

5. A HIDROSFÉRA

A különböző halmazállapotú vizeket magában foglaló földburok-rész a vízöv, vagy *hidroszféra*, amely egyrészt a szilárd kéreggel (a *litoszférával*), másrészt a légkörrel (az *atmoszférával*) érintkezik. A hidroszféra hozzávetőleg 10 km magasságig keveredik a légkörrel, és mintegy 5 km mélységig a szilárd kéreggel. Tömegét tekintve ($1,38 \cdot 10^{21}$ kg) a Föld össztömegének csupán elhanyagolható részét (0,03%) teszi ki, azonban a Föld felszínét tekintve ez a víztömeg 70,8%-ot borít be, a szárazföld 29,2%-ával szemben (ld. XXVIII. táblázat).

XXVIII. táblázat A földfelület tagozódása

Óceán	Felület (10^6 km ²)	Szárazföld	Felület (10^6 km ²)
Csendes-óceán	180	erdő	40
Atlanti-óceán	106	sivatag és félsivatag	33
Indiai-óceán	76	füves terület	26
		szántóföld	14
		tundra	5
		beépített terület	12
		Antarktisz	13
		egyéb területek	6
	362		149

A földi vízkészlet gyakorlatilag állandó. Egyes elemeinek mennyiségét kielégítő pontossággal ismerjük (pl. tengervizek, állóvizek, jégtakarók), de a litoszféra mélyebb rétegeinek vízkészletét illetően csak durva becslésekkel rendelkezünk. A fő arányok azonban egyértelműek (XXIX. táblázat).

XXIX. táblázat A Föld vízkészlete

	mennyiség (10^3 km ³)	az össz víztömeg %-ában
óceánok	1348000	82,03
felületi réteg	58000	
mély tengerek	1290000	
litoszféra (kötött víz)	253900	15,50
szabad víz a felszín alatt 4000 m-ig	8060	0,50
sarkvidéki és magas- hegységi jég	27820	1,69
tavak és folyók	226,2	0,01
légkör	12,3	0,0008
élőlények	1,13	0,00006

A víz eloszlása az egyes előfordulási helyek között kifejezett aránytalanságokat mutat: a földi vízkészlet túlnyomó része az *óceánokban* található. A legjelentősebb édesvíz-előfordulásokat az emberi civilizáció központjától messze található *sarkvidéki jég* és a *gleccserek* képezik. Ily módon ezeknek csak kb. 1%-át lehet közvetlenül felhasználni. A

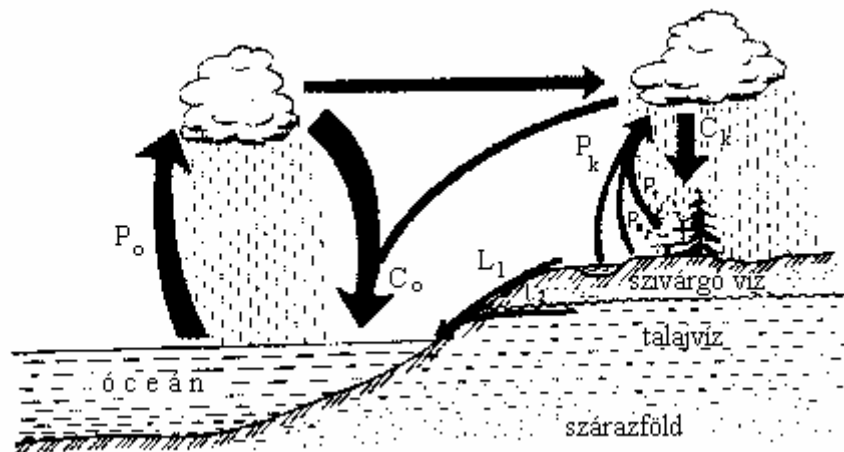
felszín alatti és felszíni vizek viszont azok a legfontosabb források, amelyekből víz-szükségletünket fedezzük.

5.1. A VÍZ KÖRFORGÁSA

A víz a természetben állandó körforgásban van. A földi víz körforgását lehetővé tevő halmazállapot változásokhoz döntő mértékben a napsugárzás adja az energiát. A körforgás mechanizmusában elsősorban a párolgás, vagyis a folyadék \rightarrow gáznemű átmenet fontos, mivel a jég és hó formájában található víz rövidebb-hosszabb időre csak tárolódik. A körforgás egyes szakaszai minőségi oldalról jól ismertek, a bennük mozgó vízmennyiségek azonban csak bizonytalansággal határozhatók meg.

A Föld egészének *vízháztartása* kiegyenlített, vagyis bolygónk vízkészletét hosszabb időn keresztül változatlanak tekintjük. A vulkánokból a vízkörforgásba újonnan bekerülő vízgőz mennyisége (kb. $0,1 \text{ km}^3/\text{év}$) ugyanis a teljes vízforgalomhoz képest is elhanyagolhatóan kevés.

A Föld felszínéről az egy év alatt elpárolgott vízmennyiség tehát megegyezik a csapadék formájában visszajuttatott évi mennyiséggel. Az anyagforgalomban évente egyes becslések szerint kb. félmillió km^3 -nyi vízmennyiség vesz részt (32. ábra)



32. ábra A víz természeti körforgalma

(P_o = óceáni, P_k = teljes szárazföldi - szabad vízfelszín, talaj és növényzet - párolgás, C_o = óceáni, C_k = szárazföldi csapadék, L_1 és L_2 felszíni és felszín alatti lefolyás)

Az óceánok, illetve szárazföldek esetében a párolgás és a csapadék mennyisége eltérő, de a vízháztartásbeli különbséget a szárazföldekről lefolyó víz mennyisége kiegyenlíti. A vízcseré az óceánok mélyebb rétegei és a felületi rétegek között olyan intenzív, hogy a tengerbe ömlő édesvizek az összetételben legfeljebb kismértékű, helyi változást idéznek elő.

A vízkörforgás teljes mennyisége megfordul az atmoszférában. Ha ezt összevetjük a légkörben pára formájában jelenlévő vízmennyiséggel (kb. 12300 km^3), megállapítható, hogy az atmoszféra vize igen gyakran megújul. Ezzel szemben a többi "víz-tároló" területeken az átlagos tartózkodási idő lényegesen hosszabb.

A víz természeti körforgásában a halmazállapot változások fizikai folyamata mellett az élőlények (növények, állatok és az ember) által kialakított *biológiai körforgása* is jelentős. Az

élő szervezetek igen sok vizet tartalmaznak. A víz az élő sejtek fontos szerkezeti eleme, az életfolyamatok irányítója.

Az élő szervezetek és a külvilág között kialakuló körforgás folyamán a víz elsősorban az élőlények anyagsere folyamataiban vesz részt.

A sejtek csak vizes oldatban vehetik fel a táplálkozásukhoz szükséges szerves és szervetlen anyagokat. A zöld növények vízből és széndioxidból fényenergia hatására szerves vegyületeket építenek fel, miközben oxigéngáz keletkezik. Izotópos vizsgálatokkal kimutatták, hogy ez az oxigén a vízből származik.

Fontos tényező a víz az állandó hőmérsékletű állatok és az ember, valamint a növények hőszabályozásában is. A biológiai körfolyamatok során tehát a víz az élőlények testébe különböző módon kerül és el is távozik onnan. Élet csak addig maradhat fenn, amíg a vízháztartás egyensúlya fel nem borul.

A víz természeti körforgása, a Föld vízkészletének rendszeres megújulása, valójában a víz újratermelésének természeti folyamata. A víz azonban nemcsak a természetben, hanem a társadalomban is állandó mozgásban van, tehát a víznek itt egy másik körfolyamata alakul ki.

A víz *társadalmi körforgása*, vagyis a víznek a társadalom újratermelési folyamatában való részvétele állandó kölcsönhatásban van a természeti körfolyamattal. Az emberi tevékenység hatására ez a folyamat sokkal bonyolultabb. Az ember hosszabb-rövidebb időre, részben, vagy teljesen kivon készleteket a természeti körforgásból (pl. tározás, felhasználás, termékbe való beépítés formájában).

A készletek minőségét tevékenységével megváltoztatja, céljaira alkalmassá teszi (pl. vízlágyítás), vagy szennyezi (maradandó, vagy letisztuló szennyező anyagokkal) - és így a természetes folyamatokat (fizikai, kémiai és biológiai) befolyásolja, megváltoztatja.

Az ember tehát érdekeinek megfelelően szabályozni kényszerül a természetes vizek lefolyását, növelni a hasznosítható vízkészleteket, gondoskodni az elhasznált vizek egészségre veszélytelen visszavezetéséről, vagyis a körforgásba tudatosan beavatkozni.

5.2. A TERMÉSZETES VIZEK KÉMIAI JELLEMZŐI

A víz természeti körforgása során mindig más-más környezetbe kerül, ahol különböző anyagokat old fel és ad le, amelyek hatására további fizikai, kémiai és biológiai folyamatok játszódnak le.

A természetben a víz csapadékvíz, illetve felszíni, vagy felszín alatti víz formájában fordul elő. A természetes vizek oldott anyagainak minőségére és mennyiségére a bennük lejátszódó kémiai reakciók alapvető hatást gyakorolnak.

5.2.1. *C s a p a d é k v í z*

A csapadékvíz a levegő páratartalmából, fizikai tényezők megváltozásának hatására jön létre. Keletkezése pillanatában már gázokat old ki a levegőből. A csapadékvízben feloldott gázok százalékos összetétele eltér a levegő összetételétől, mivel a víz a gázokat oldékonyságuknak megfelelően, különböző mértékben oldja (ld. 4.1.2.1. fejezet). Az állandó komponensek közül a legjobban a széndioxidot, legkevésbé a nitrogént.

Vízminőségi szempontból fontos, hogy a csapadékvíz a levegő egyéb szennyeződéseit is magába veszi. Lakott települések és főként ipari területek környékén a levegő mindig tartalmaz füstgázt, kormot, pernyét is. A csapadékvíz ezeken felül mind természetes, mind mesterséges radioaktivitásból eredő szennyező anyagokat is tartalmaz.

Nagymértékben befolyásolja a csapadékvíz szennyezettségét a földfelszín közelében levő légmozgások erőssége és iránya, aminek hatására port, szerves foszlányokat, mikroorganizmusokat is tartalmazhat.

A csapadékvizek közös tulajdonsága, hogy a feloldott széndioxid mellett nincs HCO_3^- ion, így az *agresszív* tulajdonságú lesz, amit az elnyelt kéndioxid tovább fokoz.

A fentiekből következik, hogy nem beszélhetünk egységes minőségű csapadékvízzről, mert más-más hatások érik azt a lakott települések, mezőgazdasági területek, erdők és tengerek felett. (XXX. táblázat).

XXX. táblázat Magyarországi csapadékvizek átlagos kémiai összetétele

kémhatás	pH	4,5	
		$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	mg/dm^3
ammónium-ion	NH_4^+	81	1,46
nátrium-ion	Na^+	23	5,3
kálium-ion	K^+	9	0,35
magnézium-ion	Mg^{2+}	70	1,70
kalcium-ion	Ca^{2+}	166	6,64
klorid-ion	Cl^-	29	1,03
nitrát-ion	NO_3^-	41	2,54
szulfát-ion	SO_4^{2-}	232	22,27

Ahhoz, hogy a különböző mérési eredmények összehasonlíthatók legyenek, a csapadékvíz kémiai jellemzőinek meghatározása mellett tehát párhuzamosan számos más légköri paramétert is vizsgálni szükséges (pl. a levegő CO_2 , NH_3 tartalma, aeroszol részecskék és S-vegyületek koncentrációja, savassága).

5.2.2. Folyó vizek

A csapadékvíz miután a föld felszínére jutott, részben beszivárog a talajba, vagy újból elpárolog a levegőbe, részben felszíni vízként (patakok, folyók) elfolyik. Így jut el egyre nagyobbodó vízfolyásokon keresztül a tengerbe, vagy más lefolyás nélküli tóba. A patakok, folyók az összegyűlő csapadékvízből és a talajból kiszivárgó, vagy mesterségesen kiemelt vízből tevődik össze.

A vízgyűjtő terület geológiai felépítésétől, a növényzet minőségétől és mennyiségétől, valamint a talajból kikerülő (forrás) víz minőségétől függően változó a folyóvizek oldott és lebegő szerves- és szervetlen- és szervesanyag tartalma. Ezt befolyásolja még a társadalmi tevékenység, a földterület művelési módja és a szennyvizek terhelése is. Így a szilikátos kőzetekről lefolyó víz mindig kevesebb ásványi eredetű oldott sót tartalmaz, mint az üledékes kőzetekről jövő víz. A mozgó vizek kevésbé, és a mozgás sebességével arányosan érzékenyek a szennyeződésre.

A folyóvizek *oldott anyag tartalma* átlagosan 200 - 500 mg/dm^3 között változik. A vulkáni eredetű kőzetekről lefolyó vízben azonban 100 mg/dm^3 alatt lehet az oldott anyag mennyisége, míg a tőzeges vízgyűjtőről eredő folyóvizeknél az 1000 mg/dm^3 -t is elérheti.

A *lebegő anyag tartalom* szintén szélsőséges értékek között változhat, pl. áradás alkalmával.

A folyóvizekben a társadalmi körforgás eredményeképpen *szerves anyagot* is találunk, ami döntő mértékben a lakó- és ipartelepek szennyvizeiből származik.

A folyóvizek közös jellemzője, hogy mindig tartalmaznak *oldott oxigént*, amely az élőlények számára nélkülözhetetlen.

A folyóvizek fő szervesetlen komponensei a Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- ionok, de kisebb mennyiségben Na^+ , K^+ , valamint Cl^- , SO_4^{2-} és NO_3^- is található bennük. Az NH_4^+ , NO_2^- és PO_4^{3-} ionok csak nyomokban fordulnak elő, illetve erősebb szennyezettség fennállásakor jelennek meg.

A XXXI. táblázatban a Duna jellemző, átlagolt elemzési eredményeit mutatjuk be.

XXXI. táblázat A Duna vizének jellemzői

kémhatás pH	7,0 - 7,5		
vezetőképesség	300 - 500	$\mu\text{S}/\text{cm}$	
oldott oxigén	9,0 - 10,5	mg/dm^3	
oxigén telítettség	80 - 100	%	
összes lebegő anyag	10 - 100	mg/dm^3	
összes oldott só	250 - 350	mg/dm^3	
oldott ionok	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	mg/dm^3	
Ca^{2+}	1375 - 1750	55 - 70	
Mg^{2+}	410 - 825	10 - 20	
Na^+	390 - 650	9 - 15	
K^+	75 - 130	3 - 5	
Cl^-	420 - 1000	15 - 30	
SO_4^{2-}	310 - 420	30 - 40	
HCO_3^-	1950 - 4100	120 - 250	
NO_3^-	80 - 130	5 - 8	
NH_4^+	15 - 30	0,25 - 0,5	
NO_2^-	1,0 - 2,2	0,05 - 0,1	
PO_4^{3-}	2,0 - 4,2	0,2 - 0,4	

Ugyanannak a folyóvíznek is viszonylag szélsőségesen változik a kémiai összetétele a vízmennyiség változásával (pl. áradás), illetve az ipari terhelés változó mértéke szerint.

5.2.3. Tavak, mesterséges tározók vize

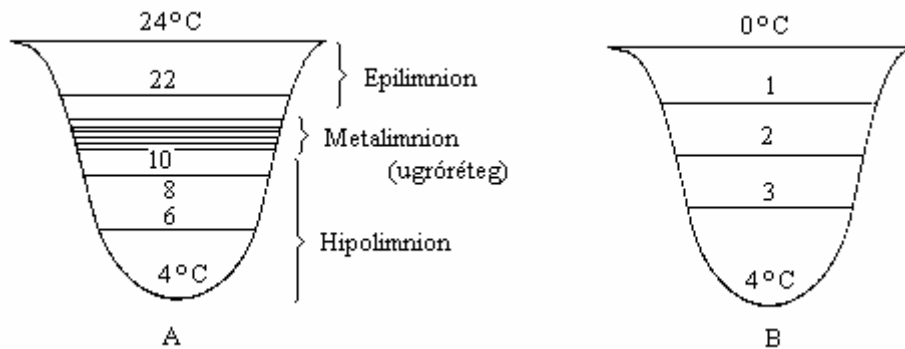
A tavak, tározók vize származásuk alapján hasonlóak a folyóvizekhez. Kémiai összetevők szempontjából két jelentősen különböző típusuk különböztethető meg: az átfolyásos (pl. Balaton) és a lefolyás nélküli tavak (pl. Kaspi-tenger).

Az *átfolyásos tavak* vize a folyóvizekhez hasonló összetételű, bennük a Ca^{2+} , HCO_3^- és Na^+ ionok szerepe a meghatározó.

A *leflyástalan tavak*nál a víz csak párolgás útján tud eltávozni, és így jelentős só felhalmozódás észlelhető. Ezek vize inkább a tengervizekhez hasonló, vagy még sósabb is lehet.

A *mélyebb vizű tavak*ban sajátos hő- és koncentráció rétegződés figyelhető meg. A mélyebb tavak felmelegedésekor kialakul egy magasabb hőmérsékletű felső vízréteg (epilimnion), amelynek vastagsága tartós hófelvétel esetén fokozatosan nő. A hideg, mély víz

felé (hipolimnion) az átmenet viszonylag szűk sávban történik. A felmelegedett tóvízben jellegzetes stabil rétegződés alakul ki. (33. ábra).



33. ábra Mélyvízű tavak hő-rétegződése

(A = normál stabil rétegződés - mérsékelt övi tó nyáron, B = inverz stabil rétegződés - mérsékelt övi mély tó télen)

Ha a felszín hűlni kezd, a csökkenő hőmérsékletű víz lesüllyedve helyet cserél az alatta levő viszonylag melegebb vízzel, *cirkuláció* indul meg. Ez a víz lehűlésével egyre nagyobb mélységeig terjed ki, és addig tart, míg a teljes víztömeg hőmérséklete +4°C-ra csökken. További hőcsökkenés esetén a felszíni víz már nem tud lesüllyedni, mert hőmérsékletével együtt a sűrűsége is csökken. Ha eléri a 0°C-ot, a felszín befagy, alatta pedig lefelé melegedő víz helyezkedik el. Ez az ún. *inverz hőmérsékleti rétegződés* is stabil, mert a sűrűség lefelé nő.

A mély tavak nehezebben fagnak be, hiszen ennek előfeltétele, hogy a teljes víztömeg +4°C-ra hűljön.

A mélyvízű tavak között a hőmérsékletváltozás menete szerint jellegzetes *termikus tótípusokat* különíthetünk el, amelyekben az eltérő cirkuláció folytán különbözőek a koncentrációviszonyok, és az oxigénellátottság is. Pl. a sós fenékvízű Tanganyika-tó mélyebb rétegeinél egyáltalán nincs vízcsere, és így 200 m-nél mélyebb részein nincs oldott oxigén.

A sekély tavakon a hullámozás hatására bekövetkező keveredés miatt nem alakul ki tartós hőmérsékleti rétegződés, és az oxigénellátottságban sincsenek meg a mély tavakat jellemző rétegek közötti különbségek.

A mélyebb vízű tavak és tározók elsősorban a lebegőanyag csökkent mennyiségében különböznek a folyók vizétől. Zavarosságuk sokkal kisebb, így az átlátszóságuk nagyobb, az asszimilációs zóna jelentősen megvastagszik.

5.2.4. Tenger víz

A felszíni vizek között külön kategóriát képvisel a földi vízkészlet több, mint 80%-át magába foglaló *tenger víz*, melynek legismertebb alapvető tulajdonsága: jelentékeny só-tartalma.

A tengervíz összetételére jellemző, hogy a földrajzi helyzettől csaknem függetlenül közelítőleg állandó, az egyes összetevők aránya stabil.

A tengervíz a természetben előforduló valamennyi elemet tartalmazza (esetleg igen alacsony koncentrációban). Az átlagos sótartalom 34,72‰ (34,72 g/dm³), amelynek fő komponensei a Na⁺ és Cl⁻ ionok és mellettük alárendelt a Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, SO₄²⁻ és Br⁻ ionok mennyisége.

XXXII. táblázat A tengervíz ionösszetétele

ionok	g/dm ³	mmol/dm ³	ionok	g/dm ³	mmol/dm ³
Na ⁺	10,54	458	Ca ²⁺	0,400	10,00
Cl ⁻	18,98	535	Mg ²⁺	1,270	52,26
			K ⁺	0,380	9,74
			SO ₄ ²⁻	2,460	25,63
			Br ⁻	0,065	0,81

Függetlenül attól, hogy a tengerekbe a folyókból hatalmas mennyiségű oldott anyag jut, a tengervíz nem tekinthető koncentrált folyóvíznek. A folyóvizekben nem a klorid, hanem a HCO₃⁻ és CO₃²⁻ ionok vannak túlsúlyban és a Cl⁻-ok szerepe alárendelt, másrészt a keménységet okozó Ca²⁺ és Mg²⁺ ionok mennyisége is meghatározó a Na⁺ és K⁺ ionokkal szemben. Az édesvizekhez képest azonban nem csak a keménységet okozó ionok aránya, hanem a Na⁺/K⁺ mólarány is jelentősen módosul a tengervízben (ld XXXI. és XXXII. tábl.).

Ennek az eltérésnek az az oka, hogy a tengeri élőlények az idők folyamán nagy mennyiségű karbonátot vontak ki a tengervízből, és építettek be szervezetükbe, a kálium-ionok pedig a kőzetekbe épülnek be.

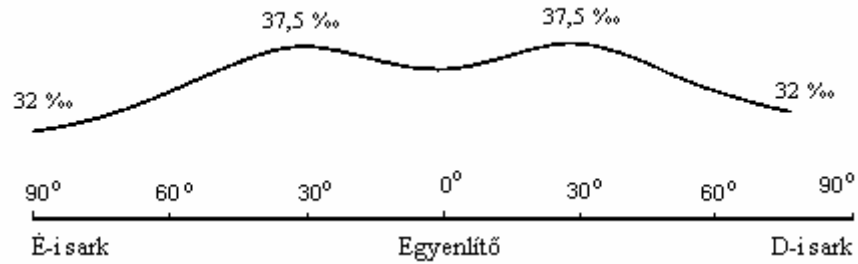
A tengervíz magas sótartalma mellett fontos szerepe van az alacsony fémion koncentrációnak. A vízben levő finom agyagos részecskék ugyanis adszorbeálják a különböző fémeket, és egyes élőlények is hatalmas fémion-mennyiséget halmoznak fel testükben (pl. a diatómák vasat, a medúzák cinket).

A tengeri szervesanyag termelésben a rendelkezésre álló nitrogén- és szilícium-tartalmú tápanyagok, valamint a foszfát-ionok mennyisége a meghatározó. A mérsékelt övi és hideg tengerekben e létfontosságú anyagok mennyisége éves ciklusban változik, kapcsolódik a víztömeg függőleges cirkulációjához (3.1. fejezet).

A légkörrel érintkező tengervíz a levegő gázait is adszorbeálja. Az eltérő oldékonyságuk (ld. IV. táblázat) következtében a tengervízben oldott légköri gázok aránya (N₂:O₂:CO₂=63:34:1,6) lényegesen eltér a levegő összetételétől (78:21:0,03). Az oldékonyság hőmérsékletfüggése miatt természetesen ez az arányuk nem stabil. A felszíni zónákban a növényi asszimiláció tovább növelheti az oxigén mennyiségét, míg a mélyebb rétegekben az oxidációs folyamatok elsődlegessége miatt a CO₂ mennyisége növekszik meg az oxigén rovására. A tengervíz széndioxid tartalmának főként a mészoldó képesség szempontjából van jelentősége, amit a mélyebb rétegekben a nyomás is növel.

A tengervíz kémhatását elsősorban az oldott karbonátok és a széndioxid mennyisége befolyásolják: pH-ja 7,5 - 8,3 között változik.

Az össz-só tartalom mennyiségének helyi és időbeli változásában a vízháztartás fontos szerepet játszik. Ennek következtében a tengerfelszín só tartalma a nyílt óceáni területeken övezetesen változik, és a pólusok között egy kétmaximumos görbével jellemezhető.



34. ábra A tengerfelszín só tartalmának változása

Az Egyenlítő vidékén a bő csapadék és a sűrű felhőzet miatt csökken a párolgás. Ennek eredményeként a felszíni sótartalom az átlag körüli. A téritők felé haladva a minimális édesvízbevitel és a nagy párolgás következtében a sótartalom kb. 37,5‰-es (g/dm^3 -es) értékkel nyílt óceáni maximumot ér el. A mérsékelt övben helyreáll a csapadék és a párolgás egyensúlya, így megint átlagos a sótartalom. Ez a sarkok közelében a nagy édesvízbevitel (csapadék, olvadó jég) és csökkenő párolgás miatt kb. 32‰-re csökken a nyílt óceáni területeken.

A partközeli vizek sókoncentrációja többé-kevésbé eltér a nyílt óceánokétól, mégpedig a zártság függvényében. A *peremtengerek* vizében a sótartalom változás nem túl jelentős, bár a betorkolló folyók hatására valamelyest csökken. A *beltengerek* csaknem önálló vízháztartású medencék, így sókoncentrációjuk lényegesen eltérhet a nyílt óceánokétól. Két jellegzetes csoportba sorolhatók: a *meleg beltengerek* sókoncentrációja magas az intenzív vízcseré hiányában. Pl. a Vörös-tengerben a 41‰-et is eléri. Itt gyakorlatilag nincs édesvíz utánpótlás, és nagyon intenzív a párolgás. Hasonlóan a Földközi-tenger is magasabb sótartalmú (kb. 39‰) és nagyobb sűrűségű. Sós vize fenékvízként távozik az Atlanti-óceánba, míg pótlása a felszínen történik.

A *hideg beltengerek* esetén viszont a bőséges csapadék és kisebb párolgás miatt a sótartalom alacsonyabb, mint az óceánokban. A kiédesedés fokozott, ha ehhez nagy vízhozamú folyók is hozzájárulnak. Pl. a Balti-tengerben alig több, mint 10‰ a sótartalom, a Finn-öböl vize pedig az ún. fészsós (brakk) vizek típusába sorolható, sókoncentrációja csak 1‰.

A tengervíz jelentős sótartalma következtében a fagyáspontja $-2,12\text{ }^\circ\text{C}$ -ra csökken (ld. 4.1.3.4. fejezet). Ezzel párhuzamosan a 27,4‰-nél nagyobb sótartalmú vizek sűrűségmaximuma is eltolódik, a $+4\text{ }^\circ\text{C}$ -ról a fagyáspont alá csökken. Ily módon a felszíni és mélyebb rétegek közti cirkuláció nem áll meg $+4\text{ }^\circ\text{C}$ körül, hanem a fagyás megindulásáig tart. Ez a folyamat késlelteti a fagyást, hiszen a 0 vagy $-1\text{ }^\circ\text{C}$ -os víz is alászáll, s helyére melegebb víz érkezik.

A befagyást követően a jég jó hőszigetelő képessége miatt a jég csak lassan vastagszik, mivel az alatta levő víz a hőcsökkenést akadályozza. A képződő jégből a só egy része kifagy, így annak sótartalma csökken (4.1.3.4. fejezet), míg az alatta levő vízrétegek sótartalma megnövekszik. Többszöri újrafagyás esetén a jég teljesen kiédesedik, olvadékvize ihatóvá válik.

5.2.5. Felszín alatti vizek

A földi vízkészlet legkevésbé pontosan becsülhető része a felszín alatt helyezkedik el. Mennyisége legalább egy nagyságrenddel meghaladja a tavak, folyók, az élővilág és az atmoszféra együttes vízmennyiségét (ld. XXIX. táblázat). A hidroszférában betöltött szerepét pusztán tömegén kívül az is növeli, hogy elterjedése a Földön általános, és a társadalom céljaira

is elérhető és igénybevehető. Az élettelen és élő természet felszíni jelenségeinek számottevő része közvetlenül, vagy közvetve kapcsolódik a felszín alatti vízhez, illetve annak hatásaihoz.

A felszín alatti vizek halmazállapot, helyzet, mozgás, kémiai összetétel, hőmérséklet szerint igen sokfélék lehetnek. Pótlódásuk részben a kéreg vízleadása révén, túlnyomó részben azonban a felszín irányából történik.

A víztartó kőzetek jellege szerint a *porózus* és *hasadékos kőzetek* vizeit különíthetjük el.

A *porózus kőzetben* a közetszemcsék közötti különböző méretű pórusokban helyezkedik el a víz.

A porózus kőzetekben a felszín alatt, az első vízzáró réteg felett helyezkedik el a *talajvíz*. A talajvíz döntő mértékben a nehézségi erő hatása alatt áll. Alapvetően az határozza meg helyzetét és mozgásait is. Mivel a talajvíz és a felszín között nincs vízzáró réteg, ezért csak kivételes helyzetben kerül nyomás alá. Legfontosabb táplálója a csapadék - közvetlenül, vagy közvetve, távolabbi vidékekről való hozzáfolyás révén.

A felszín alatti porózus kőzetek mindenütt tartalmaznak bizonyos mennyiségű vizet, de talajvízről csak akkor beszélünk, ha valamennyi pórust víz tölti ki. A *talajvíz tükre* ott húzható meg, ahol a pórusok egy részében már megjelenik a levegő. A talajvízszint nagyjából a domborzat konfigurációjához idomul, de a terep magasságkülönbségeit tompítva követi. A talajvíztükör szintje általában nem stabil, változásai azonban a felszíni vizekhez képest rendszerint lassúak, és az ingadozás mértéke sem túl nagy.

A felszín és a talajvíztükör közötti zóna víztartalmát *talajnedvességnek* nevezzük. Fontosabb csoportjai:

- A *kristályvíz* a kristályszerkezetbe beépülő vízmolekulákból áll. Különösen jellemző az agyagásványok esetén. Mivel a kristályokból csak magas hőmérsékleten (270-500 °C között) távozik, ezért jelenléte viszonylag állandó, és az így lekötött víz kiesik a víz körforgásából.
- *Adszorbeált víznek* (erősen kötött vízburoknak) a talajszemcsék felszínén molekuláris, illetve ozmotikus erők hatására megtapadó, 100 molekula átmérőnél általában nem vastagabb vízhártyát nevezünk. A szemcsékre nagy erővel tapad, csak erős szívó hatás képes azok felületéről leválasztani.
- Az *adhéziós víz* (lazán tapadó víz) részben még hártyát képez a szemcsék körül, de vastagsága már ezer molekula-átmérő is lehet, és tapadása jóval kisebb.
- A *kapilláris víz* közvetlenül a talajvíz tükre fölött helyezkedik el. A kapilláris erők a hajszálcsövekben a vizet a nehézségi erőt leküzdve fölfelé emelik. A kapillárisok mennyiségétől és méretétől függően eltérő vastagságú zónát jelent.
- A *szivárgó víz* a kapilláris vízzel ellentétben lefelé mozog, mert a rá ható erők közül a nehézségi erő érvényesül leginkább. A felszínre érkező víz a talajba hatol, s a talajvíz irányába szivárog. Azt azonban nem mindig éri el. Pl. a nyári nagyobb intenzitású, rövidebb időtartamú csapadék túlnyomó része a felszínen folyik le.

A talajnedvesség ezen formái eltérő arányban vannak jelen a különböző kőzet-, illetve talajtípusokban. Az arányok főleg a szemcsemérettől függenek, ami a talaj által befogadható összedvességet is befolyásolja (a szemcsék együttes felülete révén).

A vízzáró rétegek között, esetleg több, egymástól független rétegben található a *rétegvíz*. Rendszerint teljesen kitölti a vízzáró rétegek közötti zónát, amelyek felülről és alulról szorítják, ezért nyomás alatt van. A nyomás legáltalánosabban hidrosztatikai, mert a környező területek magasabb vízszintjétől származik. Nyomásnövelő hatása lehet azonban a rétegek gáztartalmának és a felső kőzettest súlyának is. A nyomás következtében a fedőréteg átütése

(átfúrása) esetén a víz a felszínre tör (*artézi vizek*). Az artézi vizek a megfelelő rétegek ismétlődésétől függően egymás alatt több szintben is helyet foglalhatnak. A vízellátásban játszott jelentős szerepüket a mennyiségen túl főleg annak köszönhetik, hogy nagyobb mélységük és a felszínnel való laza kapcsolatuk következtében viszonylag jól védettek a felszíni szennyező hatásoktól. A terjedelmes artézi medencék olykor ország-, sőt földrésznyi területek legfontosabb vízellátói.

A *hasadékos kőzet*ben annak repedéseit, réseit, járatait tölti ki a víz, vagyis ott fordul elő, ahol a kőzet folytonossága valamilyen okból megszakad. A *résvíz* kifejezés összefoglalóan minden olyan vízre vonatkozik, amely a kőzetek repedéseiben, hasadékaiban, üregeiben fordul elő, tekintet nélkül a rések keletkezési körülményeire. Mivel nagy térfogatú, jelentős mennyiségű víz befogadására alkalmas repedés-, járat- vagy üregrendszer a természetben elsősorban a kőzet oldódása révén alakul ki, ezért a résvizek zöme a karsztosodás által teremtett víztárolókban helyezkedik el, s így joggal viselheti a *karsztvíz* megjelölést. A karsztvíz tehát kőzetminőséghez kötött fogalom. A legelterjedtebb, viszonylag jól oldódó kőzettípus a mészkő, így a karsztvíz főként mészkőterületeken jellemző. Előfordul ezen kívül az ugyancsak gyakori, de kevésbé jól oldódó dolomitban, a jobban oldódó, de nagyobb összefüggő területekre ritkán kiterjedő kősó- és gipsztömegben is.

A felszín alá kerülő víz eredeti tulajdonságaitól, valamint a különböző rétegekben megtett útja során végbemenő vegyi folyamatoktól függően megváltozik, és minőségét elsősorban a talaj összetétele, felépítése és szennyezettsége határozza meg. A minőséget erősen befolyásolja a terület geológiai adottsága, a talaj hőmérséklete, a talajban a víz áramlási sebessége, a felszín alatt megtett út hossza.

Az általános jellemzők közül a felszín alatti vizeknek a keménysége, szénsav tartalma, illetve kémhatása fontos.

XXXIII. táblázat Különböző talajrétegeken átszűrődött víz összetétele

talaj típus	összes keménység nK ^o	összes sótartalom mg/dm ³	klorid tartalom mg/dm ³
gránit	2	60	15
dolomit	47	665	35
homokkő	15	290	20
mészkő	18	300	25
kavics, homok	30	610	25

Az alföldi *talajvizek*ben a Na⁺ a legnagyobb mennyiségben előforduló kation, valamint a HCO₃⁻, a SO₄²⁻ és Cl⁻ az általánosan elterjedt anion, a kémhatása (pH = 7,8-8,5) gyengén lúgos.

Az ivásra alkalmasabb főleg Ca²⁺-, Mg²⁺- és HCO₃⁻-iont tartalmazó, 7 - 7,5 pH-jú vizek az Alföld északkeleti részén képeznek nagyobb összefüggő területet.

A talajvíz gyakorta 0,2-0,5% töménységű, így jelentős területeken sósnak tekinthető. (Emberi fogyasztásra, illetve korlátozás nélküli mezőgazdasági felhasználásra csak a 0,16%-nál kisebb koncentrációjú vizek alkalmasak. Az ideális ivóvíz koncentrációja 0,05% körüli, de minőségét a jelen lévő ionok megoszlása is befolyásolja)

Vízminőségi szempontból nagy jelentősége van a talaj elszennyeződésének is, mert míg a folyóvízzel a szennyeződés levonul, addig a talajvízben évtizedekig megmaradó vízminőségi romlást okoz.

A rétegvíz a szennyező anyagoktól és a fertőző baktériumoktól mentes. A benne esetlegesen jelenlévő NH_4^+ , S^{2-} és Cl^- ion geológiai eredetű.

A mélységi vizekben egyáltalán nem találunk oldott oxigént. Oldott sótartalma igen változó, a kis 0,2-0,25 g/dm³ értéktől kezdve a 10-20 g/dm³-t is elérheti. Az 1000 mg/dm³ feletti oldott sótartalmú víz (amihez gyakran magas oldott CO₂ tartalom is járul) ásványvíznek tekinthető. Kémhatása széles sávban változik (savanyú vizek - alkális vizek). A nagyobb sótartalmú mélységi vizek sómegoszlása gyakorta olyan, hogy azok gyógyvíznek minősülnek.

5.3. KÖLCSÖNHATÁS A KÖRNYEZETTEL

A hidroszféra vizei a természeti, biológiai és társadalmi körforgásukban a környezetükkel szoros kapcsolatba és kölcsönhatásba kerülnek. Ennek során bonyolult kémiai egyensúlyok alakulnak ki az egyes összetevő komponensek között, ami bizonyos mértékig módosítja a természetes vizek összetételét, kémiai jellemzőiket.

E hatások közül a *természeti* körforgásban a légköri kölcsönhatások (csapadék félék), illetve a felszín alatti vizekben (gyógy- és termálvizek) a talaj összetevőinek hatására bekövetkező változások fontosak.

A *biológiai* környezet életében a víz jelentős szerepet játszik. A biológiai körforgás során az édes és a sós víz egyrészt életteret biztosít, másrészt a szárazföldi életnek is nélkülözhetetlen alapanyaga.

Ezeken túl nagyon jelentős a *társadalmi* körforgásban bekövetkező kölcsönhatás és változás, illetve annak közvetett hatása a természeti és biológiai folyamatokra.

5.3.1. Légköri kölcsönhatások

A légköri víz és egyéb komponensek kölcsönhatása szempontjából a levegő vízgőz tartalma, illetve telítettsége alapvetően meghatározó. Minden hőmérsékletnek megfelel egy maximális páratartalom, amelynél több vízgőzt nem vehet fel a levegő.

A levegő páratartalma számszerűen az *abszolút légnedvességgel* (a levegő 1 m³-ében levő, grammokban kifejezett vízgőz mennyiség), illetve a *relatív légnedvességgel* jellemezhető. A relatív légnedvesség azt mutatja meg, hogy a levegőben jelenlévő vízgőz mennyisége hányad része annak a páratartalomnak, amely a levegőt azonos körülmények között telítené.

Ha a nedves levegő lehűl, a telítettségen felüli páratartalom kicsapódik, és a hőmérséklettől függően a talaj mentén, vagy a közeli légrétegekben harmat, dér, zúzmara, vagy köd keletkezik, a magasabb légrétegekben pedig felhő, eső, hó-, vagy jég-kristályok. Az a hőmérséklet, amelyen a levegőben levő vízgőz telítetté válik, a *harmatpont* (ld. 4.1.3.4. fejezet).

Ha a talaj felszíne a vele érintkező nagy páratartalmú levegő harmatpontja alá hűl és a földközeli légréteg magasabb hőmérsékletű marad, a levegőből a vízgőz egy része kicsapódik, és a talaj, a hozzá közeli tárgyak, növények *harmatosak* lesznek. A mi éghajlatunkon a *harmat* az évi csapadék mennyiségének csak néhány százaléka, éppen ezért nincs jelentős hatása. A trópusokon azonban, ahol a levegő különösen nagy páratartalmú, az évenként lehulló csapadéknak jóval nagyobb részét alkotja, ezért fontos szerepe van a növényzet vízellátásában.

Ha a levegő száraz, a talajnak jóval 0°C alá kell lehűlni, hogy rajta a vízgőz lecsapódjék. Ilyenkor apró jégkristályok rakódnak a lehűlt tárgyak felületére. Ez a *dér*.

Abban az esetben, ha nem a talajfelszín, vagy a hozzá közeli tárgyak hűlnek le a *nagy páratartalmú levegő* harmatpontja alá, hanem a levegő alsóbb, vagy felsőbb rétegének hőmérséklete csökken le annyira, hogy a vízgőzre nézve túltelítetté válik - a vízgőz már a levegőben kondenzálódik. Ha ez a folyamat a talaj közelében megy végbe, *köd* keletkezik, ha attól nagyobb magasságban történik, *felhő* képződik. A vízgőz kicsapódása (kondenzációja) mindaddig tart, amíg a túltelítettség fennáll.

A vízgőz általános légköri feltételek esetén önmagában csak mintegy 4-5-szörös túltelítettségénél (400-500%-os relatív páratartalomnál) lenne képes kondenzálódni. A légkörben viszont a relatív nedvesség csak ritkán haladja meg a 100,5%-ot, vagyis a kicsapódás csak ún. *kondenzációs magvakon* (aeroszol részecskéken) indulhat meg. Ilyen kondenzációs magvak lehetnek a por-, füst-, korom-szemcsék, illetve a vízben jól oldódó kén- és nitrogénvegyületek. A városokban, ipartelepek környékén sok kondenzációs mag van a levegőben, ezért itt gyakran keletkezik *köd*. A lebegő apró porszemcsékre kicsapódott víz annál nehezebben párolog el (annál lassabban oszlik el a köd), minél jobban oldódnak a lebegő szemcsék a vízben.

Az áramló ködös levegőből a 0°C alá hűlt tárgyakra alaktalan, vagy kristályos jéglerakódás, *zúzmara* válik ki.

A *felhőképződés* nem általános jelenség az egész légkörben, hanem az alsóbb rétegekben, kb. 10-12 km magasságig megy végbe. Felhők általában ott képződnek, ahol meleg, páradús levegőtömegek szállnak fel és közben lehűlnek (kb. 6-7°C-kal 1000 m-enként). A hőmérséklet csökkenésével viszont a levegő egyre kevesebb vizet képes gőz alakban tartálékolni, így egyre telítettebbé válik, és kellő mennyiségű kondenzációs magon megkezdődik a kicsapódás, és a csepp növekedés. A cseppnövekedés megindulása után a felhőelemek további aeroszol részecskéket és gázmolekulákat nyelnek el, így azok a légköri nyomanyagok híg oldatának tekinthetők.

A cseppek mérete a felhőben természetesen nem növekedhet minden határon túl és a gravitáció hatására bekövetkező ülepedés kihullásra kényszeríti a felhőcseppeket. A felhőből akkor hullik csapadék, ha a parányi lebegő vízcseppek akkorára nőnek, hogy súlyuk a levegő közegellenállását és az esetleges felszálló légmozgást le tudja győzni.

A felhőből a földre jutó csapadék halmazállapota szerint lehet - folyékony: eső, ködcsitálás, ónos eső - vagy szilárd: jégeső, hó, dara.

A *jégeső* forró nyári napokon jön létre, amikor a felszálló légáramlás sebessége különösen nagy, és a levegő nedvessége nem esőcseppek, hanem jégzemek alakjában hull a földre. A heves felszálló légáramlás ugyanis a kiváló felhőcseppecskéket olyan nagy magasságokba emeli, ahol a hőmérséklet igen alacsony. A 0°C alatti felhőkben a cseppek jégzemcsékké fagyhatnak, ha ebben ún. kifagyási magok is segítik. A jégzemcsék mérete - a nedves, 0°C alatti hőmérsékletű légrétegen áthaladva - további vízgőz ráfagyása miatt jelentősen megnövekedhet.

Ha az alsóbb légrétegek hőmérséklete a jégzemcsék keletkezési hőmérsékleténél jóval magasabb, bennük a jégzemek esés közben vízcseppekké olvadnak. Ha esőcseppek és jégzemek együttesen hullanak, az utóbbiak nem tudnak előre sietni, mert minduntalan beleütköznek a lomhább esőcseppekbe, így egyforma sebességgel érkeznek a földre.

Ha a csapadékot adó meleg légtömeg alatt 0°C-nál hidegebb légréteg helyezkedik el, a vízcseppek túlhűlnek, és amint lehullottak, azonnal megfagynak. Ez az *ónos eső*, amely a talaj felszínét, a fákat és a különböző tárgyakat jégkéreggel vonja be.

A *hőfelhő* keletkezési hőmérséklete általában 0°C körül van, igen alacsony páratartalmú levegőben. A hópelyhek többnyire apró, lapos, hatszögletes jégkristályokból állnak, amelyek rendkívül változatos formáját döntően a légköri állapot szabja meg. Ha a hó a légkör

alacsonyabb, meleg rétegeiben megolvad, a hó és eső egyidejűen hullik - *havas eső* jön létre. Ha viszont a hópelyhek vízgőzre nézve túltelített és alacsony hőmérsékletű felhőn át esnek, vízcseppek rakódnak és fagnak rájuk, ekkor keletkezik a *dara*.

A csapadéktípusok és a légréteg között a kicsapódási folyamat mellett egyéb kölcsönhatások is megfigyelhetők.

Ezek természetesen az *eső* alakjában lehulló csapadék esetén a legintenzívebbek, annak hőmérséklete és folyékony halmazállapota miatt. Az esőcseppek ui. hullás közben további gázmolekulákat nyelnek el, és újabb aeroszol részecskéket fognak fel, tehát átmoszák a felhőképződés szintje és a földfelszín közti légréteget. Ennek során a csapadékvíz kémhatása és a benne oldott anyagok mennyisége jelentősen megváltozhat. A csapadékvíz kémhatását döntően a légköri nyomanyagok határozzák meg, koncentrációjuktól függően alakulnak a savbázis egyensúlyok (ld. 4.2.3. fejezet).

Ha a csapadékvízben nincsenek nyomanyagok, csak a fő összetevők (O_2 és N_2), valamint a széndioxid (kb. 0,03%), a csapadékvíz pH-ját a CO_2 gáz vízben való oldódási (levegő-víz megoszlási) és a szénsav disszociációs egyensúlya ($pK_d = 6,52$) határozzák meg. Ennek alapján az adott légköri széndioxid szintnél, egy adott hőmérsékleten, egyensúly esetén a hidrogénion koncentráció, illetve a pH csak az egyensúlyi állandó által megszabott értéket veheti fel. Ez átlagos légköri hőmérséklet ($\sim 10^\circ C$) esetén a légköri vízcseppekben a **pH= 5,6**-es értéknek felel meg. Ezt azonban a légköri nyomanyagok nagymértékben módosítják: az emberi tevékenység következtében a levegőbe kerülő kéndioxid hatására gyakran a pH jelentősen csökken, *savas esők* alakulnak ki.

A kéndioxid elnyelődése a felhő- és csapadékcseppekben hasonlóan egyensúlyi folyamat, mint a széndioxid oldódása. A vízcseppekben oldott és a levegőben levő kéndioxid koncentrációaránya egy adott hőmérsékleten szigorúan állandó (Henry-törvény). Az elnyelt kéndioxid hidratálódott formában ($SO_2 \cdot H_2O$) van jelen a cseppfázisban, amit kénessavnak nevezünk, és amely középérső sav (ld. 4.2.2. fejezet) két lépcsőben disszociál.

Az egyensúlyi folyamatok eredményeképpen megállapíthatjuk, hogy a levegőfázisú kéndioxid-gáz cseppfázisban való elnyelődése fordítottan arányos a cseppbeli szulfid-ion koncentrációval és hidrogén-ion koncentráció négyzetével:

$$[SO_2]_{\text{lev}} \cdot \frac{K_1 \cdot K_2}{H} = [H^+]^2 \cdot [SO_3^{2-}]$$

ahol K_1 és K_2 a savi disszociációs állandók, H pedig a Henry féle állandó.

Ennek igen fontos következménye, hogy a kéndioxid elnyelődése és savvá alakulása nem történhet vég nélkül. Egy idő után a keletkezett ionok (H^+ és SO_3^{2-}) gátat szabnak a további elnyelődésnek azáltal, hogy a csepp körül megnövekszik a kéndioxid-gáz koncentrációja.

Az elnyelt kéndioxid végül SO_3^{2-} -ionná, majd SO_4^{2-} -ionná alakul át. Ez az oldatcseppben többféle módon végbemehet.

A legegyszerűbb út az oldott molekuláris oxigénnel való reakció. Ez az átalakulás azonban az oldatcseppekre jellemző pH-értékeknél elég lassú. Az oxidációt meggyorsíthatja néhány, a légkörben, illetve a légköri aeroszol részecskében kb. ng/m^3 nagyságrendű koncentrációban megtalálható fémion, amelyek ilyen igen kis mennyiségben is kifejthetik hatásukat.

A légkörben levő ózon viszont általános légköri feltételek esetén, pH=5 értéknél, mintegy nyolcvanszor gyorsabban képes a HSO_3^- iont oxidálni, mint a molekuláris oxigén, tehát az oxidációs folyamat vizsgálatában ezt a lehetőséget is figyelembe kell venni.

A kéndioxid még a felhőcseppekben való oldódás előtt SO_3 -dá oxidálódhat. Az SO_2 ugyanis a napfény hatására, a 0,29-0,40 μm -es hullámhosszúságú sugárzást elnyelve, gerjesztett állapotba kerül és az oxigénnel fotokémiai reakcióba lép. Az ennek eredményeképpen keletkező kéntrioxid a vízgőzzel azonnal egyesül és kénsavat hoz létre.

A levegőben nem csupán savas anyagok vannak, hanem bázikusak is előfordulnak. Legfontosabb ezek közül az ammónia, amely a cseppekben szintén elnyelődik, és mint erős bázis részben semlegesíti a felhő- és csapadékcseppek savasságát. A savasság csökkenése miatt azonban a kéndioxid további elnyelődését is elősegíti.

Az ammónián kívül más semlegesítő hatású bázikus anyagok (pl. a talajeredetű, és a szél által a légkörbe vitt CaCO_3 részecskék) is bekerülhetnek a csapadékvízbe.

A légköri nitrogén-oxidok is elnyelődhetnek a cseppekben, HNO_2 -t, illetve HNO_3 -at képezve, de a légköri megfigyelések szerint a csapadékvíz HNO_3 és NO_3^- tartalma inkább salétromsavgőz és nitrát tartalmú részecskék elnyelődéséből adódik.

A savas eső káros hatása a természet valamennyi kémiai egyensúlyának eltolódásában jelentkezik. Ez nem csupán az élettelen dolgokra, hanem az élő szervezetekre is vonatkozik, hiszen a biológiai folyamatok nagy része érzékeny a pH-változásra.

Ezáltal nem csupán a műemlékek és épületek pusztulnak, és a fémtárgyak korrodálódnak fokozottabban, hanem az életközösségek is károsodnak.

Ezek a hatások általában nem közvetlenül, hanem közvetett módon jelentenek veszélyt. Bizonyos közegekben (a talajban, vízben, iszapban stb.) megnövekedhet a nehézfémek koncentrációja azáltal, hogy a megváltozott pH következtében az oldódás egyensúlya megbomlik.

Az ivóvíz és az emberi táplálék útján a toxikus fémek az emberi szervezetbe is bekerülhetnek.

A növények is károsodhatnak annak következtében, hogy megváltozik a talaj szerkezete, biológiája és kémiája. Ezek az indirekt hatások általában nem helyi jellegűek, a szennyező forrásoktól több száz km-re is hatnak.

A légkör összetevőinek a hidroszféra felszíni vizeire gyakorolt hatása, vagyis a *víz/levegő határon* lévő, vékony felületi filmben lejátszódó folyamatok szintén jelentős légköri kölcsönhatást jelentenek. Ezek a felszíni vizek valamennyi típusánál határfelületi egyensúlyban, illetve anyagcserében nyilvánulnak meg.

Az atmoszféra széndioxid tartalma a vízfelületeken lejátszódó folyamatok révén a természetes vizek *kémhatását* jelentősen befolyásolja.

Az édesvízű tavak, amelyek Na^+ , Ca^{2+} és HCO_3^- ionokat tartalmaznak, és az atmoszféra széndioxid tartalmával egyensúlyban vannak, a lassan előrehaladó vízpárolgás következtében (CO_2 távozás), kellő víz utánpótlás hiányában, egyre bázikusabbá válhatnak. Ha a töményedés folytán a kalcium-karbonát koncentrációja eléri az oldhatósági szorzatot (25°C -on $L=10^{-8}$) szilárd formában kalcit, vagy metastabilis aragonit válik ki. A rendszer ezt követően erős puffer tulajdonságot mutat. Mivel a Na^+ ionok oldatban maradnak, végül ún. *szódatavak* keletkezhetnek.

A tengervíz pH-jának értékét szintén a légkör széndioxid tartalma, és az oldott karbonátok közötti egyensúlyok tartják a pH=7,8-8,2 közötti, viszonylag szűk sávban, bizonyos pufferhatást biztosítva a tengervíznek is.

A hidroszféra *oxigénmérlegét* a légkörből kiinduló anyagtranszport, valamint a biológiai rendszerek működésével kapcsolatos fotoszintézis és légzési folyamatok kölcsönhatása szabályozza.

A felszíni vizek *redoxi tulajdonságát* általában az oldott oxigén koncentrációja határozza meg. Az oxigén hiányos régiókban redukáló körülmények alakulhatnak ki, amelynek hatására bekövetkezhet a fémeknek az üledékből történő kimosódása is.

5.3.2. A földkéreg és a víz öv kölcsönhatásai

A földkéreg a vele érintkező víz összetételét egyrészt a felszín alatti vizek és a tároló kőzet között lejátszódó folyamatok által tudja lényegesen megváltoztatni, másrészt hatással van a felszíni vizek minőségére is a csapadékvizek felszíni elvezetése és a talajon történő átszivárgása révén.

A hidroszférával való kölcsönhatás során a kőzetek átalakulása - a szilárd anyag felaprózódását eredményező *fizikai és kémiai mállási* folyamatokban - megy végbe.

A kőzetekben különböző okok miatt (hőhatás, nyomásváltozás, oldódás stb.) kialakult repedéseket, üregeket részben, vagy egészen víz töltheti ki. A hőmérséklet 0°C alá süllyedésével ez a víz a kőzet külső felületétől befelé haladva fagy meg, miközben térfogata mintegy 9%-kal megnő, s eközben igen nagy nyomást gyakorol a kőzetre. A kőzetek *fizikai mállását*, aprózódását leginkább a hőmérséklet 0°C körüli ingadozása okozza, mivel az ismétlődő 9%-os térfogat-növekedés hatására létrejövő nyomás növekedés feszítő ereje (ami a kőzetek átlagos keménységét messze meghaladó mértékű lehet) a repedéseket egyre nagyobbra tágíthatja.

Az aprózásban lényeges szerepe van még a mozgó víz mechanikai hatásának, valamint a kapillárisokban végbemenő sókristály kiválásnak. A felületről elpárolgó víz miatt a hajszálrepedésekben maradó vizes oldat egyre töményebb lesz, míg nem telítetté válik, s elkezdődik a benne oldott sók kristályosodása. Ennek során mérsékelt repesztő nyomóerő hat a kőzetre, vagy éppen szilárdságát növeli a sók kristályosodása.

A *kémiai mállás* több egyszerű kémiai folyamatot foglal magában, amelynek hatótényezői a víz, illetve a levegő reaktív komponensei (CO₂, O₂). Ezen kémiai reakcióknak a talajképződés folyamata mellett a természetes vizek összetételét befolyásoló hatásuk is van.

A karsztvizek (ld. 5.2.5. fejezet) kémiai összetevőit például a karbonát-kőzetekben végbemenő kémiai mállás oldási folyamatai eredményezik. A felszínről a karszt belsejébe áramló víz a legnagyobb *oldó hatást* útja első szakaszán, a leszálló övben fejt ki. A víz a levegőből és a talajból szén-dioxidot vesz fel, ezáltal oldóképessége megsokszorozódik. A különböző karbonátos kőzetek ugyanis tiszta vízben gyakorlatilag nem oldódnak (XXXIV. táblázat), a CO₂-tartalmú víz azonban hidrogénkarbonátok képződése közben ezeket is oldani tudja (XXXV. táblázat).

XXXIV. táblázat Karbonátsók (kőzetek) oldódása tiszta vízben

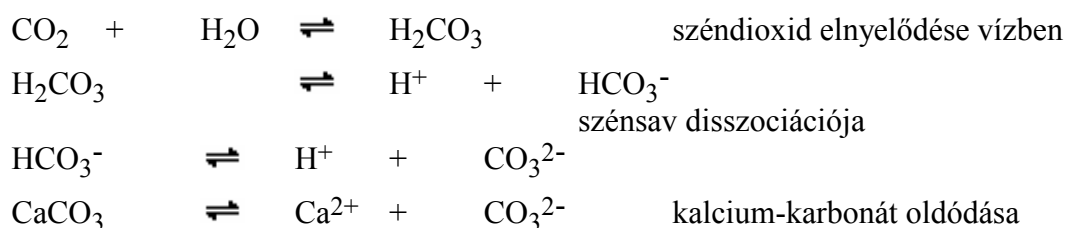
		hőfok °C	oldott mennyiség mg/dm ³ víz
aragonit	CaCO ₃	25	1,53
kalcit	CaCO ₃	25	1,4
dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	18	32
magnezit	MgCO ₃	20	10,6

XXXV. táblázat A víz CaCO₃ oldóképessége a vele egyensúlyban levő levegő CO₂ tartalmától és a közeg pH-jától függően 20 °C-on

levegő CO ₂ tartalma tf%	0,03	0,33	1,6	4,3	10
az oldat pH-ja	8,3	7,6	7,1	6,9	6,7
oldott CaCO ₃ mg/dm ³	52	117	201	287	390

Az oldás körülményei is befolyásolják annak intenzitását. Fontos, hogy milyen hőmérsékleten milyen szennyezettségű kőzetet old az enyhén savas víz, s mekkora az általa elérhető kőzetfelszín. A tiszta mészkövek intenzívebben oldódnak, mint a sok szilikátos részt tartalmazó mészkövek.

Összességében egyensúlyi reakciók soráról van szó e folyamat esetén, amely különböző ion-koncentrációknál és hőmérsékleteknél különbözőképpen játszódik le.



A reakciósor lényeges elemei a CO₂ molekulák, amelyek a légkörben kisebb, a talajlevegőben viszont nagyobb koncentrációban vannak jelen, és amelyeket a talajnedvesség az adott hőmérséklethez és nyomáshoz tartozó telítettségi határig tartalmazhat.

A lefelé szivárgó szénsavas víz a repedéseket oldással tágítja (korrózió). A kiszélesedő repedéseket a felszínről bemosott hordalékok csiszoló munkája tovább bővíti (mechanikai erózió), a kőzettest belsejében zsombolyok, barlangok alakulnak ki. A barlangokban a széndioxid eltávozásával a víz kalcium-karbonát megtartó képessége lecsökken (a reakciósor az alsó nyílak irányába tolódik el), cseppkő és édesvízi mészkő képződmények jöhetnek létre.

A bányavizek elsavanyodását pedig elsősorban a vas(II)vegyületeket és a szulfidokat érintő *oxidatív mállási folyamatok* eredményezik, amelyek oxigén és víz jelenlétében mennek végbe. A vas-szulfidok (pl. markazit, FeS₂) mállása során mind a vas, mind a kén oxidálódik:



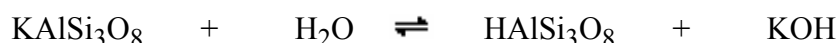
Ennek során erősen savas közeg alakul ki, amelynek pH-ját más vas(II)vegyületek oxidációja csökkentheti:



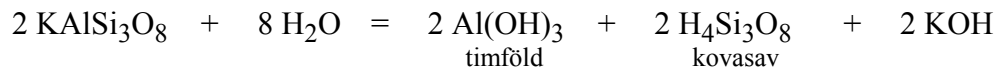
és a keletkező vas(III)ionok további hidrolízis folytán Fe(OH)₃, vagy Fe₂O₃ összetételű csapadékot képeznek.

Talajképződés szempontjából a víz részvételével lejátszódó *kémiai mállási folyamatok* közül a szilikátok *hidrolízis* hatására bekövetkező mállása a legfontosabb, mivel a földkéreg felépítésében ezek az ásványok uralkodnak, de a felszín alatti vizek összetételét kevésbé befolyásolják ezek a folyamatok.

A *hidrolízist* mintegy előkészítik az aprózódási folyamatok, amelyek eredményeként a kőzetben repedések, homorú terek jönnek létre, ezáltal megkönnyítik a víznek a kőzetalkotó ásványokkal való kapcsolatát. A földpátok (pl. ortoklász KAlSi₃O₈) hidrolízise során a hidratált határfelületi kationokat a H⁺-ionok kiszorítják:



E folyamat hatására szétesik a kristályrács, amelyből kovásv-molekulák és alumínium-ionok is kilépnek, majd a víz OH-ionjaival összekapcsolódnak. A keletkező alkáli- és földalkáli fémhidroxidok és a szabad kovásv a talajoldatba mennek.



A közeg pH-jától függően a SiO₂ és Al₂O₃ elkülönülhet egymástól, de össze is kapcsolódhatnak más arányban. Az így keletkezett agyagásványok (kaolinit, vagy montmorillonit) nagyon stabilak, további mállási folyamatokkal szemben igen ellenállóak.

A földkéregben levő víz zöme az alkotó kőzetek, ásványok szemcséit veszi körül, vagy az ezek között levő hézagokat tölti ki. A pórusokban és csatornáknak a víz transzportja a földkéreg összetételétől, illetve szerkezetétől függ (homok/márga/agyag arány).

A szemcsés talajok (kavics, homok) és a repedezett, hasadozott kőzetek a vizet rendszerint könnyen felveszik és nagy mennyiségben tárolják, másrészt viszont ugyanilyen könnyen le is adják. Bennük a víz mélyrehatóbb változást nem okoz. Az ilyen jó vízáteresztő képességű és jó vízleadó kőzetek a természetes víztárolók.

A szerkezetes talajok a vizet nehezen veszik fel és nehezen adják le. Az agyagfélék vízfelvételkor duzzadnak, leadáskor zsugorodnak.

A víz a földkéregben ritkán van nyugalomban, rendszerint meghatározott irányban szivárog, vagy áramlik, amelynek sebessége a talaj és a kőzetek vízáteresztő képességétől és a lejtés szögétől függ. Az áramlás irányát a mélyebb vízszintű természetes és mesterséges megcsapolási pontok, tehát a források és kutak helye szabja meg.

A források a vízzáró és vízáteresztő rétegek egymáshoz viszonyított helyzete, valamint a felszínre lépés helye alapján *leszálló*, *átbukó* és *felszálló* típusúak lehetnek.

Leszálló forrásról akkor beszélünk, ha a forrás vízgyűjtő területén a vízzáró réteg és a forrást tápláló víztömeg is a forrás kilépési pontja fölött helyezkedik el.

Átbukó forrás keletkezik, ha a vízgyűjtő terület vízzáró rétege a felszínre lépési pontnál mélyebben, viszont a tápláló víz felszíne annál magasabban helyezkedik el.

Felszállónak nevezzük azokat a *forrásokat*, ahol a kilépési hely magasabban van, mint a tápláló víz szintje. A víz felemelkedését többnyire hidrosztatikus nyomás okozza, de ehhez gyakran a vízben oldott gázok felhajtó ereje is hozzájárul. A felszálló vizek pályáit rendszerint vetővonalak jelentik, illetve rétegyűrődés is okozhatja az ilyen források kialakulását. Az összetört karszt területen különösen gyakoriak a felszálló vetőforrások, s vizük a mélységi eredet miatt többnyire langyos, vagy meleg (pl. a Hévízi-tó forrása).

A források típusa a *működés jellege szerint* állandó, vagy időszakos lehet. A talaj-, vagy rétegvizekből táplálkozó *állandó források* vízhozama többnyire csekély (néhány liter/s) és kis mértékben ingadozó. A karsztforrások viszont gyakran igen bővizűek, de a maximális és minimális vízhozam között nagy a különbség (pl. aggteleki Jósva forrás maximális vízbősége a 7,5 m³/s-ot is elérheti).

Az *időszakos források* működése periodikusan ismétlődő (intermittáló) és szabálytalan időközökben kiújuló (epizodikus) típusú lehet. Az *intermittáló források* szakaszosságát számos körülmény szabályozhatja. Elsősorban karsztos területeken gyakoriak. Ezek általában a szifon jellegű üreg- és járatrendszerekben felhalmozódó karsztvíz periodikus kiürülésekor működnek (pl. Orfű melletti Sárkánylik).

A *gejzírek* is az intermittáló források kategóriájába tartoznak. Működésük azon alapszik, hogy a forró vizet a föld mélyéből a felszínre vezető csatornában egy elzáró, hidegvíz dugó (szifon) található, amely nem tud úgy felmelegedni, mint a mélyebben fekvő víztömeg. Ahogy a gejzír alsó része egyre jobban felmelegszik, a zárt tér hatására megnő a gőznyomás, s amint a hidegebb vízoszlop tömegét meg tudja mozdítani, az egész üregből a felszínre tör a forró víz. Ezután újra lezárul a csatornarendszer, s amíg a nyomás újból meg nem nő a kellő mértékben, a gejzír nem "működik". Ebből adódik a periodicitás.

Az *epizodikus források* működésére általában extrém körülmények között kerül sor. Hosszabb nedves időszak hatására pl. a talaj-, vagy karsztvízszint annyira megemelkedhet, hogy az egyébként száraz forrásnyílásokból is vízfolyás indulhat meg.

A *vízmozgás* igen eltérő a karsztos járatokban és a porózus kőzetekben. A karsztok belsejében nem ritka a néhány száz m/óra sebességű áramlás, ezért a csapadék- és a hóolvadék-víz sokkal gyorsabban hat a karsztvízszintre, mint pl. a talajvízére. Mivel a víztömeg föld alatti átfutási ideje lerövidül, kisebb a lehetősége az öntisztulásra. A porózus kőzetek szűrő hatása is elmarad. Mindezek miatt a karsztvíz igen érzékeny a felszíni szennyező hatásokra.

A karszt repedésrendszereit részben kitöltő és benne áramló karsztvíz vagy átszivárog más víztartóba, vagy a karsztvidékek peremén karsztforrásokban bukkan a felszínre. A bővizű természetes karsztforrások az adott földrajzi terület vízellátásában is döntő jelentőségűek lehetnek (pl. Pécsen a Tettye, Miskolcon a Szinva forrásai), hiszen a karsztvidék üreg- és járatrendszerei rendszerint nagy víztömegeket tartalmaznak. Az ivóvízellátás céljából kiemelt vízmennyiség nem veszélyezteti a vízháztartás egyensúlyát. E mellett azonban sokszor a bányászat is megköveteli a mesterséges vízkiemelést, mert bizonyos ásványkincsek (pl. kőszén és bauxit telepek) a karsztvízszint alatt találhatóak, és csak annak süllyesztésével termelhetők ki.

A csupán gazdasági (bányászati) szempontokat figyelembe vevő nagyfokú vízkiemelés igen veszélyes lehet, az ökológiai egyensúly tartós felbomlásához vezethet, súlyos környezeti károsodást okozhat, mint pl. a bakonyi bauxitbányák esetén. Itt az 1980-as évek második felében a vízkiemelés olyan nagyfokú volt ($283 \text{ m}^3/\text{perc} \approx 4,7 \text{ m}^3/\text{s} \approx 400000 \text{ m}^3/\text{nap}$), hogy a karsztvíz szintje veszélyes mértékben megsüllyedt, a terület karsztos forrásainak vízhozama jelentősen lecsökkent (pl. a Hévízi-tó forrása 800 liter/s-ról 300 alá esett). Ennek következtében a Hévízi-tó érezhetően lehűlt, ami a tavi növényzet pusztulását okozta és a gyógyfürdő létét is veszélyeztette. A nyirádi vízkivételt korlátozó intézkedések (1990) után egy évvel már érzékelhetők voltak az egyensúly visszaállásának első biztató jelei.

A felszín felépítő anyagok szigetelő hatása miatt a felszíni *hőmérséklet-ingadozás* a talajban a mélység felé haladva csökken. A napi hőingás - az anyagi minőségtől függően - legfeljebb egy, az évi esetleg 20 m-ig érezhető. A víz hőmérséklete ezért az ún. neutrális zónában már lényegileg változatlan, és értéke az adott hely évi középhőmérsékletével egyezik meg (Budapesten 19,6 m mélyen az évi ingadozás már csak $0,01^\circ\text{C}$)

Kis mélységből származó vizek esetében tehát "normál" körülmények között az évi középhőmérséklettel megegyező vízhőfok várható. Ha a víz ennél melegebb, akkor valamilyen plusz energiához jutott, *termálvíznek*, illetve *hévíznek* minősül.

A mélyebben fekvő vizek magasabb hőmérséklete a geotermikus gradiens következménye. Ahol annak lépcsői az átlagnál ($33 \text{ m}/1^\circ\text{C}$) kisebbek, már kis mélységből is viszonylag meleg víz nyerhető. A Kárpát-medence, illetve az Alföld lemeztectonikai okok miatt ilyen terület, s a feltárt rétegvizek jelentős hőenergiát hordoznak. A magas hőmérsékletű mélységi

vizek, főleg ha jelentős ásványanyag-tartalmuk is van, gyakorta gyógyhatásúak. Felszínre jutásuk helyén világszerte híres gyógyfürdők alakultak ki.

A gyógyvizek gyógyító hatása attól függ, hogy milyen ásványi anyagok, illetve kationok és anionok vannak bennük túlsúlyban, esetleg milyen oldott gázokat tartalmaznak, mennyi a természetes hőfokuk, illetve radioaktívak-e.

A jól ismert budai hévforrások a főváros alatt elterülő, repedésekkel, üregekkel átszótt, dolomitban elhelyezkedő, közös medencéből táplálkoznak. A dolomitban felgyülemlett víz felveszi a kőzet saját melegét, és két nagyobb csoportban a Gellért-hegy és a József-hegy alatt tör elő, a Gellért-hegytől Békásmegyerig húzódó kb. 10 km hosszú törésvonalon. Alapösszetételük azonos, ionjaik között a kalcium-, magnézium- és hidrokarbonát ionok vannak túlsúlyban.

Az összes gyógyvíz - összetétele és ezzel összefüggő hatása szerint - az alábbi csoportokba osztható (XXXVI. táblázat)

XXXVI. táblázat A gyógyvizek összetétele

gyógyvíz típusa	főbb ható ionok		forrás helye (neve)
alkális (lúgos)	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Bükkszék, Balf
földes-meszes	Ca ²⁺ , Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Kékkút, Balf, Harkány
glaubersós	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Jászkarajenő (Mira)
keserűsós	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Budai keserűvizek (Mira, Apenta)
konyhasós	Na ⁺	Cl ⁻	Máriakút, Kolopi
jódos, sós	Na ⁺	Cl ⁻ , I ⁻	Sóshartyán (Jódaqua) Hajdúszoboszló, Eger (Dobó forrás)
vasas	Fe ²⁺	HCO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻	Görömbölytapolca Csopak, Sikonda
arzénos	As ³⁺		Parád
szénsavas (savanyúvizek)	H ₂ CO ₃		Szeged (Anna forrás) Fonyód, Harkány
kénes	H ₂ S	CO ₂ S ²⁻	Balf, Harkány Bp (Lukács)
radioaktív			Hajdúszoboszló Hévíz Bp (Rudas Juventus)

A földkéreggel való kölcsönhatás során végbemenő oldási és más vegyi folyamatoktól függően a különböző kőzetekben a víz tehát többé-kevésbé híg oldattá változik, s egyúttal savas, vagy lúgos jelleget is kaphat. A természeti folyamatokban való részvétele jelentős mértékben ezen tulajdonságaitól függ, és kemizmusa a társadalmi hasznosíthatóságát is befolyásolja.

5.3.3. *A víz biológiai szerepe*

A növények, az állatok és az ember léte a hidroszféra, litoszféra és atmoszféra vékony, burokszerű érintkezési övezetéhez, a *bioszférához* kapcsolódik. Az élőlények számára a hidroszféra nélkülözhetetlen közeg. Nem csupán az élővilág kialakulásában volt fontos szerepe, hanem a folyamatos fennmaradásában is.

A természetes vizek két jellegzetesen eltérő összetételű csoportja - a sós-, vagy tengervíz és az édesvíz - alapvetően más élettani hatással van az élőlényekre.

A vízi növények és állatok számára a sós tengervíz és a felszíni édesvizek más-más életteret biztosítanak. Élőviláguk rendkívül változatos, törvényszerűségeivel a *hidrobiológia* foglalkozik.

Az *édesvízi növények* fejlődése és élete szempontjából nem annyira a felvehető víz mennyisége, hanem annak kémiai minősége a döntő, hiszen a vízi növények nemcsak a gyökereken, hanem a szárazon és leveleken keresztül is felvehetnek vizet. Élettevékenységükhöz különböző ionok jelenléte szükséges.

Minél változatosabb életfeltételeket nyújt egy tó, vagy folyó, annál változatosabb az élővilága. Ha viszont szélsőségesek az életfeltételei, fajokban szegényebb lesz, de azok egyedszáma emelkedik. Természetesen nemcsak a tóvíz tulajdonságai meghatározóak az élővilágra, hanem a tavi élet is visszahat arra, így függőségük kölcsönös. Ha egy tóban a feltételek (hőmérséklet, oxigén, tápanyagok stb.) megfelelőek, akkor ott az élet mindjobban elburjánzik, ami viszont egy idő után az életfeltételek romlásához vezet (csökkenő tápanyagmennyiség, bomlástermékek túlzott növekedése).

A *harmonikus tavakban* a vízi élet és a feltételek legalább közelítő egyensúlyban vannak. Ezek közül az *oligotróf tavak* tápanyagban szegény, kevés szerves anyagot termelő állóvizek. Rendszerint mélyek, a szervesanyag-termelés szűk parti sávra koncentrálódik. A tó vizének oxigén-ellátottsága még a nyári stagnáló periódusban is bőséges és az egyes rétegekben egyenletes. E tavak vize kékes, vagy zöldes színű, és általában átlátszó.

Az *eutróf tavakban* a tápanyag-ellátottság bőséges, a szervesanyag-termelés nagy. A fenékre kerülő elhalt szervezetek bomlása, valamint a bemosódó humusz jelentős oxigénmennyiséget fogyaszt, így az oxigén-ellátottság romlik. A nyári stabil hőmérsékleti rétegződés idején csak a felszíni réteg jut a levegőből oxigén-utánpótláshoz, a hőmérsékleti rétegződéshez hasonlóan oxigén-rétegződés alakul ki.

Az *eutrofizáció* természetes folyamatát lényegesen felgyorsíthatják a társadalmi hatások (szennyvizek tóba vezetése, műtrágyák bemosódása). Különösen a foszfátok és a nitrátok növelik a szervesanyag-termelést (algásodás, hínárosodás). Az erősen algásodott tavak felsőbb zónájában oxigén-túltelítettség is kialakulhat, aminek ugyancsak számos kedvezőtlen hatása van. A folyamat előrehaladásával egyre inkább fogy a víz oxigéntartalma, s a bomló anyagokból az élőlényekre mérgező hatású vegyületek (pl. H₂S) is kialakulnak. A többnyire zavaros (zöldessárga, esetleg szürkés) vizű, rendszerint nem túl mély tavakban ezért a vízi élet egy bizonyos ponton csökkenni kezd, és a tó *diszharmonikussá* válik.

A vizek kémiai összetétele a *tengerek élővilága* szempontjából különösen jelentős. A tengervizek jellemző növényei és növényegyütteseik alkalmazkodtak a víz összetételéhez. A tengerekben sokkal több állatfaj található, mint az édesvizekben. Főleg a trópusi vidékek sekély tengerei tűnnek ki a bennük élő állatok faj- és formagazdagságával. A mélység növekedésével és a hőmérséklet csökkenésével a változatosság egyre csökken. A tenger vízmozgásához mind a növények, mind az állatok alkalmazkodtak (növények cserje és bokor alakja).

Az édes- és sós vizetek élővilágát meghatározó fizikai tényezők közül igen fontos a *hőmérséklet* és a *fény*. Így a sarki térségek állandóan hideg vizében a hidegkedvelő fajok szaporodtak el, míg a mérsékelt égöv alatti édesvizetek élőlényei viszonylag nagy hőingadozást viselnek el. Élőviláguk elsősorban nyáron gazdag, ősszel általános leromlás következik be (főképpen a fejletlenebb szervezetek és a növényvilág szempontjából). A vizetek hőmérséklete más fontos tényezőt is befolyásol, pl. az oxigén-tartalmat és a viszkozitás mértékét, ami a lebegő, planktonikus szervezetekre nézve döntő jelentőségű.

A több fényt biztosító felső vízrétegek növény- és állatvilága mindig gazdagabb, mint a mélyebb rétegeké, amelyekbe kevesebb fény jut. A tengervízben a növények számára a fény a legfontosabb fizikai tényező, amely hatással van a vízhőmérsékletre, a kémiai reakciók sebességére, a szervesanyag termelésére.

A vízre jutó fényenergia egy része visszaverődik, a többi elnyelődik és részben hővé alakul, részben szétszóródik. A fény különböző hullámhosszúságú részei eltérően viselkednek. Legelőször a vörös fény nyelődik el, mintegy 10 - 30 m mélységben a tiszta vízben, ebben a zónában a zöld moszatok dominálnak. Mélyebben, a kék fény övében, a barnamoszatok, a zöld fény régiójában pedig a vörös algák az uralkodó növények. A növényi plankton fogyasztó és az ezekre ráépülő állati élelemlánc-hálózat gazdagsága ezért szorosan összefügg a fényviszonyokkal.

Az évszakok megvilágítási eltéréseitől függ az a legnagyobb mélység, ameddig a színes algák élhetnek. Általában 200 m-nél mélyebben már megszűnik a fotoszintézis. A teljes sötétségben, a nagy hidegben, a 80 - 100 MPa-ig terjedő nyomáson csak a baktériumoknak és gombáknak megfelelőek az életlehetőségek. A mélytengeri állatvilágot is befolyásolják a hőmérsékleti viszonyok (4000 m mélységben már csak 1,8°C a hőmérséklet), de a legnagyobb mélységekben is élnek állatok (ragadozók, illetve hullaevők), körükben gyakori a világítóképeség is.

Az édesvizetek *élettani szerepe* nem merül ki a vízi élővilág életterének biztosításában, hanem a szárazföldi élőlények számára is nélkülözhetetlen. A növényi és az állati szervezetekben fiziológiai funkciója sokszorosán összetett:

- fenntartja a sejtek feszes állapotát (turgornyomás)
- oldószer a tápanyagok számára
- szállítóközeg a szervezeten belüli anyagforgalomban
- hűtőanyag a párologtatás révén
- végül táplálóanyag az élő szervezetek számára.

A *növényi élet* összes külső tényezői között a legnagyobb jelentőségű a víz, mind az egyes növény életében, mind a növénytakaró kialakulásában. A növény vízegyensúlyának fenntartása, a duzzadtság biztosítása a növényi élet feltétele. A növényi test víz-ellátása három folyamattól függ: a víz felvételétől, szállításától és leadásától. A víz-ellátás szabályozására (különösen a párologás csökkentésére) külső, felületi és belső berendezések alakultak ki a növényi szervezetben.

A víz oldja a talaj különböző sóit, a növényi tápanyagokat, és ezzel felvehetővé teszi azokat. Nem csupán oldószere a tápanyagoknak, hanem szállítója is.

A *szárazföldi növények* a vizet elsősorban a talajból veszik fel gyökereiken keresztül. Ez a növény számára akkor a legkönnyebb, ha a víz a talajrészecskék közötti hézagokban, kapillárisokban mozgásképes állapotban van. A gyökerek növekedési irányát a talaj nedvessége és levegőtartalma befolyásolja. Ahhoz, hogy a növény a talajból megfelelő mennyiségű vizet tudjon felvenni, megfelelő talajszellőztetés is szükséges. Ha a talajból a kapilláris víz elfogy, a vízfelvétel a növény számára nagyon megnehezül. Igen nagy szívóerő szükséges ugyanis ahhoz, hogy a gyökér a talajrészecskékhez erősen tapadó vizet fel tudja

venni. A vizet főleg a fiatal, vékony, finom gyökerek szívják fel, de a növény hajtásain keresztül is felvehet vizet, illetve a benne oldott tápanyagokat is. A gyökérszövet által felvett víz fokozatosan vándorol a levelek és a hajtás felé, ahol részben a fotoszintézisben vesz részt, részben pedig elpárolog.

A növények évezredek alatt alkalmazkodtak környezetük éghajlatához és vízviszonyaihoz. Vannak állandóan nedves környezetben élő növények, amelyeknek tulajdonképpen nincs is vízháztartásuk. Vannak mérsékelt nedves területen élők, amelyeknek kisebb-nagyobb szárazságot is el kell viselniük, és végül vannak a száraz, aszályos, sivatagos vidékek növényei.

A víz hiányának növényélettani hatása abban nyilvánul meg, hogy a vízhiány következtében nő a sejtek felmelegedése, fokozódik a légzés és az anyaglebontás, csökken a CO₂ felvétel, végül is csökken az asszimiláció és a termés.

Az állati és az emberi szervezetnek is fontos alkotórésze a víz. Részben szabad állapotban - főleg testfolyadékokban - van a víz a szervezetben, részben, mint kötött, hidratációs víz, kolloidális anyagokhoz kötve. A protoplazmában és a testfolyadékokban a víz - mint oldószer, és - mint a kémiai reakciók közege jelentős, a belső anyagforgalom szállító anyaga és alkotórésze a mirigyváladékoknak is.

Az ember és az állatok szervezete, valamint a külvilág között a víz állandó körforgásban van. Normális életműködés nem lehetséges a szervezetek víztartalmának szabályozása nélkül, ami viszont csak a *vízfelvétel és vízleadás egyensúlyán* keresztül valósulhat meg. Az ember és a szárazföldi állatok táplálkozással és ivással vesznek fel vizet. A felesleget párologtatással és kiválasztással távolítják el. A vízforgalomban fontos szerepe van a légzés során felszabaduló víznek is.

A testfelület párolgása a külső vízforgalom mellett a *hőszabályozásban* is nagy jelentőségű, mivel a víznek a bőrön keresztül történő elpárologtatása nagy mennyiségű hő leadásával jár együtt.

Ha az egészséges szervezetbe túl kevés víz jut, az ásványi és különböző szerves anyagok eltávolítása megnehezedik, mivel a *vízforgalom* szoros kapcsolatban van az ásványianyag-forgalommal. A szervezet ásványianyag-forgalma viszont kedvezően befolyásolható különböző gyógyvizek kúraszerű alkalmazásával.

A *gyógyvizekben* oldott ásványok, sók és gázok a szervezet minden sejtjére hatással vannak, megváltoztatják az ásványianyag összetételt és hiányokat szüntetnek meg. A felvett ásványi alkotórészek részt vesznek a legkülönbözőbb fermentatív és katalitikus reakciókban, befolyásolják a szervek működését.

A *gyógyvíz hatását* a benne oldott számos ion hatásának összegződése szabja meg. Eszerint négy csoportba oszthatók:

- a sejtek ionösszetételét befolyásoló vizek (alkális, földalkális, konyhasós)
- ozmotikus sajátságokkal ható vizek (keserű, glaubersós)
- katalizáló, anyagcsere fokozó, élénkítő és stimuláló vizek (vasas, kénes, jódos)
- sugárenergia útján ható radioaktív és rádium-sós vizek.

A gyógyvizek, valamint a gyógyfürdők élettani szerepe, hatásai és a gyógyászati alkalmazás lehetőségei - amelyek külön fejezetet alkotnak a víz biológiai kölcsönhatását illetően - már a *hidroterápia* tárgykörébe tartoznak.

5.3.4. Társadalmi hatások

Az emberi társadalom vízfelhasználása (lakossági, mezőgazdasági és ipari) egyre nagyobb mértékű. A rendelkezésre álló *édesvíz mennyisége* azonban *korlátozott*, a hidroszférának elenyésző része hozzáférhető az emberi fogyasztás számára.

Nem csupán az emberek személyes fogyasztása nőtt meg jelentősen, hanem a mezőgazdaság és az ipar is sokszorta több vizet használ a fokozott termelés igényei miatt (öntöző-, hűtő- és mosóvízként, valamint ipari segédanyagként).

A biológiai létünkhöz elengedhetetlen és gazdasági tevékenységünk csaknem valamennyi ágazatában nélkülözhetetlen édesvízzel tehát körültekintően *gazdálkodni* szükséges. Az édesvízkészlet forrása elsősorban a csapadék, amely globális méretekben állandó mennyiségűnek tekinthető, és növelésére egyelőre nincs lehetőség. A hozzáférhető, hasznos vízkészletek egyes régiókban már nem elégítik ki a vízigényeket.

A természet *vízháztartásának* és a társadalom *vízszükségletének* optimális *összehangolása* csak tervszerű, tudományos, műszaki, gazdasági és igazgatási tevékenységgel, korszerű *vízgazdálkodással* történhet. Ehhez komoly szakismeretre, jó technikai felkészültségre van szükség. A vízgazdálkodásnak két nagyon fontos feladatot kell megoldania. Ki kell elégítenie az emberek közvetlen vízigényét, a mezőgazdaságot és az ipart elegendő mennyiségű és megfelelő minőségű vízzel kell ellátnia. Ugyanakkor gondoskodnia kell a szennyvizek elvezetéséről, a vízkészletek természetes tisztaságának megóvásáról.

A vízgazdálkodás csak úgy lehet eredményes, ha nagy térségekre, egy-egy vízgyűjtő területre terjed ki, és egyszerre többféle feladatot is megold. Az egyes országok vízgazdálkodása szorosan összefügg a vele szomszédos országokéval. Különösen érvényes ez hazánkban, hiszen vizeink túlnyomó része határainkon túlról érkezik.

A nagy vízigényű gyárak a környezetükben levő felszíni és felszín alatti vizekből nem tudják szükségletüket kielégíteni. A szennyezett vizet ezért megtisztítják és újból felhasználják. Ezt az eljárást víz-visszaforgatásnak nevezik, és elsősorban a hűtővíz-ellátásban alkalmazzák, mivel ezek a vizek csak hővel szennyezettek. A felmelegedett víz hűtőtornyokban aránylag egyszerűen lehűthető. A különböző technológiai folyamatok során azonban a víz igen sokféle anyaggal is szennyeződik.

A természetes vizek *szennyeződését* főleg az ipari üzemek okozzák, de nem lebecsülendő az a veszély sem, amit a mezőgazdaság nagyfokú gépesítése, kemizálása, a koncentrált állattartás jelent. Egyre nagyobb nehézségeket okoznak a háztartási szennyvizek is, amelyek különböző szintetikus mosó- és mosogatószeret tartalmaznak. A gépkocsik üzemanyag feltöltésénél, karbantartásánál, üzemelésénél mindig elfolyik több-kevesebb benzin, vagy olaj, amely különösen a nagyvárosok területén szennyezi a felszíni és felszín alatti vizeket.

A természet a maga módján *védekezik* a szennyeződés ellen. A természetes vizekben élő alsóbbrendű szervezetek, főként a baktériumok, a vízbe került szerves szennyező anyagokat elbontják, ásványi sókká alakítják. Fontos szerepe van ezekben a folyamatokban a vízben oldott oxigénnek és a napfény UV sugárzásának is. Az iparból és a mezőgazdaságból azonban olyan anyagok is kerülhetnek a vizekbe, amelyek azok öntisztulását gátolják, élőviláguk kipusztulását okozhatják.

A természetes úton létrejövő anyagok biokémiai úton elbomlanak, s ezzel a körforgásban való ismételt részvételük lehetővé válik. Ezzel ellentétben a *társadalom révén* nagy mennyiségben a környezetbe kerülő kemikáliák, természetidegen anyagok, az ökológiai rendszerben feldúsulnak, *szennyező anyagként* a természetes vizek öntisztuló képességét meghaladó terhelést idéznek elő. Az ökológiai rendszer által elviselhető koncentrációtartomány felett pedig káros anyaggá válik. A *káros anyagokat* jellemző hatásuk szerint a következő csoportokba sorolhatjuk:

- *mérgező anyagok* zavarják, vagy megakadályozzák az anyagcsere-folyamatokat, az enzimek blokkolása-, vagy a biológiai membránok megtámadása révén
- *teratogén anyagok* az embrionális fejlődést károsítják, az utódoknál születési hibák lépnek fel
- *mutagén anyagok* az öröklődési információk irreverzibilis megváltozása
- *rákkeltő anyagok* a genetikai rendszer megváltozása következtében karcinogén megbetegedések lépnek fel.

A bioszféra egyes övezetei között zajló állandó anyagcsere és ezáltal az egyes régiók összekapcsolódása következtében a káros, szennyező anyagok több szférában fejtik ki hatásukat. A hatás szempontjából azonban az atmoszféra, hidroszféra és pedoszféra más-más jellemző sajátossággal bír.

5.3.4.1. A hidroszféra szennyező anyagai és hatásuk

A vízszennyező anyagok - amelyek a természetes víz minőségét úgy változtatják meg, hogy ezáltal emberi használatra és a bennük zajló természetes életfolyamatok fenntartására való alkalmasságuk csökken, vagy megszűnik - igen sokfélék lehetnek.

A fizikai szennyezők közül a **kolloidok** és a **finom szemcsésű anyagok** a szennyvizek zavarosságát okozzák.. Hatásuk elsősorban a napfény bejutásának akadályozásában nyilvánul meg, zavarják az öntisztulást, mert csökkentik a fotoszintézist és esztétikailag is károsítják a felszíni vizeket.

A **hőszennyezés** elsősorban hőerőművekből és hűtővizet használó ipari üzemekből származik. A hőmérséklet változása megváltoztatja az oldott gázok koncentrációját, valamint a vízben végbemenő biokémiai reakciókat.

Különösen a növekvő hőmérsékletre bekövetkező oxigén-koncentráció csökkenés veszélyes az élővizekre. Az édesvízi élő szervezetek életközösségének normális faji összetétele 30-32°C-ig tartható fenn. Az egy-egy fajt érő káros hőhatás nem marad elszigetelt, mivel a tápláléklánc dinamikus egyensúlyának megbomlásához vezethet, így közvetve más fajokra is hatással lehet.

A hőmérséklet a toxikus szennyező anyagok hatását is módosítja: általában a hőmérséklet emelkedésével fokozódik a toxikus hatás.

A felületi feszültséget csökkentő **tenzidek**, illetve **detergens**ek, vízben jól oldódó felületaktív anyagok, elősegítik a habképződést. Ezen tulajdonságuk révén számos ipari folyamatban (mosás, emulgeálás, diszpergálás, flotálás, habképzés, tapadás elősegítése stb.) és a háztartásban alkalmazást nyernek. A felhasznált mosó- és tisztító-szerek a *tenzid hatóanyagok* pl. alkil-benzol-szulfonátok: $R-C_6H_4-SO_3^-Na^+$; alkán-szulfonátok: $R-SO_3^-Na^+$; alkán-karboxilátok: $R-COO^-Na^+$; alkil-szulfátok: $R-O-SO_3^-Na^+$; zsírsav-polietilén-glikol-észterek: $R-COO(CH_2CH_2O)_nH$; zsíralkohol-polietilén-glikoléterek: $R-O(CH_2CH_2O)_nH$ /ahol $R > C_8$, $n = 6-50$ / és alkil-ammónium-sók

mellett *komplekképzőket* (pl. trifoszfát, zeolit, nitrilo-triacetát, EDTE), *fehérítő adalékot* (peroxo-borátok), *korróziós inhibitor* és *stabilizátort* (Na^+ és Mg^{2+} -szilikát), segédanyagot (derítőket, lágyítókat), illatosító adalékot, *enzimeket* és *töltőanyagot* (Na_2SO_4) is tartalmaznak.

A tenzidek szennyvízzel való kijutása gyakorlatilag elkerülhetetlen, mivel az alkalmazás folyamán nem használódnak el teljes mennyiségben.

A víz felületi feszültségének csökkentése és a habképződés számos élőlény számára végzetes. A hab káros hatása egyrészt abban nyilvánul meg, hogy csökkenti a víz és a légkör közötti gázcserét, másrészt megakadályozza a fény bejutását a vízbe, gátolja a fotoszintézist.

A tenzidek hatalmas méretekben történő felhasználása miatt egyre erőteljesebb az a törekvés, hogy biológiailag gyorsan lebomló detergenseket fejlesszenek ki.

A **radioaktív anyagok** a biológiai rendszerekre a levegőn, vízen és talajon keresztül egyaránt befolyást gyakorolhatnak. Hatásuk lényege az ionizáló sugárzás (α , β és γ), amely az életfontosságú molekulák egyes kötéseit felhasítják, s ezzel mutációt, öröklődési hibát, vagy karcinogén megbetegedést váltanak ki. Nagyobb dózisban halált okoznak.

A szennyező radioaktív anyagok fő forrásai a légköri atomrobbantások, az atomreaktorok, hasadó anyagok előkészítése és feldolgozása.

A természetes vizekben a *kémiai szennyező anyagok* nagy mennyisége található, amelyek molekulárisan, vagy kolloidálisan oldott állapotban, illetve nagyobb, szuszpendált részecskéként fordulnak elő.

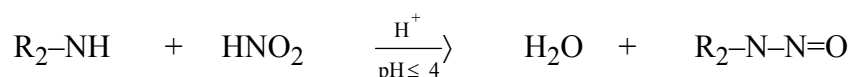
A **szervetlen tápanyagok** (foszfátok, ammónium-sók, karbamid, nitrátok és kálium-sók) a természetes vizekbe jutva azok eutrofizációját okozzák, ami a biológiai egyensúly megbomlásához vezet.

Ezt a folyamatot a **foszfát** tartalmú mosószerek nagy mennyiségben való használata jelentősen felerősíti.

A **mútrágyaként** alkalmazott nitrogén-vegyületek egyik legfontosabb jellemzője nagy vízoldhatóságuk, amely a felszíni vizek és a talajvíz szennyeződése szempontjából kitüntetett figyelmet érdemel. A felhasznált műtrágyák mennyisége és a növények által felvett hányad ugyanis nem azonos, ezért a tápanyag nagy része a talajból kilúgozódva az élővizet terheli.

Különösen a nitrát-ion jut jelentős mennyiségben a felszíni vizekbe. A **karbamid** és az **ammónium-vegyületek** enzimkatalizált reakciók láncolatán át alakul nitráttá az élővizekben. Jelentősen csökkentve annak oldott oxigén-tartalmát, tartós oxigén hiányt idézve elő. Ezzel párhuzamosan az ivóvíz **nitrát** (NO_3^-) tartalma is megnövekszik, ami a csecsemőkre jelent halálos veszélyt, mivel szervezetükben nem működik még a detoxikáló rendszer. A nitrátból a gyomorban és a bélcsatornában lejátszódó mikrobiológiai reakció során **nitrit** (NO_2^-) keletkezik, ami a hemoglobint - oxigén megkötésére és szállítására már nem alkalmas - methemoglobinná oxidálja.

Ugyancsak veszélyes, hogy a **nitrit** gyengén savas közegben a szekunder aminokat és amidokat **nitrozaminokká** alakítja át, amelyek karcinogén, mutagén és teratogén hatást mutatnak:



A **fémek** a hidroszférában oldott ionként, vagy szilárd részecske (oldhatatlan vegyület) formájában található, valamint a vízi üledékekben és a biomasszában fordulnak elő. Az édesvizek és a tengervíz **nehézfém**-tartalma biológiai úton nem távolítható el, csupán transzportja és kiülepedése következhet be. A természetes vizek növekvő fémkoncentrációja lehetőséget teremt ahhoz, hogy a fémek a táplálékláncban feldúsuljanak. Néhány fém növényi, vagy állati táplálék formájában az emberre már olyan koncentrációban is kedvezőtlen hatást gyakorol, ami a növények növekedését kimutathatóan nem befolyásolja.

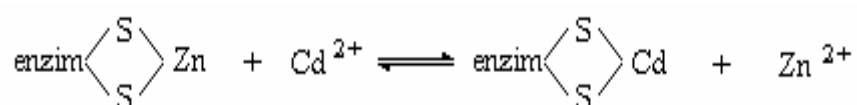
A mérgező hatású tipikus nehézfémeknek kb. 10%-a található ionos formában a felszíni vizekben, de komplexképzők jelenléte esetén ez a hányad lényegesen nagyobb lehet. A

folyadékfázis és az üledék között az egyensúly beállítását a pH- és a hőmérséklet változása befolyásolja, a nagy áramlási sebesség késlelteti.

Az **arzén-vegyületek**et erős mérgező hatásuk miatt rovarölő- és növényvédő szerként már hosszú idő óta alkalmazzák. Az As(III) toxikus hatása azzal magyarázható, hogy a tiolcsoportokat tartalmazó enzimeket irreverzibilisen blokkolja.

Az **ólom-vegyületek** zöme az emberi tevékenység révén kerül az atmoszférába, ahonnan ülepedési folyamatok során jut a természetes vizekbe. A hidroszférában hidratált Pb(II)-ion, oldható komplexek és szuszpendált, vagy adszorbeálódott ólomvegyületek formájában van jelen. Mérgező hatást inkább a légköri szennyezés, valamint a növényzetben való feldúsulás okoz, illetve korábban az ólomedények használata.

A bányavizekből eredő, növényi táplálékkal felvett **kadmium-vegyületek** Japánban tömeges mérgezést okoztak. Mérgező hatásukat azáltal fejtik ki, hogy a létfontosságú cinktartalmú enzimekből a cink-iont kiszorítják, így az enzimet dezaktiválják:



A vízi élőlényekben jelentős mértékben felhalmozódhatnak a mikrobiológiai folyamatok során képződött **metil-higany-vegyületek**. Ezek toxicitása igen nagy. Az elmúlt évtizedekben súlyos mérgezést okoztak a táplálékláncban koncentrált higany-vegyületek.

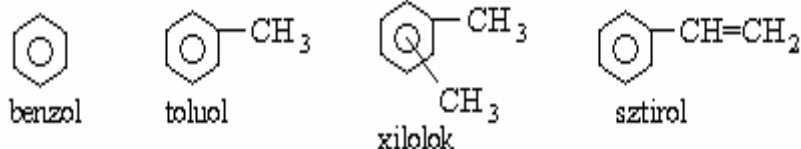
A felszíni vizekben gyakorlatilag valamennyi fémre az egyedi részecskefajták sokasága jellemző, amelyek mozgási sebessége, biológiai felvehetősége és ökológiai hatása gyakran igen jelentősen eltér.

A különféle vegyipari technológiák során nagy mennyiségben kerülnek a hidroszférába különböző **savak**, amelyek szintén toxikus sajátosságúak, és a természetes vizekben növelik az oldott fémionok koncentrációját. Ezen kívül felszabadíthatnak más, speciális mérgező anyagokat is (pl. H₂S, HCN). Károsító hatásukat a felszíni vizek pufferkapacitásuk révén mérsékelhetik.

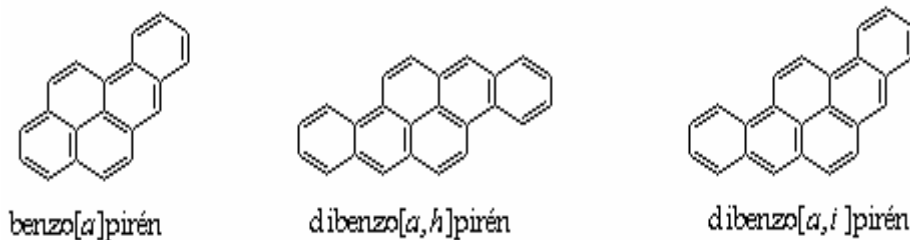
A vízben található valamennyi **szerves anyag** potenciális oxigénfogyasztónak tekinthető, mivel az élővíz redoxi viszonyai között nem stabilisak. Ezen vegyületek oxidatív átalakulása, lebomlása azonban - amelyet rendszerint mikroorganizmusok katalizálnak -, oly mértékig gátolt lehet, hogy a vízben való tartózkodási idejük nagyon hosszú.

Az **alifás és cikloalifás szénhidrogének**, mint az ásványolaj alkotói, nagy mennyiségben szennyezik a felszíni vizeket. Az olajszennyezés káros hatásának lényege, hogy a víz felületén emulziós réteg képződik, amelyből szilárd és folyékony szénhidrogén aggregátumok csapódnak ki. A víz-levegő határfelület hidrofóbbá válik és a hidroszféra-atmoszféra közti gázcsere megszűnik. Az alkánok és cikloalkánok biológiai lebomlásának idejét a szénlánc szerkezete határozza meg: az elágazás nélküli, közepesen hosszú szénláncú vegyületeket a mikroorganizmusok gyorsan oxidálják. A nagy oktánszámú motorhajtó anyagok (elágazó szénláncú szénhidrogének) biológiai lebomlása viszont nagyon lassú.

A kis molekulatömegű **aromás szénhidrogének** a vizet kellemetlen ízűvé és szagúvá változtatják. A felszíni vizekben több, mint 100 féle benzolszármazékot azonosítottak. Mérgező, karcinogén és mutagén hatásúak, károsítják az idegrendszert.

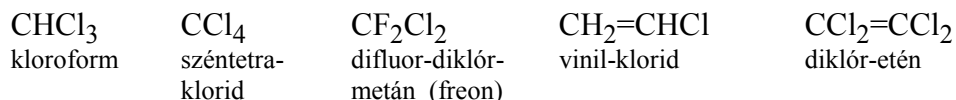


Policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) a felszíni vizekben nagy területen széteszlanak, mivel a kolloidális szemcsék adszorbeálják, vagy a felületaktív anyagok oldatba viszik őket. Zsírokban jól oldódnak, így a szövetekben feldúsulnak. Karcinogén hatásukat a DNS nukleofil komponenseivel (guaninnal) való reakciókészségük idézi elő.



A **halogén tartalmú** szerves vegyületek közül a klórozott C₁- és C₂-szénhidrogének, poliklór-bifenilek (PCB), klór tartalmú peszticidek, klórozott fenolok, és a rendkívül mérgező poliklór-dibenzo-dioxinok (PCDD) és poliklór-dibenzo-furánok (PCDF) jelentenek veszélyes szennyezést a hidroszférában.

A kismolekulájú halogénezett szerves vegyületekkel történő szennyeződés oka, hogy azok oldószerként használatosak, vagy polimerek alapanyagai:

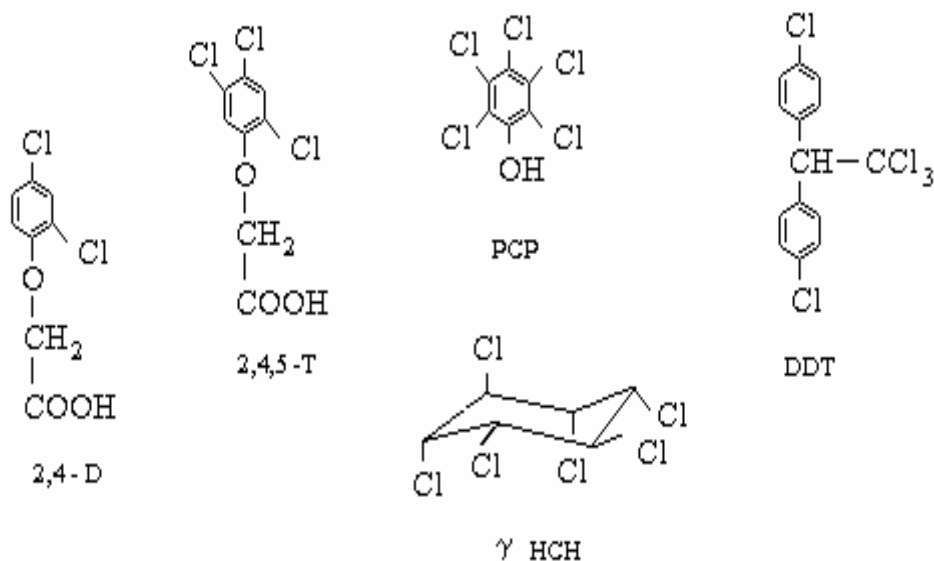


A humuszanyagokkal reagálva az ivóvizek csíramentesítésére használt klór is triklórmetán képződéséhez vezet. Lebomlásuk a hidroszférában mikrobiológiai úton megy végbe.

A **polihalogénezett bifenileknek** (szigetelő- és hűtőközeg, lágyító) kémiai és termikus stabilitásuk nagy, ami rendkívül hosszú tartózkodási időt biztosít számukra a bioszférában. Toxicitásuk nem jelentős, de a szervezetben felhalmozódva károsodást okoznak.

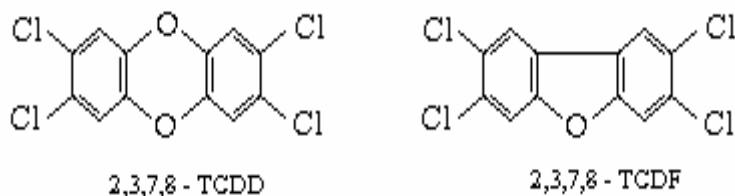
A mezőgazdasági kártevők ellen egyre növekvő mennyiségben használt **peszticidek** között is megtalálhatók a klór-tartalmú szerves vegyületek, amelyek az élővizekbe jutva veszélyeztetik a vízi élővilágot. Ezen vegyületekre jellemző, hogy a C-Cl kötések számának növekedésével a lebomlásuk egyre hosszabb idő után kezdődik meg.

Legismertebb képviselőik a gyomirtóként használt 2,4,5-triklór-fenoxi-ecetsav (2,4,5-T), a fungicid pentaklór-fenol (PCP) és a rovarölő DDT és γ -hexaklór-ciklohexán (HCH):



Mivel a poli-klór származékok biológiai hatása nem teljesen felderített, és a melegvérűek zsírszöveteiben felhalmozódnak, használatuk egyre inkább háttérbe szorul.

A szerves poli-klór vegyületek között rendkívüli mérgező hatásukkal tűnnek ki a **dioxin-származékok** (PCDD) és a **dibenzo-furánok** (TCDF), amelyek a természetben nem fordulnak elő és biológiailag nem lebonthatók. Közülük is a négy klóratomot tartalmazó tetraklór-dibenzo-p-dioxinok a legjelentősebb izomerek.



Dioxinok keletkezhetnek különböző eredetű hulladékok (kommunális-, kórházi- és veszélyes hulladékok, szennyvíziszapok) égetése során, valamint szennyező anyagként előfordulhatnak poliklórozott fenolokban és bifenilekben, valamint ezek származékaiban. Így a gyomirtó és gombaölő hatású növény- és fávédőszer gyártása és felhasználása, vagy megsemmisítése során keletkező ipari hulladékok is tartalmazhatnak kisebb mennyiséget.

Elsősorban a zsírszövetekben raktározódnak, de kiválasztódnak a tejjel, és átjutnak a placentán is. A TCDD vegyületek már napi 1-2 $\mu\text{g}/\text{testsúly kg}$ bevitele esetén is irreverzibilis máj-, ideg- és immunrendszer károsodást okoznak, továbbá teratogén és karcinogén elváltozásokat okoznak, és a reprodukciós készség csökkenését idézik elő.

A klórszármazékok mellett növényvédő- és rovarölőszerként számos más vegyületcsoport is ismert. Pl. az igen változatos összetételű, inszekticid hatású szerves **foszforsav-származékok**, amelyek a szervezetben folyamatosan képződő, és az idegrendszer működéséhez nélkülözhetetlen acetil-kolin bontását végző enzim irreverzibilis bénításával fejtik ki hatásukat; vagy a **ditiokarbamátok**: erős fungicid hatású növényvédőszer, amelyek cinket (Zineb), mangánt (Maneb) és vasat (Ferbam) tartalmaznak. Állatokban viszonylag gyenge mérgek, de nagy dózisban görcs lép fel. Emberbe főleg tüdőn át jut be, légúti- és bőr-gyulladást okoz, amit szédülés, hányás kísér.

Tekintettel arra, hogy a különböző mértékben toxikus peszticidek mozgása és eloszlása is eltérő a környezetben, illetve hatóanyaguk és lebomlási termékeik felhalmozódnak a vízi üledékben, a talajban és a táplálékláncban, egyre nagyobb jelentőségű a természetes eredetű (biopeszticid) anyagok felhasználása a kártevők elleni védekezésben. Fontos továbbá, hogy pl. a dohány, bársonyvirág, krizantém, stb. rovarölő hatóanyagainak biológiai lebomlása a természet által megoldott.

A felszíni és a mélységi vizek az előzőekben megismert kémiai szennyező anyagokon kívül még nagyon sokféle **speciális szerves és szervesetlen komponenst** is tartalmazhatnak, amelyek a különböző gyártási technológiák során kerülnek az élővizekbe. Ezek veszélyessége nagyon eltérő lehet, de összességükben jelentős hatásuk van a vízi élővilágra.

A *biológiai vízszennyezők* közül nagyon veszélyesek a természetes vizekben a **vírusok**, mivel rendkívül ellenállóak, és a hagyományos tisztítási módszerekkel nem távolíthatók el. A **patogén baktériumok** pedig veszélyes járványokat (vérhas, tífusz, kolera) okozhatnak.

6. VÍZMINŐSÉG - VÍZMINŐSÍTÉS

6.1. VÍZMINŐSÉG

A *vízminőség* a víz fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak összessége. Ezek között megkülönböztethetjük az emberi beavatkozás nélküli, vagyis a természeti körforgás során kialakult vízminőséget, és a víz társadalmi körforgása során kialakuló vízminőséget, amikor a természetes jellemzőkhöz hozzáadódik egy mesterséges környezeti hatás, a vízszennyezés (ld. 5.3.4.1. fejezet).

A *víz minőségének meghatározása* a víz szakszerű mintázásából, a vízmennyiség méréséből, valamint a helyszíni és laboratóriumi fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai vizsgálatok elvégzéséből áll. Ezen feladatok elvégzésének helyét, gyakoriságát, kivitelezésének módját a vonatkozó szabványok rögzítik, vagy útmutatót adnak az eljárás lefolytatásához.

6.1.1. *Mintavétel*

A helyes mintavétel fontos és elengedhetetlen előfeltétele annak, hogy a kapott vizsgálati eredmények pontosak, valamint a gyakorlatban alkalmazhatók legyenek.

A vízminták vételekor a legfontosabb alapelvek:

- az elemzésre vett vízminta pontosan képviselje a mintavételi hely viszonyait;
- a mintavételt, a tárolást, a szállítást és a minták kezelését úgy kell végrehajtani, hogy a meghatározandó komponensekben semmiféle változás ne következhesen be, a víz jellemző tulajdonságai ne módosuljanak;
- a minta mennyisége elegendő legyen és megfeleljen az alkalmazott elemzési módszereknek.

Célszerű külön mintákat használni a kémiai, a mikrobiológiai és a biológiai analízisekhez, ugyanis a minta vételekor és kezelésekor alkalmazott eljárások és felszerelések különbözőek.

A mintavétel technikája a speciális helyzeteknek megfelelően változik. A mintavételi programok tervezésekor a jelenleg érvényben levő **MSz ISO 5667-1** előírásait alkalmazzuk.

6.1.1.1. *A mintavételi hely kiválasztása*

A mintavételi helyet az elemzés céljának szem előtt tartásával és a mintavételi terep gondos vizsgálata után kell kiválasztani. Ennek során feltétlenül figyelembe kell venni minden olyan körülményt, amely bármilyen szempontból befolyásolhatja a vízminta összetételét.

A felszíni vizeknél mindenkor gondosan tanulmányozzuk a környezetet. Ez a körülmény főleg a mintavételi hely feletti hozzáfolyásokra és a vízfolyás vízgyűjtő medencéjében található szennyező forrásokra vonatkozik. A mintavételi hely kijelölése előtt néhány alkalommal összehasonlító mintákat kell venni az **MSz ISO 5667-2** szabvány előírásai szerint.

A *folyami mintavételi helyeket* könnyen azonosíthatjuk a folyóparton lévő ismertető jelek segítségével. Természetes torkolatoknál és partszakaszokon a mintavétel helyét könnyen azonosítható, rögzített tárgyakra is vonatkoztathatjuk. Ha hajóból végzik a mintavételt, akkor

műszeres módszerekkel kell a mintavétel helyét meghatározni. Térképen lévő vonatkoztatási pontok, vagy más standard módszerek egyaránt jól alkalmazhatók erre a célra.

Folyók és patakok esetén a mintavételi helyet úgy kell kiválasztani, hogy az ott vett minták reprezentatívak legyenek. Előnyös az olyan fontosabb helyek kijelölése, ahol a vízminőség feltehetően megváltozhat, vagy ahol fontos vízkivételi helyek vannak (a bukógátak, korlátozott hatású helyi szennyvíz bevezetések kerülendők). Olyan mintavételi helyeket célszerű kiválasztani, ahol az áramlási adatokat ismerjük.

Ha a mintavétel a *szennyvíz bevezetések hatásának* megfigyelésére irányul, akkor a bevezetés felett és alatt is kell mintavételt végezni, de ilyenkor mérlegelni kell a szennyvíznek a befogadó vízbeli elkeveredését és ennek a folyás irányában vett vízmintákra kifejtett hatását. A folyóra kifejtett hatás felmérése érdekében a folyás irányában megfelelő távolságra kiterjedően kell mintát venni.

A hazai felszíni vizek minőségének nyomonkövetésére országos törzshálózat biztosítja a vízmintákat. Az **MSz 12749** szabvány 1. táblázata rögzíti 150 folyami és tavi mintavételi helyen (pontos megnevezés, illetve folyam km megadása) szükséges mintavétel gyakoriságát és a vizsgálandó jellemzők adatait.

Felszín alatti vizek esetén a vízminták ahhoz szükségesek, hogy az adott felhasználásra való alkalmasságot kiderítsük. Ehhez a mintákat az üzemelő vízkivételi helynél kell venni, bár ezek esetleg nem reprezentálják a vízáadó réteg vizének általános minőségét. Ha a vízáadó réteg vízminőségének *előzetes megállapítása* céljából végezzük a mintavételt, akkor a kiválasztott mélységekig külön furatot, vagy elkülönített mintavételi csöveket kell kiképezni.

Hálózatba kerülő ivóvíz mintavételi helyét úgy kell kiválasztani, hogy lehetőség legyen a maradék fertőtlenítőszer kimutatására, még mielőtt veszteség lépne fel. A mintavételi hely rendszerint egy csap, amelyet közvetlenül a főnyomó vezetékre szerelnek fel. Ezen nem szabad semmilyen csatlakozásnak lennie, és alkalmasnak kell lenni lánggal végzett sterilizálásra is.

Ipari létesítményekbe általában vízhálózaton keresztül lép be a víz és nem kell számolni különleges mintavételi körülményekkel. A létesítmény tervezésekor, a technológiai folyamat igényei szerint kell kijelölni a mintavételi helyeket. Az üzemi mintavételi helyeket úgy kell kialakítani, hogy a minta a vizsgált technológiai művelet hatására megváltozott jellemzőket reprezentálja.

A *kibocsátott ipari szennyvizek* általában csővezetékeken, vagy nyitott csatornákon hagyják el az ipari létesítményeket, ahol a csatlakozási helyek megközelítése fizikailag is nehéz és gyakran nem lehetséges. Ipari létesítmény kibocsátott szennyvize kommunális szennyvizet is tartalmazhat. Ekkor a mintavételi helyet úgy kell megválasztani, hogy az ilyen szennyező anyagok is benne legyenek a mintában. Ipari szennyvizeknél a mintavétel helyét csak akkor szabad tehát kiválasztani, ha előzetesen megismerkedtünk a termelési technológiával, tanulmányoztuk milyen módon használják a vizet a szóban forgó üzemben, miképpen helyezkednek el az egyes üzemszerek, milyen a szennyvíz hálózata, csatornázási rendszere.

Tisztítóművek esetén egyaránt szükséges lehet, hogy mintát vegyünk a belépő nyers szennyvízből, a kezelés különböző fázisában lévő szennyvízből, illetve a kezelt szennyvízből. A mintavételi helyek kiválasztása a folyamat minden egyes fázisában nagy gondosságot igényel, mivel az összetétel időben igen nagy mértékben változhat. Mielőtt kijelölnénk egy

mintavételi helyet, előzetes vizsgálati programmal fel kell deríteni ezeket a változásokat, és a nyert információk alapján kell a rutinszerű mintavételhez a mintavételi helyeket kijelölni.

Szennyvízkezelő rendszerek esetén a nyers szennyvíz mintavételi helyét úgy válasszuk ki, hogy tekintettel legyünk a recirkuláltatott szennyvíz jelenlétére is. Ideális esetben két mintát kell venni: egyik a szennyvíztisztító teljes terhelését mutassa, a másik pedig a recirkuláltatott szennyvíz nélkül, a valódi külső terhelést reprezentálja.

6.1.1.2. A mintavétel fajtái

Különbséget kell tenni állóvízből és az áramló vízből végzett mintavétel között. Mindkét víztípus esetében vehetünk pontmintát és átlagmintát. Periodikus mintavétel és folyamatos mintavétel áramló vizek esetében alkalmazható, a sorozatminta-vétel pedig inkább állóvizek esetében alkalmazandó.

A *pontmintát* úgy kapjuk, ha a teljes vízmennyiséget egy ponton egyszerre vesszük. Minden ilyen minta csak az adott időpontban és a mintavétel helyére vonatkoztatva jellemzi a vízminőséget. Akkor célszerű pontmintákat venni:

- ha a vízfolyás nem egynemű;
- ha a vizsgálandó paraméter értéke nem állandó;
- ha az átlagminta alkalmazása elfedné az egyes minták közötti különbséget a közöttük végbemenő reakció eredményeképpen.

Pontmintákat ajánlatos akkor is venni, ha a szennyezés lehetőségét vizsgáljuk, vagy ha annak mértékét kívánjuk felmérni, illetve ha szennyezőanyagok jelenlétének időpontját határozzuk meg. Pontmintákat vehetünk egy kiterjedtebb mintavételi program részleteinek kialakításához is.

Az *átlagmintát* úgy kapjuk, hogy több, ugyanazon helyről, meghatározott időközönként vett pontmintákat összeöntjük., vagy a folyamatosan vett mintákat egyesítjük. Átlagmintákat manuálisan, vagy automatikusan egyaránt vehetünk, függetlenül a mintavétel típusától (áramlás, idő, térfogat és helyfüggő). Az átlagminták az átlagos összetételre szolgáltatnak adatokat. Ebből következik, hogy mielőtt a mintákat egyesítenénk, meg kell bizonyosodni arról, hogy valóban ilyen adatra van-e szükségünk, és hogy a vizsgálandó paraméterek a mintavétel időtartama alatt valóban nem változnak szignifikánsan.

Időfüggő átlagminta készítésnél a pontmintákból azonos mennyiséget, és annyit keverünk össze, hogy a minta végső mennyisége elegendő legyen az összes elemzéshez. Ez a módszer összehasonlító elemzésnél akkor helyes, ha valamennyi vizsgálati hely azonos értékű, vagy a vízhozamok állandóak.

Vízhozam-változás esetén különböző mennyiségű mintákat keverünk össze, úgy hogy azok térfogatai a vízhozam-változásokkal arányosak legyenek - *áramlásfüggő átlagminta*. Az áramlással arányosan vett minták a víz fő tömegének átlagos vízminőségét reprezentálják. Ha az áramlási sebesség és az összetétel egyaránt változik, akkor az áramlási sebességgel arányosan vett mintákkal olyan változások jelezhetők, amelyeket pontminták alkalmazásával nem tudnánk érzékelni. Ennek az a feltétele, hogy megfelelő számú egyedi minta álljon rendelkezésre az összetételben bekövetkező változások megkülönböztetésére. Tehát megállapítható, hogy áramló vízből végzett mintavételkor ez a legpontosabb módszer, ha az áramlás sebessége és a vizsgált szennyezőanyag koncentrációja is jelentékeny mértékben változik.

Egyszeri mintavétel esetén a kijelölt helyen csupán egyetlen esetben veszünk pontmintát, és ennek eredményét értékeljük. Általában ezt a módszert csak olyan esetben használjuk, amikor egy vizsgálat eredménye elegendő ahhoz, hogy jellemezzük a vízminőséget. Így vízminőségi alapadatok mérésénél és a vízminőségben beálló változások felderítésénél alkalmazható.

Tekintettel arra, hogy a vízminőség a legtöbb esetben helytől és időtől függően változik, az egyszeri mintavétel rendszerint nem elegendő, ekkor *periodikus vizsgálatot* kell végezni. A sorozatos mintavétel történhet egy adott víztest, adott helyén különböző mélységből - ezek a *mélységi profilminták*, illetve adott víztest különböző helyein azonos mélységből - ezek a *területi profilminták*. Ilyen mintavételt alkalmaznak pl. a folyóvizek esetén a hossz-szelvény vizsgálata során, a szennyezőanyagok levonulási, illetve a folyó tisztulási viszonyainak tanulmányozására.

Ezekhez a vizsgálatokhoz a mintákat olyan gyakran kell venni, hogy azok hitelesen reprezentálják a minőséget és annak változását. A minőség ellenőrzésére, vagy a minőség jellemzésére irányuló mintavételek és a szennyező forrás azonosítására szolgáló vizsgálatok más-más *mintavételi programot* igényelnek.

A *minőség ellenőrzés* során egy vagy több jellemző koncentrációját ellenőrzik. Az eredményeket az azonnali beavatkozás szükségességének eldöntésére használják fel.

A *minőség jellemzési programok* célja egy vagy több statisztikai paraméter meghatározása, amely egy adott időtartam alatt a koncentrációt, vagy annak változását, illetve mindkettőt jellemzi. Így a mérések átlaga az átlagos összetételt, a szórás pedig a változékonyságot jellemzi. Az eredmények képezhetik egy kutatási program részét is.

A *szennyeződés okainak vizsgálatára* irányuló program az ismeretlen eredetű szennyezés jellegének meghatározására szolgál. Általában a szennyező anyagok fajtájának és jellemzőinek ismeretén, valamint a szennyeződés megjelenésének és a mintavétel periodicitásának egybeesésén alapul, ami szükségessé teszi a mintavétel nagy gyakoriságát.

6.1.1.3. *Mintavételi felszerelések*

A vízminőség értékeléséhez a vízből meghatározandó kémiai anyagok koncentrációja a nyomnyi mennyiségtől a jelentős töménységekig változhat. A mintavételi felszerelésnek és tároló edénynek meg kell őriznie a minta eredeti összetételét ilyen szélsőséges arányok mellett is. Leggyakrabban a következő problémákkal találkozunk:

- a vizsgálandó anyag adszorpciója a minta-vevő, vagy a -tároló edény falára;
- a mintavevő, vagy a -tároló edény nem megfelelően végzett tisztításából eredő szennyeződés;
- a minta szennyeződése a mintavevő, vagy a mintatároló edény anyagától.

A mintavételre és mintatárolásra használt edény kiválasztásánál fontos, hogy - a megfelelő méret, alak, és tömeg mellett - könnyen zárható és nyitható, ütésálló legyen, álljon ellen extrém hőmérsékletnek, valamint szempont még a beszerezhetősége, az elfogadható ára, és egyszerűen tisztítható, könnyen újrafelhasználható legyen.

A mintavételre és -tárolásra alkalmas edények kiválasztásakor a következő meghatározó követelményeket is figyelembe kell venni (különösen akkor, ha a vizsgálandó anyag nyomnyi mennyiségben van jelen):

- a) Minimális legyen a vízminta szennyeződése olyan anyagoktól, amelyekből a tároló edény, vagy annak dugója készült. Például az üvegből (különösen a lágy üvegből) különböző szervesetlen anyagok oldódhatnak ki. Műanyagokból és

elasztomerekből (vinil műanyagból készült zárókupakok, neoprén borítások) fémek és szerves vegyületek egyaránt beoldódhatnak a mintába.

- b) A tárolóedény fala alkalmas legyen tisztításra, és olyan kezelésre, amelynek során lecsökkenthető a felület nehézfém, vagy radioaktív szennyeződése.
- c) A tárolóedénynek kémiaiilag és biológiailag inert anyagból kell lennie, hogy elkerülhető, vagy minimális mértékű legyen a minta és az edény közötti reakció lehetősége.
- d) A minta tárolására használt edény szintén okozhat a meghatározandó anyag adszorpciójából származó hibát is. Nyomnyi mennyiségű fémek, illetve detergensok, peszticidek és foszfátok esetében egyaránt számolni kell ilyen hibákkal.

Automatikus mintavétel esetében mintavételi vezetéken keresztül megy végbe a minta továbbítása a folyamatos analizátorokba, vagy a megfigyelő készülékekbe. A tartózkodási időtartam alatt ez a vezeték úgy tekinthető, mint tárolóedény, ezért az előzőekben leírt követelményeknek kell megfelelnie. Ajánlatos az analitikus tanácsait figyelembe venni, amikor kiválasztjuk a mintatartó edényt és a mintavételi felszerelést.

A *természetes vizek* fizikai és kémiai jellemzőinek meghatározásakor végzett szokványos mintavételhez a **polietilén**ből és a **boroszilikátüveg**ből készült tároló edények alkalmasak. Fényre érzékeny vizsgálandó anyagok esetében **fényelnyelő üveg**ből (pl. tejüveg) készült edényeket kell használni a minták tárolására. Egyéb, kémiaiilag ellenállóbb anyagokból (pl. poli-tetrafluor-etilén /PTFE/) készült edényzet alkalmazása előnyösebb, de gyakran a rutinszerű használathoz túlságosan drágák. Magas hőmérsékletű, illetve nagy nyomású minták esetében, vagy nyomnyi mennyiségű szerves anyagok vizsgálatához megfontolandó a **rozsdamentes acél**ből készült edények használata.

A szűk, vagy széles szájú palackokat egyaránt **inert műanyag dugó**val, illetve kupakkal, vagy **csiszolt üvegdugó**val kell ellátni. A szállítóáram tetejét úgy kell megszerkeszteni, hogy megakadályozza a dugók, vagy a kupakok kilazulását, lecsúszását, és a minta kifröccsenését, illetve szennyeződését. Hosszabb tárolási időtartam esetében a mintákat fényátnemeresztő ládákban tároljuk.

A fizikai és kémiai jellemzők meghatározásához alkalmazott mintavételi felszerelés olyan legyen, hogy

- a) minimális legyen a minta és a mintavevő közötti érintkezési időtartam;
- b) anyaga a mintát ne szennyezze;
- c) egyszerű kialakítású, könnyen tisztítható, sima felületű legyen, az áramlást zavaró tényezőktől, pl. görbületektől mentes legyen és lehetőleg csapot, szelepet ne tartalmazzon (minden mintavevőt ellenőrizni kell a hibaforrások kizárására);
- d) a szükséges vízmintával kapcsolatos rendszerkövetelmények megfontolása alapján kerüljön megtervezésre a kialakítása, akár kémiai, akár biológiai, vagy mikrobiológiai célú a mintavétel.

Pontmintákat általában manuális úton vesznek. Felszíni vízmintákat legegyszerűbben vödörrel, vagy széles szájú palackkal vehetünk, amelyet a víztestbe engedünk és onnan a megtelt palackot kiemeljük.

Kiválasztott mélységű pontmintavétel esetén egy nehezzel ellátott, lezárt palackot engedünk a vízterbe. Az előre meghatározott mélységben eltávolítjuk az edény dugóját, amikor a víz beáramlik a palackba, majd kiemeljük a víztérből. Levegő és más gázok hatását figyelembe kell venni, mivel a vizsgálandó paramétert megváltoztathatja (pl. oldott oxigén). Speciális mintavevő palackokkal elkerülhető ez a probléma (pl. légtelenített palack).

A *víztest vertikális profiljának* vizsgálata céljából a rétegzett vizekbe beosztással ellátott üveg, műanyag, vagy rozsdamentes acélból készült, mindkét végén nyitott hengert engedünk le meghatározott vízmélységig. A mintavételi mélységben egy szerkezet segítségével lezárjuk a henger mindkét végét, majd a felszínre emeljük (táv működtetésű mintavevő palack).

Oldott gázok, vagy a levegővel való érintkezéstől megváltozó összetevők vizsgálatára vett minták begyűjtése és analízise speciális problémát jelent. Ekkor szűk szájú palackokat használunk, amelyeket hegyes végű dugóval kell lezárni a levegő adszorpció minimalizálására, és a szállításuk is különleges gondosságot igényel.

Az oldott gázok pontos meghatározására alkalmas minták csak olyan eszközzel vehetők, amelyek a mintát a tárolóedénybe nem levegő-, hanem víz-kiszorítással juttatják.

Ha az oldottgáz-minták gyűjtéséhez szivattyúrendszert alkalmazunk, akkor alapvető fontosságú, hogy a vizet oly módon szívassuk, hogy az alkalmazott nyomás ne csökkenjen lényegesen az atmoszférikus nyomás alá. A mintát közvetlenül a tároló-, vagy a vizsgáló edénybe kell nyomni, melyet legalább háromszoros térfogatú vízmintával kell átöblíteni az analízis megkezdése előtt, vagy az edény lezárása előtt. Ha csapról, vagy szivattyú kimenetéről vesszük a vízmintát, olyan hajlékony, inert csövet célszerű használni, amelyet a palack aljára leengedve lehetővé teszi, hogy a víz a levegőt kiszorítsa a palackból.

Radioaktivitás mérése céljából végzett mintavételhez - a vizsgálat tárgyától és a helyi szabályozástól függően - a kémiai vizsgálatokhoz használt mintavételi technikák és felszerelések többsége alkalmas. A vízmintákat előzetesen detergenssel tisztított és híg salétromsavval kiöblített műanyag edényekbe kell venni.

Nyomnyi mennyiségű *szerves szennyezők* vizsgálatához a mintát üvegedényben kell tárolni, mert gyakorlatilag az összes műanyag zavarja ezeket az igen érzékeny analíziseket. Az edényt üvegből, vagy poli(tetrafluoretilén)-ből készült dugóval kell lezárni.

Mikrobiológiai vizsgálatokhoz a sterilizálás magas hőmérsékletének ellenálló tárolóedényeket kell használni. A sterilizálás, vagy a tárolás során az edényből nem képződhet, vagy nem szabadulhat fel a mikrobiológiai életképességet csökkentő toxikus, vagy a szaporodást serkentő vegyület. A mintákat lezárva és befedve kell tárolni a vizsgálat megkezdéséig a vízminták szennyeződésének megakadályozására.

A mintavételi edények jó minőségű, toxikus anyagtól mentes üvegből, vagy műanyagból készüljenek. A leggyakoribb rutinvizsgálatokhoz 300 cm³-es térfogat általában elegendő. A palackokat csiszolatos üvegdugóval, vagy menetes kupakkal kell ellátni. Ha szükséges, szilikongumi borítású kupakokat alkalmazunk, amelyek az ismételt, 160°C hőmérsékleten végzett sterilizálásnak ellenállnak.

A víz felszínénél lényegesen mélyebbről, pl. tavakból és tározókból végzett mintavétel esetén a pontminta vételnél megismert mélységi mintavevők is alkalmazhatók a vízminták gyűjtésére. Az egész mintavételi felszerelés, beleértve a szivattyúkat és a hozzá kapcsolódó eszközöket, szennyeződés mentes legyen (ezt pl. átöblítéssel lehet biztosítani) és ne szennyezze újabb mikroorganizmusokkal a mintát.

Az *automatizált vízmintavétel*hez megfelelő eszköz kiválasztásának követelményei az **MSz ISO 5667-2** szabvány **A mellékletében** található meg. A felszereléstől megkövetelhető, hogy védett kivitelű, öblíthető, hevíthető, hűthető stb. legyen. A kereskedelmi forgalomban az automata mintavevők időfüggő és térfogatfüggő típusa is rendelkezésre áll.

Az *időfüggő mintavevők* megfelelnek egyedi, átlag- vagy folyamatos minták gyűjtésére, de nem érzékenyek az áramlás változására. A *térfogatfüggő mintavevők* szintén alkalmasak az előző típusú minták gyűjtésére az áramlásban fellépő változások figyelembevétele mellett. A mintavevő kiválasztásakor a vizsgálat célkitűzése szerint kell dönteni. A folyók áramlásmérésére vagy monitorozására alkalmazott *műszeres szondákat* fel lehet használni az automatikus mintavevők működtetésére.

Nyomnyi szennyezők meghatározásához szükség lehet nagy térfogatú (50 litertől több m³-ig terjedő) mintamennyiségre. Ezt a mintát begyűjthetjük a szokásos módon, fokozottan ügyelve a tárolóedény tisztaságára, illetve használhatunk helyszíni dúsításra alkalmas eszközt (ioncserélő- vagy aktív-szenes adszorbenstöltet).

Üledékmintát markoló- vagy kotró-szerkezetekkel vehetünk, amelyeket úgy alakítanak ki, hogy saját súlyuknál fogva (vagy emelőszerkezettel) áthatoljanak a mintavételre kijelölt anyagon. A kialakítástól függően igen különbözően működnek, így pl. rugós, gravitációs vagy pofás típusú *markolók* lehetnek. Aszerint is megkülönböztethetők, hogy milyen alakú és területű mintát képesek markolni. Az *üledékkotrók* kiválasztásánál figyelembe kell venni a lelőhelyet, a vízmozgást, a minta területét és a rendelkezésre álló hajó felszereltségét. *Fúró mintavevőt* akkor alkalmazunk, ha a vizsgált üledék függőleges profilú összetételéről kívánunk információt kapni. Ha a gyűjtött minta mechanikai szilárdsága nem megfelelő, akkor gondosan kell eljárni a minta fúróeszközből való eltávolításakor a hosszanti integritás megőrzése miatt.

A különböző fizikai és kémiai vizsgálatok további, speciális mintavételi, szállítási és tartósítási előírásait a vizsgálati szabványok tartalmazzák.

6.1.2. *Víz mennyiségek mérése*

A vízminőségvédelmi munkáknál elengedhetetlen követelmény a vízmennyiségek, *vízhozamok* ismerete. A vizek minőségi viszonyai nem függetlenek a vízhozamoktól és a vizek szennyezőanyaggal való terhelése mennyiségi adatok nélkül nem határozható meg. Feladataink megoldása során felszíni vizeknél, csatornában, műtárgyakban, vagy csövekből kifolyó víz esetében egyaránt kell méréseket végeznünk. Sok esetben a mintavétellel egyidejűleg kell a vízhozamot meghatározni.

A matematikai modellezési technikák alkalmazása a szennyvizek és a szennyvíz-kezelési eljárások szabályozásában, valamint a természetes vizek minőségfelügyeletében megnövelte az áramlási adatok jelentőségét.

Az áramlásnak három olyan jellemzője van, amelyet mérni kell: az áramlás *iránya*, az áramlás *sebessége* és a *vízhozam*. Ezeknél a méréseknél hivatkozni kell az **ISO/TC 30** (Zárt vezetékben végzett áramlásmérések) és az **ISO/TC 113** (Nyitott csatornában végzett áramlásmérések) című nemzetközi szabványokra.

Az *áramlás iránya* a legtöbb szárazföldi vízfolyás esetében magától értetődő és egyirányú, azonban a hajózható és a szennyvízelvezető csatornák esetében ez nem mindig van így, és az áramlás iránya időben változhat. A talajvíz áramlási irányának ismerete elsődleges

fontossággal bír, ha a vízadó szennyeződésének következményeit akarjuk felderíteni, és a mintavételi furatok helyét akarjuk kiválasztani.

A vízkezelési folyamatok során a tározón belüli *vízmozgás* jellege hatással van a keveredésre és a szuszpendált anyagok kiülepedésére, ezért ezeket figyelembe kell venni akkor, amikor reprezentatív mintát akarunk venni.

Torkolati és parti vizek esetében gyakran szükséges a vízmozgás irányának ismerete a vízmintavételi program alapvető részeként. Az irány és a sebesség egyaránt nagymértékben megváltozhat a meteorológiai viszonyok, vagy más tényezők által befolyásolt ár-apály-áramlások függvényében.

Az *áramlás* pillanatnyi *sebessége* fontos adat a vízhozam kiszámításakor, az átlagos sebesség vagy a haladás időtartamának meghatározásakor, illetve a sebesség által okozott vízkeveredés és turbulencia hatásának felmérésekor.

A *vízhozam* a folyadék térfogatának azon mennyisége, amely egy adott ponton időegység alatt áthalad. A vízhozam átlagos és szélsőértékeinek ismerete alapvető a különböző víztisztító létesítmények tervezéséhez és működtetéséhez, valamint az ésszerű határértékek megállapításához a természetes vízfolyások védelme érdekében.

A vízmennyiség egyszerű meghatározását teszi lehetővé a vízfolyások és állóvizek *vízállási értéke*, vagyis a vízszintjük magassági helyzetének megállapítása. Ez rögzített vízmérce segítségével történik, amelyet a medrekbe épült műtárgyakon helyeznek el. A vízállás értékéből a vízhozam meghatározása ún. *vízhozamgörbék* felhasználásával lehetséges, amelyeket minden szelvényre igen gondos vízhozammérés-sorozatokkal készítenek el. Ezeket a meder átalakulásai miatt időnként (5-10 évente) korrigálni kell.

A felszíni folyamatok vízhozam mérése a víz áramlási sebességének meghatározásával is történhet (vagy a felszínen, vagy a keresztaszelvény több mélységi pontján mérhető).

Az áramlás irányának és sebességének mérésére a következő eszközök alkalmasak:

- a) úszó eszközök,
- b) lebegő és sodródó eszközök,
- c) kémiai nyomjelzők (színezékek),
- d) mikrobiológiai nyomjelzők,
- e) radioaktív nyomjelzők.

Az áramlás sebessége mérhető még áramlásmérőkkel (közvetlen leolvasású és regisztráló mérőkkel), ultrahangos, elektromágneses és pneumatikus technikával.

A vízhozam meghatározása történhet ismert keresztmetszetű csatornában végzett sebességmérés alapján, közvetlenül mechanikai eszközökkel, hitelesített vízmérővel, vízszintmérés alapján az áramlás leszűkítése felett.

6.1.3. *Vízvizsgálatok típusai*

A vízminőség megismeréséhez szükséges a vízminták helyszíni és laboratóriumi (fizikai, kémiai és biológiai) elemzése.

A vizsgálatokból kiderül a víz

- sótartalmának mértéke és minősége
- szennyezettsége (pl. oxigénfogyasztás, öntisztuló képesség)
- mérgező anyag tartalma (pl. nehézfémek, cianidok)

- egészségügyi állapota (pl. fertőzöttség, radioaktivitás),

ami a különböző célú felhasználás követelményei szerinti minősítést, osztályozást tesz lehetővé.

Ezek alapján dönthető el, hogy a *tervezett felhasználásra* alkalmas-e, esetleg milyen speciális tisztítást igényel. A vízhasználat célja minden esetben döntő, hiszen a támasztott követelmények illetve igények a víz minőségével szemben jelentősen eltérnek. Ugyanis lehet pl. egy víz ivóvíz-ellátásra alkalmatlan, de ipari célra még megfelelő, illetve az ipari felhasználás pontosítása is szükséges a szélsőséges vízminőségi igények miatt. A vízvizsgálatok ezért a tervezett felhasználás követelményei szerint más-más összetevők meghatározására irányulhatnak.

A *változó komponensek* mennyiségi mérésére (pl. NO_2^- - NO_3^- , oldott gázok, pH, oxigén telítettség) **helyszíni vizsgálat** elvégzése szükséges. Ekkor rendszerint *analitikai gyors-teszteket*, illetve *merülő szondákat* használunk, amelyeknek eredményei műszerezett kiértékelési módszer alkalmazása esetén egyenértékűek a laboratóriumi mérésekével. Tájékoztató kémiai adatokhoz, - illetve annak eldöntésére, hogy a megadott határérték alatt, vagy fölött van a vizsgált komponens koncentrációja - is elegendő a gyors-tesztek titrimetriás, vagy szín-összehasonlító módszereinek alkalmazása, amelyek általában kis vegyszer-mennyiségeket igényelnek.

Laboratóriumi elemzési **vizsgálat** szükséges, ha részletes kémiai analízist, vagy sok összetevő pontos mennyiségi meghatározását, illetve nyomnyi szennyezők mérését kell elvégezni. A mikrobiológiai és bakterológiai vizsgálatok kivitelezése is csak laboratóriumi körülmények között lehetséges.

A kémiai vizsgálat a

- sótartalom és -komponensek meghatározására: pH, vezetőképesség, összes sótartalom, keménység, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-}
- az oxigén-háztartás felderítésére: oldott oxigén, biokémiai (BOI₅, TBOI) és kémiai (KOI=COD) oxigén igény, izzítási veszteség, összes szerves szén (TOC)
- a nitrogén-háztartás komponenseinek vizsgálatára: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , szerves- és összes nitrogén
- a foszfor-formák elemzésére: PO_4^{3-} , összes orto- és poli-foszfát, oldott és kolloidális foszfát
- a mikroszennyezők analízisére: szervesetlen (organoleptikus, toxikus) és szerves (tenzidek, peszticidek, PAH-ok)
- a radioaktivitás mérésére terjed ki.

A **biológiai vízminőség** jelenségei, változásai és mutatószámai négy tulajdonság-csoportba sorolhatók:

- halobitás (a szervesetlen kémiai tulajdonságok összessége)
- szaprobitás (a vízben élő szervezetek szervesanyag lebontó képességének mértéke)
- trofitás (a szervesanyag termelés mértéke)
- toxicitás (a mérgező anyagok hatása),

amelyek zömében szintén kémiai laboratóriumi meghatározásokat igényelnek.

A **bakteriológiai vizsgálatok** a különböző mikroorganizmusoknak - alkalmas táptalajon történő - kitenyésztésével valósítható meg. Így ezek a vizsgálatok csak a szigorúan meghatározott körülményeket biztosító laboratóriumokban végezhetőek el.

6.2. VÍZMINŐSÍTÉS

A vízminősítés és vízminőség-szabályozás - a vízkészlet-gazdálkodás részeként - a vízminőségi adatgyűjtésen alapszik. A rendszeres adatgyűjtés érdekében mintavételi és vizsgálati laboratóriumi hálózatok épültek. A felszíni és felszín alatti vízrendszerek minőségét ezen laboratóriumok által szolgáltatott, különböző vizsgálatok eredményei alapján ítéltjük meg. Külön kategóriát képvisel az ivóvíz minősége, illetve az ihatóság elbírálása, valamint az ezektől lényegesen eltérő vízminőséget követelő ipari felhasználású vizek minősége.

A korszerű *vízminőség-szabályozás* fogalmán azt a műszaki - adminisztratív beavatkozást értjük, amellyel az adott vízfolyás, vagy vízrendszer vízminőségi paramétereit az előírt korlátok között tartjuk.

6.2.1. Felszíni vizek minősítése

A felszíni vizek minősítésének alapjául szolgáló vizsgálatok gyakoriságát és típusait, valamint a különböző osztályokba sorolásuk kritériumait az **MSz ISO 12749** szabvány tartalmazza.

Az élővizek osztályba sorolása a gyakorlati felhasználás minőségi követelményei alapján történik:

I. osztályú, vagyis **kiváló** - a mesterséges szennyezőanyagoktól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, amelyben az oldott-anyag-tartalom kevés, közel teljes az oxigén-telítettség, a tápanyag-terhelés csekély és szennyvíz baktérium gyakorlatilag nincs benne. A vízminőségi térképeken *k é k* jelzésű.

Ez a víz elvileg az összes használatra alkalmas, hacsak különleges igények nincsenek:

- a) közműves vízellátás (ivóvíz),
- b) élelmiszer- és egyéb ivóvízigényű ipar vízellátása,
- c) pisztráng tenyésztés,
- d) maximális igényű fürdés.

II. osztályú, azaz **jó** minőségű - a külső szennyező anyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt, mezotrof jellegű élővíz. Jelzése *zöld* színnel történik. A vízben oldott és lebegő, szerves és szervetlen anyagok mennyisége, valamint az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos változása az életfeltételeket nem rontja. Benne a vízi szervezetek fajgazdagsága nagy, de egyedszáma kicsi, szennyvízbaktérium igen kevés.

Ez a minőség kommunális víz-ellátásra és adott ipari célokra csak megfelelő előkészítés után alkalmas, de változatlanul (előkészítés nélkül) használható:

- a) haltenyésztésre (kivéve pisztráng),
- b) sport. és üdülési célokra,
- c) állat-tenyésztés vízellátására.

A III. osztályban, **tűrhető** minősítésű a mérsékelt szennyezett (pl. tisztított szennyvizekkel már terhelt) víz, amelyben a szerves és a szervetlen anyagok, valamint a biológiailag hasznosítható tápanyag-terhelés eutrofizálódást eredményezhet. Szennyvíz baktériumok következetesen kimutathatók benne. Jelzése *sárga*.

Az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos ingadozása, továbbá, az esetenként előforduló káros vegyületek átmenetileg kedvezőtlen életfeltételeket teremthetnek. Az életközösségekben a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszíneződést is előidézhet. Esetenként a szennyezésre utaló szag és szín is előfordul.

A víz minősége alapján mezőgazdasági öntözésre, esetleg haltenyésztésre felhasználható, és általában ipari vízként általában - a felhasználás igénye miatt - előkészítés után.

IV. osztályú, **szennyezett** minősítést kap a külső eredetű, szerves és szervetlen anyagokkal terhelt, biológiailag hozzáférhető tápanyagokban gazdag víz, amelyben az oxigénháztartás jellemzői tág határok között változnak, előfordul anaerob állapot is. A vízminőség-térképeken *piros* színnel jelzik.

A nagy mennyiségű szerves anyag biológiai lebontása, a baktériumok nagy száma (ezen belül a szennyvíz baktériumok uralkodóvá válnak), valamint egysejtűek tömeges előfordulása jellemző. A víz zavaros, esetenként színe változó. A biológiailag káros anyagok koncentrációja a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti. Ez a vízminőség kedvezőtlenül hat a magasabb rendű növényekre és a soksejtű állatokra.

Bármilyen felhasználása csak a konkrét helyzet elbírálása után lehetséges, és a víz előkészítése, tisztítása többnyire költséges.

Az V. osztályba az **erősen szennyezett**, *fekete* színjelölésű, természetes vizeket soroljuk. Ebben az esetben a természetes tisztuláshoz szükséges hidrobiológiai feltételek elégtelenek. A víz különféle szerves és szervetlen anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus. Szennyvízbaktérium tartalma közelíti a nyers szennyvizekéhez. A biológiailag káros anyagok és az oxigénhiány korlátozzák az életfeltételeket. A víz átlátszósága általában kicsi, zavaros, bűzös, színe jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára krónikus, esetenként akut toxikus szintet jelent. Felhasználásra csak tisztítás után alkalmas.

A természetes vizek minősítését megalapozó vizsgálatok 5 csoportba sorolhatók:

- A.:** az oxigénháztartás jellemzői - oldott oxigén, oxigén telítettség, biokémiai (BOI₅), illetve kémiai oxigénigény (KOI_{ps}), összes szerves szén (TOC), szaprobitási index.
- B.:** a nitrogén- és foszfor-háztartás jellemzői - NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, szerves nitrogén, összes foszfor, orto-foszfát, a-klorofill.
- C.:** mikrobiológiai jellemzők - coliformszám, fekális coliformszám, és streptococcus, salmonella, összes telepszám 37°C-on, ill. 22°C-on.
- D.:** mikroszennyezők és toxicitás - szervetlen ionok (Al, As, B, Zn, Hg, Cd, Cr, CrVI, Ni, Pb, Cu, CN), szerves szennyezők (fenolok, detergensok, kőolaj származékok, peszticidek, illékony klórozott szénhidrogének), toxicitás, radioaktív anyagok.
- E.:** egyéb jellemzők - pH, fajlagos vezetékesség, Fe, Mn, hőmérséklet, összes lebegő anyagok, lúgosság, szín, szag, átlátszóság, Ca, Mg, CO₃²⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻.

Az egyes vízminőségi osztályok követelmény-határértékeit minden egyes vizsgálati metodikára az **MSz ISO 12749** szabvány **2.táblázata** tartalmazza.

6.2.2. *Felszín alatti vizek minősítése*

Hazánkban a felszín alatti vizek minőségi osztályai jelenleg egészen más értelmezésűek, mint a felszíni vizek esetében. Itt is létezik egy vízminőség figyelő országos hálózat, illetve vízminőségi törzshálózat. Ezek meghatározott rend szerint üzemeltetett megfigyelési helyek, amelyek vízminőségi adatainak értékelésével a felszín alatti vizek általános minőségi állapota jellemezhető.

Az országos törzshálózathoz tartozó megfigyelési pontok felsorolása Vízügyi Igazgatóságunként csoportosítva az **MI 10433/2** számú Műszaki Irányelv **F1** függelékében található meg. A minősítéshez szükséges vizsgálatok körét és gyakoriságát ugyancsak rögzítették az **MI 10433/3**-ban.

A felszín alatti vizek minősítését az **MSz 10433/1** szabvány előírásai szerint kell elvégezni. Ennek során meg kell határozni a víz minőségi jellegét és technológiai igényét.

A felszín alatti víz *minőségi jellegét* - a vizsgálat víz sótartalma és összetétele szabja meg - egy legalább nyolc számjegyből álló számsor jellemzi, amelyben a számjegyek helye és abszolút értéke az összetevőkre ad felvilágosítást. Ez a *kódszámsor* a kationok és az anionok mellett az összes sótartalom (vezetőképesség) és vízhőmérséklet adatait tartalmazza. A sóösszetevők mennyiségét Than-féle egyenérték százalékban kifejezve $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , illetve Cl^- , $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$, SO_4^{2-} sorrendben jelzi (a százalék tizes helyi értékű száma). Az összesó-tartalom (vezetőképesség) és a hőfok számértékeinek megfelelő kódszámot ezen szabvány 1. és 2. táblázatai tartalmazzák.

A technológiai igény azon komponensek jelenlétének kifejezése, amelyek általánosságban szükségessé teszik a víz kezelését - közműves víz-ellátás céljából. Azonos vízminőségi osztályba pedig jellegében változó, de azonos vízkezelési technológiai igényekkel jellemzett felszín alatti vizek együttese tartozik.

A felszín alatti vizek *osztályozása* a felhasználás kritériuma szerint történik, tehát az ivóvíz-ellátásra való alkalmasságot vizsgálja. Ehhez az ivóvíz minőségi határértékeit tartalmazó **MSz 450/1** számú szabvány használatát írja elő.

Azt vizsgálja, hogy az MSz 450/1-ben rögzített, kémiai minősítési adatoknak az adott felszín alatti víz megfelel-e. Ha igen akkor az **I. vízminőségi osztályba** tartozik, és *technológia* alkalmazása *nem szükséges*.

Ha nem, akkor a következőben azt vizsgálja meg, hogy milyen technológia alkalmazásával állítható be a kívánt érték. A **II. vízminőségi osztályban** három alcsoportot különböztetünk meg a felmerülő technológia típusa szerint.

Történhet:	II/1.	gáztalanítás	G
		savtalanítás	R
		vas és mangán	V
	ill.	mangán mentesítés	M
	II/2.	arzén mentesítés	X
		ammónia eltávolítás	A
		szerves anyag "	C

	nitrát mentesítés	N	
II/3.	lágýtás		L
	sóalanítás	S	
	keményítés	K	
	vízkö kiválási hajlam		
	megakadályozása	I	
	hütés	H	

Ebben a minőségi osztályban az egyes technológiai műveletet igénylő komponensek mennyiségének a határértéktől való eltérését un. *technológiai index* hozzárendelésével jelzik. Ez öt csoportot jelent, 0 - 4-ig jelölve az eltérés mértékét. A technológiai indexeket a hozzájuk tartozó eltérések mértéke alapján az **MSz 10433/1** szabvány 2. táblázatából állapíthatjuk meg.

A 0 - 1 - 2 csoportban az ivóvízre megállapított határértéken belüli sávok vannak, tehát az ide sorolt felszín alatti vizek esetében sem szükséges technológia alkalmazása.

A 3 - 4 technológiai indexű vizek viszont már a tűrhető határérték felett vannak, ezeket a *II. minőségi osztály* megfelelő alosztályaiba soroljuk.

III. vízminőségi osztályba tartozik a felszín alatti víz: ha olyan komponens koncentrációjában haladja meg az **MSZ 450/1** szabvány kritériumát, amelyre nincs az adott műszaki színvonalon, a gyakorlatban alkalmazható technológiai megoldás.

A jelleg-meghatározás és a minősítés elveit alkalmazva tehát egy értékelt és minősített felszín alatti vízmintát a következők szerint egy tört formájában kell felírni: a számlálóba kerül a víz jellegét megadó 8-jegyű szám, a nevezőbe pedig az egyes technológiai típusok és az indexek. Pl.

$$\frac{810\ 090\ 01}{G1\ R4\ V4\ M1\ X1\ A3\ C4\ N2\ L2\ S4\ K0\ I0\ H2}$$

ez tehát egy alkáli-hidrogén-karbonátos víz, amiben csökkenteni kell a sav-tartalmat, vas-mangán mennyiséget, az ammóniát és szerves-anyagot, valamint az össz-só mennyiséget és igény szerint hűteni kell.

A felszíni vizekhez hasonlóan a felszín alatti vizek esetében is *térképen* ábrázolva jelölik az egyes vízminőségek megjelenését. A térkép természetesen csak *egy adott mélységközre és adott időponthoz tartozó állapotra* rajzolható meg. Ezen fel kell tüntetni a törzshálózati és nem törzshálózati mintavételi pontokat, a víz minőségi törtjét és jelölni kell az adott technológia alkalmazási határát, illetve az azonos minőségi osztályú, de eltérő technológiájú vizek határát. Ha egymás fölött több jelentős vízelőfordulás van, ahhoz térképsorozat szükséges, illetve mélységi szelvényen is lehet ábrázolni a vizek kiterjedését.

6.2.3. *Ivóvíz minősítése és az ihatóság elbírálása*

Az ivóvíz, vagyis a vízvezetéki hálózatba kerülő és a fogyasztóhoz eljutó víz minősítése összetett, sokrétű vizsgálatok eredménye.

Az *ihatóság elbírálásához* a fizikai-kémiai sajátságok alapján történő minősítés (**MSz 450/1**) mellett bakterológiai vizsgálatok (**MSz 448/44**, **MSz ISO 8199**) és minősítés (**MSz 450/3**), valamint mikroszkópikus biológiai vizsgálatok (**MSz 448/36**) alapján történő

minősítés (MSz 450/2) is szükséges. Figyelembe kell venni továbbá a víztoxikológiai (MSz 22902) és radiológiai (MSz 62) vizsgálatok eredményeit is.

Külön szabvány foglalkozik a palackozott vizek minőségével és a minősítéséhez szükséges vizsgálatok kivitelezésével (MSz 11399).

Az ivóvíz ezen összesítés után

- *megfelelő* - ha a kritériumok mindegyike megfelel az előírásoknak, illetve
- *tűrhető* - vagy
- *nem ivóvíz* minősítést kaphat.

7. VÍZANALITIKA

A természetes vizekben található sokféle anyag, illetve az egyes komponensek kvantitatív (mennyiségi) meghatározása egyre érzékenyebb és egyre nagyobb teljesítőképességű analitikai eszközök és mérőmódszerek kifejlesztését igényli.

A víz összetételére, valamint a szennyező anyagok aktuális koncentrációjára vonatkozó információkat fizikai, kémiai és biológiai módszerekkel szerezhetjük meg. Más **módszerrel** határozzuk meg ugyanazt az anyagot akkor, ha az a minta fő alkotórésze, mint akkor, ha pl. 0,1%-os szennyezőként van jelen. A nagy teljesítményű mérési módszerek mellett a klasszikus analitikai eljárásoknak és a kémiai gyors módszereknek is fontos szerep jut a vízalakotók meghatározásában.

A kvantitatív analitikában különös hangsúlyt kap a **reprodukálhatóság**, megismételhetőség, azzal a szigorítással, hogy az eljárás százalékos teljesítőképességéről is tájékozottnak kell lennünk. Nagy általánosságban a víz klasszikus kémiai analízisében alkalmazott eljárások *hibahatára* nem nagyobb $\pm 0,1-0,5$ relatív százaléknál. Viszont a vízben lévő 0,1%-on aluli komponensek - műszeres eljárással történő - meghatározásának hibahatára a ± 5 relatív százalékot is meghaladhatja. A mikrogrammnyi mennyiségek meghatározásában gyakran a 10 relatív százalékos hibahatárt meghaladó eredményekkel is be kell érünk.

7.1. VÍZANALITIKAI MÓDSZEREK

A *fő komponensek* kvantitatív mérésekor továbbra is a **klasszikus analitika** titrimetriás meghatározási módszerei adják a legmegbízhatóbb és legpontosabb eredményt. A titrimetriás módszerek nagy előnye gyorsaságukban és viszonylagos egyszerűségükben rejlik. A meghatározások főleg 0,1 M méretben, a körülmények fokozottabb gondos vizsgálata után 0,01 M, sőt egyes esetekben 0,001 M méretben is alkalmazhatók.

Ezzel szemben a *nyomelemek*, vagy *kis koncentrációjú szerves vegyületek* meghatározására nagy teljesítőképességű elválasztási és dúsítási módszereket kell alkalmaznunk, valamint nagy érzékenységű **műszeres analitikai eljárásokat** - főként elektrokémiai és atomspektroszkópiái metodikákat.

A **vízanalitikai tesztek** a klasszikus oldatos, titrálási metodikákat, illetve a kolorimetriás eljárásokat használják, és elsősorban *terepi, laboratóriumon kívüli alkalmazásra* javasoltak. Sok esetben segítségre lehetnek a laboratóriumi elemzésekben is, mivel pontosságuk lehetővé teszi, hogy eldöntsük a mintánk várható koncentráció-tartományát, illetve a toxikológiai helyzetről gyors képet kapjunk.

7.1.1. *A vízelemzés klasszikus analitikai módszerei*

A klasszikus kvantitatív kémiai analízis módszerei közvetlenül, vagy közvetve, de mindig **tömegmérésre** vezethetők vissza. Tömegméréssel készülnek az analitikai minták, az összehasonlító- és a mérő-oldatok, tömegmérés szolgál ezek pontos koncentrációjának meghatározásához.

A **térfogatós analízisben** a meghatározandó komponenst tartalmazó oldathoz olyan ismert koncentrációjú mérőoldatot adagolunk, amely azzal sztöchiometriásan egyértelmű, nagy reakciósebességű folyamatban reagál és a reakció végpontja jelezhető. A vizsgált

alkotórész mennyiségét a reakcióban felhasznált mérőoldat térfogatának mérése útján számítjuk.

A titrimetriás analízis *feltételei*:

- A titrálás során a meghatározandó anyag és a mérőoldat között lejátszódó kémiai folyamat egyszerű kémiai egyenlettel leírható, teljesen végbemenő, sztöchiometriásan egyértelmű és nagy sebességű reakció legyen.
- Az ekvivalenciaponton az oldat fizikai-kémiai tulajdonságában ugrásszerű változás következék be és az ekvivalenciapont alkalmas indikátorok színváltozásával, vagy elektromos végpontjelzéssel jelezhető legyen.

A térfogatos analízishez felhasznált reakciók két fő csoportba oszthatók:

1. Az *ionok egyesülésén* (asszociációján) alapuló reakciók:
 - a. semlegesítési reakciók (amelyek a *neutralizációs analízis* alapját képezik)
 - b. komplexképződési reakciók (amelyeket a *komplexometriában* hasznosítunk)
 - c. csapadékképződési reakciók (amelyek a *csapadékos titrálás* alapjául szolgálnak).
2. Az *elektronátmenettel járó* reakciók (redoxireakciók), amelyen belül a mérőoldat jellegétől függően megkülönböztetjük:
 - a. az *oxidimetriát* (titrálás oxidáló mérőoldattal, pl. KMnO_4) és
 - b. a *reduktometriát* (titrálás redukáló mérőoldattal, pl. aszkorbinsav),illetve analitikai kémiai szempontból külön szokás kezelni a
 - c. *jodometriát* (a jód-jodid mind oxidáló, mind redukáló rendszerek mérésére alkalmas).

Az oldatban a meghatározandó részecske koncentrációjában a titrálás során fokozatos, az ekvivalenciapont körül hirtelen változás következik be. Ennek a változásnak, azaz a titrálás végpontjának jelzésére elvileg minden olyan fizikai-kémiai módszer alkalmazható, amely alkalmas a reakció lefolyását jellemző paraméter mérésére. Mivel a végpontjelzés megszabja a titrálás pontosságát, a megfelelő indikációs módszer kiválasztása a titrimetriás eljárások alkalmazása szempontjából döntő jelentőségű.

Sav-bázis meghatározások alkalmával a vizes oldatban erős és gyenge savakat, továbbá gyenge bázis és erős sav sóját *lúgmérőoldattal*; erős és gyenge bázisokat, valamint gyenge sav és erős bázis sóját *savmérőoldattal* titrálhatjuk.

A természetes víz általában szabad savat (kivéve a szénsavat) nem tartalmaz. A vízelőkészítés egyes fázisaiban viszont, pl. teljes sótalanításnál a hidrogéncserélt víz, a nyersvíz sótartalmától függően, szabad savtartalom is jelentős lehet.

A természetes víz lúgosságát a benne oldott hidroxid-, karbonát és hidrogén-karbonát-ionok okozzák. Ezek többnyire alkálifémekhez, vagy alkáli-földfémekhez kötöttek. Az előkészített vizek esetében ehhez a foszfátok és ammónia lúgossága is társul.

A természetes vizekben oldott **összes szénsav** részben hidrogén-karbonátként **kötött**, részben fizikailag oldott szén-dioxidként **szabad** állapotban található.

Az *összes szénsav* meghatározása céljából a szén-dioxidot savval szabaddá tesszük, és a reakcióteréből elvezetjük, majd bárium-hidroxid mérőoldatban elnyelve mérhetjük a felesleg titrimetriás visszamérésével. A hidrogén-karbonátként *kötött szénsav* idézi elő a víz lúgosságát, amit sav-mérőoldattal határozhatunk meg.

A **szabad szénsav** egy része a



egyensúly fenntartását, a hidrogén-karbonátok oldatban tartását biztosítja. Ez az egyensúlyi vagy **járulékos szénsav**. Ennél több szabad szénsav a hozzáadott kalcium-karbonátot feloldja, és ezért **agresszív szénsavnak** nevezzük.



A *szabad szénsav* meghatározását lúgmérőoldattal végezzük. A víz *agresszív szénsav* tartalmát az általa feloldott kalcium-karbonát hatására bekövetkező lúgosság megváltozásából határozhatjuk meg.

Ugyancsak sav-bázis titrálás segítségével határozzuk meg a vízminták **ammónia tartalmát**, valamint **összes nitrogén szennyezettségének** mértékét. A vízben oldott *ammóniumsók*ból erős lúg hatására ammónia szabadítható fel, amely átdestillálható, és mennyisége savmérőoldat feleslegében elnyelve meghatározható. Az *össznitrogéntartalom* méréséhez a nitrogén-formákat először savas közegben végzett redukcióval ammóniumsóvá alakítjuk, majd mennyiségük az előbbivel analóg módon meghatározható.

A sav-bázis titrálások ekvivalenciapontjában a vizes oldat pH-értéke ugrásszerűen megváltozik. A **végpont jelzésére** a vízanalízisben a potenciometriás eljárás mellett, kémiai sav-bázis indikátorokat használunk. A *savasság-lúgosság* meghatározásához a **metilvörös** és a **fenolftalein** indikátor alkalmazása egyaránt szükséges. Ezek eltérő átcsapási tartománya lehetővé teszi a hidroxid-karbonát-hidrogénkarbonát ionok egymás melletti mennyiségének számítását egyszerű sav-bázis titrálás alapján. Az ammónia meghatározásánál és újabban a metilvörös helyett is általános az ún. **keverék indikátor** használata, amellyel az indikálást érzékenyebbé tehetjük.

A **komplexyensúlyok** szerepe nem csak a vízanalitikában, hanem az analitikai kémia egész területén igen jelentős. A fémionok titrimetriás mérésére jelenleg csaknem kizárólag a kelátképző amino-polikarbonsavakat, elsősorban az EDTE-t használjuk. Kelátkomplekképző alkalmazásakor a lépcsőzetes komplexképződés helyett egy lépésben egyszerű sztöchiometriás reakció zajlik le.

A természetes és előkészített vizek egyik leglényegesebb jellemzője a vízben oldott kalcium- és magnézium-sók által okozott keménység - **összes keménység**. Meghatározását a *kalcium- és magnézium-tartalom* komplexometriás mérésével végezhetjük. Az EDTE mérőoldattal való közvetlen titrálás arra is lehetőséget nyújt, hogy a Ca^{2+} és a Mg^{2+} együttes mennyiségét meghatározzuk, vagy a paraméterek (pufferoldat és indikátor) megváltoztatásával egymás után, a két fémiont külön-külön mérjük meg.

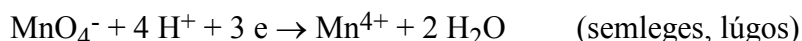
A fémionok EDTE mérőoldattal való titrálásakor a végpontban bekövetkező fémion-koncentráció ugrásszerű változását kell jelezni. A vízelemzés során ehhez nem alkalmazunk műszeres eljárást, kizárólag **fémindikátorok** használata terjedt el. Ezek olyan szerves ligandumok, amelyek a fémionnal a saját színüktől eltérő színű, oldható komplexet képeznek.

A vízminta összkeménységének komplexometriás meghatározásánál alkalmazott fémindikátor az **erikrómfekete-T** (azofesték típusú indikátor) vizes oldatának színe a pH=6,3-11,5 intervallumban kék, a fémionokkal képezett komplex borvörös. A kalcium- és magnézium-ionok együttes mennyiségének meghatározására $\text{NH}_4\text{OH-NH}_4\text{Cl}$ puffer (pH=10) alkalmazása mellett lehetséges.

A **csapadékképződés**en alapuló titrálást kizárólagosan a vízminták **kloridion** mennyiségének meghatározására használjuk. Ezüst-nitrát mérőoldat és kálium-kromát indikátor alkalmazásával semleges közegben végezzük a titrálást.

A **redox titrálás**ok igen tág körét használjuk fel a vízanalízis során.

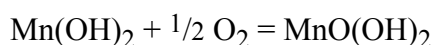
A titrimetriás analízisben legrégebben alkalmazott oxidáló mérőoldat a **kálium-permanganát**, amelyet a vízminta **szervesanyag tartalmának** ellenőrzésére használunk. A KMnO_4 a közeg kémhatásától függően egymástól eltérő sztöchiometriájú folyamatban oxidál:



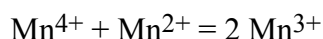
A szerves anyagok nagy része KMnO_4 -tal oxidálható, de a vízminta KMnO_4 fogyasztása nem a szervesanyag-tartalom abszolút mennyiségét adja meg, hanem egy összehasonlításra alkalmas mérőszámot. A vizsgálatok eredménye csak szigorúan azonos körülmények betartása esetén reprodukálható. A meghatározást savas és lúgos közegben egyaránt végezhetjük. A mérőoldat intenzív színe miatt indikátorra nincs szükség.

A természetes és előkészített vizek **oxigénháztartásának** vizsgálatára **jodometriás titrálást** alkalmazunk. A víz **oldott oxigéntartalmának** meghatározása a vízelemzésnek egyik legnagyobb körültekintést igénylő feladata. A ma használatos oxigén meghatározási módszerek legtöbbje WINKLER eljárásán alapszik.

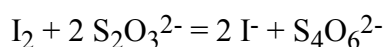
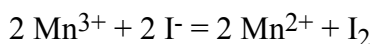
Erősen lúgos oldatban a kétértékű mangánionok az oldott oxigén hatására három vegyértékűvé oxidálódnak:



a keletkezett csapadék lúgos közegben oldhatatlan, erős sav hatására oldódik és az oldott oxigénnel ekvivalens mennyiségű mangán(III)ion megy oldatba:



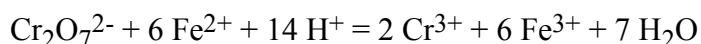
ezek kálium-jodidból jódot tesznek szabaddá, ami nátrium-tioszulfát mérőoldattal titrálható:



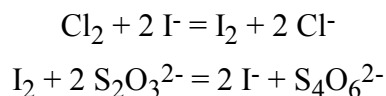
A titrálás végpontjának jelzésére többnyire keményítőindikátort használunk.

Ugyanezen az eljáráson, vagyis az oldott oxigén mennyiségének meghatározásán alapszik a víz **biológiai oxigénigényének** (BOI_5) mérése is. Ekkor oxigénnel telítjük a vízmintát (kiindulási oldott oxigén mérése), majd néhány nap inkubálás után meghatározzuk a maradék oldott oxigént.

A **kémiai oxigénigény** (KOI) a vízben oldott és lebegő anyagok oxidációjához szükséges (szerves komponensek szervesetlen komponensekké való alakulásához felhasznált) oxigén mennyiségére ad felvilágosítást. Meghatározását kálium-bikromátos oxidáció felhasználásával végezzük. A savas közegű oxidáció hatására a $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ionok redukálódnak, maradék mennyiségük $\text{Fe}(\text{II})$ -mérőoldattal meghatározható:



A **szabad klór-tartalom** meghatározása során szintén jodometriás titrálást használunk, amikor a klór oxidáló hatására a mintához adott I⁻-ionokból I₂ válik ki, melynek mennyiségét nátrium-tioszulfát oldattal mérjük meg:



7.1.2. A vízvizsgálatok műszeres eljárásai

A klasszikus analitikai eljárások érzékenysége és szelektivitása a már elért határokon túl aligha fokozható, és végrehajtásuk kis mennyiségű alkotórész meghatározásakor általában hosszadalmas, s igen körültekintő munkát igényel. Érzékenyebb, szelektívebb, gyorsabb - ezért sorozatelemzésre alkalmasabb, és objektívebb észlelést lehetővé tevő - **műszeres módszerek** kidolgozására az anyag fizikai tulajdonságainak mérése nyújt lehetőséget.

Minden olyan jól mérhető fizikai tulajdonság, amely az anyag mennyiségével valamilyen kapcsolatban áll - pl. optikai, elektromos, mágneses és termikus tulajdonságok - alapját képezheti a meghatározásnak.

A **műszeres eljárások** zöme összehasonlításon alapszik és a mechanikus reprodukálhatóság általában kiváló, az eredmények pontossága azonban elsősorban a műszer kalibrálásához alkalmazott kémiai módszer megbízhatóságától függ. A műszerek kalibrálása, illetve valamely mintatípus vizsgálatára való beállítása hosszadalmas, nagy körültekintést igénylő feladat, amelyet ismert összetételű mintákkal végzünk. A műszeres analitikában alkalmazott standardok (összehasonlító oldatok) készítése és ellenőrzése nem nélkülözheti a klasszikus kémiai módszerek ismeretét, illetve teljesítőképességük határának megállapítását.

Az **optikai mérőmódszerek** alkalmazásakor a vízben oldott anyagok (saját, vagy komplexének) fénytani tulajdonságai alapján következtethetünk mennyiségi és minőségi összetételükre.

A **spektroszkópiás analitikai módszerek** azon alapulnak, hogy az anyagot alkotó atomok és molekulák bizonyos, rájuk jellemző, hő- vagy elektromos energia, illetve elektromágneses sugárzás elnyelésére (*abszorpció*) képesek, gerjesztett állapotba kerülnek, és amikor a rendszer a gerjesztett állapotból alapállapotba kerül vissza, a felvett energiát hő vagy sugárzás alakjában adja le (*emisszió*).

A **kibocsátott sugárzás** hullámhosszának és intenzitásának mérése képezi az **emissziós színképelemzés** alapját, amely magában foglalja a lángfotometriát, röntgenemissziós és fluoreszcenciás spektroszkópiát, a látható és ultraibolya emissziós színképvizsgálatot. A módszer alkalmazásához szükséges berendezés egységei:

<i>minta gerjesztése</i>	<i>rés</i>	<i>hullámhossz felbontás</i>	<i>intenzitás mérés</i>
--------------------------	------------	------------------------------	-------------------------

A megfelelően nagy energiájú gerjesztés hatására a vízben oldott fémionok koncentrációfüggő intenzitású és elemspecifikus vonalas spektrumot adnak, amely standarddal való összehasonlítás után a koncentráció meghatározására felhasználható. A vízminta fő alkotóinak és nyomelemeinek meghatározására egyaránt alkalmas.

A vízben fő komponensként jelenlévő alkáli- és alkáliföldfémek (Na, K, Ca) gerjesztésére a gázgő lángjának energiája is elegendő, koncentrációjuk rutinmérésére a **lángfotometria** használatos. Éghető gázként propánt, butánt, acetilént használnak, levegő, vagy oxigén táplálással, a vizes oldatot porlasztással juttatjuk a lángba.

A kimutatási határ csökkentésére, illetve a meghatározható elemek körének bővítésére akkor van lehetőség, ha a gerjesztési feltételeket megváltoztatjuk: pl. induktívcsatolt nagyfrekvenciás plazma gerjesztést alkalmazunk (ICP). Az érzékenység további növelését teszi lehetővé, ha a nagy hatékonyságú ionforrást, az argonplazmát tömegspektrométerrel, mint igen érzékeny detektorral kapcsoljuk össze (ICP-MS). Így $0,1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ kimutatási határ is megvalósítható.

Különböző elemek nyomnyi mennyiségének kimutatása **röntgenfluoreszcencia** spektrum segítségével is történhet. A megfelelően rövid hullámhosszúságú röntgenfényvel besugárzott minta által emittált, ún. karakterisztikus röntgenspektrum minden elemre jellegzetes. Ezt a módszert az ólomtartalom kimutatására használják.

Az atomok és molekulák ugyanazt a hullámhosszú sugárzást képesek abszorbeálni, amelyet emittálnak. Az atomok által *elnyelt sugárzás* mérése az atomabszorpciós spektroszkópia alapja. A molekulák által a látható-, ultraibolya-, infravörös- vagy röntgen-sugárzás tartományában abszorpció mérésén alapuló módszerek a szerkezetvizsgálat és a koncentrációmérés szempontjából egyaránt jelentősek. Az **abszorpciós színeképelemzés**hez alkalmazható berendezés alapegységei:

<i>sugárforrás</i>	<i>rés - monokromátor</i>	<i>minta</i>	<i>detektor</i>
--------------------	---------------------------	--------------	-----------------

Számos fém kvantitatív meghatározására az **atomabszorpciós spektroszkópia (AAS)** kiváló lehetőséget nyújt. A termikus úton atomokra bontott mintából keletkező fématomok külső sugárforrásból atomspektrumuknak megfelelő hullámhosszúságú fényenergiát képesek abszorbeálni. Így a kérdéses elem összkoncentrációja határozható meg, annak eltérő oxidációs állapotai nem megkülönböztethetők. Grafitcsökvetva alkalmazásával, láng nélkül, kb. 2700°C -on történő bontással számos elem $1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ -nél kisebb koncentrációban is mérhető.

Az **ultraibolya és látható** spektrumtartományban (**UV, VIS**) elsősorban molekulák, szerves vegyületek fényelnyelését, abszorpcióját vizsgálhatjuk. Ennek a meghatározási módnak a vízanalitikában kitüntetett szerepe van, mivel a kis koncentrációban jelenlévő fém-ionok színes komplex képzése után nagy pontossággal mérhetőek. A kvantitatív meghatározások esetében általában 10^{-3} M-nál kisebb koncentrációtartományban dolgozunk és a komplexképzés segítségével a módszer szelektivitása lehetővé teszi az eltérő oxidációs állapotok megkülönböztetését is.

A legtöbb vegyület az **infravörös színeképtartományban (IR)** jellemző, szelektív abszorpciót mutat. A spektrum igen összetett, a specifikus abszorpciós maximumok az egyes atomcsoportokhoz való rendelése nagy gyakorlatot igényel, viszont a vizsgálandó anyag minőségére vonatkozólag jól tájékoztat. Ez a módszer vizes oldatok közvetlen elemzésére nem alkalmas (mivel a víznek jelentős elnyelése van a tartományban), és kvantitatív analízis céljára is korlátozottak a lehetőségek, de azonosítási módszerként jelentős.

Az **elektroanalitikai módszerek** a vizsgálandó anyag elektrokémiai tulajdonságainak mérésén alapulnak. A meghatározás alapja az elektrolitban való áramvezetés, továbbá a fémes vezetők és az elektrolit fázishatárán lezajló jelenségek. A legfontosabb módszerek: az elektrolízisen alapuló voltammetria, elektrogravimetria, coulometria, az elektródpotenciál mérését értékesítő potenciometria, és az elektrolit vezetőképességét mérő konduktometria.

A **konduktometria**, a többi elektroanalitikai eljárással ellentétben, nem szelektív a vizsgált alkotórészre nézve, hiszen a vizes oldat vezetőképessége a benne levő ionok vezetőképességéből additíven tevődik össze. A vezetőképesség adata a vízvizsgálatok lényeges paramétere, különösen az előkészített, sótalánított víz fontos jellemzője, ahol az 1-2

mg/dm³, vagy ennél is kisebb mennyiségű oldott sótartalom meghatározására más, egyszerű ennél pontosabb módszer nem áll rendelkezésre.

Az elektrokémiai módszerek közül a **potenciometria** a rutinanalízisben az egyik leggyakrabban alkalmazott eljárás. A potenciálkülönbség mérésére használt *ionszelektív elektródok* többféle ion koncentrációjának meghatározását teszik lehetővé. A membránelektrodok között a pH mérésére általánosan használt üvegelektrodon kívül Na⁺-, K⁺-, Ag⁺-, vagy Tl⁺-ionok mérésére kifejlesztett üvegelektrodok is megtalálhatók. Az ionszelektív elektródok másik csoportját a csapadékos membránelektrodok képezik, melyekkel számos kation (Cu²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, Ca²⁺ stb.) és anion (F⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻, S²⁻, CN⁻ stb.) kvantitatív meghatározására van lehetőség a 10⁻¹-10⁻⁶ mol/dm³ koncentrációtartományban.

Nyomnyi mennyiségben jelenlévő fém- és nemfém-ionokat **voltammetriás** úton határozhatjuk meg. Ezek alapját az oldatok elektrolízise alkalmával a cellán átfolyó áram erőssége (*i*) és az elektródpotenciálok különbsége, a feszültség (*V*) között fennálló függvénykapcsolat képezi. A *polarográfias eljárás* munkaelektrodként jól polarizálható csepegő higanyelektrodot alkalmaz. Analitikai szempontból a polarogram két legfontosabb jellemző adata a jelenlévő anyag minőségétől függő féllépcsőpotenciál és az elektródreakcióban résztvevő komponens oldatbeli koncentrációjával arányos határáram.

A több komponensből álló anyagok vizsgálatánál (pl. szennyvizek elemzése) az analízist sok esetben meg kell előznie a **komponensek elválasztása**. Az elválasztó módszerek az anyagok különböző *fizikai* és *kémiai* tulajdonságainak felhasználásán alapulnak és alkalmazásuk közvetlenül kapcsolódik a műszeres analitikai meghatározásokhoz.

Kiemelkedő fontosságúak az elválasztandó anyagok *eltérő adszorpciós képességén, megoszlásán, valamint az ioncserén alapuló kromatográfias és ioncserés elválasztási eljárások*. Ezek a környezeti minták egyedi alkotóinak egyidejű elválasztására és meghatározására képesek. A kromatográfia a szétválasztásra az egyes komponenseknek egy álló és azon áthaladó mozgó fázis közötti megoszlását használja ki. Két fontos változata a gázkromatográfia (a mozgó fázis gáz állapotú) és a folyadékkromatográfia (a mobilis fázis folyadék) a legtöbb szerves és szervetlen vegyület elemzésénél jól alkalmazható.

A **gázkromatográfia** olyan anyagkeverékek szétválasztására alkalmas, amelyek gáz halmazállapotúak, vagy bomlás nélkül elpárologtathatók (kb. 200-300°C-on). Gázkromatográfia segítségével különböző mintákban nyomgázok, szénhidrogének, szerves halogénvegyületek stb. szétválasztására és ppb-tartományban való kvantitatív meghatározására van lehetőség. A gázelegyet alkotórészeire az alapján lehet szétválasztani, hogy a komponensek a szilárd adszorbensfelülettel (*gázadszorpciós kromatográfia*), vagy a szilárd felületen lévő, nem illékony folyadékkal (*gáz-folyadék kromatográfia*) különböző kölcsönhatásba lépnek. Az elválasztott komponensek kimutatása és meghatározása szelektív detektorok (hővezető-képességi-, lángionizációs-, lángfotométer-, elektronbefogó-detektor) segítségével történhet.

A **folyadékkromatográfia** az anyagkeverékek sokkal szélesebb köre esetében használható az alacsonyabb hőmérséklet (20-80°C) és a kölcsönhatások nagyobb variációs lehetősége miatt. A folyadékadszorpciós kromatográfia **HPLC**-változata, kitűnik nagy elválasztási teljesítményével, különösen az >10³ móltömeg tartományban. A szennyvíz-komponensek ellenőrzésére, pl. policiklusos aromás szénhidrogének, halogénezett és hidroxilezett aromások, dioxinok, peszticidek meghatározására is alkalmas. Detektálásra a komponensek eltérő fizikai tulajdonságait használhatjuk ki (pl. UV-VIS-abszorpciós, fluoreszcenciás, refraktometriás és vezetőképességi detektorok).

Az **ionkromatográfia** szerves és szervetlen ionok elválasztását, azonosítását és meghatározását teszi lehetővé. A vízben lévő ionos alkotórészeket alacsony kapacitású, jó elválasztási hatásfokú ioncserélőn választják el, majd elúció után az egyes ionok

koncentrációját folyamatosan meghatározzák. Környezeti minták (ivóvíz, esővíz, felületi víz, hűtővíz) ionkoncentrációjának mérésére és egyszerű anionok (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , HPO_4^{2-} , F^- , stb.) kis koncentrációban való meghatározására jól alkalmazható módszer. Az anionanalízis esetében a szétválasztandó ionokat anioncserélőn hidroxid formában megkötik. A nátrium-hidroxid-oldattal kapott eluátumot ún. szupresszor-oszlopon (H-formájú kationcserélőn) vezetik keresztül. Így a sav formában jelenlévő és egymástól elkülönített anionok koncentrációját általában vezetőképesség-méréssel határozzák meg.

7.1.3. *Analitikai gyors tesztek a vízvizelésben*

A vízanalítika gyors-vizsgálati (mobil analízis) módszerei a klasszikus laboratóriumi eljárások és a műszeres vizsgálatok kombinációjával jöttek létre. A tesztek megkülönböztető jellegzetessége, hogy nagyon kevés vízminta felhasználásával, egyszerű módszerek alkalmazásával, azonnali és viszonylag pontos eredményt kapunk. A különböző vízvizelési feladatok jelentősen különböző analitikai stratégiát követelnek meg, amihez gyakran igen költséges műszerek, vegyszerek és a kémiai analitikában jártas személyzet lenne szükséges. Ezen feltételek hiányában is nagyon jól alkalmazhatók a gyors-analízis teszt rendszerei.

Széleskörű vizsgálati lehetőséget biztosítanak, és az elvárható pontosságot garantálják az E. Merck névvel fémjelzett vízanalitikai **gyors tesztek**, amelyek méréshatárai összhangban vannak a nemzetközi szabványok követelményeivel (**DIN ISO 9001** minősítés). Szigorú termékellenőrzés és alapos vizsgálatok biztosítják a következetesen magas minőséget.

Titrimetriás és kolorimetriás módszerek alkalmazása az általános, de mellettük az egyszerű tesztesik alkalmazásától a spektrofotometriás meghatározásig igen tág választási lehetőséget biztosítanak a Merck-módszerek. A magas igényű kivitelezés következtében a szolgáltatott adatok igen megbízhatóak. Az egyes teszteszettek a helyszíni mérésekhez szükséges valamennyi eszközt tartalmazzák, elrendezésük könnyen áttekinthető, csomagolásuk időtálló. A közérthető, képekkel illusztrált használati utasítás segítségével a mérés hamar rutinfeladattá válik. Számos készletben a reagensek, illetve vegyszerek utántölthetők.

Az **Aquamerc®** tesztrendszer a gyorsvizelés alapja, titrimetriás és kolorimetriás tesztekkel áll. A *titrimetriás* módszer eszközei a titráló pipetták, a cseppentők és a cseppentős üvegek. Cseppentő, vagy cseppentős üveg használatakor az eredmény a színátcsapásig fogyott cseppek számából számítható. Pipetta alkalmazásakor a hozzáadott reagens mennyisége és a meghatározott koncentráció is leolvasható. A *kolorimetriás* módszernél a mintához adott reagens a meghatározandó komponenssel színváltozással járó reakcióba lép. A kialakult szín az egyes koncentrációtartományoknak megfelelő színskálával kell összehasonlítani, és a keresett koncentráció közvetlenül meghatározható.

Az **Aquaquant®** tesztek, az Aquamerc család továbbfejlesztett változatai, nagy érzékenységűek, kolorimetriás módszereket alkalmaznak. Az érzékenység fokozását az optikai úthossz jelentős megnövelésével és közvetlen színösszehasonlítással érték el. Ily módon a vízminta saját színének zavaró hatása is kiküszöbölhető. A készletet a reagensek, a két küvetta és a színkártyák alkotják. A koncentráció értéke egyszerűen leolvasható.

A **Microquant®** tesztek a közepes koncentrációtartományokban jól alkalmazható kolorimetriás módszeren alapulnak. Vak minta alkalmazása révén zavaros és színes oldatok vizsgálatára is kiválóan megfelelnek. A kiértékelő rendszert egy átlátszó műanyagból készült, forgatható színösszehasonlító tárcsa képezi, mely a vizsgált szint hűen mutatja. A színösszehasonlító berendezés az összes szükséges reagenssel és egyéb tartozékokkal együtt egy lezárható, kisméretű dobozban helyezkedik el.

A **Spectroquant**[®] teszt felhasználásával nagyon pontos kvantitatív meghatározást tudunk végezni gyorsanalitikai módszerrel. A kiértékeléshez fotométer használata szükséges, ezáltal a méréstartomány nagyon széles, az eredmények pontossága a műszeres eljárásoknál megszokott. Ehhez hordozható, terepen is használható, a mérésekre előre programozható fotométer is rendelkezésre áll a Merck kínálatában.

A **Merckoquant**[®] tesztcsíkok nem tűnnek olyan nagy fontosságúnak, de a néhány mm² nagyságú vizsgáló felület is szelektív és pontos eredményt szolgáltat. Használatuk figyelemreméltóan egyszerű, a minták válogatásánál nagy segítséget, értékes információt nyújtanak. Néhány csepp oldat, vagy a minta nedvessége elegendő a koncentráció megállapításához. A szín-sávok kedvezően alkalmazkodnak a szem érzékenységéhez.