

8. IVÓVÍZ ÉS IPARI VIZEK

A víz a mindennapi életben, az iparban és az energiatermelésben a legnagyobb mennyiségben felhasznált anyag. Lakossági és ipari használatra, vízellátási célra a víz felszín alatti, vagy felszíni vízkészletből származik, majd kisebb-nagyobb mennyiségi különbséggel, szennyvíz formájában ismét ezen vízkészletbe kerül vissza.

A felhasználási céltól függően a víznek más és más követelményeket kell kielégíteni. A kívánt minőségű vizet fizikai és kémiai előkészítő műveletekkel lehet előállítani. A szennyvíztisztítás feladata a szennyezőanyagok oly mérvű eltávolítása, hogy a vízben maradó szennyezéseket a befogadóul szolgáló természetes víz öntisztító ereje képes legyen lebontani és a vízhasználat lehetősége se csökkenjen.

Az üzemi műveletek tehát, amelyeknél kémiai szempontok érvényesülnek három fő csoportba sorolhatók:

- lakossági és élelmiszeripari ivóvízellátás,
- energiatermelés és egyéb ipari műveletek vízigényének kielégítése,
- városi és ipari szennyvizek tisztítása.

8.1. IPARI VÍZHASZNÁLAT

Az ipari termelésben közvetlenül a termelési folyamatban, vagy segédanyagként igen sokféle célra használják a vizet. A mennyiségi és a minőségi vízigények a termelési céltól és az alkalmazott gyártástechnológiáktól, a használat típusától függenek. Ennek megfelelően vannak nagy és közepes vízmennyiséget igénylő, illetve nem vízigényes termelési technológiák, illetve üzemek.

Az üzemek teljes technológiai vízigénye, frissvíz igénye és ehhez kapcsolódóan a kibocsátott szennyvíz mennyisége számos tényezőtől függ, mint pl.

- az ipari termékek fajtái és az alkalmazott technológiák,
- a termelés volumene, valamint felhasznált nyers- és segédanyagai,
- az ipari-üzemi vízgazdálkodás elvei és szemlélete.

Az ipari termelési folyamatban felhasznált vizek, az ún. "ipari vizek" minősége is igen tág határok között változik. Az ipari víz elnevezés nem vízminőséget jelöl, hanem a felhasználás célját határozza meg. A közvetlen gyártási célokra használt vizekkel szemben támasztott követelmények nem tárgyalhatók általánosságban. Aszerint, hogy milyen kémiai reakcióban, vagy műveletben szerepel a víz - mint komponens, vagy mint közeg - változnak a minőségi követelmények. Az ipari vizek minőségi igényeinek megállapítására tehát a víz használatának célját és körülményeit, valamint a vízhasználó berendezések típusát, szerkezeti kialakítását kell gondosan megvizsgálni.

Igen fontos, hogy a szolgáltatott víz minősége mindig azonos legyen, ugyanis már csekély minőségváltozás is súlyos gyártási, üzemeltetési problémákat okozhat egy adott vízminőségre beállított technológia alkalmazása során.

Általános követelmény, hogy az ipari víz **ne tartalmazzon**:

- biológiai eredetű, illetve biológiai folyamatokat elősegítő anyagokat (mikroorganizmusok, tápanyag)
- színeződést eredményező komponenseket (pl. vas, mangán)
- lerakódást okozó vegyületeket (karbonát-keménység)
- korróziót elősegítő anyagokat (egyes anionok, agresszív szén-sav).

Az ipari víz követelményeit minden ipari technológia minden egyes vízhasználó helyére külön-külön adatsorral lehet csak megadni. Ezek között szerepelnek az ivóvízével azonos, illetve annál lényegesen enyhébb, vagy szigorúbb minőségi paraméterek is.

Az ipari vízhasználatok minőségi igényei szerint a felhasználás főbb csoportjai:

- hűtővizek,
- ivóvíz és élelmiszeripari víz,
- technológiai "finomvizek"
- egyéb ipari vizek.

Az általuk megkívánt minőségű vizet fizikai és kémiai előkészítő műveletek sorozatával lehet előállítani.

8.1.1. *Hűtővizek*

A legtöbb vizet az ipar hűtésre használja (villamosenergia-ipar, vegyipar, kohászat). A hűtővizek az ipar összes vízigényének 80-95%-át képviselik. A hatalmas vízmennyiségek miatt még minimális kezelési igény teljesítése is nagy költségekkel jár.

A hűtővizek minőségi igényei a hűtendő anyagok hőfokától, a hűtés módjától, valamint a hűtő elemek és a hűtő rendszer kialakításától függ.

Frissvizes hűtésnél a hűtővizet csak egyszer használják, ehhez folyókból, tavakból veszik, és ugyanoda vezetik vissza. Ez a felhasználás nem igényel különösebb előkészítést.

A nagyobb volumenű **visszahűtési rendszer**nél a hűtővíz körfolyamatban van. A felmelegedett vizet hűtőtoronyban, hűtőtóban visszahűtik és újból felhasználják. Ilyenkor a víz sótartalmának, keménységének, az oldott gázok, valamint az organikus és biológiai szennyeződések mennyiségének megfelelő értéken tartása lényeges. A sókoncentrációt a párolgási veszteségek miatt betöményedett víz egy részének elvezetésével, és frissvíz pótlással lehet a telítettség alatt tartani. A karbonát keménységből a felmelegedés hatására kiváló vízkő pedig a hűtőfelületek hőátadását nagy mértékben lerontja. Ugyancsak a hőcsere szempontjából fontos, hogy a hűtővíz ne tartalmazzon lebegő anyagokat, amelyek szintén lerakódhatnak, vagy dugulást okozhatnak. A vízűtő tornyokban nagyon kedvezőek a körülmények az algák és egyéb mikroorganizmusok kifejlődésére, amelyek rontják a minőséget és üzemzavarhoz is vezethetnek. *Fontos követelmény, hogy a hűtővíz ne tartalmazzon szabad ásványi savakat, agresszív szén-dioxidot, szabad klórt, sok kloridot, szulfátot és pH-értéke lehetőleg ne haladja meg a 9,5-et.*

8.1.2. *Élelmiszeripari vizek*

Az élelmiszeriparban a víz felhasználása igen sokrétű. Jelentős mennyisége a felhasznált nyersanyaggal együtt a termék szerves része, de a különböző technológiai folyamatokban mosó- és öblítővízként, vagy szállító közegként is felhasználják.

A technológiai folyamat sajátosságaitól és a felhasználástól függően különbözőek a vízminőséggel szemben támasztott követelmények. Alapvető az ivóvíz minőség (**MSz 450**), sőt egyes területeken bizonyos komponensekre szigorúbbak a határértékek.

Konzervipar

A konzervipar sok vizet használ fel technológiai folyamatai során. Ezek nagy része a késztermékekben is benne marad, de a berendezések és az edényzet tisztántartása és a nyersanyagok mosása, szállítása is nagyon vízigényes.

A termékek szempontjából káros a víz Mg^{2+} -tartalma, illetve keménysége. Hatására a termék megkeményedik, nehezen feldolgozhatóvá válik. Ha az együttes Ca^{2+} - Mg^{2+} -koncentráció meghaladja a 40 mg/dm^3 -t (kb. 6-8 nK) a konzervált termék kesernyész ízűvé válhat, a túlságosan lúgos víztől pedig elveszti alakját, túl puha lesz. A Fe^{2+} -tartalom egyes gyümölcsök (alma, körte, meggy, zöldborsó) színét sötétíti.

A főzelékfélék konzerválás előtti, vagy előfőzés utáni mosására használt kemény víz nincs káros hatással a minőségre.

Cukorgyártás

Szintén nagy mennyiségű vizet használnak a cukorgyártás során a technológiai folyamat különböző fázisaiban (cukorrépa mosása, úsztatása, berendezések tisztítása, lényérés, raffinálás).

A feldolgozási folyamatokban felhasznált víz nagy szulfát-tartalma a cukrot elszurkíti, mellékízűvé teszi, az átkristályosítási folyamatra is káros hatású. A könnyen oldódó lúgos sók növelik a nyerscukor hamutartalmát. A nitritek csökkentik a kristályosítás határfokát. A vas-mangán színező hatású.

Sörgyártás

A víz jelentős részét a technológiai berendezések mosására használják fel. A sörcéfre főzéséhez használt víz a kész sör egyik legfontosabb része, nagymértékben kihat a sör minőségére.

A víz sótartalma megváltoztatja a cefre és a sör-lé kémhatását, a sörfőzés biokémiai folyamatait, ezáltal a késztermék minőségét is módosítja. A sok karbonátot és hidrokarbonátot tartalmazó víz nem kedvező a fermentációs folyamatokban, a nagy keménység a sör színét, ízét is befolyásolhatja. Ezek a sók lassíthatják az árpa csírázási folyamatát is.

Bár a víz összetétele csak egyike a sör minőségére ható tényezőknek - igen fontosak a kiindulási anyagok és a technológiai folyamat sajátosságai is - a sörgyártási vízre szigorúbbak a követelmények, mint a jó ivóvízre.

8.1.3. Technológiai "finomvizek"

A kazántápvizek és a technológiai finomvizek mennyisége az összes ipari vízigénynek mindössze 1-2%-a. A minőségi követelményei azonban lényegesen szigorúbbak bármely vízfelhasználás kritériumainál.

A kazántápvízzel szemben támasztott minőségi igények a kazánok, turbinák és gőzfelhasználók műszaki paramétereitől függően változnak.

A technológiai finomvizek megkövetelt minősége az erőművi kazánokéval közel azonos. Az erőművek korszerű, nagynyomású kazánjai, valamint a műszer- és elektronikai ipar által igényelt szuper- és hiper-vizek (majdnem tiszta H_2O) előállítására komoly követelményeket támasztanak a vízelőkészítéssel szemben.

Tápvíz, kazánvíz

Az erőművek biztonságos és gazdaságos üzemeltetése érdekében a tápvíz és a kazánvíz minőségére szigorú előírásokat kell betartani. A nagynyomású, vízcsöves kazánokhoz sokkal jobban tisztított vízre van szükség, mint az egyszerűbb szerkezetű, kisnyomású kazánokhoz.

Az üzemelő, kazán típusához (láng- és füstcsöves, vagy vízcsöves), nyomásértékéhez igazodó táp- és kazánvíz minőségi követelményeket (az alkalmazott tüzelőanyag figyelembevételével) az **MSz 15200** szabvány tartalmazza.

A kazánba jutó Ca^{2+} - és Mg^{2+} -sók, korróziós termékek, és olajszenyeződés a hőátadási felületekre kisebb-nagyobb rétegben közvetlenül lerakódnak, míg a töményedés folytán oldhatatlanná váló sók iszapként kiválnak, és a cirkuláció folyamán rásülnek a vízdali kazán-felületre, ezáltal a működésben komoly zavarokat okozhatnak.

Ezen szempontok miatt a tápvíznek teljesen tisztának, szintelennek, minden kolloid és lebegő anyagtól mentesnek kell lennie. A max. 0,1 nK összes keménységű tápvíz követelménye a kazánbeli vízkőkiválás megelőzését szolgálja. A tápvíz oldott sótartalmára vonatkozó előírások növekvő kazánnyomáson, illetve hőmérsékleten, egyre szigorúbbak, egyre alacsonyabb értéket engedélyeznek. A nagynyomású, kényszer-áramlású kazánokban már teljesen sómentes, neutrális tápvizet használnak.

8.2. VÍZELŐKÉSZÍTÉSI, VÍZTISZTÍTÁSI MŰVELETEK

A vízkezelési eljárások feladata, hogy a rendelkezésre álló vízkészletekből a felhasználás céljainak megfelelő mennyiségű és minőségű vizet biztosítsanak. A szükséges vízkezelési műveletet, vagy technológiát az határozza meg, hogy a rendelkezésre álló víz minősége milyen mértékben közelíti meg az igényelt paramétereket

Az ivóvíz és az ipari vizek előkészítése azonos tisztítási elv szerint valósítható meg. Természetesen nem minden víz megy keresztül az előkészítő, tisztító folyamatok teljes sorozatán, hanem a kezelést csak a szükséges műveletekre korlátozzák. Az egyes eljárásokban az alpműveleteket különböző kombinációkban használják fel a tisztított víz előírt minősége érdekében. Így azok között jelentős eltéréseket is okozhat a kiinduló vízben levő anyagok nagyon különböző összetétele és koncentrációja.

Az alkalmazott víztisztítási-előkészítési technológiák két nagy csoportja - (I.) az úszó-lebegő anyagok eltávolítása, illetve az ezt követő (II.) oldott anyagok eltávolítása és pótlása - a technológiai célnak megfelelően további eljárásokat és műveleteket foglal magába. Az, hogy az (I.) esetben melyek a konkrétan alkalmazott eljárások - döntően a származás helyétől függenek, míg a (II.) fázisban a felhasználás előírásai a mérvadóak.

8.2.1. *Úszó- és lebegő anyagok eltávolítása*

A vízkezelés első fokozata - főként felszíni vizek, vagy szennyezett, használt vizek esetén - az uszadék és a lebegő anyagok eltávolítása. Ezek jelenlététől és méretétől függően három fokozatban valósítják meg:

- a) úszó és durva szennyeződések,
- b) ülepezhető lebegő anyagok,
- c) finom lebegő anyagok és mikroorganizmusok eltávolítása.

Az alkalmazott eljárásokat, műveleteket és a szükséges berendezéseket a XXXVII. táblázat mutatja.

XXXVII. táblázat A víz úszó és lebegő anyagainak eltávolítása

| Technológiai cél | Úszó és durva szennyeződések eltávolítása | | Ülepíthető lebegő anyagok eltávolítása | | | Finom lebegő anyagok eltávolítása | | | | Mikroorganizmusok eltávolítása | |
|--------------------|---|---------------------|--|---------------|----------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | Szűrés durva és finom rácson | Szűrés szita-szűrőn | Homokfogás | Centrifugálás | Ülepítés | Derítés | Gyorsszűrés szemcsés anyagon át | Szűrés mikro-szűrőn | Rövid hullámú kezelés | Mérgezés | Oxidáció |
| Jellemző műveletek | Szűrés | | Ülepítés | | | Keverés ülepítés | Keverés szűrés | Szűrés | Fluidumok szállítása | Keverés | Adszorpció és keverés |

| | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--|---|--|-------------|------------------------|------------------|--|
| Megvalósítás technológiai jellemzése (berendezések) | Gépi és kézi tisztítású rácsok | Dob-szűrők és szalagszűrők | Nyitott és zárt homokfogók | Hidro-ciklonok | Víz-szintes átfolyású ülepitő medencék | Vegyszer-bekeverők pelyhesítők vízszintes és függőleges átfolyású derítők | Egy- és többrétegű, nyitott és zárt gyorszűrők, kondicionált szűrők, ráiszapoló szűrők | Mikroszűrők | Ibolyántúli besugárzók | Algicid adagolók | Klórozó berendezések, ózonos kezelő, KMnO ₄ -adagolók |
|---|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--|---|--|-------------|------------------------|------------------|--|

8.2.1.1. Úszó és durva szennyeződések eltávolítása

A durva lebegő és úszó szennyeződést minden szerkezeti megoldás szerint úgy fogják ki a vízből, hogy a víz útjába **rácsot** tesznek, amelyen annak nyílásméretének megfelelően az anyagok egy része fennakad, kiszűrődik.

A rács keresztrácsozat nélküli, hosszanti elhelyezésű, egymással párhuzamos és egymástól azonos távolságra összeerősített, azonos keresztmetszetű pálcákból készített szűrő. Az alkalmazott rács pálcaköze szerint megkülönböztetünk durva (20-100 mm) és finom (5-50 mm) rácsokat. Elhelyezésük történhet függőlegesen, vagy ferdén.

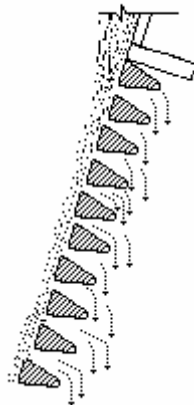
A rácson végzett szűrés tulajdonképpen az osztályozástól a rostálásig terjedő műveleteket foglalja magába. A rácso feladata a rácso mögötti technológiai berendezések megvédése a nagyméretű, vagy tömeges uszadék által okozott mechanikai rongálódástól (eldugulás, eltömődés, stb.) és a további mechanikai, biológiai és kémiai vízkezelési műveletek tehermentesítése.

A rácson maradó anyagot rendszeresen eltávolítják, kézi erővel, géppel, vagy automatikusan vezérelt rácstisztító berendezéssel. A rácsszemét gyorsan bomló, bűzös, fertőző anyagokat tartalmazhat, kezelése kellemetlen és egészségtelen művelet. Ezért figyelmet érdemel az automatizálás lehetősége.

Az ivóvíz tisztítási technológiában - ha a vízkivétel felszíni vizekből történik - a rács után elhelyezett **szitaszűrő** az apróbb szennyeződést tartja vissza.

A szitaszűrők a rácsokkal azonos elven működnek, de eltérő a konstrukciójuk. Alkalmaznak rés- és nagyon eltérő finomságú, szövet-jellegű szitákat, amelyek a szűrőelem alakja szerint lehetnek: ívszíták, szalagszűrők, dobszűrők. Megkülönböztetünk álló és mozgó szitaszűrőket.

Az átmenetet a rácsokból az **ívszita** képezi, amelyen a hullámosított pálcák tengelye vízszintes és ívesen egymás alatt helyezkednek el (35. ábra). A víz - szilárd anyag szuszpenzió felülről lefelé, gravitációsan áramlik. A víz átfolyik a réseken, a szilárd anyag pedig lefelé sodródva, a szűrő alján eltávolítható. Kb. 0,1 mm nagyságrendbe eső mechanikai szennyezés eltávolítására alkalmas.



35. ábra Szűrés ívszítán

A **szalagszűrő** görgőkön körbejáró, végtelenített szitaszalag, vagy szitaelemekből álló lánc, amely időszakosan, vagy állandó egyenletes sebességgel mozoghat. Lyukmérete 0,3-5 mm közötti, a huzalok anyaga rozsdamentes acél, vörös-, vagy sárga-réz, bronz, vagy műanyag.

A **dobszűrők** különféle finomságú szitahálóval borított palástú, nyitott, vagy zárt, forgatható szerkezetek. A szürendő vízmennyiség függvényében, rendszerint 1,4-3,0 m átmérővel, hasonló szélességben készülnek.

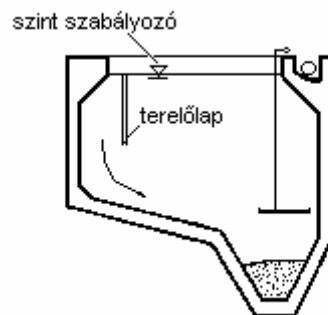
A szűrési eljárások üzeme megbízható. A szűrőszövet csak támasztó anyagként vesz részt a műveletben, a szűrés valójában a szilárd szemcsékből kialakuló lepényen megy végbe. Az üzemeltetés során (a jó teljesítmény érdekében) nagy figyelmet kell fordítani a szűrőfelületek állandó tisztítására. A szűrőszöveteket rendszeresen cserélni kell, és ügyelni a kellő feszesre, jó felfekvésre. Alkalmazásuk lehetővé teszi a nagyfokú automatizálást, ahol a kezelési igény lényegesen csökkenthető.

8.2.1.2. Ülepíthető lebegő anyagok eltávolítása

Az ülepítés célja az, hogy a vízből a nála nagyobb sűrűségű lebegő anyagokat, homok- és iszapszemcséket eltávolítsák.

A szennyező anyagok üledései, flokkulációs tulajdonságaik alapján két fő csoportba sorolhatók, amelyek különálló szemcsékből állnak, nehezen, vagy egyáltalán nem pelyhesednek, illetve a könnyen flokkulálható, pelyhes lebegő anyagok.

A **homokfogó** a 0,1-0,2 mm-nél nagyobb szemcsék eltávolítására, az ásványi hordalék kiülepítésére szolgál (36. ábra). Ezek nem rothadóképesek és üledései sebességük lényegesen nagyobb, mint a szerves anyagoké, amelyek a vízben lebegve maradnak.



36. ábra Légbefúvós homokfogó (az áramlási viszonyok javítása mellett kedvező a biológiai tisztítás szempontjából is)

A víztisztítási eljárások során - főleg vízfolyásokból való vízkivétel esetén - három fő feladatra alkalmazzák:

- a mozgó gépészeti berendezések védelme,
- a műtárgyak közötti összekötő csövezetekben a lerakódás megakadályozása,
- további ülepítő- derítő-medencék terhelésének csökkentése.

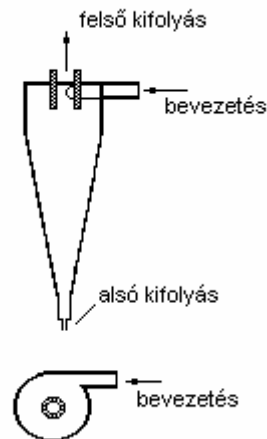
Függőleges és vízszintes átfolyású megoldásokat egyaránt alkalmaznak.

A vízben levő 0,03 mm szemcseátmérő feletti, homok-jellegű és fajsúlyú szennyeződések centrifugákkal, vagy hidrociklonokkal is ki lehet választani (37. ábra).

A **centrifugákban** a dob forgatásával hozzák létre a centrifugális erőt, melynek hatására a dobba juttatott víz felveszi a dob fordulatszámát és vele együtt forog. Ekkor tulajdonképpen centrifugális erőterben állóvízes ülepítés megy végbe.

A **hidrociklon** esetében az álló dobba nagy sebességgel szivattyúzzák be a vizet, ahol az körpályára kényszerül és fokozatosan fékeződik. Az áramlás turbulens, az üledés folyamata

áramló folyadékban megy végbe, ezért csak nagy sűrűségkülönbség esetén használható eredményesen.



37. ábra Hidrociklon vázlatos rajza

A hidrociklonban az áramlást az edény hengeres részébe érintőlegesen, nyomás alatt bevezetett folyadék alakítja ki. Az érintőleges beáramlás hatására a folyadék nagy sebességgel forgásba jön, és a ciklon belsejében csigavonal alakú pályán halad a szerkezet középvonala felé. A vízben lévő részecskék fajsúlyuktól függően részben a fal mentén mozognak és a nehezebbek az alsó nyíláson távoznak, míg a tisztított víz az edény belseje felé halad és a felső nyíláson távozik.

A víztisztítás folyamatában az **ülepítő medencék** alkalmazására akkor van szükség, ha 0,02-0,1 mm szemcsenagyságú, viszonylag lassan ülepedő, de vegyszeres kezelést (derítést) még nem igénylő lebegő szennyeződések eltávolítása a cél. Ezen anyagok ülepedésére jellemző, hogy az ülepedési sebesség a flokkuláció következtében egyre növekszik.

Az ülepítésre nagy befogadóképességű medencéket használnak, ahol szakaszos üzemben a vizet bizonyos ideig nyugalomban tárolják, folytonos üzemben pedig lassú áramban keresztülvitetik. Tárolás, illetve lassú áramlás alkalmával a lebegő szennyeződések lesüllyednek a medence aljára, ahonnan a keletkező iszapot szakaszosan, vagy folyamatosan eltávolítják. A leülepedett csapadék könnyebb eltávolítására a medencék alját egyik irányban lejtősen képezik ki. A szennyezés ülepedési sebességétől függ tárolás időtartama, illetve az áramoltatás sebessége.

Felhasználásuk a kevésbé igényes ipari vizek előkészítésében is jelentős.

8.2.1.3. Finom lebegő anyagok eltávolítása

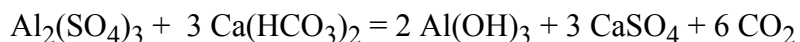
Miután a felszíni vízből a nagyobb méretű lebegő szennyeződések az ún. mechanikai tisztítás technológiai folyamata eltávolította, abban már csak a 0,1 mm nagyságrendű és annál kisebb lebegő anyagok maradnak. Ezek ásványi és szerves anyagok lehetnek, illetve jelentős mennyiségű mikroorganizmus. A felszíni vizekben általában igen nagy mennyiségű a mikroszkópikus méretű anyag. A részecskék számát átlagosan 10^9 - 10^{10} db/dm³-re becsülik.

A nem ülepíthető, apró szemcséjű és kolloid lebegő anyagok a vízből ionokat, elsősorban anionokat kötnek meg felületükön, aminek következtében elektrosztatikusan negatív töltésűvé válnak és a taszítóerők akadályozzák az ülepedésüket.

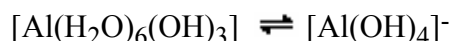
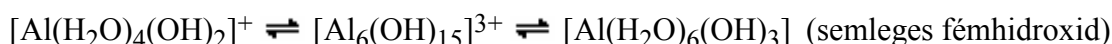
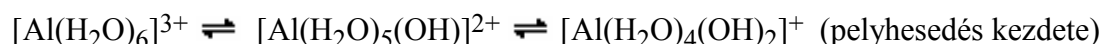
A víztisztítás során úgy lehet a nagyon kis méretű lebegő szennyeződésektől megszabadulni, hogy kémiai úton - derítéssel - csökkentjük, illetve lekötjük a töltéseket.

A **derítés** elve az, hogy a vízben vegyszerek hozzáadásával jól ülepedő, pozitív töltésű csapadékot hoznak létre (pelyhesítés), mely nagy felületén megköti a vízben szuszpendált apró szemcséjű, negatív töltésű lebegő anyagot, és vele együtt könnyen kiülepedik. Derítő vegyszerként vízben jól hidrolizáló fémsókat $[Al_2(SO_4)_3, Fe_2(SO_4)_3, FeCl_3]$ használnak. Ezeknek a vegyszereknek kis mennyiségű tömény oldatát adagolják a vízhez és a vegyszer és a víz erőteljes összekeveréséről.

A derítő vegyszerek a vízzel, illetve a vízben oldott hidrogén-karbonátokkal reagálnak és gyakorlatilag oldhatatlan, jól ülepedő, pelyhes $Al(OH)_3$, ill. $Fe(OH)_3$ csapadék keletkezik:



Ez az egyenlet nagyon leegyszerűsíti a vízben lejátszódó folyamatot. Sokkal inkább megfelel a valóságnak a lépcsőzetes, komplexképződési reakció:



A reakció során a három pozitív töltésű fémionból semleges fémhidroxid lesz, a közbelső termékek, az ún. fém-hidroxo-komplexek ellenben pozitív töltésűek, sőt polimerizációra is hajlamosak. Így hosszabb láncú, vagy térhálós alakzatok képződnek, amelyeknek kisebb vagy nagyobb pozitív töltése mindaddig megmarad, míg létre nem jön az $Al : OH = 3 : 1$ arány.

A fém-hidroxo-komplexek képesek a negatív töltésű lebegő anyagok semlegesítésére, illetve azok koordinációs kémiai kötésére. Az elektrosztatikai és kémiai hatások mellett azonban még adszorpciók kötő hatása is van.

A koaguláció szempontjából a vas(III)-sóknak több előnyös tulajdonságuk van, mint az alumínium-sóknak. Így pl. az Al-sók csak 5,8-7,4 pH értékek között pelyhesednek megfelelően, a vas-sók pedig pH = 5,5 felett jóformán felső határ nélkül. Színező hatásuk viszont további kezelést tesz szükségessé. Az alkalmazott sómennyiség a derítendő víz minőségétől függ (általában 20-50 g/m³).

Nagyon fontos a vegyszerek gyors elkeverése, azaz a vegyszer-koncentráció minél egyenletesebb eloszlása, és a képződő mikropelyhek, valamint a lebegő szennyeződések minél hatásosabb ütköztetése.

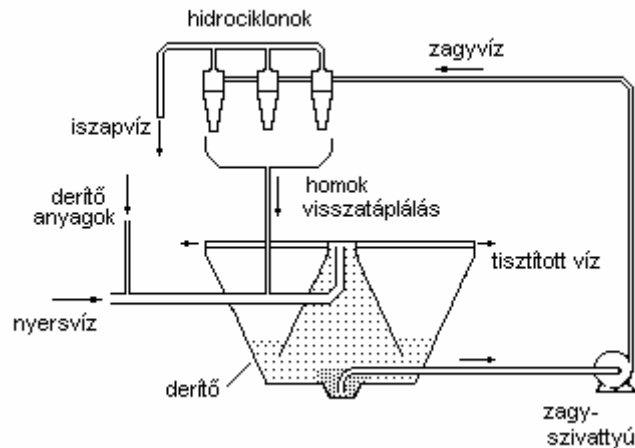
A szervesetlen koaguláló szerek mellett a polielektrolitok használata is egyre nagyobb teret kap. Ezen készítmények közös tulajdonsága, hogy aktív funkciócsoportjaik vannak, amelyek pozitív, vagy negatív jellegűek lehetnek. Használatukkal a pelyhek méretét és a növekedés sebességét lehet változtatni, ezzel a derítési folyamat gyorsítását, a derítő berendezés kapacitásának növelését lehet elérni.

A derítés, és az azt követő ülepités ugyanazon berendezésben játszódik le.

A derítő reaktorban dinamikus iszapeltávolítást alkalmaznak. Ennek lényege, hogy a már kivált, nagyszemcséjű iszap egy részét a friss víz áramlásának útjába visszavezetik, ún. lebegő iszapfüggönnyt hoznak létre, amellyel a kezelendő víz kénytelen összekeveredni.

A *Cyclofloc*-rendszerű derítési módot függőleges átfolyású, ellenáramú, lebegő iszapfüggönyös derítőkben alkalmazzák (38. ábra). Lényege, hogy a derítendő vízhez a koaguláló vegyszeren kívül, és azt követően, 30-120 µm szemcsenagyságú kvarclisztet adagolnak, ami jelentősen növeli az iszapfelhő fajsúlyát növeli. A jól ülepedő pelyhek kontakt hatása elősegíti a víz derítését. Az intenzív keverés és az ülepedés elősegítése céljából az áramlás irányát a derítő tartályban terelőlemezekkel szabályozzák. Előnyük, hogy a

tartózkodási idő nagyon kicsi (60-90 perc), és az ülepedés határfoka igen jó. A derítő alján összegyűjtött iszapot zagyszivattyú hidrociklonba szállítja, ahol a homokot elválasztják az egyéb iszaptól. Ezután a homok visszatáplálható a derítőbe, és csak a veszteség pótlásáról kell gondoskodni. A derített, ülepített víz maradék lebegőanyag tartalma kisebb mint 10 mg/dm^3 , amelynek eltávolítására homokszűrőt alkalmaznak.

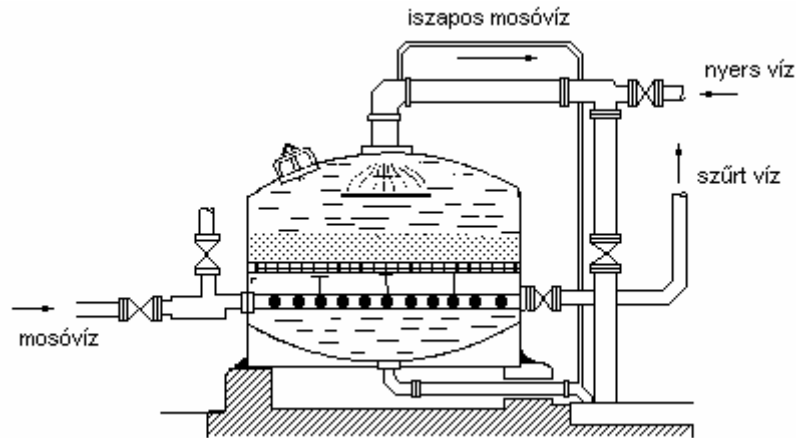


38. ábra Cyclofloc-rendszerű derítő

A szemcsés anyagon át végzett szűrésen - **homokszűrésen** - azt az eljárást értik, amikor adott rétegvastagságú szemcsés anyagból (kavics, homok, zúzott kvarc, antracit stb.) álló szűrőrétegen átengedve a vizet, annak lebegő szennyeződéseit eltávolítják. Az előzetesen fizikai-kémiai beavatkozással mesterségesen kialakított pehely maradványok kiszűrése **gyorsszűrőkkel** történik.

A *nyitott* gyorszűrőkben a víz hidrosztatikai nyomása biztosítja a szűrő ellenállásának legyőzéséhez szükséges nyomást. A betonból készült szögletes medencék fenekén vannak a szűrőfejek beépítve, amelyeken a tisztított víz elfolyik. A szűrőtöltet 1-1,5 m vastagságú, 1-2 mm szemcseméretű homok, amelynek elhordását az alatta elhelyezkedő, 15-20 cm-nyi 3-5 mm méretű kavics akadályozza. A jó szűrőhatáshoz szükséges kocsonyás réteg a derítés után visszamaradó pelyhekből alakul ki a szemcsék felületén.

A *zárt* gyorszűrők fekvő, vagy álló kivitelben készülnek, hengeres alakúak (39. ábra). A töltelrendezés az előzőhöz hasonló: a kb. 20 cm vastag, nagyobb szemcséjű támasztórétegen nyugszik a 0,8-1,5-2 mm-es szűrőhomok. Ezeket a szűrőket nyomás alatt üzemeltetik, fajlagos teljesítményük nagyobb. Tisztításuk visszamosással történik. Ekkor ellenáramban, a homok ülepedési sebességénél nagyobb intenzitással mosóvizet vezetnek a szűrőágyon keresztül. Mosáskor a szűrőszemcsék egymáshoz dörzsölődnek, a rájuk rakódott szennyezés leválik, és azt a víz magával viszi a csatornába. Intenzívebb tisztítás érhető el, ha a víz mellett levegő befújást is alkalmaznak.



39. ábra Zárt gyorszűrő

A finom lebegő anyagok eltávolításában - ha azok mennyisége igen alacsony és nem történik derítés - a **mikroszűrők** használata is jól bevált. A mikroszűrő a dobszűrőnek egészen finom lyukméretű szitaszövettel borított fajtája. Alacsonyrendű élő szervezetek kiszűrésére is alkalmazzák, amit **UV-fény besugárzás** és **rövidhullámú kezelés** egészíthet ki.

8.2.1.4. Mikroorganizmusok eltávolítása

Az ivóvíz kórokozó baktériumokat egyáltalán nem tartalmazhat, egyéb mikroorganizmusokat is csak nagyon korlátozott számban, amit bakteriológiai vizsgálatokkal ellenőriznek (**MSz ISO 6222** és **MSz ISO 8199, 9308-1/-2**).

A víz csíramentesítését, azaz fertőtlenítését főként oxidációval végzik. Az oxidáció hatására a mikroorganizmusok elpusztulnak, a víz fertőző hatása megszűnik. A kezelendő víz jellegétől függően többféle eljárás alkalmazható, amelyekkel a csírátlánításon kívül más oxidációs reakció is megoldható.

A legfontosabb oxidálószerke, amelyeket a víztisztításban fertőtlenítésre felhasználnak a klórgáz, a nátrium-hipoklorit, a klór-dioxid és az ózon.

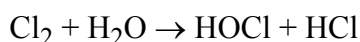
A mélységi és felső vízadó rétegekből származó vizeket az esetleges vas- és mangántalanítás után *klórozással* csírátlánítják. A felszíni vizeket a tisztítási folyamat elején *előklórozzák*, hogy megakadályozzák a mikroorganizmusok elszaporodását a berendezésekben, míg az *utóklórozás* a tisztítási folyamat utolsó lépcsője. A szennyvizek fertőtlenítő klórozását mindig a tisztítási folyamat végén végzik.

A klór-dioxid mind elő-, mind utóklórozáshoz használható. Az ózont kiváló csíráölő tulajdonsága ellenére hálózati ivóvíz kezelésére nem használják, mivel kimutatása nem megoldott és tartós hatást nem biztosít, fennáll az újrafertőződés veszélye. Egyes ipari szennyvizek kezelésében viszont jelentős szerepe van, a biológiailag nehezen lebontható oldott szerves anyagok oxidációjára használják.

Bármilyen módszer szerint történik is a fertőtlenítés, a további kezelés során nagy figyelmet kell fordítani arra, hogy a víz ne fertőződjék újra, és a bevitt anyagok, keletkező új ionok ne legyenek károsak az emberi (élő) szervezetre, illetve a víz ipari felhasználása során ne okozzanak újabb korrózióvesztést.

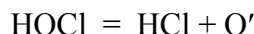
Klóros oxidáció

A klór adagolása történhet gáz, vagy vizes oldat alakjában. A *klórgáz* vízben való oldódásakor hipoklórossav keletkezik:



A reakció során felszabaduló sósav a víz karbonát-keménységével reagál, megváltoztatja a karbonát - nem karbonát keménység arányát.

A klór hatékonyságát egyrészt azzal magyarázzák, hogy a hipoklóros-sav könnyen bomlik, és a



egyenlet alapján sósavat és oxigént ad, ami nagyon erélyes oxidálószer. Másrészt azzal, hogy a hipoklórossav könnyen behatol az élő sejtekbe, ahol az enzimszisztémával irreverzibilis reakcióba lép, és így fejt ki mérgező (oxidáló) hatását. Ez annál erősebb, minél több, disszociálatlan hipoklórsav-molekula van az oldatban. A disszociáció növekszik a pH emelésével

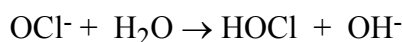


és a képződő hipoklorit-ionok már nem olyan hatékonyak, mert a sejtfalon nehezen tudnak áthatolni.

Sok esetben a klórozást nem gázzal, hanem *nátrium-hipoklorit oldattal* végzik. Ez a só oldatban szintén disszociál:



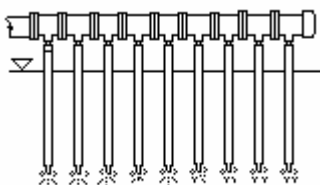
majd a vízhez adagolva - nagy hígításban - hidrolízis következik be, amikor a hipoklorit-ion egy része ismét hipoklóros-savvá alakul:



Ugyanakkor az OH^- lúgosít, nem teszi kedvezővé a közeget nagyobb savkoncentráció kialakulásához.

A klór nem csak a baktériumokra hat, hanem a vízben, vagy szennyvízben található egyéb, oxidálható anyagokra is. Főleg szerves anyagok jelenléte esetén fontos figyelembe venni erős oxidáló képességét, de szerepe van a cianidok, szulfidok stb. oxidálásában is. Így azok koncentrációja jelentősen növelheti a fogyasztott klór mennyiségét. A szükséges adag megállapításához a kezelendő víz mintáját túlklórozzák, és egy idő múlva meghatározzák a szabad klór mennyiségét.

A klórgázt palackokból, vagy hordókból táplálják reduktorok, mérőeszközök közbeiktatásával a felhasználás helyére. Ritkán juttatják a vízbe közvetlenül gáz formában, klórosvizet készítenek belőle és azt adják a kezelendő vízhez. A nátrium-hipokloritot adagolhatják hígítás nélkül, vagy hígítással. Nyílt csatornába beállított szelepeken átfolyatva, míg a zárt, nyomás alatti csövezetékbe vegyszeradagolóval juttatják be (40. ábra). Mivel a klór igen veszélyes, mérgező gáz - az üzemeltetés során a szigorú biztonsági előírásokat szükséges betartani.



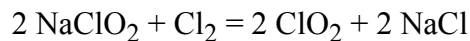
40. ábra Klór bevezetése csatornába

Az ivóvízből a maradék klórfelesleget el kell távolítani részben azért, hogy a kellemetlen klórszagot megszüntessék, részben pedig azért, mert a klóros víz a berendezés fémrészeit korrodálhatja. A klór megkötése leginkább aktív szenes utókezeléssel történik.

A hipoklóros-sav általában kitűnően hat a baktériumokra, a vírusok nagy részét szintén elpusztítja, de vannak olyan mikroorganizmusok, melyek a klórozás után is életben maradnak. Ezek eltávolítása még hatásosabb oxidálószer igényel.

Klór-dioxidos oxidáció

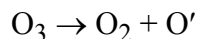
A klór egyes vegyületekkel, így a fenol-származékokkal, olyan reakcióterméket eredményez, amelyek a víznek kellemetlen ízt és szagot adnak. Ez a hatás nagy mértékben kiküszöbölhető *klór-dioxid* használatával, amelyet a használat helyén nátrium-kloritból sósav vagy klór hozzáadásával állítanak elő:



A klór-dioxid a klórnál hatásosabb oxidálószer. Az oxidáció sebessége is nagyobb, és hatása nem függ a víz pH-értékétől. Vizes oldatként szivattyúval, vagy injektorokkal adagolják a kezelendő vízhez. Használata azonban nem veszélytelen, mert a kiindulási nátrium-klorit önmagában is képes robbanni.

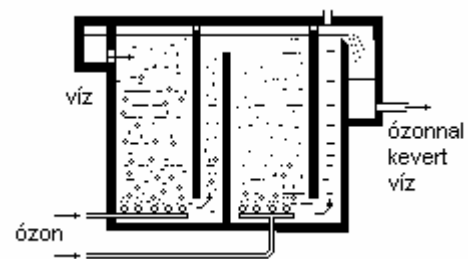
Ózonos oxidáció

Az *ózon* (O_3) nagyon erős oxidálószer. A könnyebben oxidálható anyagokon kívül, a telítetlen jellegű szerves vegyületekre is gyorsan hat, mint pl. olefinekre, benzolra, fenolra stb. Ezeket a vegyületeket teljesen szétroncsolja. A vírusokkal szemben is sokkal hatásosabb a klórnál. Hatása a vízben való bomlása révén következik be:



ami annál gyorsabban megy végbe minél nagyobb a víz pH-értéke.

A kellő hatás elérése érdekében általában 15 percen át legalább $0,4 \text{ g/dm}^3$ ózon-koncentrációt alkalmaznak. A kezelendő vízhez a folyása mentén több helyen adagolnak ózont. Az ózont a levegő oxigénjéből nagyfeszültségű kondenzátor lemezei közt csendes kisüléssel állítják elő és a gázt közvetlenül, buborékoltatással, turbinás elkeveréssel, vagy injektoros bekeveréssel juttatják a vízbe (41. ábra). Az ózon szintén nagyon veszélyes az ember egészségére, valamint igen korrozív sajátosságú.



41. ábra Buborékoltató ózonbekeverés

Egyéb fertőtlenítőszer

A *kálium-permanganátos* oxidációt nem annyira csírátlanításra, mint inkább egyéb oxidációra használják adszorpciós folyamatokkal kombinálva. Nagyon hatásos algicid szer. Íz és szagrontó anyagok eltávolítására is alkalmazzák.

Főleg laboratóriumi, kisebb vízmennyiségek csírátlanítására használt eljárás az *UV-fény besugárzás*, míg a *pasztőrözés* az élelmiszeriparban alkalmazott módszer.

8.2.2. *Az oldott szennyeződések eltávolítása*

A felszíni és felszín alatti vizek éppúgy, mint a már használt vizek, különböző, de jelentős mértékű oldott anyagot tartalmaznak. A különféle vízhasználatokban más-más oldott anyag jelenléte káros (vas- és mangán-tartalom, keménység, oldott oxigén stb.), amelyeknek eltávolításáról gondoskodni kell. A nagyon sokrétű feladat technológiai műveleteit és berendezéseit a XXXVIII. táblázat tartalmazza.

Ezen módszerek esetében fokozottabban mutatkozik meg a felhasználás követelmény-rendszere abban, hogy melyik eljárást alkalmazzák, illetve mely műveletek maradnak el a vízkezelés során. Meghatározó tényező az is, hogy ipari felhasználású vizek esetén gyakran már ivóvíz minőségűből indulnak ki, így az ahhoz kapcsolódó műveletek eleve kimaradnak a felhasználó üzemi vízelőkészítésből, illetve a sorrend megcserélődik.

A főbb technológiai célok:

| | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| íz- és szag-mentesítés | vas- és mangántalanítás | |
| szénsav és káros gázok eltávolítása | lágýtás - sóltalanítás | hiányzó anyagok pótlása |

XXXVIII. táblázat Oldott anyagok eltávolítása és pótlása

| Technológiai cél | Íz- és szagmentesítés | | Vas- és mangántalanítás | | Szénsav és káros gázok eltávolítása | | | Lágyítás - sótalanítás | | | | | Hiányzó anyagok pótlása | | |
|---|--|--|---|---|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------|
| | Aktív-szén adszorpció | Lassú szűrés szemcsés anyagokon át | Oxidáció és kicsapás | Adszorpció | Levegőtetés, termikus deszorpció | Megkötés | Redukció | Kicsapás | Ioncsere | Fordított ozmózis | Elektro-dialízis | Desztilláció | Fluorozás | Keményítés | pH szabályozás |
| Jellemző műveletek | Áramlás darabos halmazon át, fluidizáció, adszorpció | Szűrés | Keverés, üleptetés, szűrés | Áramlás darabos halmazon át, adszorpció | Kihajtás | Áramlás darabos halmazon át | Keverés | Keverés, üleptetés, szűrés | Áramlás darabos halmazon át | Szűrés | Desztilláció | Keverés és elnyeletés | Keverés | | |
| Megvalósítás technológiai jellemzése (berendezések) | Aktív-szén szűrők, aktív-szén-por adagolók | Lassú-szűrők, talajvíz dúsító berendezések | Levegőtető, ózon adagolók, gyors-szűrők | Levegőtető, mangántalanító bedolgozott szűrők | Levegőtető, termikus gáztalanítók | Mész-kő és dolomit szűrők | Vegyszer adagolók | Meszes lágyítók | Kation és anion cserélők | Szemi-permeabilis membrán-szűrők | Desztilláló készülékek | Fluoradagolók | Mész- és szén-sav adagolók | Sav- és lúg-adagoló berendezések | |

8.2.2.1. Íz- és szagmentesítés

A különféle íz- és szagrontó szennyezőanyagok - mosószerek, növényvédő szerek, fenolvegyületek, olajszármazékok és egyéb szerves anyagok - kivonására a víztisztításban főleg aktívszenes adszorpciót használnak.

Az **aktív szén** a víztisztításban általánosan használt adszorbens, alkalmazzák mind por, mind szemcsés formában. Jellemzője a nagy fajlagos felület ($600-1500 \text{ m}^2/\text{g}$).

Az aktív szén poradagja $5-25 \text{ g/m}^3$ (max. 50 g/m^3). Kisebb mennyiségben az íz- és szagtalanítást nem oldja meg elfogadható mértékben, mivel az eltávolítandó mikrokomponensek mellett más adszorbeálódó anyagok nagyobb koncentrációban találhatók a vízben és az aktív felületet beborítják. A por adagolásakor előzetesen kevés vízben el kell keverni a szükséges mennyiséget - amihez erre a célra gyártott berendezést használnak - mivel az aktívszén-por nehezen nedvesedik. Ezt a szuszpenziót adják a kezelendő vízhez. A megfelelő hatékonyság eléréséhez szükséges, hogy a kontakt idő mintegy 60 perc legyen. A poradagolás legcélszerűbb helye a derítés előtt van.

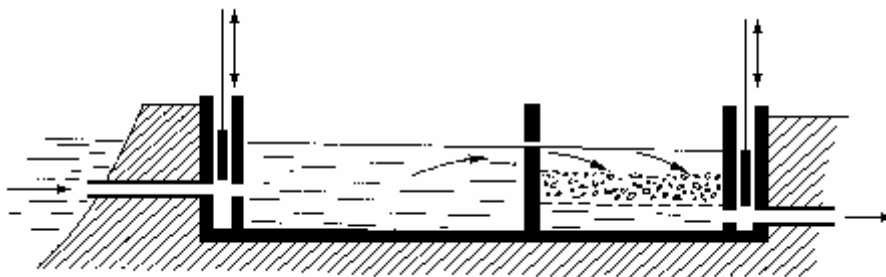
Gyakoribb az **aktív szén szűrők** alkalmazása, amelyek műtárgy-megoldásukban hasonlóak a homokszűrőkhöz. A szemcsenagyság 1-4 mm körüli. Telítődés (megkötő képességének elvesztése) után vagy el kell égetni (pl. olajszennyezés esetén), vagy aktiválni lehet (hő- és vegykezelés után újra felhasználhatók). Az aktívszén-szűrő a technológiai folyamatnak abba a részébe kerül, ahol a víz már minden lebegő szennyeződéstől megtisztult. Előzetesen megfelelően tisztított (derített) víz esetén homokszűrő helyett is használják.

Az íz- és szagrontó anyagok hatékonyabb eltávolítását segíti, ha az aktívszenes szűrést megelőzően KMnO_4 -os, vagy ózonos oxidációt is alkalmaznak.

Mivel a felszíni vizek minősége nem várt események, balesetek stb. következtében hirtelenül és nagymértékben romolhat, ezért a kettős aktívszenes kezelés javasolt. Ekkor az aktívszén-szűrő folyamatosan biztosítja az átlagos mennyiségű mikroszennyezők eltávolítását, míg a szennyezettség mértékének növekedésekor poradagolással segítik a víztisztítást. Ekkor a por típusának megválasztásával rugalmasan igazodhatnak a szennyezettség fajtájához (pl. fenol, detergens stb.).

A kellemetlen ízt és szagot okozó anyagok eltávolítására a felszíni víztisztításban még a homokszűrők másik típusát, a **lassúszűrőket** is alkalmazzák - a technológiai tagozódásban az úszó-, lebegő-anyagok eltávolítása után (42. ábra).

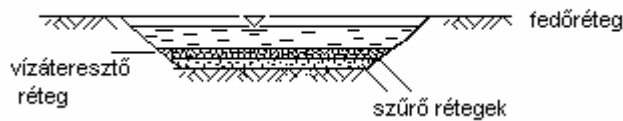
A szűrő tetejére a vízben lévő kolloid szennyeződésekől és mikroorganizmusokból kocsonyás biológiai réteg rakódik az 1-2 mm-es homokszemcsék felületére. Ez a biológiai hártva a mikroorganizmusok megkötése révén fertőtlenítő hatású is. Amennyiben a szűrő ellenállása - a ráakódott szennyezések, illetve a biológiai hártva túlzott kifejlődése miatt - nagy mértékben megnövekszik, a töltet felületéről eltávolítanak egy réteget (amit speciális regenerálás után újból fel lehet használni) és frissel pótolják.



42. ábra Lassú szűrő

A lassú szűrést eredményesen használják főleg sekély mélységű tározók vizének, vagy olyan egyéb felszíni vizek tisztításához, ahol az algák anyagcsere termékei veszélyeztetik a víz jó ízét. A lassúszűrő előnye, hogy a víz tisztítását a természetben előforduló folyamathoz hasonlóan oldja meg, elkerülve a vegyszeres kezelést.

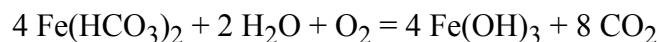
A lassúszűréssel azonos technológiai cél elérésére alkalmazzák a **talajvízdúsítást**, amikor természetes szűrőréteget használnak és a felszíni vizeket a talajba szivároztatják (43. ábra). Ezzel a módszerrel nem csupán tisztítást érnek el, hanem a talajvízkészlet növelését is. A talaj, a dúsítandó talajvíz, a beszivároztatásra kerülő víz, illetve a talajvízdúsítás után kitermelt víz minőségi jellemzőinek ismerete, a talajvízmozgás feltérképezése és a visszanyerhető víz mennyiségének körültekintő becslése szükséges ahhoz, hogy az eljárást gazdaságosan lehessen alkalmazni.



43. ábra Talajvízdúsítás beszivároztató medencében

8.2.2.2. Vas- és mangántalanítás

A **vas** a vízben hidrogén-karbonát, szulfát alakjában, vagy huminsav-vas sóként lehet jelen. Legegyszerűbben a $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ távolítható el, ugyanis oxigén hatására oldhatatlan vas-hidroxid alakjában kiválik a vízből:

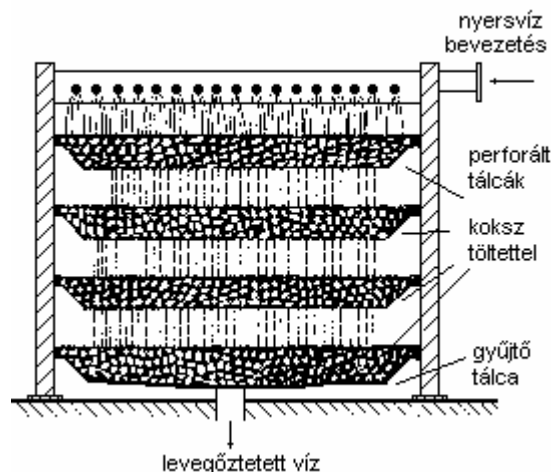


Ez a folyamat a felszíni vizekben önmagától végbemegy, viszont talajvizekben, kutak vizében mesterségesen kell előidézni. Ez történhet úgy, hogy a vizet nagy felületen érintkezésbe hozzák a levegővel, csörgedeztetik, szétporlasztják vagy a csővezetékbe levegőt sajtolnak.

A kivált vas(III)-hidroxid csapadékot szűréssel lehet eltávolítani a vízből. A felszabaduló szén-dioxid megkötéséről, illetve savanyító hatásának ellensúlyozásáról gondoskodni kell. A tökéletes vastalanításhoz kedvező, 7-nél nagyobb pH-t szükség esetén mész adagolással biztosítják.

A vastalanítás nyitott levegőztető berendezésben egyszerűen elvégezhető. Ezekben a vizet speciális fuvókákkal porlasztják, vagy nagy felületű anyagokon (tégla-, koksztörmelék) csörgedeztetik (44. ábra), amikor a víz a vas kiválásához szükséges oxigént a levegőből veszi fel. A kivált csapadékot üleptik, vagy homokszűrőkkel távolítják el.

Zárt készülékeknél kompresszorral levegőt sajtolnak a vizet szállító vezetékbe a szűrőbe való bevezetés előtt és a felesleges levegő automatikusan működő szelepeken keresztül tud távozni a szűrőből. A szűrőrétegben lerakódott vas-hidroxidot időnként visszamosással távolítják el.



44. ábra Csörgedeztető berendezés

A szerves kötésű vas eltávolításához erősebb hatású oxidálószerre van szükség. A huminsavakhoz kötött vasat olyan erélyes oxidálószerrel, mint a KMnO_4 , vagy klór, is csak nehezen lehet eltávolítani, mert a humátok védőkolloidot képeznek. Ezért az ilyen vas-szennyezés megszüntetése a kolloidok kicsapásával együtt oldható meg.

A **mangán** főleg hidrogén-karbonát, ritkábban szulfát alakjában található a vizekben. Eltávolítása a vashoz hasonlóan oxidációval végezhető.

Ha a vashoz képest csak igen kevés mangán van a vízben, a mangántalanítás a vassal együtt megoldott. Ha nagy a mangánmennyiség, a folyamat nehezebben megy végbe, mert a vastalanítás során felszabaduló szén-dioxid miatt gyengén savassá váló vízben a mangán oxidációja lassúbb. Az együttes vas- és mangántalanítás esetén ezért a víz lúgosítása szükséges.

A mangán eltávolítása az enyhén lúgos vízből ún. bedolgozott kvarc-szűrőrétegen történik. A szűrőszemcsék felületén KMnO_4 -ban való áztatással mangán-dioxid réteget alakítanak ki, amely a korábban befűjt levegővel együtt biztosítja a Mn^{2+} -ionok oxidációját. Az elhasználódott barnakő-réteget időnként fel kell újítani.

8.2.2.3. A szénsav és a káros gázok eltávolítása

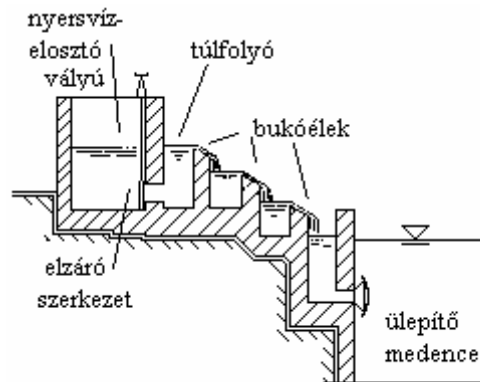
A vízben előforduló gázok egy része a vezetékek, berendezések korrózióját okozhatja - mint a szén-dioxid és az oxigén -, amelyek a nagy hőmérséklet és nyomás miatt különösen a tápvíz-kazánvíz rendszerekben veszélyesek, másokat pedig kellemetlen szaga, mérgező tulajdonsága vagy robbanásveszély miatt szükséges eltávolítani - mint a kén-hidrogént, metánt, ammóniát.

Gáztalanítás fizikai módszerekkel

A legelterjedtebb módszer a **szellőztetés**, vagy **levegőztetés**. Ennek lényege az, hogy a vizet különféle módszerekkel finom cseppekre bontva, gondoskodnak a megújuló nagy vízfelület és a levegő közötti állandó érintkezésről. Ezáltal a víz és levegő közötti gázátadás

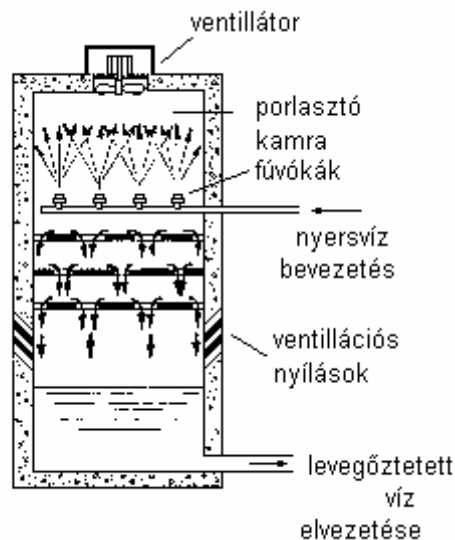
állandóvá válik, mivel az eltávolítandó gáz parciális nyomása lényegesen nagyobb, mint a gázfázisban.

A **levegőztetés** megoldható pl. csörgedeztetéssel, amikor a vizet lépcsőzetesen elhelyezett lapokon folytatják le. Egyszerűbb esetben bukóvályúkat, bukóéleket alkalmaznak (45. ábra), de tálcákon, vagy töltőanyagon is átcsörgedeztetetik a vizet.



45. ábra Csörgedeztetéses levegőztetés

A legnagyobb érintkezési felületet a permetezés biztosítja. Ekkor 2-3 m magasból porlasztják szét a vizet (46. ábra). Ezen eljárások során a víz oxigén-tartalma az egyszázyi értékig növekszik, ami 20°C-on 9 mg/dm³, tehát ezek a módszerek csak akkor alkalmazhatók, ha az oxigén-tartalom nem káros.



46. ábra Fűvókás porlasztás és csörgedeztetés kombinációja

A vízben leginkább előforduló káros gázok közül levegőztetéssel megfelelő körülmények között eltávolíthatók: az agresszív *szén-dioxid*, a *kén-hidrogén* és a *metán*.

Szén-dioxid előfordul geológiai eredetű mélységi vizekben, hévizekben, szennyvizekben, keletkezhet felszíni vizekben végbemenő kémiai és biokémiai folyamatok során, különböző jellegű és eltérő hőmérsékletű vizek összekeverésekor, illetve a víz derítése során is (erős savak sóinak adagolása miatt a hidrolíziskor keletkező sav a vízben levő hidrogén-karbonátokból szénsavat szabadít fel).

A víztisztítás technológiai folyamatában az agresszív szén-dioxid eltávolítása levegőztetéssel többnyire *más eljárásokhoz kapcsolódva* jelentkezik (pl. vas- és mangántalanítással egybekötve). Ilyenkor a levegőztetés célja a vas- és mangánpelyhek kicsapását előkészítő *oxidáció*. Felszíni vizek tisztításakor a derítést megelőzően alkalmazott levegőztetés célja - az esetleges agresszív szén-dioxid eltávolításán kívül - a víz *oldott O₂-tartalmának növelése, a víz ízének és szagának javítása*.

Az *agresszív szén-dioxid* eltávolítása levegőztetéssel csak akkor célszerű, ha a víz karbonát-keménysége 6 nK-nél nagyobb, ugyanis a vízben legalább 6-8 mg/dm³ szabad CO₂ marad a levegőztetés után. Eltávolításának eredményessége a víz szénsav-tartalmától, a levegővel érintkező vízfelület nagyságától és a levegővel való érintkezés időtartamától függ. A folyamat kezdetben gyorsan, majd egyre lassabban megy végbe, ezért a berendezésnek szabályozhatónak, rugalmasnak kell lenni.

Kén-hidrogént tartalmazhatnak a mélyégi vizek, hévizek, szennyvizek, de keletkezhet a vízben anaerob körülmények között végbemenő biológiai folyamatok, továbbá ipari szennyezetségű levegővel való érintkezés következtében is.

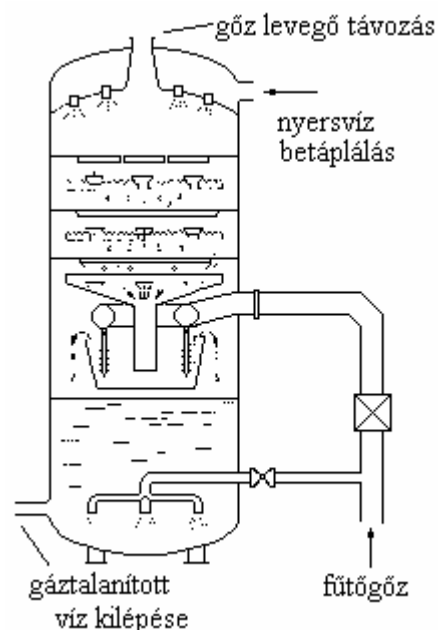
A vízben a szén-dioxidnál ritkábban előforduló kén-hidrogén (H₂S) - mennyiségétől és a víz pH-jától függően - többféle formában lehet jelen. Ha a víz lúgos, akkor szulfid- (S²⁻), vagy hidrogén-szulfid-ion (HS⁻) képződik, de egy része ilyenkor is oldott gáz formájában található. Ez kellemetlen, záptojás szagú, színtelen, eltávolítható mennyisége függ a víz pH-jától.

A kén-hidrogént rendszerint a szén-dioxiddal együtt űzik ki. Szulfid-tartalom esetén a víz pH-értékét 5-6-ra kell csökkenteni, hogy a kezelés eredményes legyen.

Metángáz a fűrt kutak vizében fordul elő, főleg az Alföldön. Elsősorban robbanásveszélyessége miatt kell vele foglalkozni. Színtelen, szagtalan, nem mérgező, kékes lánggal ég. Rosszul oldódik a vízben, a felszínre érve a túlnyomás megszűnésével nagy része eltávozik, és könnyen gyúló gáz lévén, robbanásveszélyt okoz.

A metán eltávolítható egyszerű levegőztetési módszerekkel, vagy vákuumos módszerrel. A levegőztetés során annyi levegőt kell a metános vízhez adni, hogy a metán-levegő elegy alsó robbanási határa alatt maradjon a metán-tartalom. Vákuumos eljárás során a vizet vákuum alatti térbe helyezik, így csökken a folyadék fölött a parciális nyomás és ezzel együtt a metán-koncentráció is.

Az **oxigén** által okozott korrózió veszélyének kiküszöbölésére **termikus gáztalanítási** eljárást szükséges alkalmazni (47. ábra). Ennek lényege az, hogy a közel forráspontjáig melegített vizet zárt tartályba vezetnek, ahol a felszabaduló gázokat gőzzel kiöblítik. Mivel a gázok távozása annál könnyebb, minél nagyobb felületen érintkezik a víz a gőzzel, ezért finom cseppekre porlasztva, tálcákon csörgedeztetik lefelé a vizet. Más megoldás szerint a gőzt átbuborékoltatják a vízben. A gáztalanított víz a tartály alsó részéből vezethető el, oxigén-tartalma igen alacsony, 10-30 µg/dm³ közötti lehet.



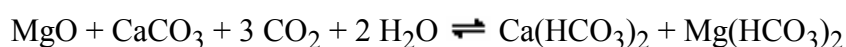
Gáztalanítás kémiai eljárásokkal

A **szén-dioxid** nem csak fizikailag oldva fordul elő a vízben, hanem szénsavként kémiai oldott állapotban is. Ezen széndioxid eltávolítása levegőztetéssel már csaknem lehetetlen, ezért arra kémiai módszert (savtalanítást) alkalmaznak. Legegyszerűbb a vizet márvány-, vagy mészkő-törmelékkel töltött tornyon átcsörgedeztetni, amikor a



reakció játszódik le, és az agresszív szén-dioxid a kalcium-karbonát beoldásával megköthető, míg a víz karbonát keménysége növekszik.

Hasonló reakció játszódik le félig égetett dolomit tölteten is. Az eltávolított szén-dioxid mennyiség és a keménység növekedés aránya ekkor kedvezőbb:



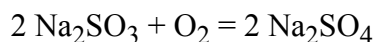
Mindkét esetben heterogén reakciók játszódnak le, a hatásfok az érintkezés intenzitásától is függ, amit az átfolyási sebesség és a fajlagos felület, azaz a szemcseméret határoz meg.

Ezekkel a módszerekkel csak lebegőanyagtól és vasvegyületektől mentes vizek kezelhetők, mert a lebegő szennyezés, illetve a vasvegyületekből a levegőn keletkező vas-hidroxid csapadék a szemcsékre rakódik, így csökkenti az aktív felületet és megakadályozza a reakciók lefolyását.

Mivel ezek a szén-savtalanító eljárások növelik a víz karbonát-keménységét, ivóvizek szén-dioxid mentesítésére használatosak, ahol a keménység kismértékű növekedése nem hátrányos, az agresszív szén-dioxid viszont a csővezetékben korróziót okozna.

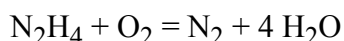
A kazán-tápvízben maradó igen kis mennyiségű oxigén eltávolítására **kémiai oxigénmentesítést** alkalmaznak. Az eljárás azon alapszik, hogy a vizet valamilyen erős redukáló szerrel hozzák össze, ezáltal a vízben oldott oxigén a redoxi reakcióban megkötődik. Ahhoz, hogy az oxigén kvantitatíve felhasználódjék, a redukáló szer feleslegben kell adagolni. Az alkalmazott anyaggal szemben tehát az a követelmény, hogy sem ő maga, sem oxidációs terméke, sem esetleges bomlásterméke a vízelőkészítés szempontjából ne legyen káros. Redukáló szerként nátrium-szulfitot, vagy nátrium-hidrogén-szulfitot, illetve hidrazint szoktak használni.

A szulfitok reakciójában szulfátok keletkeznek:



Használatuk során jelentős mennyiségű só kerül a tápvízbe, mivel nagy feleslegben kell alkalmazni és bomlástermékként kén-dioxid keletkezik, ami korróziót okozhat.

A hidrazin gáznemű nitrogén és víz keletkezése közben redukálja az oxigént, sótartalom növekedés nincs:



Bomlásterméke az ammónia, amely szintén előnyös a vízelőkészítés szempontjából. A hidrazin azonban mérgező, tömény állapotban olajszerű, robbanásveszélyes folyadék, amit vizes oldatban hoznak forgalomba. Felhasználása fokozott elővigyázatosságot követel.

8.2.2.4. Lágysítás - sótalanítás

A különböző ipari felhasználású vizek esetében nagyon zavaró lehet a magas Ca^{2+} és Mg^{2+} tartalom, illetve a keménységet okozó sók miatti elvízkövesedés. Ezért gondoskodni kell eltávolításukról, vagy a zavaró hatás más módon való csökkentéséről.

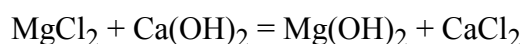
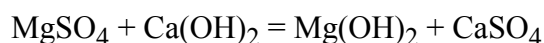
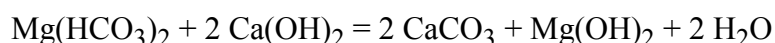
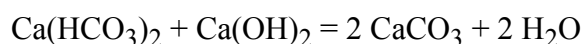
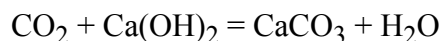
A kemény vízzel érintkező szerkezeti anyagok elvízkövesedésének meggátlására szolgálhat a víz *mágneses kezelése*. Ha a vizet erős mágneses mezőn folytatják keresztül, akkor a vízmolekulák deformálódása következtében a CaCO_3 kristályosodása nem tud megfelelően végbemenni, a kalcium-karbonát amorf iszapként válik ki, ami nem sül rá a szerkezeti anyagokra, nem képződik kazánkő. A keménységet okozó sók kiválásának megakadályozására pl. *polifoszfátokat* is adagolhatnak a vízhez, amely ezen sókat nem távolítja el, csupán kiválásukat akadályozza meg. Kis teljesítményű kazánoknál, hőcserélőknél ezek az eljárások esetenként jól alkalmazhatók.

A Ca^{2+} - Mg^{2+} -tartalom csökkentése azok eltávolításával - **vízlágyítással** - lehetséges. Ez két módszerrel történhet: csapadékos vízlágyítás alkalmazásával, vagy ioncserélő eljárással.

Amennyiben a felhasználásban - pl. ipari finomvizek - a víz egyéb sótartalma is zavaró, annak csökkentésére, illetve eltávolítására alkalmazzák a részleges, vagy teljes **sótalanítási** megoldásokat. Erre szolgálnak az ioncserélők, vagy a fordított ozmózis, illetve az elektro dialízis felhasználása.

Csapadékos vízlágyítás

A csapadékos vízlágyítás feladata a vízben oldott keménységet okozó kalcium- és magnézium-sók eltávolítása. A csapadékképző vízlágyító eljárások közül csak a **meszes vízlágyítás** maradt meg a gyakorlatban. Ennek során a lágyítandó vízhez adagolt mész - CaO , illetve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - a vízben oldott szén-dioxiddal (szénsav-eltávolítás), a karbonátkeménységet okozó sókkal és különféle magnézium-sókkal nehezen oldódó kalcium- és magnézium-vegyületet alkot az alábbiak szerint:



A folyamathoz szükséges mész mennyisége a lágyítandó víz minőségének ismeretében jó közelítéssel HUNDESHAAGEN képletével számítható:

$$\text{CaO (g/m}^3) = 10 (\text{K}_k + \text{K}_{\text{Mg}} + \text{K}_{\text{CO}_2})$$

ahol K_k a karbonát-keménység, ill. K_{Mg} a magnézium-keménység nK-ben

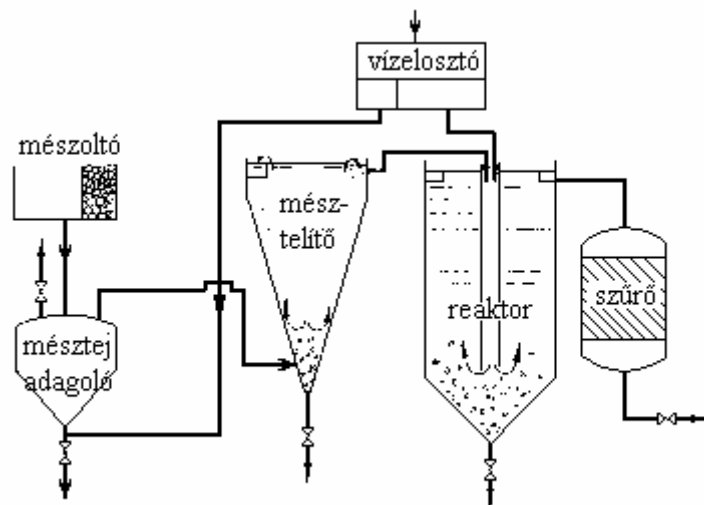
K_{CO_2} a szabad szén-dioxid nK-egyenértékben ($7,9 \text{ mg/dm}^3 = 1 \text{ nK}$)

A **meszes vízlágyító berendezés** (48. ábra) főbb részei:

- vízelosztó - mészoltó - mésztej-előkészítő - mésztelítő - reaktor- szűrő

A lágyítandó vízmennyiséget a *vízelosztó* két részre osztja. A nagyobbik részt a reaktorba vezetik, a kisebbik rész a mész feldolgozására és reaktorba juttatására szolgál.

A meszet 2-3%-os mésztej, vagy telített mészvíz alakjában adják a lágyítandó vízhez. A mésztejet mechanikus keverővel ellátott zárt tartályban készítik elő, és szabályozható adagoló szivattyúk segítségével a lágyítandó víz minőségétől és mennyiségétől függően juttatják a reaktorba.



48. ábra Mésztejes vízlágyító

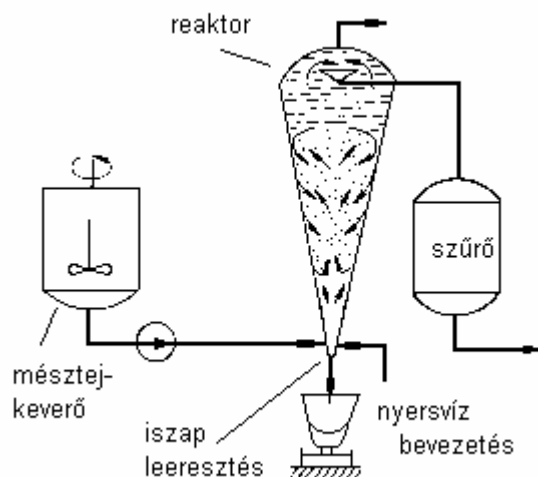
A tulajdonképpeni meszes lágyítás, vagyis a karbonátkeménység kicsapása és eltávolítása a vízből, a *reaktorban* megy végbe. A reakció lefolyása a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ esetében igen gyors, ezért a belőle keletkező csapadék mikroszemcsés, melynek ülepedése nagyon lassú.

A műtárgyak kivitelükben és működés módjukban nagyban hasonlítanak a lebegő iszapszűrővel dolgozó derítőkhez. A reaktorban ui. szintén pehelyképződés és -növekedés megy végbe, és a pelyheket azután a víztől szét kell választani. Két fő reaktor-rendszer különböztethető meg: lassú- és gyors-reaktor.

A *lassú reaktorokban* a tartózkodási idő mintegy 2-3,5 óra. A hosszú reakcióidőből fakad alkalmazásuk legnagyobb hátránya is. A nagy tartózkodási idő jelentős térfogatot, azaz nagyméretű műtárgyat igényel. Előnye ugyanakkor a lassú reaktornak, hogy a terhelés változásaira nem érzékeny, a nyersvíz lebegőanyag tartalma a reakciót nem zavarja, sőt a lebegőanyag eltávolítás szempontjából a lágyító reaktor derítőként működik. Kezelése karbantartása egyszerű, a fő folyamatok automatizálhatók.

A *gyors reaktorokban* intenzívebb keveréssel, a kivált iszap, vagy a vízhez adagolt finom homok kontakt hatásának kihasználásával, flokkuláló vegyszerek adagolásával oldják meg a reakcióidő csökkentését (49. ábra). A csapadék ülepedési sebességének növelése eredményezi a víz tartózkodási idejének és ezzel együtt a reaktor méretének csökkentését. A reaktorban a kvarchomokon, mint kristálygócokon gyorsabban válik ki a kalcium-karbonát. A gyors mészlágyítót alkalmazó eljárás hátránya, hogy csak teljesen tiszta, lebegő szennyeződéstől mentes vízzel

üzemeltethető, és csak olyan vizek lágyításához előnyös, amelynek keménységét főleg kalcium-hidrogén-karbonát okozza.



A csapadékos lágyítókhoz *kiegészítő berendezések* is tartoznak a reaktoron kívül. Egyrészt a szükséges vegyszerek tárolását és bekeverését szolgáló silók, propelleres keverők, másrészt a lágyítást követő gyorszűrők.

A csapadékos eljárásokban a keménység eltávolításán túl egyéb kedvező változás is történik a vízben. Így pl. a mész eltávolítja az agresszív szén-dioxidot, a kiváló csapadék a derítéshez hasonlóan magával ragadja a lebegő szennyeződések, a vas- és a szilikátvegyületek, valamint a baktériumok és az organikus anyagok jelentős hányadát is.

Az iparban *a meszes lágyítást előlágyítási műveletként* alkalmazzák, mivel a kalcium- és a magnézium-hidrogén-karbonátok egy része, kb. 2 nK, mindig visszamarad az eljárás során. Alkalmazása tehát akkor célszerű, ha a nyersvíz karbonát-keménysége magasabb, mint 5-6 nK és a teljes Ca^{2+} - Mg^{2+} -mentesítésre ioncserés eljárás követi.

Ioncserélő vízlágyítás - sótalánítás

A különleges minőségi követelmények miatt az ipari finomvizekhez, a nagynyomású kazánokhoz a csapadékos vízlágyítási eljárással előkészített víz minősége már elégtelen. A 0,1-0,2 nK-nél kisebb keménységű, illetve teljesen sómentes víz előállítására **ioncserélőket** használnak.

Az eljáráshoz a kiindulópontot annak a minerológiai jelenségnek a felismerése adta, mely szerint egyes alkáli-alumínium-hidroszilikátokban (zeolitokban) az alkáliföldfém-ionok alkálira cserélhetők, és viszont. A jelenség korai felismerése és alapos tanulmányozása ellenére is csak a XX.század elején kezdték az ioncserét vízlágyítási célokra használni. Kezdetben a természetben előforduló néhány ásványféleséget használtak fel, majd hasonló összetételű, ioncserére képes anyagokat mesterségesen is állítottak elő és hoztak forgalomba.

A jelenleg alkalmazott ioncserélő anyagok túlnyomó része **műgyanta alapú**. A vízelőkészítésben is használt kationcserélők rendszerint szulfo- vagy karboxil-csoportot, az anioncserélők aminocsoportokat tartalmazó sztírol-divinil-benzol kopolimer műgyanták. (ld. 4.5. fejezet) Az ilyen típusú gyantáknak nagy az ioncserélő kapacitása, kiváló a stabilitása, és nem különlegesen szelektív a természetes vizekben előforduló egyetlen kationra sem. A gyakorlatban használt **kationcserélők**, szinte kivétel nélkül erősen savas alapúak, így minden kation cseréjére képesek. Az **anioncserélők** közül is az erősen lúgos alapú gyanták használatosak, mert csak azok képesek még az egészen gyengén bázikus anionok cseréjére is.

Ioncseréléskor a víz oldott hidrophil ionjai a sztöchiometrikus cserélés folytán a cserélőn megkötődnek és helyettük az ioncserélő azonos töltésű, vele ekvivalens mennyiségű kationja (Na^+ vagy H^+), illetve anionja (Cl^- vagy OH^-) lép a vízbe. A folyamat reverzibilis, a feltételek biztosításától függően lehetséges az ioncserélő anyagok kimerítése (a víz ionjainak cseréje), illetve regenerálása.

Az ioncsere pillanatszerű reakció, azonban idő kell a kicserélendő ionoknak, hogy a gyanta belsejébe diffundáljanak, így az ioncserélés sebességében a gyanta porozitása a döntő. Ezért az ioncserélőket nagy porozitású, térhálósított, gyöngy formára készítik.

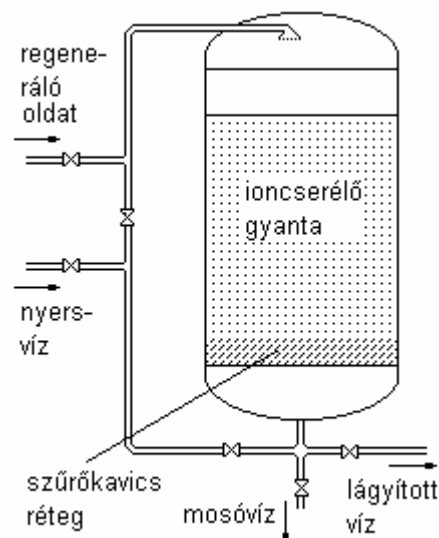
Az **ioncserélés feladata** a vízkezelési technológiákban az, hogy a vízben levő ionok közül csak a vízhasználatban nem kívánatosakat és csak a szükséges mértékben távolítsa el. Az eljárások az elérendő cél szempontjából három csoportba sorolhatók:

- vízlágyítás - $\text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{Na}^+$ csere - erősen savas kationcserélőn (Na-forma)
- részleges sóatlanítás
- teljes sóatlanítás- minden ion cseréje - erősen savas kationcserélőn (H-forma) + erősen bázikus anioncserélőn (OH-forma)

A **lágító berendezések** felépítése a homokszűrőkhöz hasonló. Hengeres álló tartályok tartalmazzák a 0,3-1,2 mm szemcse nagyságú, a kationt vagy az aniont cserélő töltetet, amelyet a vízelosztó rendszerre terített alapréteg tart. Ez legtöbbször lefelé csökkenő szemcse nagyságú kavicsrétegből áll.

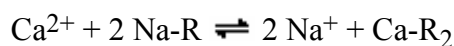
A jó hatásfokú lágításhoz szükséges, hogy a víz elég hosszú ideig érintkezzen az ioncserélővel. Ez megszabja adott áramlási sebesség mellett az *oszlop* minimális magasságát.

A lágítandó vizet felülről vezetik az ioncserélő oszlopra, gondoskodva az egyenletes elosztásról. A működtetéshez (ioncsere, regenerálás, mosás) szükséges, hogy a víz áramlási iránya változtatható legyen, amit a csőhálózatra szerelt szelepek biztosítanak (50. ábra).



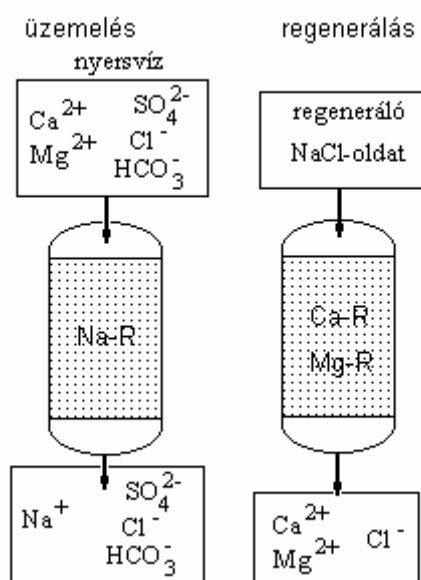
50. ábra Ioncserélő oszlop

Az **ioncsérés vízlágyítás** a keménységet okozó kalcium- és magnézium-ionokat Ná-ciklusban üzemelő kationcserélő oszlop alkalmazásával nátrium ionokra cseréli:



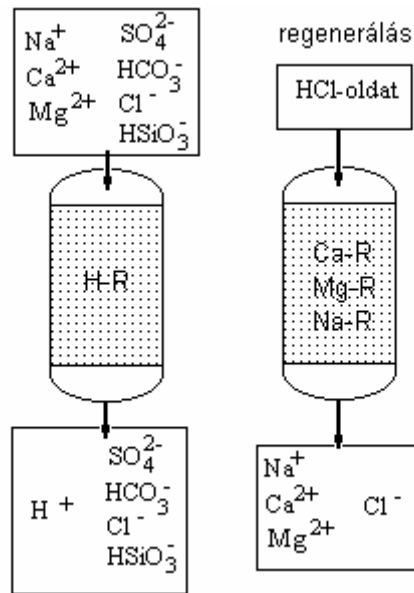
A víz sótartalma tehát nem csökken, csak a víz összes keménysége. Ezzel a módszerrel a 20 nK-nél keményebb vizekből is mintegy 0,1-0,2 nK-ű lágy víz állítható elő. A gyanta kimerültnek tekinthető, ha az elfolyó víz keménysége eléri (meghaladja) ezt a mértéket.

A **nátrium-ciklusban** üzemelő kationcserélőt NaCl-oldattal kell *regenerálni* (51. ábra). Az általában 10%-os konyhasó oldattal történő regenerálás során a gyanta a megkötött Ca^{2+} - és Mg^{2+} -ionokat nátrium-ionra cseréli vissza. Az ioncserélő vázához az alkáliföldfém ionok erősebben kötődnek, mint a Na^+ , ezért regeneráláskor nagy mennyiségű nátrium-iont kell az oszlopra bocsátani, hogy kiszorítsák azokat. Vagyis a sztöchiometrikusan szükséges mennyiség többszörösét kell felhasználni. A regenerálás homokszűrőn megszürt sóoldattal egyenáramban, vagy ellenáramban történhet, amit vele azonos irányú lassú mosás követ (a sóoldat maradék kiszorítása). Üzembevetel előtt még egy, a lágyítási folyamattal egyező irányú és sebességű alapos mosás szükséges. A teljes regenerálási művelet 2-4 óra időtartamot igényel.



51. ábra Lágyítás nátrium-ciklusban működő kationcserélővel

Ha az erősen savas kationcserélő gyantát sósavval regenerálják - H-ciklusban is tud üzemelni (52. ábra). Ekkor nemcsak a kalcium- és magnézium-ionokat, hanem a vízben lévő többi kationt is megköti és egyenértékű hidrogén-iont bocsát az oldatba. Így a víz oldott sói helyett a jelenlevő anionoknak megfelelő savak kerülnek a vízbe, vagyis az oszlopról savas, szén-dioxid-dús víz távozik.



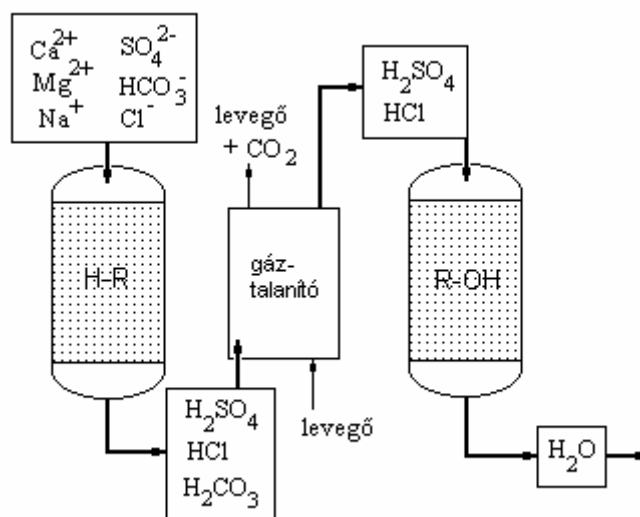
52. ábra Kationmentesítés hidrogén ciklusban működő kationcserélővel

A víz **részleges sótalánítása** érdekében párhuzamosan kapcsolnak egy H-formában és egy Na-ciklusban levő erősen savas kationcserélő oszlopot. A két oszlop kezelt vizét egyesítve a H-oszlopról elfolyó vízben levő erős savak megbontják a másik oszlopról kapott nátrium-hidrogén-karbonátokat (a keletkező szén-dioxidot ezután kilevegőztetik). Az átbocsátandó víz részarányát úgy kell beállítani, hogy a keletkező sav mennyisége a NaHCO_3 megbontásához szükséges mennyiséggel azonos legyen.

Ezek az ioncsere eljárások a vízben levő sótartalmat nem, vagy csak részben csökkentik. Az ipari technológiai folyamatokban azonban számos esetben szükséges a **teljesen sómentes víz** használata.

Az ilyen célú víztisztításnál kation- és anioncserélőn kell a vizet átvezetni. A H-ciklusban üzemelő erősen savas kationcserélőn az összes kationokat megkötik, az így keletkezett savas vízből kiűzik a szénsavat és ezután a vizet egy erősen bázikus anioncserélőn engedik át, ami még a szilikationokat is megköti. Így az eredetileg jelenvolt sómennyiséggel egyenértékű víz keletkezik. Ezt a kombinált eljárást nevezik ionmentesítésnek, vagy **teljes sótalánításnak** (53. ábra). Ilyen módon - megfelelő üzemmenet mellett, különféle ioncserélők megfelelő kombinációjával - desztillált víz tisztaságú, oldott anyagokat gyakorlatilag nem tartalmazó víz állítható elő, ami a legszigorúbb követelményeket is kielégíti.

Az anioncserélő tehermentesítését szolgálja a kationcserélő oszlop után üzemeltetett *hideg gáztalanító*, ami a H_2CO_3 megbontása és a szén-dioxid kiűzése révén növeli az anioncserélő kapacitását. Az anioncserélő regenerálása a kationcserélőkkel azonos elven, NaOH-oldattal történik.



53. ábra Teljes sótalanítás sorbakapcsolt kation- és anioncserélő oszlopban

A *kevertágyas ioncserélőkben* az anion- és kationcserélő gyanta egy oszlopban van összekeverve. Ezt többlépcsős sómentesítés után alkalmazzák, ha szupertiszta vizek előállítására van igény. Nagyon jó hatásfokkal működik, de nehézkes a regenerálása, kisebb a kapacitása és a fajlagos vegyszerigénye is magasabb, mint a különálló kation- vagy anioncserélőké.

A **teljes sótalanító berendezés** lényegében abban különbözik az ioncserés vízlágyító berendezéstől, hogy a tartályok, csővezetékek, armatúrák, adagolók és szivattyúk sav-, illetve lúg-állóak. Egyrészt ui. a regenerálásukhoz erős savat és lúgot használnak, másrészt a kation-oszlopokról távozó víz is savas, csak a folyamat végén válik semlegesé. Ezért ezek a berendezések elsősorban PVC, üvegszál-as poliszter, polietilén felhasználásával készülnek.

Egyéb sótalanító eljárások

A vízkezelési technológiában, a vízben levő oldott szerves anyagok és szervetlen sók leválasztására egyre szélesebb területen terjed a féligáteresztő hátrák (membránok) alkalmazása. A szemipermeabilis membránon keresztül két oldat csereviszonyban van egymással. A membrán az oldószert (vizet) akadálytalanul átengedi, az oldott anyagok részecskéit azonban visszatartja - ozmózis (ld. 4.1.3.5. fejezet).

A **fordított ozmózis** során az ozmózis folyamatát ellenkező irányba kényszerítik azzal, hogy a vizes oldatra az ozmózis-nyomásánál nagyobb hidrosztatikus nyomást gyakorolnak, a tiszta vizet szinte kipréselik az oldatból, míg a másik oldalon a sókoncentráció egyre növekszik. A fordított ozmózis igen nagy, kb. 1,5-10 MPa nyomással kis molekulahatárú anyagok szeparálására alkalmas.

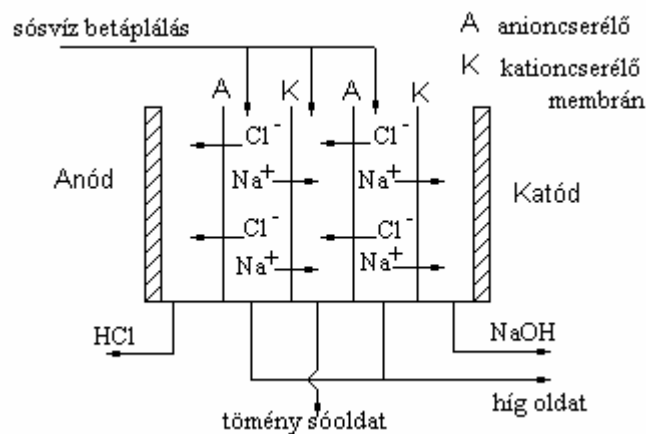
A fordított ozmózist nevezik **ultraszűrésnek** is. Általában a membrán elválasztó-képessége, illetve az elválasztandó anyagok molekulamérete és az alkalmazott nyomás azok a paraméterek, amelyek alapján különbséget tesznek a fordított ozmózis és az ultraszűrés között. Az ultraszűrés a 10^{-6} -0,01 mm mérettartományba eső, 3000-nél nagyobb móltömegű, makromolekuláris és kolloid anyagok (baktériumok, vírusok, proteinek, agyagásványok) elválasztását 0,1-1,5 MPa nyomáson oldja meg.

A fordított ozmózishoz alkalmazott membránok a célnak megfelelően különböző kialakításúak és eltérő sajátságúak lehetnek. Két fontos jellemzőjük a zárókéesség, vagyis milyen mértékben gátolja az oldott anyag áthatolását, és az átteresztőképesség, hogy az oldószer milyen könnyen tud áthatolni a membránon. A legkedvezőbb tulajdonságúnak a cellulóz-acetát membránt találták.

Fordított ozmózissal az optimális tisztavíz-kitermelés kb. 75%, az elérhető sóvisszatartás pedig - az ionok fajtájától függően - 90-95% között van. A módszer töményítési foka egy lépcsőben 3-7-szeres érték körül mozog.

Nagymértékben különböző móltömegű oldott anyagok elválasztására alkalmazzák az **elektrodialízist** (54. ábra). Ennek során a vizes oldatban lévő ionok a létrehozott potenciálkülönbség hatására hatolnak át a két vagy több oldatot elválasztó *diafragmákon* (szelektív átteresztőképességű membránon).

Az elektródok közötti ioncserélő membránok alkalmazásával lehetséges a különböző ionok szeparálása. Egy-egy komplett berendezés esetenként több száz ilyen membránból van összeállítva, felváltva anion- és kationcserélő membránok. Ezeknek az elektromos vezetőképessége és az ionátviteli szelektivitása fontos jellemzője.



54. ábra Az elektrodialízis elvi vázlata

Az elektrodialízis alkalmazási területei közül mindenekelőtt a víz ihatóvá tétele döntő fontosságú. Az elfolyó víz koncentrációját tekintve a maradék sótartalom 300-500 mg/dm³, ami az iható vízre jellemző.

9. ALÁNLOTT ÉS FELHASZNÁLT IRODALOM

1.