

Ipari és vegyipari vízszennyezők

Vízgazdálkodás: a vízzel kapcsolatos elméleti, gyakorlati tevékenység (műszaki, gazdasági, igazgatási)

Vízminőség: a víz fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak összessége.

A víz állandó körforgásban van. Beszélhetünk a víz

- természeti és
- társadalmi körforgásáról.

Utóbbi során mesterséges környezeti hatás vízszennyezés következik be.

Vízszennyezés: minden olyan hatás, amely a vizek minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz alkalmassága emberi használatra és a benne végbemenő természetes életfolyamatok biatosítására csökken, vagy megszűnik.

Vízszennyezők: Többféle szempont szerint csoportosíthatók. (lebegő, oldott, gáz)

- fizikai vízszennyezők
- kémiai vízszennyezők
- biológiai vízszennyezők
- érzékszervi hatást okozó vízszennyezők.

Fizikai vízszennyezők

- A víz színét változtatják meg (színezékek, ásványok) a víz zavarosságát a kolloid és finom szemcséjű anyagok okozzák. Ez akadályozza a napfény áthatolását.
- Hőmérsékleti szennyezés. Hőerőművek, hűtővizek okozzák. A hőmérsékletváltozás kihat az oldott gázok (oxigén, széndioxid stb.) oldhatóságára és a biokémiai reakciók sebességére. Az oldott oxigén csökkenése nyáron halpusztulást okozhat, anaerob körülmények jöhetnek létre. +8 °C fontos hőmérséklet határ, ezalatt leáll a nitrifikáció, az ammónia koncentráció megnő. +30-32 °C fölött megbomlik a normális populáció összetétel. a hőszennyezés közvetlen hatása mellett nagyobb és gyakoribb kárt okoz a közvetett hatás. Ilyen az oldott oxigén csökkenése, a toxikus anyagok hatásának növekedése. A hőmérséklet csökkenés is káros (az életfolyamatok lassulása révén) de hatásuk kevésbé drasztikus. **A HŐSZENNYEZÉS POTENCIÁLISAN A LEGKRTITIKUSABB VÍZSZENNYEZÉS!**
- Lebegő anyag szennyezés. Igen gyakori vízszennyezés, káros hatása a lebegő anyag kémiai összetételétől függ. Fontos jellemzője a szemcseméret.

Méret	Elnevezés
>2000 mm	durva kavics
1000-2000 mm	finom kavics
500-1000 mm	durva homok
250-500 mm	közepes homok
100-250 mm	finom homok
50-100 mm	nagyon finom homok
10-50 mm	iszap

5-10 mm	finom iszap
1-5 mm	agyag
0.1-1 mm	finom agyag
<0.1 mm	kolloid

Általában szerves és szervesetlen anyagok elegye. Káros hatásuk: zavarják az öntisztulást (fotoszintézis), bevonják a fenéklakó organizmusokat, a vízi élőlények táplálékát, károsítja a halakat (kopolytún lerakódik), esztétikai kárt okoz.

- Gázbuborékok. Habot eredményeznek. Általában tenzidek, mosószerek okozzák a felületi feszültséget csökkentik. A hab csökkenti az O₂ felvételt, akadályozza a fény bejutását.
- Radioaktív anyagok

Felszíni vizeknek kismértékű radioaktivitása van (⁴⁰K, urán bomlástermékek). Mesterséges szennyezőforrások: légköri atomrobbantás, atomerőművek, kutatási, oktatási, gyógyászati izotópfelhasználás. Az 1000 ismert radionuklidból mintegy 100 a leggyakoribb.

Gyógyászat: I, Au, Tl, Na, P, K, Br

Atomerőművek: Sr, Cs, Na, P, Br, I, Co, Ag,

Kiégett fűtőelem feldolgozó üzemek: U, Pu, Th, ritkaföldfémek, transzuránok, Cs, Sr, I, stb.

A nuklidok egy része a víztisztítás során változatlanul átmegy (Sr, Cs, Na, P, Br, I), más része kolloid formában az iszapokon adszorbeálódik (Ce, Au, Pu, Co). A vízbe kerülő radioaktivitás csökken:

1. ülepedés
2. bomlás
3. biológiai egyedekben történő felhalmozódás révén.

Effektív felezési idő:

$$T_{1/2, \text{eff}} \equiv \frac{T_{1/2} \cdot T_{1/2, \text{biol}}}{T_{1/2, \text{biol}} + T_{1/2}}$$

Kémiai vízszennyezők

A legsokrétűbb és legveszélyesebb vízszennyezők. Igen nagyszámúak.

- Szerves anyagok: fehérjék, zsírok, CHO, kőolajszármazékok, növényvédőszer, tenzidek, aldehidek, merkaptánok, szerves savak.
A szerves anyagok zöme elbomlik a mikroorganizmusok és az oldott oxigén segítségével. Ezzel szemben a szénhidrogének, éterek, alkil-benzol-szulfonátok, peszticidek egy része, a

vinilvegyületek, a lignin (fa), cellulóz kevésbé bomlik, vagy egyáltalán nem bomlik el. Az

aerob lebomlás során:

C -----> CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^-

H -----> H_2O

N -----> NH_3 , NO_2^- , NO_3^-

S -----> SO_4^{2-}

P -----> PO_4^{3-}

Ezen bomlási reakciók erősen hőmérsékletfüggők!!

Az öntisztulási folyamatban a légzési és fotoszintetikus folyamatok dinamikus egyensúlya a szennyezők hatására eltolódhat. (Fotoszintézis-- oxigén termelés, légzés-- oxigén fogyasztás). Ha a lebomláshoz szükséges oxigén elfogy **anaerob lebomlás lép fel** az **aerob lebomlás helyett** és rothadási folyamatok indulnak be, melynek során aminok, kénvegyületek, kénhidrogén keletkezik nitrát, szulfát stb helyett. Az **anaerob lebomlás során:**

C -----> szerves savak, metán, CO_2 , aldehidek, ketonok

N -----> aminosavak, NH_3 , aminok

S -----> kénhidrogén, szerves kénvegyületek

P -----> fozfin, szerves foszforvegyületek



N_2 , NH_3 jelenléte friss szennyeződésre utal
 NO_3^- jelenléte régi szennyeződésre utal
 NO_2^- jelenléte eutrofizációt, öregedést okoz.

- Szervetlen anyagok: szervetlen savak, lúgok, oldott sók, lebegő anyagok, nehézfémek (Hg, Cd, Pb, As, Cr, Ni, Cu, Ag, Fe, Mn, Zn), cianidok, klór, kénhidrogén, szulfidok, ammónia, szulfidok, fluoridok, nitrogén és foszforvegyületek. A savak-lúgok közömbösítés nélkül a környezet egyensúlyát megbontják. Savak hatására pH 5 alatt a víz korrózív lesz. Az oldott sók keménységet, korróziót, toxicitást okoznak. A nehézfémek toxikusak, feldúsulnak a lebegő anyagokban és ülepedve a fenéküledékbe kerülnek. A táplálékláncban felhalmozódhatnak. A higany különösen veszélyes.

Érzékszervi hatást okozó vízszennyezők

- Íz: A vizek és vízi élőlények rossz ízét ipari szennyezések (Fe, Mn, kénhidrogén, klór, fenol, szénhidrogének) okozzák. Ezek a víz klórozásakor is keletkezhetnek (pl. ammónia+klór--klóraminok). Jelentős károsító a gumiipar. Az ízt algákból, gombákból mikroorganizmusokból keletkező bomlási anyagok. Az ízhatás kisebb koncentrációknál keletkezik, mint az egyéb szennyezők esetén.
- Szag: Illékony erős szagú vegyületek okozzák (ammónia, fenol, klór, szulfidok, cianidok, bomlástermékek, aldehidek, ketonok, észterek, savak, merkaptánok, nitrogén és kénvegyületek).

Biológiai vízszennyezők

- Patogén baktériumok, gombák, algák, vírusok, protozoák. A Coliform és Eserichia Coliszennyezés alapján minősítik. Ezek indikátor baktériumok. **Eutrofizáció** az algák túlszaporodása.

Biológiai vízminősítés (négy tulajdonság alapján):

Halobitás Szervetlen kémiai tulajdonságok összessége (só- ionöszetétel)

Trófitás A vízben végbemenő elsődleges szervesanyag termelés mértéke. Alapja a fotoszintézis. A növényi (alga)sejt növekedéséhez kell. P a hiányzó kritikus elem. Algaszám és klorofil koncentráció alapján minősítik.

Szaprobítás A vízben élő szervezetek szervesanyag lebontó képességének mértéke. Biokémiai oxidáció, a KOI alapján minősítik.

Toxicitás A vízbe jutó, vagy a vízben keletkező mérgező anyagok. azzal a hígítással jellemzik, ahol a teszt élőlények fele életben marad. pl $T_{1m_{24}}$ azt jelenti, hogy az adott hígításnál 24 óra alatt a populáció 50%-a életben marad.

Mind a négy jellemzőre 0-9 fokozatot állapítanak meg, így a biológiai vízminőség 1 db négyjegyű számmal adható meg.

BOI, KOI, TOC

Kicsit eltérő szempontok szerint a vízszennyezőket 8 csoportba sorolhatjuk:

1. Oxigént igénylő szennyvizek (szerves anyagok stb).
2. Járványt okozó szennyvizek (mikroorganizmusok)
3. Növényi tápanyagok (N, P stb).
4. Szintetikus szerves anyagok (detergensek, peszticidek stb).
5. Szervetlen ásványok és vegyületek (savak, nehézfémek stb).
6. Üledékek (talaj, stb).
7. Radioaktív anyagok.
8. Hőszennyezés.

Forrásai lehetnek:

1. Háztartási szennyvizek. Általában a folyókba, tengerekbe vezetik.
2. Ipari szennyvizek. (savak, lúgok, fémek, szerves, radioaktív, hő).
3. Mezőgazdasági szennyvizek. Üledékek, állati hulladékok, műtrágya.
4. Szállítási szennyvizek. (Olajszállítás, hajó, gépjármű, repülőgép stb).

A vízszennyezés hatása

1. A hőszennyezés hatása: Növekvő hőmérséklettel a vízi élet szempontjából esszenciális oxigéntartalom csökken, ugyanakkor megnő a maradék oxigén fogyasztási sebessége, így pusztulást okoz.
2. Szerves hulladékszennyezés hatása: A mikroorganizmusok biodegradációval és bontással oxigén jelenlétében lebontják a szerves szennyeződések oxigén jelenlétében (aerob) és

hiányában (anaerob). Anaerob esetben oxigén nincs a vízben és rossz szagú, mérgező lebomlási termékek keletkeznek.

3. Vízfolyás szennyeződése: A vízfolyásba kerülő szerves szennyeződés csökkenti a víz oxigéntartalmát (lásd oxigén koncentráció görbe a szennyezés után). Anaerob vízfolyás felismerhető az erősen elszíntelenedett vízről és a fekete iszapról, ami a felszínen lebeg. Ezenkívül buborékok, rossz szagú gázok és gombatenyészetek jelenhetnek meg. A halak nagy része elpusztul, iszapférgesek, piócák és egyéb férgek és bogarak elszaporodnak.
4. Tavak és víztárolók szennyeződése: A szerves szennyeződés megbontja a kialakult egyensúlyt, az algák elszaporodnak és ezek és a zooplanktonok, halak bomlása oxigénfogyasztással jár, ami anaerob körülményekhez vezet a víz fenekén. Ez a folyamat alulról felfelé terjeszkedik és egy idő után megtelik algával és tőzegmocsárrá változik. Ez az öregedési folyamat természetesen is végbemegy, de a szerves szennyezés negymértékben meggyorsítja.
5. A szennyezés hatása az ember egészségére: Nem megfelelő kezelés esetén járványt okozó baktériumok (kolera, vérhas, fertőző májgyulladás) kerülhetnek a vízbe.

Vízszenyezés mérése

Számos szabványosított módszer létezik, fő mértékegység mg/dm³.

- Oldott oxigéntartalom mérése. Magasabb oxigéntartalom, jobb minőségű vizet jelent. Ha alacsonyab az értéke az adott hőmérséklethez tartozó oxigén oldhatóságnál, a vízben szerves szennyeződés van jelen. Az oldott oxigén fémkorróziót okoz. Általában **membránelektóddal mérik.**
- BOI a baktériumok oxigénigényét jelzi a szerves anyagok oxidációjához. BOI₅ (BOI₀-BOI₅ 20 °C a két oldott oxigén tartalom különbsége).
- KOI Az előzőnél kisebb mérési idő alatt ad információt.
- Zavarosság (turbiditás) Ivóvíznél fontos, esztétikai és bakteriális szempontból fontos. Fotométerrel mérik.
- Szín, szag, íz. Az emberi orr, szem és nyelv a legfinomabb műszer.
- Savasság, lúgosság, pH.
- Szilárdanyag tartalom. Szűrőssel, bepárlással határozzák meg.
- Baktériumtartalom. Coliform indikátor baktériumok, tenyésztés, telepek megszámlálása.

Vízszenyezés ellenőrzése

1. Hőszennyezés ellenőrzése

A következő ábrán egy 1000 Mw teljesítményű hőerőmű szennyezőanyag kibocsátását és energiamérlegét mutatom be. Már a tüzelés előtt szennyezés következhet be (olajelfolyás, bányászati szennyezés, olajfinomítóból eredő szennyezés). A tüzelés során levegő- és vízszennyezés következik be. Hőszennyezés következik be a kondenzátorokban átadott hő (meleg víz) egy részének kibocsátása miatt. Az egyszeri átfolyású hűtésnél a folyóból vett víz átfolyik a kondenzátoron és utána visszakerül a folyóba. Ez elfogadhatatlan hőszennyezést okozna, ezért hűtőtornyot iktatnak közbe, ahol a hő nagy része a levegőbe kerül és a vizet visszavezetik a kondenzátorba. Egy nagy hőerőműhöz 6-10 hűtőtornyos szükséges. Egy tipikus

természetes légáramlással működő hűtő-torony vázlatát a következő ábra mutatja. Másik lehetséges megoldás az adott hő egyéb felhasználása (épületek, uszodák fűtése, melegvizes öntözés stb).

2. Ivóvíz tisztítás.

Tipikus városi ivóvíztisztító rendszert mutatunk be a következő ábrán. A víz-forrás a folyóból, tározókból, kutakból nyerhető. Ezek közül csak a talajvíz eléggé tiszta az ivóvíz minőséghez. A többi forrásból nyerhető vizet kezelni kell, hogy a megfelelő minőséget elérjük. Egy tipikus ivóvízkezelő rendszert mutatunk be a következő ábrán. A belépő nyersvíz rácscsűrűsnek vetik alá, hogy a durva-szemcsés szennyeződések eltávolítsák. Innen a koaguláló tartályba jut, ahol koagulálószeret (pl alumínium-szulfátot) kevernek össze nagy sebességgel a vízzel és a lebegő apró szennyezők nagyobb, ülepíthető szemcsékké állnak össze. A következő ülepítőmedencében 2-4 óra alatt ezek a szemcsék kiülepednek. Az ezt követő gyorscsűrűsrel (homokszűrő) a maradék lebegőanyagot eltávolítva, kristálytiszta vizet nyerünk. Az ülepítőből származó iszap és a homokszűrő visszamosásából származó iszap (és a szennyezett mosóvíz) hulladékba kerül. Az így kezelt vízből így eltávolították a teljes lebegő anyag tartalmát, a színezékek zömét, és a baktériumok 98%-át. Végezetül klórozással fertőtlenítik esetleg fogászati céllal kevés fluort adnak hozzá. Tipikus ülepítőtartály és gyors homok-szűrő sémája látható a következő ábrákon.

3. Szennyvízkezelés

Minden emberi vízfelhasználás szennyvizet eredményez. Mielőtt ezt a vizet a folyóba engedik, meg kell tisztítani a szennyeződések zömétől, hogy a folyót tehermentesítsék. Ez különösen fontos egymás közelében levő folyóparti városok esetében. Tipikus szennyvízkezelő mű sémája látható a következő ábrán.

A belépő szennyvizet először rácscsűrűsön szűrik a nagy lebegő szennyeződések eltávolítására. Általában 1 cm távosságú acélrudakból készült rácsokat használnak erre a célra. A kiszűrt anyagokat vagy deponálják, vagy kisebb méretre őrölve a később keletkezett iszapáramokhoz vezetik. Ezután a kőülepítő medencébe vezetik, ahol a nagyobb szemcseméretű homok és egyéb nagyobb fajsúlyú anyagok kiülepednek. Az ezt követő előülepítőben 2 órás ülepítés után a szuszpendált anyagok kb 65%-a ülepszik ki. A kiülepedő iszapot eltávolítják. Az eddigi primer szennyvíztisztító művelet után a szekunder tisztító műveletet alkalmazza. Ennek első lépésében egy levegőztető tartályban a szerves anyagokat tartalmazó szennyvizet lebontó-baktériumokkal borított iszappal keverik össze. Aerob körülmények biztosításával és erős keveréssel a természetben végbemenő lebomlási folyamatok során a szerves szennyező anyagok lebomlanak és kb 6 óra után az iszapot az ezt követő ülepítőtartályban gravitációs úton elválasztják a megtisztított víztől. A lebontás során keletkezett nagyszámú új baktérium tenyészet fő tömegét az iszapkezelőbe vezetik, míg egy részét a levegőztető oxidációs tartályba vezetik vissza. Az így kezelt szennyvizet a folyóba (tóba) való kibocsátása előtt még klórozással fertőtlenítik. A keletkezett iszapot az iszapkezelőben először szikkasztják, majd az iszaprothasztóban anaerob körülmények között rothasztják. Az ekkor keletkezett metángáz felhasználható a rothasztó fűtéséhez. A visszamaradt szilárd anyagot víztelenítik, szárítják, majd a végleges tárolóhelyre szállítják.

A vegyipar egyes ágazatai által termelt szennyvizek jellemzői és környezeti hatásai

A termelés során keletkező szennyvíz egy részét az üzemen végzett víztisztítás után recirkulálva újra felhasználják, más részét valamilyen befogadóba (közcsatorna, élővíz, talaj) bocsájtják. A szennyvizek ezen kibocsájtott részét nevezzük ipari szennyvíznek. A legtöbb üzemen kevert szennyvíz keletkezik, egyedileg más-más jelleggel és tisztítási igénnyel. Általánosan a vegyipari szennyvizek tartalmazhatnak:

- lebegő anyagokat (szervetlen, szerves, növényi, állati, bomlási, szuszpenzió, emulzió)
- oldott anyagokat (szervetlen, szerves, ásványi, bomlási, szilárd, folyadék, gáz)

- veszélyes anyagokat
(u.a. előzőek csak fertőzőek, mérgezőek, vagy robbanás veszélyesek)
- házi szennyvizeket
(minden ipari üzemben keletkezhetnek, az előzőektől eltérő jellegűek)

A törekvés az, hogy a egyes szennyvíz-féleségeket külön-külön, a számára leghatásosabb tisztító eljárással kezeljük. A következő táblázatban a szennyezés jellegének megfelelő szennyvíztisztítási eljárásokat soroljuk fel:

A szennyezés jellege és az ajánlott tisztítási mód		
<i>A szennyezés jellege</i>		<i>Ajánlott tisztítás</i>
LEBEGŐ	<i>szervetlen</i>	fázissztésválasztás ülepítés, derítés centrifugálás szűrés rácson, szitán, szemcsés közegben olajfogás, flotálás
	<i>szerves</i>	rothasztásos ülepítés oxidáció
OLDOTT	<i>szervetlen</i>	lassú szűrés abszorpció, adszorpció vegyszeres kezelés kicsapatás elektrodialízis desztilláció ioncsere
	<i>szerves</i>	fordított ozmózis oxidáció extrakció biológiai tisztítás fertőtlenítés
VESZÉLYES		besugárzás közömbösítés pH szabályozás klórozás

KOMMUNÁLIS	mechanikai tisztítás
	biológiai tisztítás

A szennyvizek szervesanyag-tartalom paramétere: BOI, KOI, TOC.

A szennyvizek szervesanyag-tartalom paramétere: savasság, lúgosság, oldott anyagok, ammónia, nitrogén és szulfid-tartalom.

Az egyes iparágak jellemző szennyvíz-kibocsátásai

1. Bányászat

Vízigénye (1985-ben) az összes iparág igényének 0.9%-a, a felhasznált víz 28%-át recirkuláltatták, 72%-át frissvízként használták fel. A szennyeződést a föltárt víztartó réteg jellege szabja meg, a víz általában ásványi sókkal szennyezett. Ezek lehetnek szénszemcsék, föld- és meddőközet darabok, huminsavak, Na-, Ca-, Mg-sók. a pirites rétegekből savas szennyvizek keletkezhetnek, gyakran nikkel, arzén, mangánszennyeződésekkel. A sótartalom változó (1-200 g/dm³).

2. Kohászat

Vízigénye (1985-ben) az összes iparág igényének 11%-a, a felhasznált víz 75%-át recirkuláltatták, 25%-át frissvízként használták fel. A vaskohászati szennyvizek jellemző szennyeződése a hő, a lebegő anyagok (por, rege), a kenőanyagok (olaj, olajos emulzió, faggyú) és kémiai anyagok. Legnagyobb a hőszennyeződés, ezenkívül vasoxidok, karbonátok, cianidok, rodanidok.

3. Gépipar

Vízigénye (1985-ben) az összes iparág igényének 1.5%-a, a felhasznált víz 31%-át recirkuláltatták, 69%-át frissvízként használták fel. Igen sokféle szennyeződés fordul elő. Jellemző a felületkezeléseknél jelentkező lúgos, savas és ciántartalmú szennyvíz, ezek egyrésze mérgező, vagy korrózív. A zsírtalanító műveleteknél oldott zsírok, viaszok, a pácolásnál pedig fémionok és szemcsék kerülnek a szennyvízbe. Különösen veszélyesek a lúgos cián- és savas krómtartalmú szennyvizek veszélyesek.

4. Vegyipar

Vízigénye (1985-ben) az összes iparág igényének 15%-a, a felhasznált víz 29%-át recirkuláltatták, 71%-át frissvízként használták fel. **A legnagyobb vízfelhasználó és vízszennyező! A keletkezett szennyvizek a legváltozatosabbak!** Két fő csoportjuk van: a szervesanyag-oldatok, vagy szuszpenziók és a szerves kémiai anyagok. A sokféle szennyező anyag hatásában nem mindig ismert. Veszélyt jelent a befogadóra a színt-, szag-, íz-tartalom, a mérgek, az akkumuláció és a nem elbomló szennyezők révén. Ide tartoznak a kőolajipar súlyos vízszennyező anyagai az olajok és olajszármazékok is. 1-2 m³ kiömlő olaj képes 1 km² vízfelületen befedve azt megakadályozni az oxigén felvételt, a légzést.

5. Könnyűipar

Vízigénye (1985-ben) az összes iparág igényének 6.1%-a, a felhasznált víz 61%-át recirkuláltatták, 39%-át frissvízként használták fel. A bőripar, textilipar, papíripar növényi és állati nyersanyagokat dolgoz fel és igen nagy szervesanyag-tartalmú szennyvizeket bocsátanak ki. Ezen szennyvizek cukrokat, zsírokat, pektin anyagokat, szerves savakat, sokféle és nagymennyiségű koloid oldatot, rost és sejtmarmaradványokat, mosó-, lúg és savmaradékokat, pác- és festékanyagokat tartalmaznak.

6. Élelmiszeripar

Vízigénye (1985-ben) az összes iparág igényének 4.2%-a, a felhasznált víz 54%-át recirkuláltatták, 46%-át frissvízként használták fel. Az egyes ágazatok jellemzői a növényi, állati alapanyag és a nagy szervesanyag-tartalmú szennyvizek. A cukoriparban a szennyvizek lebegőanyagokat, talajszennyeződésekkel, szénhidrátokat, fehérjéket és egyéb

szerves vegyületeket tartalmaznak.

A *tejiparban* hőszenyezés és savószennyezés a jellemző. A *konzervgyártásban* a mosó és úsztatóvizek sok lebegőanyagot, homokot, földet, héjat tartalmaznak, a többi szennyvízben zöldség- gyümölcslevek, szirup és főzetmaradványok, növényi szénhidrátok és fehérjék fordulnak elő. A legnagyobb szennyezést az előkészítő műveletek okozzák. A *húsiparban* a nagymennyiségű vér, és állati fehérje, valamint zsírszenyezés a jellemző. Sok szőr, hús és béldarabkák, köröm toll, gyomor és béltartalomból származó szennyeződések fordulnak elő. Legszennyezőbbek a vágási szennyvizek, a zsírolvasztás és bélmosás szennyvizei. Erős a bakteriális fertőzöttség (szalmonella).