hogy a végrehajtást megfelelően kvalifikált, tapasztalt szakemberek végezzék és irányítsák.

Az alkalmazott eljárások egy része az egészségre káros vagy veszélyes lehet. Az alkalmazót (vállalkozót) semmi sem menti fel a munkavédelmi, biztonsági kötelezettségei alól. Az előzetes vizsgálatot, információgyűjtést végezve és a szükséges talajmintavételt tervezve egyben a munkavédelmi/biztonságtechnikai intézkedésekre is fel kell készülni. Mivel az előzetes vizsgálatok, feltárások esetén nem áll rendelkezésünkre nemzetközi szabvány vagy szabványtervezet, célszerűnek látszik az irányelveket részletesen tárgyalni.

2. Az előzetes vizsgálatok alapelvei és módszere. A helyszíni szemle

Előzetes vizsgálatokra általában akkor kerül sor, amikor még semmilyen analízist nem írtak elő, nem végeztek, ill. mintavétel nem történt. Célja ellenőrizni a szennyezés valószínűségét, a terület használatra (jövőbeni használatra) való alkalmasságát. És amennyiben lehetséges, tájékozódni a szennyező természetéről, mennyiségéről, a szennyezés kiterjedéséről. Másrészt meghatározni a területen történő munkákkal és óvórendszabályokkal szembeni igényt, beleértve a hatékony részletes feltárás tervezéséhez szükséges információk összegyűjtését is.

Az előzetes vizsgálatnak két lépcsője van. A terület múltjára vonatkozó dokumentációk, térképek, feljegyzések és szóbeli meghallgatás útján egyéb információk beszerzése, valamint a terület helyszíni szemléje. Utóbbit ne végezzük el a beszerezhető információs/dokumentációs anyaggyűjtés előtt, hacsak nem válik soron kívül szükségessé valamilyen beavatkozás (pl. határidős bontás stb.). A beszerzendő fontos információk/dokumentumok az alábbiak lehetnek:

- Amelyek a terület múltjáról, tulajdonosokról, bérlőkről és a használat mikéntjéről tájékoztatnak;
- Amelyek a telep vagy szennyezőforrás helyéről, nyersanyagairól, termékeiről, hulladékairól, munkafolyamatairól és a hulladékkezelés módszereiről tájékoztatnak;

- Amelyek a terület felszíni és felszín alatti igénybevételéről, utak, tárolók, építmények, gödrök, közművek (gáz, víz, villany és szennyvízelvezetés) hálózatáról tájékoztatnak;
- Amelyek a lerakott hulladékok, hátrahagyott temetők, megszüntetett kőfejtők, bányászati események (tárnák, utak) helyéről tájékoztatnak;
- Amelyek a terület geológiai, hidrogeológiai, talajtani (talajvíz, felszíni vizek) természeti viszonyairól tájékoztatnak.

A helyszíni szemle előtt annyi adatot, információt kell gyűjteni, amennyit csak lehetséges. Az információt és adatokat leltározni, egyeztetni, ellenőrizni kell. A helyszíni szemle során alkalmazott általános alapelveket az alábbiakban lehet összefoglalni:

- A területre lépni, behatolni csak a tulajdonos/bérlő engedélyével, ill. a hatóság utasítására szabad;
- A bejárást, szemlét részletesen meg kell tervezni, át kell gondolni, a beszerzett térképeket, előzetes információkat, fényképeket tanulmányozva;
- A bejárás alatt a megfelelő óvrendszabályokat be kell tartani, különösen ha a területen alagutak, bányajáratok, veszélyes gázok és anyagok fordulhatnak elő.

A részletes bejárás végrehajtásakor az alábbiak szerint célszerű eljárni a helyszínen:

- A térkép alapján meghatározott útvonalon lehetőleg gyalogosan végig kell menni. Eközben fel kell jegyezni minden elszíneződött talajfoltot, szennyezett vizet, hervadó növényzetet, jellemző szagokat;
- Fel kell jegyezni minden eltérést, amely a terület múltjára vonatkozó információval ellentétes (pl. a telep határaiban, épületekben, vezetékekben);
- Szemügyre kell venni és jegyzőkönyvbe foglalni valamennyi felszíni és felszín alatti szerkezetet, építményt (gödrök, medencék, tartályok, alapozások). Úgyszintén mindenféle feltöltés, mesterséges talaj, hulladék, valamint talajsüllyedés vagy bolygatás jeleit;
- Rögzíteni kell a gáz, víz, elektromos, telefonhálózat és a szennyvíz-vezetékek elhelyezkedését, feljegyezve hogy használatban vannak-e?
- Biztosítani kell a területre való bejutást és a szomszédos területek veszélyeztetettségét is meg kell ítélni mind az esetleges kármentési beavatkozás, mind a jövőbeni hasznosítás szempontjából;

- Azonosítani kell azokat a területeket/létesítményeket, amelyek a vizsgálat ideje alatt mintatárolók, mobil laboratórium, iroda vagy raktár céljaira szolgálhatnak.

A fentiekben túl fel kell jegyezni ill. tájékozódni kell az alábbiakról:

- Leközelebbi telefonállomás, mentők, tűzoltók, rendőrség elérhetősége, valamint a vízvezeték, elektromos csatlakozás közelsége;
- Állóvizek közelsége és mélysége, folyóvizek és csatornák folyásiránya és sebessége, áradáskori szintje;
- A felszínen található szilárd és folyékony szennyezőanyagok mintáit be kell gyűjteni laborvizsgálatra és hordozható műszerekkel tesztelni kell a területet éghető és toxikus gázkibocsátásra;
- A vizsgálatról részletes beszámoló jelentést kell készíteni levonva a szükséges következtetéseket, indokolva a további teendőket.

A helyszíni bejáráskor tehát megfigyeléseket végzünk, fényképeket készítünk, helyszíni mintavételre, ill. hordozható készülékekkel helyszíni analízisre kerülhet sor. Megjegyzendő, hogy a helyszíni analízis negatív eredménye nem perdöntő, nem bizonyító erejű a veszélyeztetettség megítélésénél, csak előzetes becslésre alkalmas. A szemle során felkeressük és kikérdezzük a tulajdonosokat/bérlőket, tanulmányozva a haszonbérleti és egyéb szerződéseket, konzultációkat folytatunk a helyi hatóságokkal (felügyelőségek, önkormányzatok, vízügyi és egészségügyi intézmények), közművekkel. A kapott információkat az illetékes hatóságokkal meg kell osztani. A helyszíni vizsgálat idején feltárt gödröket, mintavételi helyeket fel kell tölteni vagy biztonságosan lefedni, amennyiben felügyelet nélkül maradnak.

Szükségessé válhat a terület előkészítése a részletesebb vizsgálatot megelőzően. Esetenként az építmények egy részét el kell bontani, a területet meg kell tisztítani a felszíni szennyezőanyagoktól (fertőző, radiaktív anyagok, azbesztpor stb.). A bontásra és a tisztításra tapasztalt alvállalkozókat kell szerződtetni. Ha kötörmelék, hulladék stb. zavarja a mintavételt, szintén eltávolítandók.

3. Biztonsági és munkavédelmi szempontok a helyszíni vizsgálatok során.

A vizsgálatban résztvevőket előzetesen ki kell oktatni a balesetvédelmi rendszabályokra és megfelelő védőberendezéssel kell ellátni. Ide sorolandó a védőkesztyű, ruha, biztonsági bakancs acélbetéttel, védősisak,

gázálarc, lélegeztető berendezés, elsősegélynyújtó hely, tisztálkodási lehetőség. Amíg az ellenkezője nem bizonyosodik be fel kell tételezni folyékony anyagokról, hogy azok mérgezőek, gyúlékonyak, fertőzőek és korrozívok. Hasonlóképpen a gázok és gőzök, mérgező porok esetén légzőkészüléket kell használni, biztosítani kell a tűzbiztos mintavétel feltételeit és minden esetben a földomlás elleni védelmet.

A legnagyobb potenciális veszélyt jelentheti a patogén mikroorganizmusok jelenléte. Külön óvintézkedések szükségesek a kórházi/orvosi hulladékok esetén. Fertőzés veszélyére utalhat a szennyvizek megjelenése, patkányok előfordulása. A vízzel való közvetlen érintkezést el kell kerülni, a szennyezett vízzel vagy talajjal érintkező sérülés esetén azonnal orvosi ellátást kell biztosítani. Felmerülhet az előzetes védőoltások szükségessége is. Amennyiben egy területen nyúzott állattetemeket földeltek el, vagy bőrkikészítő üzem működött és a múltban lépfene fordult elő, a talajt megbolygatni nem szabad.

Radioaktív szennyezés gyanúja esetén képesített szakembernek kell vizsgálni előzetesen a radioaktivitás veszélyeit. Veszély esetén speciális óvórendszabályok szükségesek a belélegzés, lenyelés vagy bőrön át való érintkezés ellen. A szennyezett védőfelszereléseket elkülönítetten kell kezelni, a berendezéseket, járműveket, személyeket a telep elhagyása előtt mentesíteni kell. A radioaktív szennyezés elszállításához a megfelelő engedélyt előzetesen be kell szerezni. Éghető anyagok jelenlétekor speciális védőruhát és különálló légzőkészüléket kell biztosítani.

Az irányítással megbízott személy viseli a teljes felelősséget a vizsgálatban résztvevők és a környezetükben jelen levő más személyek testi épségéért, a berendezések állagáért. Felel tétélesen az alábbiakért:

- Vizsgáló vagy kutató csoport biztonságáért;
- Mintavevőknek adott utasításokért;
- Terveknek megfelelő mintavételi helyek kijelöléséért, a reprezentatív mintavételi eljárások betartásáért (beleértve a minták kódolását, tárolását);
- Szükséges helyszíni mérések elvégzéséért, valamint a munkák befejezését követő helyreállításért (fúrólyukak, gödrök, szelvények visszatemetése, biztonságos lefedése stb.).

Célszerű lehet kisebb területen helyszínrajzot készíteni pl. 1:2000-5000 léptékben, jelölve rajtuk az ismert veszélyforrásokat, közműveket, utakat, épületeket stb. Ezen a mintavételi pontok is azonosíthatók, míg a terepen karóval jól láthatóan (előre meghatározott mintakóddal jelölve)

tüntetjük fel a mintázni kívánt helyeket. A mintavétel helyét mindig le kell ellenőrizni, mielőtt a munka tovább halad. Minden mintának kódszámot kell adni, amely azonosítja a származási helyet a horizontális koordináta és a mélység alapján. Ugyanazon egyedi kódszámot kell használni a rajzokon, mintavételi terven, jelölő karón a terepen, jegyzőkönyvekben, címkéken, majd a laboratóriumi elemzési beszámolóban.

4. Egyének veszélyeztetettsége

A szennyezett területek vizsgálatakor különböző típusú veszélyhelyzetek jelentkeznek, melyek hatása is sokféle lehet. Gyakori az akut mérgezés, de a rendszeres mintavétel krónikus toxicitást is eredményezhet. Az egyén különböző módon, eltérő szituációkban és kockázattal találkozhat a káros anyagokkal. A veszélyeztetés fennállhat az érintés, lenyelés, belégzés során, valamint a munkaeszközök és a topográfiai körülmények által fizikai sérülések formájában. Kiütést, irritációt vagy más tüneteket okozhat a bőrön a közvetlen érintkezés olyan vegyi anyagokkal mint a toluol, fenolok, egyes olajok és zsírok, króm(VI) vegyületei, herbicidek, peszticidek és egyéb szennyezők. Ha a bőr sérült, gyorsabb a felszívódás és a bakteriális fertőzések (tetanusz, gennyesedések) hamarabb jelentkeznek. Ez vonatkozik úgyszintén a leptospíra fertőzésre, mely már a nem sérült felázott bőrön is áthatolhat.

A szennyező anyag bekerülhet a szervezetbe étellel, itallal, dohányzás által, esetleg szennyezett kéz vagy kesztyű archoz, szájhoz érintésével. Mivel a nyálkahártya általában érzékenyebb a bőrnél, kevesebb szennyező is kiválthatja a káros reakciót, fertőzést, gyomorműködési zavarokat. A toxikus gázok belégzésének hatása az enyhe fejfájástól, szédüléstől a halálig terjedhet. A fizikai eszközök, fűrók, gépek óvatlan használata szintén különböző mérvű sérüléseket vagy halálos baleseteket okozhat.

5. Balesetvédelmi intézkedések

Kémiai szennyezők esetén

Arra irányulnak, hogy elkerülhető legyen a káros anyaggal való közvetlen érintkezés, lenyelés, belégzés és fizikai sérülés. Védelmet igényel a láb, a kéz, az arc, az egész test. Kesztyű, nedves talajon gumicsizma, arcvédő maszk és az overall csökkenti az érintkezés kockázatát. A kesztyű ellenálló műanyagból vagy gumiból, az overall erős pamutanyagból legyen. Szükség szerint alkalmazhatók vízhatlan, sav- és tűzálló overallok. A szemek védelmére védőszemüveg, az arc védelmére védőmaszk írható elő esetenként.

Fontos a megfelelő higiénia. A WC használata előtt és után kezet mosunk, az érintkezés, ivás, dohányzás előtt pedig a kéz és arc mosása kötelező. A szennyezett területen való mozgás felferheti a port, aeroszolt, így időlegesen szükségessé válhat eltávolítani a térségből, míg a por le nem ülepedik. Szükséges esetekben a légzőkészülékkel ellátott teljes védőöltözet nyújthat csak védelmet a veszélyes kémiai anyagokkal szemben.

Gázzszennyezés esetén

A munkálatokat úgy kell végezni, hogy a gázok kilépése minimális legyen, ill. azok kilépve gyorsan felhíguljanak. A mintavevők háttal álljanak a szélnek. Ha feltételezhető, hogy légzőkészülék használata válik szükségessé (független külső levegőforrás), az érintetteket előtte oktatásban kell részesíteni. A gépkezelők mindig nyitott ablakok vagy ajtók mellett dolgozzanak. Zárt térben vagy a talajfelszín alatt végzett munkáknál gázfejlődés gyanúja esetén gázjelző berendezések használata előírt. A teret folyamatosan ellenőrizni kell éghető és mérgező gázokra, valamint oxigén-tartalomra. Még a beavatkozás megkezdése előtt ki kell dolgozni a mentés és a biztonságos elvonulás módját, mely feltételezi a munkaterületen kívüli személyek általi riasztást, mentőkötelek és légzőkészülékek használatát.

Biológiai/bakteriológiai szennyezés esetén

A kémiai szennyezőkre előírt óvintézkedések itt is alkalmazandók azzal a kiegészítéssel, hogy fertőzött szennyvízzel való érintkezés veszélye esetén vízálló ruházat előírt. Amennyiben fennáll a tífusz- és a tetanusz-fertőzés veszélye, ajánlott a terület vizsgálatában részt vevő személyeket oltásban részesíteni.

Topográfiai veszélyek esetén

A biztonsági követelmények magától értetődőnek tűnnek. Az ismeretlen területen óvatosan kell mozogni, haladni, közlekedni; a futást, rohánást meg kell tiltani. Vízmintavételnél egyik személy mentőkötéllel biztosítsa a mintavevőt mélyebb gödrök stb. esetén. A gödör oldalai beomolhatnak, alámosottak lehetnek. Gépi műveleteknél az egyenetlenségek, üregek, süllyedő felületek, felszíni akadályok jelenthetnek veszélyt. Föld alatti üregekben, barlangokban, bányákban végzett munkáknál szakmérnök ellenőrizze a tető és a falak stabilitását. A munkavégzéshez védősisak előírt.

Géphasználat esetén

A gépek önmagukban is veszélyforrások nem szakszerű használatkor. Védősisak és acélbetétes cipő használata ajánlott. Fontos, hogy a gép stabil

alapzaton álljon és a gépkezelő mindig lássa a gép és a többi ember helyzetét. A mintavevők úgyszintén győződjenek meg arról, hogy a gépkezelő látja mozgásukat. Motoros talajfúrót ne erőltessünk túl, ne járassuk túl nagy fordulatszámon, mert hirtelen akadályba ütközhet és törést, balesetet okozhat. Betonrétegek áttörésénél szem- és fülvédő eszközök használata kötelező.

Nedves, vizenyős talajon a szennyező anyag szétfröccsenhet a hirtelen gépi fúrásnál, ezért óvakodjunk a túl közeli tartózkodástól. A földtulajdonossal és a közművek üzemeltetőivel konzultálva előzetesen meg kell állapítani a közművek helyét ellenőrző berendezéssel. Kétséges esetekben az 1-1.5 m mélységig való feltárást kézzel kell elvégezni, ill. a közmű lehetséges mélységig a gépi kiásást kerülni kell.

6. Biztonsági és munkavédelmi előírások

A szennyezett terület feltárásában és a mintavételben részt vevő valamennyi szervezetnek rendelkeznie kell munkavédelmi előírásokkal. Az általános irányelveken túl meg kell határozni a speciális körülményekre (pl. zárt térben végzett munka) vonatkozó biztonságtechnikai feltételeket. Az előírásoknak tartalmazniuk kell

- a védőruha és védőeszközök használatára való utalást,
- a biztonsági okból előírt minimális dolgozói létszámot,
- a helyi mentő és tűzoltó szolgálattal való kapcsolattartást,
- az egymással való érintkezés és kapcsolattartás mikéntjét,
- baleset esetén a méregtelenítés, elsősegélynyújtás, tisztálkodás módját.

A balesetmentes munkavégzést meg kell tervezni és folyamatosan ellenőrizni szükséges. Mindez magában foglalja a veszélyhelyzetek felismerését és elhárítását (biztonságos mintavételi módszerek megválasztását). A technikai feltételek között említhetjük

- az egyéni védőfelszereléssel való ellátást,
- a veszélyes környezet felderítésére alkalmas eszközök biztosítását,
- a személyek és felszerelés méregtelenítését, tisztítását biztosító eszközöket,
- a biztonsági tervekért és intézkedésekért felelős személy kijelölését,
- világos munkaköri leírást felelősségi körök tisztázásával.

Elengedhetetlen a biztonságos munkavégzéshez szükséges eljárások dokumentációja, minden érdekelt információval való ellátása, a megfelelő tréning, elsősegély nyújtására szolgáló eszközök jelenléte, valamint a

váratlan események és balesetek előfordulása esetére kidolgozott mentési eljárások tervei. Természetesen fokozottan érvényt kell szerezni az általános munka- és balesetvédelmi előírásoknak, a veszélyes anyagok kezelésére vonatkozó utasításoknak. Kerülni kell az egyén kitétségét, szükséges esetben elő kell írni a megfelelő védőfelszerelések használatát.

7. Biztonsági felszerelések listája

Az alábbi lista iránymutatóként szolgálhat a biztonságos munkavégzéshez. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a gondatlanság hatástalanná teheti ezeket a felszereléseket. A felsorolás nem jelent fontossági sorrendet:

- Gumicsizma, acélbetétes bakancs, biztonsági sisak;
- Kesztyűk, overall, védőszemüveg és arcvédő maszk, fülvédő;
- Mosdóhelyiség (méregtelenítő, fertőtlenítő eszközökkel);
- Gázjelző, sugárzásjelző, közműveket jelző készülék;
- Légzőkészülék és a készüléket működtető berendezés;
- Munkahelyi telefon;
- Étkezésre és pihenésre szolgáló terület;
- Járművek mosására szolgáló berendezések;
- Elsősegélynyújtó felszerelés, tűzoltókészülék, biztonsági lámpák;
- Biztonsági és rögzítő kötelek.

A fentiekén túl fontos, hogy a biztonságos munkavégzést gyakorolják és az egyes munkafázisok végrehajtása engedélyhez kötötten történjen. A munkák elkezdését célszerű bejelenteni a mentő és tűzoltó szolgálatnak, biztosítani kell a mentő és tűzoltó járművek akadálytalan bejutását. Az dolgozó egyént is fel kell szerelni szükség szerint kézi vagy automata gázdetektorral, egyéb ellenőrző és biztonsági felszereléssel. Kívánatos, hogy legalább 2 személy tartózkodjon a munkaterületen és megfelelő külső kapcsolattal rendelkezzenek (telefonhoz való hozzáférhetőség).

A mintavételt követően a védőruhát becsomagoljuk a szennyezés szét-hordását elkerülendő. A minták szennyezésmentes csomagolásán túl utalni kell azok veszélyességére, informálva a vizsgáló bázist, labort. A járművek kerekeit minden alkalommal le kell mosni, mielőtt elhagyják a szennyezett területet. Amennyiben a fedőréteget átfúrva szennyezett anyag kerül a felszínre, az anyagot a megfelelő lerakóhelyre kell szállítani. Mintavételi gödör megnyitását követően a gödröt be kell temetni, a szennyezett anyagokat visszahelyezve. Ha szükséges, tiszta talajt terítünk a felszínre, ha vízzáró réteg volt a fedőréteg, az eredeti állapotot helyreállítjuk.

XIII. MINŐSÉGELLENŐRZÉS

Mindazon hibák és pontatlanságok kiderítésére szolgál, melyek az adatok gyűjtése kapcsán felléphetnek. A minőségellenőrzés nemcsak a hibákat, a szabványelőírásoktól való eltéréseket küszöböli ki, hanem alapvető lehet a kapott adatok interpretálhatósága tekintetében is. Még a standardizált, szabványosított módszerek eljárásai során előforduló minimális eltérések is komoly hibákhoz vezethetnek több munkafázison áthaladva és összeadódva. Ebből következően a minőségellenőrzés elengedhetetlen feltétele az összehasonlító adatgyűjtésnek.

Mivel gyakorlati végrehajtása jelentős idő- és költségráfordítással párosul, a minőségellenőrzés inkább csak az elemzésre korlátozódik, esetleg még a laborban sem veszik eléggé komolyan. Szükséges áttekinteni a lehetséges hibaforrásokat minden munkaterületen, beleértve a mintavételi terveket, a minták gyűjtését, előkészítését, analizisét, méréstechnikát és az adatértékelést egyaránt. Az előzetes információgyűjtésnél, helyszíni bejárásnál szintúgy szükség van a dokumentumok, irodalmi adatok, térképi információk ellenőrzésére.

1. Mintavétel

A minőségellenőrzés során szavatolni kell a talajmintavétel reprezentativitását a szennyező anyag valós talajbani eloszlása tekintetében. Alapul a szűrőpróbák minél nagyobb száma szolgálhat. Az adatok statisztikai feldolgozásánál konfidencia intervallumokat és hibabecslést célszerű megadni. A durva tévedések elkerülése miatt fontos a mintavételi előírásokat, a minimális részmintá- és átlagmintaszámot feltétlenül betartani. Amennyiben az eredményeket visszahelyezik a térbe ill. térképeznek, a mérőháló reprezentativitását ellenőrizni kell.

A raszteres és véletlen eloszláson alapuló mérőhálókra geostatistikai módszert alkalmaznak, mellyel a mintavételi helyek interpolálhatóságát ellenőrzik. Ez a variogram-analízis a regionalizált változók elméletén alapszik, mely szerint egy térbeni paraméter a lokális (regionális) véletlenszerű jelleggel túl globális szerkezeti jelleggel is rendelkezik. A variogram-görbe segítségével pl. meg lehet állapítani, hogy a mérőháló sűrűsége megfelel-e vagy sem a szilárd izovonalas térképszerkesztés kívánalmainak (LAGA 1990).

Ha az előzetes információkat következetesen bevonjuk a mérőháló tervezésébe, akkor a vizsgálandó területet azonos hasznosítású, össze-

hasonlítható talajtulajdonságú stb. térbeli egységekre oszthatjuk, melyeken belül a mért értékek szórása jelentősen kisebb, mint az egész vizsgált területen. Így csökken annak veszélye, hogy a vizsgálat szempontjából fontos térbeli egységek a mintavételnél kimaradnak vagy alulreprezentálva lesznek. A szükséges mintaszám csökkenthető, ugyanakkor megbízható következtetések vonhatók le az alapsokaságra és az egyes térbeli egységekre.

Magát a mintavételt rutinvizsgálatok keretében alig lehet felülvizsgálni. Ugyanis igen sok összehasonlító vizsgálatra lenne szükség, melyet különböző személyeknek kellene elvégezni, mivel a talaj heterogenitása miatt szigorúan tekintve nem vehetők identikus minták azonos pontokból. Mint arra már a korábbi fejezetben utalás történt, legnagyobb hibaforrást a mintavétel jelentheti. Szavatolni kell ezért a párhuzamos mintavételt, kontroll terület mintázását, az előírások betartását, ill. az attól való eltéréseket és a mintavételi helyek sajátosságait. Koordinátáit pontosan definiálni és dokumentálni szükséges. A mintavétel során és utólag ellenőrizni kell a

- mintavételi pontok közötti távolságokat,
- mintavétel mélységét,
- mintavevő eszközök használatát, típusát, minőségét,
- minták jelölését, tárolását és szállítását.

2. Elemzés

Az alább ismertetett és egymást kiegészítő eljárásokkal tartósan biztosítható az elemzés (mintaelőkészítés, kioldás, mérés) minősége, megbízhatósága, ill. a lehetséges hibák feltárása és kiküszöbölése.

2.1 Standard referenciaanyagok

Különböző összetételű olyan anyagok, melyek tartalmát széleskörűen lefolytatott körelemzések során statisztikailag is értékelték, meghatározták (certifikálták). Alkalmasak ezért az analízisek minőségének ellenőrzésére, új módszerek jóságának tesztelésére. Rutin eljárások során állandó kontrollként szolgálnak, összetételüknek azonban meg kell felelnie a vizsgálandó anyagokénak. Minden vizsgálandó sorozatban szerepelni kell egy ilyen standardnek, hogy az esetleges szisztematikus laborhibát felderíthessük. Ez egyaránt szolgálhat a feltárás és a mérés minőség-ellenőrzésére.

A standard referenciaminta oldatát használjuk arra, hogy a mérőműszert kalibráljuk, a kalibrációs egyenes lefutását ellenőrizzük. Ha nem rendelkezünk megfelelő certifikált standard referencia anyaggal, úgy

használhatunk olyan belső standardet is, melynek összetételét körelemzés során előzetesen már kielégítő pontossággal meghatározták. A laboratóriumoknak rendszeresen részt kell venniük a körelemzésekben.

2.2 Körelemzések

Bár a standard referenciaminták összes elemtartalmát statisztikailag meghatározták, minden további nélkül nem használhatók a különböző kioldási eljárások ellenőrzésére, mivel a kioldásnál az összes tartalomnak gyakran csak egy része kerül oldatba. Továbbá előfordulhat, hogy a vizsgálandó minta minőségéhez közelálló referenciaanyag nem létezik. Ilyenkor a kivont anyagtartalmat körelemzés útján kell hitelesíteni. Fontos, hogy a körelemzésben minél több elismert laboratórium vegyen részt. A kapott adatok alapján az anyag belső referenciaanyagnak minősíthető egy-egy kioldási módszerre.

A mérés területén szintén fontos a körelemzésekben való részvétel, hiszen a laboratóriumok eltérő műszerezettségét is jelenthetnek. Olyan nagyszabású országos programokban, ahol több laboratórium is érintett, szintén ajánlott a körelemzés a laboradatok összehasonlíthatósága érdekében. Amennyiben ez nem lehetséges, az általunk vizsgált mintát egy másik járóvű laboratóriumba is küldjük el ellenőrző vizsgálatra.

2.3 Párhuzamos feltárás, kioldás

Az előkészített mintából legalább 2 aliquot részt mérünk be külön-külön analízisre. Az elemzések közötti eltérés azon hibák összegét adja, melyeket a laborban ejtünk a mintaelőkészítés, feltárás, mérés során. A párhuzamos feltáráshoz szükséges bemérések (ismétlések) számát az alkalmazott módszer szabványosítottságának foka határozza meg. Nagyfokú szabványosítás esetén is legalább a minták 10 %-ánál végezzük el a párhuzamos feltárást.

2.4 Párhuzamos mérések

Az ismételt mérések száma a mérendő oldat koncentráció-tartományától, a módszer érzékenységtől és az oldatmátrixtól függő reprodukálhatósághoz igazodik. Minden esetben legalább 2 párhuzamost veszünk és a minták 10 %-ánál a méréseket újra megismételjük. Szükség szerint azonban valamennyi mintát többször is újra kell mérni.

2.5 Kimutathatósági határok

A kimutathatósági ill. meghatározási határokat a vizsgálat céljainak és a feltárási oldatok matrixának megfelelően előre le kell fektetni. Mivel a kimutathatósági határok a módszertől függenek, a kívánt határkoncentrációk eléréséhez szükséges eljárást kell választani. Az alábbi táblázatos összeállítás segít az ásványi elemek meghatározása során általánosan használt mérési eljárásokban eligazodni, a kimutathatósági határokat figyelembe venni. A minimálisan meghatározható koncentrációk $\mu\text{g/l}$ egységben vannak megadva Dominik és Paetz (1994) nyomán.

Elem jele	Alkalmazott eljárások megjelölése*			
	F-AAS	GF-AAS	ICP-AES	ICP-MS
As	2000	5	100	2
Be	20	0.2	2	0.5
Cd	20	0.1	10	2
Co	0.1	2	10	0.2
Cr	100	1	10	2
Cu	50	2	10	2
Hg	2	100	100	1
Mo	0.2	5	50	1
Ni	100	2	20	1
Pb	100	2	100	5
Sb	500	10	100	1
Se	1000	5	200	-
Sn	1000	5	100	1
Tl	200	2	100	0.5
V	1000	20	10	0.2
Zn	10	0.05	5	10

*Rövidítések megnevezése:

F-AAS: Lángatomabszorpciós spektrometria

GF-AAS: Grafitküvettás atomabszorpciós spektrometria

ICP-AES: Induktív csatolású plazma-atomemissziós spektrometria

ICP-MS: Induktív csatolású plazma-tömegspektrometria

2.6 Vakminta

Vakpróba céljából sorozatonként egy edénybe mintaanyag nélkül valamennyi reagenst bemérjük és a szokásos módon elemezzük. A vakértéket a sorozat adataiból levonjuk. Amennyiben a vakérték kiugróan

magas, a feltárást megismételjük. Ha az analitikai vakmintát 10-szer lemérjük, az alábbi egyenlettel becsülhetjük a kimutathatósági határokat:

$$K_H = \frac{1}{b} \cdot S_v \cdot f, \text{ ahol a}$$

b = kalibrációs egyenes meredeksége

S_v = vakérték standard eltérése 10 mérés esetén

f = Student-féle tényező 10 mérésnél (valószínűség 1 %)

A vakminta nemcsak a laboratóriumban használt reagensvak, melyet az analitikai tétellel (sorozattal) együtt kezelnek és mérnek. Beszélhetünk területi vakmintákról a mintavétel kapcsán. A szállítási vakmintát a mintavétel helyszínére viszik, majd az ott megvett többi mintával együtt a laboratóriumba szállítják. Mivel a mintaszállítás szennyező hatását teszteljük vele, a mintavétel helyszínén fel sem nyitják. Az eszköz vakmintát a helyszínen felnyitják, a mintavevő eszközön átteresztik és csomagolva a laboratóriumba szállítják. Ezzel a mintavételi eszköz tisztaságát ellenőrzik.

Fontos megkülönböztetni a megbízhatóságot és a reprodukálhatóságot, ill. pontosságot. A torzításmentesség ill. megbízhatóság egy vagy több mérési eredmény átlagának megfelelése a valódi értékkel, melyet referenciaanyagok vizsgálatával és a visszanyerési %-kal mérünk. A reprodukálhatóság vagy precizitás (pontosság) ugyanazon minta analízis-eredményeinek egyezősége tekintet nélkül a valóságos értékre, melyet az ismételt analízis mutat. Az ellenőrzést szolgálja a laboratóriumban még az ellenőrző vak, amely ismert mennyiséget tartalmaz az elemzett komponensből és a visszanyerési % meghatározására szolgál. A módszer kimutatási határát az a koncentráció jelenti, amely az adott komponensből elvileg minimálisan mérhető. Ettől eltér a gyakorlati kimutatási határ, amely a rutinvizsgálatoknál elérhető, bizonyos megbízhatósággal és reprodukálhatósággal mérhető minimális tartalmat jelenti.

3. Geofizikai vizsgálatok

A szennyezett talaj fizikai tulajdonságaiban bekövetkező változásokat méri. Ilyenek az elektromos vezetőképesség vagy fajlagos ellenállás, a térfogatsűrűség (gravimetrikus eltérések), a lökéshullámok intenzitása (szeizmikus eltérések). Ezekkel a technikákkal azonban csak az éles változásokat, az anomáliákat lehet kimutatni. A szennyezés pontos helye ill. határai nem határozhatók meg, amennyiben az átmenet nem éles vagy a talajfizikai tulajdonságok amúgy is változékonyak, azaz a heterogenitás

kifejezett. Ebből adódóan a geofizikai vizsgálatok csak alárendelt szerepet játszanak a szennyezett területek felismerésében, vizsgálatában, valamint a már tisztított területek utóellenőrzésében.

XIV. TALAJSZENNYEZETTSÉG MINŐSÍTÉSE A HAZAI SZABÁLYOZÁSBAN

A nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a hazai szabályozás is külön határértékeket közöl a fémekre és félfémes elemekre, egyéb szervetlen vegyületekre (oldható és összes cianid, tiocianátok, fluorid), valamint az alábbi szerves szennyezőkre:

1. Összes ásványolaj eredetű szénhidrogén (TPH)
2. Benzol és alkilbenzolok (BTEX)
3. Fenolok
4. Policiklikus aromás szénhidrogének (PAM)
5. Klórozott aromás szénhidrogének
6. Klórozott alifás szénhidrogének
7. Klórfenolok
8. Poliklórozott bifenilek (PCB)
9. Növényvédőszer
10. Egyéb vegyületek

A határkoncentrációk talajra és felszínalatti vízre egyaránt adottak. Táblázatokban az 'A' háttérértékek az emberi tevékenységgel közvetlenül nem érintett felszínalatti víz, ill. a talaj minőségének jellemzésére szolgálnak Magyarországon. A 'B' szennyezettségi határértékek azokat a kockázatos koncentrációkat jelölik, melyek meghaladása esetén a talaj vagy a felszín alatti víz már szennyezettnek minősül. A 'C' beavatkozási határértékek meghaladása esetén a talaj vagy a talajvíz károsodottnak minősül és kárelhárítási beavatkozást igényelhet. A terület környezeti érzékenységtől függően a 'C' beavatkozási határértékek különbözőek. A C₁ fokozottan érzékeny és a C₂ érzékeny területek minősítésének kritériumait a jogszabály vízvédelmi szempontból rögzíti.

A szennyezőket tartalmazó anyagokat tilos közvetlenül a felszín alatti vízbe vezetni, kivéve a bányászati vagy mélyépítési munkák során, ill. a geotermikus célokra kitermelt felszínalatti vizek szennyezésmentes visszacsatlását. Tilos továbbá vízvédelmi szempontból érzékeny területen közvetett bevezetésük, elhelyezésük, hulladék formában történő lerakásuk. Mindez vonatkozik az Európai Közösség vízvédelmi irányelveiben felsorolt, veszélyességük alapján K₁ és K₂ jelzésű I. és II. jegyzék anyagaira. Az

említett mérgező vagy kockázatos anyagokat csak műszaki védelemmel lehet talajon, talajban vagy bármilyen földtani közegben vagy annak felszínén elhelyezni.

Az útmutató keretei között a továbbiakban csak az ásványi elemek, ill. a fémek és félfémek talajszennyezettségi határértékeivel foglalkozunk. A szerves szennyezőket külön útmutató tárgyalja majd. A hazai szabályozásban 12 elemre adottak határkoncentrációk, melyeket a 16. táblázat foglal össze. A táblázat adatai jórészt a német és holland tapasztalatokra, valamint részben a hazai vizsgálatok eredményeire épültek. A KTM Talajvédelmi Szakértői Bizottsága elsősorban az 'A' háttérértékek becslésénél vehette figyelembe az eddigi hazai talajvizsgálati eredményeket, ill. a földtani felvételezések adatait. Értelmezésük azonban differenciált megközelítést igényel termőhelyenként, hiszen átlagadatok, melyek nagyságrendi szórásokkal terheltek.

16. táblázat

Fémek és félfémek talajszennyezettségi határértékei Magyarországon.
Összes tartalom mg/kg száraz talajban. Tervezet

Elem jele	Szennyezettségi határkoncentrációk kategóriái					Kockázati fokozat
	A	B	C ₁	C ₂	C ₃	
Ba	150	250	300	500	700	K ₂
Zn	100	250	500	1000	2000	K ₂
Cr (összes)	30	100	150	400	800	K ₂
Cu	30	100	200	300	400	K ₂
Pb	25	70	100	500	600	K ₂
Ni	25	50	150	200	250	K ₂
Co	15	50	100	200	300	K ₂
As	10	15	30	40	60	K ₁
Sn	5	30	50	100	300	K ₂
Mo	3	10	20	50	100	K ₂
Cd	0.5	1	2	5	10	K ₁
Hg	0.15	0.5	1	3	10	K ₁
Cr(VI)	0.1	1	2.5	5	10	K ₁

A - Háttérérték. Multifunkcionális hasznosítás lehetséges.

B - Szennyezettségi küszöbérték. Korlátozott hasznosítás lehetséges.

C - Beavatkozási határérték. Talajtisztítás ill. kárelhárítás szükséges

- C1 - fokozottan érzékeny minősített területen,
 C2 - érzékeny minősített területen,
 C3 - kevésbé érzékeny egyéb területeken.

Elsőként bemutatjuk a Magyar Állami Földtani Intézet által végzett hazai geokémiai felvételezés összevont eredményeit a 17. táblázatban. A felvételezés 196 mintavételi helyet reprezentál, alapvetően az ártéri üledékek 50-60 cm rétegének összetételét tükrözve. Az analízis az "összes" tartalomra vonatkozik meleg királyvizes kioldással és részben cc HNO₃ + cc H₂O₂ kioldással. A két módszer közelálló eredményeket ad, de csak részlegesen képes feltárni a talajok teljes elemkészletét, ezért inkább az "összes" készlet becsléséről beszélünk. Erre a körülményre korábban a talajvizsgálatok korlátainak taglalásánál már kitértünk.

17. táblázat

Ártéri üledékek 50-60 cm rétegének összetétele
 (MÁFI, n = 196, Ódor-Horváth-Fügedi 1995)

Elem	Átlag	Min.	Max.	Normál	Emelkedett	Kiugró
Ba	105	13	414	85-175	175-220	220 felett
Sr	83	12	566	60-160	160-280	280 felett
Zn	79	4	900	30-120	120-300	300 felett
Cr	26	1	311	15-51	51-100	100 felett
Ni	23	2	56	12-27	27-43	43 felett
Cu	22	1	216	13-46	46-66	66 felett
Pb	19	2	218	10-30	30-60	60 felett
Li	16	4	38	8-20	20-35	35 felett
As	13	2	505	5-14	14-30	30 felett
Co	9	1	21	6-12	12-18	18 felett
B	9	2	30	6-11	11-18	18 felett
Cd	0.6	0.5	12	0.5-3	3-5	5 felett
Ag	0.2	<0.2	1.3	0.2-0.3	0.3-0.5	0.5 felett
Hg	0.1	<0.02	1.0	0.06-0.2	0.2-0.3	0.3 felett

Ag, Ba, Hg, Li, Sr - MÁFI elemzése meleg királyvizes kioldással

As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn - BFNTÁ elemzése cc HNO₃ + cc H₂O₂ kioldással

A táblázat adatait a 16. táblázat határértékeivel összevetve megállapítható, hogy a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI), ill. a Budapest Fővárosi Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás (BFNTÁ) elemzés a Cr(VI), Sn, Mo elemek nélkül történt. A 150 ppm Ba 'A' érték ugyan meghaladja a geokémiai átlagot, de a MÁFI által normálisnak minősített zónába esik. Termőhelyeink egy részén azonban emelkedett, az 'A' érték többszörösét meghaladó kiugró Ba koncentráció előfordulhat. Azaz a 'B' vagy 'C' szennyezettséget jelentő regionális környezeti terhelés fennállhat esetleg geológiai okokból eredően. Hasonló a helyzet a Zn, Cr, Cu, Pb, As, Cd, Hg esetén, tehát a legtöbb érintett elemnél. Valójában ilyen kiugró magas regionális szennyezettséget csupán két elem, a Ni és Co nem mutatott.

A német-magyar környezetvédelmi együttműködés keretében a NEUKEM német és a BFNTÁ magyar partner közös felvételezéseket végzett a hazai természetvédelmi területeken a hazai 'A' értékek becslése céljából. A 40 mérési hely adatainak nagy szórása arra utalt, hogy meghatározó a geológiai háttér. Így pl. a Bükk területe kiemelkedett a talajok, ill. kőzetek nagy fémtartalmával mint az Al, Fe, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn. A vizsgálatok összefoglaló eredményeit a 18. táblázat mutatja be. A táblázatban a minimum, maximum és átlag értékeken túl közöljük a mediánt, valamint a méréshatár feletti mérések számát (az összes minta-szám n=40).

18. táblázat

Természetvédelmi területeinken mért "összes" elemkészlet a feltalajban.
NEUKEM-BFNTÁ vizsgálatok, mg/kg, 1995.
(Módszer: cc HNO₃ + cc H₂O₂ feltárás)

Elem	Átlag	Minimum	Maximum	Medián	Mintaszám (n)
Zn	41	6.7	115.9	26.3	40
V	33	5.4	78.2	24.3	40
Cr	22	4.6	52.6	16.0	40
Pb	17	5.2	39.7	14.0	40
Ni	16	3.1	37.3	12.9	40
Cu	10	1.1	24.1	6.5	40
Co	8	1.4	19.1	6.9	40
As	5	0.8	13.2	3.1	40
Sn	1.2	.52	2.29	1.15	27
Cd	0.5	.04	3.69	.11	40

Sb	0.4	.25	.54	.36	7
Tl	0.3	.11	.63	.21	24
Hg	0.1	.03	.32	.06	29
Se	0.1	.06	.07	.06	2

n = mintaszám méréshatár felett (összes minta n = 40)

Krrikus elemek méréshatára:

Sn 0.5, Sb 0.25, Tl 0.1, Se 0.05, Hg 0.03 ppm

Az adatokból látható, hogy a vizsgált 40 mintából 38 esetben méréshatár alatt volt a Se, 33 esetben a Sb, 16 esetben a Tl, 13 esetben a Sn és 11 esetben a Hg. A táblázat adatait a 16. táblázat határértékeivel összehasonlítva megállapítható, hogy nem történt mérés a Ba, Cr(VI), Mo elemekre. Az átlag és a medián értékek a természetvédelmi területeinken alacsony koncentrációkat mutatnak, sőt a maximumok közül is csak egy elem, a Cd tartalom haladja meg a 'B' szennyezetségi küszöbértéket.

Agronómiai és környezeti szempontból fontos, a növények által felvehetőnek tekintett frakciót általában NH₄-acetát + EDTA kioldással vizsgáljuk hazánkban. A művelt talajaink szántott rétegének elemtartalmáról a 19. táblázat nyújt áttekintést. Az ón (Sn) meghatározására sajnos sem a FAO keretében végzett elemzések, sem a hazai szaktanácsadási hálózat keretében nem került sor. Az adatokból látható, hogy a minimális és a maximális koncentrációk közötti különbségek gyakran az egy, esetleg a két nagyságrendet is elérhetik, hasonlóan a korábban bemutatott "összes" tartalmakhoz. Szennyezetlen területen az elemkészlet függvénye a talajtulajdonságoknak, elsősorban az agyagtartalomnak.

19. táblázat

Felvehető elemtartalmak a hazai művelt talajok szántott rétegében
(NH₄-acetát + EDTA kioldás)

Elem jele	FAO elemzések* (n=250)			MÉM NAK elemzései** (n=1000)		
	Min.	Max.	Átlag	Min.	Max.	Átlag
Ba	5	40	20	-	-	-
Zn	0.3	8.8	1.2	0.1	10.2	2.8
Cr	0.01	0.1	0.05	0.0	1.0	0.03
Cu	0.6	14.6	5.4	0.2	16.0	5.1
Pb	1	20	10	0.5	20	5
Ni	0.1	2.5	2.0	0.5	10.0	5.1

Co	0.4	6.3	2.6	0.1	7.0	2.1
As	0.1	0.5	0.2	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-	-
Mo	0.03	1.2	0.1	0.0	0.2	0.06
Cd	0.05	0.4	0.2	0.0	18.0	1.2
Hg	0.01	0.2	0.1	0.0	0.8	0.3

* Sillanpää 1982, Sillanpää-Jansson 1992, Kádár 1995.

** Fekete 1989, Marth 1990, Patócs 1990

- Nem vizsgált

Az elmúlt években nehézfémterhelési kisparcellás szabadföldi kísérleteket állítottunk be 10 % alatti agyagtartalommal rendelkező homokos, 20 % körüli agyagtartalmú vályog és 40 % feletti agyagtartalmú agyagos talajon. Amint a 20. táblázatban látható, mind az "összes", mind a felvehető koncentrációk nőnek a talajok magasabb agyagtartalmával.

20. táblázat

A homokos, vályogos és agyagos kísérleti termőhely talajainak összetétele a szántott rétegben, mg/kg (Kádár 1996).

Összes tartalom cc HNO₃ + H₂O₂, felvehető tartalom NH₄-acetát + EDTA kioldással

Elem jele	Összes tartalom			Felvehető tartalom		
	Homok	Vályog	Agyag	Homok	Vályog	Agyag
Ba	30	80	217	7	18	33
Zn	20	40	87	2	2	7
Cr	10	18	40	0.1	0.2	0.2
Cu	5	17	30	1.2	3.8	7.0
Pb	8	10	20	2.4	5.0	6.0
Ni	9	28	36	1.1	4.0	8.0
Co	3	8	15	0.8	2.2	4.0
As	4	7	10	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-
Cd	0.2	0.5	0.5	0.05	0.1	0.2
Hg	-	-	-	-	-	-

- Méréshatár alatt (Sn nem vizsgált);

**Homok: Órbottyán Kísérleti Telep; Meszes homok: Duna-Tisza köze;
Vályog: Nagyhorcsók Kísérleti Telep; Meszes vályog csernozjom:
Mezőföld; Agyag: Gyöngyös Kísérleti Telep; Savanyú agyagos erdőtalaj
Mátraalja.**

Összefoglalva a hazai talajvizsgálatok és szabadföldi kísérletek eddigi eredményeit, a 21. táblázatban javaslatot teszünk azokra az ideiglenes határértékekre, melyek segítségével a művelt és nem művelt területek szennyezettsége megítélhető a felvehető, NH_4 -acetát + EDTA kioldással nyert adatok alapján. Ezzel a tápláléklánc veszélyeztetettsége jobban becsülhetővé válik, ill. közvetetten jobban megítélhető a káros elemek mobilitása, a talajvíz szennyeződésének veszélye. A felvehető vagy mobilis frakciót a hazai szaktanácsadásban elfogadott rutin módszerrel határozhatjuk meg. Ahogy gyarapodnak ismereteink és újabb felvételezések történnek majd, az ideiglenes határértékek folyamatosan pontosíthatók, ill. megerősítést nyerhetnek.

21. táblázat

Javasolt ideiglenes határértékek a szántott réteg felvehető
(NH₄-acetát +EDTA) tartalmára, mg/kg talajra *

Elem jele	Szennyezettségi határkoncentrációk kategóriái				
	A	B	C ₁	C ₂	C ₃
Ba	50	75	100	150	200
Zn	5	20	40	80	160
Cr	0.5	3	6	18	36
Cu	10	40	90	140	190
Pb	10	25	70	150	300
Ni	10	20	60	90	120
Co	5	10	20	30	40
As	0.5	2	4	10	20
Sn	-	-	-	-	-
Mo	0.5	2	4	10	20
Hg	0.05	0.2	0.5	1	2
Cr(VI)	0.05	0.2	0.5	1	2

* Savanyú és homok talajokon a határértékek 50 %-kal csökkennek.
- A Sn mérésére nem került sor.

XV. FONTOSABB FOGALMAK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

ADSZORPCIÓ: Fizikai jelenség, gázok vagy folyadékok (oldatok) anyagi részecskéinek megtapadása, fölhalmozódása szilárd anyagok vagy folyadékok felületén. Ha a részecskék a közeg belsejébe hatolnak, akkor abszorpcióról beszélünk. Az abszorpció és az adszorpció nem mindig különíthető el egyértelműen. A talaj esetén a szilárd részecskék felületi adszorpcióját hangsúlyozzuk, amikor is növényi tápanyagokkal vagy szennyezőkkel dúsul a felületi határréteg.

ADSZORPCIÓS KAPACITÁS (T-érték): Kifejezi, hogy adott pH értéken mekkora a talajok kationmegkötő képessége, az adszorbeálható kationok maximális mennyisége mgé/100 g talajra számolva.

AEROSZOL: Kolloid rendszer, gáz halmazállapotú anyagban (levegő) diszpergált folyadék vagy szilárd részecskék halmaza. A folyadék/gáz rendszerű aeroszolókat ködnek, a szilárd/gáz rendszerűeket füstnek nevezzük.

AEROB: Valamely folyamat (élelműködés) vagy szervezet, amely oxigén jelenlétét igényli.

AGGREGÁTUM: Anyagi részecskék halmaza, a talaj szerkezeti eleme és jellemzője.

ALAPKÖZET: Az altalajt követő mélyebb talajrétegek.

ALAGCSŐ: A talajnedvesség (talajvízszint) szabályozására, ill. az előtisztított szennyvíz szikkasztására szolgáló, különböző átmérőjű, égetett agyagból, betonból vagy műanyagból készült perforált vízvezető cső.

ALGATESZT: A hulladékminősítést megalapozó ökotoxikológiai vizsgálatok egyike, melynek szabványosított módszerét az MSz-21978/2. adja meg. Az algák csökkent O₂-termelése alapján méri a toxicitást.

ALTALAJ: A feltalaj alatti gyökérjárta réteg maximum 1 m mélységig.

ANAEROB: Valamely folyamat vagy szervezet, mely nem igényel oxigént.

ÁLLAMI FELELŐSSÉG KÖRÉBE TARTOZÓ TERÜLET: Olyan szennyezett terület, amelynél a szennyező állami intézmény volt, vagy a felelős nem azonosítható, ill. a kárelhárításra nem kötelezhető.

ÁRTALMATLANÍTÁS: A szennyező hulladék végleges elszigetelésével (lerakás) vagy nemkívánatos minőségének megváltoztatásával (detoxikálás, elégetés) a környezetre veszélyes jelleg megszüntetése.

ÁSVÁNYI SZENNYEZŐDÉS: Biológiai vagy kémiai oxidáció útján nem bontható szennyeződés. A vízből főként mechanikai tisztítási eljárással (ülepítés, szűrés, centrifugálás) vonható ki, amennyiben a szilárd részecskékhez kötött. A talaj tisztítása összetettebb.

ÁTLAGMINTA: több azonos tömegű és térfogatú, ill. azonos mélységből származó részminta talajanyagának egyesítése összekeveréssel.

BEAVATKOZÁSI ÉRTÉK (C-ÉRTÉK): Azonnali részletes vizsgálatra van szükség fellépése esetén és tisztázni kell a beavatkozás mikéntjét, gondoskodva a lehetséges szennyezési utak megszüntetéséről. A kárelhárítás tervezése során előírt állapotjellemző, ill. határkoncentráció.

BIOLÓGIAI (BIOKÉMIAI) OXIGÉNIGÉNY (BOD): A vízben lévő szerves anyagoknak baktériumok általi lebontásához szükséges oxigénmennyiség adott idő és hőmérséklet alatt.

BIOTESZT (biomonitoring): A szennyezés hatásának számszerű becslésére valamely élő szerv, szervezet vagy azok populációi/közösségei szolgálnak.

CSÍRANÖVÉNY-TEST: A fehér mustármagvak csírázásgátlása alapján méri a szennyezőanyag toxicitását.

DAPHNIA-TEST: *Daphnia magna*, azaz a vizibolha azon reakcióját méri, amikor egyedeinek 50 %-a 48 óra alatt mozgásképtelenné válik adott koncentráció (LC₅₀), ill. adott károsanyag mennyiség (LD₅₀) hatására.

DIFFÚZ (NEM PONTSZERŰ) SZENNYEZÉS: A pontszerű szennyezőforrással szemben a szennyezés itt kiterjedten jelentkezik, pl. az erózió, mezőgazdaság kemizálásának hatása stb.

DIFFÚZIÓ: Koncentráció-különbség és a hőmozgás hatására végbemenő keveredés, amelynek eredményeképpen a koncentrációk kiegyenlítődnek.

DRÉNVÍZ: Dréncsövekben (alagcsövekben) áramló víz.

DURVA TALAJRÉSZEK: Szitálással elkülönített, 2 mm-nél nagyobb részecskék összessége %-ban kifejezve.

ELUÁLÁS: A hulladék egyes összetevőinek kioldása szabványosított kísérleti körülmények között.

ELUÁTUM: A hulladékon átszivárgott és annak oldható komponenseit tartalmazó oldat.

EMISSZIÓ (szennyezés): Valamely forrásból időegység alatt kibocsátott szennyezőanyag mennyisége.

EMISSZIÓS NORMA (kibocsátási határérték): A szennyezőforrás megengedhető maximális károsanyag kibocsátása, melyet előírásként rögzítenek.

ERÓZIÓ: A felszínen elfolyó víz talajpusztító munkája. Tágabban ide értendő a szél felszíni ill. talajpusztító munkája (defláció) is.

FELDERÍTÉS (felderítő vagy előzetes feltárás): Előzetes tájékozódás a veszélyeztetett környezeti elemekről, a szennyeződésről vagy szennyezőforrásról, a terület sérülékenységről és a művi védelemről. Célja a valószínűsíthető szennyezés tényének bizonyítása és a szennyezés körül-

ményeinek felderítése, eredménye az előminősítés, azaz állásfoglalás a terület szennyezettségét illetően.

FELTALAJ: Humuszos felső (szántott) talajréteg kb. 30 cm mélységig.

FELTÁRÁS: Oldhatatlan vegyületek oldhatóvá alakítása általában víz, sav, lúg vagy szerves oldószerekkel.

FINOM TALAJRÉSZEK: 2 mm-nél kisebb részek tömege %-ban kifejezve.

HASZNOSÍTÁSI HATÁRÉRTÉK: Adott területhasznosításra, talajhasználatra más és más tolerálható szennyezettségi koncentrációkat adnak, ezzel területi prioritásokat fogalmaznak meg. Hasonlóképpen a vízminőségi előírások eltérő határkoncentrációkat engedélyeznek a vízhasznosítás függvényében (ivóvíz, öntözővíz, gyógyvíz stb.)

HAVÁRIA: Olyan természeti csapás vagy emberi tevékenység okozta hirtelen esemény (robbanás, közúti baleset stb.), mely a lakosságot és a környezetet veszélyeztető szükségállapot kialakulását eredményezi.

HAVÁRIA TERV: Környezetvédelmi kárelhárítási terv, amely az üzemi havária esetére előírja a tennivalókat. Kiadását a környezetvédelmi hatóság rendeli el.

HÁTTÉRKONCENTRÁCIÓ, ALAPÉRTÉK VAGY TÁJÉKOZÓDÁSI ÉRTÉK (A): Nem szennyezett vizek, talajok, élelmiszerek, testnedvek stb. átlagos károsanyag-koncentrációja. Összehasonlítási alapként használható a terhelés mértékének becslésére.

HULLADÉK: Termelésnél és fogyasztásnál keletkező szilárd, folyékony vagy gázalakú melléktermékek, melyek tulajdonságaik, koncentrációjuk, mennyiségük stb. miatt már nem vagy csak újólagos feldolgozással (recycling) hasznosíthatók.

HULLADÉK LERAKÁS: A hulladék ártalmatlanításának, végleges elhelyezésének egyik módszere abból a célból, hogy ne válhasson környezet-szennyező anyaggá.

HULLADÉK MINŐSÍTÉS: Olyan fizikai-kémiai, mikrobiológiai, toxikológiai, ökotoxikológiai és mutagenitási vizsgálatok, melyeket rendelet ír elő és a végzésükre feljogosított intézményeket az ágazati minisztériumok jelölik ki. Az eljárás során a hulladék veszélyességi osztályba sorolását is megadják.

IMMISSZIÓ (szennyezettség): A környezeti elemek (levegő, víz, föld) szennyezettségi állapota, mely az emissziót, majd a transzmissziót ill.

transzportot követően alakul ki. Jellemezhető a szennyezők minőségi és mennyiségi értékeivel.

IMMISSZIÓS NORMA (szennyezettségi határérték): Adott környezeti elem vagy természeti közeg megengedhető maximális szennyezőanyag koncentrációja, melyet előírásként rögzítenek.

KARCINOGEN (koncerogén): Állati és emberi szervezetben kóros sejtburjánzást, rosszindulatú daganatot, rákot okozó heterogén összetételű anyagok, elemek, szennyezők.

KÁRMENTESÍTÉS: A kármegelőzés és kárfelszámolás (elhárítás) fogalmát is magában foglalja, célja a kár megelőzése, ill. a már bekövetkezett kár felszámolása, szanálása.

KÁRMENTESÍTÉSI HATÁRÉRTÉK: A kárelhárítás tervezése során előírt tolerálható koncentráció vagy állapotjelző, ameddig a kármentesítést (talajtisztítást) folytatni kell. Általában talajhasználatától függő határértéket jelent.

KÉMIAI OXIGÉNIGÉNY (KOI): A vízben lévő szerves anyagok kémiai lebontásához, oxidálásához szükséges O₂ mennyiségét jelenti. A víz szennyezettségének mérőszáma.

KOCKÁZATBECSLÉS: A környezeti kár okának, mértékének, valószínűségének előzetes megállapítása. A részletes vizsgálat a kockázatelemzést eredményezi.

KÖRNYEZETSZENNYEZŐ ANYAG, amelynek koncentrációja túllépi a háttérszintet vagy természetes körülmények között nem fordul elő és a környezetbe került. Jogi szempontból a már elszennyezett talaj, víz vagy levegő (tehát természeti közeg vagy test) nem tekinthető hulladéknak.

KÖRNYEZETI ELEM: A föld, levegő és víz jelentik a fizikai környezetet. Ma már ide soroljuk az ember által létrehozott mesterséges környezetet és összetevőit, valamint tágabban az élő környezetet, az élővilágot is.

KÖRNYEZETVÉDELEM: Azon intézkedések összessége, melyek a környezet megóvását célozzák. Része a hulladékgazdálkodás is.

KÜSZÖBÉRTÉK, SZENNYEZETTSÉGI HATÁRÉRTÉK (B): Amennyiben a szennyezőanyag koncentrációja túllépi, további vizsgálatok szükségesek, mert kedvezőtlen körülmények között nem tolerálható veszélyt jelent a környezetre, élőlényekre. A küszöbérték alatt a veszély nem

aktuális, de a multifunkcionalitás sérülhet, a talajhasználat esetleg korlátozott.

MEGVALÓSÍTHATÓSÁGI TANULMÁNY: A rehabilitációs beavatkozások alternatív műszaki, gazdasági, pénzügyi mérlegelése, optimális változat kidolgozása.

MINERALIZÁCIÓ (ásványosodás) a szerves anyag átalakulása szervetlené oxidatív környezetben mikroorganizmusok segítségével. Fontos funkciót tölt be az anyagforgalomban, vizek és talajok öntisztulásában.

MINTAVÉTELI MÉLYSÉG, amelyből a mintát vesszük. Általában az avar nélküli talajfelszíntől mérjük cm-ben.

MINTAVÉTELI TERÜLET: Részmintákkal vagy általában 2 db átlagmintával jellemzett terület.

MINTÁZANDÓ TERÜLET, amelyet a mintavételi hálóval lefedve mintavételi területekre bontunk. A vizsgálandó területet jelenti.

MINTAVÉTELI PONT az a hely, ahol a talaj anyagát veszik.

MUTAGÉN HATÁS: Az örökletes genetikai információt hirtelen megváltoztató, mutációt előidéző befolyás.

NEHÉZFÉMEK: Elvileg az 5 g/cm^3 -nél nagyobb sűrűségű fémek tartoznak ide. Helytelenül a toxikus fémeket jelöli ezzel a környezetvédelmi irodalom. A nehézfémek vízoldható sói általában mérgezőek.

PESZTICIDEK: Növényvédőszeres, melyekhez sorolhatók a gyomirtók (herbicidek), gombaölő szerek (fungicidek) és a rovarölő szerek (inszekticidek).

POTENCIÁLISAN SZENNYEZETT TALAJ: Adottságai miatt vagy korábbi használatából adódóan olyan szennyezőket tartalmaz, amelyek az élő szervezeteket vagy más környezeti elemeket (levegő, víz) veszélyeztethetik a tervezett hasznosítás során.

REHABILITÁCIÓ, remediáció, rekultiváció, tisztítás, szanálás, helyreállítás: A környezetvédelemben gyakran rokonértelemben használatosak, a szennyezett környezet eredeti vagy kedvező állapotának visszaállítása értelmében.

RÉSZLETES FELTÁRÁS: Célja a szennyezés teljeskörű megismerése, a kármentesítési beavatkozás megalapozása részletes vizsgálatokkal..

RÉSZMINTA (PONTMINTA): Egy mintavételi pont talajanyaga adott mélységből.

RÉTEG- VAGY HORIZONTVASTAGSÁG: A réteg/horizont vastagsága cm-ben. A rétegek egymásutánisága és vastagsága fontos genetikai tényező.

SZENNYEZETT TERÜLET (TALAJ): Szennyezőanyagokat tartalmazó, élő szervezeteket és más környezeti elemeket veszélyeztető terület.

SZENNYVÍZ: Háztartási, ipari, kereskedelmi használatból eredő elszennyezett víz. Ide sorolandó a településeken átfolyt szennyeződött csapadékvíz is.

SZENNYVÍZISZAP: A szennyvízben úszó és lebegő, főként szerves anyagokból álló és a mechanikai szennyvíztisztító műtárgyakban leülepedett iszap. Megfelelő kezelés után általában a talajba dolgozható, mezőgazdaságban hasznosítható.

SZERVESANYAG-TAKARÓ: A talaj felületét borító avar, szalma vagy azok bomlásnak indult maradványa. A humusz (szervesanyag) tartalma 30 % feletti.

SZIKESÉDÉS: Sós ill. szikes talajok kialakulását jelenti. A sós talajvíz felfelé áramlik a talajban és a felső rétegekben betöményedik. A sók kiválhatnak a száraz alföldeken.

TALAJ: *Hagyományos szaktudományi értelemben* a Föld felszínének mállott legkülső része, melynek porózus anyaga a víz és egyéb anyagok tárolására, átalakítására alkalmas és életfeltételeket biztosít a mikroorganizmusok, növények, talajlakó állatok számára.

TALAJ: *Környezeti értelemben* tágabb fogalom, benne foglaltatik az egész mállott földkéreg a porózus szerkezetű üledékes kőzetekkel és más permeábilis anyagokkal, az összes ásványi és szerves összetevővel, talajvízzel együtt. Része a táj is, valamint a nem természetes felszíni takaró az antropogén ráhordásokkal, szemétlerakókkal, gyártelepek töltéseivel, rekultivációs meddőkkel, tehát termőfölddel és nem termő földekkel együtt.

TALAJSZENNYEZÉS: Károsanyagok emelkedett koncentrációja a talajban, mely a talajfunkciók károsodásához vezet.

TALAJVÍZ: *Hagyományos szaktudományi értelemben* a felszínközeli mállott rétegek telített zónájában elhelyezkedő, az első vízzáró rétegegig (legfeljebb azonban 20 m mélységig) terjedő vízréteg, amelyet az atmoszfé-

rikus hatások közvetlenül befolyásolnak, szintje a csapadéknak megfelelően ingadozik.

TALAJVÍZ környezeti értelemben minden felszín alatti víz.

TECHNOLÓGIAI HATÁRÉRTÉK: Adott technológiával elérendő határkoncentráció.

TERATOGEN: Olyan anyagok, szennyezők, melyek az emlősök embrióinál fejlődési rendellenességet okoznak.

TISZTÍTÁSI HATÁRÉRTÉK: Hatóság által előírt hasznosítási határkoncentráció.

TOXIKOLÓGIA: Mérgekkel, mérgezést okozó hulladékokkal, anyagok toxicitásának kimutatásával, hatásmechanizmusukkal foglalkozik.

VÉDŐTERÜLET (VÉDŐSÁV): Vizi létesítmények, szennyvíztisztítók, személerakók, dögtemetők stb. védelmére kialakított és korlátozottan hasznosítható terület.

IRODALOMBAN GYAKRAN HASZNÁLT RÖVIDÍTÉSEK

ADI: Megengedhető napi felvétel vagy terhelés. (Angol: Acceptable Daily Intake)

AOX: Adszorbeálható szerves halogének

BCF: Biológiai Koncentrációs Faktor

BOI: Biológiai Oxigénigény. (BOD angol, BSB német rövidítés)

DDT: Diklór-difenil-triklóretán nevű rovarirtó, amely nehezen bomlik és a táplálékláncon át az emberi szervezetbe juthat, a zsírszövetekben felhalmozódhat. Bár hazánkban 1967-ben betiltották használatát, kimutatható az élő szervezetekben.

DOC: Oldott szerves szén (Dissolved Organic Carbon)

EOX: Extrahálható szerves halogének

GC-fingerprints: Gázkromatográfus nyomgázelemzés

IR-spektrum: Infravörös spektrumban mért extinkció

KOI: Kémiai Oxigénigény (COD angol, CSB német rövidítés)

LC₅₀: Letális koncentráció a populáció 50 %-ára.

LD₅₀: Letális dózis a populáció 50 %-ára.

MAK: Maximális munkahelyi koncentráció (Németből ered: Maximale Arbeitsplatz-Konzentration)

MIK: Maximális Immissziós Koncentráció (Angolul: MIC Maximum Immission's Concentration)

MMK: Maximális Megengedhető Koncentrációk

NOAEL: Felvételi vagy terhelési küszöb, melynél a káros hatás még nem figyelhető meg. (Angolul: No Observable Adverse Effect Level - NOAEL).

OX: Szerves halogének

PAH: Policiklikus aromás szénhidrogének (Angolul: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAH; németül: Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe: PAK)

PCB: Poliklórozott bifenilek, széles körben használt aromás vegyületek (festékgyártás, textilipar stb.). Nehezen bomlók, emlősökben felhalmozódó veszélyes hulladékok.

PCP: Pentaklórfenol rövidítése, mely a növényvédőszer alapanyaga. Emberre és környezetre káros I. osztályú veszélyes hulladéknak minősül.

POX: Leválasztható szerves halogének (Angolul: Purgeable Organic Halogen)

ppb (part per billion): Milliárdnyi rész. Folyadék vagy szilárd anyagok esetén megfelel a µg/kg koncentrációnak

ppm (part per million): Milliomod rész. Folyadék vagy szilárd anyagok esetén megfelel a mg/kg koncentrációnak.

TOC: Összes szerves szén (Angolul: Total Organic Carbon)

TPH: Összes alifás szénhidrogén (Angolul: Total Paraffin Hydrocarbons)

UV- extinctio: Ultraibolya sávban mért extinkció

XVI. FELHASZNÁLT IRODALOM

- ALTLASTEN-KOMMISSION NRW (1989): Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten. Band 2. Anwendbarkeit von Richt- und Grenzwerten aus Regelwerken anderer Anwendungsbereiche bei der Untersuchung von Altablagerungen und Altstandarten Landesamt für Wasser und Abfall NRW. Düsseldorf.**
- BAKOS, B. (1996): Hulladékgazdálkodás. In: Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. (Szerk.: Thyll, Sz.). 208-224. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.**
- DÉSI, I. (1991): Vegyi anyagok közegészségügyi és toxikológiai vizsgálata. BME Mérnöktovábbképző Intézet. Budapest.**
- DOMINIK, P. - PAETZ, A. (1994): Methodenbuch Bodenschutz. UBA. Berlin.**
- EIKMANN, TH. - KLOKE, A. (1991): Nutzungs und schutzbezogene Orientierungswerte für (Schad)stoffe in Böden. In: Rosenkranz et al. (Ed.) Handbuch Bodenschutz. Erich Schmidt Verlag. Berlin.**
- EIKMANN, TH. - KLOKE, A. (1993): Nutzungsmöglichkeiten und Sanierung belasteter Böden. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. VDLUFA Schriftenreihe 34. VDLUFA Verlag. Darmstadt.**
- EUROPEAN SOIL CHARTER (1972): Council of Europe. Strasbourg.**
- FRÄNZLE, O. (1994): Handlungsanleitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden. Umweltbundesamt. Berlin.**
- Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg (1993): Zweite Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Probenahme und -aufbereitung (VwV Bodenproben). 41. Jahrgang. Stuttgart.**
- GYŐRI, D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.**
- KABATA-PENDIAS, A. - ADRIANO, D.C. (1995): Trace Metals. Chapter 4. In: Soil Amendments and Environmental Quality. Ed.: J.E. Rezhigl. 139-167. Lewis Publishers. Boca Raton-New York-London-Tokyo.**
- KÁDÁR, I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. Akaprint. Budapest.**
- KÁDÁR, I. (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. REGICON Nyomda. Kompolt.**

- KERÉNYI, A. (1995):** Általános környezetvédelem. Műszaki Oktatási Stúdió. IMOSOFT. Szeged.
- KERÉNYI, E. (1990):** Környezetvédelem. Műszaki értelmező szótár. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LAGA ARBEITSGRUPPE (1990):** Erfassung, Gefahrenbeurteilung und Sanierung von Altlasten. Informationsschrift. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall. Bonn.
- LINDSAY, W.L. - NOREVELL, W.A. (1978):** Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
- LIST I. and II. substances in the EC groundwater Directive.**
- LÁNG, I. (Főszerk. 1993):** Környezetvédelmi lexikon I-II. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- MENGEL, K. (1976):** A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MÓSER, M. - PÁLMAI, Gy. (1992):** A környezetvédelem alapjai. Tankönyvkiadó. Budapest.
- MSZ-08-0202/1977:** Helyszíni mintavétel mezőgazdasági célú talajvizsgálatokhoz. MSZH.
- MSZ-08-1722/1-1989:** Talajvizsgálatok. Talajkivonatok készítése. MSZH.
- MSZ-08-1722/2-1989:** Talajvizsgálatok. A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása. MSZH.
- MSZ-08-1722/3-1989:** Talajvizsgálatok. A talaj oldható toxikus elem és nehézfém tartalmának meghatározása. MSZH.
- MSZ-21470/1-80:** Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Mintavétel. MSZH
- MSZ-21470/50-83.** Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Cu, Cr, Ni, Pb, Cd tartalom meghatározása. MSZH.
- MSZ-21472-85:** Általános mintavételi előírások a környezetvédelmi talajvizsgálatokhoz. MSZH.
- MSZ-21474-86:** Környezetvédelem. A talajt szennyező anyagok meghatározásának általános előírásai. MSZH.
- MSZ-21978/9-85:** Veszélyes hulladékok vizsgálata. Hulladékkivonatok készítése fizikai-kémiai vizsgálatokhoz. MSZH.

- NÉMETH, T. (1995): Nitrogen in Hungarian soils. Nitrogen management relation to groundwater protection. J. Cont. Hidr. 20:185-208.**
- NÉMETH, T. - KÁDÁR, I. (1991): Macro- and micronutrients in Hungarian soils. In: Proc. IGBP Symp. of HAS. Ed: I. Pais. 19-52. KÉE. Budapest.**
- PÉNZES, B. (1989): Mérgező anyagok a környezetben. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.**
- SÁNTHA, A. (1993): Környezetgazdálkodás. Akadémiai Kiadó. Bpest.**
- SARKADI, J. - NÉMETH, T. KÁDÁR, I. (1986): A talaj könnyen oldható tápanyagtartalmának heterogenitása. Agrokémia és Talajtan. 35:295-306.**
- STEFANOVITS, P. (1975): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.**
- SZABÓ, I.M. (1986): Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.**
- SZABÓ, L. (1996): Mezőgazdasági termelés hatása a környezetre. In: Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. (Szerk: Thyll, Sz.) 225-284. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.**
- SZABÓ, L. - LÁNG, I. - SZABÓNÉ, W.E. (1993): Környezetgazdálkodás. I-II. Egyetemi jegyzet. GATE Főiskolai Kar. Gyöngyös.**
- Texte zum Umweltschutzgesetz (1987): Erläuterungen zur Verordnung von 9. 06. 1986. über Schadstoffe im Boden (VSBo). Bundesamt für Umweltschutz. Bern.**
- THYLL, SZ. (1996): Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.**
- TIM Módszertan. 1. kötet. FM NAF. Budapest. 1995.**
- VÁRALLYAY, Gy. (1990): Soil quality and land use. In: State of the Hungarian Environment. Ed.: D. Hinrichsen - Gy. Enyedi. 91-124.**
- VÁRALLYAY, GY. - NÉMETH, T. (1996): A fenntartható mezőgazdaság talajtani-agrokémiai alapjai. MTA Agrártud. Oszt. KÖzl. 80-92. Akad. Kiadó. Budapest.**
- VERMES, L. (1992): Hulladékgyűjtés. Mezőgazdasági Kiadó. Bpest.**
- VISSER, W.J.F. (1993): Contaminated land policies in some industrialized countries. Technical Soil Protection Committee. The Hague. The Netherlands.**

