

KÖRNYEZETI MINTAVÉTELEZÉS

Környezettudományi alapok tankönyvsorozat:

A környezettan alapjai

A környezetvédelem alapjai

Bevezetés a környezeti áramlások fizikájába

Bevezetés a talajtanba környezettanosoknak

Környezetfizika

Környezeti ásványtan

Környezeti mintavételezés

Környezetkémia

Környezetminősítés

Környezettudományi terepgyakorlat

Mérések tervezése és kiértékelése

Environmental Physics Methods Laboratory Practices



Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar

KÖRNYEZETI MINTAVÉTELEZÉS

Szerkesztette:

Óvári Mihály
adjunktus, Kémiai Intézet

Tatár Enikő
egyetemi docens, Kémiai Intézet

Írta:

Farkas János
adjunktus, Biológiai Intézet

Hahn István
adjunktus, Biológiai Intézet

Márialigeti Károly
egyetemi tanár, Biológiai Intézet

Óvári Mihály
adjunktus, Kémiai Intézet

Romsics Csaba
tudományos segédmunkatárs, Biológiai Intézet

Szabó Csaba
egyetemi docens, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Szalai Zoltán
adjunktus, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Szövényi Gergely
adjunktus, Biológiai Intézet

Tatár Enikő
egyetemi docens, Kémiai Intézet

Tóth Mária
adjunktus, Biológiai Intézet

Török Júlia Katalin
adjunktus, Biológiai Intézet

Lektorálta:

Galbács Gábor
egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem

2012



COPYRIGHT: © 2012-2017, Dr. Farkas János, Dr. Hahn István, Dr. Márialigeti Károly, Dr. Óvári Mihály, Dr. Romsics Csaba, Dr. Szabó Csaba, Dr. Szalai Zoltán, Dr. Szövényi Gergely, Dr. Tatár Enikő, Dr. Tóth Mária, Dr. Török Júlia Katalin, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Dr. Galbács Gábor, Szegedi Tudományegyetem

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)

A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

ISBN 978-963-279-542-3

KÉSZÜLT: a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

FELELŐS VEZETŐ: Votisky Zsuzsa

TÁMOGATÁS:

Készült a TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0047 számú, „Környezettudományi alapok tankönyvsorozat” című projekt keretében.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszachenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

KULCSSZAVAK:

mintavétel, kémiai szennyezés, geológia, biológia, talaj, felszíni víz, felszín alatti víz, csapadék, humán minta, levegőminta, aeroszol, növényi minta, állati minta, mikrobiológia

ÖSSZEFOGLALÁS:

A környezetben lezajló természetes és mesterséges folyamatok megértéséhez, azok hatásainak vizsgálatához elengedhetetlen ezeknek a folyamatoknak a rendszeres megfigyelése, a bekövetkező változások nyomon követése. A környezet állapotának vizsgálata egy összetett munkafolyamat, amelynek minden egyes elemét megfelelő körülményekkel kell elvégezni, ellenkező esetben a vizsgálat eredménye nem a valós helyzetet fogja tükrözni. Ennek következményeként a környezetben bekövetkező változások esetleges káros hatásait nem tudjuk elhárítani. Mivel a vizsgálandó környezeti elemek sok esetben nem vizsgálhatók teljes egészükben, ezért mintavételre van szükség, amelynek reprezentatívnak kell lennie annak érdekében, hogy az eredmények extrapolálhatók legyenek a teljes eredeti sokságra. A hallgatók a tananyag elsajátításával képesek lesznek helyesen kiválasztani az egyes konkrét esetekben alkalmazható mintavételi módszert, tisztában lesznek annak elvi alapjaival, ismerik, és ki tudják különböztetni a lehetséges hibaforrásokat. Mivel az egyes vizsgálatok (pl. kémiai, biológiai, geológiai stb.) rendkívül szerteágazóak, és esetenként teljesen eltérő mintavételi szemléletet és stratégiát követelnek, – egy általános bevezetést követően – az egyes területekhez tartozó mintavételezési tudnivalók elkülönítetten kerülnek tárgyalásra. A jegyzet első fejezetében bemutatásra kerülnek a mintavétel legfontosabb elvi alapjai és mennyiségi összefüggései. A második fejezet tárgyalja a környezet-földtudományi mintavételezést, ezen belül a talaj, a talajlevegő, a felszíni és felszín alatti vizek, a salakok, pernyék, meddők és a kőzetek mintavételezését. A harmadik fejezet a kifejezetten kémiai vizsgálatok céljára történő mintavételezést mutatja be az alábbi közegekben: felszíni víz, csapadék, hulladék, szennyvíz, humán és légköri minták. A negyedik fejezet taglalja a biológiai mintavételezésen belül a növényi, állati szervezetek vizsgálatára történő, valamint a mikrobiológiai célú mintavételt. A jegyzetet fejezetenként irodalomjegyzék és kötet végén fogalomtár egészíti ki.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	9
1.1. Általános megjegyzések	9
1.2. Mintavételi alapelvek	9
1.2.1. A sokaság tulajdonságai	9
1.2.2. A mintavételi program összeállítása	10
1.2.3. Meghatározandó paraméterek	10
1.2.4. A mintavételi helyek kiválasztása	10
1.2.5. A mintavétel időbeni gyakorisága	12
1.2.6. A minták típusa	12
1.2.7. A minták tartósítása	12
1.2.8. A mintavétel dokumentálása	13
1.3. A mintavétel elméleti megfontolásai	13
1.3.1. Alapvető fogalmak	13
1.3.2. A mintavétel reprezentativitása	13
1.3.3. A mintavételi hiba és az elemzés hibája	14
1.3.4. A mintavételi hibát befolyásoló tényezők	14
1.3.5. A minták szükséges számának becslése	16
1.4. Irodalomjegyzék	16
2. KÖRNYEZET-FÖLDTUDOMÁNYI MINTAVÉTELEZÉS	17
2.1. Talajtani mintavétel	18
2.1.1. A talaj definíciói és a mintavétel célja és módszertana közötti kapcsolat	18
2.1.2. Tudományos célú mintavétel	19
2.1.3. Mezőgazdasági célú talajmintavétel	33
2.1.4. Környezetvédelmi célú mintavételezés	36
2.2. Talajgázok (radon és szén-dioxid)	41
2.2.1. A radon	41
2.2.2. A szén-dioxid	41
2.2.3. Radon és szén-dioxid együttes előfordulása	42
2.2.4. A Talajlevegő radonaktivitás-koncentrációjának mérése	42
2.2.5. A talajlevegő szén-dioxid-tartalmának mérésére szolgáló eszközök és módszerek	45
2.3. Kőzetminta-vételezés	47
2.3.1. Terepi kőzetminta-vételezés	47
2.3.2. Kőzettani mintavételezés mélyfúrások segítségével	48
2.3.3. Szilárd mintavétel ipari anyagokból	49

2.4.	Vízmintavételezés.....	50
2.4.1.	Bevezetés.....	50
2.4.2.	Felszíni állóvíz mintavétele.....	51
2.4.3.	Folyóvíz felszíni mintavétele.....	51
2.4.4.	Felszín alatti vízmintavétel.....	52
2.4.5.	Hálózati víz mintavétele.....	53
2.4.6.	Mintavételi módszerek.....	53
2.4.7.	Folyóvízi üledékek mintavétele.....	57
2.5.	Salakok, pernyék és meddők mintavétele.....	61
2.5.1.	Bevezetés és fogalmak.....	61
2.5.2.	Fogalmak.....	62
2.5.3.	A különböző anyagok környezeti hatásai.....	62
2.5.4.	Mintavételi eljárások.....	64
2.6.	Urbán geokémia.....	65
2.6.1.	Bevezetés.....	65
2.6.2.	Az urbán geokémiai mintavételezésről.....	66
2.6.3.	A mintavételezési eljárások kivitelezése.....	66
2.6.4.	Az urbán geokémiai mintavételezés környezeti közegei.....	68
2.6.5.	Közlekedési eredetű szennyezések.....	70
2.6.6.	Talajok az urbán geokémiában.....	70
2.6.7.	A lokális háttérértékek meghatározása.....	72
2.7.	Irodalomjegyzék.....	75
3.	MINTAVÉTELEZÉS AZ ANALITIKAI KÉMIAI VIZSGÁLATOKHOZ.....	78
3.1.	Felszíni vizek mintavétele nyomelemek meghatározása céljából.....	78
3.1.1.	A mintavételi helyek kiválasztása.....	78
3.1.2.	Felszíni mintavétel.....	79
3.1.3.	Mélységi mintavétel.....	80
3.1.4.	A minták kezelése.....	80
3.1.5.	Helyszíni vizsgálatok.....	84
3.1.6.	Minőségbiztosítás.....	84
3.2.	Csapadékok (eső és hó) mintavétele.....	84
3.2.1.	Mintavételi terület.....	85
3.2.2.	A mintavétel időtartama.....	86
3.2.3.	Mintavételi eszközök.....	86
3.2.4.	Téli mintavétel.....	88
3.2.5.	A minták tárolása.....	88
3.2.6.	Következtetések.....	89
3.3.	Hulladékok mintavételezése.....	89
3.3.1.	Bevezetés.....	89
3.3.2.	Mintavétel és tárolás.....	90

3.4.	Szennyvizek mintavételezése	91
3.4.1.	Bevezetés.....	91
3.4.2.	Mintavételi eszközök.....	91
3.4.3.	A minták tartósítása és tárolása.....	92
3.5.	Humán minták	93
3.5.1.	Mintavételi eljárások	93
3.6.	A légkör gáz alakú és szilárd összetevőinek mintavételezése.....	95
3.6.1.	Bevezetés.....	95
3.6.2.	Online és offline mintavételezés	95
3.6.3.	Mintavétel gázhalmazállapotú nyomszennyezők meghatározásához	96
3.6.4.	Aeroszolok mintavétele.....	97
3.7.	Irodalomjegyzék.....	99
4.	BIOLÓGIAI MINTAVÉTELEZÉS.....	101
4.1.	Növényzeti mintavétel.....	102
4.1.1.	A gyűjtendő adatok	102
4.1.2.	A mintavétel módszerei.....	104
4.2.	Állatok mintavételezése.....	106
4.2.1.	Gerinctelen állatok	106
4.2.2.	Gerinces állatok.....	118
4.3.	Mintavételezés környezeti mikrobiológiai elemzésekhez	125
4.3.1.	A Környezeti mikrobiológiai mintavételezés különleges feltételei	126
4.3.2.	Engedélyek a környezeti mikrobiológiai mintavételhez	131
4.3.3.	Kutatási célú mintavételezés és hatósági minta a környezeti mikrobiológiában	131
4.3.4.	Mikrobiológiai mintavétel természetes közegekből.....	132
4.3.5.	Mikrobiológiai célú mintavétel ember által befolyásolt környezetekből, technológiai rendszerekből	142
4.3.6.	Az anaerob mikrobiológiai mintavétel előírásai	143
4.3.7.	A mintavételi felszerelés összeállítása	143
4.4.	Irodalomjegyzék.....	144
5.	FOGALOMTÁR.....	145

ELŐSZÓ

A környezetben lezajló természetes és mesterséges folyamatok megértéséhez, azok hatásainak vizsgálatához elengedhetetlen ezeknek a folyamatoknak a rendszeres megfigyelése, a bekövetkező változások nyomon követése. A környezet állapotának vizsgálata egy összetett munkafolyamat, amelynek minden egyes elemét megfelelő körültekintéssel kell elvégezni, ellenkező esetben a vizsgálat eredménye nem a valós helyzetet fogja tükrözni. Ennek következményeként a környezetben bekövetkező változások esetleges káros hatásait nem tudjuk elhárítani.

A jelen tankönyv az Eötvös Loránd Tudományegyetem Környezettudományi alapszakának hallgatói számára készült azzal az igénnyel, hogy elsajátítsák a környezet komplex vizsgálatához szükséges mintavételezési módszereket. A könyv szerzői célul tűzték ki, hogy a hallgatók a tananyag elsajátításával képesek legyenek helyesen kiválasztani az egyes konkrét esetekben alkalmazható mintavételi módszert, tisztában legyenek annak elvi alapjaival, ismerjék, és ki tudják küszöbölni a lehetséges hibaforrásokat. Nem célunk adott típusú készülékekhez használati utasítást adni.

A tankönyv szervesen kapcsolódik az ELTE-n „Környezeti Mintavételezés I.” és „Környezeti Mintavételezés II.” címmel megtartott kurzusokhoz. Mivel az egyes vizsgálatok (pl. kémiai, biológiai, geológiai stb.) rendkívül szerteágazóak, és esetenként teljesen eltérő mintavételi szemléletet és stratégiát követelnek, célszerű – egy általános bevezetést követően – az egyes területekhez tartozó mintavételezési tudnivalók elkülönített tárgyalása.

1. BEVEZETÉS

1.1. Általános megjegyzések

A környezeti vizsgálatok során a mintavételezés az egyik első, ugyanakkor kulcsfontosságú lépés, amelyet nagyfokú körültekintéssel és szakértelemmel kell megtervezni és végrehajtani, ellenkező esetben a mintavételi hiba jóvátehetetlenül eltorzítja a későbbi vizsgálat eredményét.

A mintavételi hibák lehetnek véletlenszerűek és rendszeresek, nagyságuk a meghatározandó paraméterhez képest az elhanyagolhatótól a nagyságrendekkel nagyobbig terjedhet.

A mintavételi hibák forrásai igen sokrétűek, behatóbb tárgyalásukra az egyes részterületek fejezeteiben kerül sor. A jelen bevezetőben csak a hibaforrások általános bemutatására, és azok meghatározási módjának leírására törekszünk.

1.2. Mintavételi alapelvek

A környezeti vizsgálatok során gyakran kell olyan rendszerek jellemzőit meghatározni, amelyeknek igen nagy kiterjedésük van. Ideális esetben a vizsgálatot az eredeti *sokaság*¹ teljes terjedelmére el kellene végezni, de ez éppen a nagy méretek miatt nem lehetséges. További gondot jelent, hogy az elemzési módszerek idő- és költségigénye miatt az elvégezhető vizsgálatok száma behatárolt. Mindezek eredményeként általában meg kell elégednünk azzal, hogy a vizsgálandó sokaságnak csak egy meghatározott mennyiségű részét elemezzük, és feltételezzük, hogy ez a részlet a vizsgálandó jellemzőkre nézve jól reprezentálja az eredeti sokaságot. Annak érdekében, hogy ez a feltételezésünk megalapozott legyen, a *mintavételt* megfelelően meg kell tervezni, elő kell készíteni, és szakszerűen végrehajtani.

1.2.1. A sokaság tulajdonságai

- A sokaság lehet véges vagy végtelen kiterjedésű. Véges kiterjedésű az a sokaság, amelynek a mérete meghatározott, pl. egy tározó vize, vagy egy hulladékhalom. A végtelen sokaságok közé tartoznak az áramló rendszerek, mint pl. egy folyó, vagy egy kéményben áramló füstgáz.
- A sokaság lehet folytonos vagy tagolt. A folytonos sokaságokban a különböző részek nincsenek fizikailag elválasztva egymástól, ilyen pl. egy kevertetett szennyvíztisztító medence. A tagolt sokaságok több alegységre vannak bontva, ilyenek pl. a hulladékot tartalmazó hordók. Az alegységek száma és mérete alapján kell meghatározni a vizsgálandó minták számát.
- A sokaság lehet homogén vagy heterogén. Homogén sokaság az, amelyben a tulajdonságok mindenhol azonosak, ilyen pl. a fentebb említett, kevertetett medence. Heterogén sokaságok esetén a tulajdonságok változnak a hely függvényében, ilyen pl. egy felhagyott gyárterület talaja. Az esetek túlnyomó részében a környezetben vizsgált rendszerek eredendően heterogének, tehát a mintavételi tervet ennek megfelelően kell elkészíteni.

¹ Sokaság annak a környezeti elemnek a teljessége, amelynek a tulajdonságait meghatározni kívánjuk.

1.2.2. A mintavételi program összeállítása

A mintavétel megkezdése előtt ki kell dolgozni a mintavételi programot, aminek során figyelembe kell venni a mintavétel célját. A cél lehet általános tájékozódás, ilyen esetekben az adott mintatípusban általánosan vizsgált *paraméterek*² meghatározása történik meg. Konkrét szennyezőanyagok meghatározása akkor szükséges, ha egy adott területen ismert szennyezőanyag-forrás van jelen, és ennek a forrásnak jellegzetes kibocsátása van. Olyan esetek is előfordulnak, amikor maga a forrás vagy egyáltalán nem ismert, vagy a pontos helyét kell meghatározni. Ilyenkor a különböző szennyezőanyagok minőségéből következtethetünk vissza a forrásra, illetve az eloszlásból a forrás helyére. Fel kell becsülni továbbá, hogy a meghatározandó paraméter(ek) időben milyen sebességgel és milyen mértékben változ(hat)nak, és erre tekintettel kell a rendszeres mintavétel gyakoriságát eltervezni.

A cél ismeretében kell rögzíteni a meghatározandó paraméterek listáját, a mintavétel helyét, idejét, a minták számát, a mintavételi pontok sűrűségét, a mintavétel időbeni gyakoriságát, a minták típusát, a mintavételezési módszereket, a minta mennyiségét, a minták kezelését (pl. helyszíni szűrés) és tartósítását, valamint a majdani vizsgálati módszert.

1.2.3. Meghatározandó paraméterek

Amennyiben ún. *döntővizsgálat*³ céljából történik a mintavétel, a meghatározandó paraméterek felsorolását a vonatkozó szabvány tartalmazza, attól eltérni nem lehet. Minden más esetben a paraméterek kiválasztása az aktuális vizsgálat célkitűzésének megfelelően történik.

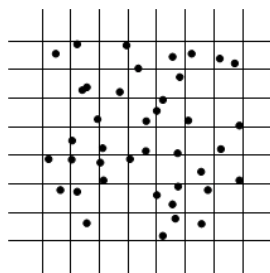
1.2.4. A mintavételi helyek kiválasztása

A mintavétel helyének kiválasztásánál a legfőbb szempont, hogy az onnan származó minta reprezentálja a megmintázandó sokaságot. Amennyiben a meghatározandó paraméter térbeli eloszlása inhomogén, akkor több (esetenként egészen nagyszámú) mintavételi pontot kell kijelölni, az ezekről származó minták neve *pontminta*. Ha a vizsgálandó paraméterek térbeli eloszlása homogén, vagy nem célunk meghatározni, csak az átlagértéket, akkor a pontmintákból *térbeli átlagmintát* képzünk, és alapos homogenizálás után ebből végezzük el az elemzést. Ha szükség van a térbeli eloszlás meghatározására is, illetve az inhomogén, akkor az egyes pontmintákat külön-külön kell elemezni.

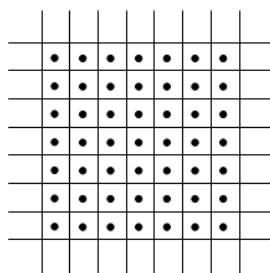
A pontminták térbeli elhelyezkedése lehet *véletlenszerű*, ekkor a pontok kijelölése a vizsgálandó területen véletlenszerűen történik (1.1. ábra). Ennek az az előnye, hogy lehetővé teszi statisztikai módszerek alkalmazását. A mintavételi helyek *szisztematikus* kijelölése esetén azok mértani alakzatokba rendezve helyezkednek el, egymástól mért távolságuk azonos (1.2. ábra). Ez a módszer egyszerűen tervezhető és kivitelezhető, de alkalmazásánál előfordulhat, hogy nem kielégítő térbeli sűrűség esetén kis kiterjedésű (pont- vagy szalagszerű) paramétereltolódások kimaradnak a mintavételből. Ennek kiküszöbölésére alkalmazható a módosított szisztematikus mintavétel (1.3. ábra), vagy a *rétegzett* mintavétel, melynek során a vizsgálandó területet egyenletesen kisebb részterületekre osztjuk, majd az egyes részterületeken belül véletlenszerűen jelölünk ki egy-egy mintavételi pontot.(1.4. ábra).

² A továbbiakban a paraméter megnevezést használjuk a minták minden vizsgált jellemzőjére, amelyek lehetnek fizikai, fizikai-kémiai, kémiai mennyiségek, egyedszámok stb.

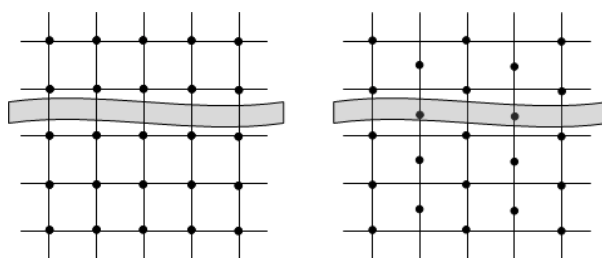
³ Olyan vizsgálat, amelynek eredménye jogkövetkezményt vonhat maga után.



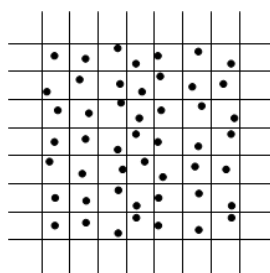
1.1. ábra. Pontminták véletlenszerű elhelyezése



1.2. ábra. Pontminták szisztematikus elhelyezése



1.3. ábra. Pontminták módosított szisztematikus elhelyezése szalagszerű szennyezések felderítése érdekében (halszálka-elrendezés)



1.4. ábra. Pontminták rétegzett elrendezése

Mozgásban levő rendszerek (pl. folyóvizek) vizsgálatánál a mintavételi hely(ek) kiválasztásánál különös tekintettel kell lenni arra, hogy a folyás mentén elhelyezkedő pontszerű (pl. szennyvízbevezetés) és diffúz (város) forrásokból származó szennyező komponensek csak bizonyos távolság után keverednek el a vizsgált közegben. Az egyes befolyók hatásának biztosabb megítélése érdekében vizsgálni kell a közeget a befolyás előtt is, valamint a befolyót magát is. Ez utóbbi lehet teljesen antropogén eredetű, pl. szennyvízcsatorna.

1.2.5. A mintavétel időbeni gyakorisága

A mintavétel időbeni gyakoriságának megtervezésekor tekintettel kell lenni arra, hogy a meghatározandó paraméterek időbeni változása milyen sebességgel történik. Különösen figyelembe kell venni a napszakos és az évszakos ingadozásokat, továbbá az esetleges források kibocsátásának időbeni változását, pl. a gépjárműforgalom napi, heti és szezonális ingadozást is mutat. A meghatározott, állandó időközönként történő mintavételt *periódikus mintavételnek* nevezzük.

1.2.6. A minták típusa

A minták típusa lehet *pontminta*, *átlagminta*, *sorozatminta*. A pontminta definíciója már szerepelt az 1.2.4. fejezetben. Az átlagminta lehet térbeli és *időbeli átlagminta*, ez utóbbit az azonos pontban, de időben egymás után vett minták összekeverésével kapjuk. A sorozatminta különböző időpontokban és helyeken vett pont- és átlagmintákból áll.

1.2.7. A minták tartósítása

A mintavétel végrehajtása után gondoskodnunk kell arról, hogy a minta tulajdonságaiban ne álljon be szignifikáns változás az elemzés végrehajtásáig. A környezeti mintákban a legkülönbézetesebb fizikai, kémiai és biológiai változások következhetnek be a tárolás ideje alatt. Ezeknek megakadályozására különböző módszerek állnak rendelkezésre, amelyek részletes bemutatása az egyes mintatípusoknál történik meg. Itt a bevezetőben csak néhány példát mutatunk be.

- **Fizikai változások:** a mintából víz párologhat el, vagy kondenzálhat bele, a minta víz- vagy zsírtartalma megolvadhat, vagy megdermedhet, állás közben a kristályszerkezet megváltozhat. A fizikai behatások ellen a mintákat rendszerint kontrollált állandó hőmérsékleten (hűtve), zárt edényzetben és esetleg fénytől védve tárolhatjuk.
- **Kémiai változások:** a mintában levegő jelenlétében oxidációs folyamatok játszódhatnak le, komponensek elbomolhatnak, az ebből származó új anyagok jelenhetnek meg, a vegyértékváltó fémek magasabb oxidációs állapotba kerülhetnek, majd hidrolízissel csapadékként kiválhatnak a mintaoldatból. Fény hatására bekövetkezhetnek ún. fotolitikus reakciók, amik szintén megváltoztatják a minta összetételét. A kémiai változások kiküszöbölésének sokféle módszere ismert, ezek egy-egy komponenscsoport tartósítására alkalmasak. Ilyen a pH adott értékre történő beállítása (pl. fémekre pH 2, de cianidra pH 12), olyan reagensek adagolása, amelyek a vizsgálandó komponens(ek)e)t kontrollált módon átalakítják, és így megakadályozzák a további nemkívánatos kémiai reakciókat (pl. szulfidra Cd-acetát, oldott O_2 -re $MnSO_4$), és a minták levegő kizárásával történő tárolása. Külön figyelmet kell szentelni a tároló edény falával való esetleges kölcsönhatásnak, mert a falon lejátszódó adszorpciós/deszorpciós folyamatok is jelentős hibák forrásai lehetnek.
- **Biológiai változások:** ezek között kiemelkedő a mikrobiológiai változások szerepe. Gyakorlatilag nincs olyan környezeti minta, amiben ne lennének mikroorganizmusok, amelyek életfolyamataik során a mintában fellelhető anyagokból táplálkoznak, anyagcserevégeredményeiket pedig a mintába ürítik. Mindkét folyamat a minta tulajdonságainak megváltozását eredményezi, és a későbbi vizsgálat eredményét jelentősen torzíthatja. Ennek elkerülésére a mintákat leggyakrabban olyan vegyszeres kezelésnek vetik alá, amely a mikroorganizmusokat előli vagy legalábbis inaktíválja (pl. vízben N-formákhhoz $HgCl_2$). Az inaktíválás egy másik, gyakran alkalmazott módszere a hűtés, esetenként mélyfagyasztás. Ugyancsak hatékony tartósítási módszer a víztartalom elvonása, a szárítás, a minták kímélése érdekében ezt célszerű fagyott állapotban, légritkított térben végezni, ezt nevezik fagyasztva szárításnak, más néven *liofilizálásnak*.

Mindazonáltal meg kell jegyezni, hogy nincsen univerzális tartósítási eljárás, amely minden paraméter meghatározásánál alkalmazható lenne. Amennyiben más módszer nem áll rendelkezésre, vagy ellenjavallt, a minták megfelelő mértékű hűtése/fagyasztása rövidebb-hosszabb ideig megfelelő módszer, de törekedni kell a különböző paraméterek „testreszabott” tartósítására. Mivel a tartósítási módszerek sok esetben egymással ellentétes irányú változást jelentenek a minta adott tulajdonságaiban (pl. pH), az ilyen igényű paraméterek értelem-szerűen ugyanabból a mintarészletből nem határozhatók meg, hanem külön-külön kell azokra tartósítani. Egy komplex fizikai-kémiai-biológiai vizsgálat még egyetlen sokaság egyetlen mintája esetén is több tucatnyi alminta elkülönítését igényelheti.

1.2.8. A mintavétel dokumentálása

A mintákat minden esetben egyértelműen meg kell jelölni annak érdekében, hogy bármilyen probléma esetén annak eredete azonosítható legyen. Minden mintán fel kell tüntetni a minta kódját, edényenként az abból meghatározható paraméter megnevezését, a mintavétel helyszínét, dátumát, a mintavételi pont jelét/számát, valamint a mintavétel egyéb fontos paramétereit (pl. mintavételi mélység). A mintavételi jegyzőkönyvnek ezen kívül tartalmaznia kell a mintavételi helyszín pontos leírását koordinátákkal, az időjárási körülményeket, a mintavevő személy(ek) nevét, a pontos mintavételi időpontot, a megvett minta/minták mennyiségét, a helyszínen elvégzett érzékszervi vizsgálatok (szín, szag) eredményét, továbbá minden olyan megállapított paramétert, amely a mintavételt befolyásolja (pl. vízmélység, áramlási sebesség, talajvíz szintje stb.).

1.3. A mintavétel elméleti megfontolásai

1.3.1. Alapvető fogalmak

Az *alapsokaságból* mintákat veszünk, amelyekből az átlagmintát képezzük. Ideális esetben teljes sokaságból elegendően nagy n számú mintát venni, egyenletes, véletlenszerű eloszlásban. Mivel az átlagminta mennyisége jelentősen nagyobb, mint amire szükség van, ezért a minta mennyiségét *redukálni* (csökkenteni) kell. Ennek módja az ismételt keverés, őrlés, szitálás és osztás (pl. *negyedelés*), így kapjuk a *laboratóriumi mintát*. Fontos, hogy az átlagminta reprezentálja az alapsokaságot, a laboratóriumi minta pedig reprezentálja az átlagmintát.

1.3.2. A mintavétel reprezentativitása

Feltételezzük, hogy a vizsgált analitikai paraméter értéke az alapsokaságban normális eloszlású. Ebben az esetben a paraméter μ középértéke és σ szórása hozzárendelhető az alapsokasághoz. Véges n számú mintán – az átlagmintán – ugyanennyi elemzést elvégezve az x analitikai paraméterértékre megkapjuk az \bar{x} középértéket és az s szórást.

Feltételezzük, hogy az átlagminta reprezentálja az alapsokaságot a vizsgált paraméterre nézve. A minta reprezentativitása mennyiségileg jellemezhető annak a közelítésnek a jóságával és megbízhatóságával, hogy a kapott \bar{x} középérték és a valódi μ középérték mennyire egyezik meg egymással.

Az $(\bar{x} - d) \leq \mu \leq (\bar{x} + d)$ konfidenciaintervallumot a Student-féle t -eloszlás alapján kapjuk meg, ahol

$$d = \frac{t_{n-1;P} \cdot s}{\sqrt{n}} \quad (1.1)$$

P értékét rendszerint 0,90, 0,95 vagy 0,99-nek vesszük. A $t_{n-1;P}$ faktor értékeit táblázatból kereshetjük ki. Ez az érték növekvő n mintaszámmal, valamint csökkenő P szignifikancia-szinttel csökken, ezzel a konfidenciaintervallum szűkül.

Így a $2d$ konfidenciaintervallum reciprok fokmérője a reprezentativitásnak, minél szűkebb, annál reprezentatívabb a minta, és fordítva.

1.3.3. A mintavételi hiba és az elemzés hibája

A hibák három fő forrásból eredhetnek:

- **Személyi hiba:** ebben az esetben a mintavételt végző személy nem az előírásnak megfelelően végzi a munkáját, és ezzel visz be hibát a vizsgálatba, pl. szennyezett kézzel érinti a mintavevő eszközt/edényt, vagy akár valamilyen mennyiséget rosszul olvas le, vagy jegyez föl. Ezek a hibák megfelelő körültekintéssel kiküszöbölhetők.
- **Véletlenszerű hiba:** ezek nem reprodukálható hibák, pl. egy műszer által detektált jel zaja. Jellemző tulajdonsága a szórás.
- **Rendszeres hiba:** ilyenkor a vizsgálat eredménye mindig adott mértékben fog eltérni a helyes értéktől. A mintavétel során ilyen hibaforrás lehet a nem pontos térfogatú mérőedény, vagy a minták tartósítására alkalmazott vegyszer szennyezése.

Az x analitikai eredmény szórása függ a mintavétel és az elemzés szórásától, standard deviációkkal kifejezve

$$\left(\frac{S}{\bar{X}}\right)^2 = \left(\frac{S_P}{\bar{X}_P}\right)^2 + \left(\frac{S_A}{\bar{X}_A}\right)^2, \quad (1.2)$$

ahol az index nélküli mennyiségek az eredményre vonatkoznak, a P indexűek a mintavételre, az A indexűek az analízisre. Nagy szemcseméretű szilárd minták vételekor a mintavétel szórása jelentősen meghaladhatja az analízisét.

1.3.4. A mintavételi hibát befolyásoló tényezők

Wilson alapján a mintavétel s_p/\bar{x} relatív hibája egy kétkomponensű szemcsés rendszerben, ahol \bar{x} az 1-es komponens átlagos koncentrációja:

$$\frac{s_p}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\bar{V}}{V_p} \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho^2} \frac{(1 - \bar{x})}{\bar{x}}}, \quad (1.3)$$

ahol \bar{V} az átlagos szemcseméret,

V_p a minta térfogata,

ρ_1, ρ_2 az egyes komponensek sűrűsége,

$\bar{\rho}$ az átlagos sűrűség és

s_p az x paraméterérték szórása n mintában.

Ha feltételezzük, hogy a komponensek sűrűsége nem tér el egymástól jelentősen, valamint bevezetve az \bar{m} átlagos szemcsetömeget és az m_p teljes mintatömeget, akkor a mintavétel relatív hibájára az alábbi összefüggést kapjuk:

$$\frac{s_p}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(1-\bar{x})\bar{m}}{\bar{x}m_p}} \quad (1.4)$$

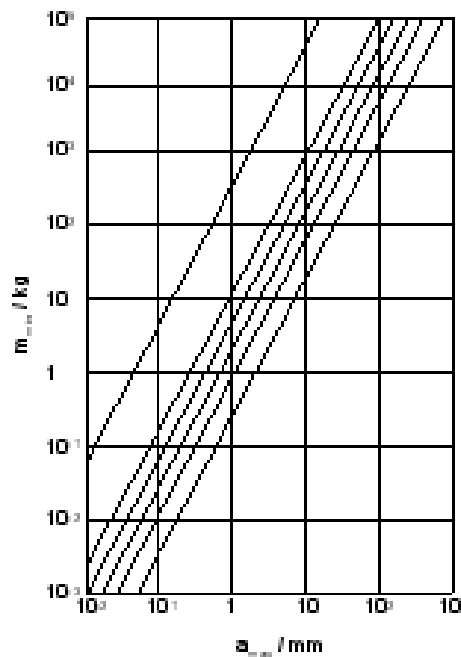
Ez alapján nyilvánvaló, hogy a mintavételi hiba növekszik, ha

- csökken a minta m_p tömege, vagy V_p térfogata, vagy
- nő az \bar{m} átlagos szemcsetömeg, vagy a \bar{V} átlagos szemcsetérfogat.

A $V \approx a^3$ (durva) közelítést alkalmazva az (1.3) és (1.4) egyenletre, majd négyzetre emelve:

$$\left(\frac{s_p}{\bar{x}}\right)^2 = \frac{(1-\bar{x})a^3}{\bar{x}m_p} \quad (1.5)$$

Az $f(a) = s_p/\bar{x}$ ($m_p =$ állandó), illetve az $f(a) = m_p$ ($s_p/\bar{x} =$ állandó) függvények képe egyenes egy kettős logaritmikus koordináta-rendszerben. Ténylegesen párhuzamos egyenesek csoportja figyelhető meg. A minta minimális összmenyisége a legnagyobb szemcse méretének függvényében az 1.5. ábrán látható.



1.5. ábra. A minta minimális összmenyisége a legnagyobb szemcse méretének függvényében. Az egyes egyenesek az alapsokaság homogenitásától függenek

Mindezekből következően a vizsgálatot végző személy előtt két lehetőség áll:

- rögzíti a minta tömegét (pl. 1 kg), és így el kell fogadnia elvileg bármekkora mintavételi hibát, vagy
- célként kitűz egy adott mintavételi hibaértéket, és ebből határozza meg a vizsgálandó minta mennyiségét.

1.3.5. A minták szükséges számának becslése

A konfidenciaintervallum, amely tartalmazza egy paraméter μ valódi értékét, az (1.1) egyenlet értelmében függ

- a minták n számától,
- választott P statisztikai szignifikanciaszinttől, valamint
- az x analitikai eredmény s szórásától, amely – mint fentebb említettük – függ a mintavétel és az elemzés szórásától.

Az (1.1) egyenletet átrendezve

$$n = \left(\frac{t_{n-1;P} \cdot s}{d} \right)^2 \quad (1.6)$$

Ebből az következik, hogy a minták szükséges n száma a legkisebb tolerálható reprezentativitásból, azaz a legszélesebb tolerálható $(\bar{x} - d) \leq \mu \leq (\bar{x} + d)$ konfidencia-intervallumból határozható meg.

1.4. Irodalomjegyzék

Doerffel, K. (1984) Statistik in der analytischen Chemie. Verlag Chemie, Weinheim

Garfield, F.M. (1989) *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 72, p. 405.

Kraft, G. (1980) Probenahme an festen Stoffen. In: Kienitz, H., Bock, R., Fresenius, W., Tölg Huber, G. (szerk.) Analytiker Taschenbuch. Springer, Berlin, Heidelberg, New York

Park, D.L., Pohland A.E. (1989) *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 72, p. 399.

2. KÖRNYEZET-FÖLDTUDOMÁNYI MINTAVÉTELEZÉS

A környezettudományok egyik fő résztudománya a környezet-földtudomány, amely maga is számos tudományágat fog össze úgy vizsgálati módszerei, mint vizsgálatainak tárgya tekintetében.

Miért is fontos a környezettudomány területén tevékenykedők számára a földtudományok eszköztárát ismerni? Elsősorban azért, mert a környezeti problémák közül alig találunk olyat, amely ne érintené a hagyományosan a földtudományok által vizsgált szférákat. Ezen megoldásra váró kérdések sokszínű mivolta miatt elengedhetetlen, hogy rendelkezésre álljanak a környezet-földtudományi mintavételezéssel kapcsolatos modern ismeretek.

A jegyzet tartalmazza mindazokat a korszerű alapismereteket, amelyek a jövőbeni talajvíz, urbán (városi) geokémiai, talajtani és közettani, illetve más mintavételezési feladatok sikeres elvégzéséhez hozzájárulhatnak, hiszen a szakszerű mintavétel szükséges feltétele a pontos elemzésnek, és az adatok értelmezésének.

A környezet-földtudomány területéhez tartozik tehát valamennyi olyan környezeti szempontból lényeges folyamat tanulmányozása (leírása, modellezése, beavatkozási lehetőségek keresése), amelyek a földtudomány módszereivel vizsgálhatók. Mint minden mintavételezés esetében, itt is lényeges a térbeli (pl. megfelelően nagy területen megfelelő mennyiségű fúrás) és időbeli (pl. évszakok okozta változások) reprezentatív és reprodukálható mintavétel a környezetünket alkotó Föld természetes és mesterséges rendszereiből.

Ezért a terepi munka előtt minden esetben szükséges az irodalmi információk alapján a mintavételi helyről/megmintázandó területről az előzetes elképzelések összesítése, illetve az egyéb hozzáférhető információ (pl. személyes közlések) beszerzése. Ezek alapján valamilyen kezdeti képet kapunk a tanulmányozandó környezeti közeg vizsgált paraméterének valószínű értékéről és esetleges változásáról vagy mintázataról. Ha ettől lényeges eltérést tapasztalunk a végeredményben, az a mintázáskor elkövetett hibát is jelezheti. A mintavételezés potenciális hibaforrásai közt szerepelhet a Mintavételezés c. kötet összefoglaló bevezetőjében említett valamennyi tényező; így a gondos és célszerű mintázáskor ügyelni kell valamennyi lehetséges, és a minta szempontjából releváns hibaforrás, elsősorban a szennyeződések és az anyagvesztés kiküszöbölésére, valamint arra, hogy pontosan a kívánt környezeti közeget mintázzuk elkülönítve a háttértől.

Fontos tudni, hogy a mintavételezés mindig egy adott közeg adott paraméterére irányul, így esetről esetre ezek alapján kell kiválasztani a megfelelő módszert, ehhez pedig szintén a korábban leírt információforrások nyújthatnak támpontot.

A mintavételezés során elsődleges fontosságú a mintavétel megtervezése és dokumentálása, hiszen a terepi körülmények között vett minták a további vizsgálatokkor csak így kezelhetők megbízhatóan. A környezettudományi vizsgálatok helyszíne igen sokféle lehet (pl. erdő, kőbánya, szántóföld, padlás, hulladékégető kazánja stb.), így mindig a helyi sajátosságoknak megfelelő mintavételi eszközökkel (palackok, zacskók, kalapács, ecset, ásó stb.), és tájékozási forrásokkal (pl. GPS, térkép) kell felkészülni.

A terepi tevékenység során is ajánlott figyelni személyes és anyagi biztonságunkra (saját magunk és embertársaink megóvása az esetleges sérülésektől, károktól), valamint a megfelelő ruházat (védőeszközök) alkalmazására.

A fentiekből látható, hogy a szakmai körütekintés, valamint a környezettudományi szemlélet előtérben tartása ugyanolyan lényeges elemek, mint a Mintavételezés bevezetőjében említett szabványok pontos ismerete, alkalmazása, és szükség szerint ezzel párhuzamos kritikájuk.

Sikeres tanulást és mintavételezést kívánunk!

Az ELTE TTK LRG (Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium) csapata

2.1. Talajtani mintavétel

2.1.1. A talaj definíciói és a mintavétel célja és módszertana közötti kapcsolat

A talaj fogalmát sokféleképp határozzák meg (lásd *Fogalomtár*, [149. oldal](#)), így a talajmintavétel fogalom alatt is eltérő eljárások ismertek. A talajtani kutatásokban elsősorban a talajképző folyamatok által átformált, illetve érintett anyagot, azaz a talaj genetikai szintjeit és a talajképző kőzet legfelső rétegeit tanulmányozzák és mintázzák. A tudományos célú (ide tartozik a talajtérképezés is) mintavételt jóllehet nem kötik szabványos eljárások, azokat általánosan elfogadott normák alapján végzik. Hazánkban a *Szabolcs István* (1966) és *Buzás István* (1993) szerkesztésében megjelent kézikönyvek számítanak e téren általánosan elfogadottnak. A nemzetközileg elfogadott *USDA, NCSS Soil Survey Laboratory* és az *ISRIC - World Soil Information* által kibocsátott, az interneten is elérhető útmutatók is hozzáférhetők (http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys/index.html; www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/doc/wrb2006final.pdf).

A honi talajtan meghatározó személyisége, *Stefanovits Pál* szerint: „A talaj a Föld legkülső szilárd burka, amely a növények termőhelyéül szolgál.” Jóllehet a felsőfokú oktatásban is ez az elsőszámú definíció, elsősorban a mezőgazdasági és erdészeti célú mintavétel számára szolgál iránymutatóul. A mezőgazdasági célú talajmintavétel elsősorban a talaj termőrétegét célozza, annak szabályait hazánkban az MSz-08-0202:1977 szabvány tartalmazza.

Más, talajfizikai szemléletű meghatározás szerint „a talaj háromfázisú (halmazállapotú) anyagi rendszer”. Ez igaz a fentebb említett talajfogalomra is, de érvényes lehet a talajnak nem tekinthető laza szövetű üledékes kőzetekre is. A talajfizikai szemléletű definíció részben megfeleltethető az MSz 21470-1:1988 szabványban megfogalmazottnak, miszerint „a talaj a Föld mint környezeti elem felszíne és felszínközeli rétege”. A vonatkozó hazai szabvány nem fogalmaz meg iránymutatást a talajok vertikális kiterjedését illetően, így a környezet-földtudományi célú mintavétel a laza szövetű, üledékes kőzetekben elméletileg bármilyen mélységig kiterjedhet. A nemzetközi ISO 10381-1:2002 szabvány szerint talajnak csak a legfelső vízzáró réteget tekintethető az üledékek, így a környezetvédelmi célú talajmintavétel is eddig terjedhet ki. E szabvány nem foglalkozik azzal a lehetőséggel, hogy a sztratigráfiai viszonyok miatt a legfelső vízzáró réteg nem határozható meg egyértelműen.

A fentiek tükrében megállapítható, hogy a talaj fogalma alatt a különböző diszciplínák és gazdasági ágazatok művelői mást és mást értenek, így az általuk végzett talajmintavételezés is más igényeket szolgál. A mintavétel célját tekintve alapvetően három csoportot különböztünk meg: tudományos, mezőgazdasági és környezetvédelmi mintavételt.

2.1.2. Tudományos célú mintavétel

2.1.2.1. Mintavételi előkészületek

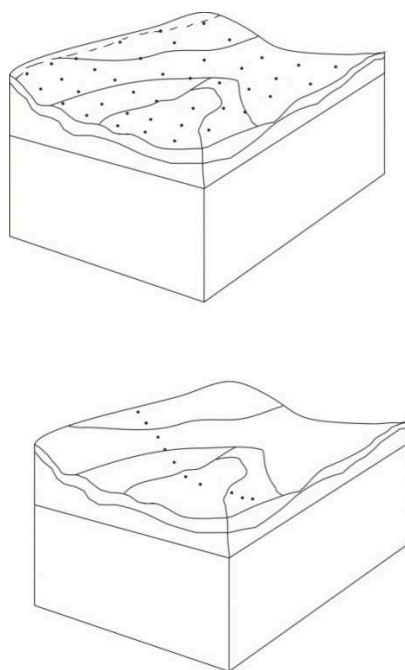
Mintavételi terv

A helyes mintavétel mindig a megfelelő mintavételi stratégián alapul. A terepi kutatások megtervezésekor számos módon készíthetünk mintavételi tervet. Leghasznosabb, ha a mintavételi tervet három munkafázisban alkotjuk meg:

- I. Tájékozódás
- II. Terepbejárás
- III. Mintavételi terv véglegesítése

Az *első fázisban* a területről minden lehetséges információt (pl. topográfiai és földtani térképek, korábbi felvételezések dokumentumai, légifelvételek, tudományos folyóiratokban megjelent közlemények stb.) be kell szerezni. A tájékozódásnak a vizsgált terület (táj) földrajzi helyzetét, felszínalaktani, földtani és hidrogeológiai sajátosságait, vízrajzi helyzetét, éghajlati, növényzeti és talajtani viszonyait kell átfognia. A begyűjtött információk alapján még az első fázisban provizórikusan ki kell jelölni a mintavételi pontokat (szelvény, fúrás, bolygatatlan mintavétel).

A mintavételi pontokat véletlenszerűen, szisztematikusan vagy irányítottan (intuitíven) is ki lehet jelölni. Míg az ökológiai kutatásokban elsősorban a véletlenszerű mintavételt preferálják, a talajtanban rendszerint irányított módon történik ezek kijelölése. A pontok igazodhatnak egy bizonyos környezeti paraméterhez, ekkor a pontok szabálytalan rácspontok hálózatát alkotják, de a talajgenetikai kutatások leggyakrabban a toposzekvenshez igazodó, transzekt (lásd *Fogalomtár*, [149. oldal](#)) mentén történő mintavételt igénylik (*2.1. ábra*). A szelvények és fúrások helyének kijelölését követően minden szelvényt és fúrást kóddal kell ellátni.



2.1. ábra. Mintavételi pontok hálózat (grid) alapján (fent) és transzekt mentén (lent)

A második fázisban terepen kell ellenőrizni az összegyűjtött információk helyességét. Ekkor különös tekintettel kell lenni arra, hogy a talajok a földtani-geomorfológiai adottságokkal (kőzetminőség, felszínforma és a kora) és a növényzettel szoros összefüggésben fejlődnek. A terepbejárás során tájékozódó jelleggel sekélyfúrásokat kell végezni. A sekélyfúrások a talajszelvények (lásd *Fogalomtár*, [149. oldal](#)) és a további kiegészítő fúrások helyének kijelölését segítik. Ha a begyűjtött dokumentációk eltérnek a bejárás tapasztaltaktól, akkor a mintavételi pontok helyét a személyes tapasztalat alapján módosítani kell!

A szelvények helyének kijelölésekor elsődlegesen a *felszínalaktani sajátosságokhoz* célszerű igazodni úgy, hogy a szelvények a domborzat valamennyi elemét jellemezzék. Hegyvidéki és dombvidéki területeken a szelvények a völgytalptól a tetőszintek irányában egy sorozatot képezzenek. Ügyelni kell arra, hogy az összes lejtőszakasz önálló szelvénnel legyen reprezentálva. A talajok a sík, alföldi területeken is a domborzathoz igazodó sorozatot (toposzekvencia, lásd *Fogalomtár*, [149. oldal](#)) alkossanak.

A növényzet szintén igazodási pontként szolgál a szelvények kijelölésekor. Nemcsak a különböző társulások, de a kultúrnövények eltérő állapotú területfoltjai is jelölhetik a talajtulajdonságok megváltozását. Az előzetes bejárás eredményeit is dokumentálni kell!

A harmadik fázisban – a terepi tapasztalatok alapján – alakítjuk ki a végleges mintavételi tervet, amelyben az alábbiak mindenképp megtalálhatók:

- a mintavétel célja;
- a vizsgált terület térképvázlata;
- a szelvények és fúrások helyei és azok kódjai (a vázlatban külön kell jelölni);
- a szelvények és fúrások feltárásának sorrendje;
- várható mintaszám, mintatípusonkénti bontásban;
- terepen elvégzendő vizsgálatok listája;
- laboratóriumban elvégzendő mérések listája;
- a mintavételi és mintatartósítási eljárások leírása;
- a terepi munkához szükséges felszerelések listája:
 - a szelvények és fúrások létesítéséhez;
 - a terepen végzett vizsgálatokhoz;
 - mintavételhez.

A mintavételi terv megalkotásakor figyelembe kell venni, hogy nem szabad mintavételt tervezni utak, vasutak, távvezetékek 50 m-es környezetében. Ugyanígy kerülni kell a trágya-, és szalma-, takarmány- és talajjavító anyaglerakók környezetét. Kerülni kell a környezetétől jelentősen eltérő területeken (pl. szikfolt, pangóvízes terület stb.), vagy eltérő növényállományú területeken való mintavételt, hacsak nem azok tanulmányozása a cél.

A minták típusai

Talajokból mikrobiológiai és egyéb élettudományi tárgyú mintákat, valamint vízmintákat is lehet gyűjteni, jelen keretek között viszont csak a klasszikus talajmintákra lehet összpontosítani. A talajminták lehetnek pontminták, illetve átlagminták. Bizonyos vizsgálatokhoz a pontminták gyűjthetők bolygatatlan mintaként (lásd *Fogalomtár*, [145. oldal](#)). E három közül az átlagminták gyűjtését a tudományos célú kutatásokhoz rendszerint kerülni kell. Ha mindenképp szükséges átlagminta gyűjtése, akkor is csak a felszíni minták esetében szokás alkalmazni.

2.1.2.2. Mintavétel talajból

Mintavétel és a helyszíni vizsgálatok eszközei

A talajszelvény létesítését követően a mintavételt minden esetben a szelvények (vagy fúrások) leírása előzi meg. A szelvények leírása elengedhetetlen, hiszen ennek alapján történik a mintavétel alapjául szolgáló talajszintek meghatározása. A mintavételezéshez, és a szelvények leírásához a már hivatkozott Szabolcs István (1966) által szerkesztett kézikönyv, vagy az USDA útmutatója által felsorolt felszerelést ajánlott összeállítani.

Tájékozódás: térkép, GPS, (iránytű)

Dokumentáció: jegyzőkönyvek, írószerek (ceruza, színes ceruzák, radír), pauszpapír, mérőszalag vagy mérőbot, fényképezőgép

Szelvény/fúrás létesítése: ásó, lapát, csákány és kapa; a fúrásokhoz kézi fúró(készlet) (ismertetését lásd később)

Mintavétel:

- ásó, tör vagy spatula, ültetőlapát, geológus kalapács (valamennyi eszköz anyagát mindig a mintavétel, illetve a mérés céljától függően kell megválasztani, pl. fém, műanyag, vagy kerámia)
- vödör
- textil, vízhatlan anyag
- szita, rosta (2 mm, 20 mm), mérleg
- ceruza, alkoholos vízálló írón
- mintavevő zacskók, mintaszállító doboz és zsák
- kesztyű (vízhatlan)
- víz

Amennyiben bolygatatlan, víz- vagy biológiai mintákat is gyűjtünk, akkor a bolygatatlan mintavétel felszerelésének a hűtőtáska (jégakkukkal) és a precíziós mérleg ($\pm 0,1$ g) is része.

Szelvény/fúrás leírása:

- fényképezőgép
- Munsell-féle színskála – színmeghatározás [minden talaj]
- lupe – mikromorfológiai megfigyelések [minden talaj]
- desztillált vizes flaska [minden talaj]
- univerzális pH-papír [minden talaj]
- fenolftalein indikátor – fenolftalein lúgosság meghatározása [szikes talajok]
- 10% sósav – CaCO_3 kimutatása [minden talaj]
- 10% sósav és cinkpor – H_2S kimutatása [hidromorf talajok]
- 10% hidrogén-peroxid – Mn^{2+} kimutatása [hidromorf és erdőtalajok]
- 1% -os α - α' dipiridiloldat – Fe^{2+} kimutatása [hidromorf talajok]
- 1% ezüst-nitrát-oldat – Cl^- kimutatása [szikes talajok]
- 5%-os bárium-klorid-oldat – SO_4^{2-} kimutatása [szikes talajok]

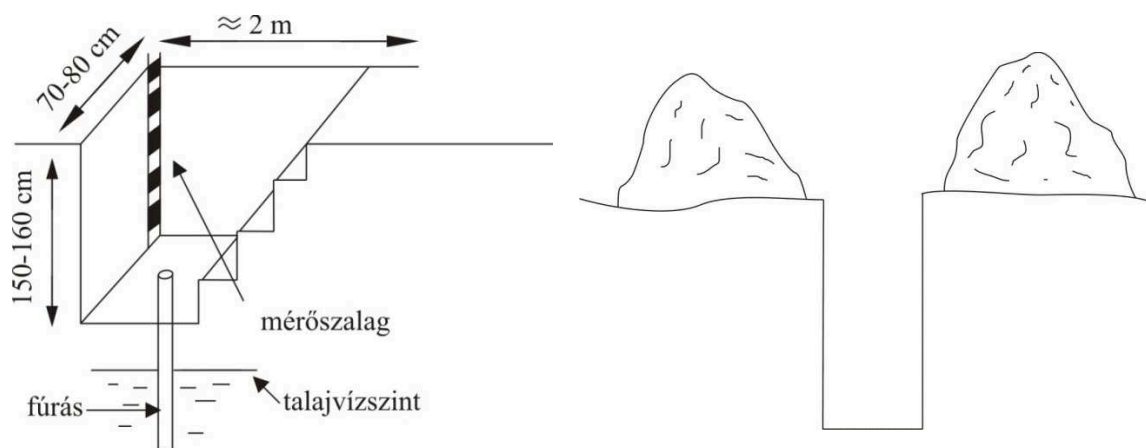
A fentiekén túl számos vizsgálatot el lehet terepen végezni. A gyorsított jellegű méréseket legegyszerűbben a kereskedelemben is kapható készletek (2.2. ábra) segítségével végezhetjük el, amelyek leginkább a talajok tápanyag szolgáltató képességének vizsgálatára alkalmasak.



2.2. ábra. Makro- és mikroelemek, valamint a pH vizsgálatára szolgáló talajanalitikai készlet

Talajszelvény létesítése, mintázandó szintek elkülönítése

A talajszelvények létesítésekor az első feladat a szelvény méretének és tájolásának meghatározása. A szelvény (2.3. ábra fent) egy olyan téglalap alaprajzú gödör, amelynek egyik rövid oldala lépcsős kialakítású. A felvételezés során az A és B szintek összességét, valamint a talajképző közet (C szint) legfelső részét kell feltárni. Mélysége emiatt a szolum (lásd Fogalomtár, 149. oldal) mélységéhez igazodik. A szolum azon genetikai talajszintek összessége, amelyekben a talajképző tényezők a talajképző közetet anyagában és szerkezetében átformálták (praktikusan a C szint felett található szintek összessége). A szelvény hossza annak mélységéhez igazodik. A lépcsőkön túl legalább 0,5–1 méternyi hosszúságot érdemes a szelvény talpán munkaterületként is biztosítani. A szelvény szélességének olyannak kell lennie, hogy abban legalább egy ember kényelmesen dolgozhasson (~70 cm). Magyarországon a talajszelvények mélysége általában nem haladja meg a 1,5–2 m-t. A megásott talajszelvényből kikerülő anyagot úgy kell elhelyezni (2.3. ábra lent), hogy az biztosan ne juthasson vissza a mintázandó területre.



2.3. ábra. Egy talajszelvény sematikus rajza (balra);
kitermelt talaj elhelyezése a szelvény mellett (jobbra)
(módosítva Szabolcs, I. (1966) alapján)

Amennyiben a szelvények kiásásához lehetőség van gépi erőt igénybe venni, úgy akár olyan gödör is kialakítható, amelyben két ember is kényelmesen elfér. A gödröt úgy kell tájolni, hogy a szelvényleírás időpontjában annak frontfalát (a lépcsővel szembeni rövid oldal), azaz a szelvényt a nap megvilágítsa. A kitermelt anyagot a gödör két oldalán kell felhalmozni úgy, hogy a feltalaj és a mélyebb szintek anyaga külön oldalra kerüljön. A szelvény feletti részre anyagot helyezni, és ott a továbbiakban tartózkodni nem szabad.

A létesítést követően a szelvény fő falát ásóval függőlegesre kell igazítani, majd azt képzetben hosszában meg kell felezni, majd az egyik felét törrel, vagy preparáló spatulával kell kipreparálni. Ennek során igyekezni kell a szelvényt a talaj természetes repedései mentén feltárni. Számos jellemző, mint pl. a függőleges anyagmozgáshoz kapcsolódó másodlagos konkréciók csak e „kvázi természetes” felületen vizsgálhatók.⁴ A preparálás során félköríves csukló mozdulatokkal felülről lefelé kell haladni. Vigyázni kell arra is, hogy a kipreparált részek fölött ne kezdjük újra a falat megtisztítani. A lepergett anyagot a gödör aljáról ki kell takarítani. A kipreparált szelvényfal mellé mérőbotot vagy mérőszalagot érdemes helyezni. A szelvényfal egészét, esetleg részleteit fényképen kell megörökíteni. A preparálást követően a helyszíni vizsgálatok eredményeit felvételi jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

A szelvény genetikai szintjeit a helyszínen végzett vizsgálatokkal lehet elkülöníteni. Ebben leggyakrabban igen egyszerű vizsgálatok nyújtanak segítséget.

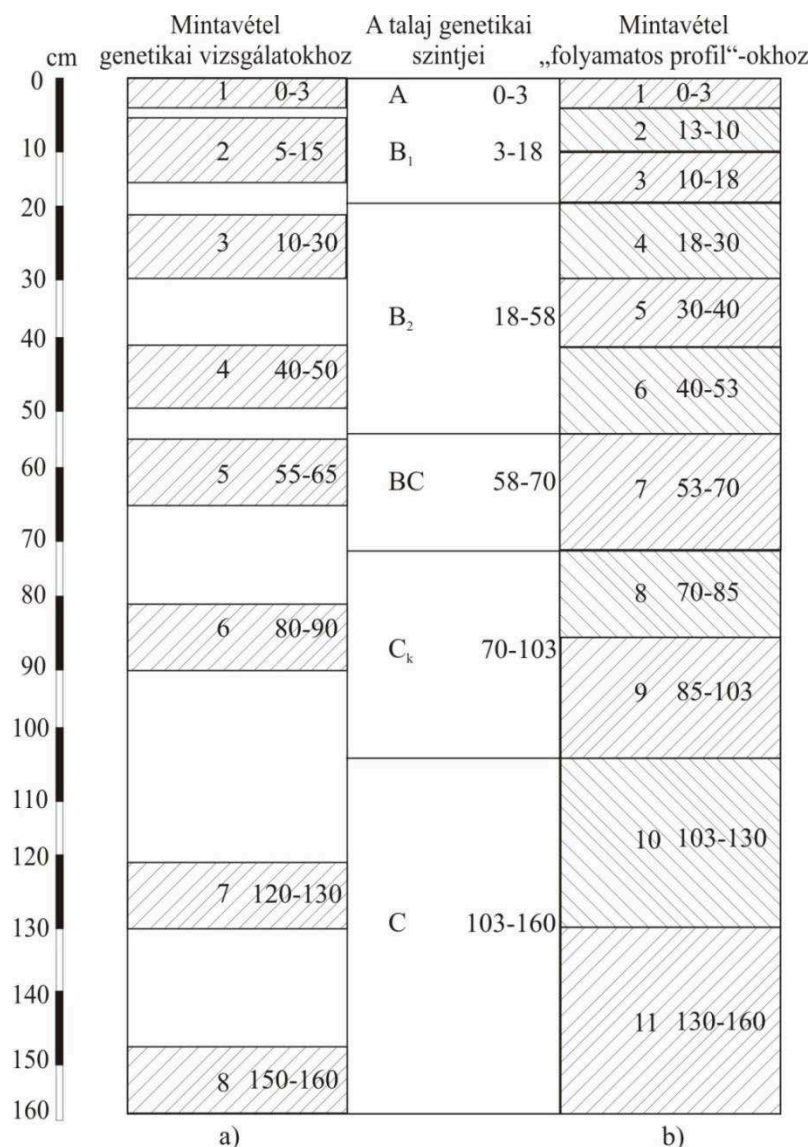
A talajszintek színe a talajok elsődleges diagnosztikai bélyege. Meghatározását Munsell-skálával kell végezni, amely a nedves szín meghatározásán alapul. Ehhez a szelvényből kivett anyag vízzel való telítése szükséges. Tavaszi és őszi időszakokban a színmeghatározást a késő délelőtt – kora délutáni időszakban, minél világosabb körülmények között szabályos végezni.

A talajok *fizikai félesége, tömördőtsége és szerkezete* szintén fontos diagnosztikai elem a talaj szintjeinek elkülönítéséhez. A fizikai féleségek egy része ujjtesztrel, vagy a gyűrőpróbával terepen is megállapítható. Talajtól függően a mintázandó szintek lehatárolásához további számos, egyszerűen vizsgálható paraméter is használható. Példának okáért a mezőségi és erdőtalajok esetében a pH és a szénsavas mésztartalom, a szikes talajokban a fenolftalein lúgoság mélységfüggése jelenthet fontos diagnosztikai bélyeget. A szintek lehatárolásához „kellő” elméleti háttérrel és terepi tapasztalattal kell rendelkezni.

Mintavétel szelvényből, minták jelölése, dokumentációja

A leírást követően a mintákat a megtisztított profilfalból mindig alulról felfelé kell venni. A gyűjtéskor egy szélesfejű, rövidnyelű lapátot, vagy ültetőlapátot kell a mintavételi szint alsó vonalában a talajba nyomni, majd spatulával, vagy törrel a felette levő szelvényfalat lebontani. Törekedni kell arra, hogy a minták a szint közepéből, nem pedig a szintek határaiból legyenek begyűjtve. Amennyiben a profilból folyamatos mintavételre van szükség, akkor a talajfelszíntől számított mélységhez igazodva kell gyűjteni a mintát, de fontos, hogy a szinthatárokhoz ekkor is igazodni kell (2.4. ábra). Bár monitoring jellegű vizsgálatokhoz szelvényeket ritkán szoktak rendszeresen megnyitni, ennek elméleti lehetősége is adott. Ilyen mintavételezésekkor is az előzőek szerint kell eljárni.

⁴ A konkréciók vagy másodlagos kiválások talajoldatból kicsapódott, szabad szemmel is megfigyelhető háromdimenziós képződmények. Anyagukat tekintve leggyakrabban kalcit-, vagy vas- és mangán-oxidok, ill. hidroxidok ásványai.



2.4. ábra. Mintavétel ázott talajszelvényből a) mintavétel szintekből; b) folyamatos mintavétel. A szürke sávok jelzik a kivett minta mélységközeit (Szabolcs, I. [1966] alapján)

A szintenként vagy mélységenként gyűjtött minták tömege 1–1,5 kg. Bár az utóbbi években a mintagyűjtéshez elsősorban a villámzáras polietilén (PE) tasakokat részesítik előnyben, jelenleg is elérhetők a hagyományos („minta érték nélkül”) és a „nátronpapír” zacskók is. Az előbbiben vízzel telített talajok is tárolhatók, a minták szárítása azonban körülményesebb. Az utóbbiban csak „nem túl nedves” talajok gyűjthetők, a minta légszárakra történő szárítása viszont a zacskóban is megtörténhet. A PE tasakokat vízhatlan címkével kell ellátni. Alternatívát jelentenek még a repülőgépekről ismert egészségügyi tasakok is, amelyek az előző két mintagyűjtő előnyeit egyesítik.

A tasakokon ceruzával vagy alkoholos írónnal kell a minta kódját rögzíteni. A kódot a tasakokba helyezett pauszpapíron is célszerű jelölni. A pauszra csak ceruzával szabad írni! A mintavételt mindig mintavételi jegyzőkönyvben (2.5. ábra), illetve mintavételi összesítőben kell dokumentálni (2.6. ábra). Egy mintavételi jegyzőkönyv vonatkozhat egyetlen mintára, vagy akár egyetlen szelvényből/fúrásból gyűjtött minták egészére is.

MINTAVÉTELI JEGYZŐKÖNYV

Dátum: 201_ _ . _ . _ . Mintavételezést végezték: _____ Sorszám: _ / _ / _
 Helyszín: _____ EOY (E) _____ EOY (N) _____
 Talajszelvény száma: _____ Mintavételezés módja: _____ Talaj típusa: _____

Minta jele	Mélység (cm)	Minta típusa	Mintagyűjtő típusa	Mintatartósitás	Kért vizsgálatok	Egyéb megjegyzések

aláírás

2.5. ábra. Mintavételi jegyzőkönyv

A mintavételi összesítő az egy napon, egy munka keretében gyűjtött mintavételi jegyzőkönyvek összességének dokumentálására szolgál. Sokan hajlamosak a dokumentáció „laza kezelésére”, ami jelentheti a jegyzőkönyvek utólagos, emlékezetből történő elkészítését is. Ez az esetek többségében később megbosszulja magát.

MINTAVÉTELI ÖSSZESÍTŐ

Dátum: 201_ _ . _ . _ . Helyszín: _____ Összeállította: _____ Jegyzőkönyvek száma _____

Talajszelvény jele	Mintavételi jegyzőkönyv száma	Mintavételt végzők neve	Minták jele	Szilárd minták száma / Egyéb minták száma	Megjegyzés

aláírás

2.6. ábra. Mintavételi összesítő

A mintavételt követően a szelvényt demonstrációs céllal nyitva lehet tartani, de ezt a terület tulajdonosával egyeztetni kell. A nyitva tartott gödröt karóval ki kell jelölni, valamint jól látható szalaggal körbe kell keríteni. A szelvény betemetésekor – a terület tulajdonosának vagy kezelőjének igénye szerint – két módon is el lehet járni. Korábban, különösen a szántóföldi táblákon, a kitermelt anyagot fordított sorrendben volt szokás visszahelyezni a gödörbe, azaz elsőként feltalajt, majd ezt követően a B és C szinteket. Más igény esetén a szelvényt az eredeti szintrendnek megfelelően kell visszatemetni. Fontos, hogy a munkát követően a területről rendet hagyva (pl. hulladékot összegyűjtve) illendő távozni!


Mintavétel fúrásból


A tudományos célú talajtani kutatásokhoz fúrásokat a víz alóli mintavétel, szelvények továbbmélyítése, a szelvények által alkotott pontháló vagy transzekt sűrítése, ill. idősoros (monitoring) vizsgálatok (pl. sódinamika, tápanyag-dinamika) céljából szokás használni. Tisztán fúrások alapján a talajokat nem szabad leírni. Amennyiben a kutatás során szelvények létesítésére is sor kerül, akkor azokat minden esetben a fúrások előtt kell végezni! A fúrásokból történő mintavétel korábban genetikai szintekhez igazodott. A 2010-ben megrendezett Talajtani vándorgyűlésen a Talajvédelmi és Információs Monitoringgal (TIM) kapcsolatban tartott előadások és viták alapján az ilyen célból végzett mintavételezéseknek nem genetikai szinthez, hanem talajfelszíntől számított mélységekhez kell kapcsolódnuk.

A talajtani kutatások esetében a fúrások mélysége rendszerint nem haladja meg az 5 m-es mélységet. Ennek okán rendszerint kézfűrő készleteket szokás használni. A gépi fűrőberendezések hátránya, hogy a szolum mintázására (pl. az erőteljes tömörítés miatt) nem alkalmazsak. A fúrás megkezdéséhez legalább egy szelvénynyi helyet szabadrá kell tenni. Ez a terület a fúrás, valamint a fúrással kapcsolatos munkafolyamatok biztosításához kell. A fúrás megkezdése előtt úgy kell elhelyezni a szükséges felszerelést, hogy a dokumentációs és a mintavételi munkafázisok ne zavarják egymást. A fűrőlyuk helyének kijelölését követően a felszínre kell teríteni egy olyan textilt, amire a kiemelt mintákat lehet helyezni, és szükséges egy megfelelő hely biztosítása a mintatisztításhoz is. Mindezeket úgy kell megtervezni, hogy a munkavégzés közben ne kerüljön semmilyen anyag a fúrássba. A fúrás megkezdése előtt el kell távolítani a munkát akadályozó felszínt: alomtakaró, kőzet, kavicsok. A fúráshoz számos különféle fűrő használható.

A feltalaj kvázi bolygatatlan mintavételéhez Bürker-féle *szűrőbotot* szokás használni. A szűrőbotot a talajba kell préselni, vagy leütni. (Vigyázni kell, mert nem minden szűrőbot üthető le kalapáccsal!) A szűrőbotot forgatni nem szabad! Ily módon legfeljebb 1 m-es mélységig lehetséges a mintavétel, de az gyakran nem éri el a fél métert sem. Szűrőbottal csak igen korlátozott tömegű minta gyűjtése lehetséges. A 2.7. ábrán egy szántóföldi mintavevő látható (Eijkelkamp Agrisearch Equipment [EAE⁵]; ITENVIRO Kft.⁶).

A szűrőbottalhoz hasonlóan a *kőrfűrővel* kvázi bolygatatlan minta gyűjthető. A térfogattömeg meghatározásához és a mikromorfológiai vizsgálatokhoz ezzel a módszerrel csak akkor gyűjthető minta, ha annak az átmérője eléri a 10 cm-t. Ekkor a fűrővel kiemelt henger központi része használható fel, a többi el kell dobni.

⁵  Eijkelkamp Agrisearch Equipment BV, a Royal Eijkelkamp Company Nijverheidsstraat 30, 5987 EM Giesbeek, Hollandia, www.eijkelkamp.com

⁶  ITENVIRO Kft. 1165 Budapest, Hunyadvár u. 56. www.itenviro.hu



2.7. ábra. Szántóföldi mintavevők (ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia)

A legtöbb kézfűró csak kevert minta gyűjtését teszi lehetővé. A fűrés során mindig csak a fűrófej hosszának megfelelő mélyítés végezhető. A mintákat a fűrófej rendszeres kiemelése által lehet a felszínre hozni. A fűrófej ismételt behelyezésekor a felszínről és a furat oldalából mindig anyag kerül a fűrólyuk alá. Ez az anyag (szennyezés) a fűrófejek oldalára, ill. tetejére szorul. A fej kiemelését követően fontos a szennyezéseket a mintavétel előtt eltávolítani. A szennyezés sokszor szemmel is látható, de néhány esetben ennek eltávolítása csak a fűrófejben levő anyag állagából kiindulva lehetséges.

A fűrés által a talajminták nemcsak keverednek, de sokszor jelentősen tömörödnek is. A fűrésok mélyítése során, ha a szintbeli, vagy rétegbeli változások azonosítása megtörtént, mérőszalaggal mindig ellenőrizni kell a változás felszínétől számított mélységét! A kiemelt és megtisztított mintákat a fűrólyuk mellett kiterített textilre, a kitermelésnek megfelelően kell gyűjteni. A minták tisztítását sosem szabad a fűrólyuk vagy a textil felett végezni. Vigyázni kell továbbá arra is, hogy a fűréskor, ill. az egyéb munkafolyamatokkor ne kerüljön vissza anyag a fűrólyukba.



2.8. ábra. Spirálfűró (ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia)

A nedves, igen erősen kötött (agyag)talajok fűréséhez spirálfűrőt (2.8. ábra) kell használni. A hazai viszonyok között a fűrésokhoz leggyakrabban Edelman-féle fűrőt szokás alkalmazni (2.9. ábra). Mintavételkor az ilyen fűrőket a fűrólyukban 180°-ban kell elfordítani, majd kiemelni. Max. 15 cm hosszú minták fűrésására alkalmas.



2.9. ábra. Edelman-féle fűró. Agyagos talajokhoz (balra); és homokok mintázásához (jobbra) (ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia).

Az Edelman-fűrófejeket a talajok fizikai féleségének megfelelően kell kiválasztani. A fűrófej csúcsa, illetve a kúppalást metszetei az agyagos, agyagos vályogra optimalizált fej esetén a legkeskenyebb, míg a homoktalajokra optimalizáltaknál a legszélesebbek. Ezeknél a fejeknél a kúppalást metszetek egyúttal egymáshoz közel helyezkednek el. Köves talajok esetében az Edelman-féle fűró helyett olyan fűrőt kell használni, amelynek csúcsán a fejet alkotó palást szeletek nem érnek össze (2.10. ábra).



2.10. ábra. Fűrőfej köves talajra (ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia)

Az omlós talajoknál riverside fűrőfej használata ajánlott, amelynek oldala teljes hengerpalást (2.11. ábra), megakadályozva a minta kifolyását a fejből. Az ilyen fűrőfejekkel 20–30 cm-rel a talajvíztükör alól is lehet mintát venni.



2.11. ábra. Fűrőfej öntéstalajra (riverside fűrőfej) (ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia)

Egybeépített kézfűrőkkel 1,0 méteres mélység és 4–20 cm-es átmérő érhető el. Ha a furat mélyebb, mint a fűrőfej és a kar együttes hossza, hosszabbítható fűrő használatos, amely hajtókarból, 0,5 vagy 1,0 m hosszú hosszabbító rúdból és fűrőfejből áll. A fűrőfejek és a hosszabbító rudak menetes, vagy bajonettes módon csatlakoztathatók egymáshoz (2.12. ábra).



2.12. ábra. Bajonettes és menetes és csatlakoztatású fűrőszárak (ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia)

A csekélyebb ellenállású talajokban, illetve kisebb mélységek esetében a bajonettes zár szerkezetű fűrők használata ajánlott, mivel ezek zárása, vagy bontása egyszerű. Nagyobb ellenállású talajoknál, illetve 3–4 m-t meghaladó mélységeknél inkább menetes zár szerkezetű fűrőt érdemes használni. A menetes csatlakozású fűrők bontása, a fűrőszárak összeszorulása miatt igen nagy erőt igényel. A bajonettes és a csavaros fűrőket kalapáccsal ütni szigorúan tilos, mert az a fűrőszárak sérülését okozza!



2.13. ábra. Dugattyús mintavevő (ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia)

Talajvízszint alóli mintavételhez egy teljes hengerből álló fúrófejet kell alkalmazni (2.13. ábra). A hengerben egy dugattyú van, amely a hengerpalást talajba préselésekor helyben marad. A henger tetején levő lyukakon a hengerbe került víz szabadon távozhat. A fej lenyomását követően a dugattyút rögzítjük, majd a fúrót kiemeljük. A fúrófejben kialakuló vákuum a talajt nem engedi kifolyni.

Az alkalmazott fúrófej típusától függően a kiemelés után a mintát meg kell tisztítani a szennyeződésektől (2.14. ábra). A tisztítást követően a fejből eltávolított anyagot a fúrólyuk közelében elhelyezett fólián (vagy egyéb könnyen tisztítható anyagon) rendszerezve kell gyűjteni. A fúrás során kinyert mintákból csak helyszíni vizsgálatokat lehet végezni. Elsősorban azok a helyszíni vizsgálatok végezhetőek el, amelyeket a fúrás által okozott átkeverés és szerkezetrombolás lehetővé tesz (pl. lehetséges a szín és a fizikai féleség, de nem lehetséges a szerkezetesség és a tömődöttség megállapítása). A helyszíni vizsgálatokat és a mintavételezést a szelvényhez hasonlóan kell dokumentálni.



2.14. ábra. A fúrófejből való eltávolítást megelőzően a mintát meg kell tisztítani.

Bolygatatlan mintavétel

A bolygatatlan minták gyűjtése szükséges a porozitás, a térfogattömeg, a sűrűség, a vízvezető képesség, a mikromorfológiai vizsgálatok, valamint a talajok duzzadóképeségének meghatározásához. A bolygatatlan mintákat mintavevő hengerekkel lehet gyűjteni (2.15. ábra). Egy mintázandó pontba és szintre legalább három csövet kell helyezni. A hengereket egy adapter segítségével egy 25 x 25 cm-es megtisztított felszínen a talajba kell kalapálni úgy, hogy a henger pereme 0,1–0,5 cm-rel a felszín alá kerüljön.



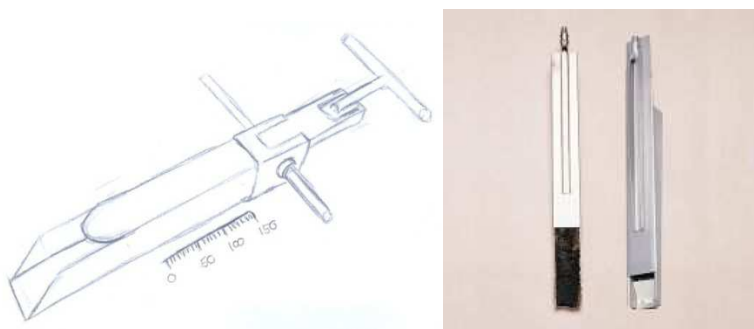
2.15. ábra. Vér-féle bolygatatlan mintavevő használata (Jakab, G. felvétele)

Ezt követően a hengereket egy ásó segítségével egy nagyobb tömbben kell kiásni. A tömböt a hengerekről egy éles tör, illetve tapétavágó kés segítségével óvatosan le kell bontani. A hengerek végénél a talajt igen óvatosan úgy kell preparálni, hogy annak felszíne és a cső pereme tökéletesen egy síkban legyen. A preparálást követően a csöveket gumi vagy műanyag kupakkal haladéktalanul légmentesen kell lezárni. Amennyiben felszín alatti szintek mintázására is sor kerül, úgy a bolygatatlan mintákat a szelvények fala fölött kell venni. A felszín alatti szinteket a szelvény falának bontásával kell szabaddá tenni. A mintavétel folyamatát jegyzőkönyvezni kell. Ügyelni kell arra, hogy a csövek azonosítása ne a kupakon elhelyezett, hanem a csőbe gravírozott azonosítók segítségével történjen! A fentiekén túl még számos bolygatatlan mintavételi technika elérhető. Ezek általában nagyobb minták gyűjtését, illetve felszín alatti mintavételt ajánlanak szelvénynyitás nélkül. Nem szabad elfeledni, hogy a vertikális mintaméret növelése minden esetben a minta sérüléséhez vezet, mert a mintavételkor a talaj tömörödése elkerülhetetlen. Bolygatatlan mintavételkor, amennyiben lehetséges, kerüljük gépi erő igénybevételét.

Speciális mintavételi technikák

Nagy vázrésztartalmú, köves talajokban, ha 7,5 cm-nél nagyobb átmérőjű egységek is vannak, akkor a mintagyűjtés előtt a gyűjtött anyagot 7,5 cm-es és 2 cm-es rostán is át kell rostálni. A 7,5 cm-nél durvább részek súlyát kampós mérleg (ún. „halmérleg”) segítségével kell megmérni. A 7,5–2 cm közötti frakciót duplalfalú zsákba kell gyűjteni. Ennek tömegét már laboratóriumban határozzák meg. A 2 cm-nél finomabb talajt is külön zacskóba kell gyűjteni. A kavics frakció és a “finomföld” (2 mm-nél kisebb átmérőjű szemcsék összessége) elválasztása laboratóriumban történik meg. A gyűjtött minták tömege érje el legalább a 4 kg-ot.

A nagy szervesanyag-tartalmú talajok (láptalajok, histosol, organic soils) általában a talajvízszint alóli mintavételt igényelnek. Mivel a tőzeg igen kis vízvezető képességű, a benne levő rostanyagok miatt másként viselkedik, mint az ásványi talajok. A gyűjtéséhez használható (2.16. ábra) általában négyzet keresztmetszetű mintavevő. Első lépésben U profilt kell a tőzegbe préselni, majd az éles peremű zárófal lenyomásával kell elvágni a megmaradt rostokat. A tőzegmintavevő berendezéssel kvázi bolygatatlan minták gyűjthetők. A mintákat duplafalú, légmentesen zárható PE-zacskókba kell rakni. A jelölését a dokumentációnál korábban leírtak szerint kell elvégezni.



2.16. ábra. MacAulay-féle és Vrijwit tőzegmintavevők
(ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia)

A nagy szulfidtartalmú talajok (tengerparti területek árapályzónájának taljai, valamint egyes láptalajok) igen savanyúak. Az ilyen talajokat lehetőség szerint zárható üvegedénybe kell gyűjteni. Az edényt a környezetből gyűjtött vízzel a peremig fel kell tölteni, majd le kell zárni. A talajt 4 °C-ra kell hűteni, majd a továbbiakban ezen a hőmérsékleten kell sötétben tárolni és szállítani. A laboratóriumba érkezéskor a minta pH-ját azonnal ellenőrizni kell.

A duzzadó-zsugorodó talajok (Vertisol) duzzadásakor és zsugorodásakor kialakuló csúszási tükrök szétrombolják a genetikai szinteket, miközben jellegzetes hullámos felszínt (Gilgai) alakítanak ki. A hullámos formakincs horizontálisan poligonális szerkezetű. A gilgai formát az erózió olykor elfedi, de a talaj hullámos szerkezete a felszín alatt megmarad. Az ilyen talajok esetén nem elegendő a szokásos talajszelvény készítése. Amennyiben az eredeti gilgai forma megfigyelhető, úgy az USDA útmutatója szerint a vertisolok esetében olyan hosszú árkot kell létesíteni, hogy az legalább három elemi cellát a középvonalában harántoljon. A talaj szintjeinek meghatározását követően egy referenciaszintet kell kijelölni. A szintenkénti mintavételt a felszín legmélyebb és a legmagasabb pontjában, valamint a kettő közötti felezőpontban kell elvégezni.

A permafrost (állandóan fagyos) területek talajaiban (Cryosol) lejátszódó intenzív keveredés egyrészt lehetetlenné teszi a klasszikus genetikai szintek kialakulását, másrészt sokszor a vertisolokhoz hasonlóan poligonális struktúrájú felszínformák létrejöttét eredményezi. Ezek a talajok csak a rövid nyári időszakban, az aktív réteg felengedésekor vizsgálhatók. Első lépésben egy vékony acélrúd leszúrásával az aktív (fagymentes) réteg vastagságát kell meghatározni. Ezt követően ezeket a rétegeket kell mintázni. Amennyiben a felszínen megfigyelhető a poligonális szerkezet, a vertisolokhoz hasonlóan kell eljárni. A cryosolok igen nagy vázartalma (2 mm-nél nagyobb átmérőjű szemcsék tömeg- vagy térfogatszázalékban megadott aránya) más talajokhoz képest nagyon megnehezíti a szelvény kiásását, így azoknak a duzzadó-zsugorodó talajokkal ellentétben elegendő egy elemi cellát félig átfednie. Ha az aktív rétegben szelvény létesíthető, akkor annak felvételezését követően a fagyott réteget is mintázni lehet. A

fagyott rétegbe kézi erővel szelvény nem ásható, vagy fúrható. A gépi árokásó használatakor minden egyes ásást követően el kell végezni a profil megtisztítását, és a megfigyelhető rétegekből a mintavételezést. Az USDA útmutatója szerint fél méternél mélyebben nem kell a fagyott réteget mintázni. Ha a talajvízzel való telítettsége miatt szelvény nem ásható, vagy kellő méretű szelvény egyéb okokból nem létesíthető, akkor a mintázást fúrásokkal kell kivitelezni.

2.1.2.3. A talajvíz, a pórusvíz és a talajlégzés mintavétele

Talajvíz-mintavétel

Rendszeresen megismételt (monitoring) talajvíz-mintavétel csak talajvíz kutakból végezhető, de ha a szelvény eléri a talajvíztükröt, akkor abból is lehet mintát venni. Vízminták konvencionális módszerekkel csak olyan talajokból gyűjthetők, amelyekben az 50 µm ekvivalens átmérőnél nagyobb kapillárisok is tartalmaznak vizet ($pF > 1,8$).

A talajvíz-mintavételkor elsődlegesen a szolum víztartalmának minőségét lehet vizsgálni, így az e célból létesített kutak rendszerint igen sekélyek. Célszerű drén jellegű kutakat létesíteni, amelyek a mintázandó szintben akár 30, 50, 100 cm-es hosszúságban is mintát gyűjtenek, de csak 1 cm-nél kisebb átmérőjű kivezetésük van a felszínre. A kútból vákuum vagy perisztaltikus pumpa alkalmazásával nyerhető ki a víz. A mintagyűjtés után a vizet a gyűjtőedény pereméig kell tölteni, majd azonnal le kell zárni. A hőtágulás esetleges hatásainak kiküszöbölésére (a gázmintavételhez hasonlóan) a mintát tartalmazó palackot enyhén össze kell nyomni. A szulfát, a vas, az alumínium és a mangán vizsgálatához gyűjtött minták 1,5 pH alatt tartandók. Ehhez 50 ml-enként 5 csepp analitikai tisztaságú, koncentrált salétromsav adagolása még 8,5 pH-jú vízminta esetében is elegendő a kívánt savanyúság eléréséhez. A nitrogénformák vizsgálatához gyűjtött mintákhoz 50 ml-enként 1 csepp kloroformot kell hozzáadni. Ezt követően mindkét típusú vízmintát 4 °C-ra hűtve lehet sötétben tárolni és szállítani. A mintákban levő szennyeződések centrifugálással lehet leválasztani. A fotométeres méréseket lehetőleg két-három napon belül el kell végezni. A talajvíz oldott szerves (DOC) és szervesetlen széntartalmának (DIC) vizsgálatához gyűjtött mintákat a lehetőség szerint minél hamarabb meg kell mérni, mert annak tartósítására megbízható módszer nem ismert. A szerző saját tapasztalatai szerint a -20 °C alá történő fagyasztással a vízminta jól konzerválható, bár ezt az USDA útmutatója a fázisok szétválása és a pH megváltozása miatt határozottan ellenjavallja.

Pórusvíz-mintavétel

Amennyiben nedvesség csak az 50 µm-nél, illetve a 10 µm-nél kisebb ekvivalens átmérőjű kapillárisokban található, úgy annak kinyerésére csak bizonyos liziméterekkel (suction lysimeter) van lehetőség. Az ilyen jellegű berendezések nem elterjedtek, telepítésükről és használatukról bővebben Wilson és Artiola (2004) közölt leírást.

Gázmintavétel talajlégzés vizsgálata céljából

A talajlégzés vizsgálatokor a gázmintákat a talaj felszínéről kell gyűjteni. Leggyakrabban a CO₂, a N₂O és a CH₄ kibocsátását szokás vizsgálni. A szén-dioxid vizsgálata rendszerint helyben történik IR gázanalizátor segítségével. A másik két gáz esetében a mintákat levákuumozott 10 ml térfogatú gumiszeptumos kupakkal lezárt üvegfiolákba kell gyűjteni, és gázkromatográf (GC) kell mérni. Mivel a mintavételkor szükségszerűen a légköri levegőből is jut a mintába, így valójában nem a talajlevegő összetételét, hanem a talaj gázkibocsátását, ill. annak fluxusát lehet vizsgálni ezzel a módszerrel.

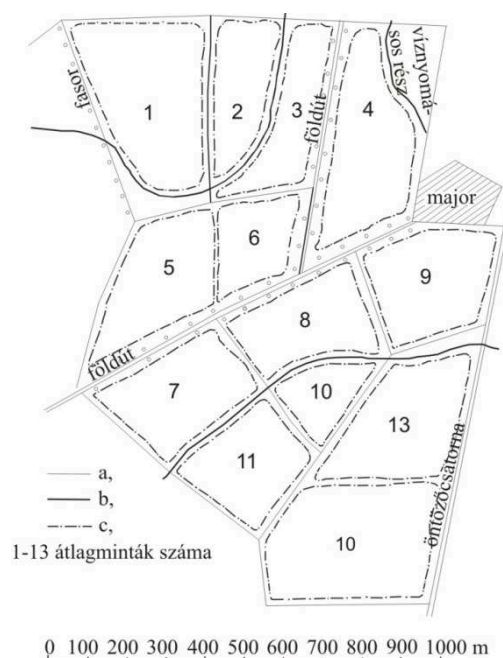
A mintavétel négyzet vagy kör alaprajzú mintázókerettel történik. Korábban egyezményesen 50 x 50 cm-es keretek voltak használatosak e célra, de kisebb méretű keretek alkalmazása is lehetséges. A keretek oldalfala két részre osztott. Az alsó felét 2–5 cm mélyen úgy kell a talajba behelyezni, hogy ahhoz a felső fele könnyen csatlakoztatható, illetve bontható legyen. A keret fedelén egy túvel átszűrhető szeptum van. A mintavétel megkezdése előtt zárni kell a keretet, ezt követően mintát venni, majd a mintavétel időpontját jegyzőkönyvben kell rögzíteni. Maga a mintavétel 10 ml-es fecskendővel történik, amellyel a keret alól kiszivattyúzott levegőt a levákuumozott fiolába lehet injektálni. A mintavételt 10, 20 és 60 perc elteltével meg kell ismételni. Mintavételi pontonként legalább három keret kihelyezése szükséges. A gázmintákat tartalmazó fiolákat 4 °C-ra hűtve sötétben kell tárolni. A minták lemérésére a mintavételt követő két-három napban sort kell keríteni.

2.1.3. Mezőgazdasági célú talajmintavétel

2.1.3.1. Mezőgazdasági talajmintavétel alapjai, a mintavételezés előkészítése

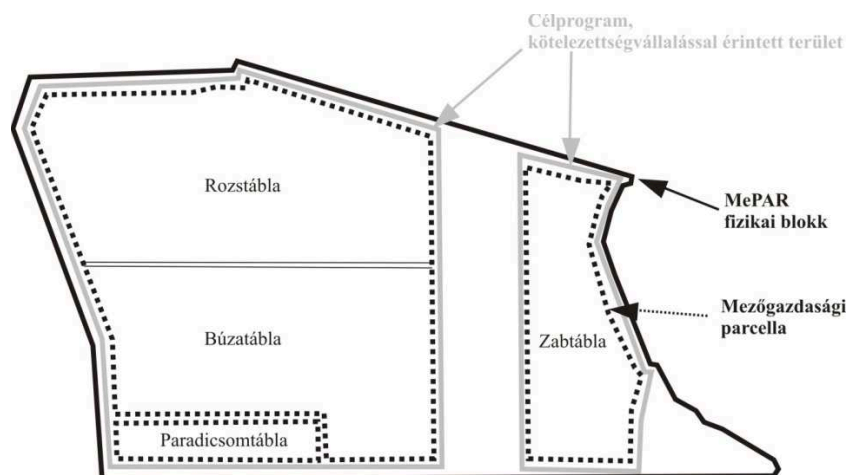
A mezőgazdasági célú talajmintavétel módját a kézirat leadásakor (2011 őszén) a 2007. évi CXXIX. törvény a termőföld védelméről és az ehhez kapcsolódó 90/2008 (VII. 18.) FVM rendelet 4. melléklete szabályozza. A gazdálkodó szervezeteknek a mintavételre és az ahhoz kapcsolódó vizsgálatokra területeik *tápanyag gazdálkodási tervének* elkészítéséhez, a terület alapú és a vidékfejlesztési támogatások, valamint a célprogramok alapján (pl. Integrált Szántóföldi Célprogram) igénybe vehető *támogatások lehívásához* van szükségük.

A mezőgazdasági célú mintavételezés mintavételi tervének elkészítésekor figyelembe kell venni, hogy a vizsgálatokat minden esetben átlagmintából végzik. Az átlagmintáknak a felszín alaktani, földtani, területhasználati és a természetett növénykultúra tekintetében egyaránt homogénnek kell lenni (2.17. ábra)!



2.17. ábra. Átlagmintavételi területek kijelölése a) táblák határa; b) talajtípusok c) átlagmintavételi területek (módosítva Szabolcs, I. (szerk.) 1966. A genetikus üzemi talajterképezés kézikönyve – OMMI, Budapest, p. 146 alapján)

A legnagyobb egybefüggő homogén terület legfeljebb 5 ha területű lehet. Ha ennél nagyobb egybefüggő területről kell mintát venni, akkor a mintavételi egységek mérete felosztható közel azonos területű egységekre, de ez nem kötelező. Amennyiben a mintázandó terület 5 ha-nál kisebb, felszínalaktani, földtani és területhasználati tekintetben homogén, de különböző kötelezettségvállalásokkal érintett (azaz különböző célprogramok alapján vesznek fel rá támogatást), úgy ahhoz a mintavételi tervnek is igazodnia kell. Ez esetben a legkisebb mintázandó terület az adott kötelezettségvállalással érintett területen belüli tábla (növénykultúra) kell legyen (2.18. ábra).



2.18. ábra. Mintavételi egységek kijelölése mezőgazdasági célú talajminta-vételezésnél

Ettől eltekintve a mezőgazdasági célú mintavételezés mintavételi tervének készítése egyszerűbb a tudományos, ill. a környezetvédelmi célú mintavételénél. A munka alapja a terület 1:10 000 léptékű topográfiai térképe. A topográfiai térképen az alábbiakat kell jelölni:

- Az azonos célprogramban szerepeltetett területek határait, a célprogram megnevezését és azonosítóját;
- A parcellák határait és azonosítóit;
- A parcellákon belül a különböző kultúrákat;
- A mintavételi egységeket, és azokon belül a részminták helyét.

Fontos a mintavétel időpontjának és a részminták helyszíneinek rögzítése. A mintavételt a betakarítás után, trágyázás előtti időpontra kell tervezni.

Tilos mintát venni:

- őszi alpműtrágyázást követő 100 napon belül;
- a tavaszi műtrágyázást követő 100 napon belül;
- szerves trágyázást (istálló trágya, hítrágya) követő hat hónapon belül.

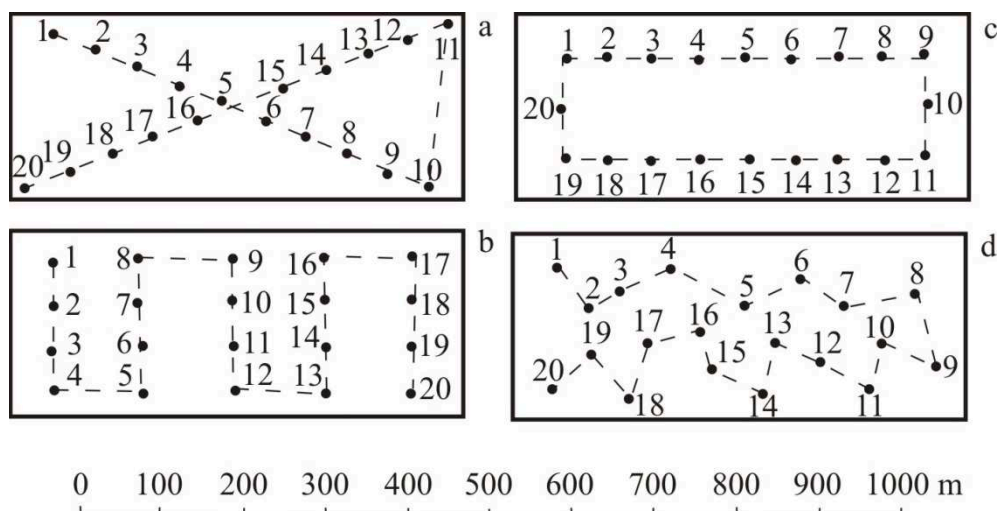
Még részminták esetében is tilos mintát venni:

- a tábla szélén belüli 20 m-es sávban;
- forgókban;
- szalmakazlak helyén;
- állatok delelőhelyén;
- műtrágya, szerves trágya, talajjavító anyagok depóniájánál.

Ez utóbbiakat a helyszínen mindenképp ellenőrizni kell!

2.1.3.2. Mintavétel

A mezőgazdasági talajminták gyűjtésekor nem kell helyszíni vizsgálatokat végezni. A mintagyűjtéshez kézi vagy gépi mintavevő eszközökre, fűrókra, rétegfűrókra ásóra, vödörre és mintagyűjtő zacskóra van szükség. A megmintázandó területet szisztematikusan kell bejárni, és egységenként legalább húsz, rét-legelő esetén legalább harminc pontból kell részmintát gyűjteni (2.19. ábra).



2.19. ábra. Részmintavételi pontok területi elhelyezkedése az egyes módszerek esetén a) átlós; b) kígyóvonalas; c) keretező; d) véletlen (Módosítva Szabolcs, I. (szerk.) 1966. A genetikus üzemi talajterképezés kézikönyve – OMMI, Budapest, p 147. alapján.)

A részminták gyűjtésekor a felszín meg kell tisztítani. A vödörbe gyűjtött részmintákat gondosan össze kell keverni, és abból 1–1,5 kg-nyit kell csak a zacskóban elraktározni. A mintát mintaaazonosító címkével (2.20. ábra) kell ellátni, amelyet a mintán és a mintában is el kell helyezni!

Gazdálkodó-neve:¶ <input type="checkbox"/>	
Blokkaazonosító:¶ <input type="checkbox"/>	
Parcella-sorszám: <input type="checkbox"/>	
Művelési-ág: <input type="checkbox"/>	Tábla-mérete: <input type="checkbox"/>
Vizsgálat-típusa: (szűkített/bővített/teljes)¶ ¶ <input type="checkbox"/>	
Mintavétel-mélysége (cm): <input type="checkbox"/>	
Mintavétel-időpontja: <input type="checkbox"/>	

2.20. ábra. Mintaaazonosító címke

A mintaazonosítónak a gazdálkodó nevét és a mintavétel összes ismervét tartalmaznia kell. A mintavételt a mintavételi összesítőben is rögzíteni kell!

A mintázáskor nem a genetikai talajszintekhez, hanem a művelés sajátosságaihoz kell igazodni, ennek megfelelően alakul a mintavételi mélység:

- szántókon 0–30 cm-es mélység;
- rét-legelőn a gyepréteget eltávolítva 2–20 cm mélység;
- álló kultúrák esetében:
 - gyümölcsösökben és szőlőkben 0–30 cm és 30–60 cm mélységek;
 - bogyósoknál 0–20 és 20–40 cm mélységekben.

2.1.4. Környezetvédelmi célú mintavételezés

2.1.4.1. Mintavételi terv környezetvédelmi talajvizsgálatokhoz

A környezetvédelmi talajvizsgálatok célja a talajtulajdonságok és a terület szennyezettségének jellemzése, illetve a szennyezések változékonyságának (variabilitásának) meghatározása. A környezetvédelmi talajvizsgálatokat kiszolgáló mintavételezés eljárását Magyarországon jelenleg a MSz21470-1:1988 szabvány szabályozza. A mintavételi terv elkészítése nagy vonalakban a tudományos célú mintavételezéssel megegyezik, azt három lépcsőben kell elkészíteni:

1. területre vonatkozó dokumentumok összegyűjtése;
2. helyszíni tájékozódás;
3. mintavételi terv véglegesítése.

Az első két fázishoz tartozó előzetes információszerzés és adatgyűjtés segít eligazodni a szennyezés meglétéről, ill. annak jellegéről:

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

A területre vonatkozó dokumentumok összegyűjtését akár több évtizedre visszamenőleg kell elvégezni. Tekintettel kell lenni a gyártástechnológiákra, a szolgáltató tevékenység jellegére, a raktározás és kereskedelem milyenségére, hulladék- és szennyező anyagokkal végzett bármilyen tevékenységre, ismerni kell a korábbi haváriákat (veszélyhelyzeteket), azok körülményeit, a megtett intézkedéseket és azok következményeit. Az alábbi dokumentumok beszerzésére mindenképpen törekedni kell:

- 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 fentiekén túl minden egyéb fellelhető dokumentum is fontos forrásként szolgálhat (víz-jogi engedély, levegőtisztaság-védelmi bejelentések, haváriaterv, üzemi környezetvédelmi szabályzat, munkavédelmi utasítás, selejtezési jegyzőkönyvek, leltárhiányok jegyzőkönyvei, tartályok nyomáspróbájának igazolása).

Hulladéklerakókkal, égetőművekkel kapcsolatban az alábbi információk beszerzése is hasznos lehet:

- beszállítási körzetben élő lakosok száma, és az ott működő nem veszélyes termelési hulladékot kibocsátó üzemek
- települési és a termelési hulladék neve, fajtája, összetétele és mennyisége
- a lerakó dokumentált, vélt vagy becsült élettartama
- a szervezett szemétszállítás kezdete, a szállítást végző neve
- a lerakó műszaki védelme és a lerakás módja
- a térségben 1981 előtt működő, és veszélyes hulladékot termelő üzemek, illetve azok hulladékának kezelési módja

Az első fázis munkája során azonosítani kell a lehetséges szennyező anyagokat. Majd azokat csoportosítani kell: 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 termelőtevékenység anyagforgalmát, anyagmérlegét.

A bejárás során ellenőrizni kell a beszerzett dokumentumok valóságát, pontosságát, a fő tevékenységhez kapcsolódó fenntartási és javítási munkák jellegét (elfolyás, csöpögés, elszóródás lehetősége).

A bejárást követően kell elkészíteni a mintavételi tervet. A mintavételi tervnek tartalmaznia kell:

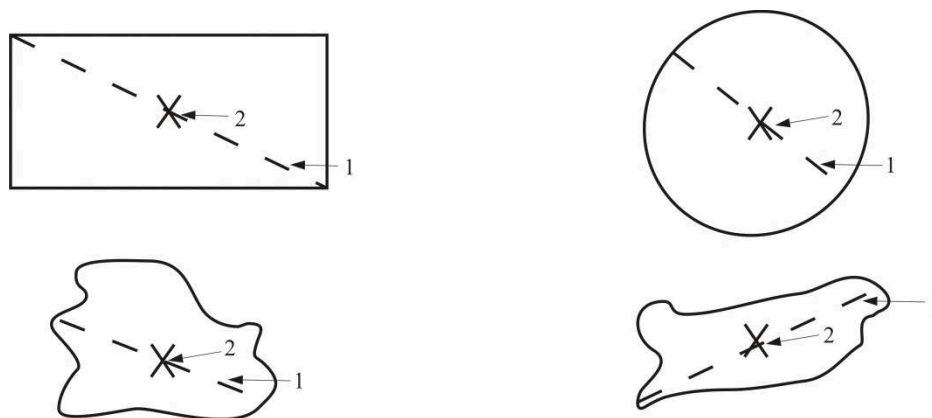
- mintavétel célját (előzetes, vagy feltáró vizsgálat)
- mintavétel módszerét
- mintavételi helyeket (helyszínrajzon)
- mintavétel technikáját és eszközeit
- minta típusát (pont-, átlag-, biológiai)
- minták mennyiségét
- minták azonosítását
- minták csomagolásának módját és szállítását
- minták tartósítását
- mintavételi jegyzőkönyv mintáját
- vizsgálandó komponensek körét
- munkavédelmi előírásokat

2.1.4.2. Előírt mintavételi rendszerek, minták

A Magyar Szabványügyi Hivatal négyféle szisztematikus mintavételi rendszer alkalmazását engedélyezi. Mind a négy rendszer alkalmazásakor figyelembe kell venni a terület morfológiai viszonyait. Változatos domborzat esetén a tetőszinteket, a völgytalpakat, valamint a különböző lejtőszakaszokat (inflexiós pont felett, inflexiós ponton, inflexiós pont alatt) külön pontokkal kell reprezentálni.

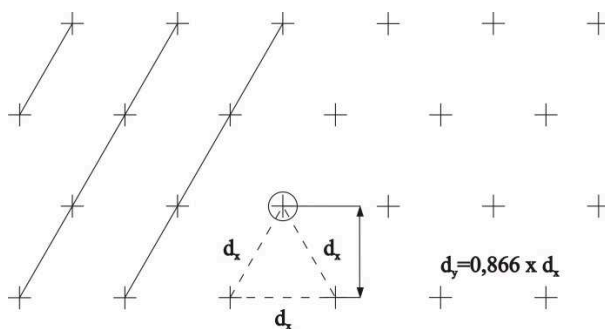
A *négyzethálós módszert* akkor kell használni, amikor a szennyezőforrás ismeretlen, vagy homogén eloszlású.

A négyzetháló kezdőpontja a területen áthúzható leghosszabb egyenes középpontja (2.21. ábra). Homogén terület esetén a pontok közötti távolság a leghosszabb egyenes hosszának 4%-a. A mintavételt a háló által kirajzolt négyzetek középpontjából kell venni.



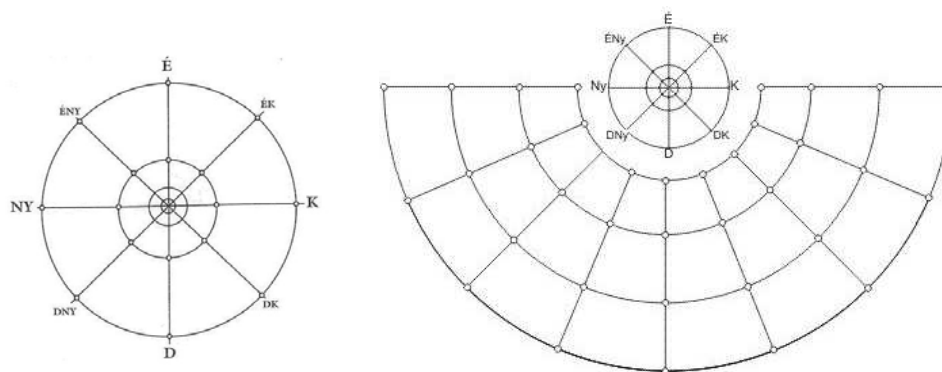
2.21. ábra. A négyzethálós mintavételi háló kezdőpontjának meghatározása a mintázandó terület leghosszabb átlójának közepén (MSz 21470:1988 alapján)

A hexagonális rendszer (2.22. ábra) használatát a forrás ismeretének a hiányában, vagy a terjedést befolyásoló tényezők (pl. talajtulajdonságok) ismeretének hiányában írja elő a szabvány. A mintavételi pontoknak a terület heterogenitáshoz és a tervezéshez használt térkép méretarányához kell igazodniuk. A mintavételi pontok között egyenlő oldalú háromszögek rajzolhatók ki, amelyek élhossza a szabvány szerint a tervezéshez használt lépték nagyobbik számának 4%-a (méterben megadva). A részmintavételi pontok sorai közötti távolság a mintavételi pontok közötti távolság 86,6%-a.



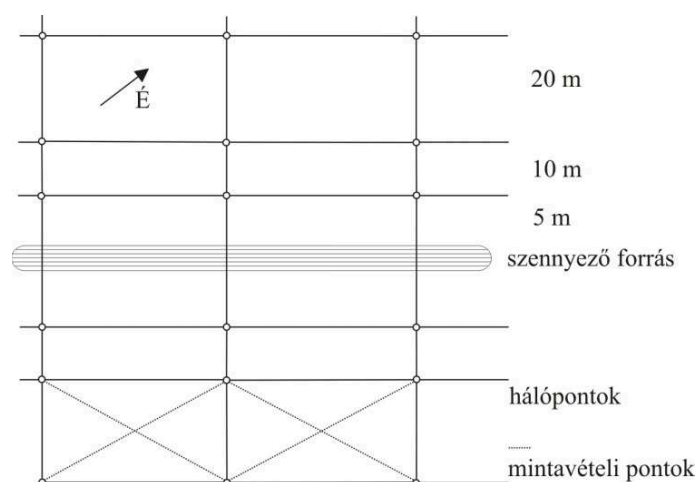
2.22. ábra. A hexagonális mintavételi háló; $d_y = 0,866x d_x$ (MSz 21470:1988 alapján)

Sugaras mintavételi hálót (2.23. ábra) ismert pontforrás esetén kell használni. Pontszerű talajszennyezők eseténben a forrást középpontnak véve tetszőleges, de szabályos beosztásban köröket szokás kijelölni. A körök és az (fő és mellék) égtájak sugarainak metszéspontjában kell kijelölni a mintavételi pontokat. Ha a transzmissziós közeg a levegő (pl. kémény a kibocsátó), akkor a fő és mellék égtájakban 200, 500, és 1000 m-en kell pontokat kijelölni, továbbá az uralkodó szélirányban $\pm 60^\circ$ eltérítésben további pontok kijelölésére van szükség 1000 méterenként 2–5 km távolságban.



2.23. ábra. Sugaras mintavételi háló pontszerű talajszennyező (balra); és légszennyező (jobbra) forrásra (forrás MSz 21470:1988)

Sávós mintavételi hálót (2.24. ábra) ismert lineáris források (vezetékek, utak, vasutak) mentén kell alkalmazni. A mintavétel rendszere a lineáris forrás helyzetét kell kövesse. A szabvány szerint a pontokat az utak és vasutak esetében 5, 10, 20, 50, 100 m távolságban kell kijelölni, míg a csővezetékek esetében 5, 10, 20 m távolságokat kell betartani. A mintavételi pontokat a lineáris létesítmények mindkét oldalán ki kell jelölni.



2.24. ábra. A sávós mintavételi háló (MSz 21470:1988 alapján)

A pontháló sűrűség meghatározására a hazai szabvány is megengedi geostatistikai módszereket. Ezek használatakor az alkalmazott módszert, valamint a forrásul szolgáló mű pontos bibliográfiai adatait is szerepeltetni kell a mintavételi tervben. A nemzetközi szakirodalomban egyéb mintavételi rendszerek is ismeretesek.

A minták vertikális eloszlásáról a szabvány nem rendelkezik. A mintavétel mélységeinek kijelölésekor előre meghatározott felszíntől való távolságokhoz, illetve szedimentológiai értelemben vett rétegekhez is lehet igazodni. Mivel a talaj fogalma alatt a vonatkozó hazai és nemzetközi szabványok rendszerint laza szövetű üledékeket értenek, így a talajmintavétel mélysége (az igényekhez idomulva) akár több 100 m-t is átfoghat.

A környezetvédelmi célú talajmintavétel elsősorban a pontmintákat preferálja, átlagminták használatát – amennyiben lehetséges – kerülni kell. Ha mégis átlagminták gyűjtésére kerülne sor, akkor azt az agrármintavételhez hasonlóan az azonos tömegű, vagy térfogatú, fel-

színről gyűjtött részminták összekeveréséből kell képezni. Bár a szabvány lehetővé tesz fúrásból származó felszín alatti mintákból történő átlagmintaképzést, ezt lehetőleg kerülni kell, mert azonos mélységben még homogén területen is eltérő genetikai szintek lehetnek, amelyek egymástól jelentősen eltérő fizikai, ásványtani és kémiai tulajdonságokkal rendelkezhetnek. Ezt tetézi a fúrással gyűjtött minták mintavételi mélysége, és a fúrás tömörítő hatása által okozott bizonytalanság.

A vonatkozó szabvány kifejezetten tiltja átlagminták gyűjtését, ha

- illékony komponenseket kell meghatározni;
- ha a szennyezés a várakozások szerint nem homogén eloszlású;
- ha a szennyezés homogén eloszlású, de ismert pontforrásból származik;
- ha a vizsgálandó anyag tulajdonságát a keverés megváltoztatja;
- ha a vizsgálandó anyag minőségét a keverés megváltoztatja.

2.1.4.3. A minták csomagolása és dokumentálása

A felszíni mintavételezés eszköztára a mezőgazdasági célú mintavételezési technikákkal nagyrészt megegyezik. A felszín alatti minták gyűjtésekor jellemzően nagy mélységeket is vizsgálni kell. Az ehhez használatos gépi felszerelések jelentősen túlmutatnak a talajtan-mintavételi technikákon.

A mintavételt követően a mintákat a vizsgálandó paramétereknek megfelelően kell csomagolni. Az illékony szerves komponensek vizsgálatára vett mintákat kizárólag légmentesen zárható üvegbe szabad csomagolni. A fémek vizsgálatakor az üveget mint csomagolóanyagot lehetőleg kerülni kell. A mintákhoz mindig mintaazonosító jegyet kell társítani, amelynek tartalmaznia kell:

- a mintavétel helyét;
- a furat számát;
- a minta számát;
- a mintavétel mélységét;
- a mintavétel időpontját.

A mintavételről mintavételi pontonként jegyzőkönyvet kell készíteni, amelynek tartalmaznia kell:

- a mintavétel helyét és idejét;
- a fúrás (feltárás) kódját;
- a fúrás (feltárás) koordinátáit;
- a felvételezők nevét;
- a térképvázlatot vagy helyszínrajzot;
- a nyilatkozatot a mintavételi utasítás végrehajtásáról, vagy az utasítástól való eltérésről, illetve ennek okáról;
- a minták jellegét;
- a mintaazonosítók számát;
- a talajvíz mélységét;
- a mintavételezéskor tapasztaltakat;
- a rétegsorleírást (és ha van látható szennyezettség, akkor annak a leírását);
- a megütött és nyugalmi talajvízszintet.

A mintavételi munka lezárásaként mintavételi összesítőt kell készíteni, amely a

- mintavevők nevét;
- a mintavételek helyét és idejét;
- a mintavételi jegyzőkönyvek kódját;
- a minták számozását (tartományt);
- minták darabszámát tartalmazza.

A talajtani jellegű, különösen a mezőgazdasági és a környezetvédelmi célú mintavételeknek, illetve a mintákból elvégzett mérések eredményeinek komoly gazdasági és pénzügyi következményei lehetnek. Sokszor ezen múlik a támogatások kifizetése, egy projekt megvalósíthatósága, illetve a végzett tevékenység során esetlegesen okozott kár mértéke. Az ilyen jellegű mintavételeket csak képzett szakemberek, és ők is csak a vonatkozó minőségbiztosítási szabvány betartása mellett végezhetik. Hivatalos célra csak mintavételre akkreditált szervezet által vett mintát fogadnak el.

2.2. Talajgázok (radon és szén-dioxid)

A talaj pórusterében található levegő összetétele nem teljes mértékben egyezik meg a felszín feletti levegő összetételével, hiszen a talajból, illetve a mélyebb rétegekben megtalálható geológiai képződményekből származva különféle gázok dúsulhatnak fel benne. A talajlevegőben megtalálható gázok közül a metán, szén-dioxid, oxigén és radon koncentrációinak mérése terjedt el széles körben. Jelen fejezetben leginkább a környezettudomány tárgykörébe tartozó radon és szén-dioxid talaj pórusterében való mérésének ismertetésére kerül sor.

2.2.1. A radon

Három radon izotópot lehet megkülönböztetni, a radont (^{222}Rn), a toront (^{220}Rn) és az aktinont (^{219}Rn). A leginkább ismert a 222-es tömegszámú radon izotóp, amely az ^{238}U bomlási sorában található ^{226}Ra -ból keletkezik közvetlenül alfa-bomlással, felezési ideje 3,82 nap. A talajban és kőzetekben található rádium bomlása során, a keletkező radonatom a kibocsátott alfa-részecske irányával ellentétes irányba lökődik, és emanálódhat a szemcseközi térbe. Itt kell elkülöníteni az emanáció és az exhaláció fogalmát. Míg az előbbi a radonatom ásványszemcséből pórusterbe való jutását, addig az utóbbi a radonatom mintából a légtérbe vagy a talajból a szabad levegőbe történő kijutását jelenti (az emanáció folyamatát is magában foglalva). Jelentősége a szervezetre gyakorolt hatásának köszönhető: a nagy mennyiségben, hosszú időn keresztül belélegzett radon leányelemek alfa-sugárzásuk révén növelik a tüdőrák kialakulásának kockázatát. A lakóterei radonaktivitás-koncentráció elsődleges forrása a talajgáz (másodlagos forrása lehet az építőanyag). A talajgázban felgyülemlt radon az épületek repedésein, illesztésein és a nyílászárókon keresztül, valamint a falakon átszivároghatva bejut a helyiségek légtérébe, ahol képes felhalmozódni és kifejteni egészségre káros hatását. Ezért a talajgázban lévő radon koncentrációjának meghatározása fontos feladat, mind az épületek esetében, mind pedig a kockázatos területek kijelölése szempontjából.

2.2.2. A szén-dioxid

A szén-dioxid színtelen, szagtalan, szobahőmérsékleten $1,98 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű gáz, amely 5%-os koncentráció felett mérgező a legtöbb élőlényre. A talajgázban való megjelenésének számos forrása lehet, legtöbbször biológiai (szerves anyag bomlásából származó), illetve geológiai (köpenyből, magmából felszabaduló, vagy metamorf folyamatokban keletkező) eredetű, azonban antropogén források is megjelenhetnek (pl. szén-dioxid felszín alatti elhelyezése, vagy szénhidrogének szén-dioxiddal történő kitermelése [EOR: enhanced oil recovery]).

A szén-dioxid környezet- és természettudományi vizsgálata az elmúlt évtizedekben vált különösen meghatározóvá, hiszen az antropogén eredetű szén-dioxid klímaváltozásban betöltött szerepe mára már csak igen kevesek által vitatott. Ebben a jegyzetben a szén-dioxid olyan mintavételezéseinek bemutatására kerül sor, amelyek különféle környezettudományi (pl. szén-dioxid felszín alatti elhelyezésének monitoringja, ipari folyamatok jellemzése) vagy földtudományi (pl. utóvulkáni működés feltárása, felszín alatti vizek vizsgálata) szempontból jelentősek. Előbb azonban a szén-dioxid és a radon természetben igen gyakori tulajdonságáról lesz szó.

2.2.3. Radon és szén-dioxid együttes előfordulása

A szén-dioxid és a radon szezonális változásai számos nemzetközi tanulmány alapján összefüggést mutatnak, ezért valószínűsíthető, hogy a feláramló szén-dioxid vivőgázként szolgál a kőzetekben és talajokban keletkező radon számára (geogázos radontranszport, lásd *Fogalomtár*, 146. oldal).

Diffúzióval a radonatomok átlagosan vízben 5 cm-es, talajlevegőben 2 m-es, míg levegőben 5 m-es távolságra juthatnak el bomlásuk előtt. A nagyobb mélységből történő feláramlás-hoz nem elég csak a diffúzió, hanem szükséges a pórusretet kitöltő szállítóközeg mozgása is. A geogázok kapcsán a szakirodalom számos potenciális gázzal tesz említést:

- A legjelentősebbek a földköpeny és a földkéreg kigázosodási folyamatából eredő különböző, levegőben is uralkodó gázok, a nitrogén, oxigén, szén-dioxid, argon, hidrogén és a hélium. Ezek mellett még a metánt is meg kell említeni, amely adott esetben, nagyobb mennyiségben is jelen lehet.
- Jelentős geogáz mennyiséget szolgáltat a földkéregbe került szerves anyag bomlása is. Itt elsősorban a szén-dioxid és a metán szerepét lehet kiemelni.
- A kőzetek radioaktív elemtartalma is előidéz geogáz feláramlást. Elsősorban az alfa-bomlás során felszabaduló energia a vízmolekulák elbontására fordítható, amely ezáltal hidrogént és oxigént képez. Utóbbi, a környezetben lévő szerves anyagok oxidálását követően szén-dioxid formájában távozik, míg a hidrogén kémiaiilag semleges H₂-molekulákat alkot. Ezen felül, a hélium közvetlen geogázként is viselkedhet.

A gáz feláramlás mellett, a pórusokat kitöltő pórusvíz telítődik a feláramló geogázzal, így az gázbuborékokat alkot. A gáz és víz sűrűségkülönbségéből adódóan felhajtóerő jelentkezik, amely a geogázok feláramlási sebességét nagyságrendekkel megemeli. A radonatomok a keletkezett buborékokhoz kötődnek, elsősorban azok folyadék-gáz fázishatárához. Így amennyiben a buborékok mozognak, úgy azok szállítóközegként szolgálnak a radonatomok számára. A buborékok kialakulásához szükségesek a vízzel telített közeg és a buborékok méretéhez viszonyítva nagy pórusmérettel rendelkező kőzetek.

A nagy koncentrációban jelentős hatású gázok (főleg szén-dioxid, radon) hirtelen vagy éppen hosszan tartó folyamatos emissziója esetén egyaránt fontos ezek megbízható, gyakran együttes mérése (esetenként kiegészülve az O₂, CH₄, He meghatározásával).

2.2.4. A Talajlevegő radonaktivitás-koncentrációjának mérése

2.2.4.1. Mintavételi hely kijelölése

A talajgáz radonaktivitás-koncentrációjának mérése esetén a megfelelő mintavételi hely kiválasztása elsősorban a vizsgálat céljától függ. Egyik lehetséges cél egy ismeretlen terület feltérképezése radonkockázat szempontjából. Ilyenkor a talajgáz radonkoncentráció-forrását

(geológiai és talajtani viszonyok) figyelembe véve célszerű kijelölni a mintavételi helyeket, lehetőleg valamilyen rácshálót felhasználva. A négyzetháló mentén vett mintavételi sűrűséget a létrehozandó radonkockázati térkép felbontása szabja meg.

Ha egy adott ház környezete (vagy egy építési terület) a vizsgálat tárgya, és a cél annak megbecslése, hogy a már meglévő (vagy a felépítendő) ház a beltéri radonaktivitás-koncentráció szempontjából potenciálisan veszélyeztetett-e, a ház közvetlen környezetében több mérést kell végezni (átlagosan 8–10 mérés/100 m²).

2.2.4.2. A talajlevegő radontartalmának mérésére szolgáló eszközök és módszerek

A talajgáz radonaktivitás-koncentrációjának meghatározása során a talaj pórusaiban lévő levegő radonaktivitás-koncentrációját kell mérni, tehát maga a mérésre szolgáló műszer megegyezik a beltéri vagy szabadtéri levegő radonaktivitás-koncentrációjának mérésére alkalmas műszerek valamelyikével. Ezen kívül egy mintavételi eszközre (pl. szondára, fecskendőre) van szükség, amellyel biztosítani lehet a talajlevegő műszerbe jutását. A következő alfejezetekben az erre alkalmas módszerek bemutatása történik.

2.2.4.3. Talajlevegő-mintavétel módszerei

Mintavételi szonda

Általában egy 100 cm hosszú acél cső, amelynek a belső átmérője ismert, és amelyen keresztül a radonmérő eszközbe lehet szívni a talajlevegőt (2.25. ábra) (kerülni kell a talajvíz felszívását!). A szondát a talajba kell leütni kb. 80 cm-es mélységig, majd egy műanyag cső segítségével, páralekötő egységen keresztül (ami a talajnedvesség megkötésére szolgál) a radondetektorhoz kötni (félvezető detektor vagy ionizációs kamra). A mérés során a talaj pórusaiban lévő levegő a műszer pumpájának segítségével a radondetektorba kerül, és így annak radonaktivitás-koncentrációja meghatározhatóvá válik.



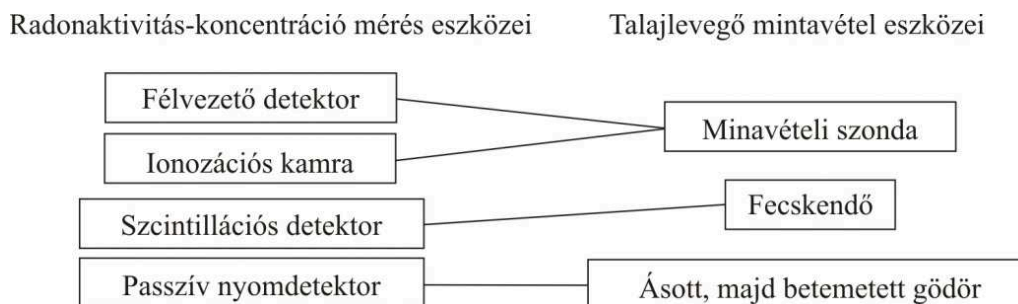
2.25. ábra. Talajradonkoncentráció-mérő berendezés (radondetektor, műanyag cső, páralekötő, talajszonda) (a felvételt készítette Szabó, Á.)

Mintavételi fecskendő

A fent említett szondán keresztül szintén kb. 80 cm mélységből egy fecskendővel adott térfogatú talajlevegő szívható ki, amelynek közvetlenül a mintavétel után, a helyszínen, általában szcintillációs detektorral mérhető a radonaktivitás-koncentrációja (olyan detektor, amelyben nincsen a levegő áramoltatására alkalmas berendezés).

Passzív nyomdetektorok elhelyezésére szolgáló ásott, majd betemetett gödör

Passzív nyomdetektorok a talaj adott mélységébe történő elhelyezése, betemetése, majd adott időtartam utáni kiásása és kiértékelése bevált módszer a talajgáz radonaktivitás-koncentráció hosszú távú mérésére (2.26. ábra), amikor több hét/hónap átlagos értékek meghatározása a cél. Ebben az esetben több mélységközben, párhuzamosan is lehet mérni az átlagos értéket egy adott időtartamra.



2.26. ábra. Az egyes mérési és mintavételi eszközök, módszerek lehetséges összekapcsolása

2.2.4.4. Radonaktivitáskoncentráció-mérés elterjedt eszközei

A radonaktivitás-koncentráció meghatározására számos lehetőség létezik. A különböző módszerek közös tulajdonsága, hogy a radon és/vagy leányelemeinek bomlásából származó radioaktív részecske (főképp alfa-részecske) képezi a detektálás alapját.

A leggyakrabban elterjedt aktív mérőműszerek a félvezető detektort (leggyakrabban Ge) (pl. RAD7) vagy ionizációs kamrát (pl. AlphaGUARD, ATMOS) használó eszközök. A RAD7 félvezető detektor a radon leányelemek bomlásait detektálja, míg az AlphaGUARD és ATMOS a radonatomok bomlásait. Ezek közül a félvezető detektorok nagyobb energiafelbontó képességgel rendelkeznek, tehát alkalmasak lehetnek a radon- és toronizotópok közvetlen elkülönítésére, ellenben az ionizációs kamrával nagyobb pontosság érhető el. Továbbá igen elterjedt módszer a szcintillációs számláló, amelynek a sugárzás által az anyagban (pl. NaI(Tl): Tl-tartalmú NaI) gerjesztett fényfelvillanás számlálása az alapja (Lucas-kamra), és szintén a radon bomlását detektálja. Az ismertett aktív mérőműszerek igen nagy beszerzési ára miatt gyakran használt eszköz az ún. passzív nyomdetektor.

2.2.4.5. Mintavétel körülményei, hibaforrások

A talajlevegő radonaktivitás-koncentrációjának értéke erősen függ a meteorológiai paramétereiktől (hőmérséklet, légnyomás, páratartalom, csapadék, hóborítottság stb.) és emellett jellemző évszakos váltakozást mutat. Emiatt fontos a mintavételi körülmények megfelelő kiválasztása és alapos dokumentálása. Mindig fel kell jegyezni a mérés pontos dátumát, az aktuális időjárás jellemzőit (hőmérséklet, légnyomás, páratartalom, csapadék stb.) és a mérés helyszínét GPS koordinátákkal.

A talajgáz pillanatnyi radonaktivitás-koncentrációjának mérésére általában tavasztól ősziig van mód. Télen, esőben vagy közvetlenül eső után nehézkes méréseket végezni, mert a használt műszer pumpája felszívhatja a vizet, ami a detektor légterébe jutva tönkreteszi azt. Mintavételi szonda használata esetén a szonda megfelelő mélységbe történő leütését követően, azt minden esetben vissza kell húzni 5 cm-t, hogy egy talajlevegővel telített térfogat keletkezzen, ahonnan a műszer pumpája könnyebben tudja a levegőt szívni. Emellett figyelni kell arra,

hogy a megmintázott talajlevegő ne keveredjen a felszíni levegővel. Ez mind a szondás, mind a fecskendő mintavételre érvényes. Amennyiben a mért radonaktivitás-koncentráció nem esik az átlagos talajokra vonatkozó kBq/m³-es nagyságrendbe, mindenképp gyanakodni kell az esetleges felhígulásra, és meg kell ismételni a mérést. A nyomdetektoros módszert akár egész évben lehet alkalmazni (a mérés kezdete lehet késő ősz is), de itt is figyelni kell arra, hogy a detektorok eltemetésekor azokba ne juthasson víz (pl. az átteresztő membrán lefelé nézzen, hogy az esővíz ne szivárogjon közvetlenül bele).

2.2.5. A talajlevegő szén-dioxid-tartalmának mérésére szolgáló eszközök és módszerek

2.2.5.1. Mintavételi hely kijelölése

A mintavételezés előkészületei során – amennyiben lehetséges – érdemes előre kijelölni a mintavételi pontokat. Pontszerű mintázáskor ez a vizsgálandó környezeti objektumok (pl. egy szén-dioxid-tartalmú savanyúvizes/borvizes forrás) kijelölését jelenti, míg vonalmenti, vagy területi mintavételkor (pl. térképezés) érdemes egy megfelelő sűrűségű, eloszlású és nagyságú rácsot tervezni a területre. Hasonlóan lényeges, hogy a mintavételezés mélysége (talajban, kútban) szintén pontosan tervezett és dokumentált legyen, ennek kijelölése az előzőekben leírt módon beszerzett információk alapján lehetséges. Kiegészítésként a mérés céljának függvényében figyelni kell arra is, hogy az atmoszférikus hatás kiküszöbölhető legyen, ez átlagos talaj esetén hozzávetőlegesen 1 m-es mérési mélységet jelent. A gyűjtendő minta mennyiségét elsősorban a későbbiekben használt mérési módszer szerint kell meghatározni.

2.2.5.2. Helyszíni mérés

A legtöbb esetben a helyszíni mérést alkalmazzuk a laboratóriumi méréssel szemben, hiszen a szén-dioxid a vizsgált közegből különböző tényezők függvényében könnyen eltávozhat. A talajgázból történő direkt mintavétel során a kijelölt helyeken, a tervezett mélységekből a mintázandó ponton mélyített fúrólukba lebocsátott csővezet segítségével lassan (kb. 0,2 l/perc) célszerű szivattyúzni a gázt a talajból, hogy ne áramolhasson hozzá atmoszférikus gáz. A szivattyúzás kezdeti szakaszában, a gázáram stabilizálódása után a csőrendszert át kell öblíteni a gázzal (kb. 2 perc), majd ezt követően kezdődhet meg a mérés.

In situ (lásd *Fogalomtár*, [146. oldal](#)) méréskor legtöbbször infravörös sugárzás abszorpcióján alapuló detektorokat alkalmaznak. Ezek kimutatási határa jellemzően 0,05% szén-dioxid, és a mérést egy tizedes pontossággal lehet végrehajtani. Lényeges tudni, hogy a talajok jellemzően néhány %-os koncentrációira ez a módszer megfelelő, azonban kalibrálással ellenőrizendő. További módszer lehet a kromatográfias eljárások alkalmazása is.

2.2.5.3. Laboratóriumi mérés

Szén-dioxid-meghatározás laboratóriumi körülmények között is lehetséges terepről behozott mintákból. A minták szállításához és tárolásához használt eszközök és edényzet anyagát a minta és az elemezendő komponensek határozzák meg.

Az oldottgáz-vizsgálat céljából vett folyadékmintát 4 °C-ra hűtve, teljesen teletöltött és lezárás előtt enyhén összenyomott palackban célszerű szállítani és tárolni.

A laboratóriumi körülmények között kapott adatok segítségével – az eredményeket összehasonlítva a terepi mérésekkel – az egyes hibafaktorok (pl. mintavétel, szállítás, egyéb szennyeződés) elkülöníthetők, így a további mérések pontossága javítható, illetve a hibafaktorok hatása csökkenthető.

2.2.5.4. További alkalmazások

A fent leírt eljárások során a szén-dioxid releváns tulajdonságát (koncentráció, izotóparány) közvetlenül lehet meghatározni. Emellett léteznek olyan eljárások, amelyek során a szén-dioxid viselkedéséből közvetetten vonhatók le következtetések. A közvetett információnyerés legelterjedtebb formája a fluidumzárvány-vizsgálat. Ennek során valamilyen szilárd fázisba bezárt (gyakran szén-dioxid-tartalmú) fluidum csapdázódásakor jellemző nyomás-hőmérséklet viszonyokra lehet következtetni, illetve a fluidum összetételét (így szén-dioxid-koncentrációját is) Raman spektroszkópiával (lásd *Fogalomtár*, [149. oldal](#)) meghatározni. Az ehhez szükséges szilárd minták mintavételezési módszere az arra vonatkozó fejezetekben olvashatók.

Különösen nagy tér- és tömegléptékű geogén szén-dioxid-kibocsátások (pl. vulkanizmus) esetén távérzékeléses módszerek is alkalmazhatók, ilyenkor is az infravörös tartományban történő mérések használhatók, méghozzá különösen kényelmesen, hiszen ilyenkor nincsen szükség a szorosabban értelmezett mintavételezésre.

Extrém körülmények között (pl. tengerfenéki gázfeláramlás) is szükségessé válhat a mintavétel, amikor nem lehetséges az *in situ* mérés. Ilyen esetekben közvetlenül a vízfelszín alól kell venni a mintát, ehhez a felszínen vízzel megtöltött palackot a kívánt mintavételezési ponthoz kell vinni, ott kinyitni és a gázzal megtölteni a fejjel lefelé tartott palackot. A mélyégi vízmintavétel (többek között a benne oldott szén-dioxid vizsgálatához) is történhet hasonlóan: itt a vizet a légzőautomatából kibuborékoltható légzőgázzal kell eltávolítani a palackból (amely nem fog összenyomódni, hiszen a gáz nyomása egyensúlyt tart a vízével), majd az adott pontról származó vizet kell visszaengedni a palackba.

2.2.5.5. Mintavétel körülményei, hibaforrások

Olyan esetekben, amikor a szokványosnál nagyobb koncentrációban és mennyiségben (kiáramlás zárt vagy mélyen fekvő, nyugodt levegőjű helyen, pl. mofetta, barlang, borospince stb.) szükséges mintavételezést végezni, különösen nagy gondot kell fordítani a személyes biztonságra, hiszen a levegőben található néhány százaléknál nagyobb belélegzett szén-dioxid-koncentráció is komoly veszélyt jelent.

A minta vételekor gondosan kell eljárni, hiszen számos tényező zavarhatja meg a későbbi mérés eredményét. Elsőként fontos tudni, hogy a jelen levő szén-dioxid mennyiségét (koncentrációját) több tényező is befolyásolja: nagyobb értékek kaphatók nedves és/vagy nagy szervesanyag-tartalmú talajokból, ezenkívül a szén-dioxid oldhatóságát döntően befolyásolja a pH, a hőmérséklet és a nyomás. Ennek megfelelően a talaj hőmérsékletét és pH-ját is érdemes meghatározni, valamint mélyebb kutak, illetve nagyobb tengerszint feletti magasság esetén tekintettel kell lenni a nyomásváltozásra, vagy meg kell kísérelni kiküszöbölni azt. A felsorolt körülmények szempontjából tehát nem elhanyagolhatók a meteorológiai körülmények, ilyen módon az időjárás (pl. szélsébség) is befolyásolhatja a kapott mérési eredményeket. Ilyen okok miatt is fontos a megfelelő gyakorisággal ismételt mintavétel.

A várható szén-dioxid-koncentrációt elsődlegesen befolyásolja még a földtani környezet, hiszen a törési zónák és/vagy a porózusabb és permeábilisabb kőzetek jobban vezetik a mélyről feláramló szén-dioxidot. A szén-dioxiddal kapcsolatos mérések során nem csak annak koncentrációja lehet a kérdésfeltevés tárgya. Erre jó példa az, amikor a benne található izotópok (pl. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) arányának meghatározása a feladat. Ez függ a fotoszintetikus aktivitástól, az esetleges köpeny eredetű kiáramlásoktól és atmoszférikus behatásoktól, illetve a helyi kőzet-tani környezettől (főleg karbonátos alapkőzet esetén).

2.3. Kőzetminta-vételezés

2.3.1. Terepi kőzetminta-vételezés

A környezet-földtudományokban a különféle kőzetekből történő mintavétel módszereinek megismerése két fő okból kiemelt fontosságú: az első, hogy számos környezettudományi probléma feltárásában és a kapcsolódó kutatásokban elkerülhetetlen a kőzetekből történő mintavételezés; a második pedig, hogy számos egyéb környezettudományi területen (pl. üledékek mintavétele, antropogén szilárd fázisok) kell nagyon hasonló, ezekre épülő módszereket alkalmazni.

A terepi mintavételezés fő eszköze a megfelelő nagyságú (tömegű) és alakú (pl. palákhhoz való) kalapács, amelyet úgy kell megválasztani, hogy a várható kőzetet könnyen lehessen törni vele. A felszerelés másik fontos része a ruházat, amelynek lehetőség szerint minél jobban kell fednie a bőrfelületet (hosszú ujjú felső, hosszú nadrág) az esetlegesen szétrepülő szilánkoktól. Ugyanezen okból védőszemüveg viselése is kötelező. Olyan helyen, ahol számítani lehet kőzettörmelék omlására, az előzőeken kívül még kötelező viselet a sisak is. A felszerelés utolsó, de szintén lényeges eleme a lábat megfelelően tartó, körülményeknek (pl. savas bányavíz) ellenálló lábbeli (bakancs, gumicsizma) viselése.

A mintavételezés során ügyelni kell arra, hogy a vett minta reprezentatív legyen, különösen változatos geológiai környezet (pl. egy üledékes rendszerbe nyomult magmás test) esetén. Emellett a vett minta mérete/mennyisége mindenképpen legyen elegendő a tervezett vizsgálatok elvégzéséhez. A legtöbb esetben a kőzet inhomogenitását (pl. több cm-es fenokristályok (lásd Fogalomtár, [146. oldal](#))) kiküszöbölhetjük, ha a geológiában megszokott „kézi példány” méretű (kb. 10 x 15 x 5 cm) mintákat veszünk.

A mintákon elvégzett vizsgálatok eredményeinek értelmezéséhez elengedhetetlen, hogy a végzett mintavétel megfelelően legyen dokumentálva. Ennek során rögzíteni kell a következőket:

- a gyűjtő személy neve
- a mintavétel időpontja
- a minta sorszáma vagy azonosítója
- a mintavétel pontos helye (egyértelműen és könnyen beazonosítható legyen, pl. GPS koordináták, tájékozódási pontok alapján)
- a minta rövid makroszkópos leírása
- helyszín lerajzolása: a feltárás és környezetének (pl. növényzet) vázlata a lépték és tájolás feltüntetésével

A jegyzőkönyvben vezetett mintákat egyértelműen jelölve, szükség esetén (pl. laza üledék) elválasztva (külön zacskókban) kell tárolni és szállítani.

A mintázandó kőzet lehet törmelék (gravitációsan áthalmozódott, pl. törmelék egy sziklafal aljában), ekkor az elérhető kőzet egyes darabjai a mintavételi pont feletti térrészből bárholnan származhatnak, és lehet szálkőzet. Ezt szintén fel kell tüntetni a jegyzőkönyvben.

A szálkőzetek esetében a vett minta az adott helyre jellemző, így lehetséges irányított mintavétel is. Ekkor a minta kivétele előtt le kell mérni az irányítottság jellemző paramétereit (pl. egy üledékes kőzet rétegzettségének, vagy egy metamorf kőzet palásságának dőlésirányát és dőlésszögét), amit megfelelően jelölni kell a mintán, majd rögzíteni a jegyzőkönyvben is (pl. egy nyugati irányban a vízszinteshez képest 25 fokkal lejtő réteg esetén 270/25).

2.3.2. Kőzettani mintavételezés mélyfúrások segítségével

A környezettudományokban, azon belül a környezet-földtudományban gyakran megkerülhetetlen a mélyen (felszínről nem közvetlenül hozzáférhető helyen) fekvő, Magyarországon jellemzően üledékes kőzettestek mintázása. A célok igen széles skálán mozoghatnak: szennyezések nyomon követése, vízföldtani kutatások, ivóvízbázisok megfigyelése, megelőzés és biztonsági kutatás (pl. radioaktív és veszélyes hulladékok elhelyezése). Ezek részletes vizsgálata kiterjed a folyadék, illetve a szilárd fázisra egyaránt, amelyekből a mintavételezés gondos kivitelezése döntő fontosságú. Az előbbi jelen jegyzet korábbi fejezetében ismertettük, az utóbbi pedig ebben a részben lesz kifejtve.

A különféle (pl. szénhidrogén-kutatási) céllal mélyült fúrások közt találunk olyanokat, amelyből a fúrómagokat (lásd *Fogalomtár*, [146. oldal](#)) további kutatás céljára ún. fúrómag raktárakban hosszú időre tárolják (2.27. ábra). Ezek tudományos értékét az adja, hogy vizsgálatukkal közvetlenül lehet információt nyerni olyan földtani képződményekről és környezeteiről, amelyeket más módon (pl. geofizikai módszerekkel) csak közvetett módon lehet tanulmányozni. Mivel ezek a (legtöbbször néhány-száz cm esetleg 1 m hosszúságú) fúrómagok nagy mélységből kerültek felszínre nagyon komoly pénzügyi erőforrások felhasználásával, így anyagi értékük sem elhanyagolható. Emiatt kiemelten fontos, hogy a mintavételezés különösen körültekintő és indokolt legyen.



2.27. ábra. Fúrólyukból származó, henger alakú kőzetmagok, amelyekből a mintavételt elvégezhetjük

Mint a felszíni vagy felszínről hozzáférhető kőzetek mintavételezése esetében, itt is elsődleges fontosságú a földtani háttér megfelelő ismerete. Ehhez a szokásos források (pl. szakirodalmi könyvek, cikkek, egyéb írásos és személyes források) mellé rendelkezésre állnak a(z akár több km mély) mélyfúrások adatait tartalmazó adatbázisok is, amelyek egyszerre szolgálják a terület megismerését, a mintázásra legmegfelelőbb fúrások és azok kőzeteinek kiválasztását, kiegészítve a helyszíni tapasztalatokkal. Ilyen hozzáférhető adattárak Magyarországon elsősorban a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, a MOL Nyrt. és a Mecsekérc Zrt. kezelésében működnek. Az adattárakban a fúrások leírását kútkönyvek (lásd *Fogalomtár*, [147. oldal](#)) tartalmazzák. A kútkönyvek fontos tartozékai a karotázsok (lásd *Fogalomtár*, [147. oldal](#)), amelyek segítségével tekinthető át (megfelelő részletesség esetén), hogy az egyes nagyobb rétegtani egységeken (pl. alsó és felső pannon) belül milyen mélységekben található az egyes kőzettani egységek (pl. homokos és agyagos rétegek váltakozása), így pontosabban kijelölhető, hogy melyik fúrómagok lényegesek az adott kutatás szempontjából.

A karotázsok tanulmányozásakor mindig több görbe együttes vizsgálata történik, attól függően, hogy adott pillanatban a kutatás szempontjából mi a releváns tulajdonság (pl. porozitás, szemcseméret, CH-tartalom, vezetőképesség, karbonáttartalom stb.). A szemcseméret-vizsgálat esetében általában a természetes potenciál és az ellenállás szelvényeket kell figyelembe venni oly módon, hogy a két mérés során kirajzolt vonal párhuzamos vagy ellentétes lefutású-e. Ha a két szelvény vonalai szimmetrikusan haladnak és mind a kettő kis amplitúdójú, azaz nagyjából egyenesek és közel vannak egymáshoz, akkor agyagos a kőzet; ha ettől nagyon eltérnek a görbék (a természetes potenciál és az ellenállás görbék távol esnek egymástól és ingadoznak), az esetben homokos rétegről van szó. A szelvény alapján meghatározható a szemcseméret változása is, amire szintén a szelvény párok kitérése utal az egyre kisebb vagy egyre nagyobb amplitúdók alapján.

A kútkönyvek végén szerepel a zárójelentés, ami a legfontosabb megállapításokat összesíti a fúrással kapcsolatban (pl. találtak-e szénhidrogént vagy termálvizet, ha igen, milyen mennyiségben és mélységben, stb.).

A háttérismeretek alapján tehát előzetesen kijelölhető a fúrások kútkönyvének tanulmányozásával, hogy az egyes fúrásokból hány magvétel történt, és az milyen mélységből származik, továbbá mennyi a magnyereség, és ami a leglényegesebb: milyen kőzetek alkotják a magot. Mindehhez kiegészítő információként felhasználhatók a karotázs szelvények.

Ezt követheti a fúromagokból történő tényleges mintavétel, amelyhez feltétlenül szükséges a kezelő szervvel való előzetes egyeztetés, hiszen a magraktárhoz való hozzáférés csak így lehetséges. A jobb áttekintés érdekében a legfontosabb adatokat (fúrás jele és helye, mag sorszama, mélysége, kőzettani összetétele stb.) érdemes táblázatokban rögzíteni, ami a mintavételezéskor hasznos és könnyen használható. A pontos terv és a mintavétel dokumentációja azért különösen fontos, mert a raktárakban a magok többnyire polcokon, zsákokban, dobozokban vagy ládákban tömörítve vannak, így azonosításuk csak a rajtuk feltüntetett adatok alapján lehetséges.

Az ellenállóbb (magmás, metamorf, vagy konszolidált üledékes) kőzetek esetén a mintavétel, és a minták megfelelő szállítása és előkészítése jórészt problémamentes, azonban a lazább szerkezetű kőzetek, összletek mintázásakor különösen kell ügyelni arra, hogy a szállítás hatásai ne lehetetlenítsék el a további vizsgálatokat. Ügyelni kell, hogy mintavételi eredetű hiba ne gyengítse kőzetzfizikai (porozitás, permeabilitás) és a kőzettani (petrográfia) vizsgálatok eredményeit. Hasonló gondot jelenthet frissen készülő fúrásokból történő, azonnali mintavételkor, hogy az egyes üledékekben levő pórusvíz eltávozásával a mag „összeeshet”, ilyenkor térfogata és alakja megváltozik.

2.3.3. Szilárd mintavétel ipari anyagokból

Olyan esetekben, amikor a mintázandó közeg valamely környezeti szempontból lényeges ipari folyamat része, szintén a környezettudományi mintavételezés általános elvei és a hatályos szabványok, esetleg jogszabályok szerint kell eljárni. A folyadékok, illetve gázok mintavételezési módszereivel jelen jegyzet más fejezetei foglalkoznak, amennyiben viszont a mintázandó mesterséges közeg szilárd fázist (pl. szemétegető kazán falán lerakódott) anyagot alkot, a kőzettani mintavételezés módszereihez nagyon hasonló eljárást célszerű alkalmazni. Elsődleges szempont itt is a közeg tulajdonságait befolyásoló tényezők pontos megismerése (ez a természetes kőzetek esetében a földtani háttér), azaz az adott ipari folyamat (pl. hulladékégetés) részletes megismerése szintén szakirodalmi, illetve személyes tapasztalat és ismeret alapján. Ezt követően a módszer hasonló a kőzettani mintavételhez: a rendelkezésre álló informá-

ció alapján térben (honnán, mennyit) és időben (mikor, hányszor) is meg kell tervezni a mintavételezést. Környezettechnológiai folyamatok esetén külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a mintázandó közeg mérendő paramétereire nézve valóban reprezentatív mintát tudjunk gyűjteni, ami a bemenő anyagáram (pl. hulladék a hulladékégetésnél, tüzelőanyag egy erőműben, stb.) inhomogenitása miatt gondot jelenthet.

Tekintettel arra, hogy az ipari létesítmények is a környezettudomány „terepei”, a helyszínnek megfelelő munkavédelem (pl. sisak, maszk, kesztyű, szemüveg, védőruha stb.) itt is elengedhetetlen, különös tekintettel a természetes környezetben nem vagy csak ritkán előforduló egészségkárosító hatások kivédésére (pl. pormaszk vagy hőálló védőruha viselése).

2.4. Vízmintavételezés

2.4.1. Bevezetés

A vízmintavételezés a környezettudományokban kiemelt jelentőségű, hiszen a víz mint környezeti szféra közeget ad biológiai, geológiai, ipari és mezőgazdasági folyamatoknak. Ezért különös fontosságú a vízmintavételezés mikéntjének elsajátítása és alkalmazása, összehangoltan jelen jegyzet ide vonatkozó fejezeteivel.

Vízmintavétel során is fontos a mintavételi pont helyének meghatározása EOVS vagy GPS koordináták segítségével. Amennyiben nem áll rendelkezésre ehhez szükséges műszer, nagy felbontású topográfiai térképről kell leolvasni a koordinátákat és a mintázandó pont magasságát. Folyók mintázása esetén a folyásirányt is rögzíteni kell. Szintén fontos a mintavétel dátuma és időpontja (óra, perc). Fel kell jegyezni az időjárási körülményeket a mintavételt megelőző napon és a mintavételkor. Minden esetben rögzíteni kell a víz színét, szagát és felszíni vizek esetén azt is, hogy habzik-e. A mintavétel módját az határozza meg, hogy milyen vizsgálat céljából kell venni a mintákat. Mivel a bemutatandó mintavételek egy részéhez nem szükséges szűrés és tartósítás, ezért érdemes minden esetben legalább 1 literes polietilén vagy üvegpalackba buborékmentes tartalék mintát is venni. Ennek nagy haszna lesz, ha a mintatartó szállítás közben eltörik, vagy a laboratóriumban a mérés során probléma merül fel.

A mintavételhez használt palackot át kell öblíteni legalább kétszer a mintázandó vízzel. Kivételt képez, ha a steril palackba előre be vannak töltve segédanyagok (pl. tartósítás céljából). Ez esetben nem szabad kiöblíteni azt.

Néhány esetben nem szabad levegőbuboréknak maradnia a vételezett vízmintában. Abban az esetben, ha ez a kikötés is szerepel a mintavétel leírásában, a következő módokon kell eljárni. Felszíni víz esetén a mintavételi palackot a vízfelszín alá kell meríteni, majd amikor megtelt, a vízfelszín alatt tartva kell azt a kupakkal lezárni. A lezárt palackot 4 °C-on tartva kerülhetők el a hőtágulás okozta sérülések a palackon (ez különösen üvegpalack esetén fontos). Felszín alatti víz szivattyúzása, illetve hálózati csapvíz mintázása esetén egy vödörbe kell vezetni a vizet, majd miután a vödör megtelt, folyamatos vízárammal táplálva jól átöblíteni azt. Ebbe az átöblített vödörbe merítve – és a vízfelszín alatt kupakkal ellátva a palackot – nyerhető buborékmentes vízminta. Néhány esetben a fent leírt körülmények nem valósíthatók meg. Ilyenkor polietilén palackba kell a mintát venni. A kupak rácsavarásakor alkalmazott enyhe nyomással lehet elérni, hogy a víz menizkusza enyhén túlcsoorduljon a palack száján. Túlcsoordulás közben kell a kupakot rácsavarni a palackra. Ezzel a módszerrel majdnem mindig marad buborék a palackban. A buborékmentes mintalezárás gyakorlatot igényel, ezért csak akkor érdemes alkalmazni, ha más lehetőség nincsen. Lehetőleg a fenti két módszer valamelyike szerint kell eljárni.

Ha a palack kupakjának menete nem megfelelő minőségű, vagy a palack hibás, szennyezett stb., inkább új palackot és kupakot kell használni. Ha a kupak nem megfelelő minőségű, és nincs jobban záródó palack, akkor a kupak köré szorosan parafilmot kell tekerni, de ezt a mintavételezési jegyzőkönyvben rögzíteni kell.

Vízmintavételhez általában a következő felszerelésre van szükség:

- mintavevő palackok és kupakok (tartalék palackok és kupakok is)
- matrica a címkézéshez
- alkoholos filctoll, toll, ceruza
- kemény kötésű jegyzetfüzet
- vezetőképesség-mérő (+ hőmérsékletmérő, ha nem méri egy időben a szonda), kalibráló oldat
- pH-mérő, elektróda és kalibráló oldatok
- Eh-mérő, elektróda és kalibráló oldat
- oldott oxigénmérő és reagensek
- desztillált víz
- hűtőtáska
- rongy, papírtörölő, szemeteszák
- bicska
- fényképezőgép
- megfelelő ruházat (vízhatlan bakancs, vízben gumiruha)
- tartalék akkumulátor és/vagy elemek
- számológép
- vegyszerek (pl. tartósításhoz)
- elemlámpa
- titráló felszerelés
- vízszintmérő (kutak esetén)
- elsősegélycsomag

Meg kell győződni a palackok és a kupakok tisztaságáról, valamint a tartósítószerke szavatosságáról!

2.4.2. Felszíni állóvíz mintavétele

Felszíni vizek – például tavak – esetén a mintavétel során kerülni kell a felszínen úszó szennyeződések (pl. levelek), és a csónak közvetlen közelében lévő (a csónak felületéről lemosódó szennyeződések miatt) szennyezettebb víz mintázását. Sekély víz esetén gyalog is meg lehet közelíteni a mintavételi helyszínt, külön figyelve arra, hogy az üledék ne kavardjon fel. A mintavétel mélységét (mélységeit) a mindenkor feladat alapján kell meghatározni. Ha szükséges nagyobb mélységek mintázása is, érdemes szivattyút használni.

Mindig fel kell jegyezni a mintavétel mélységét, az általános tájékozódáshoz pedig az állóvíz átlagos vízmélységét és felületének nagyságát (ugyanis mindkettő térben és időben is igen változékony lehet!).

2.4.3. Folyóvíz felszíni mintavétele

Lassú folyású (közel lamináris) folyóvíz esetén a peremen áramló víz mintázásából a pangó víz minőségére lehet következtetni. Ez akár a környezettudományi vizsgálat célja is lehet. Általános esetben azonban egy vízfolyás vizsgálatakor az áramló víztömeg minőségére szük-

séges választ kapni, ezért a mintavételt célszerű a sodorvonal (lásd Fogalomtár, [149. oldal](#)) mentén végezni. Sodorvonalból történő mintavételhez szükséges egy csónak vagy hajó. Amennyiben a csónakból/hajóról nem érhető el biztonságosan a vízfelszín, úgy egy vödörrel (amelyet célszerű erős kötéllel a hajóhoz rögzíteni) könnyedén lehet vizet méríteni. Ebben az esetben a vödört először 2-3 alkalommal át kell öblíteni a mintázandó vízzel. Az öblítésre elhasznált vizet úgy kell kiönteni, hogy a mintavétel során ne juthasson vissza a mintába. Abban az esetben, ha a mintavétel vödörrel történik, és a víz hőmérsékletét is meg kell határozni, azonnal el kell végezni a mérést, mielőtt a léghőmérséklet megzavarná az eredményt. Ha a folyón átível egy híd, a hídról kötél segítségével leengedve egy vödört, a víz mintázása szintén elvégezhető. Az alkalmazott eszközök (pl. vödör, csövek, szivattyú, mintatároló palack stb.) anyagát minden esetben úgy kell megválasztani, hogy azok ne zavarhassák a mintából később elvégzendő mérést (pl. fémek méréséhez kizárólag fémmentes műanyag, például teflon eszközöket szabad használni).

Gyors folyású (turbulens), átmozgatott folyók esetén, ha a sodorvonalból körülményes a mintavétel, a folyó partjáról is lehet mintát venni, előbb azonban meg kell győződni arról, hogy valóban megfelelően átmozgatott-e a partközeli régió is. Ebben az esetben a szervesanyag- és a lebegőanyag-tartalom valószínűleg nagyobb koncentrációban lesz jelen, mint a sodorvonalból származó minták esetén. Ilyenkor legalább 1 méteres víztest alól javasolt a mintát gyűjteni.

A mintavétel minden esetben (sodorvonal és partközeli régió) folyásiránnyal szemben történjen. Az egymást követő mintavételek során a folyón felfelé kell haladni, hogy az egyes mintavételi pontok közötti zavarást csökkenteni lehessen.

2.4.4. Felszín alatti vízmintavétel

A felszín alatti víz mintavétele általában megfigyelőkútból (lásd Fogalomtár, [147. oldal](#)) történik. A megfigyelőkutakat mintavételezés előtt tisztítószivattyúzással meg kell szabadítani a pangó víztől, és csak ezután szabad mintát venni. Ehhez ki kell termelni a kútban lévő víztér-fogat háromszorosát ($3V$). Első lépésben meg kell határozni a kútban lévő vízoszlop magasságát (h [m]), illetve a kút belső átmérőjét (D [cm]). Ezeknek az adatoknak a segítségével kell kiszámítani a kiszivattyúzandó víztér-fogatot: $3V = D^2 \cdot \pi \cdot h \cdot 0,24$.

Ásott kút esetén, ahol a vízkivétel vödörrel történik, szintén törekedni kell a 3-szoros víztér-fogat kitermelésére. Felszín alatti víz környezettudományi célú mintázása esetén fontos a mintavételhez használt szivattyú típusa, amit az 2.1. táblázat összesít:

Szivattyú típusa	Felszín alatti víz paramétereit [✓ - megfelelő, (✓) - korlátozottan alkalmas, - - nem alkalmas]												
	Elektromos vezetőképesség	pH	Alkalinitás	Redox potenciál (Eh)	Fő ionok	Nyomelemnyi fémek	Nitrátok	Oldott gázok	Nem illékony szerves vegyületek	Illékony szerves vegyületek	Teljes szerves széntartalom	Teljes szerves halogéntartalom	Mikrobiológia
Mélyégi mintázó – nyitott bailer	✓	–	✓	–	✓	✓	✓	–	✓	–	✓	–	✓
Diszkrét mélyégi mintázó – zárt bailer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Inerciós pumpa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	–	✓
Hólyagos pumpa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vivőgáz pumpa	✓	–	–	–	✓	✓	✓	–	✓	–	–	–	–
Gázemelésű pumpa	✓	–	–	–	✓	✓	✓	–	–	–	–	–	–
Lapátos merülőszivattyú	✓	✓	(✓)	(✓)	✓	✓	✓	(✓)	✓	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
Szakaszos (felszíni) pumpa	✓	–	✓	–	✓	✓	✓	–	✓	–	–	–	✓

2.1. táblázat. Különböző pumpák segítségével nyert vízminták mérhető paramétereit

2.4.5. Hálózati víz mintavétele

Hálózati víz mintavétele során a vízcsapot legalább 5 percig folyamatosan folytatni kell. Ezután a csap elzárása, vagy a víz áramlási sebességének módosítása nélkül kell venni a mintákat. Az elzárás-kinyitás műveletével, vagy az áramlási sebesség módosításával a csőhálózat belső faláról könnyebben bemosódhatnak szennyeződések, amelyek a vízmintákat elszennyezhetik. A mintavételi eszközöket a következőkben ismertetett vizsgálatok céljai szerint kell megválasztani.

2.4.6. Mintavételi módszerek

Az alábbiakban olyan stabil és radioaktív izotópok, illetve vegyületek vízmintavételi módszerei szerepelnek, amelyek a környezettudományi kutatások során nyomjelzőként használhatók.

Deutérium- (δD) és oxigénizotóp ($\delta^{18}O$)

A mintavételhez buborékmentesen meg kell tölteni egy kis méretű, de legalább 20 ml-es üveg- vagy polietilén palackot vízzel, amit kupakkal le kell zárni. A minták mérését megghamisítja, ha a minta párolog. Ennek megelőzése érdekében a mintákat hűtőszekrényben kell tárolni, és ajánlott dupla vagy kónuszos (lásd Fogalomtár, 147. oldal) kupakot használni. Szűrés vagy tartósítás nem szükséges.

Nitrogén ($\delta^{15}\text{N}$) és oxigén ($\delta^{18}\text{O}$) oldott nitrátból (NO^{3+})

A nitrátból történő izotópösszetételek meghatározásához 125 ml-es, borostyán színű HDPE (lásd *Fogalomtár*, 146. oldal) palackot kell használni. A palack feltöltése előtt a vizet át kell szűrni 0,45 μm -es pórusméretű szűrőn. A palackot le kell zárni jól záródó kupakkal, majd lefagyasztani vagy 4 °C alatt tárolni, hogy a biológiai aktivitás minimális legyen.

Nitrogén ($\delta^{15}\text{N}$) ammóniumból (NH_4^+)

Az ammónium koncentrációjától függően legfeljebb 1 literes HDPE-palackba kell mintát venni. A palack feltöltése előtt a vizet át kell szűrni 0,45 μm -es pórusméretű szűrőn. Ezt követően a mintát tartósítani kell annyi ammóniummentes H_2SO_4 -oldattal, amennyi $\text{pH} \leq 2$ eléréséhez szükséges. A jól záródó kupakkal lezárt palackot 4 °C-on kell tárolni.

Trícium (T vagy ^3H)

Trícium méréséhez történő mintavétel végzésekor meg kell tölteni egy 0,5-1 literes üveg vagy polietilén palackot vízzel, majd kupakkal körültekintően lezárni. Szűrés vagy tartósítás nem szükséges.

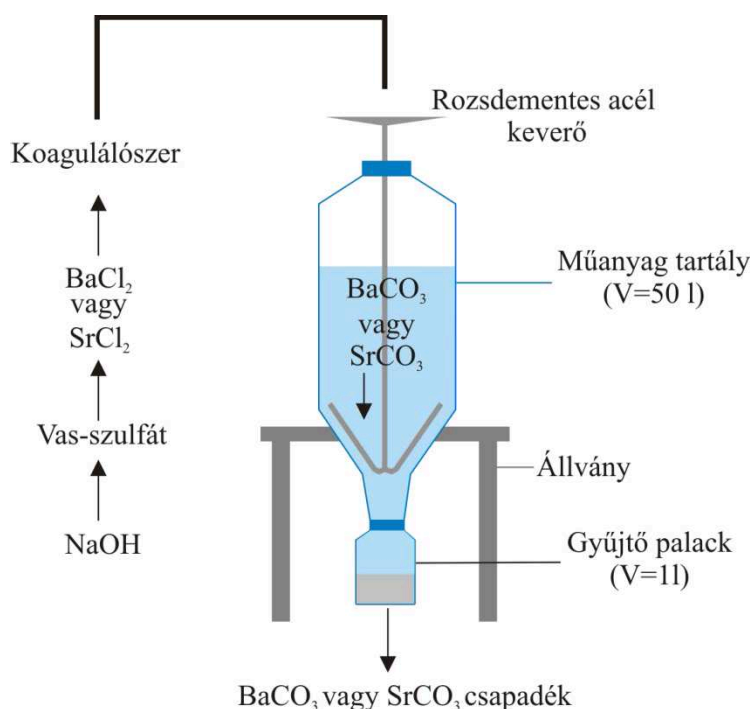
Szén ($\delta^{13}\text{C}$) és radiokarbon (^{14}C)

^{13}C és ^{14}C vizsgálathoz egyaránt körülbelül 2,5 g szénre van szükség. Ilyen mennyiségű széntartalom az alkalinitástól függően kb. 40-60 l vízmennyiségben van. Annak érdekében, hogy ilyen nagy vízmennyiséget ne kelljen a laboratóriumba szállítani, a szerveszénből nagy pH-n csapadékot kell képezni, amelyen a későbbi elemzés elvégezhető.

A terepi munkához szükség van egy 50 l-es tartályra, amelynek az aljára egy 1 literes gyűjtőpalack csatlakoztatható. A tartályhoz rozsdamentes acélból készült keverőlapát tartozik, amelynek vége dugóval van ellátva (2.28. ábra).

Az 50 literes tartályt egy állványra kell állítani, és rácsavarni az aljára az 1 literes palackot (a palack belső átlátszó záró fedelét is el kell távolítani). A rendszert (50 + 1 literes tartály) ekkor teljesen fel kell tölteni vízzel. Ezt követően a tetőbe kell helyezni a rozsdamentes acélból készült keverőlapátot, majd rácsavarni a tartályra. A pH-t 11-re kell emelni, aminek eléréséhez kb. 50 ml karbonátmentes nátrium-hidroxidot kell adni a vízhez (ellenőrzés szükséges pH-papírral vagy pH-mérővel). Ezután a tartály tetejét már nem szabad levenni, hogy a légköri CO_2 ne oldódhasson bele a mintába. Folyamatos keverés közben 5 g vas-szulfátot (az oldott karbonát csapadékként való kiválását segíti elő), majd 150 g BaCl_2 -ot vagy SrCl_2 -ot (hatására a karbonát finom fehér csapadékként kiválik) kell adagolni. Annak ellenőrzésére, hogy az összes karbonát kivált-e, 25-30 g szilárd por kloridot (BaCl_2 vagy SrCl_2) kell adni a mintához annak keverése nélkül. Ha a vízminta zavarossá válik, akkor a teljes kicsapathoz további szilárd kloridot vagy nátrium-hidroxidot kell keverni a tartályba. Végül 40 ml koaguláló szerrel (lásd *Fogalomtár*, 147. oldal) gyorsítható a csapadék leülepedése.

Miután a csapadék teljesen leülepszik és megtölti az alul csatlakoztatott 1 literes palackot, a tartályra illesztett keverőlapát végén található dugóval le kell zárni a tartályt. Ezután óvatosan le kell csavarni az alsó 1 literes gyűjtőpalackot, majd azonnal lezárni a kupakkal (így csökkentve a légköri CO_2 -dal való érintkezést). Nagy mennyiségű csapadék esetén újabb 1 literes palack megtöltése is szükséges lehet. Ez esetben alulra új palackot kell felcsavarni, a tartály dugóját el kell távolítani, majd a csapadék 1 literes palackba történő leülepedése után a fentiek szerint eljárni.



2.28. ábra. Mintavétel vázlatja szén- és radiokarbon-izotóphoz

$\delta^{13}\text{C}$ AMS (lásd Fogalomtár, [145. oldal](#)) műszerrel történő méréséhez 250 ml és 1 liter közötti vízmennyiséget kell gyűjteni jól záródó, nagy sűrűségű műanyag vagy sötét színű üvegpalackba. Ha több mint 1 hétig kell tárolni a mintát mérés előtt, akkor NaN_3 - vagy HgCl_2 -oldatot kell hozzáadni, hogy a biológiai aktivitás a lehető legkisebb legyen. Általában 5-10 mg karbonát szükséges a méréshez.

^{14}C AMS-sel történő méréséhez 2 mg karbonátra van szükség, ami nagyjából 200 ml vízből kivonható. Tartósítás céljából 10 csepp I_2 -KI-oldatot kell üvegből készült palackba tölteni, majd a palackot lehetőleg buborékmentesen kell megtölteni. Ha I_2 -KI-oldat nem áll rendelkezésre, akkor a tartósítás lehetséges 100 ml-enként 2-3 csepp HgCl_2 -oldattal is.

Halogénezett szénhidrogének (CFC)

A CFC méréshez felhasznált minták vételéhez általában két vagy három párhuzamos mintát kell gyűjteni borostyán színű üvegpalackba, amit speciális alumínium kupakkal kell ellátni. A több, azonos mintára azért van szükség, mert a mintavétel nagy körütekintést igényel. Első lépésként egy műanyag cső végére egy fémcsövet kell csatlakoztatni, ami a borostyán üvegpalack száján befér. A fémcsövet folyamatos vízáram mellett ütögetni kell addig, amíg nem marad levegőbuborék a cső belső falán. A mintavételhez használhatók a nemesgáz-mintavétel esetében (pl. Rn) leírt eszközök. A rézcső segítségével először a CFC-vizsgálathoz kell venni a mintát, valamint szükség esetén SF_6 -vizsgálathoz. Végül a nemesgáz mintavételnél leírtak szerint kell eljárni.

Mintavételekor meg kell tölteni egy fémkonténert (konzervdobozhoz hasonló, jól záródó tartó doboz), és folyamatosan beleengedni a vizet, hagyva, hogy túlfolyjon a konténerből. Ebbe kell meríteni a borostyán színű üvegpalackot. A fémcső végét a borostyán színű palack belsejébe tenni és ott tartani 10–15 percig, hogy a palack és a konténer is folyamatosan átöblítődjön. Ezután lehet (a víz felszíne alatt) lezárni a borostyán színű üvegpalackot az alumínium kupakkal, ügyelve arra, hogy levegőbuborék ne kerüljön a mintába. A fémkonténert is le kell

zárni úgy, hogy mind a borostyán színű palack, mind a palack körüli víz benne maradjon. Ezzel dupla védelmet lehet biztosítani a mintának. A nagyobb biztonság érdekében érdemes a műveletet egy tiszta vödörben végezni, amin szintén túlfolyik a víz. Ez természetesen nagy kapacitású szivattyú mellett biztosítja csak a tökéletes átöblítődést. Utóbbi esetben a fémkonténert a vödör vízben kell lezárni, így biztosan nem lesz még abban sem levegőbuborék.

Kén-hexafluorid (SF₆)

A kén-hexafluorid vizsgálatához 1 literes üvegpalackba kell a mintát venni. A mintavételhez egy csőbe kell belevezetni a vizet (pl. a nemesgáz-mintavételhez használt rézcső segítségével), majd a csövet a palack aljába kell helyezni. A palackot az aljától kezdve kell folyamatosan megtölteni, ami megakadályozza a levegőbuborékok esetleges csapdázódását. Amikor a palack megtelt, legalább 2 liter erejéig hagyni kell túlfolyni a vizet, majd ki kell emelni a csövet, és csak ezután elzárni a csőben a vízáramot. A palackot jól záródó kupakkal kell lezárni úgy, hogy levegő buborék ne maradjon benne. A minták sötét, hűvös helyen legfeljebb 3 hónapig tárolhatók.

Nemesgáz (³He/⁴He)/Trícium–Hélium (³H/³He)

A méréshez rézcsőre van szükség, amelybe legalább 40 ml vizet lehet egy erre kialakított szorító szerkezettel bezárni. Különösen fontos ebben az esetben is, hogy ne maradjon levegőbuborék a rézcsőben, ezért ajánlott átlátszó csőbe pumpálni a mintázandó vizet. Az átlátszó csövet csatlakoztatni kell a rézcsőhöz, és folyamatos vízáram mellett 45°-os szögben tartva kell ütögetni azért, hogy ne maradjon levegőbuborék a rézcső belső falára tapadva, és tökéletesen átöblítődjön. Amennyiben ezzel a felszereléssel szükséges CFC és/vagy SF₆ mintát is venni, először az ott leírtak szerint kell eljárni, és csak azután folytathatók az itt következő műveletek. Folyamatos vízáram mellett a rézcsövet továbbra is 45°-os szögben tartva kell lezárni a rézcső kifolyó oldalát a szerkezet segítségével. Csavarkulccsal erősen rá kell csavarni a szorító lemezt mindaddig, amíg víz már nem folyik ki rajta, és a rézcső vége láthatóan teljesen összesimult (vigyázva, mert a túlságosan összeszorult cső eltörhet, így a minta levegőt kap). Második lépésként le kell zárni a rézcsőnek azt a végét, ahol a víz beáramlik (átlátszó cső felőli vég). Teljes lezárás után lehet levenni az átlátszó műanyag csövet a rézcső végéről. A mintavételhez a fenti táblázatban foglaltak mellett nem használható perisztaltikus pumpa sem, mert akkor sem lesz levegőmentes a minta.

Radioaktív klór (radioaktív ³⁶Cl)

A klórizotóp-összetétel meghatározásához mérőműszertől függően 10–20 mg klórra van szükség. Ehhez a mennyiséghez természetes vizek esetében 1 literes polietilén vagy üvegpalackot kell megtölteni vízzel, majd buborékmentesen lezárni azt.

Kén (δ³⁴S)

Kénizotóp-összetétel meghatározásához körülbelül 100 mg kénre van szükség. Ennek eléréséhez 1 literes üveg- vagy polietilén palackba kell venni mintát. A mintavétel során BaSO₄ formájában ki kell csapatni a szulfátot (lásd szén és radiokarbon módszer). Ha szulfid is jelen van a vízben, akkor kadmium-acetátot kell adni a mintához, megakadályozva annak (oxidatív körülmények közötti) szulfáttá alakulását.

Radon (Rn – forrásvizek esetén)

A radon vízben oldódik, ezért olyan forrásvizeket, amelyek pl. nagy rádiumtartalmú kőzeten folynak keresztül, nagy oldott radontartalom jellemezhet. A vízminták oldott radontartalma több módon határozható meg, ezek közül legelterjedtebbek a kibuborékolatós

módszer és a folyadékszintillációs spektrometria. A környezettudományi alkalmazásokban az utóbbi elterjedtebb. A vízmintát mindig a felszínre jutáshoz legközelebbi ponton (kilépés) kell venni: egy fecskendőt a vízbe kell meríteni úgy, hogy a minta ne érintkezzen a levegővel. A fecskendőt teljesen meg kell tölteni vízzel, majd a végét parafilmmel le kell zárni, majd tárolásra hűtőszekrénybe rakni.

Oldott szén-dioxid mintavételezése

Vízből történő oldottgáz-mintavétel során egy nagyobb edénybe (pl. vödör) kell kivenni legalább 3 liternyi vizet. Egy fecskendőt többször átöblítve, buborékmentesen kell megtölteni a mintázandó vízzel. A fecskendő nyomásának csökkentésével (az elejét befogva és úgy visszahúzva) elérhető, hogy a gáz buborékok formájában elkülönüljön a víztől, ami lehetőségessé teszi a gyors, helyszíni mérést. Laboratóriumi elemzés esetén a fent leírt módon nyert gázt (víz alatt) egy gázmintatartóba lehet juttatni, így a minta levegővel való keveredése, elszennyződése és elszökése a legtöbb esetben megakadályozható.

Mindkét eljárás esetén a meghatározó jelenség a szén-dioxid vízben való oldhatóságának nyomásfüggése: az első módszer esetében a nyomás csökkentése miatt különül el a szén-dioxid önálló (gáz) fázisba (hasonlóan pl. az ásványvizes palack hirtelen kinyitásához); a második esetben pedig állandó nyomás tartásával, és a palack teletöltésével akadályozható meg a gáz fázis képződése, így tartható oldatban a szén-dioxid. Emellett érdemes megjegyezni, hogy a gázok oldhatóságát a hőmérséklet is befolyásolja, ezért is kell a mintákat hűtve/fagyasztva tárolni.

2.4.7. Folyóvízi üledékek mintavétele

Általános bevezető

A felszíni vizek és a lepusztult üledékek a különböző szennyezőanyagok mobilizációjában és szállítódásában töltenek be fontos szerepet. A bányászat és a különböző ipari tevékenységek következtében az elmúlt két évszázadban jelentősen megnőtt a nehézfémekkel és egyéb komponensekkel szennyezett folyóvizek és medrek száma, ami jelentős hatással lehet az ökoszisztémára, ezért különös fontosságú a folyóvízi üledékek mintavétele.

Az aktív folyóvízi üledéknek jól kell reprezentálnia a folyómeder finom és közepes szemcsefrakciójú anyagát (agyag, aleurit, homok), amelyet a folyóvíz szállított. A folyóvízi üledékben található nyomelemekkel foglalkozó tanulmányok általában arról számolnak be, hogy a Mo, Cu, Zn, Mn és Fe elsősorban az üledék legfinomabb frakciójában dúsul. A legtöbb folyóvízi üledékkel kapcsolatos vizsgálat ezért elsősorban a < 0,200 mm-es frakció mintázásán alapul. Angliai tanulmányok alapján a folyóvízi üledékek finom szemcseméret-frakciójának száraz szitálással történő kinyerése nem tekinthető kvantitatívnak, mert a kisebb részecskék összeállnak nagyobbakká, így azok nem jutnak át a szitán. Előállhatnak azonban olyan esetek is, amikor csak száraz szitálással nyert szemcsefrakció áll rendelkezésre (például időszakosan kiszáradt medrek esetén). A nedves szitálással begyűjtött üledékek azonban a nemzetközi szabványoknak megfelelően is elfogadottak (IGCP 259/360 és FOREGS). A mintavétel során a szennyezések elkerülése végett elengedhetetlen a következő szabályok betartása, és az alábbi eszközök alkalmazása:

- 1) Nem szabad ékszereket és kevésbé ellenálló (pl. orvosi) ruhát viselni a mintavétel alatt. Ha valaki mégis orvosi ruhában végzi a mintavételt, akkor elengedhetetlen feltétel az ellenálló anyagból készült gumikesztyű használata a minták elszennyzésének megakadályozása érdekében.
- 2) Fémmentes polietilén, kerámia- vagy festékmentes fa ásó/merítőkanál használata szükséges.

- 3) Fémmentes nejlón szitaháló (fa- vagy fémmentes műanyag kerettel) használata szükséges.
 4) Fémmentes tölcser és mintatároló szükséges a mintázáshoz.

Ha a fémmentes eszközök használata (pl. ásó, szita, keret) nem lehetséges, akkor azok festékmentes acél eszközzel kiválthatók. Alumínium és bronz eszközök használata szintén nem ajánlott.

Ha egy nagyobb rendű folyó egy kisebb rendűvel folyik össze, akkor a mintavételi helyet célszerű az egybefolyás felett (illetve előtt) kijelölni annak érdekében, hogy elkerülhető legyen az olyan üledékek megmintázása, amelyek a két folyó anyagának keveredése révén jöttek létre (akár áradások során).

2.4.7.2. Folyóvízi üledékminták gyűjtése

Minden folyóvízi üledékminta 5–10 almintából áll. Az alminták együttese az adott 250–500 m hosszú folyószakaszt reprezentáló mintavételi szakaszra jellemző, összekevert („kompozit”) minta. A víz és üledék mintavételezése előtt fontos alaposan megvizsgálni az érintett szakaszt, így elkerülve a lehetséges lokális zavaró hatásokat (pl. ipari szennyezők, vasút, szennyvíztelep jelenléte stb.), továbbá így egyszerűen kiválasztható az 5–10 megfelelő üledék-mintavételi pont is. A mintavételi helynek minimum 100 méterre kell lennie az utaktól és településektől. A folyóvízi üledékmintavételt a vízmintavétellel kell kezdeni, majd a többi almintát a folyással ellentétes irányban, „felfelé” haladva kell begyűjteni. A kompozit mintát nem szabad különböző folyómedrekből származó almintákból összekeverni.

A nemzetközi mintavételi stratégiák alapján egy egész országra kiterjedő üledékmintavétel esetén egy (vagy esetleg néhány) esetben egy területről duplikált mintát (lásd *Fogalomtár*, 146. oldal) is kell gyűjteni, amely egy minimum 0,5 kg száraz tömegű, < 0,150 mm szemcseméretű minta. Minden más vízgyűjtő területről is legalább 0,5 kg száraz tömegű és < 0,150 mm-es szemcseátmérőjű anyag szükséges.

2.4.7.3. A szervesetlen komponensek mintavételéhez szükséges eszközök

- ellenálló papírzacskók
- polietilén zacskók
- ellenálló, könyékig érő gumikesztyűk
- fémmentes polietilén tölcser
- szita szett: 2 db (lehetőleg fa, vagy műanyag kerettel), ami tartalmaz 2 mm és 0,150 mm szemcseátmérőjű nylon rostát
- fémmentes műanyag vödör
- fémmentes műanyag rekeszek
- fémmentes műanyag vödör, vagy fedeles mintatároló
- fémmentes árokászó eszköz (polietilén PE, vagy polipropilén PP)
- alkoholos (vízzel nem lemosható) filctoll (lehetőleg fekete vagy kék)
- térképek (ajánlott skála 1:50 000)
- véső és geológiai kalapács a száraz területeken (pl. mediterrán országok estében)
- sörtés kefe (száraz üledékminták esetében)

Szerves eredetű komponensek vizsgálatára irányuló mintavétel során nem lehet alkalmazni műanyag eszközöket; ugyanakkor a fém felszerelés itt jól használható. Tehát minden esetben a mintavételi eszközöket a mintázandó közegehez és az elvégzendő feladathoz kell igazítani.

2.4.7.4. Mintavételezési eljárás

Jelölni kell alkoholos filctollal a minta azonosítókódját a műanyag zacskón. Be kell jelölni a terepi térképen az alminták mintavételi pontjait kis vonalak segítségével, amelyek merőlegesek a vízfolyásra. Ki kell tölteni a terepi adatlapot, amely magában foglal minden fontos információt (minta száma, dátum, mintavételi hely koordinátái és magassága, mintavételi hely környezetének leírása, alminták száma, vízkémiai adatok, stb.).

Mintavételezés és nedves szitálás

Ha a megfelelő mintavételi hely kiválasztása megtörtént, ki kell jelölni alkoholos filctollal az első és utolsó mintavételi pontot a terepi térképen egy kis vonallal, amely merőleges az áramlási irányra. Jelölni kell a mintaszámot is a mintavételi hely mellett, majd ki kell tölteni a terepi jegyzőkönyvet. A mintagyűjtő vödörre és az azt lezáró kupakra alkoholos filctollal fel kell írni a mintaszámot. Gumikesztyű használata a teljes mintavétel ideje alatt kötelező. A vízmintavételhez hasonlóan a folyóvízi üledék esetében is szükséges folyóvízzel átmosni az összes mintavételi eszközt. Nedves szitálás elvégzése ajánlott minden olyan esetben, ahol az kivitelezhető. Ha nem lehetséges folyóvízi üledék nedves szitálása a helyszínen, akkor a begyűjtött üledékmintát szárazon kell szitálni.

A mintavétel pontos módja:

- A szitáló berendezés alját egy jól meghatározott, stabil helyre kell elhelyezni (mivel a mintagyűjtés kb. 5-10 helyről zajlik (alminták), ezért célszerű a 250–500 méteres szakasz közepén elhelyezni).
- A 0,150 mm-es szemcseátmérőjű nejlonszitát a mintavevő berendezés aljára kell rátenni, a 2 mm-es szitát pedig a 0,150 mm-es fölé kell helyezni.
- A különböző szitákat pontosan a tartóra kell illeszteni az üledékszemcsék esetleges kiesésének elkerülése végett.
- Olyan terepen, ahol a partfal anyaga (pl. löszfal) az áramlásba kerülhet, fontos az üledékmintát az áramlás középvonalához lehető legközelebb eső pontból vételezni, hogy a mintába ne kerüljenek partról becsúszó anyagok.
- A kis esésű (pl. alsó szakasz jellegű folyók) területeken, az aktív üledék az áramlás közepén homokban dúsulhat, míg az agyagra és finom részecskékre nézve szegényedhet. Ebben az esetben az áramlás peremére rakódott, (a különböző áradási események miatt is) finomabb szemcsés anyagok geokémiai térképezés szempontjából sokkal reprezentatívabban, így ilyen célú vizsgálatok során ezek mintázására kell törekedni.
- 5-10 ponton egy arra alkalmas, megfelelő anyagból készült eszközzel (pl. mintavevő lapát) egyenlő mennyiségeket kell venni a minden szemcseméretet tartalmazó, természetes üledékből, majd vödörbe tenni, ügyelve a felesleges víz bejutásának elkerülésére.
- Elegendő mintát kell venni ahhoz, hogy a száraz tömegre vonatkoztatott 0,5 kg-nyi 0,150 milliméternél kisebb szemcseméretű frakció biztosan leválasztható legyen az alminták egyesítésekor. A finomszemcsés frakció mennyisége nagyban függ az adott hely geológiai és geomorfológiai adottságaitól.
- Ezt követően egy vödörben, keverőpálcával össze kell keverni az egyes vödrökben lévő durvaszemcsés („nyers”) mintákat, majd az így létrejött kompozit mintát a szitálás helyére kell vinni.
- A kompozit mintát a felső szitába kell tölteni egy lapát segítségével. Ha egy vödörnyinél több minta van, akkor minden vödörből ugyanannyit kell tenni a szitába.
- A szitálandó anyagot (gumikesztyű viselésével) át kell dörzsölni a felső szitán.

- A nagyobb (több cm-es) kőzetdarabokat kézzel el kell távolítani.
- Ha már elegendő mennyiségű anyagot tartalmaz az alsó szita (< 2 mm), akkor el lehet távolítani a felső szitát és kiönteni a 2 mm-nél nagyobb szemcseméretű, a mintavételezés szempontjából legtöbbször szükségtelen anyagot.
- A megmaradt, 2 mm-nél kisebb anyagot dörzsöléssel és rázással kell átjuttatni a 0,150 mm-es szitán, vízzel való mosás közben.
- A szitalás e fázisában különösen fontos elkerülni, hogy a durva szemcsék is a gyűjtővödörbe jussanak. Ez elkerülhető az alsó szita külsejének rázás előtti óvatos lemosásával.
- Azért, hogy a minta nyomelemekben dúsuljon, fontos a lehető legtöbb < 0,150 mm-es frakciójú szemcse begyűjtése, ezért csak kis mennyiségű vizet érdemes használni az alsó szita átmosásához, és a vizet a gyűjtővödörben kell tartani, amíg a minta ki nem ülepedik.
- A mintát addig kell vízzel mosni és rázni, amíg minden finomszemcsés anyag át nem jut a szitán.
- Az egész folyamatot addig kell ismételni, amíg a 0,5 kg-ot el nem éri a gyűjtővödörben lévő finomszemcsés anyag (száraz) tömege.
- Ha elegendő üledék gyűlt össze, a vödört kupakkal lezárva óvatosan a terepi bázisra kell szállítani (ha van rá mód), és egy helyben minimum 45 percig állni hagyni, annak érdekében, hogy minden szuszpendált anyag kiülepedjen, és tiszta víz maradjon a minta felett.
- Ha a szuszpendált anyag leülepedett, a felesleges vizet (üledéket nem!) le kell önteni a minta tetejéről.
- Szükség esetén érdemes mintát venni az oldatból is, hiszen a minta eredeti körülményeihez képest a felszíni állásakor változások (pl. pH, redoxpotenciál) következnek be, amelyek mobilizálhatják a minta egyes komponenseit.
- A megmaradt szedimentet homogenizálni kell műanyag pálca, ill. rúd segítségével, mielőtt a mintavételi zacskóba kerülne.
- Alkoholos filctollat használva fel kell írni a mintaszámot egy ~10 x 20 cm-es erős papírzacskóra, ebben kerül majd a leszitált és kiülepitett minta. A megfelelő (méretű, felületű, ill. áteresztőképességű) zacskó segíti a minta kiszáradását.
- Minden egyes mintavételi helyen fel kell jegyezni az összegyűlt mintavételi zacskók számát a terepi jegyzőkönyvben és a térképen.
- A homogenizált mintát a papírzacskóba kell tölteni, tiszta műanyag tölsér segítségével.
- A papírzacskót a terepi bázis közelében szárítani kell annyi ideig, ameddig csak lehet.
- Szállításhoz a kiszáradt papírzacskókat ~15 x 40 cm-es polietilén (PE) zacskókba kell zárni (egy csomóval a tetején), a mintavesztés és a szennyezések elkerülése érdekében.
- A mintákat egyenesen, állítva érdemes egy mintatartó vödörbe helyezni, és óvatosan szállítani.
- A bázison vagy a laboratóriumban a mintákat teljesen ki kell szárítani < 40 °C-on. A leginkább javallott eljárás a fagyasztva szárítás, mivel ez a módszer egyúttal segíti a mintát dezaggregálni is. A folyamat végén a szárított mintákon különböző laboratóriumi (fizikai és kémiai, szemcseméret-eloszlás, nehézasvány stb.) vizsgálatok végezhetők.
- - A munka végeztével minden mintavételi eszközt alaposan meg kell tisztítani (elsősorban bő vízzel) az egyes mintavételi helyek közti szennyezések megakadályozása érdekében.

Mintavétel és száraz szitalás

A száraz szitalás esetében a mintavételi helyek kiválasztása, a megfelelő dokumentáció és a megfelelő öltözék előírásai megegyeznek a nedves szitalás kapcsán már említett eljárással.

Amennyiben azonban nem áll rendelkezésre elegendő víz az üledékminta < 150 mm-es frakciójának nedves szitálásához (pl. kiszáradt folyómeder), száraz szitálást kell alkalmazni. Ekkor nagy mennyiségű kompozit minta szükséges, mintegy 5-10 pontról egy 250-500 méteres szakasról. A kompozit mintának (amely a nagyobb, pl. kavicsdaraboktól mentes) a totál szárazanyagra vonatkoztatott tömege kb. 5 kg kell legyen annak érdekében, hogy biztosítani lehessen a < 150mm-es szemcseméret-tartományú, ~500 gramm tömegű anyagot, amelyet a laboratóriumban nedves szitálás után különböző fizikai és analitikai vizsgálatoknak lehet alávetni.

A korábbiaknál finomabb szemcsefrakciójú anyagot lehetőség szerint az üledék felső rétegéből, az áramlás sodorvonalából érdemes gyűjteni. Ekkor óvatosan kell megmintázni az üledéket ügyelve arra, hogy minél kevesebb szerves anyag kerüljön a mintába, és hogy elkerülhetők legyenek a redukált anyagokat tartalmazó (általában sötét színű és kellemetlen szagú) részek, amelyek a mélyebben fekvő rétegekben vannak jelen. Ha keskeny folyószakaszban veszünk mintát, itt is ügyelni kell arra, hogy ne kerüljön a partról származó anyag a mintába.

Más vizsgálatokhoz a kőzetdarabok és egyéb durva szemcsenagyságú anyagok eltávolítása elérhető egy 5 mm-es nejlonszita alkalmazásával. Ekkor is azonos mennyiséget kell gyűjteni az 5-10 mintavételi helyről. A 2 mm szemcseátmérőjű szita közvetlen alkalmazása nem ajánlott a száraz szitáláshoz, mert túl kicsi a szita résátmérője az agyag agglomerátumok szitálásához, valamint enyhén nedvesíti a mintát.

A szállításhoz a finom szemcseméretű mintát a mintavételi zacskóba kell helyezni, majd ezeket lezárva egy laza csomóval lekötött polietilén zacskóba kell tenni, elkerülve ezzel a szállítás közbeni kihullást és a szennyeződéseket.

Speciális esetnek mondható a kis, szezonális folyók üledékének mintavételezése. Itt néha több évig nem folyik víz a mederben, ezáltal a medret a part beeső, becsúszó darabjai és növények is boríthatják. Mindezeket a ráakódott anyagokat (becsúszó anyagok, növények) ásóval kell eltávolítani. A mintavételi gödröt a meder közepének környékén kell mélyíteni. Ezt követően a mintát a fent leírtaknak megfelelően kell kezelni.

2.4.7.5. Fényképes dokumentáció

Minden folyóvízi üledék mintavételi helyszínen készíteni kell minimum 2 fényképet. Az első képen az általános topográfiai viszonyok legyenek rajta, amit a legalsó mintavételi pontról a folyásnak felfelé kell tájolni, a másik fotó pedig a folyómeder természetét legjobban reprezentáló fotó legyen.

2.5. Salakok, pernyék és meddők mintavétele

2.5.1. Bevezetés és fogalmak

A különféle ipari folyamatok (pl. erőművi, bányászati, kohászati tevékenységek) során olyan melléktermékek is keletkeznek, amelyeket az ipar más folyamatai (pl. építőipar) másodnyersanyagként saját céljaira felhasznál, így az abban megtalálható komponensek (pl. nehézfémek, radioaktív elemek) olyan környezetben is előfordulhatnak, ahol egyébként nem kellene számolni a jelenlétükkel. Az ilyen rendkívüli előfordulások pedig veszélyeztethetik a környezetet és az emberi egészséget (pl. nehézfémek oldódása, kiporzás, radioaktivitás stb.) a talajba, a levegőbe vagy a felszíni és felszín alatti vizekbe kerülésükkel.

Korábbiakhoz hasonlóan a mintavételezés kivitelezéséhez döntő fontosságú a lehetőségekhez mérten legjobban ismerni a mintázandó közegre vonatkozó alapvető fogalmakat.

2.5.2. Fogalmak

2.5.2.1. Bányameddő (meddőanyag)

A (külfejtéses vagy mélyművelésű) bányászati tevékenység mellékterméke, amely bár természetes anyag, de már gazdaságosan kinyerhető mennyiségben nem tartalmazza azt az anyagot, amely okból a bányában a termelés történt vagy még folyik (pl. csökkent érc tartalmú kőzet, nem megfelelő minőségű építőkö, széntelepbe ékelődött agyagos-márgás kőzet az ún. közkö, stb.).

2.5.2.2. Meddőhányó

A bányából kiszállított vagy az előkészítőtűből (kikerült) kikerülő meddőanyag elhelyezésére szolgáló külszíni terület, illetve a meddőből kialakított halmaz.

2.5.2.3. Zagytározó

A zagy folyékony és szilárd halmazállapotú ipari melléktermékek keveréke (pl. vörösiszap, pernyezagy). A zagytározó ezeknek az ipari melléktermékeknek az elhelyezésére szolgál. Ezek a tározók – szemben a meddőkkel – más anyagokat (pl. savas vagy lúgos adalékok) is tartalmazhatnak.

2.5.2.4. Kohászati salakok

A salak (ipari kőzet) az ércek meddő alkotórészeinek, valamint fémolvadékokból eltávolítandó nem kívánatos elemeknek (Si, Al, Ca, Mg) folyékony halmazállapotban keletkező, majd megdermedő keveréke. Megkülönböztetünk vas- és színesfémkohászati salakokat.

2.5.2.5. Erőművi salak

Erőművi salaknak nevezzük a nyersszén éghetetlen ásványi anyagából a tüzelőtérben keletkezett maradékot (összetapadt szemcsék). A széntüzelésű erőművekben a maradékanyagok keletkezése döntően függ a tüzelőanyag összetételétől és az egyes tüzelő berendezések paramétereitől. A szénportüzelésű erőművek melléktermékei közül a salak durvább szerkezetű. A kémiai összetételt tekintve a szénporból származó SiO₂ 60-90 tömeg %-ban a salak alkotója lesz. A salakok szemcsenagysága tág mérettartományt fed le (50 µm-től akár több cm-ig).

2.5.2.6. Erőművi pernye

A szén elégetésekor keletkező, az elektrofilterekben vagy mechanikai porleválasztókban leválasztott, puccolános tulajdonságokkal, illetve puccolános aktivitással (lásd *Fogalomtár*, [148. oldal](#)) rendelkező porszerű, túlnyomóan amorf (üveges) maradék anyag. A pernye finom diszperz, általában a cementnél finomabb szemcseméretű anyag (közepes szemcsemérete általában 10-30 µm), amelynek szemcseeloszlása függ a tüzelőanyag tulajdonságaitól, őrlési finomságától és a porleválasztási rendszerek jellemzőitől. A szemcsék alakja általában gömbölyded.

2.5.3. A különböző anyagok környezeti hatásai

A 20. század közepéig fejlesztett, majd túlhajsztolt hazai nehézipar hatásai nem tűntek el nyomtalanul a hazai tájából. Az egykori bányák felhagyott és részben leművelt telepeivel, az erőművekből kikerülő hulladék (salak, pernye) hányóival, illetve a hajdani az ún. iparvárosok (pl. Dunaújváros, Salgótarján, Ózd, Almásfüzitő, Ajka, Komló) düledező, sok esetben életveszélyes ipari épületeivel lépten-nyomon találkozhatunk. A bányászati tevékenységnek és az

energiatermelésnek köszönhetően hazánkban is több százmillió köbméter nagyságrendben keletkeztek meddőhányók és zagytározók, amelyek felszámolása az ismert környezetvédelmi szempontok miatt feltétlenül megvalósítandó. Magyarországon a szén-, kő- és kavicsbányászat meddő mennyisége a legjelentősebb, de ércbányászati meddőhányók is nagy számban megtalálhatók (2.29. ábra).



2.29. ábra. Zagytározók tájrendezése a levegőből nézve, rekultiváció előtt (2001)
(a felvételt készítette: Gorjánác, Z.)

Az 1991. évi állapot szerint Magyarország területén öt-hatezer bányaojektum található, ezeknek mintegy 20%-a természetes módon „rekultiválódott”, azaz beerdősödött és belesimult a környezetbe, illetve program szerinti rekultiválása megtörtént (2.30. ábra) vagy folyamatban van.



2.30. ábra. Zagytározók tájrendezése a levegőből nézve, rekultiváció után (2003)
(a felvételt készítette: Gorjánác, Z.)

Magyarországon évente mintegy 4 millió tonna pernye és salak keletkezik, amelyből 3,5 millió tonna az elektrofilterekben leválasztott finom pernye. Környezetkárosító hatásuk alapján a kikerülő salak és pernye, illetve az ezeket koncentráló salakhányók jelentik a legnagyobb környezeti kockázatot. A tárolt hulladék amellest, hogy környezeti kockázatot jelent, értékes földterületeket von el a településektől és a mezőgazdaságtól. Ugyanakkor a hányók értékes építőipari nyersanyagforrások is, anyaguk hasznosításához tehát jelentős környezetvédelmi és nemzetgazdasági érdek is fűződik. Mind a salak, mind a pernye összetétele az adott tüzelőanyag (pl. szénfajta, hulladék, biomassza) jellegétől függ, ami jelentősen meghatározza hasznosíthatóságukat. Fontos megjegyezni továbbá, hogy az erőművi maradékanyagok a szén eredetének, összetételének függvényében kisebb-nagyobb mennyiségben tartalmazhatnak radioaktív izotópokat. Ezen anyagok építőanyagként való felhasználása növelheti a lakosság radioaktív sugárzásnak kitettségét. Hazánkban a szilárd tüzelőanyagok (feketeköszén, barnaszén, lignit) ma is fontos szerepet játszanak az energiatermelésben. A környezetvédelmi rendelkezések az erőművekből származó salakot és pernyét az ezredfordulóig a veszélyes hulladékok osztályába sorolták. A Környezetvédelmi Minisztérium 2/5/2000. számú 2000. február 6-i határozatában azonban – a keletkező salak-pernye hulladékot a Hulladékértékelő Bizottság 1/2000. számú állásfoglalása alapján – kivette az eddigi minősítés alól, és nem tekintette többé veszélyes hulladéknak. Ezzel a határozattal természetesen jelentősen lecsökkent ugyan a veszélyesnek minősített hulladékok mennyisége hazánkban, de az átsorolás magát a problémát nem szüntette meg, az ország területén felhalmozott erőművi salak és pernye mennyisége nem csökkent.

2.5.4. Mintavételi eljárások

A felsorolt melléktermékek lerakása szakirodalmi adatok alapján semmilyen szabályszerűséget nem követett, ezért a mintavételezés is viszonylag nagy szabadsággal végezhető. Fő szempont itt is a reprezentativitás követelményének való megfelelés.

A mintavételezési módszerek kiválasztása során a szemcsék, darabok méreteloszlása meghatározó. Például egy nagy szemcseméretű (kézi példány mérete felett) meddőhányóban a közzettani mintavételezés módszereit kell alkalmazni, viszont a finomszemcsés anyagok kapcsán az üledékek, illetve a talajok esetén leírt eljárásokat kell követni. A módszerek részletes leírása a jegyzet megfelelő fejezeteiben olvasható.

Hagyományos fűrésszel főleg a finomszemcsés anyagokat (pl. vörösiszap-kazetták) lehet megmintázni. A durvaszemcsés közegekben nem lehet fűrni, ezért ekkor érdemes spirális eljárással megkísérelni a mélységi mintavételt.

Fontos, hogy a minta előkészítése során az egy fűrásból vett, de makroszkópos tulajdonságaik (szín, szemcseméret stb.) alapján elkülönülő részeket külön mintának kell tekinteni.

A fűrás helyszínének pontos rögzítéséhez célszerű GPS-t alkalmazni. A környezettudomány szempontjából további, lényeges és komplex (az egyes rész tudományokon túlmutató) szempont a hányók és tároló közegek monitoring feladatainak ellátása. A szükséges mintavételezés során figyelembe kell venni valamennyi érintett környezeti szférát, együtt alkalmazva a jegyzet más fejezeteiben ismertetett módszereket (pl. felszín alatti víz, élővilág, kőzetek stb.). Az így kapott eredmények alapot adhatnak a rekultiváció megtervezéséhez, vagy a befejezett rekultiváció hosszú távú ellenőrzéséhez.

2.6. Urbán geokémia

2.6.1. Bevezetés

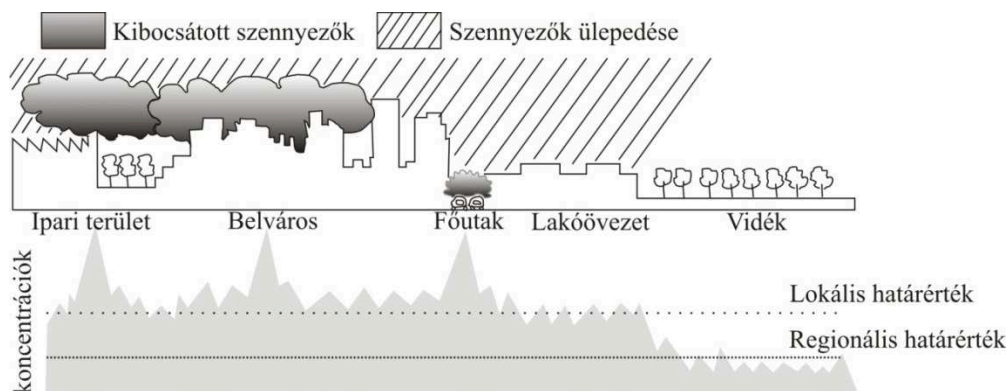
Az urbán (városi) geokémia témakörébe tartozik minden városi és a város vonzáskörzetébe tartozó folyamat, amely hatással lehet környezetünkre. A városi környezetet számos szennyező forrás (közlekedésből, iparból, hulladékégetésből származó melléktermékek, salak- és meddőhányók stb.) befolyásolhatja, ezért fontos ezeknek a területeknek a megismerése, állapotfelmérése, feltérképezése, és az ehhez szükséges mintavételezés. Manapság egyre inkább a környezetgeokémia középpontjába kerül ez a terület, hiszen a világ növekvő népességének egyre nagyobb hányada él városokban.

Az építkezések és ipari tevékenységek, a gépjárművek kibocsátásai és számos más faktor juttat a környezetbe szerves és szervetlen szennyezőket. A legveszélyesebb szervetlen szennyezők az As, Pb, Hg, Cd, Co, Ni, Cr és a platinacsoport elemei. Emberi léptékben a nehézfémek a legelterjedtebb szennyezők, amelyeknek gyűjtőhelye leginkább a talaj. Ezek közül az Pb kiemelkedő fontosságú, mert ubikviter (lásd Fogalomtár, [150. oldal](#)), és mert különösen a fiatal korosztály van kitéve az ólommérgezés veszélyének.

A városi talajok a műtrágyáktól kezdve a gépjárművek, valamint a különböző ipari tevékenységek által kibocsátott nehézfémeken át, a meddőhányók anyagaival is szennyezettek lehetnek. A nehézfémek koncentrációja az autópályák közelében a legnagyobb, ez az úttól való távolság és a mélység függvényében csökken.

Ezenkívül, a háztartások hulladékaiból, a műanyagok égetéséből, a fűtési és hűtési (hőtechnikai) rendszerek meghibásodásaiból, és az ipari folyamatokból származó szerves szennyezők, a poliklórozott bifenilek, policiklikus aromás szénhidrogének és a dioxinok is hozzájárulnak a városi környezet minőségének romlásához. A poliklórozott bifenilek az építőanyagokban (gipsz, festékek) is nagy koncentrációban jelenhetnek meg. A policiklikus aromás szénhidrogének szén- és faégetési folyamatok, dízelmotorok és koksztéglák (coke plants) használata során kerülnek a környezetbe. A hulladékok elhelyezése a kertekben, nyílt területeken, és nem ellenőrzött égetésük a fent leírtaknak megfelelően környezeti problémát jelent. A különböző eredetű háztartási porok belélegzése szintén káros hatást fejthet ki az egészségünkre. A meddőhányók is elsősorban a kiporzásuk révén befolyásolják a városi környezetet. Ilyenkor főként a várostól való távolságtól, a széliránytól és a tározó körüli domborzattól függően számos, a környezetre és az emberi egészségre káros anyag érheti a városi életteret.

A városi környezet szennyeződésének két fő forrása tehát a közlekedés, valamint az ipar (2.31. ábra). A különböző „hot spot”-ok (veszélyes pontok) közelében (pl. ipari területek, belváros, főutak mentén) általában megemelkedett toxikus elem-koncentrációkra lehet számítani. Ezek a területek olykor a városi (lokális) határértékeket is meghaladó mennyiségű szennyeződés lehet a levegőben, míg egy vidéki régióban a regionális határértékek lényegesen kisebbek.



2.31. ábra. A regionális és lokális határértékek alkalmazása egy városi környezetben.

A grafikon jól mutatja az antropogén források hatását a szennyezőanyagok eloszlására (de Vivo, B., Belkin, H. E. & Lima, A. (2008). *Environmental Geochemistry, Site Characterization, Data Analysis and Case Histories*, p. 448 alapján)

Azonban a városi környezetszennyezés elválaszthatatlan kapcsolatban van a geo- és bioszféra elszennyeződésével. A levegő, a talaj és a víz mintavételi módszereiről jelen jegyzet megfelelő fejezeteiben található bővebb leírás. A továbbiakban csak az ipar és a közlekedés hatásának a jellemzéséről lesz szó.

2.6.2. Az urbán geokémiai mintavételezésről

A terepi mintavételezés a többi területhez hasonlóan az urbán geokémiában is alapvető feladat, amely a későbbi munka eredményességét nagyban befolyásolja. Ugyanis a mintavételezés az analitikai mérések alapját képezi. Egy jól elvégzett mintavételezés a további mérések eredményességét segíti, míg a nem elég precíz körültekintéssel lebonyolított mintavétel a későbbi mérésekben hibás értékekhez, vagy a teljes mérés kivitelezésének kudarcához vezethet. Ezért fontos a terepi mintavételezést kellő alaposággal végrehajtani. A mintavétel során számos módosító tényezőre kell figyelni, amelyek befolyásolhatják a minta reprezentativitását. Végig kell gondolni, hogy mi a vizsgálat célja, ezt milyen eszközökkel lehet megtenni, miként tárolhatók a minták, stb. A terepi körülmények is nagyban befolyásolják a későbbi eredményeket, pl. nedves/száraz idő, szélvédett/szeles terület, napszak, évszak stb.

A városi geokémiában is figyelni kell a helyi uralkodó szélirányra, valamint különösen fontos követelmény a hely múltbeli ipari tevékenységének ismerete is: tisztában kell lenni azal, hogy a vizsgált területen mikor kezdődött és fejeződött be az egyes ipari ágazatok (pl. bányászat, erőművek és kohók, gyárak) működése, mikor váltottak technológiát, továbbá mikor és milyen ütemben épült ki az infrastruktúra, különös tekintettel az úthálózatra. Ezek ismeretében kell eldönteni azt, hogy a mintavételi sűrűség, a mintagyakoriság milyen legyen (pl. az ipari területen és/vagy az utak mentén sűríteni kell-e a mintavételt).

A városi geokémiában legtöbbször a talajból kell mintát venni, ennek is a felső 0-20 cm-es szakaszából, ugyanis ebben a részben akumulálódnak leginkább az antropogén eredetű szennyezők.

2.6.3. A mintavételezési eljárások kivitelezése

Az ipari tevékenységből származó hulladéknak 3 fajtája van: gázok, szennyvizek és szilárd hulladékok. Ezek megjelenhetnek egyidejűleg vagy külön-külön, az éppen működő ipari folyamattól függően.

A mintavételezés menete természetesen az egyes esetekben eltérő lehet, de egy általános folyamatsor a legtöbb ipari szennyezésre felállítható:

- a) a szennyezés természetének és kiterjedésének feltérképezése;
- b) a veszélyes pontok helyzetének azonosítása, és/vagy a szennyező csóvák körvonalazása;
- c) a szennyező anyagok mobilitásának felmérése;
- d) a környezet állapotának felmérése, vagy az egészségre gyakorolt hatásoknak a megfigyelése;
- e) annak megállapítása, hogy a küszöbértékek mikor érik el a nem kívánatos vagy veszélyes szintet.

2.6.3.1. Szisztematikus és rács szerinti mintavételezés

Egy jelenlegi vagy régebbi ipari terület felosztható szabályos földrajzi szélességű és hosszúságú mintavételezési területekre (rács szerinti mintavétel) vagy szabályos mélység/ide intervallumokra (szisztematikus mintavétel). Ebbe a szisztematikus mintavételezésbe tartozik bele egy szabályos időközönkénti vízmintavétel vagy térbeli elhelyezkedések becslése a mélység vagy az idő függvényében.

Az első mintavételezési pontot azonosítási pontnak szokás nevezni, és ehhez igazítva a további mintavételi helyeket rács mentén kell kijelölni egy, kettő, vagy három dimenzióban. A szabályos rács szerinti mintázatok talaj/üledékfelszínekre általában négyszög, téglalap, háromszög vagy radiális rács (csillag) alakúak. Például egy szennyező csóva vagy egy hulladék kibocsátás helyszínének meghatározására négyszög vagy háromszög alakú rács választása a legalkalmasabb.

2.6.3.2. Összetett mintavételezés

Ez a típusú mintavételezési eljárás a kiválasztott mintavételi egységek fizikai kombinációját és keveredését biztosítja, amely eredményeként egy homogén minta áll elő. Ez az eljárás igen gazdaságos, mert csökkenti az elvégzendő elemzések számát. Az összetett mintavételezés a ráccsal együtt alkalmazható, és az előre meghatározott mintavételi helyeken összetett minták gyűjthetők.

2.6.3.3. Egyszerű véletlenszerű mintavételezés

Ez a mintavételezési módszer akkor alkalmazható, ha:

- 1) nincs információnk a szennyezett területről, azaz a vizsgálat a felderítő fázisban van, vagy
- 2) a szennyezés elterjedése vagy a veszélyes pontok nem ismertek.

A fő előnye ennek a mintavételezésnek az, hogy korábbi befolyásoló eredményektől mentes becslést ad a mért paraméterek arányáról, átlagáról és a szórásáról. Emellett könnyű végrehajtani, és az adatelemzés nagyon egyszerű.

2.6.3.4. Réteges mintavételezés

Ez a mintavételezés akkor használható, ha a szennyeződés kiterjedése, a geológiai háttér, az uralkodó szélirány, a talaj/üledék már korábbról ismert. Ennek a módszernek az előnye, hogy több információt szolgáltat egy adott mintáról, mint a korábban felsorolt eljárások, valamint a korábbi információ alapján egyszerűbb rendszerezni az adatokat. Általában olyan felszíni vagy felszín alatti pontokból származó minták jellemzésére használják, ahol még az épített környezet (házak, épületek, útburkolatok stb.) kialakítása előtt lehetőség van a mintagyűjtésre, és az adatok későbbi értelmezésére. Előfeltétel az, hogy előzetes adatok rendelkezésre álljanak az adott környezetről ahhoz, hogy a mintavételezési stratégiát eredményesen meg lehessen tervezni.

2.6.3.5. Egyedi elhatározáson alapuló szelektív mintavétel

Azokra a területekre használható, amelyeket már részletesen feltérképeztek. Újabb kutatás célja lehet a terület sajátos (pl. geokémiai) jellemzőinek felderítése, vagy a korábbi eredmények részletesebb feltárása. Ebben az esetben a környezetkutató határozza meg, hogy honnan, miből és hogyan kell mintát venni. Erre a szelektív mintavételezésre jó példa a két vagy több mintavétellel nyert adatok összehasonlítása (pl. talaj – üledékek; kiülepedő porok – vegetáció; üledék – víz) az egyes kölcsönhatások eredményének kimutatására valamely szennyezett területen.

2.6.4. Az urbán geokémiai mintavételezés környezeti közegei

A mintavételezési helyszín geográfiai pozíciója, és az ott jelen lévő geológiai formációk befolyásolják leginkább a mintavételezési stratégiát.

Az ipari tevékenység szennyezései érinthetik a környezet valamennyi elemét, különös tekintettel az élővilágra. A szennyeződés terjedésében fontos tényező az elemek mobilitása (lásd *Fogalomtár*, [148. oldal](#)), amely többek közt egy szilárd fázisból (pl. hőerőművi salak) a folyadék fázisba (pl. talajvíz) történő nehézfémvándorlást is meghatározza, ezáltal befolyásolja a szennyezés szétterjedését, hígulását, és az élő szervezetekbe (így a táplálékláncba) való bejutását. A különböző típusú minták (talaj, aktív folyami vagy ártéri üledékek, vízminták, porok, növényzet stb.) begyűjtése lehetővé teszi azon mobilitási útvonalak követését, amelyek mentén a szennyező elemek szállíthatók. A nehézfémek környezeti közegekre gyakorolt hatásait befolyásolják a nehézfémek kémiai sajátosságai mellett a bio- és fizikokémiai feltételek is. A különféle (természetes és mesterséges) környezeti közegeken átívelő mobilitási útvonalak feltárása a környezettudomány aktuális kérdései közt fontos helyet foglal el.

2.6.4.1. Talajminták

A talaj az a közeg, ami az anyakőzet felett alakul ki, abból fejlődik ki mállás és más, talajképző folyamatok során. A talajt nagy mennyiségben érik antropogén hatások, szennyezések. A talajok mintavételezésével jelen jegyzet egy másik fejezete foglalkozik részletesen. A rács szerinti mintavételezési eljárás a leggyakoribb, de előfordul a véletlenszerű eljárás is. A mintavételezési sűrűsége még nincs egységes szabvány, továbbá egyes európai országokban a „talaj felső rétege” kifejezés sem egyértelmű, ugyanis a humuszos réteg elkülönítése nem mindenhol bevett szokás, valamint ennek vastagsága is változó, ami szintén befolyásolja a mérési eredményeket.

2.6.4.2. Aktív folyami üledékek

Míg a talajok gyűjtő és/vagy szűrő funkcióval léphetnek fel, és megvédhetik a felszín alatti vizeket a szennyezések beszivárgásától, a felszíni vizek és az erodált üledékek a szennyezők mobilizációjában és szállítódásában tölthetnek be fontos szerepet. A Földön számos folyómeder jelentősen szennyezett toxikus elemekkel felelőtlen bányászati és más ipari vagy mezőgazdasági tevékenység következtében. A folyami üledékek mintavételezéséről részletes leírás szintén az ide vonatkozó, erre elkülönített fejezetben található.

2.6.4.3. Ártéri üledékek

Az ártéri üledékek akkor keletkeznek, amikor egy folyó kilép a medréből, és az ártéren rakja le üledékeinek egy részét. Következésképpen az erózió kezdetéig egymásra rakódó rétegek sora keletkezik. Továbbá az ártéri üledékek jó jellemzést adnak a vízgyűjtő területek geokémiai jellegéről és annak időbeli változásáról. Az ártéri üledékek mintavételezése során alapvető tény, hogy a legmélyebb rétegekből származó üledékek a vízgyűjtő területnek akkori geo-

kémiai jellegéről tanúskodnak, amikor emberi (főleg bányászati/ipari/mezőgazdasági) tevékenység még nem zavarta meg a természetet; míg a felszínközeli üledékek a recens, antropogén hatások által erősen befolyásolt időszakot reprezentálják.

Ha az egymásra rakódó rétegek homogének, a mintavétel az üledék vastagságától függően szabályos mélységközönként végezhető, de ha bármilyen szöveti, színbeli vagy más jellegzetes eltérés tapasztalható, alminták vétele szükséges. A terepen részletes mintaleírást kell készíteni, kitérve a növényzetre, a szerves és/vagy vasas rétegek jelenlétére, a különböző színekre és szöveti bélyegekre.

2.6.4.4. Tavi üledékek

A tavak alján felhalmozódó tavi üledékek leülepedése nagyon lassú és zavartalan, csupán évszakos változások jelennek meg, ezért nagyon finom laminált rétegek különíthetők el. Ezek között a szennyezett rétegek jól meghatározható részeket alkotnak. A tavi üledékek mintavételezése a szennyezések mélységbeli beszivárgásának, és a finom tavi rétegeket létrehozó szedimentológiai (lásd *Fogalomtár*, [149. oldal](#)) folyamatoknak a nyomon követésére alkalmas.

2.6.4.5. Vízminták

A felszíni víz is szállíthatja a szennyező elemeket a felszínről a felszín alatti vizek felé. A vizek mintázása a szennyező forrásoknak, a felszín alatti vizekben a szennyezések mobilitásának, valamint a szennyezések vertikális és horizontális kiterjedésének meghatározására alkalmas. A felszíni és felszín alatti vizek mintavételezéséről részletes leírás a jegyzet ide vonatkozó fejezeteiben található.

2.6.4.6. Porminták

A levegőben antropogén porszemcsék származhatnak a közlekedésből, bányászati és ipari tevékenységből, háztartások fűtési-hűtési rendszereiből és egyéb háztartási alkalmazásokból.

A szervesetlen szennyezők mennyisége a levegőben függ:

1. az bányászati/ipari termelési folyamat intenzitásától és/vagy a szennyező forrástól való távolságtól;
2. a kibocsátott szennyező anyagok mennyiségétől;
3. az atmoszférában már jelen lévő egyéb szemcsékkel történő keveredés fokától, amit meteorológiai paraméterek szabnak meg;
4. a kiülepedési időtől;
5. a szuszpendált anyag szállítási idejétől és szállítási mechanizmusától.

A porszemcsék az ipari (és bányászati) tevékenység helyszíneinhez közel (néhány 10 km-en belül) lévő talajok felső rétegében, az üledékekben és a növényeken jelentenek komoly szennyezéseket. Ezen környezeti közegek mintavételéről a megfelelő fejezetekben olvashatók részletes leírások. A padlásokon felgyülemlett porok egyedi és új lehetőségei a szennyezések vizsgálatának. Ha a padlásteret nem takarították, nem háborgatták, a porok leülepedése ezen a helyen is egy sajátos szedimentációt mutat az idő függvényében. A porok kémiai összetétele tükrözi az ipari tevékenység során kibocsátott atmoszférikus szennyezés összetételét és dinamikáját. Ezeknek a poroknak a mennyisége jóval kevesebb, mint a talajokon vagy üledékeken mért mennyiségek. A porokat fogkefével, vagy valamilyen finomabb ecsettel (pl. mókusszőr) lehet begyűjteni a padlás több, lehetőleg minél zavartalanabb pontján. Az ecsetet célszerű minden egyes mintavétel után alaposan kimosni a szennyezések elkerülése végett, vagy ha ez nem megoldható, akkor új ecsetet kell alkalmazni a következő mintagyűjtéshez. A mintákat lezárt és felcímkézett műanyag zacskókban kell tárolni és szállítani az elemzés helyére.

2.6.4.7. Egyéb mintavételi típusok

A vegetáció mintavétele arról ad információt, hogy a növények milyen mértékben képesek a nehézfémek felvételére, a porok hogyan ülepednek ki, halmozódnak fel a leveleken és a szárazokon. A mohák, a zuzmók, a humusz, a biofilmek és a fenyőtűk vizsgálata szintén fontos információt adhat a levegő antropogén nehézfém szennyezéseiről. A növények mintavételezésével és vizsgálatával együtt, esetlegesen kiegészítve állatokból származó mintákkal, képet kaphatunk a bioakkumuláció (lásd Fogalomtár, [145. oldal](#)) mértékéről. Az élő rendszerekből történő mintavétel módszertanáról részletesen az erre vonatkozó fejezet szól a jegyzetben. Az urbán geokémiai kutatási célokra végzett mintavételhez természetesen együtt kell alkalmazni az ott, illetve ebben a fejezetben leírtakat.

2.6.5. Közlekedési eredetű szennyezések

A közlekedés által kibocsátott szennyezők főként a gépjárművek kipufogójából származó gázok (CO, CO₂, N-oxidok), amelyek mellett egyéb környezetre és egészségre káros elemek is kerülhetnek a geo- és bioszférába. A közlekedés egy vonalmenti szennyezőforrás, ami mentén a szennyező anyagok utánpótlása állandónak tekinthető. A közlekedési eredetű szennyezések mintavételi eljárásai hasonlóak az ipari szennyezések mintavételéhez, az adott helyzettől függően kisebb-nagyobb változtatásokkal. Így a közlekedésből származó szennyezések esetében az utak menti porok és a talajok szolgáltatják a mintákat. Fák kérgein, levelein vagy a házakban, padlásokon lerakódott porok a szennyezők atmoszférikus szállítódásának tanulmányozására alkalmasak, ahogyan erről már szó volt korábban.

2.6.6. Talajok az urbán geokémiában

2.6.6.1. Talajminták mélysége

Az urbán geokémia újszerűségét az is mutatja, hogy talajminták mintavételi mélységére vonatkozó egységes követelményrendszer még nem alakult ki:

- Salminen et al. (1998): 0–25 cm,
- Ottesen és Langedal (2001): 0–2 cm (Trondheim),
- Šajn et al. (1998): 0–5 cm (Ljubljana),
- Li et al. (2001): 10 cm (Hongkong),
- Fordyce et al. (2005): 5–20 cm és 20–50 cm (jobban és kevésbé szennyezett) mintavételi mélységet ajánl.

Egy másik besorolás szerint a „felső” talajrétegek a 0–10 cm-es mélységből származnak, amelyekben a szerves hulladékok/avar, vagy a gyökérszóna magában foglaltatik, vagy hiányzik. A talaj mintavételezésére alkalmazható az erre vonatkozó fejezetben leírt módszer is, az urbán geokémia vizsgálati céljainak megfelelő módosításokkal, továbbá ha már ismert a szennyezés kiterjedése, akkor a lehatárolás a megfelelő (rétegzett) mintavétellel oldható meg.

Azonban az alkalmazott mintavételezési módszer és mélység a különböző esetekben változhat a vizsgált szennyezőanyag és a környezeti adottságok függvényében.

A talajok különböző mélységszintjeiből vett mintákból a korábbiakban leírt réteges mintavételezési eljárás szerint egy olyan mélységprofil állítható fel, amely megmutatja a szennyezés vertikális és horizontális kiterjedését, tehát fontos információforrás.

2.6.6.2. A talajszemcsék mérete

A szemcseméret-elemzések a részletes geokémiai vizsgálatok alapját képezik, ugyanis fontos következtetésekhez vezethet, ha elkülöníthető, hogy egyes elemek melyik szemcseméret-tartományban dúsulnak. A városi geokémia szennyezései főként a 2 mm alatti tartományban jelennek meg, ezért a mintavételt követően a laboratóriumban ezt a tartományt célszerű tovább vizsgálni, ahogyan az széles körben elterjedt.

2.6.6.3. Zavaró tényezők és kiküszöbölésük

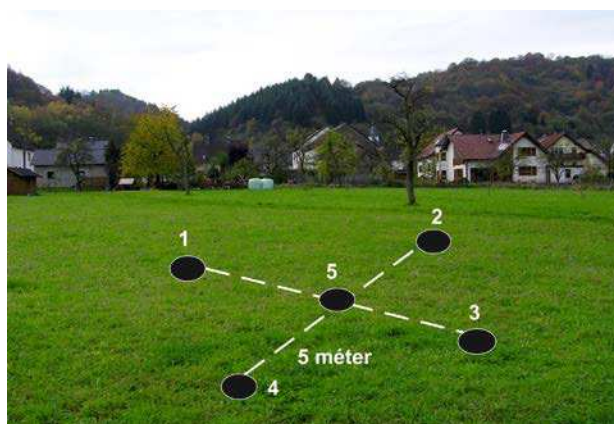
A vizsgálandó terület mintavételezését zavarhatja az oda épített objektumok, vagy lezárt területek. Ilyen esetben legalább a terület határából kell mintákat venni.

A szennyező anyagok az utaktól távolabb eső felhalmozódását okozhatják az atmoszférikus tényezők (pl. szél, eső okozta talajkimosódás), amivel számolni kell a terepi mintavételezéskor.

A mintavételkor használatos eszközöknek (lapát és mintagyűjtő zacskó) jó minőségű műanyagból vagy tiszta acélból kell készülniük. A mintavevő személynek pedig nem szabad ékszert (gyűrű, fülbevaló, piercing) vagy más fémet (pl. öv csatja, lánc, karóra) viselnie.

A mintavételezés előtt a területről az élő felszíni növényzetet, a friss avart, a nagy gyökeket és közettörmelékeket el kell távolítani ahhoz, hogy a talajt vizsgálni lehessen. Azonban, ha kifejezetten a növényzetet ért szennyezések mintázása a cél, akkor természetesen ezek begyűjtése is szükséges.

A szennyezések lokális inhomogenitásainak csökkentése érdekében az egy területre jellemző összetett mintának 3-5 almintából kell állnia, ahol bármelyik két alminta közötti minimum távolságnak 5 m-nek kell lennie (2.32. ábra).



2.32. ábra. Az egy területre jellemző összetett mintát alkotó 5 alminta és a köztük lévő minimum távolság (a felvételt készítette és módosította: Zacháry, D.)

Egy-egy almintának körülbelül 0,5 kg-nak kell lennie, hogy az összetett mintára jellemző ~2 kg-os tömeg biztosítva legyen. A későbbi vizsgálatok számára szükséges talajmennyiség eléréséhez az összetett minta homogenizálható vagy negyedelhető a tömegének/térfogatának csökkentése érdekében. Az így kapott talajmintát alkoholos filctollal felcímkézett semleges műanyag zacskóban kell szállítani és raktározni.

Érdemes a terepen egy előre elkészített térképen bejelölni a tervezett mintavételi helyszíneket a GPS adatok feltüntetésével. Ez a lépés elengedhetetlen, ugyanis a későbbiekben a GPS koordináták alapján olyan geokémiai térképet lehet készíteni, amely a szennyezésre vonatkozó fontos információk (pl. a szennyezés elterjedése vertikális és horizontális irányban, a szennyező elemek fajtái, azok koncentrációi, stb.) megjelenítését segíti.

A terepi észleléseket fotódokumentációval kell teljessé tenni, amelyek rögzítik a helyszín állapotát, és az esetleges változások részletes bemutatásához is elengedhetetlenek kellékek.

2.6.6.4. A talajok reprezentativitása

A városi talajokról általában elmondható, hogy nagyobb heterogenitással rendelkeznek, mint a nem városi talajok. Ezért a mintavétel sűrűségének olyannak kell lennie, hogy a talajok változékonyságát nyomon lehessen követni.

Előzetes vizsgálat (pl. lakók szóbeli közlése, kérdőíves felmérés) alapján megtudható, hogy a vizsgálni kívánt területen hol helyezkednek el háborgatott talajok (kertásás, virágföld terítés, égetés, feltöltések), amelyek mintázása során kapott eredmények eltérhetnek a többi talajtól. Ugyanez vonatkozik a különböző szennyező források közelében található területekre. A mintavételi sűrűség megállapításához a korábban részletezett tényezők (szélirány, utak építésének ideje, ipari tevékenység stb.) ismerete is szükséges.

Az urbán geokémiai mintavétel célja a városi környezetet, illetve az ember mozgásterét jellemző geokémiai paraméterek meghatározása, ezért nem elsődleges cél az, hogy a mintavételi pontban természetes állapotok uralkodjanak. Ugyanakkor lényeges, hogy megfelelő sűrűségű – legalább km^2 -ként egy – mintavétellel pontosan követni lehessen a gyakran igen gyorsan (kis térbeli léptékben) változó városi környezet állapotát.

2.6.7. A lokális háttérértékek meghatározása

A városi geokémia esetében is alapvető feladat a lokális háttérértékek meghatározása a vizsgálat során, hogy a természetes, szennyezéstől mentes (geogén) és a szennyezett (antropogén) területek elkülöníthetők legyenek. A szennyezett minták összetételét ehhez a természetes értékekkel jellemzett mintához lehet majd viszonyítani, így rajzolódik ki a szennyezés mértéke és minősége.

Ahhoz, hogy a különböző mintákban az egyes fő- és nyomelem háttérértékeket meg lehessen határozni, olyan mintákat kell gyűjteni, amelyeket az antropogén hatások legkevésbé érintettek.

Néhány fontos további tényező, ami a lokális háttérértékek meghatározásában nem hagyható figyelmen kívül:

A tanulmányozott területet nagyon alaposan fel kell mérni. Ismerni kell a geológiai hátteret, a szerves anyag és agyagásvány mennyiséget a talajban, a klímát, a domborzatot, a hidrogeológiát, a vegetációt és az uralkodó szélirányt. Ezután következik a terület mintavételezési stratégiájának kidolgozása. Ez magában foglalja azoknak a helyeknek a kijelölését, ahol a lokális háttérértékek megmérhetők. Ismert, hogy a sajátos talajok mindig egyedi geológiai formációkon fejlődnek ki, ami azt jelenti, hogy a megnövekedett nehézfém-koncentrációjú talajok azoknak a kőzeteknek a mállásviszonyaira utalnak, amelyekből keletkeztek. Ez különösen olyan talajokra/üledékekre jellemző, amelyek pl. ultramafikus kőzeteken (*lásd Fogalomtár, 150. oldal*) alakultak ki. A reziduális talajok ebben az esetben kiemelkedően nagy Mg-, Fe-, Cr-, Ni-, Co-tartalommal rendelkeznek. Tehát ha nem ismertek a terület geológiai

tulajdonságai, hibás következtést vonható le: szennyezettnek minősül a hely, holott csak az anyaközet geokémiai tulajdonságának következménye a talaj nagy nehézfém-koncentrációja. Ezek a koncentrációk, illetve eloszlásuk sokszor kirajzolják az adott terület kőzettani felépítését. A Mg a glaciális területek talajainak alsó régiójában (25 cm-es réteg, a talajok 50–200 cm-es mélységközében) kis koncentrációban van jelen (pl. mintegy 0,5% Dél-Svédországban és Hollandiától Lengyelországig). A nagy MgO-koncentrációk (>1.66%) ezzel szemben metamorfizálódott bázisos kőzetek és dolomit alapkőzetű területeken is (pl. Norvégiában, Lettországon és Észtországban) jellemzők. Emellett izolált anomáliák is meghatározhatják a MgO természetes háttérkoncentrációját (pl. Vogézek). Hasonló mutatható ki a Fe, Cr, Ni és Co talajbeli koncentráció eloszlása kapcsán.

Ahhoz, hogy egy bizonyos mintavételezési típussal meghatározhatók legyenek a lokális háttérértékek, és fel lehessen térképezni a hely geogén voltát, elegendő mennyiségű mintát kell begyűjteni egy viszonylag nagy területről. E területnek legalább 10 km²-nek kell lennie, ahonnan az egyes minták tömege legalább 0,5 kg kell legyen. Ezért a lokális háttérértékek inkább egy tartományt képviselnek, nem pedig egy egyedüli értéket.

A lokális háttérkoncentrációk megállapításához több mintát kell venni az uralkodó szélirány figyelembe vételével, ami azért fontos, mert a szennyezett szemcséket is a szél messzire szállíthatja. A szél által szállított, majd kiülepedő por révén kialakuló szennyezésterjedés a legtöbb ipari létesítmény környezeti hatásának fő mechanizmusa (pl. Metallokiémia).

Általában a kinevezett „háttérterület” és a szennyezés forrása közti távolságnak elég nagy (vizsgálattól függően 1–100 km) kell lennie ahhoz, hogy a szennyezés hatása ne befolyásolhassa azt. Természetesen elkerülendő a sűrűn lakott területek (ahol az antropogén hatások erősen jelen vannak) kikiáltása háttérterületnek.

Kerülendő az autópályák mentén végzett mintavételezés, hiszen ott megnövekedett koncentrációban vannak jelen a közlekedés által kibocsátott szennyező elemek (pl. Cr, Ni, Cu, Zn, Pt, Pd, Rh stb.). Ezek mellett az ipari termékek durva- és finomszemcsés anyagai is elszállíthatnak az utak melletti területre. Tény, hogy az utak mentén csoportosulnak a lakott területek, amelyek szintén növelik a szennyezés mennyiségét. Ezért az utaktól kellő távolságban kell felvenni a háttérértékeket szolgáltató mintákat. E távolságnak a terület felszínétől függően, átlagosan 100 m-nél nagyobb kell lennie annak érdekében, hogy a vett minta reprezentatív legyen.

A vegetációval borítottság szintén hasznos információval szolgálhat. Egy idős erdővel borított területből arra lehet következtetni, hogy a talajt legalább azóta nem érte emberi tevékenység befolyásoló hatása, amióta a fák növekednek rajta. Az erdők jelenléte, amelyek általában azt jelzik, hogy ott egy hosszú idő óta fennálló stabil ökoszisztéma létezik, nagymértékben függ a terület jellemzőitől (klíma, domborzat, agyagásvány-tartalom, pH stb.).

Szennyezett területeken a fák levelein nehézfémeket is tartalmazó porszemcsék ülepednek le, amelyek a levelek szerkezetébe is beépülhetnek. Ezért ősszel/télen a levelek lehullása és a talajba kerülése a nehézfémek koncentrációjának növekedését eredményezheti a talaj felső rétegében.

A háttérértékek meghatározásához tisztában kell lenni azzal, hogy az országos mérés szerint mekkora az ország átlagos nehézfém-koncentrációja, és mekkorák az egészségügyi határértékek. Ezeket összevetve a vizsgált terület értékeivel, az eredmények alapján eldönthető, hogy a területen átlag feletti, vagy az alatti értékek szerepelnek, és ha az előbbi eset áll fent, mikor kell beavatkozást végrehajtani az egészség védelme érdekében.

Magyarország talajainak átlagos toxikus elemkoncentrációit (összevetve a világátlaggal) és egészségügyi határértékeit mutatja a 2.2. és a 2.3. táblázat.

Magyarországi koncentrációk (g/t)				Világátlag (g/t)
elem	Értéktartomány		Várható érték	
	-tól	-ig	(medián)	
As	< 2,5	230,37	7,17	0,1–20
Ba	19,5	258	95,3	300
Cd	< 0,5	12,8	< 0,5	2,2
Co	1,5	17,8	8,9	13,4
Cr	2,7	473	19,7	79
Cu	4	400	19,2	18
Hg	< 0,02	1,11	0,08	0,056
Ni	5	58	21,2	46
Pb	4,2	286	16,9	18
Zn	12,4	2166	63,3	79

2.2. táblázat. Magyarországi talajok átlagos toxikus elemkoncentrációi (www.mafi.hu)

elem	A (g/t)	B (g/t)	C ₁ (g/t)	C ₂ (g/t)	C ₃ (g/t)
As	10	15	30	40	60
Ba	150	250	300	500	700
Cd	0,5	1	2	5	10
Co	15	50	100	200	300
Cr	30	100	150	400	800
Cu	30	100	200	300	400
Hg	0,15	0,5	1	3	10
Mo	3	10	20	50	100
Ni	25	50	150	200	250
Pb	25	70	100	500	600
Zn	100	250	500	1000	2000

2.3. táblázat. Egészségügyi szempontból fontos toxikus elemek megengedhető koncentrációi a talajokban a 10/2000. (VI. 2.) KÖM-EÜM-FVM-KHVM együttes rendelet alapján.

A: a tisztának tekintett, környezetvédelmi funkcióit teljes mértékben teljesítő föld minőségének jellemzésére használt határkoncentráció;

B: jogszabályban vagy hatósági határozatban meghatározott szennyezettségi határérték, amelyet meghaladó érték esetén a többi környezeti elemre a szennyező anyag mennyisége veszélyeztetésnek minősül, egyben a birságolás alsó határa;

C₁: fokozottan érzékeny területek;

C₂: érzékeny területek;

C₃: kevésbé érzékeny és egyéb területek (<http://www.mafi.hu>)

2.7. Irodalomjegyzék

- Albanese, S., Cicchella, D., Lima, A., De Vivo, B. (2008) Urban Geochemical Mapping in De Vivo, B., Belkin, H.E., Lima, A. (eds.) *Environmental Geochemistry: Site Characterization, Data Analysis and Case Histories*, p. 448.
- Albanese, S., Lima, A., De Vivo, B., Cicchella, D. (2007) Atlante geochimico-ambientale dei suoli del territorio comunale di Avellino/Geochemical Environmental Atlas of the soils of Avellino. Aracne Editrice, Roma, p. 192.
- Andersson, M., Ottesen, R.T., Volden, T. (2004) Building materials as a source of PCB pollution in Bergen, Norway, *Science of the Total Environment*, 325(1–3), p. 139–144.
- Angyal, Zs. (2009) Erőművi salakhányók környezetre gyakorolt hatásainak és hasznosításuk lehetőségeinek vizsgálata egy salgótarjáni mintaterület példáján. Doktori értekezés, ELTE TTK Környezettudományi Centrum, p. 113.
- Árva, J. (szerk., 1993) Hulladékgazdálkodási kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Beaubien, S. E., Ciotoli, G., Lombardi, S. (2003) Carbon dioxide and radon gas hazard in the Alban Hills area (Central Italy), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 123, p. 63–80.
- Berta, M., Lenti, F. (2011) A Fővárosi Hulladékhasznosító Mű kemencéjében képződött szilárd fázis geokémiai vizsgálata. OTDK dolgozat (ELTE TTK Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium), p. 51.
- P., Bodó (2000) A Bakony–Balaton-felvidék vulkáni terület hidrogeokémiai vizsgálata. Szakdolgozat, ELTE TTK LRG, p. 88.
- Bohn, H., McNeal, B., O'Connor, G.A. (1985) Talajkémia. Mezőgazdasági Kiadó – Gondolat Kiadó, Budapest, p. 364.
- Breivik, K., Sweetman, A., Pacyna, J., Jones, K. (2002) Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – A mass balance approach 1. Global production and consumption, *Science of the Total Environment*, 290, p. 181–19.
- Breward, N., Johnson, C.C. (2005) GSUE: Urban geochemical mapping in Great Britain, *Geochemical Exploration and Environmental Analytcs*, 5, p. 325–336.
- Buzás, I. (szerk.). (1993) Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. INDA 4231 Kiadó, Budapest, p. 357.
- Cretney, J.R., Lee, H.K., Wright, G.J., Swallow, W.H., Taylor, M.C. (1985) Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in air particulate matter from a lightly industrialised urban area, *Science of the Total Environment*, 19, p. 397–404.
- De Vivo, B., Cicchella, D., Lima, A., Albanese, S. (2006) Atlante geochimico-ambientale dei suoli dell'area urbana e della Provincia di Napoli/Geochemical Environmental Atlas of the Urban and Provincial Soils of Napoli. Aracne Editrice, Roma, p. 324.
- Filep, Gy. (1988) Talajkémia. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Fordyce, F.M., Brown, S.E., Ander, E.L., Rawlins, B.G., O'Donnell, K.E., Lister, T., Gal, R.F., Gadhia, A. (2011) Soil gas measurements around the most recent volcanic system of metropolitan France (Lake Pavin, Massif Central), *Comptes Rendus Geoscience*, 343, p. 43–54.
- Gal, F., Joubin, F., Haas, H., Jean-Prost, V., Ruffier, V. (2011) Soil gas (^{222}Rn , CO_2 , ^4He) behaviour over a natural CO_2 accumulation in Montmiral area (Drôme, France): Geographical, geological and temporal relationships, *Journal of Environmental Radioactivity*, 102, p. 107–118.
- Gáspár, L. (szerk., 2005) Másodlagos nyersanyagok az útépítésben. IHU Kht, p. 255.
- Gorjánácz, Z. (2006) Az uránbányászat utólagos hatásai a nyílt és zárt terek radonkoncentrációjára, beavatkozási lehetőségek. Doktori értekezés, Pannon Egyetem, p. 128.
- Guidelines For Soil Description. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome (2006), p. 97.
- Hinkle, M.E. (1991) Seasonal and geothermal production variations, *Applied Geochemistry*, 6, p. 35–47.

- IAEA kiadványai: IAEA (2001) Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Applications. Mook, W. G. (Ed.), Technical Document N. 39, Unesco, Paris (unpaged)
- ISO 10381-1:2002 Part 1: Guidance on the design of sampling programs
- Johnson, C.C., Ander, E.L. (2008) Urban geochemical mapping studies: how and why we do them, *Environmental Geochemistry and Health*, V. 30, N. 6, p. 511–530.
- Jordan, G., D'Alessandro, M. (2004) Mining, mining waste and related environmental issues: problems and solutions in Central and Eastern European Candidate Countries. Report of Joint Research Center of the European Commission, Ispra, p. 13–34.
- Jordan, G., D'Alessandro, M. (2004) Mining, mining waste and related environmental issues: problems and solutions in Central and Eastern European Candidate Countries. Report of Joint Research Center of the European Commission, Ispra, p. 79–90.
- Kádár I. (1997) Kármentesítési kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. KVVM. (<http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/karmkezikk2/2-0t.htm>)
- Kemski, J., Siehl, A., Stegemann, R., Valdivia-Manchego, M. (2001) Mapping the geogenic radon potential in Germany, *The Science of the Total Environment*, 272, p. 217–230.
- Khalili, N., Sche, P., Holsen, T. (1995) PAH source fingerprints for coke ovens, diesel and gasoline engines, highway tunnels, and wood combustion emissions, *Atmospherical Environment*, 29, p. 533–542.
- Király, Cs., Berta, M. (2009) Szén-dioxid hosszú távú elhelyezésére potenciálisan alkalmas alföldi üledékes közetsorozatok fúrásadatainak elemzése. TDK dolgozat (ELTE TTK Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium), p. 36.
- Kovács, F. (1998) A barnaszén erőművekben keletkező maradék anyagok jellemzői és hasznosítása, *Magyar Energetika*, 1998/2. szám, p. 31–36.
- Kuusisto, S., Lindroos, O., Rantio, T., Priha, E., Tuhkanen, T. (2007) PCB contaminated dust on indoor surfaces – Health risks and acceptable surface concentrations in residential and occupational settings, *Chemosphere*, 67(6), p. 1194–1201.
- Li, X., Poon, C., Liu, P.S. (2001) Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong, *Applied Geochemistry*, 16, p. 1361–1368.
- Lima, A., De Vivo, B., Grezzi, G., Albanese, S., Cicchella, D. (2007) Atlante geochimicoambientale dei suoli del territorio comunale di Caserta/Geochemical Environmental Atlas of the Soils of Caserta, Aracne Editrice, Roma, p. 205.
- Michel-le Pierres, K., Gal, F., Brach, M., Guignat, S. (2010) Radon, helium and CO₂ measurements in soils overlying a former exploited oilfield, Pechelbronn district, Bas-Rhin, France, *Journal of Environmental Radioactivity*, 101, p. 835–846.
- Minissale, A., Evans, C.W., Margo, G., Vaselli, O. (1997). Multiple source components in gas manifestations from North-Central Italy. *Chemical Geology*, 142, p. 175–192.
- Mook, W.G. (2000). Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and applications: Volume I: Introduction: Theory, Methods, Review. International Hydrological Programme IHP-V, Technical Documents in Hydrogeology, No. 39, Vol.1 UNESCO, Paris, p. 208.
- MSz 21470-1 Környezetvédelmi talajvizsgálat. Mintavétel
- MSz-08-0202:1977 Helyszíni mintavétel mezőgazdasági célú talajvizsgálatokhoz.
- Nriagu, J.O., Pacyna, J.M. (1988) Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals, *Nature*, 333, p. 134–139.
- Nriagu, J.O., Pacyna, J.M., Milford, J.B., Davidson C.I. (1988) Distribution and characteristic features of chromium in the atmosphere. In: Nriagu J.O., Nieboer E. (Eds.) Chromium in the natural and human environment. John Wiley & Sons, New York, p. 125–172.
- Ottesen, R.T., Langedal, M. (2001) Urban geochemistry in Trondheim, Norway, *Norges geologiske undersøkelse Bulletin*, 438, p. 63–69.

- Šajn, R., Bidovec, M., Andjelov, M., Pirc, S., Gosar, M. (1998) Geochemical Atlas of Ljubljana and Environs. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana, p. 34.
- Salminen, R., Tarvainen, T., Demetriades, A., Duris, M., Fordyce, F.M., Gregorauskiene, V., Kahelin, H., Kivisilla, J., Klaver, G., Klein, H., Larson, J.O., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mjartanova, H., Mouvet, C., O'Connor, P., Odor, L., Ottonello, G., Paukola, T., Plant, J.A., Reimann, C., Schermann, O., Siewers, U., Steenfelt, A., Van Der Sluys, J., Williams, L. (1998) FOREGS Geochemical Mapping Field Manual. Geological Survey of Finland, Espoo, Guide 47, p. 36. (<http://www.gtk.fi/foregs/geochem/fieldman.pdf>)
- Sample Collection and Preparation In: Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42 United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (2004) p. 1–18.
- Shtiza, A., Tashko, A. (2009) Appropriate sampling strategy and analytical methodology to address contamination by industry: Part 1. Conceptual model of a sampling design and sampling types, *Central European Journal of Geosciences*, V. 1, N. 2, p. 193–206.
- Stefanovits, P., Filep, Gy., Füleki, Gy. (1999) Talajtan. Mezőgazda kiadó, Budapest. p. 470.
- Szabolcs, I. (szerk., 1996) A genetikus üzemi talajterképezés kézikönyve. OMMI, Budapest, p. 351.
- Tank, V., Pfanz, H., Kick, H. (2008) New remote sensing techniques for the detection and quantification of earth surface CO₂ degassing, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 177, p. 515–524.
- Vaselli, O., Tassi, F.A., Minissale, B., Capaccioni, C., Margo, W., Evans, F. (1997) Geochemistry of natural gas manifestations from the Upper Tiber Valley (Central Italy), *Mineralogica et Petrographica Acta*, 15, p. 201–212.
- Vizard, C.G., Rimmer, D.L., Pless-Mulloli, T., Singleton, I., Vivienne, S. (2006) Air identifying contemporary and historic sources of soil polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans in an industrial urban setting, *Science of the Total Environment*, 370(1), p. 61–69.
- Wilson, L.G., Artiola, J.F. (2004) Soil and Vadose Zone Sampling. In Environmental Monitoring and Characterization. Elsevier, New York. p. 101–119.
- Yang, S.Y.N., Connell, D.W., Hawker, D.W., Kayal, S.I. (1991) Polycyclic aromatic hydrocarbons in air, soil and vegetation in the vicinity of an urban roadway, *Science of the Total Environment*, 102, p. 229–240.
- <http://mafi.hu>

3. MINTAVÉTELEZÉS AZ ANALITIKAI KÉMIAI VIZSGÁLATOKHOZ

3.1. Felszíni vizek mintavétele nyomelemek meghatározása céljából

A mintavétel és a mintaelőkészítés során bekövetkező kontamináció komolyan – akár nagyságrendekkel is – meghamisíthatja az elemzési eredményeket. Összehasonlításként, az ipari minták vizsgálata során fellépő kontamináció arányát tekintve kisebb, és ha az elemzés megismételhető, akkor reverzibilis is. A megbízható adatok ismerete elengedhetetlen a nyomelemek környezetben zajló körforgásának pontos leírásához.

Tengervíz vizsgálata során a kontamináció veszélye kiemelkedően nagy. Az analitikai módszerek fejlődését jól példázza, hogy a tengervízben *mért* ólomkoncentráció az 1930-as évek óta négy nagyságrenddel csökkent, noha a *tényleges* koncentráció mindeközben bizonyosan nem változott ilyen mértékben, sőt valószínűleg nem is csökkent.

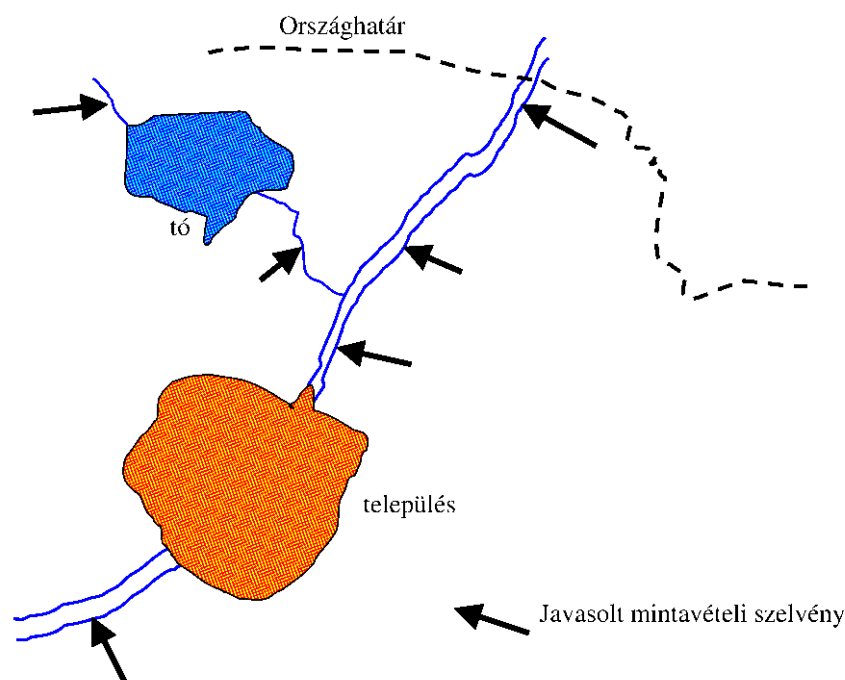
Minél kisebb egy nyomelem koncentrációja a mintában, és minél kiterjedtebb az emberi használata, annál nagyobb a kontamináció veszélye a mintavétel és az elemzés során. Ilyen, kontaminációra érzékeny elemek az Al, Fe, Pb, Zn stb., de egészen ritka elemeknél is előfordulhat elszennyeződés: egy 1928-as tanulmány szerint a tengervíz Au-koncentrációja 1 és 8000 ng/dm³ között volt, míg újabb vizsgálatok szerint mindössze 40 pg/dm³. Nyilvánvalóan a mintavételt és előkészítést végző személy által viselt ékszerek okoztak kontaminációt.

Mindezeket összefoglalva ebben a fejezetben különös gondot fordítunk a kontaminációs források és kiküszöbölésük módszereinek bemutatására.

3.1.1. A mintavételi helyek kiválasztása

A felszíni vizek vizsgálata során többnyire térben és időben is inhomogén vízminőség-eloszlást találunk. Ennek két oka van: a különböző vizek találkozása után egyrészt az elkeveredés még nem történt meg, másrészt függőleges irányban rétegződés lehetséges (pl. eltérő hőmérséklet és/vagy oldott sótartalom miatti sűrűségkülönbség). A mélység függvényében változó folyamatok eredményeként az egyébként homogén vízben kialakulhat csak egy-egy komponenst érintő rétegződés, például mély tavakban az oxigén koncentrációja a fény által már el nem érhető mélységben erősen lecsökken. Az összekeveredés távolságát előzetes vizsgálatokkal kell meghatározni, ez történhet légi felvételek elemzésével, színezék vagy radioaktív nyomjelző anyag alkalmazásával.

Különösen figyelembe kell venni a szennyvízbevezetéseket, az egyéb szennyező forrásokat és az esetleges korábbi mintavételek tapasztalatait. Egy folyóvíz mentén a javasolt mintavételi szelvények kijelölését a 3.1. ábrán mutatja be.



3.1. ábra. Javasolt mintavételi szelvények egy folyóvíz mentén

3.1.2. Felszíni mintavétel

A folyók és tavak mintavételezése történhet a vízpartról, valamilyen alkalmas műtárgyról (híd, stég), vagy hajóról/csónakból. A parti mintavételezés elsősorban kisméretű tavak esetében jön számításba. Folyóvizek mintavételezését általában a sodorvonalból kell végezni. Ez végrehajtható egy, a folyó fölött átívelő hídról, vagy valamilyen vízi járműből. Ez utóbbi esetben fokozottan ügyelni kell arra, hogy maga a jármű is kontaminációs forrás, különösen abban az esetben, ha gépi meghajtással rendelkezik, tehát a mintát a járműtől a lehető legtávolabb kell megvenni. Erre a célra megfelelnek a teleszkópos rúdra rögzített mintavevők. Figyelembe kell venni a jármű vízhez viszonyított mozgását, és arról a területről kell végezni a mintavételt, amelyen a jármű még nem haladt át.

A mintavétel során az edényeket az első mintarészlettel színültig töltve át kell öblíteni, majd a vizet elönteni.

Azokban az esetekben, ha a meghatározandó paramétereket a levegő jelenléte megváltoztathatja, az edényeket a mintával színültig kell tölteni, és buborékmentesen lezárni. Ilyen paraméterek az oldott O_2 , a könnyen oxidálódó komponensek (pl. PH_3), és az illékony szerves és szervetlen (pl. benzol, CO_2) vegyületek.

Az oldott O_2 meghatározására vett mintát a legcélszerűbb Winkler-palackba venni, amely üvegből készül. A színültig töltött palackba pipettával mérjük be a tartósító (jelen esetben inkább fixáló) reagenst az üveg aljára, majd a ferdére levágott aljú, csiszolt dugóval lég- és buborékmentesen lezárjuk az üveget. A dugót erősen a helyén tartva átfordítással keverhetjük el a reagenst a mintában. A szállítás során gondoskodni kell arról, hogy a dugó ne mozdulhasson el a helyéről. Az oxidációra érzékeny és az illékony komponenseket tartalmazó minták edényeit jól záró csavarzárral vagy gumicumival kell légmentesen lezárni.

3.1.3. Mélységi mintavétel

A mintavétel során törekedni kell arra, hogy a mintavevő eszköz lebocsátása, illetve kiemelése közben a felszínközeli (esetleg a mintavétel helyéül szolgáló vízijármű által elszennyezett) víz ne kerülhessen a mintavételi edénybe. Az ilyen eszközök alapvetően kétféle kivitelűek lehetnek. Az egyik esetben a mintavevő edényt zárt állapotban bocsátják le, és a megfelelő mélység elérése után a felszínről egy mozgó mechanizmus segítségével nyitják ki, de a mintavevő nyílás mozgatására felhasználható a vízoszlop hidrosztatikai nyomása is. A mintavétel befejeztével az edényt a mélyben lezárják, és így emelik ki. A másik módszernél a mintavevő edény egy cső, amely alul is és fölül is nyitható, valamint zárható. A csövet nyitott állapotban engedik le a kívánt mélységbe, majd a mintával megtelt csövet mindkét végén lezárják (a felszínről mozgatva), és így emelik ki a mintát. Ez utóbbi módszer előnye, hogy a vízben kialakult rétegzettséget sokkal kevésbé bolygatja meg, mint a másik módszer.

A mélységi mintavétel során ügyelni kell arra, hogy a mederfenék felett legalább 30 cm-rel történjen a mintavétel, így elkerülhető a felkavart iszap miatti mintatorzulás.

Mindkét esetben szükség lehet arra, hogy a megvett mintát a felszínen áttöltsük a végleges mintatartó edényekbe. Ilyenkor fokozottan ügyelni kell a korábban említett kontaminációs források kiküszöbölésére.

3.1.4. A minták kezelése

3.1.4.1. Előkészületek

Számos kontaminációs forrás létezik: az edényzetből, a mintavevő eszközökből, a reagensekből és a mintavételt végző személytől származó kontamináció nyilvánvaló, de számolni kell olyan nem nyilvánvaló forrással is, mint a levegőben lévő szállópor. Az ultranyomelemzések ($< 1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) során komoly figyelmet kell szentelni minden olyan lépésnek, amely során a minta bármivel kapcsolatba kerül. Terepi munkánál ügyelni kell a szél által hordott porra, a mintavételt végző személy ruházatára, kezének tisztaságára is, és természetesen tilos a dohányzás. Csak olyan kesztyűt szabad viselni, amelyik nincs hintőporozva (Zn-kontamináció veszélye). Amennyiben lehetséges, hordozható clean bench-et kell használni a terepi munka során, a légáramlásnak mindig a munkavégző személy felé kell irányulnia.

3.1.4.2. A mintavételi eszközök és edények kiválasztása és tisztítása

Nyomelemek meghatározása során a fémből készült eszközöket, amennyire lehet, teljesen kerülni kell. Az ollók és csipeszek anyaga műanyag legyen. A mintafeldolgozás során alkalmazott bútorzat (asztal, vegyifülke) fémből készült alkatrészeit el kell fedni, hogy a mintatartósításra alkalmazott savak gőzei által okozott esetleges korrózió termékei ne szennyezzék a mintákat. Igen fontos az alkalmazott edények anyagának kiválasztása. Többféle anyagból készült edények kaphatók kereskedelmi forgalomban, a legfontosabbak a 3.1. táblázatban találhatóak meg.

Anyag	Előny	Hátrány
Kis sűrűségű polietilén (LDPE)	Olcso, könnyen kezelhető, alacsony vakértékek az egyszeri használat miatt	Hg elemzéséhez nem alkalmas
Polipropilén (PP)	Olcso (bár az LDPE-nél drágább), könnyen kezelhető, alacsony vakértékek az egyszeri használat miatt	Hg elemzéséhez nem alkalmas
Perfluorozott polimerek (PTFE, PFA)	Stabilak, kémiai ellenállóak, többször felhasználhatók	Drága, Hg elemzéséhez nem alkalmas, vakértékek magasabbak, nem megfelelő kezelés esetén jelentős memóriaeffektussal kell számolni
Kvarc	Nagyon alacsony vakértékek, még többszöri használat után is	Drága, törékeny, nehéz

3.1. táblázat. Vízminták vételére és tárolására alkalmas edényanyagok

A polietilénből, polipropilénből, teflonból és kvarcból készült edények általában nem okoznak számottevő kontaminációt, amennyiben előzetesen megfelelő tisztításban részesültek. Többszöri használat után azonban a műanyag edények tisztítása túlzott erőfeszítést igényel. Még a savgőzzel tisztító berendezések sem képesek a teflonedények nehezen hozzáférhető belső részét és a csavarzár menetét kielégítő alaposítással megtisztítani, emellett a működésük során rendszerint komoly korróziós károkat okozhatnak a laboratórium berendezésében. Ezzel szemben az egyszer használatos polietilén és polipropilén edények előtisztítása könnyen végrehajtható híg sósavas vagy salétromsavas fürdőbe alámerítve 60 °C-on. A művelet igény szerint egy második savas fürdőben megismételhető, ezt követően az edényeket nagy tisztaságú vízzel el kell öblíteni és clean bench-ben megszáritani. Mivel az edényeket csak egyszer használjuk, nem kell számolni egy esetleges előző mintából származó kontaminációs veszéllyel. Az ily módon tisztított edények vakértéke kisebb, mint 0,1 ng/dm³ Cd-ra és Pb-ra, valamint kisebb, mint 1 ng/dm³ Cu-re.

Szerves mikroszennyezők vizsgálata esetén az üveg- vagy kvarcedényeket régebben krómkénsavval színültig töltve kellett 24 órán át tisztítani. Mivel ez az eljárás – bár hatékony, de – rendkívül balesetveszélyes, továbbá a dikromát súlyosan mérgező, ezért mára alkalmazása háttérbe szorult. Helyette hidrogén-peroxidos salétromsavat, Caro-savat (cc. kénsav + cc. hidrogén-peroxid) vagy permangánsavat, és ezt követő sósavas öblítést lehet alkalmazni. A savazási eljárás után az edényeket nagy tisztaságú vízzel savmentesre kell mosni (a megvett minta pH-ját is meg kell határozni!), és száradás után tiszta, zárható polietilén zacskóban kell tartani.

3.1.4.3. Reagensok tisztítása

Az edények tisztítására, öblítésére és kondicionálására használt vizet ioncserés tisztító berendezésből kell nyerni, a kifolyó víz fajlagos ellenállása 18 MΩ.cm kell, hogy legyen. Ilyen berendezések számos gyártótól kereskedelmi forgalomban kaphatók, helyigényük kicsi, akár terepre is kiszállíthatók. A desztilláló készülékek sem minőségi, sem mennyiségi tekintetben nem elégítik ki az igényeket. Az edények tisztításához használt savaknak legalább a.l.t. (analitikailag legtisztább) minőségűnek kell lenni. Az edények kondicionálásához és a minták tartósításához használt savakkal szemben még szigorúbbak az elvárások, itt követelmény az elérhető legnagyobb tisztaság. Erre a célra a kereskedelemben kapható suprapure® vagy azzal egyenértékű minőségű, vagy a „házilag” forrpon alatti desztillált savak alkalmazhatóak.

3.1.4.4. Szűrés

A természetes vizek lebegőanyag-tartalma igen széles határok között változhat, míg nyílt tengeren gyakran a mg/dm^3 nagyságrendet sem éri el, addig folyóvizekben akár g/dm^3 -es koncentrációban is előfordulhat. A nyílt óceánok mintavételezése kivételével a lebegőanyag elkülönítése általában követelmény, mivel ez a frakció számos nyomelemet tartalmaz nagy mennyiségben. A szilárd fázisban mérhető koncentráció számos elem esetében jelentősen meghaladja az oldott forma koncentrációját. Szűrés nélkül a hozzáadott sav hatására megindulna a komponensek kioldódása a szilárd fázisból. Sajnos ez a folyamat nehezen reprodukálható, és mértéke időfüggő is, emiatt az elemzési eredmények szórása jelentősen megnőne, lehetetlenné téve az adatok interpretálását.

A szűrés szerepe kettős lehet: egyrészt szolgál a szilárd fázis eltávolítására, és ezzel „tisztá” vízminta előállítására, másrészt az elkülönített szilárd fázist is vizsgálatnak vethetjük alá. A szűrést híg savval előzetesen tisztított műanyag edényzetben, savval mosott polimer (pl. polikarbonát, cellulóz-észter) szűrőmembránon át végezzük. Mivel a szűrőmembrán pórusmérete $0,22 \mu\text{m}$, túlnyomást kell alkalmazni. Ez történhet a minta oldaláról nagy tisztaságú nitrogéngázzal, vagy a szűrlet oldaláról légritkítással. A nyomáskülönbségnek nem szabad túl nagy lenni abban az esetben, ha fennáll annak a veszélye, hogy a szüredékben levő élőlények sejtjei összeomolhatnak, és így meghatározandó komponens kerülhet át a szilárd fázisból az oldottba, pl. ez a veszély áll fenn a klorofill meghatározásánál. A szűrlet első részletét csak a berendezés kondicionálására használjuk, és utána elöntjük. Amennyiben szerves komponensek meghatározása a feladat, üvegszálás vagy kvarcszálás szűrőt kell alkalmazni.

3.1.4.5. A minták tartósítása és tárolása

Nyomelemek meghatározása esetén a vízmintákat savanyítással kell tartósítani, erre legalkalmasabb a salétromsav, a tartósított minta pH-ja legfeljebb 2 lehet. Savanyítás és fagyasztás nélkül a nyomelemek adszorbeálódnak az edény falán. Ez a folyamat a minta és az edény anyagi összetételének függvényében változó mértékű, és a későbbi savanyítás is kiszámíthatatlan mértékben fordítja vissza. Amennyiben az egyes elemspecieszek meghatározása (is) cél, a mintát savanyítás nélkül le kell fagyasztani.

Az egyes paraméterek meghatározásához szükséges tartósítási módszereket és az alkalmas edényanyagok összefoglalását a 3.2. táblázat tartalmazza. Mivel a vizsgálatok célja a legtöbb esetben túlmutat az elemanalitikán, ezért a táblázatban a vízvizsgálatokkor előforduló valamennyi gyakori meghatározáshoz tartozó tartósítási módszer szerepel.

A lebegőanyagot tartalmazó szűrőket meg kell óvni az esetleges bakteriális átalakulástól. Ennek érdekében a szűrőket vagy exsikkátorban kell tárolni szobahőmérsékleten, vagy nedves állapotban mélyfagyasztva. A mintákat mindkét esetben előzetesen alaposan megtisztított Petri-csészékbe célszerű helyezni, ennek anyaga szerves komponensek vizsgálata esetében műanyag (pl. polisztirol), szerves komponensekhez üveg, vagy Al-fóliával bélelt műanyag.

Tartósítás módja/adalékanyag	Elemzés kezdete a mintavételtől számítva	Meghatározandó paraméter	Edény típusa
Tartósítás nélkül	A helyszínen azonnal	Szín	Ü, M
		Hőmérséklet	Ü, M
		pH	Ü, M
		Oldott oxigén	Ü, M
	12 órán belül	Zavarosság	Ü, M
		Összes oldott anyag	Ü, M
		Összes szárazanyag	Ü, M
		Fajlagos elektr. vezetőképesség	Ü, M
	24 órán belül	Összes keménység	Ü, M
		Ca, Mg	Ü, M
		Na, K	M
		Fluorid	M
		Klorid, jodid	Ü, M
Borát	M		
4 °C-ra hűtve	12 órán belül	BOI	Ü
		Szag, íz	Ü
		Lúgosság, savasság	Ü, M
		Orto-foszfát, összes foszfor	Ü, M
		Klorofill	Ü, M
		Ammónia, nitrit, nitrát	Ü, M
	Növényvédő szerek	Ü, M	
	7 napon belül	Bromid, szulfát	Ü, M
		Szerves nitrogén	Ü
		Detergensek	Ü
Szilícium		M	
4 °C-ra hűtve és 2 cm ³ cc. H ₂ SO ₄ /dm ³	24 órán belül	Ammónia	Ü, M
		KOI	Ü
		Szerves szén	Ü
20–40 mg HgCl ₂ /dm ³	24 órán belül	Nitrit	Ü, M
		Szerves nitrogén	Ü, M
		Detergensek	Ü
	7 napon belül	Ammónia	Ü, M
		Nitrát	Ü, M
Összes foszfor		Ü, M	
5 cm ³ cc. HNO ₃ /dm ³	1 hónapon belül	Fémek oldott (szűrés után)	M
		Fémek összes	M
1 g Cd-acetát/dm ³	24 órán belül	Szulfid	Ü
NaOH pH 12-re	24 órán belül	Cianid	M
1 g CuSO ₄ /dm ³ és H ₃ PO ₄ pH 4-re	24 órán belül	Fenolok	Ü
2 cm ³ cc. H ₂ SO ₄ /dm ³ és 8 cm ³ CCl ₄ /dm ³	24 órán belül	Extrahálható anyagok, olajok, zsírok	Ü
2 cm ³ cc. HCl/dm ³ és a levegő kizárása	24 órán belül	Fe(II)	Ü, M
5 cm ³ cc. H ₂ SO ₄ /dm ³ és 0,2 g K ₂ Cr ₂ O ₇ /dm ³	1 hónapon belül	Hg. összes	Ü (Q)
20–40 mg Zn-karbonát és NaOH és a levegő kizárása	7 napon belül	Szulfit	M

3.2. táblázat. Vizminták tartósítási módszerei és az alkalmazható edényanyagok
(Ü – üveg, M – műanyag, Q – kvarc)

3.1.5. Helyszíni vizsgálatok

Számos olyan paraméter van, amelyek állandóságát a legkörültekintőbb munkával sem lehet garantálni. A leghétköznapibb ezek közül a víz hőmérséklete. Az ilyen paraméterek meghatározását a mintavétel helyszínén kell elvégezni. Erre a célra kereskedelmi forgalomban kaphatók hordozható mérőberendezések, melyekkel meghatározható pl. a víz hőmérséklete, a pH, az elektromos vezetőképesség és az oldott O₂ koncentrációja. Mivel a készülékek általában potenciálkülönbséget mérnek, ezért alkalmas munka- és referenciaelektród csatlakoztatásával más paraméterek meghatározására is alkalmasak lehetnek.

3.1.6. Minőségbiztosítás

Egy mintavételi kampány során mindig kell „venni” vakmintát. Ez azt jelenti, hogy terepi körülmények között nagy tisztaságú vizet (ezt hozni kell magunkkal) töltünk ugyanolyan mintatartó edényekbe, mint a valós mintákat, és azokkal azonos módon kezeljük őket, beleértve a reagensek hozzáadását és a szűrést is. A vakmintákat a laboratóriumban ugyanúgy kell elemezni, mint a valódiakat, és a kapott vakértékeket korrekcióba kell venni a valódi minták eredményeinek a kiszámításánál.

A mintavétel megismételhetőségéről ad tájékoztatást a kettős mintavétel, amikor a mintákból kétszeres mennyiséget veszünk, és valamennyi paraméter meghatározására két párhuzamos edénybe töltjük, és külön-külön kezeljük, majd elemezzük.

3.2. Csapadékok (eső és hó) mintavétele

A csapadékok eloszlása a Földön a globális légkörzéstől és a helyi topográfiai viszonyoktól függ. Különös jelentőséggel bírnak e tekintetben a hegységek és az óceánok. Általánosságban a víz kicsapódásához telített vízgőznek kell jelen lennie a levegőben, és a levegőnek le kell hűlnie. A Föld egészét tekintve három fő precipitációs övezet létezik, egy az Egyenlítőnél és a másik kettő az északi és déli szélesség 50. fokánál. Kisebb léptékben tekintve a hegységek sajátos hatást okoznak: az óceán felől érkező meleg, nedves levegő kénytelen felemelkedni, a vízgőz kondenzál, és csapadék keletkezik. A hegység túloldalán a leszálló száraz levegő csapadékszegény szárazföldi területet hoz létre. A monszunjelenség, amely a kontinensek partvidékein, legfőképp Délkelet-Ázsiában, keletkezik, rendkívül jelentős, de egyúttal szezonálisan változó csapadékokat eredményez.

Mindazonáltal a túltelített vízgőz önmagától nem kondenzál vízcseppekké, csak ha aeroszol részecskék (cloud condensation nuclei, CCN) vannak jelen. Az eső létrejöttéhez az is szükséges, hogy a keletkezett vízcseppek mérete annyira megnövekedjék, hogy elég nehezek legyenek ahhoz, hogy esés közben ne párologjanak el. Az eső az egyik legfontosabb módja a légkör öntisztulásának, legyen szó akár természetes, akár antropogén szennyezőanyagokról.

Fontos annak meghatározása, mit is értünk eső alatt. Erre nincsenek általánosan elfogadott kritériumok. A nagyon finom méretű (< 0,5 mm) cseppek, amelyeknek nincs egyértelmű mozgása, alkotják a ködöt. A levegő hőmérsékletének megváltozására ezek a cseppek csapadékhullása nélkül elpárologhatnak, vagy dér vagy zúzmara formájában kicsapódhatnak. Ez a fajta csapadék csak aktív mintavevőkkel gyűjthető, amennyiben jelentősebb mintamennyiségre van szükség. Az ennél nagyobb cseppekből álló eső intenzitása a szemerkéléstől a csendes esőn és a záporon át a felhőszakadásig változhat.

Mintavételi stratégia

A vízgőz tiszta vízből áll. Mivel az eső képződésének alapvető feltétele a szilárd aeroszol jelenléte, ezért az abból származó ionok az esővízben feloldódnak. Az oldott anyag legfontosabb természetes forrása a tengeri só és a talaj pora. Ipari területeken az eső rendszerint szervesetlen nyomszennyezőkkel⁷ szennyezett. A légköri gázok oldódhatnak az esővízben, reakciókba léphetnek, amelyek során új specieszek keletkezhetnek. Ha a desztillált víz egyensúlyban van a levegő CO₂-jával, az oldódásból származó szénsav disszociációja miatt a pH 5,7 lesz. A légköri SO₂ 80 %-a antropogén forrásból (erőművek és fűtés) származik, ez továbbalakulva finom eloszlású kénsavat szolgáltat. Az eső nitráttartalma a NO_x-ből származik (75% az antropén kibocsátás részaránya), ennek forrása a fosszilis tüzelőanyagok égetése és a gépjárművek. A SO₂ és a NO_x a savas eső fő okozói. Az ammóniumionok leginkább a mezőgazdaságból származnak, és a teljes kibocsátás mintegy 90%-a antropogén eredetű (3.3. táblázat).

Komponens	Új-Skócia [5]	New Hampshire [3]	Antwerpen [6]	Darmstadt [7]	Groß-Rohrheim [7]
H ⁺	29,9	69,3 ± 2,1	95 ± 68	37	16
NH ₄ ⁺	4,2	10,6 ± 0,6	157 ± 158	55,2 ± 3,5	33,3 ± 3,3
Ca ²⁺	4,3	6,5 ± 0,8	-	1,8 ± 0,2	1,0 ± 0,1
Na ⁺	26,1	4,8 ± 0,5	-	16,5 ± 1,2	13,0 ± 0,7
Mg ²⁺	2,9	3,0 ± 0,5	-	0,8 ± 0,1	0,5 ± 0,1
Al ³⁺	<0,1	1,8 ± 0,2	-	-	-
K ⁺	1,1	1,5 ± 0,3	-	0,9 ± 0,1	0,8 ± 0,1
SO ₄ ²⁻	27,5	54,0 ± 2,1	209 ± 132	15,0 ± 0,2	9,1 ± 0,1
NO ₃ ⁻	9,7	23,5 ± 1,0	81 ± 83	23,4 ± 1,2	14,5 ± 0,5
Cl ⁻	29,5	11,2 ± 1,2	303 ± 403	12,3 ± 0,9	9,1 ± 0,8
PO ₄ ³⁻	-	0,3 ± 0,1	-	-	-
HCO ₃ ⁻	-	0,1	-	-	-
pH	4,6	4,16	4,2 ± 0,5	4,43	4,81

3.3. táblázat. Éves átlagos koncentrációk csapadékokban $\mu\text{Ekv}/\text{dm}^3$ -ben megadva

Az esőminták gyűjtése több okból is nélkülözhetetlen. Fontos, hogy ismerjük a szennyezőanyagok háttérkoncentrációját, hogy megfelelő szabályozást lehessen alkotni. A szennyezőanyagok térbeli és időbeli eloszlásának ismerete fontos a hatósági és kormányzati tevékenység megalapozásához. A tudomány szempontjából pedig az a fontos, hogy leírjuk a légkörben zajló reakciókat, modellezzük azokat, és meg tudjuk becsülni a bioszférára gyakorolt hatásokat. Mielőtt bármilyen kísérleti munkába belefognánk, legfontosabb a mintavételi stratégia és a teljes analitikai eljárás kidolgozása annak érdekében, hogy a fenti problémafelvetésekre érdemi választ tudjunk adni.

3.2.1. Mintavételi terület

A mintavételi területet a problémafelvetés függvényében kell meghatározni. A mintavevők elhelyezését illetően számos előírás létezik, amelyek szorosan összefüggenek a felvetett prob-

⁷ A szervesetlen nyomszennyezőket mind a hétköznapi életben, mind szakmai körökben gyakran leegyszerűsítve nehézfémeknek nevezik. Mindazonáltal ez a megnevezés kerülendő, mivel ide más szennyezők is tartoznak, pl. As, Be és Se, amelyek sem nem fémek, és elemi állapotban a sűrűségük is kisebb, mint 5 g/cm³.

lémával. Azonban a terepi viszonyok miatt sok esetben kompromisszumot kell kötni a lehetőségek és az elvárások között. A csapadék-mintavételt a következő paraméterek befolyásolják: a szél iránya és sebessége, a levegő hőmérséklete és páratartalma, valamint a mintavételi hely topográfiai és geológiai adottságai. Amennyiben ezen utóbbi adottságok nem megfelelőek, a megvett minta csak az adott pont közvetlen környezetét fogja reprezentálni, nagyobb területet nem.

A fenti paraméterek némelyike nem kontrollálható. Valós helyzetekben többnyire szükség van elektromos csatlakozásokra, amelyekről a mintavevő készülék és más, a körülményeket regisztráló berendezés működik. Biztosítani kell továbbá az eszközökhöz való hozzáférést, távol tartva az illetékteleneket. Ha szervesetlen nyomszennyezőket kell meghatározni, akkor a por kontaminációs veszélyt jelent. Kompromisszummént ilyenkor a mintavételt 150 cm magasságban kell végezni, így a hozzáférés is megoldott, és a kontamináció veszélye is kisebb. Erős szél esetén a 150 cm-es mintavételi magasság sem jelent védelmet a porkontaminációval szemben, ilyenkor a nyomelemek koncentrációja nagyobbak mutatkozik, különösen átfutó záport követően.

3.2.2. A mintavétel időtartama

Az analitikai módszer teljesítőképességétől és a megoldandó probléma természetétől függően kell a mintavétel időtartamát meghatározni. Kereskedelmi forgalomban kaphatók olyan mintavevő eszközök, amelyekkel akár néhány perc alatt elvégezhető a mintavétel. Mindazonáltal az így vett minták térfogata behatárolt, sőt, mivel a mintával érintkező felület a minta térfogathoz képest nagy, jelentős kontaminációs veszély lép fel, illetve a felületen komponensek kötődhetnek meg, ami negatív hibát okoz. Ugyancsak veszteséget okoz az, hogyha a minta megtapad a tölcser falán, és nem tud akadálytalanul a szedőedénybe áramlani, ez a hiba a mintavevő felülettel arányos. A rövid mintavételi időtartam vitathatatlan előnye, hogy az összegyűjtött mintában sem kémiai, sem biológiai átalakulások nem indulnak meg.

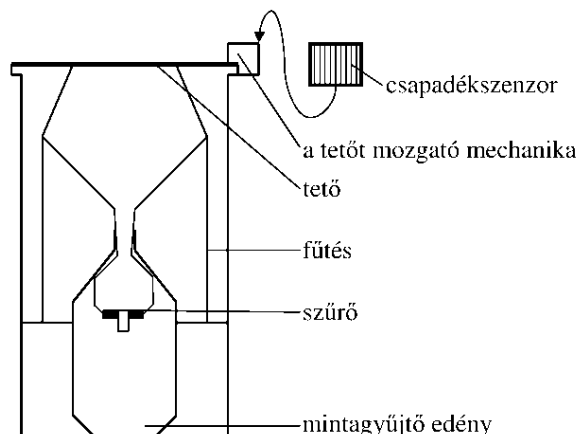
A mintavétel időtartama igen gyakran néhány órától egy napig terjed. Az eredmények összehasonlíthatósága érdekében az időtartamnak egyformának kell lennie valamennyi mintára. Hosszútávú és hálózatban történő mintavételhez ilyen rövid időtartam nem célszerű, ilyen mintavételi programokban az egyhetes időtartamot tekintik optimálisnak.

3.2.3. Mintavételi eszközök

A mintavételi eszközöket a felvetett problémának megfelelően kell megválasztani. Az esővíz szervesetlen összetevőinek vizsgálatára többféle mintavevő áll rendelkezésre. Húsz különböző csak nedves (wet-only) mintavevő kritikai összehasonlítása azt az eredményt szolgáltatta, hogy a csapadékszensor – ami a mintavételi nyílás nyitását és bezárását vezérli – működési módja nagy mértékben befolyásolja az összegyűjtött minták összetételét. A túl érzékeny szenzorokkal szerelt készülékek más, finom részecskéket is (pl. szmog) összegyűjtenek, amelyek között szilárd aeroszol részecskék is vannak. A túl érzéketlen mintavevők ezzel szemben kezdődő esőnél az első csapadékcseppekre még nem kezdenek el működni, pedig pontosan az első esőcseppekben rendszerint nagyobb koncentrációban vannak jelen a meghatározandó komponensek. Mindezek miatt a szenzor érzékenységevel nő a minta nyomelemtartalma.

Egy csak nedves mintavevő vázlatos rajza látható a 3.2. ábrán. A szenzor beépített fűtéssel rendelkezik, és a beavatkozási ideje 0,3 és 3 perc között változtatható. Mivel a tölcser, a szűrő- és a szedőegység is fűthető, a berendezés alkalmas hó mintavételezésére is. A készülék

a mintát 0,45 µm-es pórusméretű membránszűrőn azonnal leszűri. A mintával érintkező valamennyi alkatrésze polietilénből vagy poliuretánból készült.



3.2. ábra. Csak-nedves mintavevő vázlatos rajza

Szerves vagy szerves + szervesen szennyezők vizsgálatára alkalmas mintavevő is létezik. Az ilyen mintavevők használatakor fontos szempontok:

- a valamennyi analitikai módszer által igényelt összes mintamennyiség;
- a mintavevő által meghatározott mintatérfogat torzítatlansága;
- a kontaminációmentes mintavétel;
- a minta szűrésének lehetősége vagy szükségessége;
- a szedőedényben tartózkodó minta stabilitása.

Az olyan problémafelvetések szempontjából, mint a trendek megállapítása, a mintavétel reprezentativitása és a szennyező anyagok koncentráció-meghatározásának torzítatlansága elsődleges fontosságú. Ezen paraméterek pontos ismerete nélkül a komponensek globális nedves kiülepedése nem határozható meg.

A minta térfogatának pontos ismerete szintén nagyon fontos a pontos anyagáramok meghatározása érdekében. Ennek kétféle módja van, egyrészt megmérhetjük a mintavevő szedőedényében összegyűlt folyadék térfogatát a mintavétel befejezése után, másrészt a csapadékmennyiséget meghatározhatjuk egy, a közvetlen közelben elhelyezett csapadékmennyiségmérővel. A kétféle módszerrel észlelt mennyiségek között rendszerint csak 10%-ot meg nem haladó különbségek vannak, sőt hosszútávú mintavételeknél kifejezetten jó egyezést találtak.

Jelentősen nagyobb különbséghez vezet, ha a két mintavételi hely közötti távolság kilométeres nagyságrendű, akár 100% is lehet az eltérés. Ezek a különbségek a topográfiai eltérésekkel magyarázhatók, és hosszútávú mintavétel (pl. éves összcsapadék) esetén is fennállnak.

Amennyiben a mintavevőben alkalmazott anyagok nem kellő körültekintéssel kerültek kiválasztásra, a mintavevő maga is kontaminációs forrás lehet. Amennyiben a szerkezeti anyagok – beleértve az adalékokat, színezőanyagokat stb. is – olyanok, hogy azok meghatározása nem célunk, a kontamináció kiküszöbölhető. Az új eszközök első használatbavétele előtt azokat gondosan meg kell tisztítani, mert a gyártási folyamatból maradhettek bennük kontaminációt okozó komponensek. A teljes tisztítási folyamat akár több hétig is eltarthat, az eszköz anyagától és a vizsgálandó komponenstől függően.

A szervesen nyomszennyezők vizsgálatakor gyakran van szükség a minta szűrésére. Ha a szűrés elmarad, a szilárd szemcsék a szedőedény aljára kiülepsznek, és igen nehéz a mintát

mennyiségileg kinyerni. További problémát jelent, hogy a folyadék és a szilárd fázis között hosszabb idő alatt komponensátadás indul meg, ami megváltoztatja a minta összetételét.

A szennyezőanyagok stabilitása a csapadékmintában számottevően befolyásolja a mért koncentrációkat. Módszeres vizsgálatokra van szükség annak meghatározására, hogy az egyes komponensek milyen mértékben kötődnek meg a mintával érintkező készülékek felületein. A biológiai aktivitás és a kémiai átalakulások lehetősége két további fontos lehetőség a szennyezőanyagok koncentrációjának megváltoztatására a mintában.

3.2.4. Téli mintavétel

Az esővíz gyűjtésére tervezett készülékekkel a hó mintavételezése nagyon nehézkes. Annak érdekében, hogy a légmozgás a hópelyheket ne tudja kifűjni, mély (és emiatt nagyfelületű) tölcseket alkalmaznak. A minta szűrésére csak akkor van lehetőség, ha a készülék beépített fűtéssel rendelkezik. Ha ilyen nincs, az időjárás megenyhülésekor – a hóminta olvadása miatt – a szűretlen mintáknál szokásos problémák jelentkeznek. A téli mintavevőknél igen jelentős az edényzet falán megtapadó mintarészekből adódó veszteség, a kapott mintatérfogatok pedig szignifikánsan kisebbek, mint a normál csapadék-mintavevőkkel meghatározott mennyiség.

A hó mintavételezésére a legegyszerűbb mód a kézi gyűjtés. Ez a módszer emberi tevékenységtől távolos területeken alkalmas felszíni hó vételezésére, feltéve, hogy az alkalmazott eszközök, és a helyszínre kiszálló mintavevő személyzet okozta kontaminációt kiküszöböljük. Mindazonáltal az így megvett minta csak egy kis területet és rövid időtartamot reprezentál.

A grönlandi és antarktiszi jég különböző mélységből származó rétegeiből vett datált jégmintákból meghatározható az Pb, Cd, Hg, Cu és Zn koncentrációja, és ezáltal rekonstruálható ezeknek az elemeknek az emberiség történelme során változó felhasználása. Mivel a jégminták kora több százezer évre visszamenőleg meghatározható, így nyomon lehet követni az emberiség megjelenése előtti korban történt természetes kibocsátásokat (pl. vulkánok), illetve meg lehet határozni az elemek háttérkoncentrációját, amihez képest vizsgálhatók a későbbi trendek, például az ipari forradalom óta eltelt időben bekövetkezett változások.

Sajnos az ilyen vizsgálatokat sokáig hátráltatta az a tény, hogy a sarkvidéki jégben mérhető elemkoncentrációk a legkisebbek a Földön. Példaképpen megemlíthető, hogy a Antarktisz jegében a néhány ezer éves rétegekben az ólom jellemző koncentrációja 0,4 pg/g, a kadmiumé 0,1 pg/g, tehát jelentősen kisebbek, mint egy átlagos laboratórium által használt nagy tisztaságú vízben. Ezért az ide vonatkozó régebbi mérési adatok utólag általában hibásnak bizonyultak, és csak az 1990-es évek óta lehetséges a mintavételt és az elemzést olyan tisztasági követelményeknek megfelelően végrehajtani, hogy a kapott eredmények megbízhatóak legyenek. Az ilyen kutatásokban résztvevő szakembereknek mindenkor rendkívül körültekintően kell eljárni, a kielemezt fúrómagokban kintről befelé haladva meg kell határozni a vizsgált komponensek koncentrációváltozását, a teljes analitikai eljárásra vonatkozó, megbízható vakérték-meghatározást kell elvégezni.

3.2.5. A minták tárolása

A minták megvétele és elemzése közötti időre a minták megfelelő tárolásáról kell gondoskodni. Ha nyomelemek meghatározása a cél, a minták pH-ját 1-re kell beállítani salétromsavval. A savanyítást csak a minták szűrése után szabad elvégezni, ellenkező esetben a szilárd fázis részleges oldódása miatt az oldatfázisban jelentősen nagyobb koncentrációk lesznek mérhetőek. A savanyítás után a minták többé-kevésbé stabilnak tekinthetők, a nyomelem-koncentrációk hónapokig nem változnak érdemi mértékben (kivéve a Hg-t). Ha hosszútávú táro-

lásra van szükség (pl. archív minták), célszerűbb és biztonságosabb $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on fagyasztva tárolni a mintákat.

A szerves nemfémes ionok és a szerves komponensek meghatározásához egy-egy meg nem savanyított, de szűrt mintarészletet kell elkülöníteni, és ezeket az elemzésig $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on kell tartani. Különösen a szerves komponensek esetében fontos, hogy a minták eltarthatósága a komponens tulajdonságai függvényében igen eltérő lehet, 1-2 naptól több hétig is terjedhet.

3.2.6. Következtetések

Megállapítható, hogy a különböző módszerekkel végzett mintavétel alapján kapott eredmények jelentősen eltérhetnek egymástól. Annak érdekében, hogy az eredmények összehasonlíthatók maradjanak, a mintavételi módszernek állandónak és reprodukálhatónak kell maradnia. Mivel egyes esetekben a mérendő koncentrációk nagyon kicsik, fokozott figyelmet kell szentelni a kontaminációs források kiküszöbölésének.

3.3. Hulladékok mintavételezése

3.3.1. Bevezetés

A hulladék definiálható úgy, mint olyan ingó tárgy, amelytől a tulajdonosa meg akar szabadulni, vagy alkalmas módon ki kell dobni a közjő, és különösen a környezet védelme érdekében. Hulladékok a legkülönfélébb dolgok lehetnek: ipari hulladék, lakossági eredetű szemét, kitermelt meddő anyagok, fáradtolaj, autóröncs, használt gumiabroncs, kimerült galvánfürdő, szennyvíziszap és még nagyon sok más.

Halmazállapotát tekintve lehet szilárd vagy folyékony, de a kettő közötti átmenet is. A háztartási szemét különösen heterogén összetételű szilárd anyag.

A hulladékot szállíthatják folyamatos anyagáramban (pl. egy szállítószalagon), vagy szakaszosan hulladékszállító gépjárművekkel.

Bizonyos típusú hulladékok újra felhasználhatók, feldolgozhatók új termékekké, vagy tüzelőanyagként elégethetők.

A hulladékot minősítik annak érdekében, hogy:

- megállapítsák az újrahasznosításra való alkalmasságát;
- hozzárendeljék a hulladékot bizonyos újrafelhasználási eljárásokhoz és üzemekhez;
- meghatározzák az alkalmas lerakási helyet vagy hulladékkezelő üzemet;
- meghatározzák a fűtőértékét;
- alapvető információkat nyerjenek a hulladék fajtájáról és összetételéről.

Annak érdekében, hogy a fenti kérdésekre választ kaphassunk, az anyag körforgásának különböző pontjain kell mintavételt és elemzést végezni.

A szennyvíziszap vizsgálata során a fentiekén kívül még célul tűzik ki, azt hogy:

- eldöntsék annak mezőgazdasági felhasználásra való alkalmasságát;
- azonosítsák a perzisztens vegyi anyagokat;
- figyelemmel kísérjék a szennyvíz mennyiségének csökkentésére irányuló törekvés sikerességét;
- a szennyvíztisztító telepek működésének hatékonyságát ellenőrizzék.

Mind a hulladékok, mind különösen a szennyvíziszap minősítésének alapvető előfeltétele a szakszerű mintavétel. Bármennyi időt és pénzt fektetünk a minták elemzésébe, nem ér sem-

mit, ha nem lehetünk bizonyosak abban, hogy a minta a vizsgált populációt reprezentálja. Mivel a hulladékok eredendően igen heterogén anyagrendszerek, célszerűen inkább a feldolgozásuk során keletkező termékek kémiai összetételét szokás meghatározni, az eredeti hulladékra vonatkozóan csak néhány – főleg fizikai – tulajdonságot vizsgálnak (lásd fentebb). A termékek közül kiemelkedő jelentőségű a kémiai elemzés szempontjából a már említett szennyvíziszap, a hulladékégetés égéstermékai (füstgázok, pernye) és maradékanyagai. Ez utóbbiak közé tartozik a salak és a füstgáztisztítási melléktermékek, amelyek a füstgázokból abszorpcióval (savas gázok \rightarrow Ca-sók) és adszorpcióval (dioxinok, furánok, Hg \rightarrow aktív szén) megkötött komponenseket tartalmaznak.

Meg kell jegyeznünk, hogy a reprezentatív mintavétel követelménye szilárd hulladékoknál igen nehezen, vagy egyáltalán nem teljesíthető. Szokványos jelenség egy-egy kiugró adat megjelenése, amit okozhat valamilyen „forró folt” (hot spot) előfordulása a vizsgálandó alapsokaságban. A kiugró értékeket tartalmazó adatsorok interpretációjánál különös gonddal kell eljárni. Az adatok természetes szórása, és a hosszútávú trendek elkülönítése is gondos kiértékelő munkát igényel.

3.3.2. Mintavétel és tárolás

A mintavételre szolgáló eszközök és edények igen sokfélék lehetnek annak megfelelően, hogy milyen típusú hulladék vizsgálatához alkalmazzák őket. Laza szerkezetű, szilárd hulladékok felszínéről a minták megvehetők egy egyszerű lapáttal. Ha a hulladék vastagabb, tömör réteget alkot, vagy mélyebbről kell mintát venni, akkor valamilyen fúró mintavevő alkalmazása szükséges, illetve a mélyebb rétegek feltárása történhet valamilyen kotró- vagy markológéppel. Az alkalmazott mintavevő eszközök gyakran megegyeznek, vagy hasonlóak a geológiai mintavételezésnél ismertettekkel (*részletesen lásd ott, [2.1.2.2. szakasz](#)*).

A folyékony halmazállapotú vagy fluid iszapok sekély mélységű mintavételezéséhez merítő mintavevők használatosak. A legegyszerűbb ilyen mintavevő egy szilárd rúd végén rögzített merítőkanál. Különböző hosszúságú hengeres mintavevőket alkalmaznak a mélységi mintavételezésre ilyen közegekben. A mintavevő kialakításától függően ezek alkalmasak lehetnek egy adott magasságú szelvény kiemelésére, vagy adott mélységben elhelyezkedő rétegből történő mintavételre.

A minták tárolása többnyire megfelelő térfogatú, szélesnyakú, zárható edényekben történik. Az edények anyagát úgy kell megválasztani, hogy egyrészt ne szennyezhesse el a mintát a meghatározandó komponensekkel, másrészt ne kössön meg azokból semmit. További követelmény, hogy a minta ne okozzon korróziót az edény falán.

A teljesség igénye nélkül álljon itt néhány példa a fenti problémákra. Ha például műanyagból készült edényt használunk, annak a fala jelentős mennyiségű olajat és zsírt, vagy akár halogénezett szénhidrogént adszorbeálhat a tárolás során. Ugyanakkor a mintában levő olajos komponensek kioldhatnak a műanyagból különböző szerves adalékanyagokat, például lágyítószerket. Az üvegből készült edények szinte bármilyen típusú mintához megfelelnek, de nem teszik lehetővé a minta fagyasztását (pl. iszap). A fémből (pl. alumínium) készült edények jól tűrik a fagyasztást, és a szállítás során jó mechanikai védelmet nyújtanak a mintáknak, de korrozív folyadékoknak nem állnak ellen.

3.4. Szennyvizek mintavételezése

3.4.1. Bevezetés

A szennyvizek minősítése során szükség van mind a víz, és az abban lebegő, illetve abból kiülepedő szilárd anyagok, illetve elkülönülő folyadékfázis, mind a feldolgozás (tisztítás) során keletkező iszapok, és a fermentáció útján keletkező gázok összetételének meghatározására. Mivel a megmintázandó közeg többfázisú rendszer, lebegő, úszó, szuszpendált anyagokat, oldott gázokat tartalmaz, így a mintavétel reprezentativitásának és szakszerűségének biztosítása nagy körültekintést igényel. A számos befolyásoló tényező megfelelő számbavételét a mintavételi program sűríti össze. A jól megtervezett mintavételi program tartalmazza: a vizsgálat célját, a mintavétel helyét, idejét, gyakoriságát, a minta típusát, a mintavételi módszereket, a minták kezelési módját és a választott analitikai módszert.

A cél érdekében ismerni kell az adott víztípusra jellemző tulajdonságokat, határértékeket. Ezek megállapítására fizikai és kémiai, valamint biokémiai és mikrobiológiai vizsgálatok elvégzésére van szükség. Cél lehet: csatornába, ill. befogadóba bocsáthatóság megítélése, újrahasználát, öntözési célú minősítés, a tisztító eljárás, ill. műveleti lépések hatásfokának meghatározása, tisztítástechnológia megválasztása/módosítása/intenzifikálása. A mintavételi program kidolgozása során figyelembe kell venni, hogy a vizsgálat csupán tájékoztató jellegű-e, vagy konkrét szennyezőanyag(ok) felderítését, azok eredetének meghatározását, illetve az összetétel rövid illetve hosszú időtartamú változásainak követését célozza-e.

A minták típusa lehet *pontminta*: hely, tárolóhely, tároló edény egyetlen pontjáról származó minta; *átlagminta*: időbeli ugyanazon hely adott pontján különböző időpontban vett minták keveréke és *térbeli átlagminta*: egy hely különböző pontjain, közel azonos időpontban vett minták keveréke. Az átlagminták gyűjtése során tekintettel kell lenni arra, hogy a különböző mintavételi pontokban a *fluxus* (vízhozam) eltérő lehet, ezt az átlagminta képzésekor figyelembe kell venni, pl. eltérő térfogatú minták egyenletes időközönként, vagy azonos térfogatú minták változó időközönként történő vételével.

A mintavételi helyek kiválasztásánál fontos, hogy a tanulmányozott rendszerben térben és időben is inhomogén vízminőség-eloszlás fordulhat elő, pl. többféle víz találkozásakor az elkeveredés bizonyos távolságon belül még nem következik be, függőleges irányban hőmérsékleti rétegződés alakulhat ki, az egyébként homogénnek tűnő rendszerben egyes komponensek eloszlása inhomogén lehet. Mindezekből adódóan a mintavétel helyének kijelölése során figyelembe kell venni a vízhozamokat, szennyvízbevezetéseket, a helyi adottságokat és az elővizsgálatok eredményeit, különös tekintettel az elkeveredés tanulmányozására. Amennyiben a víz összetétele inhomogén, az adott szelvényben több ponton – kereszt-szelvényben és mélységben (horizontális és vertikális) – kell vízmintát venni.

Amennyiben ezekből átlagmintát képzünk, a fentiek alapján, a fluxusoknak megfelelő térfogatarányos mintavételt kell végeznünk. Turbulens áramlást okozó műtárgyak (pl. bukógát) után meghatározott távolságban kell a mintavételt elvégezni.

3.4.2. Mintavételi eszközök

A vízmintavétel eszközei lehetnek manuálisak és automatikusak. Fontos szempont a mintavevő anyagának megválasztása, az ezzel kapcsolatos megfontolásokat lásd a [3.1](#) és a [3.3](#) fejezetben. Az automata mintavevőkkel szemben támasztott követelmények:

- minél kevesebb vízbe merülő és vízzel érintkező, mozgó alkatrészrel rendelkezzen,
- korrózióknak és víznek ellenálló legyen,

- egyszerűen működtethető és karbantartható legyen,
- szilárd anyagok ne okozzanak könnyen eltömődést,
- a szállított térfogat pontos legyen,
- biztosítsa a minták hűtését,
- folyamatos, idő- illetve térfogatarányos mintavételt tegyen lehetővé.

3.4.3. A minták tartósítása és tárolása

A mintatároló edényekkel kapcsolatos követelmények – a mintavételi eszközökhöz hasonlóan – szintén azonosak a felszínvíz- és a hulladék-mintavételezés során alkalmazott edényzetekkel szemben támasztottakkal.

A minták szakszerű tartósítása igen fontos a vizsgálati eredmények torzítatlansága szempontjából. Az egyes meghatározandó paraméterek különböző okokból jelentős változást szenvedhetnek a nem megfelelő tartósítás és tárolás miatt. Mivel a szennyvizek rendszerint igen nagy számban tartalmazhatnak mikroorganizmusokat, amelyek a mintavételt követően igen gyorsan megváltoztatnák a minták összetételét (biológiai oxigénigény, keménység, lúgosság, pH, a szén-dioxid, szervesanyag-, nitrogén-, foszfor- és szilíciumvegyületek koncentrációja), így szükséges ezen mikroorganizmusok inaktiválása. Ez történhet a hőmérséklet csökkentésével (hűtés, fagyasztás), vagy megfelelő vegyszerek adagolásával.

A minták összetétele megváltozhat tisztán fizikai-kémiai folyamatok eredményeképpen is. Egyes vizsgálandó komponensek oxidálódhatnak a levegő oxigénjének hatására, mint például egyes szerves vegyületek, kétértékű vas, szulfidok stb. A pH esetleges megváltozása miatt összetevők kiválhatnak, illetve oldatba mehetnek, mint például a kalcium-karbonát, vagy egyes fémvegyületek. A pH, az elektromos vezetőképesség, a lúgosság, a szén-dioxid-koncentráció, a változó keménység stb. megváltozhat a szén-dioxid levegőből történő oldódásával. Az edény falán vagy a vízben levő lebegőanyagon oldott és kolloid fémvegyületek, szerves anyagok adszorbeálódhatnak, továbbá polimer vegyületek depolimerizálódhatnak, mint például a kondenzált szervesetlen foszfátok.

Néhány vízminőségi jellemző igen rövid idő alatt változik. Ezeket vagy csak a helyszínen lehet meghatározni (pl. hőmérséklet, szabad szén-dioxid, oldott oxigén-tartalom), vagy az analízist meg kell kezdeni a komponens megkötésével, ilyen például az oldott oxigén „lecsapása” (csapadék formájában, mangán-oxi-hidroxidként való megkötése). Amennyiben külön akarjuk vizsgálni a vízben oldott és lebegő anyagokat, úgy a szűrést is a helyszínen kell végezni. Lassabban változó komponensek tartósíthatók megfelelő vegyszerek alkalmazásával.

Általánosan használható, minden komponens megőrzésére alkalmas tartósítószer nincs. Az elemzésekhez rendszerint ezért kell több edényben a vízmintát tárolni, és azokat különböző tartósítószerrel kezelni. A gyakorlatban alkalmazott tartósító módszerek:

- a minta hűtése 4 °C-ra, ill. -20 °C-on mélyfagyasztás,
- a savas körülmények (pH <2) létrehozása,
- lúgos körülmények (pH >12),
- oxidáló szerek alkalmazása (HNO₃ és K₂Cr₂O₇),
- oldószerek (kloroform, szén-tetraklorid),
- dezinficiáló szerek (HgCl₂),
- és speciális reagensek alkalmazása.

Az MSZ 448/46-1988. sz. szabvány előírásai tartalmazzák a leggyakrabban alkalmazott tartósítási módok esetén a mintavételtől számított, adott időn belül meghatározható komponensek listáját.

3.5. Humán minták

Humán minták gyűjtésére többféle okból lehet szükség, kórkép diagnosztizálása, epidemiológiai vizsgálatok, farmakokinetikai vizsgálatok és szövetminta-bankok számára. A mintavétel során két fő hibaforrás léphet fel:

- a mintavételi eszköz által okozott kontamináció, pl. rozsdamentes acélkanülök, szikék
- helytelen mintavételi technika, pl. nem megfelelő átmérőjű tű használata, a vér alakos elemeinek túl kései elválasztása.

A felhasznált edényzet falán történő adszorpció többnyire elhanyagolható, de a műanyag eszközökből beoldódhatnak meghatározandó komponensek (pl. lágyítószer).

Klinikai és környezeti/toxikológiai szempontból a legfontosabb minták a teljes vér, vérplazma, vizelet, haj és az anyatej.

A kutatási célú mintavétel során mindig szükséges jegyzőkönyvben rögzíteni a mintát adó személy korát, nemét, anamnézisének. A kutatási feladatnak megfelelő kémiai vizsgálatokon túlmenően szükséges néhány klinikai kémiai paraméter meghatározása is, pl. hematokrit a vérben, kreatinin a vizeletben stb.

3.5.1. Mintavételi eljárások

A szerves nyomszennyezők meghatározásánál használatos mintatartó csövek anyaga polipropilén. Ezek $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on is stabilak, csavarzárral rendelkeznek, egyszeri használatra készültek. A mintavétel előtt 8%-os salétromsavval, majd nagy tisztaságú vízzel kell tisztítani őket. A szerves szennyezők meghatározásához szükséges üvegcsöveket nagy tisztaságú petroléterrel kell tisztítani. Mindkét esetben a csövek szárítását nagy tisztaságú laboratóriumban (legfeljebb 100-as osztályú) kell végezni.

A nem tisztítható eszközöket (pl. egyszerhasználatos rozsdamentes acéltűk) minden új csomag kibontásakor ellenőrizni kell a lehetséges kontaminációk felderítésére.

3.5.1.1. Teljes vér és vérplazma

A vérmintavétel mindig hanyattfekvő helyzetben történik, mivel ülve, illetve állva a vér eloszlása megváltozik a szervezetben. Kizárólag hintőpormentes kesztyűket szabad használni a mintavétel során. A bőr tisztítására 70%-os izopropanollal átitatott gézt használhatunk. Maga a mintavétel az infúziós szerelékeknél alkalmazott nagyátmérőjű (19G méret) rozsdamentes acélból készült tűvel történik. Ezzel csökkenthető a hemolízis kockázata. A mintákat többnyire a klinikai gyakorlatban alkalmazott egyszer használatos műanyag csövekbe vesszük, kivéve azokat az eseteket, amikor a meghatározandó (elsősorban szerves) komponensekre a műanyag csövek vakértéke nagy.

A minta első 20 cm^3 -ét használjuk fel a szerves komponensek meghatározására, a nyom-elemek vizsgálata a másodiknak levett, 10 cm^3 -es részletből történik. Ezzel a módszerrel kiküszöbölhető a rozsdamentes acéltű által okozott kontamináció a második mintarészletben, az első pedig mintegy „öblítésként” szolgál.

A minták megalvadását heparinnal (1-2 csepp 5000 IE/mL csövenként) akadályozhatjuk meg. A véralvadást szintén hatékonyan lehet megakadályozni etiléndiammin-tetraecetsavval

(EDTE), de ez utóbbi – mivel igen stabil komplexet képez számos kationnal – nyomelemek meghatározása során jelentős kontaminációs veszélyt okoz. Bármilyen véralvadásgátlót is alkalmazunk, a minta megvétele után a vért a csőben lévő gátlószerrel alaposan el kell keverni. A hemolízis elkerülése érdekében az alakos elemeket a mintavételtől számított 2 órán belül centrifugálással (3000 min^{-1} , 10 perc) el kell különíteni a plazmától.⁸ Ez különösen a vas és a cink esetében fontos, mert ezeknek az elemeknek a sejten belüli koncentrációja nagyobb, mint a sejten kívüli. A plazma vizsgálata mindenképpen célszerűbb, mint a szérumé, mert az előbbiben a fehérjekoncentráció reprodukálhatóbb, mivel a fibrinogén még nem csapódott ki.

3.5.1.2. Vizelet

A vizelet-mintavételre vonatkozóan a vizsgált személyeket – akik maguk veszik a mintát – részletes utasításokkal kell ellátni, mert „bizonyosan ők a legkomolyabb kontaminációs források”. A vizsgálandó mintát egy $2,5 \text{ dm}^3$ -es, előzetesen gondosan kitisztított edénybe kell gyűjteni, 24 órán át. Nem szabad vizeletmintát venni nőktől a menstruáció idején, a férfiakat pedig figyelmeztetni kell az esetleges ondómaradványok által okozható cinkszennyezés lehetőségére. A minta stabilitását megőrzendő, a mintavétel és az elemzés közötti időt a lehető legrövidebbre kell szabni. A kontamináció elkerülésére a mintákat nem savanyítjuk, hanem alapos összerázás után (esetleg almintákra osztva) azonnal lefagyasztjuk. A minta megfelelő részletéből mindig meg kell határozni a sűrűséget és a kreatinin koncentrációját.

3.5.1.3. Haj

Az eddigiekkel szemben a haj-mintavételezés és mintaelőkészítés sokat vitatott, különösen az elemzést megelőző tisztítási eljárások. Egy javasolt módszer a mintavételre a következő: kozmetikai és fiziológiai megfontolásokból – a haj növekedése függ a fejen elfoglalt helyétől – a tarkón egy kb. 0,5-1 g tömegű hajfürtöt vágunk le közvetlenül a fejbőr fölött. Ezt követően a fürtöt 2,5 cm-es szegmensekre osztjuk. Csak a tőhöz legközelebbi szegmenst használjuk fel az elemzésre, mert (a) a haj hossza igen eltérő lehet, és (b) a távolabbi szegmensek külső kontaminációja nehezen határozható meg. Azonban a nyomelemek hosszanti koncentráció-eloszlása valamelyes információt szolgáltat a vizsgált személy kórtörténetére vonatkozóan.

Mivel a rozsdamentes acél ötvözőelemei (pl. Cr, Ni) igen gyakran vizsgálandó komponensek a hajban, ezért a szokásos ollók nem alkalmazhatók a mintavételnél. A cirkóniumkerámia a legjobb alternatív anyag erre a célra, ezek a szerszámok élesebbek és olcsóbbak a titánból készülteknél.

3.5.1.4. Anyatej

Az anyatejminta vétele mindig szakképzett személy segítségét igényli. Mivel a kozmetikumok kontaminációs forrást jelentenek, el kell végezni a mell, és főleg a mellbimbó megtisztítását kétszer desztillált vízzel és steril gézzel. A minta vételét kereskedelmi forgalomban kapható, háztartási mellszívó készülékkel végezzük, lehetőleg nagy tisztaságú laboratóriumban. A kívánt mennyiség levétele után a mintát a felfogópalackból az előkészített edényekbe töltjük. Óvni kell a mintát a levegővel való érintkezéstől. Az elemzésig a mintákat lefagyasztva kell tárolni.

⁸ Plazma alatt értjük a még meg nem alvadt vér, alakos elemek nélküli, folyékony frakcióját. A szérum ezzel szemben a már megalvadt vérből kisajtolódó folyadék.

3.6. A léghő gáz alakú és szilárd összetevőinek mintavételezése

3.6.1. Bevezetés

A lokális légszennyeződés elsősorban az emberi egészséget károsítja, de egyes szennyező komponensek a természeti és az épített környezetben is kimutatható károkat okoznak. Az Európai Bizottság 1991-ben ajánlásokat dolgozott ki a városi légszennyeződés megfigyelésére. Ezek az ajánlások a légszennyeződés mérését a városi környezet minősítésének és javításának részeként fogják fel. A megfigyeléseknek három célja van: a lakosság kitettségének a vizsgálata, vagyis annak megállapítása, hogy a nagyváros különböző negyedeiben adott légszennyezettség-értékek meddig maradnak fent. A második cél adatok szolgáltatása a terjedési modellek ellenőrzéséhez és továbbfejlesztéséhez. Végül a légszennyeződést megelőző intézkedések hatásának megbecslése is a feladatok közé tartozik.

A mintavételi állomásoknak három típusa van: közlekedési, városi és ipari állomások. Az elnevezések értelemszerűen arra utalnak, hogy az adott helyen elsősorban milyen jellegű szennyező források meghatározóak. A mintavételi helyszín pontos kijelölésekor tekintettel kell lenni a beépítettség miatt megváltozott légáramlási viszonyokra, a keresztező utcákból beáramló levegő által keltett örvényekre is.

Mindezek figyelembevételével annak a területnek a nagysága, amin belül az állomáson regisztrált vizsgálati eredmények reprezentatívnak tekinthetők, igen tág határok között változhat. A közlekedési eredetű szennyezőanyagok koncentrációja egy állandó forgalmú utca hossz tengelye mentén közel állandó, de az utca két oldala között már általában eltérések mutatkoznak. Ipari területeken a jellemző méret a 10 és 100 m közötti nagyságrendben van, városi háttérállomások esetében pedig mintegy 0,5–2 km, regionális háttérállomásoknál elérheti a 25–150 km-t is.

Az EU direktívái szerint a kén-dioxid, a nitrogén-oxidok, az ózon, a szén-monoxid, a benzol, az ólom, valamint a szállópor (jelenleg a 10 µm-nél kisebb aerodinamikai átmérőjű részecskék – PM10, de 2015-től a PM2,5 lesz kötelező) mérését kell programba iktatni. Ajánlott a poliaromás szénhidrogének (PAH-ok) és a nehézfémek (Cu, Zn, Cd, Hg stb.) mérése is. Minden állomáson természetesen a megfelelő meteorológiai elemek (szélirány és szélsebesség, hőmérséklet, relatív nedvesség, napsugárzás, légnyomás) értékét is rögzíteni kell.

3.6.2. Online és offline mintavételezés

A levegőminősítési vizsgálatok során gyakori az az eljárás, hogy a levegő mintavételezése és elemzése egymástól sem térben, sem időben nincs elválasztva. Ilyenkor a mintavevő által beszívott levegő közvetlenül az elemzést végző készülékbe jut, amely azonnal végre is hajtja az elemzést. Ilyen esetben beszélünk online mintavételezésről. Az online berendezések működhetnek szakaszosan, ilyen esetekben a mintavevő szivattyú meghatározott időközönként, adott mennyiségű mintát szív be, vagy folyamatos üzeműek, amelyekben a mintavétel folyamatosan történik, és a vett minta folyamatosan áramlik át a mérőcellán. A minta mindkét esetben közvetlenül továbbításra kerül az elemző készülékbe, ahol a vizsgálandó komponensek meghatározása történik. Az online mintavételezéses elemzést kiterjedten alkalmazzák a személyzet nélkül üzemelő mérőállomásokon, az elemzési eredményeket számítógépes hálózaton keresztül továbbítják. Emberi beavatkozásra csak meghatározott esetekben van szükség, pl. karbantartás, meghibásodás esetén, vagy ha gázpalackot (N₂, Ar vivő- és hígítógáz) kell cserélni. Az online mintavételezéssel nagyon jó időbeli felbontással lehet meghatározni a

vizsgált komponensek koncentrációváltozását. Mivel elmarad a minták tárolása és szállítása, számos kontaminációs forrás kiküszöbölhető. Mindezen előnyök mellett hátrányként jelentkezik, hogy az elemzés kisebb mennyiségű mintából történik, ebből következően az érzékenység rosszabb, a kimutatási határok nagyobbak.

Az offline mintavétel az előzőekkel szemben határozottan szétválasztja a mintavétel és az elemzés lépéseit, mind időben, mind térben. A célnak megfelelően a mintát valamilyen alkalmas edénybe, szűrőre, hordozóra veszik. Ezek megtöltődéséig, illetve telítődéséig a mintavétel folyamatos, akár huzamosabb ideig is történhet, ezáltal nagyobb mennyiségű minta áll rendelkezésre, de ez a minta csak a teljes mintavételi időtartamra vonatkoztatott átlagminta, az online módszerhez képest lényegesen rosszabb időbeli felbontással. A minta nagyobb mennyisége ugyanakkor a kimutatási határok csökkenését eredményezi, ami a nyomszennyezők meghatározásánál fontos szempont. Mivel a minta a tárolás, a szállítás és a laboratóriumi vizsgálat során óhatatlanul érintkezik különböző edényekkel, eszközökkel és a szabad levegővel, ezért az elemzési eredményeket ebből fakadó pozitív és negatív hibák terhelhetik, amelyek minél teljesebb kiküszöbölésére kell törekednünk. Pozitív hibát okozhat valamilyen kontamináció, amikor a minta a mintavétel befejezése után a környezetéből komponenst vesz fel, negatív hibát okozhat a párolgás, amikor a minta a környezetébe illékony komponenst ad le. Helytelen tárolás során a levegő oxigénje, nedvességtartalma, a benne előforduló egyéb reaktív gázok (CO_2 , NO_2 stb.) és a fény hatására a mintában foglalt komponensek kémiai átalakításokon mehetnek keresztül, ezért a minták kezelésénél mindig be kell tartani az adott vizsgálathoz tartozó mintakezelési szabályokat, és a behatásoktól a mintákat védeni kell.

3.6.3. Mintavétel gázhalmazállapotú nyomszennyezők meghatározásához

A gázhalmazállapotú nyomszennyezők mintavétele alapvetően háromféle módon történhet.

3.6.3.1. Online módszerek

A vizsgálandó levegőmintából el kell távolítani az aeroszol részecskéket (szűréssel vagy impaktálásával, lásd később), valamint a vízgőzt (kifagyasztással). Ezt követően a légáram egy mérőcellába lép be, ahol az infravörös-elnyelés (CO , CO_2), ultraibolya-elnyelés (O_3), ultraibolya fluoreszcencia (SO_2), vagy ózonnal történő kemilumineszcencia (NO , NO_2) meghatározása útján kaphatjuk meg az egyes komponensek koncentrációját. Lehetőség van arra is, hogy a levegőáramból egy automata injektor közvetlenül egy gázkromatográfba juttassa a mintát (adott időközönként), ezzel a módszerrel vizsgálható a N_2O , CH_4 és általában a kisebb molekulatömegű illékony szerves vegyületek (volatile organic compounds, VOC), ideértve az olyan könnyebb aromás vegyületeket is, mint a benzol, toluol, etil-benzol és a xilolok (összefoglalóan BTEX). Amennyiben a gázkromatográf elektronbefogásos detektorral van felszerelve, a halogénezett szerves vegyületek is nagy érzékenységgel határozhatók meg.

3.6.3.2. Offline módszerek

A legegyszerűbb offline mintavételi módszer a mintázandó levegőnek egy megfelelő palackba történő megvétele. A palack belső felszínének azonban nem szabad adszorpciós képességekkel rendelkeznie, és kémiaiilag is ellenállónak kell lennie, mivel a meghatározandó komponensek gyakran eléggé reaktívak, korrozívak. Általában rozsdamentes acélt vagy speciális, felületkezelt üveget használnak erre a célra. Az edényből előzetesen kiszivattyúzzák a levegőt, majd a megmintázandó térből feltöltik az edényt. Ez utóbbi történhet passzívan (a vákuum „szívja be” a mintát), ilyenkor az edényben a nyomás ugyanakkora lesz, mint a megmintázott térben, de történhet aktívan is, amikor szivattyú segítségével töltik fel az edényt. Annak

érdekében, hogy a szállítás és a tárolás során az esetleges tömítetlenségeken keresztül ne jusson be az edénybe külső levegő, a feltöltést túlnyomással is végezhetik. A mintavételi módszer előnye az egyszerűsége, nem igényel bonyolult berendezést, gyorsan végrehajtható. Hátránya a minta korlátozott mennyisége, ebből fakadóan a rosszabb kimutatási képesség az elemzésnél, valamint a palackok nehézkes tárolása és szállítása, hiszen a meghatározandó nyomszennyezők mellett megmaradnak a mintákban a levegő főkomponensei is.

Számos esetben lehetőség van arra, hogy a vizsgálandó komponens(ek)e)t alkalmas hordozón vagy reagensben valamilyen fizikai vagy kémiai úton megkössük vagy elnyeljük, ezáltal elkülöníthetők a levegő főkomponenseitől. Ezzel a módszerrel a palackoknál jelentősen kisebb tömegben és térfogatban nagy mennyiségű levegőt mintázhatunk meg, javítva ezzel a vizsgálat érzékenységét. Az adszorbens/reagens kiválasztása a komponens ismeretében történik: savas gázok elnyelésére lúgoldatot, vagy lúggal preparált szűrőlapot használhatunk, pl. a SO₂ elnyelésére KOH-ot. Szerves vegyületek adszorpciós mintavételezése történhet aktív szénen (VOC) vagy speciális reaktív hordozón, pl. aldehidek és ketonok 2,4-dinitrofenilhidrazin (DNPH) tölteten. Egy speciális adszorpciós mintavételi módszer a léghő Hg megkötése Au adszorbensen, amellyel amalgámot képez. A laboratóriumban az amalgámból a Hg melegítéssel felszabadítható, és atomabszorpciós spektrometriával (AAS) meghatározható. Mivel mindezen módszerek alkalmazása valamilyen adszorbens vagy reagens hozzáadásával jár, ezért fokozottan ügyelni kell az ezekből adódó hibaforrások kiküszöbölésére. Pozitív hibát okozhat, hogy a töltetek eredendően tartalmazhatják szennyezésként a megminta- zandó komponenseket. Különösen a többször is felhasználásra kerülő töltetknél kell nagy figyelmet fordítani az ún. memória-effektus kiküszöbölésére, tehát a megelőző minta maradóktalan eltávolítására a következő mintavétel megkezdése előtt. Ez rendszerint forszírozott deszorpcióval történik, tehát a töltetet a mintavétel megkezdése előtt kihevítik, vagy megfelelő oldószerrel átmoszák. Másrészt már a mintavételkor negatív hibát okozhat, hogy a túl gyors áramlás miatt a levegő tartózkodási ideje a tölteten rövidebb, mint amennyi a heterogén fázisú adszorpcióhoz vagy abszorpcióhoz szükséges. Szilárd halmazállapotú adszorbens esetén ügyelni kell a megfelelő szemcseméretű anyag alkalmazására, a túl durva szemcséken ugyanis a felülettel arányos sebesség miatt lassú lesz az adszorpció, a túl finom szemcsék viszont a mintavevő szivattyú számára jelenthetnek túl nagy ellenállást, és a megminta- zott levegő térfogata kisebb lesz a vártnál.

3.6.4. Aeroszolkok mintavétele

3.6.4.1. Impaktorok

Az impaktorok tehetetlenségi elven működő mintavevők. A működésük azon alapul, hogy ha az áramló aeroszolba valamilyen akadályt helyezünk, akkor a könnyebb levegőmolekulák az akadályt megkerülik, míg a nehezebb (tehetetlenebb) aeroszolszemcsék sokkal kevésbé képesek irányváltatásra, tehát beleütköznek az akadályba. Minél nehezebbek a részecskék, annál kevésbé képesek a levegő irányváltatását követni. Az akadály méretének csökkenésével, és a légáramlás sebességének növelésével az akadályba egyre kisebb részecskék ütköznek, azaz a felfogási hatékonyság (E) növekszik. Az áramlási sebességet általában úgy lehet felgyorsítani, hogy a levegőáramot egy szivattyú segítségével szűk résen vagy furaton szívjuk keresztül, és a résnél jóval nagyobb akadályt a rés mögé helyezük. Ha a mintavevő csőben több rés-akadály párt helyezünk el sorba kötve, ahol a rések mérete a szívás irányában csökken, akkor többfokozatú, ún. kaszkád impaktort kapunk, amely a részecskéket nagyságuk szerint osztályozza.

Az impaktor fokozatainak fontos jellemzője az $E = 0,5$ -ös érték, ahol felfogási hatékonyság 50%-kal egyenlő. Az ehhez tartozó részecskeátmérőt a fokozat levágási (cut-off) átmérőjének nevezzük. Természetesen az aeroszol részecskék formája és sűrűsége változó lehet. Az impaktorok felfogási hatékonyságát ezért a részecskék aerodinamikai átmérőjének függvényében adják meg. Az aerodinamikai átmérő olyan egységnyi sűrűségű gömb alakú teoretikus részecske mérete, amely levegőben a vizsgált valós részecskével azonos egyensúlyi sebességgel ülepszik.

Amennyiben az aeroszol-mintavételt kémiai minősítés céljából végezzük, akkor a mintavevő lemezeknek (a réssel szembeni akadályok) kémiailag tisztáknak kell lenniük. Sokszor a lemezek felületét olyan anyaggal kezelik (olaj, vazelin, vákuumzsír), amely elősegíti a részecskék megtapadását, illetve meggátolja a már felfogott részecskék visszajutását a légáramlásba (bounce-off).

3.6.4.2. Szűrők

Az aeroszolz részecskék felfogásának másik módja, hogy a részecskéket tartalmazó levegőt szálás, illetve membránszűrőkön szívjuk át. A szálás szűrők üveg-, kvarc- vagy cellulózsálak együtteséből állnak, míg a membránszűrők kicsiny, meghatározott nagyságú pórusokat tartalmazó polimerek. Szálás szűrők esetén a nagyobb aeroszolz részecskék tehetetlenségük miatt ütköznek a szálakba (a szálak itt kis impaktorokként működnek), míg a kisebbek diffúzióval érik el a szálakat. A tehetetlenségi felfogás a részecskék nagyságának növekedésével egyre hatékonyabbá válik, míg a diffúzió a részecskék csökkenésével erősödik. A két hatás eredőjeként a felfogási hatékonyságnak meghatározott átmérőnél minimuma van.

Membránok esetén az áramló levegőben levő nagyobb tehetlenségű részecskék a pórusok körül a szűrő felszínére, míg a kisebbek diffúzióval a pórusok falára rakódnak. A felfogási hatékonyságnak adott részecskeátmérőnél itt is minimuma van. Megfelelően kis pórusú (pl. $0,4 \mu\text{m}$ átmérőjű) szűrők azonban gyakorlatilag az összes részecskét kifogják a levegőből. Az ilyen szűrőket „abszolút” szűrőknek nevezzük. A membránszűrők anyaga korábban elsősorban cellulóz-nitrát vagy cellulóz-acetát volt, napjainkra a kémiai tisztaságuk miatt egyre inkább a perfluorozott polimerek (pl. poli-tetrafluor-etilén, PTFE, TeflonTM) terjedtek el. A membránszűrők előállításánál fontos kritérium, hogy a pórusoknak azonos méretűeknek kell lenniük.

Mintavétel alkalmával a szűrők szűrőtartókban helyezkednek el, amely szivattyúhoz, majd áramlásmérőhöz kapcsolódik. A kis térfogatú mintavevőkhöz tartozó szűrők általában néhány cm átmérőjűek, míg a nagy térfogatú szűrők átmérője 10-25 cm kell, hogy legyen. Mivel itt az áramlás a szűrőt mechanikailag is erősen igénybe veszi, ezért csak üveg- vagy kvarcszálás szűrő alkalmazható.

Mivel az alkalmazott szűrők tömege a mintához képest jelentős, sőt azt sokszorosan meghaladja, ezért igen fontos a szűrőkből származó szennyezések (vakértékek) igen körültekintő kontrollja. Különösen a szervesanyagú szűrők tartalmazhatnak egyes nyomelemekből nagyobb mennyiséget, ami a későbbi roncsolásos mintaelőkészítés során bejuthat a mintaoldatba és pozitív hibát okozhat. Az üvegszálás szűrők esetében ilyen elemek pl. a B, Na, Al, K, Ca, Ti, Zn és a Ba. Sajnálatos módon a kioldódó szennyezőelem-tartalom nem feltétlenül reprodukálható, így a vakmérés sem nyújt teljes biztonságot. Amennyiben szerves komponenseket is meg kell határozni az aeroszolz mintából, úgy az (üveg- vagy kvarcszálás) szűrőt a mintavétel előtt közvetlenül $550\text{ }^\circ\text{C}$ -on 8 órán át ki kell izzítani.

3.7. Irodalomjegyzék

- Behne, D. (1980) Problems of Sampling and Sample Preparation for Trace-Element Analysis in the Health Science. In: P. Brätter, P. Schramel (szerk.) Trace-Element Analytical Chemistry in Medicine and Biology. Walter de Gruyter, Berlin.
- Berner, E.K. (1992) Encyclopedia of Earth Sytem Science, Vol. 1., *Academic Press*, p. 437ff.
- Boutron, C.F., Hong, S., Candelone, J.P. (1995) Proceedings of the International Conference on Heavy Metals in the Environment. Hamburg, p. 28–33.
- Boutron, C.F., Görlach, U. (1996) In: J.A.C. Broekaert, S. Gücer, F. Adams (szerk.) (1996) Metal Speciation in the Environment. Springer, Berlin.
- Brø, S., Jørgensen, P.J., Christensen, J.M., Hørder, M. (1988) *J. Trace Elem. Health Dis.* 2, p. 31.
- Freedman, B. (1992) Encyclopedia of Earth Sytem Science, Vol. 1., *Academic Press*, p. 1ff.
- Gravenhorst, G.C., Persecke, C., Rohbock, E. (1980) BMFT-Abschlußbericht Nr. 10402600.
- Haber, F. Z. Gesell. Erdkunde (1928) *Ergänzungsheft* 3, p. 3–12.
- Helmers, E., Mart, L., Schrems O. (1991) *Fres. J. Anal. Chem.*, 340 p. 580–584.
- Helmers, E., Ruttgers van der Loeff, M.M. (1993) *J. Geophys. Res.*, 98(C11) p. 20261–20273.
- Helmers E. (1997) Sampling of Sea and Fresh Water for the Analysis of Trace Elements. In: M. Stoeppler (szerk.): Sampling and Sample Preparation. Springer, Heidelberg, p. 26–42.
- Hofmann, H., Hoffmann, P., Lieser, K.H. (1991) *Fres. J. Anal. Chem.*, 340, p. 591–597.
- Kerkes, J., Freedman, B. (1988) *Arch. Environ. Contam, Toxicol.*, 18, p. 183–192.
- Koide, V., Hodge, V.F., Yang, J.S., Stallard, M., Goldberg, E.G., Calhoun, J., Bertine, K.K. (1986) *Applied Geochem.*, 1, p. 705–174.
- Lareen, D.P.M., Harrison, R.M. (1981) *Anal. Chem.*, 53, p. 345–350.
- Lum, K.R., Kokotich, E.A. (1987) *Sci. Total Environ.*, 63, p. 161–173.
- Mart, L. (1979). Ermittlung und Vergleich des Pegels toxischer Spurenmetalle in nordatlantischen und mediterranen Küstengewässern. Doktori disszertáció, TU Aachen
- Müller, C., Eckhard, R. Human Specimens. In: M. Stoeppler (szerk., 1997) Sampling and Sample Preparation. Springer, Heidelberg, p. 7–12.
- Nolting, R.F., Eisma, D., Neth. (1988) *J. Sea Res.*, 22(3) p. 219–236.
- Nürnberg, H.W., Valenta, P., Nguyen, V.D. (1983). Proceedings of the International Conference on Heavy Metals in the Environment, Vol. 1., Springer, Heidelberg, p.70.
- Ostapczuk, P. (1997) Wet Precipitation: Rain and Snow. In: M. Stoeppler (szerk.) Sampling and Sample Preparation. Springer, Heidelberg, p. 13–25.
- Pecoraro, V., Astore, J.P.L. (1979) Messungen des Haarwachstums. In: C.E. Orfanos (szerk.) Haar und Haarkrankheiten. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart
- Peden, M.E., Skowron, L.M. (1978) *Atmos. Environ.*, 12, p. 2343–2349.
- Rajsic, S., Otten, P., van Grieken, R.E. (1991) *Environ. Technol.*, 12, p. 257–261.
- Rojas, C.M., Injuk, J., van Grieken, R.E. (1993) *Atmos. Environ.*, 27A, p. 251–259.
- Schaule, B.K. (1974) Massenspektrometrische Konzentrationsbestimmung von Blei in Meerwasser. Szakdolgozat, Univ. Heidelberg
- Schaule, B., Patterson, C.C. (1980) The Occurrence of Lead in the Northeast Pacific and the Effects of anthropogenic inputs. In: M. Branica (szerk.) Lead in the Marine Environment. Pergamon Press, Oxford, p. 31–44.
- Schwoerbel, J. (1993) Limnology. Fisher Publ., Stuttgart, p. 387.

- Slanina, J., Möls, J.J., Beard, J.H., van der Sloot, H.A., van Raaphorst, J.G. (1979) *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 7, p. 161–176.
- Speecke, A., Hoste, J., Versieck, J. (1976) Sampling of Biological Material. In: P.D. LaFleur (szerk.) *Accuracy in Trace Analysis: Sampling, Sample Handling, Analysis*. U.S. Government Printing Office, Washington, Vol. 1.
- Stoeppler, M. (1991) Analytical Chemistry of Metals and Metal Compounds. In: E. Merian (szerk.) *Metals and Their Compounds in the Environment*. Verlag Chemie, Weinheim, New York, Basel, Cambridge, p. 105.
- Tschöpel, P., Kotz, L., Schulz, W., Weber, M., Tölg, G. (1980) *Fres. Z. Anal. Chem.*, 302, p. 1–14.
- Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Richtlinie 3786, Blatt 7.
- Versieck, J., Cornelis, R. (1989) *Trace Elements in Human Plasma or Serum*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Vízminták tartósítása és kezelése (2004) MSZ EN ISO 5667-3:2004.
- Wagner, F. (1989) Bericht KFA Jülich, Jül-2290, D82.
- Winkler, P., Jobst, S., Harder, C. (1989) PTP Bericht der GSF München, ISSN 0176-0777.
- Winkler, P., Schulz, M., Dannecker, W. (1991) *Fres. J. Anal. Chem.*, 340, p. 575.

4. BIOLÓGIAI MINTAVÉTELEZÉS

Minden olyan esetben, amikor a vizsgálati objektum teljes egészében nem vizsgálható, mintavételt kell alkalmazni. Kevés kivételtől eltekintve a botanikai és zoológiai vizsgálatok során is nagy szerepe van a gondosan megtervezett mintavételi tervnek. A növények és a különböző állatcsoportok eltérő sajátosságai miatt a mintavétel módszerei jelentős mértékben eltérnek, ezeket az egyes élőlénycsoportoknál ismertetjük. Ebben a fejezetben a mintavétellel kapcsolatos néhány elméleti alapot ismertetünk.

A minta valamilyen nagyobb egységből, annak jellemzésére kiválasztott kisebb rész. Statisztikai értelemben az ugyanarra vonatkozó mérési eredményeket, megfigyelési adatokat nevezik mintának, amelyekből annak a teljes alapsokaságnak a tulajdonságaira lehet következtetni, melyből a minta adatai származnak. A folyamatot becslésnek nevezik. Ha az alapsokaság csupa egyforma elemből állna, egyetlen elemű mintából megállapíthatnánk az alapsokaság tulajdonságait. A biológiai vizsgálatok esetében ilyenek nem fordulnak elő, ezért minden esetben több párhuzamos minta megvizsgálása szükséges. Terepi kutatásokban alapsokaság lehet egy erdő növényeinek vagy állatainak összessége, vagy ezek egy jól körülhatárolható része, pl. a talajlakó állatai vagy madarai. Minél nagyobb a minta elemszáma (az egymástól függetlenül végzett mérések, megfigyelések száma), a minta adataiból annál pontosabb következtetést lehet levonni a teljes alapsokaság tulajdonságaira. Ha a mintaelemszám függvényében ábrázoljuk a mintából számolható adatok eltérését az alapsokaság tényleges értékétől, akkor egy telítődési görbét kapunk, azaz a pontosság eleinte gyorsan növekszik, de a görbe fokozatosan ellaposodik, és egyre lassabban közelít a tényleges értékhez.

Az átlag azt mutatja meg, hogy az egy adatsor elemei milyen érték körül szóródnak, a szórás pedig a szóródás mértékének egy egyszerű mérőszáma. Ha az eredmények számértékek, azokból mintaátlag és mintaszórás számítható, ezek az alapsokaság tényleges átlagának és szórásának a becslései. Minél kisebb az alapsokaság szórása (azaz minél kisebb különbség van a kiválasztható mintaelemek között), annál gyorsabban elérhető egy elvárt pontosságú átlagbecslés. Két tényező van, ami azt eredményezheti, hogy egy becsült paraméter nem egyezik meg az alapsokaság tényleges paraméterével. Az egyik az, hogy a mintaelemszám nagyságának növelését gyakorlati tényezők behatárolják – a mintavételi folyamatra fordítható idő, a rendelkezésre álló csapadék száma, a minták feldolgozásának költségigénye mind korlátozzák a választható mintaelemszámot. Ezért a becsült paraméternek mindig lesz valamekkora olyan hibája, ami abból adódik, hogy a minta elemszáma nem végtelen. Ezt a hibát statisztikai hibának nevezik. Nagysága általában ismeretlen, de mértéke a mintaelemszám növelésével csökkenthető. A másik hibaforrás az adatok megszerzésekor használt valamilyen eszköz pontatlanságából adódik. Ha egy mérleg rosszul van beállítva, minden egyes általa mért súlyérték téves lesz, de a valóságtól való eltérések tendenciózusak, minden egyes mért adatnál hasonlóképpen jelentkeznek. Ezt a hibát torzításnak nevezik. Nagysága a minta elemszámának növelésével sem csökken, de legalábbis elvileg – a hibaforrás feltárásával – megszüntethető, vagy mértéke csökkenthető.

Minden mintavétel esetében arra kell törekedni, hogy a minta átlaga, szórása, eloszlása torzítatlan becslése legyen az alapsokaság megfelelő paramétereinek. Ebben az esetben beszélhetünk reprezentatív mintáról. A reprezentatív mintavétel megvalósításának legegyszerűbb módja a véletlen mintavétel. Ekkor a mintaelemek kiválasztása véletlen módszerrel (pél-

dául véletlenszám-generátorral vagy véletlenszám-táblázatból származó számokkal vagy koordinátapárokkal) történik. Ez biztosítja azt, hogy az egyes minták egymástól függetlenek legyenek, és kizárja a kutató akaratlan szubjektivitásának lehetőségét is. A gyakorlatban gyakran ehhez sok szempontból hasonló, egyszerűbben megvalósítható mintavételt végeznek. Ennek során a mintavételi helyeket össze-vissza, rendszer nélkül helyezik ki a vizsgálati területen. Mivel ebben az esetben nem biztosítható tökéletesen hogy a mintavételi helyek egymástól tökéletesen függetlenek legyenek (az ember nem képes teljesen véletlen számsorokat vagy pontmintázatokat létrehozni), ezt a mintavételi eljárást megkülönböztető névvel, találmásra történő mintavételnek nevezik.

A helyesen végrehajtott mintavételnek alapfeltétele a szakmai korrektség. A kutató által várt eredmény kimutatása semmilyen szinten nem befolyásolhatja a mintavétel folyamatát. Nem kell szakmai csalásra gondolni, ilyet eredményezhet az is, ha teljesen önkéntelenül nagyobb gyakorisággal helyez mintavételi egységeket olyan helyre, ahonnan az elképzelésének megfelelőbb adatok származnának. Ha a kijelölésnél bármennyire látszik, hogy onnan milyen adatok kerülnének a mintába, mindenképpen véletlen kihelyezést kell választani.

4.1. Növényzeti mintavétel

4.1.1. A gyűjtendő adatok

A terepi munka célja hogy a növényzet aktuális állapotáról a későbbiekben összehasonlításra, statisztikai elemzésre alkalmas adatokat rögzítsünk. A kutatás céljától függ, hogy milyen típusú adatok feljegyzésére van szükség. Legegyszerűbb egy olyan eset, amikor – például egy természetvédelmi felmérés során – a vizsgálat célja mindössze annyi, hogy kiderüljön, hogy egy területen előfordulnak-e valamilyen szempontból fontos (védett vagy éppen inváziós) fajok. Ekkor elegendő ezek nevét és előfordulási helyét feljegyezni. A botanikai terepmunka során az esetek nagy részében szükséges a teljes fajlista feljegyzése, az egyes fajokhoz tartozó előfordulási mennyiségekkel együtt. Ha a növényzet mintázatára vonatkozik a kérdésfeltevés, ezen adatok mellett a vizsgálati területen belül az előfordulások helyének dokumentálására is szükség lehet, de jelen tárgy keretein belül ezekkel a módszerekkel nem foglalkozunk.

4.1.1.1. A fajlista összeállítása

Megfelelő növény- és terepismerettel egy körülhatárolt területen élő növényfajok listájának összeállítása nem tűnik nehéznek, de van néhány nehezítő körülmény. A gyakoribb fajok jól felismerhető példányai könnyen észrevehetőek, és faji szinten azonosíthatóak, de a ritkább fajok nehezebben vehetők észre. Minél ritkább egy faj, annál alaposabb keresés szükséges az előkerüléséhez. Kísérleti úton bizonyították, hogy ismert fajszámú, néhányszor tíz négyzetméteres mintaterületen az átvizsgálásra szánt idő növelésével az előkerült fajok száma is növekedett, egy telítődési függvénnyel leírható összefüggés szerint. Azaz eleinte gyorsan nőtt az észrevett fajok száma, majd a folyamat lelassult, végül pedig már egyre több idő kellett egy-egy ritkább vagy kisebb termetű faj előkerüléséhez. Egyes növények sajátos fejlődési ritmusa is nehezíti a teljes lista összeállítását. Vannak fajok, melyek egyelőre nem tisztázott okok miatt egyes években több, más években kevesebb földfeletti hajtást, virágot fejlesztenek, egyes években nem is jelennek meg látható módon – ilyenek például a hazai kosborfélék. Mindezek azt eredményezik, hogy egy terület teljes fajlistájának összeállítása legalább két-három évet igényel, és ekkor is csak reménykedhet a kutató, hogy ténylegesen az összes ott élő faj előkerült már.

4.1.1.2. A tömegviszonyok megállapítása

A fajok listájának megadásánál többet árul el egy terület növényzetéről, ha tudjuk, hogy az egyes fajok milyen mennyiségben képviseltetik magukat a mintaterületen. A növényfajok jelentős részénél a mennyiségi viszonyok megadásakor egy sajátos problémával szembesülünk. Az állatoknál kézenfekvő az egyedek minél pontosabban történő megszámlálása (lásd [4.2.1.1. fejezet](#)), mivel az esetek többségében az állatfajok egyedei egymástól elkülöníthetőek, ezért megszámlálhatóak. A növényfajok között is vannak olyanok, amelyek csak magokkal szaporodnak, nem alkotnak sarjtelepeket, ezért esetükben is el lehet egyedeket különíteni, ilyen például a bükkfa, a lucfenyő, a pásztorfésű vagy a pongyola pitypang. Viszont a gyöker- vagy hajtássarjakkal terjedő fajok esetében zárt állományokban terepen lehetetlen az egyes egyedek lehatárolása. Egy ártéri nyáras ligeterdőben sem a fákról, sem a talajt zártan borító csalánról nem lehet megállapítani, hogy hány egyedhez tartoznak, mert a föld alatt össze-vissza futó gyökérből és gyöktörzsből fejlődnek a különálló földfeletti hajtások. Ezért a növények többsége esetében az egyedszám nem használható a tömegesség jellemzésére. Sőt, az egyed fogalmának kiváltására kijelölhető egységek – mint fücsomó, zsombék, földfeletti hajtás – sűrű, zárt állományban hasonlóképpen nagyon nehezen vagy egyáltalán nem számlálhatóak.

A tömegesség mértékének más jellegű mértékeként kézenfekvő megoldásként adódhat a biomassza. Vannak olyan produkcióbiológiai vizsgálatok, ahol a biomassza mérése sokszor megkerülhetetlen, két tényező is e módszer alkalmazása ellen szól. Mivel destruktív beavatkozásról van szó, olyan, önkontrollosnak nevezett kísérletek esetében nem alkalmazható, ahol egy beavatkozás előtt és után megmérjük ugyanazon növények tömegességét, hiszen a biomasszamérés önmagában is befolyásolja a növényzet biomassza viszonyait. Legalább ennyire fontos, hogy a destruktív beavatkozás védett területeken vagy védett fajok esetében természetvédelmi aggályokat vet fel.

A huszadik század első felében terjedt el a terepbotanikusok között néhány olyan skálátípus használata, amelyekkel egy vizsgálati területen a fajok tömegességét lehetett viszonylag egyszerűen jellemezni. A skálázás alapja a fajok borítása volt, ami alatt az értendő, hogy egy körbehatárolt terület mekkora hányadát fedné le hajtásaival az adott faj, ha felülről szemléljük. Geometriai kifejezéssel: mekkora lenne az adott faj talajra eső merőleges vetülete; köznap kifejezéssel: mekkora árnyékot vetne, ha a nap a zenitről sütne. Egy nagyon egyszerű skálán egy faj „+” jelet kapott akkor, ha jelen volt, de borítása nem érte el az egy százalékot (a ritka vagy kistermetű fajok kaptak ilyen értéket, de a felismerhető csíranövények is ebbe a kategóriába szoktak esni). „1”-es skálaértéket kapott, ha borítása egy és öt százalék között volt, „2”-es értéket, ha a borítása öt és huszonöt százalék közé esett, majd a „3” a huszonöt-ötven, a „4” az ötven-hetvenöt, végül az „5” a hetvenöt-száz százalék közötti borítástartományt jelentette. Lényeges, hogy a kisebb borításértékeknél a skála tartományai keskenyebbek, ez lehetővé teszi, hogy egy társulás fajainak jelentős részénél, melyek tömegessége kicsi, a borítás pontosabban kerüljön feljegyzésre. Az itt ismertetett skála mellett kidolgoztak részletesebb, 10-15 lehetséges értéket tartalmazókat is. Belátható, hogy minél több lehetséges skálaérték van, annál pontosabban lehet visszakövetkeztetni a borítás tényleges mértékére, de ezzel párhuzamosan növekszik annak az esélye is, hogy tévesen adjuk meg. A borítás mértékének terepi megállapítása becsléssel történik, amely nem mentes a becsülő szubjektív hibájától. Ha valaki egy növényi mintázatot vizsgálva egy valós 10%-os borítás helyett 20%-ot becsül, akkor a fentebb ismertetett egyszerű skálán ugyanúgy „2”-es értéket jegyez fel, mintha helyesen találta volna el a borítás értékét. Egy finomabb beosztású, több lehetséges borítástartományt felajánló skálán viszont jó eséllyel a valóságtól eltérő érték kerül feljegyzésre. Jelen-

leg általában a fajok borításértékeit százalékos (azaz száz lehetséges értéket tartalmazó) skálán adják meg a botanikusok. Ettől az várható, hogy a kicsi (1 és 10% közötti) borítással rendelkező fajok esetében a százalék viszonylag kis hibával eltalálható, de fölötté már csak 10%-os lépésközökkel célszerű a borítást megadni, mert reálisan nem elvárható, hogy bárki is 47%-os és az 53%-os tényleges borításértékeket meg tudja különböztetni.

A becslési hiba mellett a borítás alkalmazásának van egy fontos elméleti nehézsége is. A társulástanban a növények tömegességét a dominancia mértékeként értelmezik, ez pedig nem vág össze pontosan a geometriai értelmű talajra eső merőleges vetülettel. Egy talajra simuló tőlevélrózsa geometriai borítása ugyanakkora lehet, mint egy méteres magasságú, elágazó száron sok apró levelet fejlesztő növényé. Utóbbi viszont jóval nagyobb területet ural a föld felett, és vélhetően gyökérzete is nagyobb régióból vesz fel vizet és tápanyagokat, és választ ki a többi faj számára gátló hatású vegyületeket. Ezért a terepbotanikusok egy növény cönológiai borításának a geometriai borításnál nagyobb értéket vesznek figyelembe, a tő köré egy burkoló görbét képzelnek, és ezt a síkidomot tekintik a növény által elfoglalt területnek. Egy szálaslevelű fűcsomó esetében a különbség nagy lehet. Ha nem százalékban, hanem tényleges kiterjedésben gondolkozunk, egy két-három négyzetdeciméteres fűcsomó levélzetének talajra eső merőleges vetülete gyakran nem haladja meg a 10-20 négyzetcentimétert. Összességében a borítás – mint a tömegesség terepen becsülhető mértéke – destruktív beavatkozást nem igénylő, viszonylag gyorsan becsülhető számérték, ami viszont (gyakorlással csökkenthető mértékű) szubjektív hibával terhelt.

4.1.2. A mintavétel módszerei

A növénytársulások méretük és összetettségük miatt teljes egészükben nem vizsgálhatóak. Teljes átvizsgálásra egy terület fajlistájának összeállításakor lehet törekedni, ekkor viszont kell is, hogy a ritkább fajok is a listába kerüljenek. A tömegesség megállapítása csak megtervezett mintavétellel lehetséges. Ez alól csak az az eset kivétel, amikor kisszámú egyedileg azonosítható, könnyen felismerhető növényt közvetlenül meg lehet számolni. Ilyen lehet például annak megadása, hogy egy erdő helyén kialakult néhány hektáros hegyi réten hány darab hagyásfa található. Minden más esetben kisebb, áttekinthető méretű mintavételi egységek belsejében történik a darabszámolás vagy borításbecslés, és ezekből az adatokból következtetnek a teljes vizsgálati területre. Ha darabszámolás történik, akkor a mintavételi egységekben szereplő darabokat átlagolva, és elosztva egy mintavételi egység területével, egyedsűrűséget kapunk. Ennek, és a vizsgálati terület kiterjedésének szorzata adja a vizsgálati területen előforduló példányok becsült értékét. Borítások esetében – mivel az alapadatok maguk is területegységre vonatkoznak – egyszerű átlagszámítással kapjuk meg a mintaterület fajainak becsült borításértékeit.

A mintavétel megtervezésekor a következő lehetőségeket kell átgondolni: mekkora legyen a mintavételi egység mérete, milyen legyen az alakja, mekkora legyen a mintaelemszám, és milyen legyen a mintavételi egységek kihelyezési módja.

4.1.2.1. A mintavételi egység mérete

A méret megválasztásánál technikai és társulástani megfontolások egyaránt szerepet játszanak. Előbbiek közé tartozik az, hogy mekkora előre elkészített keretet lehet egyszerűen előállítani, a mintavétel helyére szállítani, ott többször gyorsan kihelyezni úgy, hogy közben ne sérüljön meg. Ha a kijelölés karókkal és zsinórokkal a vizsgálat helyszínén történik, ezek szállíthatósága és kezelhetősége szintén jelent egyfajta technikai korlátot. A társulástani szempontok azzal kapcsolatosak, hogy a különböző növényzeti típusokban milyenek a fajtelí-

tődési görbék, azaz mekkora a várható fajszám egy-egy területnagyságnál. Sok terepfelvételzésnél célszerű, ha a vizsgálat szempontjából fontos fajok nagy része, vagy mindegyike megtalálható minden kijelölt mintavételi egységben. A botanikai munka során ezen szempontok és a múltbeli tradíciók figyelembevételével gyepekben 2 x 2 méteres, erdőkben 10 x 10 méteres, nagyon homogén növényzetű erdőkben 20 x 20 m-es négyzeteket jelölnek ki. Bár semmilyen kötelezettség sincs arra vonatkozóan, hogy ezeket a méreteket kell minden esetben alkalmazni, az adatsorok összehasonlíthatósága érdekében – ha nem szól semmi ellene – ezeket a méreteket célszerű választani.

4.1.2.2. A mintavételi egység alakja

A legtöbb terepvizsgálatnál négyzet vagy kör alakú mintavételi egységeket használnak. Ezeket könnyű kijelölni, és ha olyan vizsgálat sorozatról van szó, ahol több éven keresztül kell ugyanazokat a mintavételi egységeket kijelölni, a kör helyét a középpontjával elegendő megjelölni, a négyzetet is elegendő két szemközti sarokpontjával.

4.1.2.3. A mintaelemszám

A minta elemszáma az egymástól függetlenül átvizsgált mintavételi egységek számát jelenti. A mintaelemszám növelésével a mintavétel pontossága növekszik, de túlságosan nagyra növelni nem érdemes, mert az elemszámmal a mintavételre fordított idő lineárisan nő, a mintavétel pontossága viszont csak telítődési görbével jellemezhető módon. Ha egy vizsgálandó dologról (természetesen nem csak botanikai témakörben) rendelkezésre állnak elővizsgálati vagy múltbeli adatsorok, azokból különböző képletekkel meg lehet határozni, hogy egy adott elvárt pontossághoz mekkora minimális mintaelemszám szükséges. A természetes növényzet kutatásakor nagyon ritka, hogy ilyen számítást el lehessen végezni (általában mező- és erdőgazdasági kutatásokhoz állnak rendelkezésre megfelelő adatsorok), ezért a mintaelemszámok megállapításakor a múltbeli irodalmi adatok, a rendelkezésre álló idő adta lehetőségek, és a kerek számokhoz való ragaszkodás egyaránt befolyásolják a kutatókat.

4.1.2.4. A mintavételi egységek kihelyezési módja

A mintavételi egységek kihelyezésének legkézenfekvőbb módja az, amikor a vizsgálandó területen véletlenszerűen szórják szét őket. Sok statisztikai eljárás alkalmazásának előfeltétele, hogy az adatok függetlenek legyenek egymástól. Ennek a véletlen – szakszóval random – mintavételi elrendezés eleget tesz. Azonban éppen a véletlen elrendezésből fakadóan a vizsgálandó terület egyes részein sűrűbben, más részein ritkábban helyezkednek el, aminek következtében nem egyformán reprezentálódnak az egyes területrészek. Ez kiküszöbölhető a mintavételi egységek rácsháló mentén történő egyenes elhelyezésével. Ennek viszont az a hátránya, hogy valamilyen periodikus környezeti tényező (talajmélység, talajnedvesség, párhuzamos vízmosások, vadcsapások) eltorzíthatják az eredményt. A két módszer előnyös tulajdonságait megtartva hátrányaikat csökkenti a szemiszisztematikusnak nevezett elrendezés. Ekkor egy szabályos, a területet teljesen lefedő rácsháló celláiba helyeznek el egy-egy mintavételi egységet, de a cellán belül véletlenszerű kijelöléssel.

4.2. Állatok mintavételezése

4.2.1. Gerinctelen állatok

4.2.1.1. Szárazföldi gerinctelen állatok mintavételezési módszerei

A szárazföldi ökoszisztémákban különböző gerinctelen állattörzsek képviselői rendkívül nagy faj- és egyedszámban fordulnak elő. A leginkább fajgazdag ilyen törzsek a fonalférgék, puhatestűek, gyűrűsférgék, és az összes ismert törzs közül is legnagyobb fajszerű ízeltlábúak. A vízi élőhelyekhez képest alapvető különbség tapasztalható. Míg ott a teret kitöltő közeg folyékony volta miatt a lebegő szervezetek aránya igen magas lehet, a teresztrikus rendszerekben élő állatok egy része ugyan passzív (pl. pókok, bizonyos atkák), illetve aktív repülésre (a rovarok jelentős hányada) képes, többségük a gravitáció fogságában valamilyen felülethez, alzathoz kötötte, vagy abban él. Ez a szárazföldi élőhelyeken végzendő zoológiai mintavételezések jellegzetességeit is nagyban meghatározza. A módszerek megválasztásakor a következő szempontrendszeret kell mérlegelni.

a. Az élőhely mely részéről szándékozunk mintákat gyűjteni? Egy adott élőhely különböző részeiből történő mintavétel merőben eltérő módszerekkel történhet. A különbségek az élőhely térbeli összetettségétől függenek. A szárazföldi élőhelyek térbeli szerveződését egyszerűsítve, az alzatként szóba jöhető struktúrákat is figyelembe véve praktikusán a következő egységek különíthetők el: talaj, gyepszint/alacsony aljnövényzet, cserjeszint/alacsony lombkoronaszint, magas lombkoronaszint. Ez a szintbeosztás erősen antropomorf megközelítésű, azonban, mivel a mintavételeket éppen az ember végzi, a módszertan megválasztása szempontjából igen hasznos. Emellett a növényzet fölötti alacsonyabb, vagy akár magasabb légréteg is szóba jöhet, mint élőhely, vagy legalábbis tartós tartózkodási hely, amely speciális módszerekkel mintavételezhető.

b. Milyen állatcsoportot/csoportokat szeretnénk mintavételezni? Bizonyos gerinctelen állatcsoportok szárazföldi mintavételezése nem kíván különleges módszereket, azonban egyesek, sajátos élőhelyhasználatuk, aktivitásuk, vagy más egyéni viselkedési tulajdonságuk miatt speciális mintavételi eljárást/eljárásokat igényelnek a mintavételi helyszíntől függően, esetleg attól függetlenül is.

c. A mintavételezés során kapható adatokkal milyen további elemzéseket kívánunk végezni? A gyűjtendő adatok további használata szerint a mintavételezések során két alapvető lehetőség adódik. Minőségi (kvalitatív) adatok a mintavételezett területen/élőhelyen élő fajok, vagy azok egy önkényesen (pl. rendszertani, életmódbeli alapon) kiragadott részének lehetőleg minél teljesebb listáját jelentik általában jelenléthiány jellegű adatokkal. Itt a minták reprezentativitása az egyes ténylegesen jelen lévő taxonok minél jobb kimutathatóságát jelenti.

Mennyiségi (kvantitatív) adatok gyűjtése során a mintavételezett területen/élőhelyen élő fajok, vagy azok egy önkényesen (pl. rendszertani, életmódbeli alapon) kiragadott részének lehetőleg minél teljesebb listáját jelentik, adott területre vagy térfogatra megadva (densitás), vagy dimenzió nélküli, azonban egymással összehasonlítható tömegességi értékek (abundancia) formájában számszerűsítve az adott fajok, lehetőség szerint a valóshoz minél jobban közelítő mennyiségi arányait. Az ilyen adatok az előzőnél jóval több információt szolgáltatnak a mintázott sokaságról, statisztikai feldolgozhatóságuk is sokrétűbb. Az ideális, reprezentatív, így torzításmentes valódi kvantitatív mintavétel azonban viszonylag nehezen valósítható meg. Ezt többé vagy kevésbé megközelítik a véletlenszerű, és/vagy szisztematikus torzításokkal jobban terhelt, szemikvantitatívnak nevezett mintavételek, amelyek azonban

legtöbbször lényegesen forráshatékonyabb adatgyűjtést tesznek lehetővé. Ezek további elemzése legtöbbször ugyan kvantitatívként, vagy ahhoz hasonlóan történik, ám éppen a torzítóknak megfelelően igen körültekintően kell velük eljárni.

Az állatok begyűjtésének általános lehetősége az egyelés. Ennek során valamilyen segéd-eszközzel, vagy akár anélkül, teljesen szubjektívan, egyesével gyűjtjük össze a vizsgálandó példányokat. Ez a mintavételi protokolltól függően eredményezhet mennyiségi vagy minőségi mintát egyaránt. Egyeléssel egy szárazföldi élőhely bármely részéről gyűjthetünk, a bizonyos élőhely részek, sőt, az ott előforduló bizonyos állatcsoportok egyeléséhez azonban sokféle eszköz létezik. Egyeléshez jól használható a Leonhardt-féle lágy csipesz, egy vékony acéllemezről készült pontos csipesz, amellyel a legkisebbek és a legpuhább kutikulájúak kivételével az egyes példányok megragadása könnyű. Azokat pedig egy benedvesített kisméretű ecsettel vagy kézi szippantóval gyűjthetjük össze egyszerűen. Ez utóbbi egy nagyon egyszerű, és igen hasznos gyűjtőeszköz. Egy mindkét végén nyitott 2-3 cm átmérőjű, 10-15 cm hosszú átlátszó üveg, vagy műanyag csődarab két vége parafa dugóval van ledugózva úgy, hogy az egyik dugóban egy rövidebb (8-10 cm hosszú) ceruza vastagságú merev falú csődarab fúródik át, hogy a vastag csőbe jutó vége a dugóból legalább 2-3 cm-t túllógjon. A másik dugóba egy finom szitaszövetben végződő hosszabb, vékony gumicső csatlakozik. Ez utóbbinak a szájjal végzett erős megszipantásával a merev falú csövet a begyűjtendő példányra irányítva az a légáramlat hatására bekerül a szippantóba, ahonnan, mivel a bejárat vékony cső belóg az üvegcső belsejébe, nem képes kijutni. Az összegyűjtött példányokat az egyik dugó eltávolítása után tudjuk a szippantóból kiszedni.

4.2.1.1.1. Mintavétel talajból

A talaj gerinctelen állatvilága igen gazdag, ott az ízeltlábúakon kívül nagy mennyiségben lehetnek jelen különböző szabadon élő fonalférges és gyűrűsférges is. Szélsőségesen csapadékos klímájú területek kivételével a talaj jellemzően a teljes adott élőhely talán leginkább kiegyenlítettebb mikroklímájú része. A legfontosabb, hogy a víztartalma a felszínhez képest viszonylag állandó és magas. Emiatt az itt élő állatok többsége jelentősen adaptálódott a kiegyenlített, nedves mikroklímához. Amennyiben a felszíni vízutánpótlás (csapadék) szünetel, a víztartalom rendszerint a felszín irányából kezd kiszáradni; ilyenkor a talajlakók az alsóbb, még nedvesebb rétegek felé mozognak. Ezt használja ki a leggyakrabban használt talajból történő mennyiségi mintavételi módszer, a talaj „kifuttatása”. A lényege az, hogy a begyűjtött, lehetőleg ismert térfogatú talajmintából annak kiszáritása, enyhe melegítése segítségével csalogjuk ki az ott élő, lehetőség szerint minél több állatot. A talaj vízzel telt kapillárisaiban élő férgek esetében ez vizes közegbe, egyéb talajállatok vizsgálatakor száraz alaton történik. A folyamat sugárzó hő segítségével (általában kisebb teljesítményű volfrámszálas izzólámpa) hatékonyabbá, gyorsabbá tehető. A talajminta gyűjtése történhet állandó térfogatú mintavevő fémhengerrel, de akár kisebb ásó segítségével is. A futtató berendezések többféle variációja azonos elven alapul, a következőkben két gyakori formáját mutatjuk be. A mintát egy 1-2 cm lyukbőségű rostára helyezük, és óvatosan kissé szétterítjük rajta. A rosta egy nagyobb tölcser széles szájadékában van rögzítve. Vizes futtatáskor a tölcser alsó, szűk kijárata átmenetileg lezárásra kerül, és a rostáig víz kerül bele úgy, hogy a talajminta alsó vége éppen beleérjen. Így a lefelé menekülő állatok a vízbe jutnak, ahol akár életben is tarthatók. Megfelelő idő elteltével (akár néhány óra is elég lehet) a tölcser vizében összegyűlt állatokat az alsó nyíláson keresztül eresztjük ki egy gyűjtőedénybe további vizsgálat céljára. Ízeltlábúak vizsgálatakor általában inkább száraz futtatást érdemes végezni. Itt a tölcser alja nyitott, és oda, a kimeneti nyílás alá egy valamilyen ölü- és konzerválófolyadékot (általában alkoholt) tartalmazó üvegcső kerül. A talajból lefelé menekülő, és így a tölcserbe potyogó állatok kivétel nélkül a gyűj-

tő üvegbe kerülnek. A vizsgálandó állatok mellett ilyenkor változó mennyiségű talajszemcse is a futtatott mintába jut. Ennek kézi válogatása igen hosszadalmas, ehelyett a bekerült példányokat a felülúszó eltávolítása után kisózással választhatjuk el könnyen a talajdarabkáktól. Tömény konyhasóoldatban ugyanis az elpusztult állatok a felszínre kerülnek, míg az ásványi szemcsék nem.

Talajból természetesen egyeléssel is végezhető mintavétel, illetve egy-egy csoport speciális kiegészítő módszerekkel gyűjthető jól. Például a talajban élő, amúgy nehezen begyűjthető földigiliszták nagyon híg formalinoldat belocsolásával igen hatékonyan a felszínre űzhetők, ahonnan már egyeléssel is könnyen begyűjthetők.

4.2.1.1.2. Mintavétel talajfelszínről

A talajfelszín élővilága jelentősen átfed a talajéval. A felszínt rendszerint többé-kevésbé borító avarosodó réteg azonban jó búvóhelyet teremt nagyobb testű ízeltlábúak számára is, amelyek így jóval nagyobb arányban vannak jelen itt, mint a talaj alsóbb, inkább csak kisebb méretű fajok számára átjárható részeiben. Ezen kívül az innét történő zoológiai mintavételnek sajátos, és elterjedten használt módszerei ismertek. A talajfelszín mennyiségi mintavételekor, mivel egy felületről van szó, egységnyi területre jutó egyedsűrűségi értékek megadása lehetséges. A talajfelszíni gerinctelenek gyűjtése egyrészt a felszínről összegyűjtött törmelék korábban ismertetett kifuttatásával lehetséges, ahol pontosan megadható a mintázott talajfelület. Ehelyett azonban leggyakrabban a talajcsapdázást, vagy más néven pohárcsapdázást alkalmazzák. Ennek működése során egy, a talajfelszín vonalába pontosan besüllyesztett pohárba (igénytől függően általában 2–5 dl-es) véletlenszerűen beleesnek az ott mozgó állatok. A lerakott pohárcsapda működhet üresen, ölü- és konzerválóanyag nélkül. Ilyenkor lehetőség van az élve csapdázásra, de ez esetben sűrűn kell ellenőrizni és üríteni a csapdákat a nem kívánt elhullások megakadályozására. Általában azonban valamilyen kevésbé illékony folyadékot, például konyhasós vizet, vagy etilén-glikolt töltenek bele (kb. a pohár feléig). Az utóbbi akár hetekre is konzerválhatja a bele hulló állatok tetemeit, így egy mintavételi periódus akár több hetes is lehet. A párolgás és a csapadék behullásának csökkentése érdekében a pohár fölé néhány centiméterrel érdemes fedőt tenni (például fém-, vagy műanyag lemez darab a két sarkán átfűrt, és a talajba döfött hosszabb huzalszeggel), ami alatt a talajszinten mozgó fajok ugyanakkor nem kerülnek el a csapdát. A talajcsapdázás során gyakran felmerül az igény ismételt mintavételre. Ilyenkor két egymásba tolható pohár együtt kerül lehelyezésre. A csapda (belső pohár) kiemelése és kiürítése után így az egyszerűen visszahelyezhető az eredeti helyére. A talajcsapdázás során adott számú csapda kerül kihelyezésre egy bizonyos térbeli rendszerint, általában egyenes vonal mentén adott távolságban (transzekt), vagy valamilyen rács jellegű kiosztásban egy bizonyos méretű általában négyszögű területrészen (kvadrát). A talajcsapdázás előnye, hogy viszonylag kis ráfordítással jelentős mennyiségű egyed gyűjthető, könnyen megismételhetően, és a csapdák számának emelésével a mintavételi egységek száma elég magas lehet. Az ismételt mintavételkor ügyelni kell a csapdák (poharak) méretére, mennyiségére, térbeli elrendezésére, és nem utolsósorban a gyűjtés időtartamára. A módszer fő gyengéje ugyanakkor, hogy a kevésbé aktívan mozgó fajokat alulreprezentálja, vagy akár egyáltalán nem gyűjti be. Emellett a csapdákat sajnos sokszor nagyobb testű állatok (pl. róka, borz, vaddisznó, kutyák) megrongálják, megsemmisítik. Ez főként olyankor valószínű, ha a csapdában kisebb gerinces állat (kétéltű, hüllő, vagy kisemlős) is foglyul esik és elpusztul. Ennek konzerválásához gyakran kevés a csapdában lévő ölüanyag, ami miatt a tetem bomlásnak indul. Ez egyrészt különböző dögevő emlősöket, másrészt bogarakat, legyeket is odavonz, amik a gyűjtött anyagba kerülve erősen szelektív pozitív irányú torzítást eredményeznek. A csapdaanyagok kiválogatásához, amennyiben a minta behullott talajjal erősen szeny-

nyeződött, a kisózás módszere itt is használható. További hátrány, hogy ugyan megadható az a terület, amelyet bizonyos sűrűséggel a csapdák lefednek, ám valódi denzitásértékekhez itt nem juthatunk, azonban a csapdák teljes talajfelszíni felülete alapján, az időfaktor figyelembe vételével pontosan összevethető a különböző intenzitású mintavételek fogási mennyisége is.

A talajcsapdák mellett, azt jól kiegészítheti a motoros rovarszívó, vagy D-vac-berendezés használata. Ennek során a talajfelszín egy erős szívóhatású, porszívóra emlékeztető, rendszerint robbanómotoros berendezéssel kell „átfésülni”. A berendezés talajra kerülő vége egy nyitott, viszonylag vastagabb (rendszerint 0,01 m² keresztmetszetű) cső, amin keresztül a felszínről elmozdítható felszívott törmelék és kisebb élőlények egy gyűjtőrostán fennakadnak, vagy egy gyűjtőtégelybe jutnak az erős légáram útján. Ez mennyiségi módszer, amely során a használt bemeneti nyílás mérete alapján lehet egységnyi felületre jutó egyedsűrűséget is számolni. A D-vac használatakor folyamatos légáram mellett, annak csövét rövid ideig a talajfelszínen tartva, majd onnét időnként odébb helyezve adott számú szívócsőnyi területű foltról végezhető hatékony mintavétel. A módszer hátránya, hogy a gyűjtött, többnyire még élő anyag konzerválásra, majd további jelentős energiát igénylő válogatásra szorul, emellett pedig éppen az aktívabban, gyorsabban mozgó, nagyobb termetű rovarfajok, amelyek talajcsapdázással adott esetben jól észlelhetők, a D-vac csöve előtt viszonylag hatékonyan elmenekülhetnek.

4.2.1.1.3. Mintavétel gypsintzről

A talajfelszínen élő gerinctelenek egy része teljes élete során a felszínhez kötődik, sokuk azonban a növényzet alsóbb szintjeit is használja tartózkodási helyül. Amennyiben az alacsonyabb növényzet jelentékenyebb kifejlődésű, rendszerint külön élőhelyi szintként, a gypsintként tárgyalják, ráadásul az itt élő gerinctelenek gyűjtése is sajátos módszereket követel. A gypsintz élővilágában a különböző ízeltlábúak dominálnak, esetenként pedig szárazföldi csigák is nagy mennyiségben lehetnek jelen.

Könnyen belátható, hogy a pohárcsapdázást ugyan a talajfelszín speciális gyűjtési módszereként tárgyaltuk, ám az a gypsintzből is gyűjthet. Ennek mértéke jelentősen megnövekszik, amennyiben a csapdákat nem takarjuk le, tehát felülről is nyitottá válnak. A pohárcsapdázáshoz nagyon hasonló elven működik a kifejezetten a gypsintzben alkalmazott tálcspadás gyűjtési módszer. Ez az előzőtől abban különbözik, hogy a viszonylag kisebb felületű poharak helyett a talajba csak kissé besüllyesztett, nagyobb átmérőjű és laposabb edények kerülnek kihelyezésre. Ezek, mivel nagy felületűek, és a gypsintzben mozgó állatokat a teljes felületükön gyűjtik össze, a talajcsapdáknál jóval rövidebb ideig történő működtetés során (néhány nap is elegendő) is nagy mennyiségű gyeplakó állat gyűjthető velük össze. A mintákban a talajcsapdához hasonlóan itt is a nagyobb mozgási aktivitású fajok válnak felülreprezentálttá. A tálcspadás működtetése mindenképp valamilyen ölfolyadékkal történik, mivel a sekély edényekből amúgy könnyen kijutna az oda jutó példányok többsége. A rövid működés miatt felesleges speciális konzerválószer alkalmazása, víz is elegendő. Fontos azonban, hogy annak felületi hártáján ne tudjanak megkapaszkodni és kievickélni a csapdába jutott állatok. Ez felületifeszültség-csökkentő adalék, általában valamilyen mosó- vagy mosogatószer hozzáadásával könnyen elérhető. A tálcspadás ugyanúgy ismételtető, és igény szerinti területi lefedettséget adó térbeli kiosztással végezhető. Az előnyei és hátrányai a talajcsapdázáshoz hasonlóak. A viráglátogató rovarok nagy részére a sárga szín attraktívan hat. Ezt használja ki a tálcspadás egy speciális válfaja, az úgynevezett „sárga tál” módszer, amely egyszerűen sárga színű tálcspadás alkalmazását jelenti, és a virágokon élő rovarok gyűjtésére igen alkalmas. A talajcsapdához hasonlóan a D-vac szintén nem kizárólag a talaj felszínéről, hanem a gypsintz alacsonyabb részeiről is gyűjt.

Egy, a gyepszintben végezhető másik, talán a leginkább hatékony gyűjtési módszer a fűhálózás, vagy kaszáló hálózás. Ez ugyan többféle hibával terhelt szemikvantitatív eljárás, ilyen célra mégis az egyik legelterjedtebb. A hibák a módszer jellegéből adódnak. Egy erős, általában kör alakú, 30–50 cm átmérőjű fém hálókereetre erősített sűrű szövésű, erős textilzsák képezi magát a hálót. Ehhez stabilan csatlakozik az erős hálónyél. A használat során a gyepten vízszintes, erősen lapított nyolcas alakban folyamatosan egyik, majd másik irányból kaszáló mozdulatokkal húzzuk végig a hálót a gyept növényzetében lehetőleg minél mélyebben. A mintavétel végén (általában meghatározott számú hálócsapás) a gyűjtött anyagot akár még élve is válogathatjuk és feldolgozhatjuk, vagy a teljes, hálóban összegyűlt mintát elkábítva, vagy alkoholban konzerválva tehetjük el további feldolgozásra. A fő előnye tehát a gyors és viszonylag hatékony gyűjtési lehetőség. Fő hátránya, hogy jelentős a szelektivitása, ami ráadásul nem állandó, a gyept szerkezetétől és a használat módjától függ, vagyis személyfüggő is egyben. Igen alacsony, néhány centiméter magasságú gyeptben ugyanúgy lecsökken a gyűjtés hatékonysága, mint a méteres magasságú dús növényzetben. További problémát jelent, hogy szeles időben romlik a hatékonysága, esőtől, vagy harmattól nedves növényzetben pedig a zsák átnedvesedése miatt rövid idő után szintén nehezen használható. Az így gyűjtött minták ismert csapásszám, és állandó hálóparaméterek (nyél hossza, hálókereát mértője) mellett jól összevethetők, ám pontos denzitásértékek e módszerrel sem adhatók meg.

A pontos egyedsűrűség megállapítása a talajfelszín feletti élőhely részekben problematikus, de a gyepszintben még megoldható. Erre szolgál a biocönométernek nevezett eszköz nagyméretű típusa, amely nem más, mint egy ismert (általában egységnyi) térfogatú mobil izolátor, vagyis egy sűrű tüllhálóval öt oldalán felszerelt, általában kocka alakú fémkeret, amelynek a hatodik oldala kerül alulra, és az egyik oldalán egy megnyitható hálós rész található. Ezt minél gyorsabban a mintázni kívánt gyeptészre kell helyezni – praktikusán rádobni, hogy a mozgékonyabb példányok, pl. nagyobb lepkék, kétszárnyúak, hártýásszárnyúak se legyenek képesek elmenekülni. Ezután az izolált térrészből az összes példány egyeléssel, esetleg motoros rovarszívóval kigyűjthető. Nagy pontossága ellenére a módszer éppen a nehézsége, rendkívüli időigénye és kis időarányos gyűjtési gyorsasága miatt nem elterjedt.

Mint ahogy az éjszaka aktív repülő rovarok többségét, a gyepszintben élők jelentős részét is valamilyen mértékben vonzza a fény. Ezen alapul a fénycsapda nevű berendezés működése, amely mesterséges fényforrás segítségével csalja a gyűjtőberendezésbe az állatokat. A fénycsapdák fajoként változó hatékonysággal gyűjtik a rovarokat, így abszolút mennyiségi mintavételre nem alkalmasak, azonban bizonyos körülmények között a gyűjtési hatékonyságuk standardizálható. A legegyszerűbb fénycsapda egy nagy felületű, világos lepedő, erős fényvel megvilágítva. A világos felszínre odarepülő rovarok rászállnak a szövetre, és onnét kézzel összegyűjtethetők. A fénycsapdák számos típusa azonban az egyes minták összevételére bizonyos megszorítások mellett alkalmas lehet, működésük pedig automatizálható. Ezek pontos kialakítása többféle lehet, az elv azonban azonos. A fényforrás (általában magas UV-kibocsátású higanygőz lámpa, vagy fénycső) köré terelőlemezek kerülnek, amelyeknek a spirális útvonalon közelítő rovarok nekirepülnek, és a lemezek alá, rendszerint egy nagyméretű tölcsér után elhelyezett, ölé hatású gőzt (pl. kloroform) tartalmazó edénybe esnek. A fényforrást alacsonykapcsolóval összekötve akár felügyelet nélkül is hagyható a csapda, mivel a gyűjtésre alkalmas időszak alatt fog csak üzemelni.

4.2.1.1.4. Mintavétel cserje- és lombkoronaszintről

A lágyszárú növényzet fölötti vegetációs szintekből történő gerinctelen mintavételek módszerei egymáshoz hasonlóak, a különbség leginkább a gyűjtő számára való elérhetőségben jelentkezik. Míg a cserjeszint kézi eszközökkel az ember számára jobbra elérhető, a magasabb, a magyarországi körülmények között is a talajtól akár 30–40 méter magasra nyúló, lombkoronaszint elérése maga okozza az innen történő mintavétel fő nehézségét.

A cserje- és lombkoronaszintben egyaránt jól használható az előbbieken bemutatott fénycsapdás gyűjtés. A hatékony fénycsapdázás előfeltétele, hogy a mintavételezni kívánt szintben, vagy ahhoz minél közelebb működjön a csapda, ami a cserjeszint esetében nem okoz nehézséget, a lombkoronában pedig általában egy magasabb erős ágról lelátva lehet hatékonyan fénycsapdázni úgy, hogy a csapdát a kezeléshez csigás rögzítés segítségével könnyen elérhető magasságba húzhatjuk fel.

A bokrok, fák lombzatában, a hajtások, levelek felszínén élő gerinctelenek gyűjtésére alkalmazott módszer a lombkopogtatás. A lombzat alá tett viszonylag nagy felületű gyűjtő felszín (talajra terített lepedő, vagy fejjel lefelé kinyitott nagyméretű ernyő) fölötti ágakra egy erős bottal nagy ütésekkel mérünk; vagyis megkopogtatjuk. Ennek hatására a lombzatban tartózkodó állatok jelentős része lehull az alátett felületre, ahonnan csipesszel, szippantóval összegyűjthetők. A módszer elég szelektív, mivel például a röpképes példányok egy része leesés helyett, vagy aközben szárnnyra kap.

A lombhálózás a kopogtatáshoz hasonlóan a lombzatban mozgó, pihenő állatokat gyűjti be. A fűhálózáshoz hasonlóan szemikvantitatív módszernek tekinthető, bár annál lényegesen nagyobb a véletlenszerű torzítása, és kisebb a gyűjtési hatékonysága. A fűhálózáshoz hasonlóan kell végezni. Az erős hálózathoz itt egy több méter hosszúra kinyújtható teleszkópos nyél csatlakozik, így a cserjeszint mellett az alacsony lombkoronák esetében használható.

A lombkoronaszintből, annak magasságától függetlenül jól alkalmazható, hatékony kvalitatív módszer az inszekticid melegköddel végzett gyűjtés. Ezt leginkább a nagyon gazdag lombkoronaszinti élővilágú, és nem mellesleg igen nehezen megközelíthető lombzatú, trópusi esőerdőkben alkalmazzák, de mérsékelt övi erdőkben is használható. Egy melegköd képző berendezésből általános kábító, vagy ölé hatású szert (általában valamilyen piretroid származék) tartalmazó felmelegített aeroszolt képeznek a vizsgálandó lombkorona alatt. A talajt ezt megelőzően fóliákkal, vagy textillel borítják be, amiről a környező levegőnél melegebb, így felfelé áramló ölé szer hatására a lombzatból lepotyogó állatok azután könnyen összegyűjthetők.

4.2.1.1.5. Aeroplankton-mintavétel

A lombkoronaszint felett, illetve mindenféle fás és fátlan szárazföldi, vízi és élőhely feletti légrétegben változó, olykor számottevő mennyiségben található élőlények. Ezt aeroplanktonnak nevezzük, és a talajtól több ezer méteres magasságig találkozhatunk vele. Egy részük a szelek által felkapott, passzívan repülő, sodródó mikrobiális szervezet, növényi spóra, a nagyobb testűek pedig túlnyomóan fonalrepítő pókszabásúak és repülő rovarok. Éppen ezért ezek gyűjtése valamiféle repülő szerkezettel lehetséges. Eszközként nagyméretű, finom szövésű, és igen erős keretű hálók használhatók, amelyek általában léghajóból, vagy viszonylag lassabban haladó repülőgépből kilógatva gyűjtik össze az útjukba kerülő állatokat. A háló mérete, és a gyűjtés közben megtett út ismeretében akár térfogategységre is megadható az aeroplankton átlagos denzitása.

4.2.1.2. Vízi gerinctelen állatok mintavételezési módszerei

A vízi mintavételezés célkitűzései gyakran a mindennapi életben is megjelenő problémákra irányulnak. Hol engedélyezhető bármilyen, pl. ipari vagy rekreációs célú hasznosítás (strandolás, horgászat), hol történjen egy védett területet kijelölése? Máskor valamilyen akut jelenség (pl. áradás, vízvirágzás) nyomán szükséges a vizsgálódás. A válasz keresése során a kutató a vízi élőlényközösségek minőségi és mennyiségi viszonyait vizsgálja, olykor csak egy adott faj populációdinamikájának változására, máskor az egész közösség szerkezetének alakulására kíváncsi. A munka sikerességét döntően befolyásolja, hogy milyen a mintavételi elrendezés, kimutatható-e például a vizsgálni kívánt emberi hatás, vagy a felvett adatokból csupán a természetes variancia észlelhető.

A szárazföldtől eltérően a vízben az alzat mellett a víztér is élőhelyet jelent. További eltérést jelent egyes csoportok napszakos vertikális vándorlása. A vízi élőlények mintavételezését megelőzően azt is el kell dönteni, hogy mely méretosztállyal és mely élőlény csoportokkal kívánunk behatóbban foglalkozni. Ugyanakkor a víz, mint homogén közeg lehetővé teszi a lebegő szervezetek *in situ* becslését, pl. távérzékeléses eljárásokkal vagy automata részecskeszámlálók alkalmazásával.

A jelen fejezet a plankton és a makrozoobentosz mintavételezésének tárgyköréből mutat be egy összeállítást a teljesség igénye nélkül.

4.2.1.2.1. A vizsgálandó élőhelyek

Az élőhelyek tekintetében a víztér és a különböző határfelületek (víz-üledék; víz-levegő) mintavételezése történhet meg. Mivel a legtöbb vízi élőlény kicsiny, a mintavétel sokszor a habitat egy részének kiemelésével zajlik (pl. adott víztérfogat vagy üledékoszlop kivétele). Az élőhelyek fizikai tulajdonságai behatárolják az alkalmazható eljárások körét. A legalapvetőbb vízi élőhelytípusok, amelyeket a gyűjtési technikák miatt megkülönböztetünk: 1. álló- vagy 2. áramlóvíz; 2.1 nagyobb folyó, 2.2 kisvízfolyás. (A téma szempontjából ez az egyszerű csoportosítás elégséges, az EU Víz Keretirányelv hazai részletes tipológiájától eltekintünk.)

4.2.1.2.2. A gyűjtendő élőlények

A nyílt víztér lebegő élőlényközössége a plankton, amely zömmel mikroszkopikus szervezetekből áll. Az alzat, ill. a bevonatképződésre alkalmas egyéb felszínek közössége a benton, az alzat élőlényközössége a bentosz. A mintavétel sokszor abban az esetben sem szelektív, ha csak egy konkrét rendszertani csoportra irányul a gyűjtés (pl. ágascsapú rákok), mert a közösség egy nagyobb szelete is benne lesz a mintában (pl. evezőlábú rákok, kerekesszékf férgek, algák). A gyakorlatban a gyűjtési módszereket a különböző méretosztályokra tudjuk célzottan optimalizálni.

A méret kategorizálásnál léteznek általánosan, széles körben elterjedt csoportosítások, csakúgy, mint egy-egy élőlénycsoportra megállapított önkényesen behatárolt méretosztályok. A következőkben említett méretosztályokat a vízi szervezeteknél elterjedten használják, elsősorban a plankton, de éppen úgy a bentosz élővilágának tanulmányozásakor. A méretosztályok 2-re alapulva nagyságrendenként következnek egymás után. A legkisebb méretosztályt a baktériumok képviselik ($> 0,2\mu\text{m}$), mintavételezésük a mikrobiológiai tárgykörű fejezetben olvasható. A legkisebb eukarióták több méretosztályon átívelnek. A piko- ($0,2\text{--}2\mu\text{m}$) és nanoszervezetek ($2\text{--}20\mu\text{m}$) közé a baktériumok mellett kizárólag protiszták (algák és heterotróf egysejtűek) tartoznak, a mikroszervezetek ($20\text{--}200\mu\text{m}$) között ezek mellett már a legkisebb állatokat is megtaláljuk (rákok naupliusz lárvája, egyes kerekesszékf férgek és fonalféreg, némely kistrákok). A mezofauna ($0,2\text{--}20\text{mm}$) méretosztályban is főként az előbbieket

találjuk. A makroszkopikus vízi gerinctelenek kategória (2–20cm, de egyszerűbben: a szabad szemmel látható gerincteleneket jelenti) a legváltozatosabb az élőlénycsoportokat tekintve, képviselői főként a víz-üledék határfelületen találhatók.

A fenti biotópok és közösségek a legtöbb hazai víztípusban fellelhetők. Az egyes víztestek ökológiai jellemzésénél azonban az ott legjellemzőbb csoportokat vizsgálják. Állóvizek nyílt vízében a fito- és zooplankton, üledékéből a makrogerinctelenek mintavételezését végzik. Áramló vizeknél a nagy vízhozamú folyószakaszokon az előbbieket szintén gyűjthetők, de a kisvízfolyásoknál (pl. hegyi patakok) mindenképpen a bentikus szervezetek, köztük a makrogerinctelenek mintavétele a legelterjedtebb.

4.2.1.2.3. Mintavételi eljárások

A megfelelő mintavételi protokoll kialakítása az előtanulmányok során történik. Ekkor fontos a konkrétan vizsgálni szándékozott fajok előfordulásához, fejlődésmenetéhez, életmódjához igazítani a mintavételeket. Megbecsülhető a teljes vizsgálat kivitelezéséhez szükséges összes forrás, és következtetni lehet az elérhető eredmények pontosságára is.

A mintavételnél olykor csak a begyűjtés történik meg, a rögzítésre esetleg csak a laborban kerül sor a feldolgozás alkalmával. Ekkor egy további fontos lépés a megszedett minták megfelelő állapotban történő ideiglenes tárolása, annak érdekében, hogy a populációméret ne változzon az esetleges pusztulás vagy szaporodás következtében. A legfontosabb feltételek a következők: 1. a minták sötétben történő tárolása a fotoszintézis leállítására (fitoplanktonnál elengedhetetlen); 2. alacsony hőmérséklet biztosítása az élőlények aktivitásának (pl. predáció, szaporodás) csökkentése céljából; végül 3. levegő biztosítása az aerob élőlények életben tartására, és az anaerob baktériumok elszaporodásának megfékezésére. Ezután a laboratóriumi feldolgozás során következik a rögzítés és a hosszútávú tárolás. A konkrét megvalósítás itt már élőlénycsoporttól függ. Az élőlények kvalitatív és kvantitatív vizsgálata gyakran időigényes feladat, és csupán ennek végeztével értékelhető ki a minta. Azt is előzetesen érdemes eldönteni, hogy milyen mélységben (milyen taxonómiai szinten) történjen a minták feldolgozása. Az alacsonyabb taxonómiai felbontás (osztály, rend, család szintű azonosítás) természetesen korlátozza a használható adatértékelési módszerek körét, például diverzitásvizsgálatoknál értelmetlen a faji szint feletti taxonómiai adatokat bevonni az értékelésbe. A fajszintű vizsgálat azonban több specialista bevonását is igényelheti.

4.2.1.2.3.1. Mintavételezés állóvízi planktonból

A plankton a vízterben élő kisméretű autotróf és heterotróf élőlények közössége, amelyeket a víz szabadon sodor, a planktonlények saját mozgási energiája (az ostor, a csillózat vagy a rotiferák és kistrákok vízörvényt keltő szervei) nem múlja felül a vízmozgásokét. A fitoplankton autotróf algákból áll, ők a nyílt víz elsődleges termelői. A fotoszintetizáló cianobaktériumokkal kezdve az Euglenophyta, Dinophyta csoportokon keresztül a növényvilág (Plantae) egysejtű, fonalas és telepes szerveződésű csoportjai, továbbá a Chromista algák tartoznak ide. A zooplankton megnevezés tágabb értelemben minden planktonikus heterotróf eukariótára vonatkozik, de újabban a heterotróf protisztákat protozooplankton néven markánsan elkülönítik a zooplanktontól. Az édesvízi zooplankton állandó tagjai (holoplankton) a kerekcsigák (Rotifera törzs) és a különböző kistrákcsoportok: legfontosabbak az evezőlábú rákok (Maxillopoda osztály: Copepoda alosztály) és az ágascápú rákok (Branchiopoda osztály: Cladocera rend). Hazánkban a hasadt-lábú rákok (Malacostraca osztály: Mysida rend) előfordulása és jelentősége a víziutak kapcsán növekvőben van.

Az algák és a zooplankton tagjai többnyire rövid generációs idővel rendelkeznek. Ezért a vízben bekövetkező hirtelen környezeti változás (pl. extra vízmennyiség vagy tápanyag, vagy valamilyen szennyezés, ill. toxikus anyag megjelenése) gyorsan tükröződik a plankton dominianciastruktúrájának és denzitásának változásában. Akár órák, de többnyire 1-2 nap alatt észlelhetők ezek a változások, míg a bentikus közösségben ez hosszabb időt vesz igénybe. Így állóvizekben a plankton bizonyult a legalkalmasabbnak a víztestet érő hatások biológiai dektálására.

A planktonból történő mintavételezés – bár irányulhat fajokra is – nem populáció, hanem közösségi szinten történik. A plankton a víztér bármely pontján kimutatható, ezért változó, folytonos természetű. A minta méretét tehát mindig a kutató határozza meg a vizsgálat célkitűzésének megfelelően, természetes határa nincs. Az abszolút egyedsűrűséget a fentiek miatt csupán becsülni lehet. A planktonvizsgálat során végezhetünk becslést valamilyen populációs paraméterre, ilyen pl. a fajok vagy magasabbrendű taxonok egyedsűrűsége, ekkor a mintaegységek közti variancia minimalizálása a cél. A plankton mintázatelemzése során azonban a variancia maximalizálására törekszünk.

A megfelelő mintavételi elrendezés kialakításához ismerni kell a fajok vagy éppen a plankton egészének térbeli eloszlását. Ahhoz, hogy eldöntsük, a változóink térbeli eloszlása egyenletes, random vagy aggregált-e, először a variancia/átlag hányadost kell megvizsgálni valamennyi mintavételi ponton vett minta bevonásával úgy, hogy egységnyi víztérfogatban megállapítjuk a regisztrálható fajok egyedszámát. Ha a variancia és az átlag hányadosa közelítőleg 1, akkor a populációban a planktonlények eloszlása véletlenszerű, ha < 1 , akkor az egyenletest közelíti, ha > 1 , akkor aggregált térbeli mintázatot mutat. Az eltérés t-próbával vizsgálható.

A planktonlények térbeli eloszlása nem egyenletes, általában a lokális aggregációk kialakulása jellemző. Azonban a megfelelő nagyságú kiemelt víztérfogat mellett (amely nagyságrendekkel meghaladja a planktonlények testméretét és az aggregációk méretét is) már számos fajnál egyenleteshez közeli eloszlás tapasztalható. A mintavételi egység méretének kialakításánál ezt is figyelembe kell venni.

A planktonlények többsége napszakhoz köthető aktivitást és vertikális vándorlást mutat, tehát azt is meg kell határozni, hogy mikor történjen a mintavétel, és mindig ugyanabban az időben érdemes a mintákat gyűjteni. Általánosságban 2 m-nél sekélyebb, jól átkeveredő vízben a fitoplanktont 0,5 m mélységben, a felszín közelében kell gyűjteni. Mélyebb tavakban rétegzettségmentes időszakban az eufotikus zónából, rétegzett víznél pedig az epilimnionból kell mintát venni. Mélyebb vizeknél az algák vertikális eloszlásában mutatkozó különbségek miatt különböző mélységekben diszkrét mélységi vagy összesített mélységi mintát kell venni. A zooplanktont pedig a teljes vertikumból vagy több mélységből gyűjtik. A zooplankton napszakos vándorlása során számos faj éjjel emelkedik a felszín közelébe. A makroplanktonba tartozó Chaoborus lárvák és a Mysidák esetén ez mindig így van. A valóság ennél jóval árnyaltabb, az egyes fajok vertikális elterjedése több tényezőtől függ.

Planktonnál a mintavételi egység legtöbbször térfogat, a kiemelt vagy átszűrt víz térfogata. Zooplanktonnál literes nagyságrendben veszik, az állóvíz típusától függő mennyiségben. Nagyobb és mélyebb hazai állóvizeinknél 10 liter fölötti térfogatot célszerű egyszerre kiemelni. Sekély kisvizeknél ennél kevesebb is elegendő. Sávtranszekt jellegű a mintavétel, ha planktonhálót vontatnak végig egy meghatározott szakaszon.

A mintavételi egység méretét nem célszerű változtatni a vizsgálat alatt. A mintavételezési periódus során a mintavételi egység mérete abban az esetben változtatható, ha a relatív abundanciára vagyunk kíváncsiak a denzitás (egységnyi területre eső egyedszám) helyett. A relatív abundancia vizsgálata akkor célravezető, ha a dominanciastruktúra átalakulása már önmagában informatív a közösség állapotára nézve. Utóbbira példa a fitoplankton vizsgálata.

A mintavételi egység

Ha túl kicsi a mintavételi egység mérete (a planktonminta térfogata), akkor szegélyhatás érvényesülhet, tehát olyan elemek kerülnek a mintába, amelyek nem az adott közösségre jellemzőek (ez planktonminta esetében nem fenyeget, esetleg a partközeli vizekben fordulhat elő). Másik felmerülő hiba, hogy a plankton aggregált térbeli eloszlása miatt a konfidenciaintervallum túl tág lesz.

Ha túl nagy a mintavételi egység, a feldolgozás emészt fel túl sok energiát, így a kutatási eredmény közlése szenved jelentős késést. A mintaegység megfelelő nagyságát az előtanulmányok során kell meghatározni. Tapasztalatok alapján fitoplanktonnál tápanyagszegény, sekély vízben akár 6 liternyi is lehet a mintaegység, tápanyagban gazdag, eutróf vízben viszont már 0,5–1 liter elegendő. Zooplanktonnál egy hazai tó nyíltvízi részén 30–50 liter víztérfogatot érdemes kivenni, a parti zónában és kisvizekben 10 liter is elég lehet. A zooplankton mintavételezésnek ma is fontos eszköze a planktonháló, amellyel a teljes vízoszlop átszűrhető, vagy adott térrészben meghatározott időn keresztül vontatható, így horizontális mintavételre is alkalmas. Ekkor egy húzás (vontatás) felel meg egy mintavételi egységnek.

Az elemszám, a mintavételi egységek ismétléseinek száma döntően befolyásolja a denzitás vagy a relatív abundancia becslésének pontosságát. Ha egy planktonszervezet relatív denzitására kalkulált 95%-os konfidenciaintervallum valószínűtlenül tág határok között mozog (például 1 és 1000 egyed/liter), akkor gyanítható, hogy az átlag túl kevés ismétlésből lett számítva. Ha a konfidenciaintervallum szélességét a felére akarjuk csökkenteni, az ismétlések számát a négyszeresére kell növelni (a becslés pontossága az ismétlésszám négyzetgyökétől függ). A konfidenciaintervallum szélességét úgy csökkenthetjük, hogy javítunk a mintavételi eljárásán, több ismétlést alkalmazunk, vagy növeljük a mintavétel egységének a méretét (pl. nagyobb planktontérfogatot választunk).

A mintavételi pontok kitűzése: nyíltvízben a mintavételi pontokat egy négyzetháló rácspontjai mentén érdemes kijelölni, állóvízben a víztér középső, ill. legmélyebb pontját önkényesen középpontnak véve. A part közelében inkább a part felől a nyílt víz felé húzódó sávtranszektek kijelölése a megfelelő.

A mintavétel kivitelezésére szolgáló eszközök

Fitoplankton gyűjtésére szűrt minta nem használható, mert a legkisebb szervezetek mérete a pikotartományba esik.

Állóvizekben használható eszközök:

Sekély vízben (< 2 m) fitoplankton vizsgálat céljára elég egy palackot 0,5 méteres mélységben megtölteni. Rétegzett, de nem túl mély tóban (< 20 m) az epilimnionból, ill. az eufotikus rétegből adott mélységben záródó mélységi mintavevőket lehet használni, ahol a nyitott állapotban leengedett cső alakú eszközt a kívánt mélységben, egy a felszínről lebecsátott záró súllyal lezárunk. A legegyszerűbb a tavakban használatos Ruttner-féle mintavevő, ahol lebecsátáskor a két véget lezáró kupakok a cső fölött, ill. alatt egy tengely mentén középen helyezkednek el. A Niskin- és a Friedinger-féle mintavevőknél a cső oldala mentén található.

Édesvízi és tengeri használatra is szolgál a Van Dorn-féle mintavevő, amelynek számos változata kapható a kereskedelemben. Mindegyik eszköz különböző térfogatokban kapható, fito- és zooplankton gyűjtésére egyaránt megfelelők.

A csőmintavevőkhöz hasonló elven működő planktoncsapdák közül a Schindler–Patalas-féle mintavevő a legtöbbet használt eszköz, zooplankton gyűjtésére szolgál. Igen egyszerű működési elve miatt házilag is elkészíthető. Kőbős alakú, alján és tetején zsanérral rögzített tetőkkel, amelyeket lebocsátáskor a vízoszlop kinyit, majd a kívánt mélységben a mintavevő felhúzásakor az ajtók visszabillegnek a hasáb alá, ill. tetejére, elzárva a nyílásokat. A hasáb oldalán alul elhelyezkedő kifolyónyílásra 50 μm -s lyukbőségű planktonhálót illesztve a mintából a zooplankton leszűrődik.

Szűrt minták alkalmasak horizontális és vertikális zooplankton vizsgálatokhoz. A kereskedelemben az ehhez szükséges planktonhálók széles skálája kapható. Az édesvizeinkben használatos planktonhálók lyukbősége 50–80 μm . 50 μm -nél már a naupliusz lárvák sem szűrődnek ki. Vertikális mintavételnél lebocsátást követően, néhány másodperc várakozás után nagyjából 1 m/s sebességgel kell felhúzni. A mintavétel legnagyobb mélységének még az aerob vízterben kell lennie.

A minták feldolgozása

A minták feldolgozásánál elsődleges cél az abundancia, ill. a denzitás, vagy a biomassa meghatározása. E helyen a részletektől eltekintünk, az ismertetés csak a legalapvetőbb tendenciákra vonatkozik.

A rögzített fitoplanktonmintát ülepítőkamrákba töltve a szükséges idő elteltével inverz mikroszkóppal vizsgáljuk. Nehézséget jelent, hogy az egyed értelmezése számos esetben nem egyértelmű, még a specialisták körében is vitatott. A mintaegységre vonatkoztatott denzitásra az átvizsgált térfogat alapján következtetünk, sokszor azonban a relatív abundancia megismerése is elegendő. Részletes leírást lásd az algológiai tárgyú szakirodalomban. A planktoncsapdával vett zooplankton mintáknál a rögzített mintákból magas denzitás esetén alminták számolását érdemes elvégezni, majd ezek átlagértékéből visszszámolni a mintaegység térfogatára.

4.2.1.2.3.2. Mintavételezés makrozoobentoszról

A makroszkopikus vízi gerinctelenek vizsgálatára számos nemzetközi és hazai protokoll létezik, különösen a kisvízfolyásokban élőkre. Általánosságban az édesvízi makrozoobentosz mintavételeket befolyásoló főbb tényezők az alzat minősége (szemcseméret-eloszlás), a vízmélység és áramló vizeknél a víz áramlási sebessége. Ezen tényezők alapján a mintavételi területen belül is nagy különbségek mutatkozhatnak, így eltérő mintavételi eszközök alkalmazása lenne célszerű. Ez azonban a minták összehasonlíthatóságában vet fel problémákat.

Élőhelyek kiválasztása és a mintavételt befolyásoló tényezők

A víztípustól függően a terepbejáráskor 250 méteres (patakok, állóvizek), ill. 500 méteres (nagyobb folyók) szakasz bejárása javasolt a part mentén. A mikrohabitat – mezohabitat – patakszakasz szinteken rendszerint kis tér- és időskálájú események hatnak, főként a hidrodinamikai tényezők (a vízáramlás és a magával sodort hordalék) és a meder topográfiai jellege (pl. kanyarulatok, akadályt jelentő kövek, torlaszok jelenléte). E tényezők felelősek a patakmederben az eltérő jellegű ún. medence és zúgó típusú szakaszok kialakításáért. A mélyebb, lágyabb üledékkel borított csekély vízáramlással jellemezhető medencék és a gyorsan áramló, sekély, szilárd, köves alzatú zúgók két végelete között egy sor további ún. mezohabitat típus

különíthető el látvány alapján. A habitat heterogenitás időbeli változása szezonális, éves, vagy akár nagyobb geológiai időskálán is mérhető. Az ökológiai vonatkozásban megfelelő időskálát az adott mintavétel céljának megfelelően kell kiválasztani. Figyelembe kell venni az adott földrajzi szélességen és tengerszint feletti magasságban tanulmányozott makrogerinctelenek fejlődésmenetének sajátosságait is, elsősorban a rovaroknál. Magyarországon a hegy- és dombvidéki kisvízfolyásokban a kérészek (Ephemeroptera), szitakötők (Odonata), álkérészek (Plecoptera), vízfátyolkák (Megaloptera), tegzesek (Trichoptera) és a vízben fejlődő kétszárnyúak (Diptera) imágói térnek át szárazföldi életmódra, elhagyva a lárvális fejlődés számára szükséges vizes élőhelyet. A többi élőlénycsoport (gyűrűsférgék, puhatestűek, fonalférgék, rákok stb.) egész évben a vízben tartózkodik. Általánosságban, a mintavételezést évente legalább kétszer, tavasszal és nyáron célszerű végezni. A habitatok tipizálása történhet pusztán az alzat szemcseméret eloszlása alapján is.

A mintavétel egysége

A helyszíni bejárásnál felmért mezohabitat-típusok arányát meg kell határozni a vizsgált 250 méteres patakszakaszon. Ezt követően három 10 méteres szakaszt kiválasztva, a mezohabitat-típusok mennyiségi eloszlási viszonyainak arányában történik a különböző foltokból a mintavétel. Egy mezohabitat-típusból tetszőleges módon kell kiválasztani a mintázandó foltokat. A mintavétel egysége mezohabitatonként a szakaszon belül gyűjtött minták összessége lesz. A minta egésze így három mintaelemből áll.

A mintavétel kivitelezésére szolgáló eszközök

Patakokban a mintavételt közelítőleg 10 csapadékmentes napot követően érdemes lefolytatni, amikor a víz áramlása az évszakra jellemző, és a hordalék leülepedett. Folyásirányban fölfelé haladva kell haladni, hogy az alzat felzavarása ne befolyásolja a mintavételt.

A Surber-féle mintavevő a makrozoobentosz kvantitatív vizsgálatára alkalmas. Sekély, < 10 cm-es vízmélységű patakokban alkalmazható, ahol az üledék szemcseméret-eloszlása a finomszemcsestől a nagyobb kavicsokig terjed. Az eszköz két, zsanérral összekötött négyzet alakú acélkeretből áll (standard mintavevőnél 30 x 30 cm), egyikre egy zsákformájú planktonháló van rögzítve (500 µm standard lyukbőség). A mintavétel során a kereteket szétnyitva úgy kell a vízbe helyezni, hogy az alzatra merőlegesen álló keretre illesztett háló szája a folyásiránnyal szemben legyen. Az alzatra fektetett négyzet alakú fémkereten belül az alzat finom kotrásával, és a kövek, nagyobb kavicsok felületének simításával lehet a makrogerincteleneket a víz sodrásának segítségével a hálóba beterelni. A fekvő keret által bezárt felületrész lesz a későbbi számolások alapja.

Lágy alzaton markolóval célszerű mintát venni (pl. Ponar-féle iszapmarkoló: 15 x 15 cm vagy 23 x 23 cm, vagy Ekman-féle iszapmarkoló: 15 x 15 cm vagy 23 x 23 cm, vagy 30 x 30 cm), amelyeknél a markoló által kiemelt felület nagysága alapján kvantitatív mintavétel lehetséges (lásd [4.3.4.3. fejezet](#)). A kisebbeket szokták gyakrabban alkalmazni édesvizekben, könnyebb felhasználhatóságuk miatt. Az Ekman-féle iszapmarkoló nem alkalmas szerves törmelékekkel vagy durva kavicsokkal borított alzaton való munkára. Tömege azonban a Ponarnál sokkal kisebb, ami előnyt jelent a Ponar-féle mintavevővel szemben.

A kézi egyelőhálózás szemikvantitatív módszer (standard: 25 x 25 cm-s kereten 500 µm lyukbőségű háló), a mintavétel időtartama és a hálóval átvizsgált terület nagysága alapján összehasonlítható mintákat eredményez. A taxon gazdagságot, indikátor fajok jelenlétét, relatív abundanciát megbecsülhetjük, a mintavételi helyeket is össze lehet vele hasonlítani, de denzitás vagy biomassza számolásra nem alkalmas.

4.2.2. *Gerinces állatok*

4.2.2.1. Halak, kétéltűek és hüllők terepi mintavételezése

4.2.2.1.1. Halak mintavételezési módszerei

A gerincesek fajokban leggazdagabb csoportja. Bár rendszertanilag több osztályba soroljuk őket, mintavételezési módszereik azonosak. Gazdasági jelentőségük is igen nagy, ezért intenzíven kutatott csoportnak számítanak. Fajgazdagságuk és egyes fajok környezeti tényezőkkel szembeni fokozott érzékenysége (szűktűrűsűek) miatt a vizes élőhelyek monitorozásának fontos alanyai.

A Kárpát-medence jellegzetességeiből adódóan, hogy hazánk vízrajza és halfaunája is igen változatos. Változatosak az élőhelyek, és feltűnően magas a halfajok száma.

A diverzitás fenntartása érdekében, főként az endemikus fajok megőrzése érdekében is szükség van a halfaunisztikai vizsgálatokra.

Az álló és az áramló vizekben a mintavételezési módszerek alapjaiban megegyeznek, kisebb eltérések azonban lehetnek.

A fajok elterjedését bizonyos környezeti tényezők limitálják. Ezért a halfaunisztikai vizsgálatok során ezeket a tényezőket is vizsgálnunk, mérnünk kell. A legfontosabb tényezők: a víz hőmérséklete, a fényviszonyok, a vízben oldott oxigén, az oldott ionok koncentrációja, a vízmozgás.

A halmonitorozás lépései a következők:

1. A vizsgálandó terület kiválasztása. A célkitűzést függvényében előre meg kell határoznunk, hogy szezonálisan hány alkalommal végzünk gyűjtést, hány éven keresztül, majd a módszerek kiválasztása után következik a területbejárás.
2. A mintavételi terület általános értékelése: a makrokörnyezet jellemzése.
3. A mintavételi hely mikrokörnyezetének jellemzése. A vizsgálati terület fiziko-kémiai paramétereinek mérése.
4. Halászati gyűjtés. Rögzítjük, hogy mikor, milyen módszerrel (elektromos kutató halászgép, rekesztő, kerítő, állító stb.), mely fajokat gyűjtöttük. Fajlisták készítése.
5. Kormeghatározás. A begyűjtött fajok korcsoportonkénti jellemző testparamétereit felvesszük, majd azokat elemezve, növekedés- és kondícióvizsgálatot (testtömeg osztva a testhossz köbre emelt értékével) is végezhetünk. Egy-egy faj populációjának kor szerinti megoszlásának kutatása is fontos.
6. Az ökológiai értékelés során kitérünk az élőhely körülményeinek stabilitására. Az értékelésnél figyelembe kell venni az életmodell-kategóriákat, a szaporodási és élőhelyre jellemző környezeti tényezőket. Igen fontos felmérni, hogy biztosított-e az egyes halfajok vándorlási útvonala (ívóhely és telelőhely felkeresése érdekében), ill. mi az oka az akadályoztatásának.
7. Az élőhely, a gyűjtött halfajok, illetve a veszélyeztetett fajok helyzetének minősítése. Javaslattevés a vizes élőhely kezelésére, a vízrendezés, partrendezés során a veszélyeztetett fajok ökológiai igényeinek figyelembevételére. Javaslattevés a veszélyeztetett halfajok populációinak fenntartására, és a biológiai diverzitás megőrzésére.

A mintavételezési módszerek alapvetően kétfajta lehetnek.

Direkt módszer: A vizsgálati terület összes egyedének begyűjtése. Kisebb állóvizek esetén, főként kutatási célból alkalmazzák. A teljes lehalászásakor természetesen a populációk méretét, a denzitást közvetlenül meg tudjuk állapítani.

Indirekt módszer: A regressziós módszer esetén, az egymást követő mintavételezéskor a begyűjtött állomány csökkenést mutat, így becsülhető a populációméret.

A fogás-jelölés-visszafogás módszerét (CMR) alkalmazzuk a leggyakrabban a populáció méretének becslésére. A módszer alkalmazhatóságának azonban vannak bizonyos előfeltételei, pl. a populáció „zárt” legyen, a jelölések jól láthatóak legyenek, ne vesszenek el, a jelölt egyedek homogéneven keveredjenek a populáció többi tagjaival.

A gyűjtőeszközök is nagyon változatosak. Az egyik csoportot a különböző hálótípusokkal való gyűjtés alkotja, a másikba az elektromos kutatóhalászgéppel való gyűjtés tartozik.

- négyszögletes ivadékfogó-háló, kerítőhálók, eresztőhálók, dobóháló, emelőháló, varsa stb.
- elektromos kutatóhalászgép használata

A halászatnak is többféle módját alkalmazzuk: rekesztőhalászat, kerítőhalászat, emelőhalászat, hajtó halászat, állító halászat, kereső halászat, vető halászat, elektromos halászat.

4.2.2.1.2. Kételtűek és hullók mintavételezési módszerei

A kételtűek és hullók becsült egyedszámát vagy denzitását különböző monitorozó módszerekkel (vizuális felmérés, hangmonitorozás, petecsomó- és kifejlett állatszámolás, lámpázás illetve transekt módszer) lehet meghatározni. A jelenlét- és hiányvizsgálat, illetve a populációméret-becslés a területen aktuálisan tartózkodó fajokról, illetve állományokról szolgáltat adatokat. A felmérés lényeges eleme az időzítés, mivel a két csoport aktivitása eltérő (kételtűek: március–április, hullók: május, szeptember–október), ezért a mintavételek nem vonhatók össze. Mindkét csoportnál fontos a fiatalok megkülönböztetése, mivel azok aránya fontos adat a terjedésben résztvevő egyedekről, a populációk szerkezetéről.

A különböző fajok esetén az egyedek kimutatására alkalmas mintavételi módszerek hatékonysága igen eltérő. A zöld varangy (*Bufo viridis*) esetében például a hangfelmérés és az útfelmérés a leghatékonyabb módszer, közepesen hatékony módszer a vizuális megkeresés és a lámpázás, amely azonban csak korlátozott ideig alkalmazható. A petecsomó, illetve petezsinór számlálása alapján, valamint csapdázással is gyűjthetünk információkat a fajról. Bár a nemzeti biodiverzitás monitorozásrendszer-protokollja tartalmazza a herpetofauna kimutatására vonatkozó információkat, a mintavételi módszer hatékonysága függ az élőhelytől és a napszaktól is, ezért összetett mintavételt (többféle módszert) célszerű alkalmazni. Az alábbiakban a kételtűek és hullók kimutatására használt módszereket ismertetjük részletesebben.

a. Vizuális megkeresés

A vízállásnak és az évszaknak megfelelően minden típusú élőhelyen, mindkét állatcsoportnál alkalmazható módszer. A vizuális megkeresés során egy terület, vagy élőhely megadott idő alatti bejárására kerül sor.

Általában ez a legelső felmérés, amely során általános benyomást szerzünk egy terület kételtű faunájáról és részletes felmérésre jelölhetünk ki kisebb vizsgálati területeket, amelyeket további módszerekkel tanulmányozunk. Különösen jól használható módszer a könnyen behatárolható élőhelyek (folyómenti terület, keréknyomok), nagy területen elhelyezkedő időszakos vizek, sekélyvízű, tiszta, vegetációban szegény tavacsok vizsgálatára. A terület bejárása so-

rán véletlenszerűen, kvadrátszerűen vagy transektyszerűen haladhatunk. Nagy területek bejárásakor a véletlenszerű mozgás ajánlott, ilyenkor a terület közepétől haladva, többször irányt váltva kell bejárni a területet. A vizuális bejárás alkalmazása során egyéb kiegészítő módszerek is alkalmazhatóak (például a petecsomó-számlálás, vagy a kétéltűek hang alapján történő azonosítása), amelyek megkönnyítik, és egyben hatékonyabbá is teszik a mintavételi területek leírását, a kimutatott populációk jellemzését.

b. Csapdázás

Mindkét csoport esetében használatos módszer, bár a fajok egy részénél, pl. kígyók, csak korlátozottan alkalmas a kimutatásra. Főként a vonalas létesítmények körüli herpetofauna vizsgálatokhoz alkalmazzuk. A vizsgálati céltól, az állatok denzitásától, az élőhelyi adottságtól függő távolságban vödörket ásunk le a talajba, úgy, hogy a vödör szája a talaj felszínével azonos szintbe kerüljön. A talajon mozgó állatok belepottyannak az edénybe és nem tudnak kijönni belőle. A tapadókoronggal rendelkező levelibékák, ill. a nagyobb méretű kígyók természetesen meg tudnak szökni a csapdából. A csapdák hatékonyságát jelentősen megnöveli, ha a vödörkhöz terelőket illesztünk. A terelők olyan alacsony „kerítések”, amelyek nagyobb távolságból is a csapdához vezetik az állatokat. A terelők készülhetnek műanyagból, dróthálóból vagy akár papírból is. Lényeges, hogy a lyukbőség olyan kicsi legyen, hogy a fiatal, kicsi állatok se férjenek át rajta. A kisémlősök csapdázásánál használt „palackcsapdák” egyúttal a kétéltűek és hüllők kimutatására is alkalmasak. Nagyon fontos, hogy a csapdákat megfelelő gyakorisággal ellenőrizzük, hogy megakadályozzuk az állatok pusztulását. Bár a vödör csapda az ún. élvefogó csapdák közé tartozik, a vizsgálatok után a terepen kint hagyott, „kintfelejtett” csapdák folyamatos mortalitást okoznak az adott populációban.

A csapdázás nemcsak a fajok kimutatására alkalmas, hanem a denzitás becslésére is.

c. Útfelmérés

Elsősorban Észak-Európában és Amerikában bevett módszer, amellyel a kemény burkolaton található élő és elütött kétéltűeket és hüllőket veszik számba. Kiterjedten csak fejlett úthálózattal rendelkező területeken alkalmazható. Kétéltűek vizsgálatánál a bejárásokat a kora éjszakai órákra kell időzíteni, olyan napokon, amikor csendes, esős idő van.

Az éjszakai útfelmérés tavasszal a leghatékonyabb módszer olyan kétéltűfajok kimutatására, amelyek a telelőhelyről a szaporodóhelyre vándorolnak. Ha az út az élőhely közelében helyezkedik el, akkor a módszer reális egyedszámbecslést tesz lehetővé. Egy floridai vizsgálat során azt állapították meg, hogy az útfelmérés sokkal jobb módszer volt az egyedszám becslésére, mint például a csapdázás. A szaporodási időszak alatt az éjszaka aktív fajok (például zöld levelibéka, *Hyla arborea*) kimutatására az éjszakai útfelmérés és hangfelmérés kombinációja nagyon hatékony, hiszen ezzel a módszertani megközelítéssel a szaporodóhelyek is könnyen és pontosan behatárolhatóak.

d. Hangfelmérés

Főként a nagyobb szaporodóhelyek esetén javasolt ez a módszer. Például kiterjedt nádas esetén, így a legegyszerűbb kimutatni egyes fajok jelenlétét. Emellett a rendszertani és határozási szempontból problematikus kecskebéka fajcsoport elemeinek elkülönítésében is segítséget nyújthat a hangfelmérés, mert a fajok könnyen azonosíthatók a hangjuk alapján. A szaporodási időszak alatt a fajok általában éjszaka brekegnek. Mivel a hímek sokszor kórusban szólnak, ezért ajánlatosabb nagyobb kategóriákat megadni abundanciájuk becslésére. Egy előzetes

hang alapján történő vizsgálat hatékony lehet a későbbi vizsgálati helyek meghatározásában, valamint a peterakás idejének behatárolásában. Hang alapján a hímek relatív abundanciáját is megbecsülhetjük, élőhelyhasználatukat és szaporodási idejüket is meghatározhatjuk.

A hazai fajok hangjának meghatározását a Varangy Akciócsoport Egyesület és a Közép-európai Egyetem által kiadott kézikönyv és oktatókazetta segítségével lehet elvégezni.

e. Lámpázás

Vízben tartózkodó farkos kétéltűek kimutatására alkalmas módszer. Szürkület után a vízben lévő farkos kétéltűek aktivitása megnő, ezért könnyebben megláthatók. A módszer előnye, hogy a vízi élőhelyet nem károsítja.

f. Petecsomó (-zsinór)-számlálás

Kétéltűek kimutatására használt módszer. Elsősorban azon Rana fajok szaporodó nőtényeinek számát állapíthatjuk meg ezzel a módszerrel, amelyeknél egy nőstény egy petecsomót rak. A petezsinórt rakó fajoknál erősen egyedszámfüggő a módszer, bár korlátozottan ott is használható.

g. Nyomregisztrálás

Az állatok jelenlétének különböző nyomait kétéltűek és hüllők esetében is regisztrálhatjuk. A leggyakoribb módszer, hogy homokkal fedett vagy megfestett lapokat helyezünk el a vizsgálati területen, melyen a rálépő állatok nyoma megmarad, így az ellenőrzéskor azok azonosíthatók. A hüllők (elsősorban a kígyók) jelenlétét vedlett bőr faji szintig történő határozásával is kiegészítjük.

4.2.2.2. Madarak és emlősök terepi mintavételezése

A szárazföldi gerincesek mintavételezési módszerei két nagy csoportra oszthatók: kísérletes (beavatkozás, kezelés) és megfigyeléses módszerekre. Jelen megközelítésben kizárólag a terepi mintavételezési módszerekkel foglalkozunk, melyek a célkitűzésekben megfogalmazott kérdések alapján a megfelelő alapadatokat biztosítják.

A mintavételezés előfeltétele a kutatás komplex átgondolása. A taxonok, a célkitűzés, a megfelelő módszerek kiválasztásától az anyagi, személyi feltételek biztosításáig, a tervezési folyamat az alábbiakban foglalható össze:

- A kutatás szintje, jellege, célkitűzése.
- A kutatás lehet egyed-, populáció-, ill. közösségszintű. A kutatás tervezése során figyelembe kell venni, hogy zárt vagy nyílt populációt vizsgálunk, független vagy függő változókat tudunk elemezni, ill. hogy abszolút vagy relatív becslést tudunk-e majd végezni. A kutatás célja a tér- és időskálával összefüggésben lehet pl. faunisztikai, cönológiai, populációbiológiai, -dinamikai, ökológiai, konzervációbiológiai, biogeográfiai mintázat, ill. filogenetikai elemzés, diverzitásvizsgálatok, monitoring.
- A célfaj(ok) és mintavételi terület(ek), előzetes megismerése, felmérése, a mintaegységek és ráfordítás (eszközök, létszám, idő- és energiaráfordítás) pontos megtervezése elengedhetetlen feltétel a tervezett munka hatékony megvalósításához. A kutatás hatósági engedélyeztetése is szükséges (www.orszagoszoldhatosag.gov.hu).
- A mintavételnél fontos feltételek pl. a randomizáció, függetlenség, standardizálás és az ismételhetség, az adatok statisztikai kiértékelhetősége.
- Ajánlott továbbá a potenciális zavaró tényezők felmérése, becslése, lehetőség szerint minimalizálása.

- A terepi mintavételezés során nem szabad a hipotézisnek alárendelni a munkánkat, mert ez negatívan befolyásolhatja mind a mintavételezést, mind a kiértékelést.
- A madarak és emlősök terepi vizsgálata során számos azonos elvű módszercsalád alkalmazható, de természetesen a célkitűzés, az adott faj(ok) életmódja, észlelhetősége alapján kell a megfelelő módszereket kiválasztani. A repülő életmódú, többnyire nappal aktív madarak jól észlelhetők, láthatók és hallhatók, esetenként és/vagy szezonálisan tömegesek (telepesek, vonulók); az emlősök többsége viszont többnyire szürkülettől hajnalig aktív, rejtőzködő, és egyes kisemlősök, denevérek kivételével kisebb denzitásban fordulnak elő.

A leggyakrabban alkalmazott közvetett és a közvetlen módszerek

A közvetett (nem invazív) módszerek lényege, hogy az állatokat nem kell befogni, kezelni, hanem különböző életjelek alapján mutatható ki jelenlétük, ill. becsülhetőek populációbiológiai paramétereik. Pozitívumuk, hogy minimális stresszt okoznak a célcsoportoknak, relatíve kis költségű módszerek, nagyszámú minta nyerhető. Hátrányuk azonban, hogy a populációbiológiai paraméterek többnyire nagy torzítással becsülhetők, az egyedszintű azonosítás kevésbé lehetséges.

A közvetlen (invazív) módszerek lényege, hogy az állatok egyedeit megfogjuk, megjelöljük, megvizsgáljuk, így a populációbiológiai paraméterek jól becsülhetők, és ökológiai, élet-tani, parazitológiai vizsgálatok végezhetőek.

Az egyedi jelölés, azonosítás megoldható, a jelölés-visszafogás alkalmazásával a populációbiológiai paraméterek jól becsülhetők, ökológiai, élettani, parazitológiai vizsgálatok végezhetőek. Negatívum viszont, hogy fizikai sérülést és negatív viselkedési és fiziológiai választ okoznak (pl. kábítás v. altatás, vérvétel során), továbbá nagy idő- és energiaráfordítást jelentő, költséges módszerek.

Közvetett módszerek

a. Terepi észlelésen, megfigyelésen alapuló módszerek:

- *A pontszámlálás* a madarak terepi felmérésében leggyakrabban alkalmazott módszer. Alapja az ún. dán típusú pontszámlálás, mely fészkelési időben, május 5–20. között; 20 ponton, hallótávolságon (kb. 100 m), 5 perc alatt észlelt madarak listázását jelenti. A faunisztikai eredményen kívül alkalmas lehet állomány, ill. denzitás becslésre, a populációs trendek meghatározására.
- *Sáv-, vonaltranszekt, kvadrát alakzatos számláló módszerek:* a terepi megfigyelést végző személy(ek) meghatározott hosszúságú sávon (vonal mentén, kvadrátban), adott időegység alatt rögzítik az észlelt egyedeket. A sáv bejárása történhet gyalogosan, vagy gépjárművön. Éjszaka aktív emlősök esetében a reflektoros számlálás bevált módszer.
- *Légi felvételezés* (pl. helikopterrel, sárkányrepülővel): a nagy csapatokba összegyűlő (pl. a vizes élőhelyeken tömegesen költő, pihenő madarak), vonuló (pl. patások) állomány nagyságának felmérése végezhető ily módon.
- *Búvóhelyek, költőhelyek felmérése:* a terepen észlelt és térképen rögzített lakott kotorékok, túrások, odúk, fészkek száma alapján az egyedszám és denzitás becsülhető (pl. ürge, borz, róka, vakond, földikutya).
- *Nyomelemzés:* csapák, lábnyomok, szőr- és tollmaradványok, rágásnyomok, dörgölőző helyek, táplálékmaradványok, hulladék, köpet stb. azonosításával elsődlegesen faunisztikai adatok nyerhetők.

b. Hulladék-, ill. köpetelemzés alapján végezhető vizsgálatok:

- Egyedszám- és denzitásbecslés.
- Táplálékbázis-vizsgálatok: meghatározhatók az adott egyed(ek) által elfogyasztott táplálék kategóriák, de hosszabb távú, rendszeres vizsgálat esetén elemezhető a táplálék taxonok mennyiségi aránya, összetételének szezonális változása, a táplálék taxonok preferenciája, ökológiai kapcsolatok (táplálkozási niche).
- Bagolyköpet-elemzésen alapuló kisemlős monitoring: a köpetelő helyeken gyűjtött mintákból a táplálékbázis meghatározása közvetlenül információt nyújt az elfogyasztott kisemlősök adott élőhelyen történő előfordulásáról, ill. mennyiségi viszonyairól, nagyobb léptékben elterjedéséről, egyaránt.

c. Az emlősszőr morfológiai karaktereinek határozásán alapuló módszerek: az emlősszőr mikro- és makromorfológiai szerkezete, ill. esetenként a szőrhagyma DNS-tartalma alapján akár fajszinten is meghatározható számos emlős. A szőrscapdázás során csalétekkel, szaganyaggal odavonzzák az állatokat a megfelelően kialakított dörgölöző, ill. terelő felszínhez. A madárfészkek-elemzés során az odúkból kinyerhető, bélelő funkciójú szőrök nyújtanak információt a területen élő, áthaladó, a fészket használó, vagy akár kirabló emlősökről.

d. Akusztikus felmérések: a madarak, denevérek, aranykakas, cickányok tájékozódását, kommunikációját, táplálékszerzését vizsgáló módszer, mely egyre kifinomultabb és informatívabb elemzést tesz lehetővé a technológiai és informatikai háttér fejlődésével, pl. sávmódszer magnetofonnal (Moskát 1985, 1987, 1990; Báldi 1995); denevérek, aranykakas, cickányok.

e. Automata képrögzítés: Az eszközök lehetnek aktív vagy passzív infravörös aktiválásúak, illetve hagyományos mozgás-, ill. hőérzékelősek.

Közvetlen módszerek

a. Csapdázás, hálózás, hurokhasználat: az állatok ismert élőhelyein, csapái, pihenőhelyei, vonuló útvonalai mentén.

- Madarak: a *függőnyháló* a legelterjedtebb fogóeszköz, amely a kis és kisebb közepes méretű fajok (galamb méretig) esetén általában hatékonyan használható. Általában 6, 10, 12, 18 m hosszú, 2–6 „zsebes” (2–3 m magas), különböző lyukbőségű változatait alkalmazzák. A *kandli* egyfajta csapóháló, amelyet rendszerint rugóerő mozgat, főleg kisebb énekesmadarak és partimadarak fogásánál alkalmazzák. A *varsát* vízimadarak befogására használják, a hálóval borított varsába befelé szűkülő bejáraton, gyalog vagy úszva jutnak be a madarak és nem találják ki. A *rakétaháló*: nagyméretű, téglalap alakú háló, amelyet pl. ludak fogásánál használnak. Élvefogó ládacsapdákat a nagyobb testű varjúfélék, ill. ragadozó madarak esetében használnak. Ilyen pl. a Larsen-csapda, héjacsapda.

- Emlősök: az *élvefogó csapdák* mérete, szerkezete, anyaga egyaránt változatos, függ az állat testméretétől, nagy választékban kaphatók. Működési elvük alapvetően egységes: a megfelelően megválasztott csalétek odavonzza az állatokat, melyek mozgása működésbe hozza a csapószerkezetet. A denevérek esetében *függőnyhálókat*, ill. *húrscapdát* használnak.

b. Vadászat: a vadászati tevékenység (állománybecslés, -kezelés, -kilövés) egyben a kondíció, parazitológiai és állategészségügyi vizsgálatok egyik fontos pillére is. A vadászati, területi és éves lebontásban közölt statisztika adatokat nyújt a vadászható fajok állományáról (http://www.vvt.gau.hu/vadgazdalkodasi_statisztikak.htm).

c. Egyedi jelölések:

A CMR, azaz a C (capture) M (mark) R (release) jelölés-visszafogás módszere az egyedi jelölésen alapul, a visszafogások alapján egyedszám- és sűrűségbecslés is végezhető. Nagyon sokféle jelölési módszer létezik, az alábbiakban néhány gyakoribb módszert ismertetünk:

- A kültakaró bélyegek modifikációját jelenti pl. nyírás, festés, tetoválás. Csonkítási módokat egyre ritkábban használnak, számos módszert meg is tiltottak a természetvédelmi, állatvédelmi szabályozások (Berni egyezmény), mint pl. ujjperclevágás, fül-, szárnycsipkésés.
- A mikrocip-technológia (pl. beültetés a bőrfelszín alá, testfelszíni rögzítése ragasztással, hám alkalmazásával) jelentős előrelépés lehetne, háziállatok esetében már széles körben hasznosítják. Nagyszámú egyedi azonosító kombinációt biztosít, azonban költség- és időigényes.
- Alkalmazhatók éjjel világító, nappal fényvisszaverő nyakörvek, klipszek.
- Gyűrűzés: Mortensen, dán tanár által kitalált madárgyűrűzés meghonosítása Schenk Jakab nevéhez (1908), a denevérgyűrűzés megindítása Topál György nevéhez fűződik (1951). A gyűrűzéshez engedéllyel rendelkező gyűrűző, speciális fogóeszközök és szabályos jelölőgyűrűk kellene. A gyűrűzési adatokon alapulnak a vonulási vizsgálatok, telelő-, táplálkozóhelyek felderítése és nélkülözhetetlenek a védelmi programok kidolgozásában.

d. Rádiotelemetria, biotelemetria:

A rádiójeleket földi vevőberendezéssel fogni lehet, ebből megállapítható az adó iránya az észlelőhöz képest, a jel erősségének változásával a távolságra is következtetni lehet.

A módszer alkalmazható a vándorlási útvonal, home range, territórium, aktivitás elemzéséhez. A biotelemetria segítségével viszont ezeken kívül a fiziológiai és viselkedési jellemzők mérése (pl. szívritmus, ürités, hangadás stb.) és a környezeti tényezők mérése (pl. hőmérséklet, fényviszonyok) is megoldható, az impulzusok közvetlenül a számítógépre küldhetők.

Alapvetően három lényegi elemből áll a rádiotelemetriás eszköz: transzmitter-jeladó, receiver-jelvevő; decoder (jelátalakító). A módszer előnye, hogy az állatok a természetes élőhelyükön vizsgálhatók. Az automatizálhatóság kisebb szubjektív hibát eredményez, a terepi viszonyok kevésbé zavarók. Szélesebbkörű alkalmazásának korlátja az eszközök magas költsége, a kritikus súlyhatár, azaz az egyedek terhelhetőségének betartása, a klíma, ami az elemek élettartamát befolyásolhatja, stb.

e. Post mortem vizsgálatok:

Az elpusztultan összegyűjtött (pl. gázolás, mérgezés), vagy csapdázott, kilőtt egyedek (vadászható fajok esetében), ún. post mortem vizsgálata részletes boncoláson, a szervek, szövetek elemzésén alapul, ezért számos élettani, kondíciós, szaporodásbiológiai, genetikai információ nyerhető.

f. Molekuláris biológiai vizsgálatok: Faj- és egyedszintű azonosítást, kor és nem megállapítását teszik lehetővé. A genetikai variabilitás feltárása kiemelt jelentőségű természetvédelmi, vadbiológiai, filogenetikai és evolúciós szempontból is. A molekuláris elemzések a kis populációk genetikai problémáinak, a hibridizálódási, fajképződési folyamatok elemzésének nélkülözhetetlen eszközévé váltak. A módszercsalád hátránya, hogy költség- és időigényes.

Monitoring vizsgálatok:

A monitoring vizsgálatok feladata a hosszútávú, rendszeres vizsgálatok biztosítása és megvalósítása, szabványosított mintavételezési módszerekkel, eszközökkel, időszakonként és területeken. Célja lehet pl. állománybecslés, térbeli és időbeli mintázatok elemzése, a zavaróhatások szűrése, hatásainak elemzése, konzervációbiológiai kezelések tervezése, hatásainak monitorozása, a biodiverzitás és változásának elemzése (<http://www.termeszetvedelem.hu/nbmr>).

4.3. Mintavételezés környezeti mikrobiológiai elemzésekhez

A természeti környezetnek – a mikroorganizmusok hihetetlen tág tűrési és alkalmazkodóképessége miatt – alig található olyan eleme, ahol a mikroorganizmusok ne fordulnának elő. Az már gyakrabban észlelhető, hogy rövidebb, hosszabb időre inaktív, metabiotikus állapotban vészlik át a növekedéshez, szaporodáshoz alkalmatlan időszakokat. Közhely az a megállapítás is, hogy az emberi tevékenység hatása Földünk legeldugottabb sarkaiban is észlelhető. Alig lelhetők fel ősi természetes, bolygatatlan állapotukban élőhelyek, ökológiai rendszerek. Környezettudományi (sensu Mészáros, 2001) célú mikrobiológiai elemzések céljaira emiatt valamennyi környezeti elem legváltozatosabb élőhelyeiből vesznek mintát. Hasonlóképpen igaz ez az emberi tevékenység által legközvetlenebbül és folyamatosan befolyásolt környezetekre, legyenek azok mezőgazdasági területek, vagy lakó, ipari, környezetvédelmi stb. épített környezeti egységek, technológiák stb.

A környezeti mikrobiológiai elemzések elvégzéséhez szükséges minták vétele a fentiek következtében a legváltozatosabb technikákat, mintavételi felszereléseket igényli. Ráadásul a mikrobiológiai elemzések eredményének értékelésében a legritkább esetben nélkülözhetjük a mintára és annak származási helyére vonatkozó egyéb környezetanalitikai (pl. kémiai, fizikai, geológiai, egyéb biológiai) paramétereket. A mikrobiológiai mintavételezést leggyakrabban környezetkémiai, -fizikai stb. mérések előzik meg, mert csak ezek eredményeinek ismeretében lehet jól megfogalmazni a mikrobiológiai kérdést, problémát. Példával bemutatva: egy nagy mennyiségben fenolos anyagokat és rodanidionokat tartalmazó technológiai víz tisztítására összeállított biológiai vízkezelő rendszerben bizonyos üzemállapotoknál többször előfordult a tisztított vízben az engedélyezett határértéket meghaladó mértékben kimutatható rodanid. A rendszer gondos kémiai mérésekre alapozott anyagmérlegeinek felállítását követően lehetett feltenni a mikrobiológiai kérdést: a kritikus üzemállapotok esetében a rodanidbontás mikrobiológiai folyamata miért gátlódik, mi okozhatja ezt, milyen technológiai változtatásokkal lehet a gátlást feloldani? A problémát egyébként utóbb a fenolbontás optimalizálásával lehetett megoldani, mert a rodanidbontó szervezetek a fenolbontó mikrobákból összeálló iszappelyhekben találják meg élőhelyüket.

Az általában bonyolult és költséges környezeti mikrobiológiai vizsgálatokat, mintavételt mindenképpen célszerű tehát, ha más előzetes környezetanalitikai vizsgálatok megelőzik. Legtöbbször ezek eredményeinek értékelése alapján lehet megbízható kutatási hipotézist felállítani, és ennek birtokában értelmes mintavételi stratégiát alkotni. A mintázás típusai meggyeznek más célú mintavételezések (pl. környezetkémiai) típusaival, így lehetnek pontminták, sorozatminták, összetett minták stb. Hasonlóképpen figyelembe kell venni a mintavételi statisztikai megfontolásokat. Ezeket e helyen nem szükséges újjól ismertetni. Felhívjuk azonban a figyelmet arra, hogy a kutatási célú „éles” mintavételezést mindig előzze meg egy próba mintavételezés. Ennek során be kell járni a terepet, technológiát, megállapítani a megfelelő mintagyűjtési helyeket. Ki kell próbálni valamennyi mintavételi eszközt, valamint a helyszíni mérések technikáját, a mintatartósítási és a mintaszállítási eljárásokat. Nem megismételhető, egyszeri mintavételeket megelőzően akár laboratóriumi szimulációra is szükség lehet.

Megjegyezzük, hogy még a legegyszerűbb, „rutin” mintavételezés esetében is célszerű, ha minden mintavételi eszközből, edényből, felszerelésből van velünk tartalék, legyen az a legegyszerűbb jelzőszalag, vagy író-, feliratozó eszköz, jegyzetkönyv, mintatartó, egészen a komplikáltabb mérőeszközökig (pl. terepi pH-, ORP- stb. meghatározó eszköz).

4.3.1. *A Környezeti mikrobiológiai mintavételezés különleges feltételei*

A mikrobiológiai mintavételezés megtervezésekor feltétlen figyelembe kell venni a mikroorganizmusok kicsiny méretéből, nagyon változatos és gyors anyagcseréjéből következő néhány alapvető és általános kérdést.

4.3.1.1. A jellemző (reprezentatív) mikrobiológiai minta

A (környezeti) mikrobiológiai minta reprezentativitását (statisztikai megfontolásokon túl) két szinten is értelmezni szükséges. Egyrészt a kijelölt mintavételi hely, és az ott venni tervezett minta a kutatási hipotézis (kérdés), a mintavételi stratégia szempontjából legyen jellemző (reprezentatív). Másrészt maga a minta legyen a mintavételi helyre jellemző (reprezentatív). Mielőtt egy példa segítségével érzékeltetnénk a reprezentativitás szintjeit, gondoljuk meg, hogy a környezetünkben méretük alapján a mikroorganizmusok akár tizedmilliméterről tizedmilliméterre más és más összetételben, más és más mikrokörnyezetben fordulhatnak elő, amelyeket egyébként maguk is alakítanak. Egy talajban pl. az egyik mikrokörnyezetben kicsiny növényi sejtfal maradvány (cellulóz) befolyásolja a lebontó közösségek összetételét, míg néhány tíz mikrométerrel arrébb elpusztult egysejtű fehérjeállománya okozza egyes fajok elszaporodását. Kialakul-e így, és milyen térfogatban a talajra, talajhorizontra jellemző, mikroheterogenitás által nem befolyásolt mikrobióta, és ez hogyan mintázható? Hasonló példákat sorolhatunk vizekre, levegőre stb. is.

Fontoljuk meg a reprezentativitás kérdéseit egy manapság gyakorta elemzett, fontos kutatási problémafelvetés kapcsán: hogyan befolyásolja az intenzív legeltetés egy talaj üvegházgáz-kibocsátását a mikrobaközösségek megváltozása (megváltoztatása) révén? Nyilvánvalóan olyan talajtípust kellene először vizsgálatra választani, amelyik hazánkban jellemző, az azon kialakult gyeper gyakran használják legeltetésre; rendelkezésre áll legeltetett és természetes kontrollterület. Az is célszerű, ha erre a talajtípusra vonatkozóan előzőleg már végeztek talajgáz elemzést. A mikrobaközösség összetételét, és ezen keresztül az üvegházgáz-kibocsátást feltehetően a legeltetés több egymással összefüggő, és mégis külön hatása is befolyásolja. Csak hármat emelünk ki ezek közül: i. a taposás talajtömörítő hatása; ii. az állati trágya befolyása; iii. a növényzet megváltozásának következményei. Természetesen befolyásoló hatással van az évszakosság (pl. talajhőmérséklet, csapadékszint változáson keresztül), egyéb időjárási feltételek (pl. aszály, esetleges árvíz) stb. Ezután még azt a kérdést is fel kell vetni, hogyan oldható meg a talajrétegek mintavétele (pl. talajfúrással vagy szelvénygödörből); teljesen anaerobbá válnak-e egyes talajrétegek, és gondoltunk-e ennek a mintagyűjtést, mintaszállítást és feldolgozást meghatározó hatására, és még hosszasan sorolhatók lennének a reprezentativitás kérdései...

Mintavételi terv: a mintavétel megkezdése előtt célszerű – bizonyos esetekben elkerülhetetlenül szükséges – dokumentált mintavételi terv készítése. A mintavételi tervben dokumentálni kell a mintavételi terület leírását, az alkalmazott mintavételi eszközöket és edényzetet, a tervezett mintaszámot és a mintavételi stratégiát (pontminta, kompozitminta stb.).

4.3.1.2. Az aszeptikus mintavétel elve

A mikrobiológiai munkavégzés egyik legkritikusabb feltételét a mintavételezés során is szigorúan érvényesíteni kell: csak a „minta mikrobái” legyenek a mintában, a mintát a mintavételezés és szállítás közben ne fertőzzék más, idegen mikrobák. Ennek az igénynek a megvalósításához nem elegendő az, hogy a mintatartó edényzet steril, valamint a mintagyűjtő eszközöket is csíramentesítjük. Figyelnünk kell az aszeptikus (fertőzésmentes) munkavégzés szabályaira is. Minél csekélyebb egy környezeti minta természetes mikrobiotájának csíraszám, minél hosszabb idő telik el a mintavételezés és a mintafeldolgozás között (főképp, ha dúsítást is végzünk), annál nagyobb az esélye, hogy egy fertőző csíra miatt akár hamis eredményre is juthatunk.

A teljesség igénye nélkül adunk a következőben szempontokat az aszeptikus mintavételhez.

- A mintavételi ruházat legyen lehetőség szerint egyszerű, a mozgásunkban ne akadályozzon, szélben ne lobogjon.
- A mintagyűjtésnél viseljük steril laboratóriumi kesztyűt, szükség esetén szájmaszkot is, ezzel a mintát is, magunkat is védjük. A hosszú haját fel kell kötni. A mintagyűjtésnél ne beszéljünk, orron át lélegezzünk.
- A steril mintavevő edényzetet csak a legszükségesebb időre nyissuk ki, a kupakot, dugót nem szabad letenni. A jó mintavételhez akár két-három ember begyakorolt, összehangolt munkájára is szükség lehet.
- A steril mintavételi eszközöket csak a szükséges időben nyissuk ki (pl. az alufóliába csomagolva csíramentesített mintavételi kanalat csak a használatot közvetlenül megelőzően bontsuk ki).
- Ha a mintavétel nem oldható meg aszeptikusan (pl. víz alatti üledék mintavétele markolóval), alminta-vételezéssel biztosítjuk a fertőződés elkerülését (pl. a markolót kinyitva az első steril mintavételi kanállal friss üledékfelszínt hozunk létre, majd egy második steril mintavételi kanállal tesszük a mintatartóba – most már – aszeptikusan mintánkat).
- Az aszeptikus mintavétel érdekében gyakorta a laboratóriumban történik a terepen gyűjtött minta almintázása (pl. a terepen begyűjtött, növényi gyökerekkel átszőtt megfelelő méretű talajblokkot már a laboratóriumban mintázzuk rizoszféra – rizoplán talajminta nyerésére).

4.3.1.3. A mikrobiológiai mintavételi edények kiválasztásának szempontjai

A mintatároló edények kiválasztásánál azt az alapvető szempontot kell érvényesíteni, hogy a tárolási idő alatt az edény térfogata és anyaga ne befolyásolja a minta mikrobiotájának összetételét. Erre a célra legtöbbször megfelelnek a tűzálló üvegedények (Erlenmeyer-lombikok, palackok, Petri-csészék stb.). A fényhatás kiküszöbölésére célszerű barna üvegeket választani. Az aerob mintákhoz megfelelő térfogatú, bőszejű, gézbe kötött gyapot vattadugóval zárt edényeket válasszunk (4.1. ábra). A térfogat számításához vegyük tekintetbe (különösen hosszabb ideig tartó mintaszállításnál), hogy az a minta tervezett térfogatának legalább háromszorosa legyen. A vattadugót magunk is „megtekerhetjük”, de a kereskedelemben kapható nagyméretű papírvattadugó készen, vagy speciális légszűrőbetétes



4.1. ábra. Erlenmeyer-lombikok

műanyag kupak. Az előre elkészített mintavételi edényeket legtöbbször autoklávozással csíramentesítjük. A sterilizálás hatásfokát különböző tesztekkel ellenőrizhetjük (ISO 19458:2006). Az anaerob közegekből történő mintavételhez minél szűkebb szájú edényzetet válasszunk. Ilyen esetekben a megfelelő tömítéssel felszerelt csavaros, vagy csatos kupakok felelnek meg. Ne feledjük el, hogy az anaerob mintavételre szolgáló edények sterilizálása megfelelő (lásd [4.3.6. fejezet](#)) eljárást igényel. A térfogatot illetően itt nem szükséges a légtérrel számolnunk.

Az egyszerűbb mintavétel és a könnyebb mintavételi felszerelés érdekében gyakran esik a választás műanyag edényzetre. Ilyen esetekben azonban különös figyelmet kell fordítani a palack anyagának gázáteresztő, vagy -záró tulajdonságára, felületének mikrobakötő képességére, valamint a sterilizálás kérdésére. A kereskedelemben változatos, előre sterilizált (pl. sugárzással) mintavételi edény kapható. A katalógusok az edények anyagának gázzáró képességéről ritkán nyilatkoznak. Ajánlanak mintavételi célra különböző műanyagfólia zacskókat is. Mikrobiológiai vizsgálatokhoz (néhány különleges esetet kivéve) ilyet nem használunk.

4.3.1.4. A mikrobiológiai minták helyszíni tartósítása és dúsítása

A megfelelően gyűjtött mintát (annak mikrobiotáját) a mintavételezési eljárással csak minimális mértékben szabad befolyásolni (pl. egy talajt a mintavételezés akár tömöríthet, akár lazíthat, ami a mikrobiotát is befolyásolja). Mégis a mintának a környezetéből történő kivétele magában befolyásolja a mikrobiális közösségek működését. Ezért azután gyakorta a mintafeldolgozást is elkezdjük a helyszínen vagy akár ott végezzük. Ha ez nem lehetséges, akkor általában a szállítás idejét is kihasználjuk a minta előzetes feldolgozására, vagy pedig a mintákat tartósítjuk. Legegyszerűbb esetben – feltéve, hogy csak nemtenyésztéses mintafeldolgozást végzünk – a helyszínen szárazjéggel, vagy akár cseppfolyós nitrogénnel fagyasztjuk a mintát. Tenyésztési célú mintavételezésnél a tartósítási beavatkozás feladata, hogy a minta mikroorganizmusai ne változtassák meg természetes élettani állapotukat (ugyanúgy szaporodjanak vagy pusztuljanak stb., mint eredeti élőhelyükön). Természetesen annál inkább szükség van a tartósításra, minél inkább megjósolható, hogy a mintaszállítás során drasztikus változások következhetnek be (pl. csekély mennyiségű minta nagy edényben ki fog száradni; túl sok minta a mintatartóban anaerobitáshoz vezethet). Leggyakrabban steril fiziológiás NaCl-oldatba (0,9 tömeg %), vagy Ringer-oldatba (8,6 g NaCl, 0,30 g KCl, 0,33 g CaCl₂·2H₂O desztivvel 100 mL-re feltöltve) vesszük ilyenkor a mintát. Alkalmazhatunk megfelelő pH-jú 0,05 M foszfát puffert is erre a célra. A tartósító oldatba adagolt felületaktív anyag (pl. 0,5 tömegszázalékos Tween 80) a minta homogenizálódását segíti elő, vagy aktív szén adagolása toxikus anyagcseretermékek megkötése stb. révén a sejtek túlélését segíti. Algológiai célú mintákban figyelni kell arra, hogy a minta zooplankton frakciója már rövidebb idő alatt is elfogyasztja az algák egy részét. Vagyis mire a minta vizsgálatra kerülhet, megváltoztatják a diverzitását.

Ennek kiküszöbölésére – feltéve megint csak, hogy nem kívánunk a mintából tenyésztést végezni – tartósítjuk a mintát Lugol-oldat adagolásával (ÁCS, É., KISS, K.T. 2004).

Az is elképzelhető, hogy a mintavételt megelőzi, vagy azzal párhuzamosan történik dúsítás, vagyis bizonyos biokémiai aktivitású, vagy tűrőképességű stb. mikroszervezetek szaporítása.

Hagyományos példa a dúsításra, ha bizonyos anyagok romlását okozó mikroszervezeteket vizsgálunk. Ilyenkor követhetjük azt a stratégiát, hogy a természeti környezetben mintázunk az illető anyagból megtámadott, biológiai romlás nyomait mutató darabokat. Sokszor célravezető azonban a kérdéses anyag blokkjait (mintáit) előzetesen kihelyeznünk különböző talajokba, vizekbe, majd néhány hetes, hónapos várakozást követően a kihelyezett blokkokat begyűjtjük. Nyilvánvalóan dúsulni fognak az illető anyagon azok a mikroszervezetek, amelyek valamilyen módon hasznosítják (pl. energetikai, vagy felépítő anyagcseréjükhez nyerne komponenseket). De dúsítást jelent az is, ha inertnek tartott anyagokat helyezünk ki pl. vizekbe. Ilyenkor a biológiai bevonat (biofilm) képződését elemezhetjük a később begyűjtött minták segítségével.

Az egyes mintákban nagyon kis számban előforduló mikrobák kimutatását is leggyakrabban dúsítással tudjuk megoldani. A mintánkhoz akkor olyan komponenseket adagolunk rögtön mintavételezéskor (vagy eleve a mintát dúsító oldatba vesszük), amelyek lehetőleg kizárólagosan (szelektíven) a kérdéses mikroba szaporodását segítik elő (pl. Czirók, É. 1999). Különleges esete a dúsításnak, amikor bizonyos szélsőséges környezeti hatásoknak ellenálló, pl. nehézfém, antibiotikum rezisztens mikroorganizmusokat, vagy különleges bontó aktivitásokat mutató szervezeteket keresünk. Ekkor a mintákat rögtön a terepen a megfelelő anyagokat tartalmazó szelektív tápközegbe helyezhetjük. Más esetekben a helyszínen töményítés (flokkulálás, centrifugálás vagy szűrés) alkalmazásával fokozzuk a mikroorganizmusok kimutathatóságát. Szükség lehet továbbá a minta mátrixban jelenlévő, a tenyésztéses kimutatást gátló anyagok semlegesítésére is. (pl. klórozott, kezelt vizek) Ebben az esetben a mintához a helyszínen, vagy a mintavételi edényt előre preparálva semlegesítő anyag (pl. tioszulfát) hozzáadása szükséges (ISO 19458:2006).

4.3.1.5. A mikrobiológiai minták szállítása

A mintafeldolgozást a mintavételt követően a lehető legrövidebb idő alatt – optimális esetben azonnal – meg kell kezdeni. Ez azonban legtöbbször nem valósítható meg és a minták laboratóriumi vizsgálata a mintavételt követően akár 8–48 óra múlva történhet. Az is gyakori, hogy a mintákat akár más kontinensre is el kell vinnünk, vagy küldenünk, hogy különleges laboratóriumi technikákat végző helyre kerülhessenek. Ilyen okból is történik – az előző fejezetben ismertetett – tartósítás is. Tekintsük át azonban a mintaszállítás során (mikrobiológiai okokból) elsősorban figyelmet követelő szempontokat: i. a minta redox viszonyai, ill. aeráltsága; ii. a minta természetes hőmérséklete a mintaszállítás hőfoka; iii. a szállítás időtartama; iv. a fény hatása.

- A minta szállítását illetően különös figyelemmel kell lenni arra, hogy az eredeti redox viszonyai a legkevesbé változzanak meg, hiszen ez a változás vagy maga is mikrobiológiai okokra vezethető vissza, vagy pedig mikrobiológiai hatása van. Legegyszerűbb e tekintetben a minta oldottoxigén-tartalmának változásait átgondolnunk. Ha egy nagyobb szervesanyag-tartalmú anoxikus vízmintát „csurig töltött” csavarkupakos mintavevő edényben szállítunk, jó eséllyel nem fog aerálódni, és az anaerob szervezetek életben maradnak. Ha ugyanezt tesszük egy ugyanilyen aerob vízmintával, az akár percek alatt anaerobbá válhat súlyosan befolyásolva a mikrobaközösségek összetételét. Ha a mintavételi

edényt ekkor csak negyedéig töltjük, a felette levő légtérből a szállítás során beoldódhat a vízbe oxigén. Egy aerob eleveniszapos szennyvíztisztító medencéből származó vízmintát ilyen okból hosszabb úton akár levegőztetve kell szállítani (pl. akkumulátorról vagy elemről üzemeltetett mobil laboratóriumi kompresszorral). Az oxigénszint megváltozásának „drámai” hatását egy hétköznapi példával is érzékeltetjük: túrázás során kulacsba vett borvízforrás ivóvíze már pár óra alatt ihatatlan csapadékos „löttyé” válhat. A kulacsban a Fe^{II} -ionokban bővelkedő anaerob forrásvízben Fe^{III} oxid-hidroxid csapadék válik ki az aerálódás hatására.

A szállítás során azonban a minta redoxpotenciál értéke az oldott oxigénszintektől függetlenül is megváltozhat a mikrobaközösségek összetételének átalakulásával együtt. Gondoljunk csak a denitrifikáció vagy szulfátredukció folyamataira, amikor a NO_3^- ionok nitrogéngázzá, vagy a SO_4^{2-} ionok szulfiddá redukálódnak. Ez utóbbi azután nemcsak csapadékot képezhet a nyomelem nehézfémekkel, de toxikus hatású is lehet.

- Az 4.3.1.3. fejezetben már említettük, hogy a leghatásosabb tartósítási eljárás a minta megfelelő sebességgel történő fagyasztása ($> 1^\circ\text{C}/\text{perc}$). A mikrobiológiai mintákat legtöbbször azonban tenyésztéses vizsgálatokhoz vesszük. Ilyen esetben a fagyasztás általában nem alkalmazható eljárás, mert a fagyasztás/felolvasztás műveletei során mikrobák tömege pusztul el. Különösen is igaz ez az eukarióta mikroorganizmusokra. Az általános szabály értelmében a mintát $4\text{--}10^\circ\text{C}$ közötti hőfokon kell szállítani a mezofil mikroorganizmusok túlélésének biztosítására. A cél az anyagcsere erőteljes gátlása és ennek segítségével a minta szállítás közbeni változásainak minimalizálása. Nem csökkentjük 4°C alá a hőmérsékletet, hogy fagyáspontnövelő hatású anyagok (pl. jégmagképző fehérjéket termelő *Pseudomonas* fajok; (Wilson, S. L. és mtsai, 2006) jelenléte esetében se fagyjon meg a minta, de 10°C alatt tartjuk a hatásos anyagcseregátlás érdekében.

Kivételt képez az általános szabály alól az a minta, amelyben a hőmérséklet megváltozása a mikrobaközösségek pusztulását okozhatja. Az (extrém) pszichrofil vagy termofil mikrobákat tartalmazó környezeti mintákat célszerű eredeti – vagyis a mintavételkor meghatározott – hőfokon szállítani (pl. hőforrás vize).

A mintákat tehát a szállítás során előzetesen megfelelő hőmérsékletre beállított passzív (termoszedény), vagy aktív (pl. elektromos hűtő-fűtő termosztát) hőszigetelt dobozokban helyezük el. Arra is kell gondolnunk, hogy a mintatérfogatnak (és hőfoknak) megfelelő térfogatú legyen a szállító doboz, vagyis a minta hőmérséklete értelmesen rövid idő alatt (0,5-1 óra) érje el a kívánt szállítási hőfokot. Tehát egy átlagos háztartási hűtőtáskában (pl. $25 \times 40 \times 30$ cm belméret) 4-5 db 200 ml térfogatú (előre lefagyasztott) hűtőakkumulátort feltételezve mintegy 2 L térfogatú vízminta szállítható 4-5 órán át.

- A szállítás időtartamát illetően már többször megállapítottuk, hogy a lehető legrövidebb legyen. Ezúttal csak azért hívjuk fel rá a figyelmet újól, hogy a termosztálás fontosságára emlékeztessünk. Mintáinkat megfelelő időközönként ellenőrizni kell, és szükség szerint friss „hőakkumulátort” tenni a szállítódobozba. Különösen érzékeny minták szállítására speciális, hőmérővel és hőfokérzékelő riasztóval ellátott dobozt alkalmazunk.

- Mintáink szállítása közben a fény hatására is megváltozhat a mikrobióta összetétele. Az általános szabály (vagyis mintánk minél kevésbé változzon meg) e tekintetben azt kívánja, hogy a mintát a fényt kizárva szállítsuk (ill. a mintavevő edény legyen megfelelő; lásd a [4.3.1.3 pontot](#)). A fényhatás érzékeltetésére példaképpen hozzuk azt az esetet, amikor az erdélyi Szovátafürdőn található Medve-tó vizének 280-290 cm mély rétegéből vett anaerob, zöld kénbaktériumos vízvirágzást mutató zöld színű vízminta a 24 órával későbbi laboratóriumi feldolgozáskor már fehéres zöld színűre változott, hiába volt a minta hűtve. Az okot abban leltük, hogy a minta mintegy 12 órát nem teljesen sötét hűtőszobában, 10 °C-on állt. Ezenközben a minta szulfidion-tartalmát a kénbaktériumok kolloidális elemi kénné oxidálták.

4.3.2. Engedélyek a környezeti mikrobiológiai mintavételhez

A mintavétel megtervezésének szakaszában kell gondolnunk a mikrobiológiai mintavételhez szükséges engedélyek megszerzésére. Legkönnyebb a helyzetünk azokban az esetekben, amikor a mintavétel kifejezett kérésre, a tulajdonos, vagy üzemeltető érdekében folyó vizsgálatok keretében történik. Még ilyenkor is körültekintően kell azonban eljárunk, mert munkánk hatósági engedélyköteles is lehet.

A teljességre nem törekedve, és a pontos részletekbe nem belebonyolódva néhány fontosabb engedélytípust sorolunk pusztán.

- A mintavételi terület, üzem stb. tulajdonosának, kezelőjének engedélye. Érdemes figyelembe venni, hogy a „helyi kezelők” nem mindig tudják, hogy vajon mire is van felhatalmazásuk. A felelősség azonban a mintavételezőé!
- Mintavételhez védett területen, vagy védett természeti értékek (növények, állatok stb.) mintavételezéséhez előzetes engedély szükséges.
- Jó tudnunk – főképp külföldön mintavételezve –, hogy a Biológiai Sokféleség Egyezmény (Rio de Janeiro, 1992) hatálya alá tartozhat munkánk.
- Állatok mintavételezése során szükség lehet állatkísérleti engedély beszerzésére.
- Humán minták esetében gondoljunk az etikai kérdésekre. Adott esetben az egészségügyi törvény rendelkezéseit figyelembe véve Kutatás Etikai Bizottság engedélyét is meg kell szerezni.
- Vonatkozhat munkánkra – genetikailag módosított mikroorganizmusok, élőlények vizsgálata során – a géntechnológiai tevékenységről szóló törvény. Ekkor a Géntechnológiai Eljárásokat Véleményező Bizottság engedélyét kell kérnünk.

4.3.3. Kutatási célú mintavételezés és hatósági minta a környezeti mikrobiológiában

A kutatási célú környezeti mikrobiológiai mintavételezés során „csak” a kutatási hipotézis, a kísérletes feladat megszabta szempontokat kell figyelembe vennünk. A környezeti mikrobiológiai minta vétele azonban történhet hatósági célra, de nem hatósági célú elemzések is igényelhetik akkreditált laboratóriumi eredmény szolgáltatását. Ilyen esetekben a megfelelő jogszabályi előírásokat figyelembe véve szabványos eljárásokat kell végezni, ill. a vizsgáló laboratórium akkreditációs dokumentumában leírt módszereket kell használni. Mind a szabványos, mind az akkreditált mintavételt csak a célra kiképzett, megfelelő jogosultságokkal rendelkező szakszemélyzet végezhet. Ennek részleteit nem ismertetjük.

4.3.4. *Mikrobiológiai mintavétel természetes közegekből*

4.3.4.1. Talajmintavétel mikrobiológiai célra

Bolygatatlan talajok mikrobiológiai jellemzéséhez a mintavételt a talajtani célú vizsgálatokra szokásos szelvény gödör (Buzás, I. 1993) elkészítésével kell kezdeni. Kihasználhatjuk természetesen a helyszínen kialakult, vagy talált „természetes szelvényeket” (pl. vízmosás, suvadás, közműfektetés eredménye). A teljes mélységben kiásott gödör főfalán mintavevő spatulával kitördelve feltárjuk az egyes szintek elkülönítéséhez (2.3. ábra) szükséges friss talajfelszínt. Természetesen mind a szelvénygödör pontos helyzetét, mind pedig a talajszelvény jellemzőit a mintavételi jegyzőkönyvben rögzítjük. Megállapítjuk, hogy hány mintát, és mely horizontokból fogunk venni a kutatási célok függvényében. Ennek megfelelően elkészítjük a jegyzőkönyvet, és előzetesen feliratozzuk a mintavevő edényeket. Ezt követően kezdődhet az egyes kijelölt szintek középvonalából a mintavétel. Friss, steril kanállal, vagy spatulával gyűjtünk kellő mennyiségű talajt a mintavételi edénybe ügyelve arra, hogy – hacsak lehet – se gyökér, se pedig szemmel látható méretű talajállatok ne kerüljenek az edénybe. A mintát hűtőtáskába helyezzük a szállításhoz.

A mintavétel természetesen bolygatást jelent. Amennyiben feladatunk az egyes talajmorzsák, szemcsék, a finomabb szerkezettel összefüggő mikrobiális paraméterek elemzése (pl. egy szemcse felületén nitrifikálók, míg belsejében denitrifikálók dominálhatnak), vegyünk az egyes horizontokból „bolygatatlan” mintát. Az előre sterilizált speciális fémcsöveket a falra merőlegesen a talajba szúrjuk. A mintát később a laboratóriumban preparáljuk tovább. Hasonló módon járhatunk el, ha a talaj legfelső, termőrétegét mintázzuk: szúrással csőben emeljük ki a mintát.

Egy többször elemzett, már szelvénygödör segítségével is jellemzett talaj esetében használhatunk talajfúrót is magminták nyeréséhez. Azonban azzal számolnunk kell, hogy a talajfúró(k) bizonyos mértékig keveri(k) a kiemelt talajrétegeket. Kétségtelen, hogy alkalmazásával – főként sorozat mintavételeknél – sok időt és energiát takaríthatunk meg.

4.3.4.2. Kőzetek mintavételezése mikrobiológiai célra

Szálban álló kőzet esetében a legfeltűnőbb a felületén kialakuló (mikro)biológiai – epilitikus – bevonat. Ennek mintavételét külön fejezetben tárgyaljuk. A mikrobák azonban gyakran a kőzet belsejébe hatolnak endolitikus közösségeket alkotva (Friedmann, E. I. 1980). Ezek mintázása megfelelő kőzet magmintafúró felszerelést igényel. Nagy bonyolultságú különleges mintavételi eljárásokat alkalmaznak a mélységi mikrobiológiai kőzetmintavételhez (deep subsurface microbiology; Onstott és mtsai, 2009). Természetesen a mintavétel során kihasználják a barlangok, illetve bányák nyújtotta lehetőségeket is.

4.3.4.3. Víz alatti talajok, üledékek mintavételezése mikrobiológiai vizsgálatokhoz

Sekélyebb vizek (1–3 m) esetében a finomszemcsés talajok, ill. üledékek hagyományos mintavételi eszköze a Hargrave-féle mintavevő (4.2. ábra). Az átlátszó plexilemezből készült mintavevőben jól láthatjuk az egyes rétegeket és még a nagyon könnyen felkavarodó



4.2. ábra. Hargrave-féle mintavevő

felszíni anyagokat is megőrzi. A helyszínen lehetőségünk van a rétegzettségnek megfelelően előkészített mintavételi edényekbe a minták almintázását is elvégezni. A Hargrave-féle mintavevő hátránya, hogy általában csak mintegy 30–40 cm-es üledékmélység kiemelését teszi lehetővé (nagyobb mélységnél nem zárható a nyílása). Ilyen esetekben a mintázást egyik végükön megélezett, megfelelő méretre vágott kb. 50 mm belső átmérőjű plexi- vagy fémcsővekkal végezzük (4.3. ábra). A befogószerkezet rúdjaival erőteljesen a talajba/üledékbe döfjük a csövet, majd először körkörös mozgással elválasztjuk a környező



4.3. ábra. Plexi- és fémcső talaj/üledék-mintavevők

talajtól, majd kiemeljük. Sikeres mintavételnél a talajhenger a csőben marad. A kiemelést követően a mintavevő cső két végét gumidugóval zárjuk, és hűtőtáskába helyezve szállítjuk a laboratóriumba. A laboratóriumban a mintát alulról felfelé kitoljuk a csőből, és a megfelelő rétegekből almintákat vehetünk.

Gyakorta előfordul, hogy a laza szerkezetű víz alatti talaj nem marad a csőben. Ilyen esetekben speciális befogószerkezet alkalmazásával a mintavevő cső felső végét in situ bedugózzuk, és a mintacsövet a szája felett rögzített zsinór segítségével – elfektetés után – megfordítva emeljük ki. Figyelni kell arra, hogy ez a művelet legtöbbször a minta keveredését okozhatja. Megjegyezzük, hogy léteznek olyan speciális mintavevők, ahol a mintavevő száját folyékony nitrogén segítségével, fagyasztással lehet „zární”. A fagydugó a felszínen „rendes” zárrásra cserélhető le.

Nagyobb vízmélységek alól kötélre függesztett markoló segítségével tudunk mintát nyerni. Magyarországon leggyakrabban az Ekman–Birge-féle mintavevőt használják (4.4. ábra). A kinyitott szájjal leeresztett mintavevő, rugóval mozgatott markolói a kötélén lesikló súly hatására felszabadítva becsukódnak. A felszínre emelt mintavevőből annak fedelét kinyitva jutunk a víz alatti talaj vagy üledék felszíni, mintegy 10 cm-es rétegének általában bolygatott mintájához.



4.4. ábra. Ekman–Birge-féle mintavevő

A durvaszemcsés (homokos, kavicsos) üledék mintavétele az előbbieken ismertetett eszközökkel gyakorlatilag megoldhatatlan. Segítséget jelenthet üledékfelszíni minták vételéhez ún. polipmarkoló alkalmazása. Folyami mintavétel esetén – bizonyos folyási sebesség felett (pl. a Duna sodorvonalában) az előbbieken ismertetett eljárások ritkán vezetnek eredményre. Bolygatott üledékfelszíni minta vehető ún. mederkotró segítségével, mélyebb rétegekből minta csak nagy gépi felszerelést igénylő különleges mintavételezéssel



4.5. ábra. Speciális üledék-mintavevő

nyerhető (4.5. ábra). A víz alatti színi mintavételben búvárok segítségét is igénybe szokták venni.

4.3.4.4. Vízmintavétel mikrobiológiai célra

4.3.4.4.1. Állóvizek mikrobiológiai mintavételezése

A mikrobiológiai célú mintavételt megelőzően a tóra vonatkozó hidrológiai, hidrobiológiai adatok tanulmányozása alapján és/vagy bejárás helyszíni vízfizikai és -kémiai mérésekkel derítsük fel a jellemző víztájakat, víztesteket. Állapítsuk meg a víz lehetséges rétegzettségét. Mintavételi stratégiánkat ennek ismeretében állítsuk össze. Vethetünk vízmintát csak a felszínről, vagy egy-egy pont függvényében különböző mélységekből, és az is elképzelhető, hogy vízoszlop mintát gyűjtünk. Mindezt végezhetjük egy-egy ponton (pl. egy krátertő legmélyebb pontja függvényében), vagy víztájanként akár több ponton is (pl. a Balaton esetében gyakorta vesznek vízmintát a tó középvonalának jellemző pontjain és egyes öblök középpontjában). Mindig tudnunk kell azonban, hogy a minta mikrobiológiai minőségét milyen tényezők befolyásolják: pl. szegélyhatás, hullámozás, áramlások, a tóba befolyó patak, avagy folyó, változó vízszint.

A mintavételi munka kezdetén vegyünk fel jegyzőkönyvet, amelyben pontosan jellemezzük az egyes mintavételi pontokat, meghatározzuk földrajzi helyzetüket, és egymáshoz rendeljük a mintavételi pontok és a venni kívánt minták számozását. A mintavételi palackokat feliratozzuk, majd indulhat a mintagyűjtés feladata.

Felszíni mintát csónakból merítéssel nyerhetünk. A mintavételi palackot szájjal lefelé mintegy 10 cm mélyre süllyesztjük, majd a palackot óvatosan vízszintesbe forgatva hagyjuk a vízmintát beáramolni. Ilyen minta a partról is vehető zsinórra kötött, nehezékkel ellátott Meyer-palack segítségével. Vízfelszín alatti (–20 és –30 cm között) mintát 1–1,5 m mély vízoszlopból vegyünk. Az üveget fejjel lefelé merítsük a vízbe, a mintavételi mélységig. Ezután az üveget először oldalra, majd felfelé fordítva töltjük meg. Áramlás esetén tartjuk az üveget az áramlás irányával ellentétesen. Nagyobb mélységekből „kétzsinóros” Meyer-palack alkalmazásával vehetünk vízmintát. Az eljárás hátránya, hogy a palackból „kibugyogó” levegő megkeveri a vizet, vagyis mintánk ismeretlen módon bolygatott lesz. Ennél jobb megoldás a kétnyílású mélységi vízmintavevő (4.6. ábra). A bezárt rendszert a kellő mélységbe leeresztjük, majd kirántjuk a nyílások dugóját. Ekkor a magasabb ponton



4.6. ábra. Kétnyílású mélységi vízmintavevő

levő nyíláson kiáramlik a levegő, míg a mélyebb ponton levő nyíláson beáramlik az eszközbe helyezett palackba a vízminta. A vízminta aerobizálódása ekkor sem kerülhető el, mégis kevéredése kevésbé jellemző. Megoldást jelent a problémára mintavevő búvárszivattyú alkalmazá-

sa. A 4.7. ábrán kis peremsebességgel vékony rétegből mintázó házi készítésű szivattyút mutatunk be. Búvárszivattyú használatakor a csővezeték térfogatának legalább tízszeresét el kell önteni, mielőtt a mikrobiológiai célra a mintát megvesszük.



4.7. ábra. Vízmintavevő búvárszivattyú

A jó mintavétel, a stabilizálódott minta vízfizikai és -kémiai mérésekkel a felszínen ellenőrizhető (4.8. ábra). Pl. csak akkor gyűjtünk mintát, ha az ellenőrző edényen átáramló víz hőmérséklete és pH-ja, vagy oldott oxigénkoncentrációja állandó értéket mutat.



4.8. ábra. Vízfizikai és -kémiai mérések

Vízoszlop mintavevő (4.9. ábra) lehetővé teszi a legkevésbé bolygatott vízrétegminták nyerését. Legegyszerűbb esetben az ún. Ruttner-palack 20–30 cm-es vízréteg kiemelését teszi lehetővé. Ennek változataival (pl. Brockmann–Hentzschell-mintavevő) akár többméteres vízoszlopok is kiemelhetők, majd a felszínen ebből alminták vehetők a vízoszlop lassú kieresztésével, vagy a cső oldalán készített mintavevő szeptumokon keresztül pl. fecskendővel. A mintavevő úgy működik, hogy a megfelelő súllyal ellátott, mindkét végén nyitott csövet a kívánt mélységbe leeresztjük, ahol megfelelő zsinórokkal vagy rudazattal mozgatott dugókkal alul-felül hermetikusan zárjuk. Így a minta már kiemelhető és vizsgálható, akár almintázás végezhető, akár kompozit mintaként kezelhető.



4.9. ábra. Vízoszlop-mintavevő

A vízmélység növekedésével a mintavételezés egyre összetettebb és igényesebb felszerelést kíván meg. Valódi mély tavak, tengerek, óceánok mintázása bonyolult és költséges feladat. Ennek részletezése jelen munkánknak nem tárgya.

4.3.4.4.2. Áramló vízfolyások, patakok, folyók mikrobiológiai mintavételezése

A mintavételhez használt felszerelés nem sokban tér el az állóvizek esetében bemutatottaktól. Az áramló vizekben folyókon technikai nehézséget okoz a mintavevő felszerelés elsodródásának megakadályozása. E téren két stratégiát követhetünk: i. csónakból, vagy hajóról mintázva „csorogjunk”, vitessük magunkat az áramlással, vagy ii. álló eszközzel, műtárgyról mintázva mintavevő eszközünkre nagyobb súlyt kell tenni, vagy távolabbról egy másik kötéllel megakadályozni az eszköz elsodródását. Sodródó csónak esetén a mintát a szélvédett, és nem a szél felőli oldalról kell venni. Lehorgonyzott vagy haladó csónakból a mintát a csónak orránál vegyük.

Nagyobb gondot jelent a megfelelő, reprezentatív minta vételét lehetővé tevő mintavételi stratégia kidolgozása. Különösen fontos figyelembe vennünk a csóvahasítás jelenségét egy-egy mellékfolyó, patak betorkollásánál. Passauban járva pl. jól megfigyelhető a Duna és az Inn összefolyásánál, hogy szemmel láthatóan is milyen soká nem keveredik a két folyó vize. Figyelembe kell vennünk az áramló vízzel kapcsolatos egyéb jelenségeket is a (pl. limány). Kis vízfolyásoknál a sodorvonal helyének megállapítása viszonylag egyszerű feladat, akár száraz leveleknek a vízbe szórásával is ellenőrizhető. Folyók esetében a medermorfológia értő megfigyelése, ismerete ad fogódzót. Időbeli sorozatminták esetében a vízállás/vízhozam drasztikus változása teheti az eredmények összehasonlító elemzését kérdésessé.

4.3.4.4.3. Felszín alatti vizek mikrobiológiai célú mintázása

A felszín alatti vizek (talajvíz, karsztvíz, mélységi víz) mintázása legegyszerűbben természetes felszínre törésük helyén végezhető. A források vizének mintázásánál figyelembe kell vennünk, hogy a forrás természetes állapotú vagy foglalt. Foglalt esetben ugyanis a foglalás módja befolyásolja a víz mikrobiológiai állapotát, és akár az is elképzelhető, hogy a víz mikrobiotáját a foglalás határozza meg és nem, vagy alig nyerhetünk információt az illető felszín alatti víz mikrobiotájáról. Ilyen esetre példaként hozzuk az erdélyi Szentegyháza határában levő Szeltersz-völgyben feltörő Nádasszéki borvízforrást. A nagyon csekély vízhozamú forrás foglalását kivájt fenyőfarönkkel végezték. A víz mikrobiotáját az évtizedekkel ezelőtt

végzett foglalás ma is meghatározza (Máthé, I. 2010). Általános szabályként megállapíthatjuk, hogy mintavétel előtt célszerű a forrást meg- és kitisztítani, és csak a frissen fakadó vizet mintázni. Kiemelten figyelni kell arra, hogy talajt, biológiai bevonatot ne keverjünk a mintába.

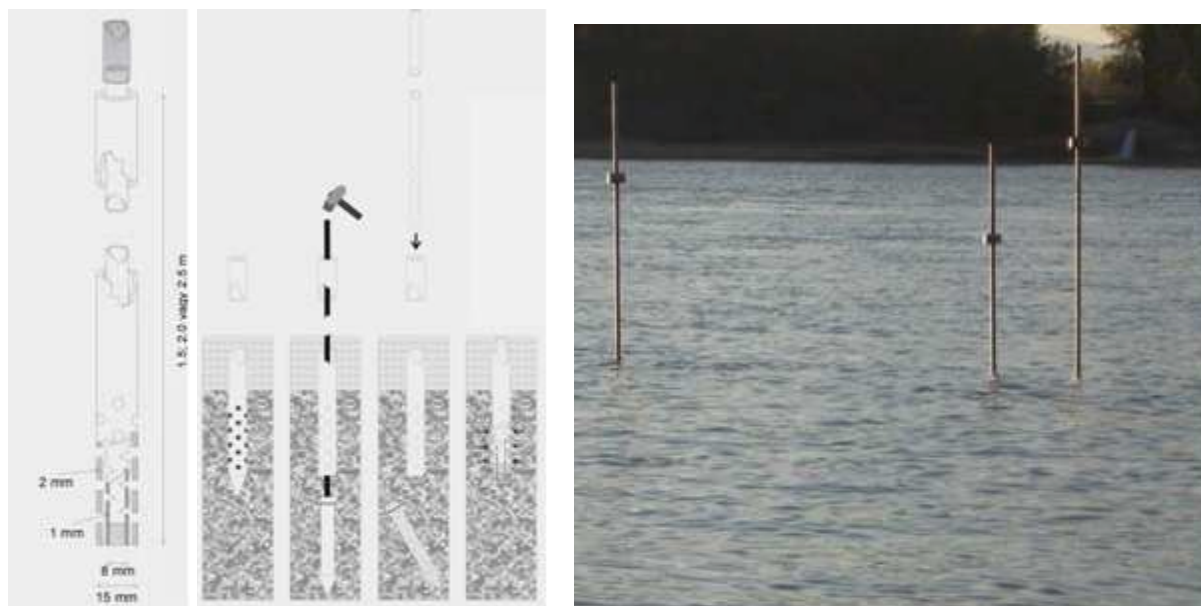
A mintázás másik lehetősége a vízáadó rétegekbe mélyített ásott, fúrt kutak mintázása. Fel-törő víz esetén munkánk viszonylag egyszerű, csak az aerob/anaerob mintavétel szabályaira, valamint természetesen az aseptikus munkára kell ügyelnünk. Ellenkező esetben a mintavé-telt meg kell előznie a kút tisztításának. E célból a kút térfogatának legalább háromszorosa mennyiségű vizet kell először kiszivattyúznunk megfelelő teljesítményű (búvár)szivattyú al-kalmazásával. Ezt követően várnunk kell mindaddig, amíg a kútban a víz szintje újból el nem éri a nyugalmi vízszintet. (Vagyis – általában – a szivattyúzás előtt meghatározott vízszintet.) Ezt követően, vagy merített vízmintát (megfelelő átmérőjű/térfogatú „bailer”), vagy szivaty-tyúzott vízmintát vehetünk. A „bailer” zsinórra kötött sterilizált műanyag, vagy fémcső, amelynek a belsejében levő műanyag golyó a mintavevő felhúzásakor a cső alját bezárja, és a vízminta felhúzható (4.10. ábra).



4.10. ábra- „Bailer”-mintavevők (ITENVIRO, Budapest; EAE, Giesbeek, Hollandia)

Kutak esetében is figyelniük kell azok kiépítésére, a bélelés módjára, anyagára. A buda-pesti Széchenyi Gyógyfürdő legrégebbi termálvízkútja pl. még ma is részben az eredeti vörös-fenyőből készített béléscsővel burkolt. Másutt vas, vagy műanyag stb. bélést alkalmaznak, ami befolyásolhatja a mikrobióta összetételét. Kutakat a mintavétel érdekében magunk is te-lepíthetünk. A 4.11. ábrán erre látunk példát.

A mélységi vizek egy része mikrobiológiai szempontból nagytisztaságú, vagyis csíraszá-ma/sejtszáma 1 L térfogatonként alig néhány. Különösen igaz lehet ez termálvizek esetében. A mintavétel nehézségét ilyen esetekben az jelenti, hogy akár 100 L minta is szükséges lehet az eredményes tenyésztés, vagy nukleinsav kivonás elvégzéséhez. Nyilvánvaló, hogy az aseptikus mintavételezés szabályainak betartására különösen ügyelni kell, valamint a minta „koncentrálása” bonyolult, technológiaigényes folyamat lehet (pl. tangenciális szűréssel).



4.11. ábra. Mintavevő kutak felépítése, telepítése

4.3.4.5. A levegő mikrobiológiai terheltségének mintázására szolgáló eljárások

A levegő nem élettere a mikroorganizmusoknak, ugyanakkor biológiai, földtani és meteorológiai jelenségek hatására nagy mennyiségben kerül a levegőbe mikroorganizmusokkal is terhelt aeroszol vagy pusztán bioaeroszol.

Mikrobiológiai szempontból vizsgálva a kérdést talán ez esetben vagyunk a legnehezebb helyzetben a reprezentativitást illetően, ugyanis a mikrobák légköri számát jelentősen befolyásolja a napsugárzás hatása, a csapadék, a léghőmérséklet, a levegő gázösszetétele (pl. egy barlangban) stb.

Az aeroszol mikrobiotájának vizsgálatára alapvetően két lehetőségünk adódik. Vagy megvárjuk a részecskék szedimentációját, vagy pedig valamilyen eljárással a mozgásba hozott levegőből nyerjük ki a részecskéket. A szedimentációra önként adódik a lehetősége mikrobiológiai táptalajlemezek megfelelő ideig történő expozíciójának. Érdekes ugyanakkor arra is figyelni, hogy az akár enyhe légáramlások által sodort aeroszol mikrobaterhelésének elemzésére függőlegesen, vagy akár „fejjel lefelé” exponált lemezek segítségével következtethetünk. Nemtenyésztéses technikák alkalmazása esetében lemezünket sterilizált (vízoldható) semleges gélréteggel érdemes vékonyan bevonni, hogy a laboratóriumban abból megfelelő vizsgálati célra mintát nyerhessünk (pl. DNS-kivonás).

A szivattyúzott légminták esetében hagyományos eljárás a légmosó palackok alkalmazása, ill. a membránszűrés. Míg az előző esetében a levegőben megtalálható valamennyi részecske, még a mikrobatöredékek is (bár változó határfokkal, de) kimosódnak, a membránszűrés lehetőséget teremt a méret alapján történő szelekcióra. Hasonlóképpen lehet méret alapján szelektálni ütköztetéses stb. mintavevőkkel is (Angyal, Zs. 2011).

4.3.4.6. Határfelületeken kialakult mikrobióta mintázása

Az eltérő halmazállapotú vagy sűrűségű anyagok határfelületén a fizikai-kémiai határfelületi jelenségek következtében egyfajta biológiai határfelületi jelenség is kialakul. A mikroorganizmusok pl. tápanyagbőség miatt előszeretettel telepednek meg ilyen környezetekben, és

szaporodnak el akár biológiai bevonatokat (biofilm) is képezve. Környezeti mintavételezés során fontos felismernünk ezt a jelenséget, és a biológiai bevonatot külön kell mintáznunk, vagy el kell kerülnünk a mintavételnél. Mindenképpen figyelembe kell vennünk azonban ezt a jelenséget!

A biofilmek mintavétele erre a célra szolgáló felszerelés alkalmazását követeli meg. Víz-levegő határfelületen felületi mintavételezésre szolgáló agarlemezt lehet a felülethez érinteni, majd tenyésztést végezni, de membránszűrővel is „levehető” ez a felület. Víz alatti talajok, üledékek esetében steril mintavevő spatulával választható le a határfelületi réteg. Kövek, növényi felületek stb. esetében sterilizált ecset, kefe segítségével moshatjuk szállítóoldatba a kérdéses mintát. Hasonlóképpen használni lehet mintavevő vattatampont is erősebben rögzült biológiai bevonatok letisztítására. Megjegyezzük, hogy célszerű a mintát meghatározott méretű felületről venni (pl. 5 x 5 cm), és a mikrobióta felületi homogenitásának tesztelésére több ismételtsben.

Az előzőekben vázolt lehetőségekhez viszonyítva több tekintetben megbízhatóbb mesterséges alzat telepítése (4.12. ábra). Ennek használatával a bevonatképződés mikrobiális szukcessziós folyamatai (időben, térben) is tanulmányozhatóak. A természetes alzat imitálására



4.12. ábra. Mesterséges alzatok

fálemez, kőzetszeletek stb. lógathatók a megfelelő vízmélységbe. Mesterséges alzatként fémlemez darabokat, vagy leggyakrabban homokfúvással (csiszolópapírral) mattított tárgylemezt szoktak alkalmazni. A különböző felületi tulajdonságú műanyag minták kihelyezésével a mikroorganizmusok felületi tulajdonságokhoz való alkalmazkodása is tesztelhető.

4.3.4.7. Növények, állatok mikrobaterheltségének mintázása

Hasonlóan a biológiai bevonatképződéshez a növényi és állati felületeken is kialakulnak mikrobaközösségek. Ezek összetételét azonban a gazdaszervezet anyagcseréje aktívan befolyásolhatja kemotaktikus hatást kiváltó és egyéb kiválasztott, vagy pusztán kioldódó anyagokkal. Ennek az együttélésnek (szimbiózis) a viszonyait, sőt még a mintavételezését illetően is könyvtárnyi irodalom áll rendelkezésre. Ezeknek ismertetésére nem vállalkozhatunk, néhány gyakoribb eljárást azonban röviden felvillantunk.

4.3.4.7.1. Növényi részek mikrobaterheltségének mintázása

Talán a legismertebb a növényi gyökerek rizoszféra-rizoplán mikrobiotája, amelyek lényegesen eltérnek a környező talajtól. A növényi gyökerek mintavételezését mindig megfelelő talajhorizonthoz és növényhez „kötve” végezzük. Mikrobiológiai szempontból legaktívabb a gyökerek legvégső gyökércsúcsai, ill. a hajszálgökerek képződésével jellemezhető része. A talajból legtöbbször már a laboratóriumban steril eszközök (csipesz, spatula, olló) segítségével szabadítjuk ki a gyökereket, és a talajmorzsákat is lerázzuk. Figyeljünk arra, hogy „láthatóan” egészséges részeket válasszunk ki, vagy éppen ellenkezőleg (olyan kérdésnél) koncentráljunk a beteg részekre. Az így nyert gyökérdarabokról a rizoszféra, ill. rizoplán mikrobaközösséget steril fiziológiás sóoldatos/foszfát pufferes vízzel történő sorozatos mosással távolíthatjuk el (Nikolausz és mtsai, 2004): 1–5 g nedves gyökértömeget 50 mL mosóoldatban óvatosan rázatunk 1 percig. A gyökereket steril eszközökkel új csíramentesített mosóoldatba helyezzük és rázatással mossuk stb. Az első 2–3 mosóoldat a rizoszféra mikrobiotát, az 5–10 oldatok a rizoplán erősen kötődő mikrobiotáját fogják tartalmazni. A megtisztított gyökér pedig homogenizálást követően felhasználható az endorizoszféra mikrobaközösségének feltérképezésére. A mosás folyamata intenzifikálható nagytisztaságú steril laboratóriumi kvarchomok adagolásával.

Levél, szár, virágalkatrészek, termés stb. esetében eljárhatunk hasonló módon, ugyanakkor az esetleg viaszos kutikula miatt célszerű a mosóoldatba felületaktív anyagok keverése (lásd [4.3.1.4. fejezet](#)). Ezen esetekben eljárhatunk még a biológiai bevonatok mintázásánál használatos módszerek szerint: vattatamponnal, megfelelő keménységű kefével mossuk le a felületet.

A növényi részek szöveti környezetében található mikroorganizmusok aszeptikus mintavételéhez (pl. xylém és phloém elemek, endospermium) a növényi anyagot fertőtlenítő oldatban kell először mosni. Erre a célra leggyakrabban hidrogén-peroxid, nátrium-hipoklorit (hipó), vagy HgCl_2 (szublimát) megfelelő koncentrációjú vizes oldatát alkalmazzák – akár felváltva, steril vizes öblítést követően – rövid (0,5–2 perc) behatási idővel. A növényi anyag függvényében lehet a fertőtlenítést kikísérletezni, vagy szakirodalmi javaslatok alapján elvégezni. Ezt követően steril bonceszközökkel kivágjuk a megfelelő szövetet és feltáró oldatban homogenizáljuk (akár kis Eppendorf-kémcsőnyi mennyiségben).

4.3.4.7.2. Állati eredetű minták mikrobiotájának mintázása

Az állati külhám, ill. nyálkahártyák mikrobiológiai mintavételét legtöbbször megfelelő mintavevő tamponok segítségével végezzük, alkalmas mosófolyadék (pl. Tween 80 0,5 tömegszázalékos) felhasználásával. A kereskedelemben sokféle célra kapható tampon, különböző anyagi minőségben (pl. gyapotvatta, műanyagvatta, műszálas kefék). Nagyobb felületeken alkalmazhatunk 3–4 cm átmérőjű 2 cm magas, nyéllal ellátott üveghengereket (4.13. ábra), amelybe megfelelő zsíroidó puffert tartalmazó mosófolyadék (pl. 0,05M foszfát pufferben oldott 0,5 tömegszázalékos Tween 80 oldat) juttatható. Kilapított tompa végű üvegbottal 1-2 percig finoman dörzsölve a hámfelületet, nagy mélységben tárható fel. Természetesen ilyen esetekben is figyelni kell az aszeptikus mintázásra, a hámfelület ne legyen talajjal, trágyával stb. szennyezett.



4. 13. ábra- Hámfelület-mintázó

Gyakorta alkalmas minta a friss ürülék. A mikrobiológiai célú ürülékminta vételhez az aszeptikusság biztosítására az állatot célszerű átmenetileg fogságban tartani. Ez ugyanakkor olyan stresszhatást is okozhat, amely megváltoztathatja az emésztést, főképpen, ha nem biztosítható a természetessel azonos táplálék.

Az állatok belső felületeinek, szöveteinek mikrobiális fertőzöttsége nem mindig állapítható meg vérmintából, bár ez utóbbi leggyakrabban az állat életének veszélyeztetése nélkül vehető. Szerv-, szövetminták vételét megfelelő altatást követően aszeptikus sebészeti eljárásokkal végzik. Nagyobb állatok (ember) esetében mintákhoz juthatunk endoszkópos technika alkalmazásával. Kicsiny élőlényeknél a megfelelő szerv feltárása az állat pusztulását is okozhatja (pl. egy légylárva nyálmirigyének kiperarálása; televényféreg, vagy rovar bélszakaszának mintavétele).

4.3.5. *Mikrobiológiai célú mintavétel ember által befolyásolt környezetekből, technológiai rendszerekből*

Az ember által befolyásolt vagy készített rendszerekben ugyanazokat a mintavételi alapszabályokat, módszereket, eszközöket alkalmazzuk, mint a természetes rendszerekben. Mégis van néhány olyan különleges szempont, amit érdemes megemlítenünk.

- Igyekezzünk a technológiai folyamatot minél teljesebben megismerni. Szerezzük meg és elemezzük a rendszer jellemzésére használt fizikai-kémiai mérések akár több éves idősor eredményeit, hogy a jellemző üzemállapotokat átlássuk. Ezek alapján tervezzük meg a mintavételt.
- A technológiai folyamatok nyomon követésére gyakorta eleve beépítenek a rendszerekbe mintavevő szelepeket, nyílásokat. Győződjünk meg arról, hogy ezek segítségével pontosan honnan is veszünk mintát, és tartsuk szem előtt az aszeptikus mintavétel feltételeit (pl. mintavevő csövön addig folyassuk a mintát, amíg a csőtérfogat tízszereze kifolyik, vagy pedig fizikai-kémiai mérésekkel győződjünk meg a minta homogenitásáról).
- A környezetszennyezés általában bonyolultabbá teszi a természetes környezetet és ily módon a mintavételezést is. Pl. egy talaj gázolaj szennyezése során a talajvízen úszó szabadfázisú gázolajréteg alakulhat ki, amely elzárhatja az adott talajvizet az oxigén utánpótlástól. Ráadásul a gázolaj komponensei a vízben oldódnak, és a talajszemcsék felületére ki-tapadnak, pórusait telítik. Még víz-, olajemulzió is létrejöhet stb. Emiatt a mikrobiológiai célú mintavételt a szennyezés típusának, biológiai hatásának ismeretében kell megtervezni.

4.3.6. Az anaerob mikrobiológiai mintavétel előírásai

Az obligát anaerob szervezetek egy része nyomokban jelenlevő (< 5 ppb) oxigén hatására is elpusztulhat. Ha ezen szervezetek kimutatása a feladat, akkor a mintavétel előkészítésekor és során is különleges eljárásokat kell alkalmazni. A következőkben a legfontosabbakat ismertetjük.

- A mintavételi edények sterilizálásának utolsó lépéseként az edényeket „anaerob gázzal” kell feltölteni. Vagyis az autokláv belevegőztetését ilyen gázzal kell megejteni. Relatív nagy fajlagos tömege miatt a CO₂-t szokták alkalmazni (a mintavételi helyszínen is „megül” a palackokban). Ha beoldódása, savanyító hatása miatt nem kívánatos használata, akkor N₂, vagy nemesgázok, esetleg vegyes gáz (pl. 5% H₂, 10% CO₂ nitrogénben) is használhatók.
- Alkalmazzunk a minta szállítására ún. PRAS (pre-reduced, anaerobically sterilized) anaerob transzport folyadékot. Ezt nem csupán anaerob sterilizálásnak vetjük alá, de redukáló szereket is tartalmaz (pl. aszkorbinsav, Na-tioglikolát). A minta aerobizálódását redox indikátor alkalmazásával követhetjük nyomon. Leggyakrabban a rezazurint szokták használni. Oxidált formája mély lila, redukciója során világos rózsaszín, majd színtelen lesz.
- Helyszíni mintavétel esetében műanyag fóliából, vagy csőből (pl. e célra levágott 200 L-es hordó) készíthetünk olyan eszközt, amelynek a tere a magunkkal vitt gázpalackból (pl. 5 L-es) elárasztható anaerob gázzal. A laboratóriumban a minta további feldolgozását anaerob rendszerben végezzük (4.14. ábra).



4.14. ábra. Mintavétel anaerob rendszerben

4.3.7. A mintavételi felszerelés összeállítása

4.3.7.1. Reagensek

- Etanol 70%
- Izopropanol 70%
- Lugol-oldat
- Ringer-oldat
- Tween 80
- stb.

4.3.7.2. Műszerek és anyagok

- Steril mintatartó, mintavevő edények
- Szappan és törülköző
- Papírtörő

- Steril kesztyű
- Gázégő és utántöltő
- Edények vagy főzőpoharak, fertőtlenítő eszközök
- Öngyújtó, gyufa
- Jelölőfilcek, ceruzák, címkék
- Villáskulcsok, fogók, csavarhúzó, kés
- Jégakkuk, hordozható hűtőszekrény vagy autós hűtőtáska
- Hőmérő vagy hőmérsékletmérő műszer
- A mintavételre alkalmas mintavevők
- pH-t, oldott oxigént, vezetőképességet stb. mérő eszközök
- Anaerob mintavételnél CO₂, vagy N₂ gázpalack
- Térképek, a mintavételi pontok listája, mintavételi jegyzőkönyvek
- Jármű és papírok, személyi igazolvány, hatósági engedélyek
- Alkalmas ruházat

4.4. Irodalomjegyzék

Ács, É., Kiss, K.T. (szerk.) (2004) Algológiai praktikum. Eötvös Kiadó, Budapest

Angyal, Zs.(szerk)(2011) Környezettudományi terepgyakorlatok (www.tankonyvtar.hu)

Báldi, A., Csorba, G., Korsós, Z. (1995) Magyarország szárazföldi gerniceseinek természetvédelmi szempontú értékelése. Magyar Természettudományi Múzeum. Budapest

Buzás, I. (1993) Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. INDA 4231 Kiadó, Budapest

Czirók, É. (1999) Klinikai és Járványügyi Bakteriológiai Kézikönyv. Melánia Kiadó, Budapest

Friedmann, E.I. (1980) Endolithic microbial life in hot and cold deserts. *Origins of Life* 10, p. 233–245.

Heltai, M. (ed.) (2010) Emlős ragadozók Magyarországon. Mezőgazda Kiadó, p. 204.

ISO 19458:2006 Vízminőség – Mintavétel a mikrobiológiai elemzéshez

Máthé, I., Tánicsics, A., György, É., Pohner, Zs., Vladár, P., Székely, A., Márialigeti, K. (2010) Investigation of mineral water springs of Miercurea Ciuc (Csíkszereda) region (Romania) with cultivation-dependent microbiological methods, *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 57 (2), p. 109–122.

Mészáros, E. (2011) A környezettudomány alapja. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 210.

Moskát, Cs. (1985) Madárszámlásai eljárások. I–II., *Madártani Tájékoztató*, 1985/1–6. Magyar Madártani Egyesület. Budapest

Moskát, Cs. (1987) Estimating bird densities during the breeding season in Hungarian deciduous forests, *Acta Reg. Soc. Sci. Litt. Gothoburgensis. Zoologica*, 14, p. 153–161.

Moskát, Cs. (1990) A combined version of territory mapping and point count techniques. Bird census and atlas studies. Proc. XIth Int. Conf. on Bird Census and Atlas Work, Prague

Nikolausz, M., Kovács, G., Márialigeti, K. (2004) Comparison of RNA- and DNA-based species diversity investigations in rhizoplane bacteriology with respect to chloroplast sequence exclusion, *J. Microbiol. Meth.*, 56, p. 365–373.

Onstott, T.C., Colwell, F.S., Kieft, T.L., Mjurdoek, L., Phelps, T.J. (2009) New horizons for deep subsurface microbiology, *Microbe*, 4, p. 499–505.

Wilson, S.L., Kelley, D.L., Walker, V.K. (2006) Ice-active characteristics of soil bacteria selected by ice-affinity, *Environmental Microbiology*, 8, p. 1816–1824.

5. FOGALOMTÁR

Abszorpció: Egyrészt egy fizikai-kémiai jelenség megnevezése, melynek során gázok vagy gőzök atomjai-molekulái folyadékkal vagy szilárd testtel érintkezve abban elnyelődnek. Másrészt az abszorpció olyan fizikai jelenség, amelyben egy anyag a rajta áthaladó sugárzás (részecskék vagy hullámok) egy részét elnyeli, azaz a sugárzás az anyagban vagy elnyelődik, vagy azon áthaladva lecsökkent intenzitással halad tovább.

Abundancia: Dimenzió nélküli, tömegességre utaló viszonyszám, az egysége tetszőlegesen, a vizsgálati módszernek megfelelően választható (pl. egyedszám/100 fűhálócsapás, vagy akár egyedszám/fénycsapda éjszaka).

Adszorpció: Szilárd felületen történő, fizikai (fizisorpció és/vagy elektrosztatikus vonzás) vagy fizikai-kémiai (kemisorpció) folyamat, amikor gáz, gőz vagy folyadék kötődik meg a felületen.

Akkreditált: Valamilyen minőségbiztosítási rendszert által minősített.

AMS: Accelerator Mass Spectrometer (Gyorsító Tömegspektrométer), izotópok nagy pontosságú mérésére használatos.

Avar: A talaj felszínén összegyűlő elhalt növényi részek összessége, amelyek lebomlásuk során a talaj részévé válnak.

Átlagminta: Az átlagminta (pontoszerűen gyűjtött) egyenlő tömegű, vagy egyenlő térfogatú részminták egyesítéséből (összekeveréséből) előállított minta.

Autoklávozás: Autokláv (olyan sterilizáló berendezés, amelynek munkaterében létrehozott túlnyomású, telített vízgőz hatására – az előírt paraméterek betartása mellett – jön létre a behelyezett anyagok sterilítása) alkalmazásával történő csíramentesítés.

Becslés: Az a folyamat, melynek során megadjuk valaminek a közelítő értékét, amikor a pontos érték megszámlálására, mérésére, kimutatására nincsen lehetőség. Becslést alkalmaznak olyan esetekben is, amikor a pontos érték megadása olyan aránytalanul nagy idő, energia vagy költség ráfordításával lenne csak megállapítható, melyet az elvárt pontosság nem tesz szükségessé.

Bioakkumuláció: Valamely szennyeződés (pl. Pb, DDT) táplálékláncban történő feldúsulása az alacsonyabb szintektől a magasabbak felé.

Biofilm (biológiai bevonat): Fizikai-kémiai (pl. adszorpció, H₂ hídkötések) folyamatok során a szilárd felületekre kitapadó anyagok tömegéből, és az ott szaporodó mikroorganizmusokból álló többretegű bevonat.

Biotelemetria: Egyes biológiai paraméterek (szívverés, vérnyomás stb.) nagyobb távolságból való mérése az impulzusok sugárzó jellé alakításával, ill. megfelelő készülékek segítségével a jelek dekódolásával.

Bolygatatlan minta: A bolygatatlan minta a talaj kiválasztott szintjéből (mintavevő hengerrel) kivett eredeti szerkezetű talajminta.

Csapa: A vadak által rendszeresen használt, kitaposott, jól látható útvonalak.

Denitrifikálók: Oxidált N-vegyületeket döntőrészt anaerob körülmények között, valamint energiatermelés mellett légköri nitrogénné (esetleg NO_x vegyületekké) redukáló mikrobák.

Destrukatív mintavétel: Olyan mintavételi eljárás, melynek során a vizsgálandó objektum megsemmisül, vagy olyan mértékű változáson esik át, ami alkalmatlanná teszi egy későbbi összehasonlítás céljára. A terepi vizsgálatokban ilyenek az aratással történő biomasszagyűjtés, vagy az olyan állatcspadázás, melynek során az elfogott állatok elpusztulnak.

Dezaggregálás: Az összetapadt szemcsehalmazok szétbontása.

Döntővizsgálat: Olyan vizsgálat, amelynek eredménye jogi következményt vonhat maga után.

Duplikált mintavétel: Ugyanarról a területről, ugyanazzal a módszerrel (tehát a kezdettől megismételve a teljes mintavételi eljárást) két darab minta vétele, amely a mérési módszer ellenőrzésére is használatos.

Endolitikus: Olyan mikroorganizmusok, amelyek a kőzetek belsejében, a saját maguk által létrehozott résekben, vajatokban, vagy a kőzetek repedéseiben élnek.

Endorizoszféra: Gyökérbelső, endoriza.

Endospermium: Magfehérje, vagy belső táplálószövet. A [virágos növények magjában](#) található, a [csírá](#)t tápláló szövet. Főleg [keményítőt](#), [olajokat](#) valamint [fehérjéket](#) tartalmaz.

Fenokristály: Szabad szemmel is jól azonosítható kőzetalkotó ásvány.

Flokkulálás (pehelyképződés, pelyhesítés): Oldatok oldott anyagának kicsapása, vagy szuszpenziók lebegőanyag-tartalmának eltávolítása megfelelő vegyszer adagolásával. A keletkező 0,1–2 mm-es pelyhek már könnyen ülepszíthetők, szűrhetők, ezáltal az oldat zavarossága csökken.

Fúrómag: A fúrás meghatározott mélységközéből származó, a fúróluknak megfelelő (henger) alakú kőzetminta.

Geogázok: A földkéregben található, és rendszerint mozgásban lévő természetes eredetű gázok.

Gyepszint: A szárazföldi ökoszisztémákban a talaj felett kialakuló növényzeti szint, amely fátlan élőhelyeken teljes záródású lehet, és az adott élőhely növényzetének jelentős részét magában foglalja, míg fás élőhelyeken jelenléte esetén többé-kevésbé alárendelt marad.

HDPE: Nagy sűrűségű polietilén; normál körülmények közt fizikailag és kémiaiilag egyaránt ellenálló anyag.

Home range: Az egyed által lakott, bejárt terület, ún. „mozgáskörzet vagy lakóközvet”. Területe, magterülete szezonálisan változhat, az élettevékenységnek (szaporodás, hibernálódás) és a környezeti paramétereknek megfelelően.

Hulladék: Olyan ingó tárgy, amelytől a tulajdonosa meg akar szabadulni, vagy alkalmas módon ki kell dobni a közjó, és különösen a környezet védelme érdekében.

In situ: Eredeti környezetéhez kapcsolódóan (pl. helyben) végzett vizsgálat.

Inszekticid: Elsődleges célját tekintve rovarölő hatású vegyület vagy vegyületek keveréke, ami azonban bizonyos esetekben akár jelentősen károsíthat egyéb élőlényeket is.

Inváziós (özön) faj: Olyan faj, mely képes tömegesen elterjedni, jelentősen megváltoztatva a társulás eredeti tömegességi viszonyait. Tömeges elszaporodásra őshonos fajok is képesek, de

ez általában csak akkor szokott megtörténni, ha a környezet állapotában jelentős változás következik be. A jelenleg invázióra képes fajok többsége olyan, mely szándékos betelepítés, vagy véletlen behurcolás során került át egy másik kontinensre. Ha ott megtalálja életfeltételeit, természetes ellenségei nincsenek, és gyors szaporodásra is képes, élőhelyüket elfoglalva kiszoríthat őshonos fajokat.

Izotóp: Azokat az atomokat nevezzük izotópoknak, amelyek azonos protonszámmal és különböző neutronszámmal rendelkeznek.

Karotázs: Mélyfúrás-geofizikai szelvény, a kútkönyv fontos tartozéka. Legtöbbször a harántolt kőzettest természetes potenciáljának, elektromos ellenállásának, természetes gamma-sugárzásának és a lyuk bőségének értékeit a mélység függvényében ábrázoló (akár több méter) hosszú, keskeny diagramok. Ezek segítségével tekinthető át (megfelelő részletesség esetén), hogy az egyes nagyobb rétegtani egységeken belül pontosabban milyen mélységekben található olyan, pontosan kijelölhető kőzettani egységek (pl. homokos és agyagos rétegek váltakozása), amelyek kutatás szempontjából fontosak mehetnek.

Koaguláló szer: Olyan adalékanyag, amely csapadékot képez az oldat valamely komponensével, illetve amely segíti a kolloid részecskék összetapadását és kiülepedését.

Kondíció: A fizikai kondícióra értelmezendő fogalom, mely természetesen összefügg az egészségi állapottal is. Számítására indexeket használnak, melyek elsődlegesen a testtömeg és a testhossz paraméterek arányán alapulnak.

Kónuszos kupak: Befelé szűkülő, ezért kiemelten jó záródást biztosító menettel ellátott edényzáró.

Kutikula: Tágabb értelemben az élőlények kültakarójának külső rétege, amelyet azonban általában az ízeltlábúak kitin alapú, szilárd külső vázaként is funkcionáló kültakarójának megnevezésére használ a biológia tudománya.

Kútkönyv: A kútkönyv egy adott mélyfúráshoz kapcsolódó adatokat tartalmazó dosszié (vagy annak más adathordozón található változata). Ez részletesen tárja a kutatók elé akár a több évtizede zajlott mérések és megfigyelések eredményeit: a földtani korbeosztást, a fúrás rétegtani leírását és a kivett fúrómagok részletes ismertetését (kőzettani leírás, kor, származási mélység, ásványtani összetétel, mikro- és makrofauna). A dokumentumok között mindig megtalálhatók a fúrás napi jelentései is, amelyekben a fúrás műszaki ellenőre röviden leírta az adott napi tapasztalatokat (pl. előrehaladás mértéke, beszakadt fúrófej, magkihozatal mértéke stb).

Limány: Visszafolyás, ha valahol beszűkül a folyómeder, akkor a szűkület alvizén, a part közelében a víz folyása a fősodorról ellentétes irányú lehet.

Lombkoronaszint: Fás vegetációjú élőhelyek felső növényzeti szintje, amit a fa termetű növények lombkoronái képeznek, és azok magassági viszonyaitól függően egységes és többszintű egyaránt lehet.

Megfigyelő kút: Olyan kút, amely a felszín alatti víz szintjének mérésére, és/vagy a felszín alatti vízből történő mintavételre szolgál.

Membránszűrés: Szűrhető vizsgálati mintában lévő mikroorganizmusok mechanikus dúsítására szolgáló eljárás. Elve, hogy a folyadékot egy jól definiált pórusátmérőjű membránszűrőn átszivatjuk (lehet túlnyomást is használni), miközben a folyadékban található mikroorganizmusok a szűrő felületére kiülnek.

Metabiotikus állapot: Aktív anyagcsere nélküli állapot.

Mezofil mikroorganizmusok: 20–40 °C-os optimális szaporodási hőmérséklettel rendelkező mikroorganizmusok (a legtöbb mikroba ide tartozik).

Mikroheterogenitás: Egy közeg mikroszkópos méretekben jelentkező változatossága, pl. két pontminta mikrobiológiai, kémiai stb. elemzésének eredményei akár 1–2 nagyságrenddel is eltérhetnek egymástól.

Mintavételi protokoll: Egy adott vizsgálat vagy vizsgálatssorozat során követendő, a tervezési fázisban lefektetendő szabályok, amelyek a kapott adatok összevethetőségét, és a vizsgálat megismételhetőségét egyaránt szavatolják.

Mobilitás: Valamely elem azon geokémiai tulajdonsága, hogy mennyire könnyen tud a környezeti szférák közt (és azokon belül) mozogni. A mobilitást elsősorban az elemek speciációja, a pH, az Eh, a közeg kationcserélő- és pufferkapacitása határozza meg.

Nemtenyésztéses mintafeldolgozás: Mikroorganizmusok tenyésztés nélküli, legtöbbször molekuláris biológiai, kemotaxonomiai stb. eljárások segítségével történő vizsgálata.

Nitrifikálók: Az ammóniát nitriten át nitráttá oxidáló, döntőrészt aerob kemolitotróf autotróf mikroorganizmusok.

ORP (redoxpotenciál): A redukciós-oxidációs (redox) reakciók legfontosabb paramétere (angolul ORP, az Oxidation Reduction Potential rövidítése). A redoxreakció során a redukáló anyag elektront ad le, az oxidáló elektront vesz fel. Egy környezeti mintában az ORP a közeg oxidáló, vagy redukáló jellegét mutatja. A redoxpotenciált referencia elektródhoz viszonyítva mérik, és millivoltban (mV) fejezik ki

Paraméter: A minták valamely vizsgált jellemzője, amely lehet fizikai, fizikai-kémiai, kémiai mennyiség, egyedszám stb.

Párhuzamos minták: Ugyanabból az objektumból, ugyanazzal a módszerrel, de egymástól függetlenül vett minták összessége.

Passzív nyomdetektor: A radon hosszú távú (min. 1 hónap) mérésére szolgáló eszköz, amelyben általában egy műanyag tokban egy ~1 cm²-es műanyag lapkán nyomot hagy az alfa-sugárzás. A nyomokat laboratóriumban maratással felnagyítják, majd a nyomokat mikroszkóp segítségével megszámlálják. A nyomsűrűségéből és az expozíciós időből az adott lemez kalibrációs faktorának figyelembevételével a mérési időszakra vonatkozó átlagos radonaktivitás-koncentráció érték meghatározható.

Petri-csésze: [Laboratóriumi üveg-, vagy műanyag edény](#), egy alacsony hengeres tál fedővel. Főleg tenyésztéses vizsgálatokhoz használatos.

Pontminta: A pontminta a mintavétel helyén, a talaj minőségét egy bizonyos mélységben jellemző minta. Ennek megfelelően egy szelvény különböző szintjéből gyűjtött minták szintén pontminták.

Pszichrofil mikroorganizmusok: Hidegkedvelő mikroorganizmusok, amelyek szaporodási hőmérséklete nem haladja meg a 20 °C -ot, azonban képesek 0 °C alatt is szaporodni (pl. *Pseudomonas* spp., *Flavobacterium* spp.).

Puccolános tulajdonság: A finomszemcsés, Ca-aluminoszilikátos összetételű anyagok (olasz: pozzolana) fő jellegzetessége lehet, hogy vízzel keverve hidratáció és hidrolízis révén össze-

függő, cementált, szilárd fázist alkotnak (pl. néhány vulkáni tufa, amelyet az ókortól használnak építőipari kötőanyagként).

Radon leányelemek: Az adott bomlási sorban a radon bomlása után keletkező izotópok.

Raman spektroszkópia: Az anyagban (szilárd, folyadék, gáz) lévő kötések gerjesztésének elvén működő, széles skálán alkalmazott anyagvizsgálati módszer.

Rizoplán: A rizoszféra gyökerek felszínéhez eső legközelebbi része.

Rizoszféra: A gyökereket körülvevő talajréteg, amelynek tulajdonságait a gyökerek jelenléte nagymértékben befolyásolja.

Sodorvonal: Az a görbe, amely a mozgásban levő víztömeg (pl. folyó) legnagyobb áramlási sebességű pontjait rajzolja ki (pl. egyenes folyó közepe).

Sokaság: Annak a környezeti elemnek a teljessége, amelynek a tulajdonságait meghatározni kívánjuk.

Steril: Teljesen csíramentes.

Szálkőzet: Eredeti helyzetében lévő, kőzetté válása óta lepusztulást nem szenvedett kőzettest.

Szedimentológia: Rétegtan, az üledékek képződésének tudománya.

Szelektív tápközeg: Meghatározott mikroorganizmusok szaporodását, növekedését másokéhoz viszonyítva elősegítik, vagy gátolják a bennük levő gátló, ill. serkentő anyagok segítségével.

Szolum: A szolum azon genetikai talajszintek összessége, amelyekben a talajképző tényezők a talajképző kőzet anyagában és szerkezetében átformálták (praktikusan a C szint felett található szintek összessége).

Szubjektív hiba: Egy mérés vagy becslés során fellépő olyan hiba, melyről a vizsgálatot végző tehet. Ha egy mintavételezési folyamatban egyszerre több személy vesz részt, a szubjektív hiba csökkenthető azzal, ha munka elején együtt végzik a mintavételt. Megbeszélve hogy kinek-kinek milyen eredmény adódott és miért, egy idő után eredményeik összehangolódnak.

Talaj: A talaj a Föld legkülső szilárd burka, amely a növények termőhelyéül szolgál. A földkéreg legkülső laza, termékeny rétege, amely szárazföldi körülmények között az alapkőzet fizikai és kémiai mállásával, majd különböző élőlények megtelepedése után bizonyos szerves és szervetlen anyagok felhalmozódásával alakul ki. Termékenységét a benne lévő különböző mértékben megkötött víz, és különböző szervetlen növényi tápanyagok jelentik, azonban a szerves anyagok jelenléte miatt változatos, és specializált fogyasztó és lebontó közösség is jellemzi.

Talajszelvény: A talajszelvény egy olyan téglalap alaprajzú gödör, amelynek egyik rövid oldala lépcsős kialakítású.

Taxon: Rendszertani egység.

Terresztrikus: szárazföldi

Termofil mikroorganizmusok: Nagy hőmérsékletet kedvelő mikrobák, optimális szaporodási hőmérsékletük 40–45 °C felett van (pl. *Bacillus* spp., *Clostridium* spp.).

Toposzekvencia: A toposzekvencia talajoknak a domborzat mentén kialakult sorozata.

Transzekt: A transzekt egy, a terepen kijelölt vonal, amely mentén valamely természeti elem tulajdonságait szokás rögzíteni. A szelvények és fúrások helyének kijelölését követően minden szelvényt és fúrást kóddal kell ellátni.

Ubikviter: Mindenütt előforduló, általánosan megtalálható.

Ultramafikus kőzet: 45%-nál kisebb SiO_2 -tartalmú magmás kőzet.

Vérplazma: A még meg nem alvadt vér, alakos elemek nélküli, folyékony frakciója.

Zoológia (vagy állattan): Az állatok országába (Regnum Animalia) tartozó élőlényekkel foglalkozó, komplex biológiai tudományág. Magában foglalja többek között az állatok rendszerezését, ökológiáját, anatómiáját és törzsfajlódását is.

Xylém és phloém elemek: Növényi szállítószövet típusok.