

METEOROLOGICKÉ A FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ FAKTORY

- Při odběrech vzorků se pozoruje, měří a zapisuje řada faktorů, které charakterizují situaci na lokalitě v době odběru a v době, která odběru předcházela. Většina těchto faktorů má charakter meteorologických parametrů a pomáhá objasnit příčiny chemických poměrů, které ve vodě vznikly.
- **Čas odběru** je důležitý údaj pro analýzu vzorku vody. Mají-li se srovnávat některé chemické faktory vody různých lokalit, pak u těch faktorů, které se během 24 hodin mění, je nutné odebírat vzorky pro stanovení **ve stejnou denní dobu** (pH, acidita, alkalita, kyslík, oxid uhličitý atp.)

Teplota vody a vzduchu

- Teplotní výkyvy jsou ve vodě daleko menší než ve vzduchu (vysoká měrná kapacita) a v důsledku toho působí větší nádrže v krajině jako jakési tepelné regulátory či moderátory klimatu okolní krajiny.
- Změny teploty v nádržích se časově opoždují za změnami teploty ovzduší a to tím více, čím je nádrž hlubší. U hlubokých údolních nádrží činí toto zpoždění až 1 měsíc.
- Teplotní výkyvy jsou ve vodě daleko menší než ve vzduchu (vysoká měrná kapacita).
- Molekulový přenos tepla vodou je bezvýznamný, téměř veškerý přenos pohybem (prouděním).

Teplota vody a vzduchu

- Teplo do vody:
 - a) **sluneční radiace** (záření) – hlavně infračervená složka
 - b) **zemské nitro** (geotermální zdroj) – horké prameny, hluboká jezera
 - c) **lidská činnost** (antropický faktor) – elektrárny apod.
- Teplo z vody:
 - a) **termální radiací** (vyzařování tepla), omezené na několik cm při hladině
 - b) **konvekcí** (přenos tepla v pohybujícím se médiu)
 - c) **evaporací** (přeměnou vody v páru)
 - d) přechod tepla do dna

Teplota vody a vzduchu

- Teplota vody přímo ovlivňuje množství plynů rozpuštěných ve vodě - čím je voda teplejší, tím méně se v ní plynů rozpustí, což platí absolutně.
- Teplota ovlivňuje rychlost chemických reakcí, jako jsou oxidace a rozkladné pochody v procesu samočištění.
- Změny teploty vody během roku v hlubokých nádržích pak ovlivňují nejen jejich tepelný, ale i chemický režim v důsledku střídajících se cyklů stagnace a cirkulace během roku.
- Sezónní střídání organismů v ekosystémech (sukcese) jak rostlinných, tak živočišných je přímo podmíněno teplotou.

SCHÉMA SEZÓNNÍHO CYKLU TERMIKY JEZERA

PODZIMNÍ CIRKULACE

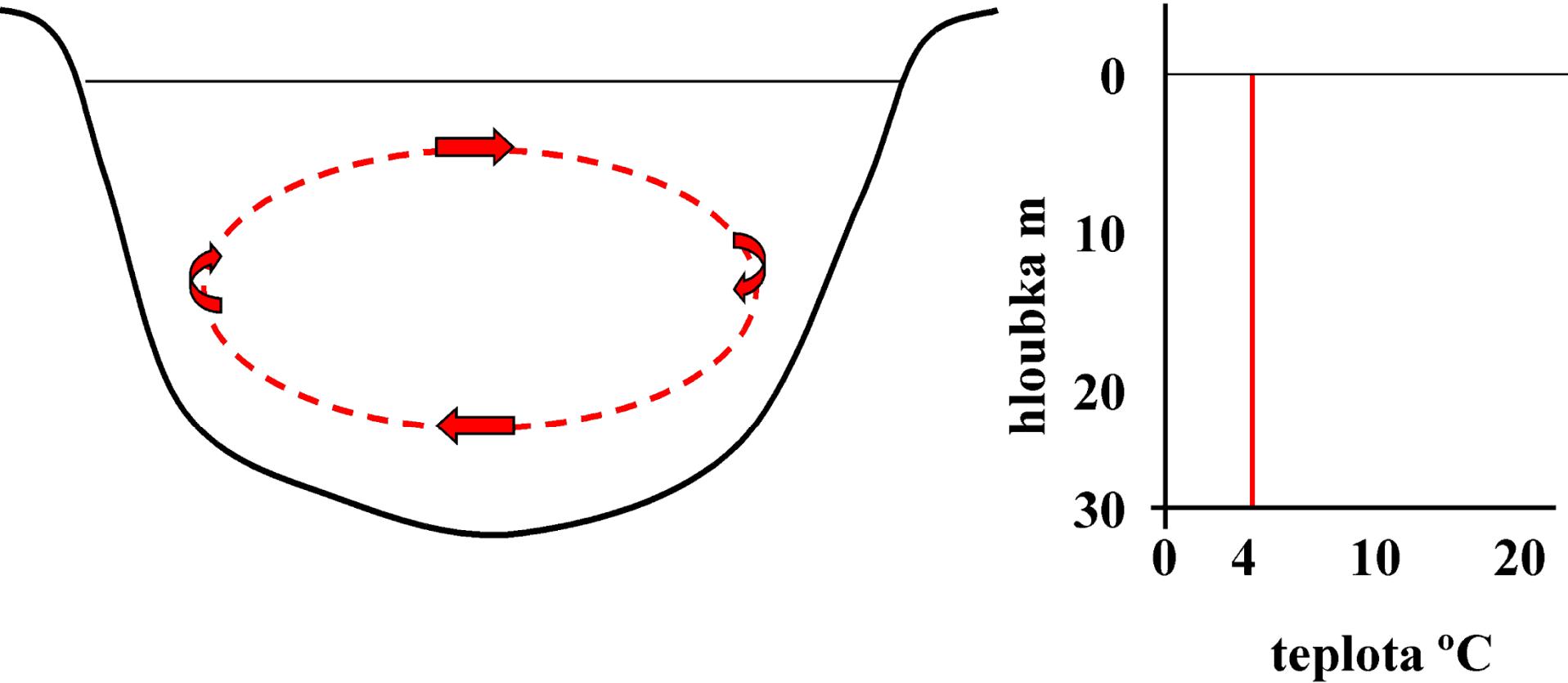


SCHÉMA SEZÓNŇÍHO CYKLU TERMIKY JEZERA

ZIMNÍ STAGNACE

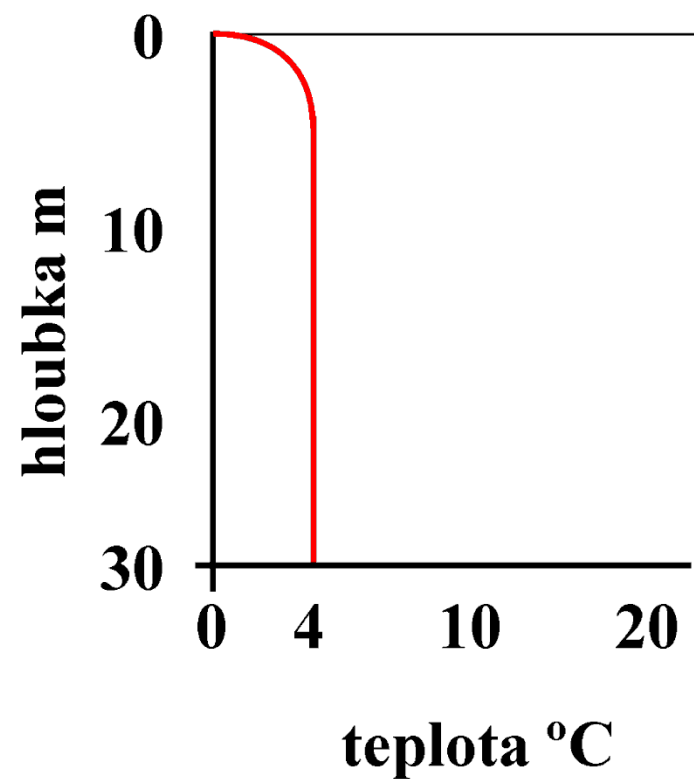
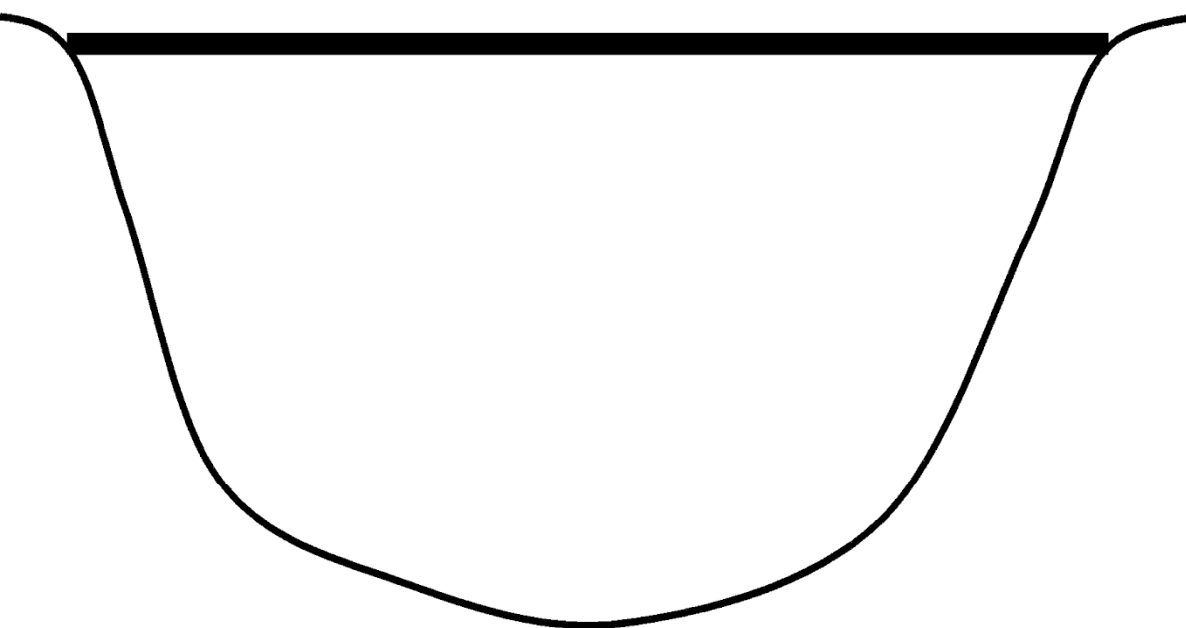


SCHÉMA SEZÓNNÍHO CYKLU TERMICKY JEZERA

JARNÍ CÍRKULACE

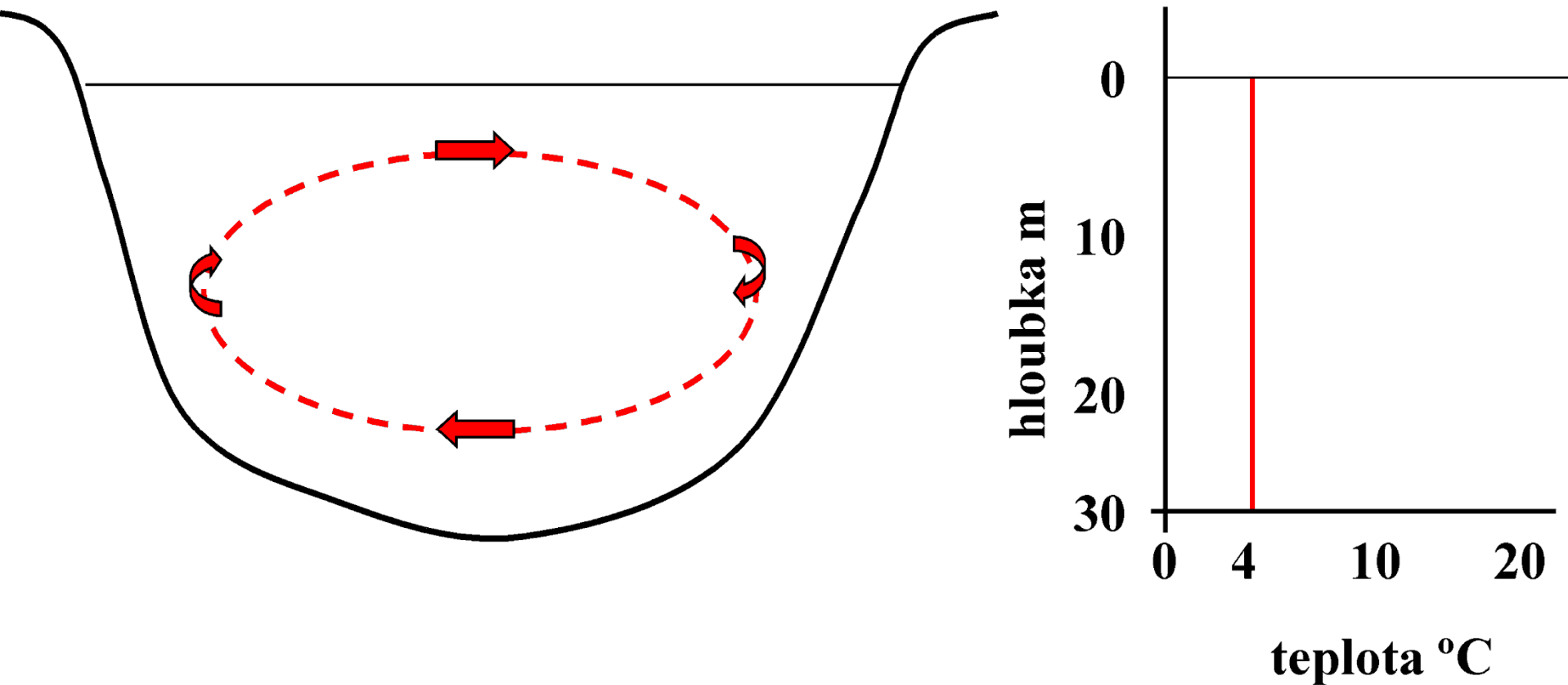
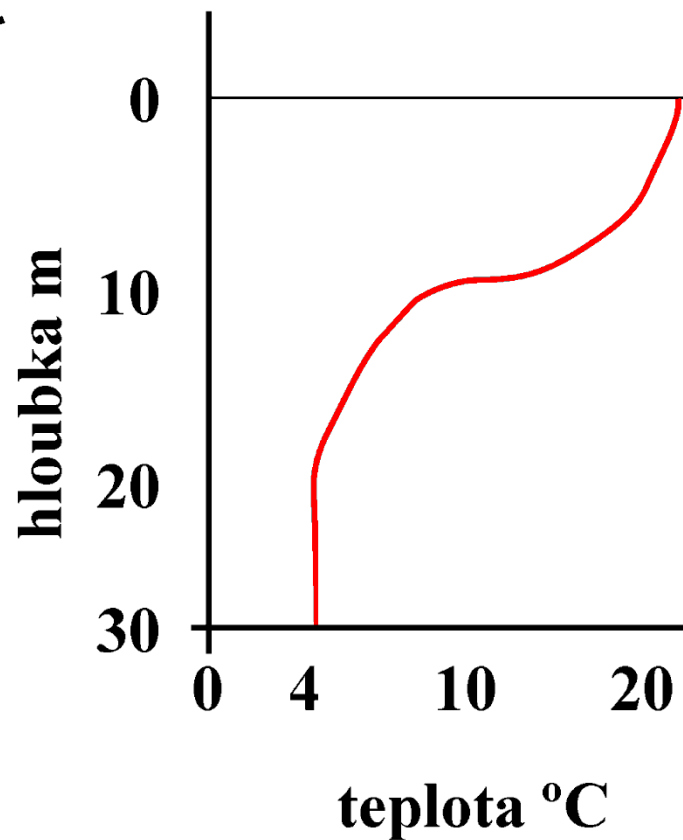
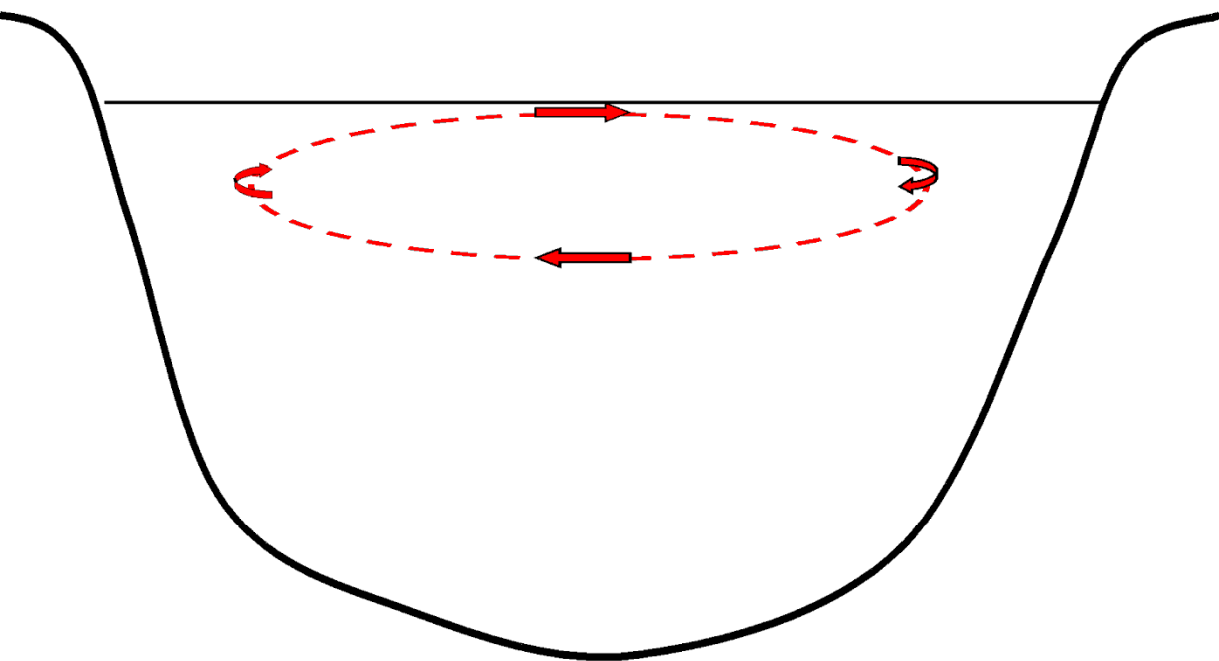
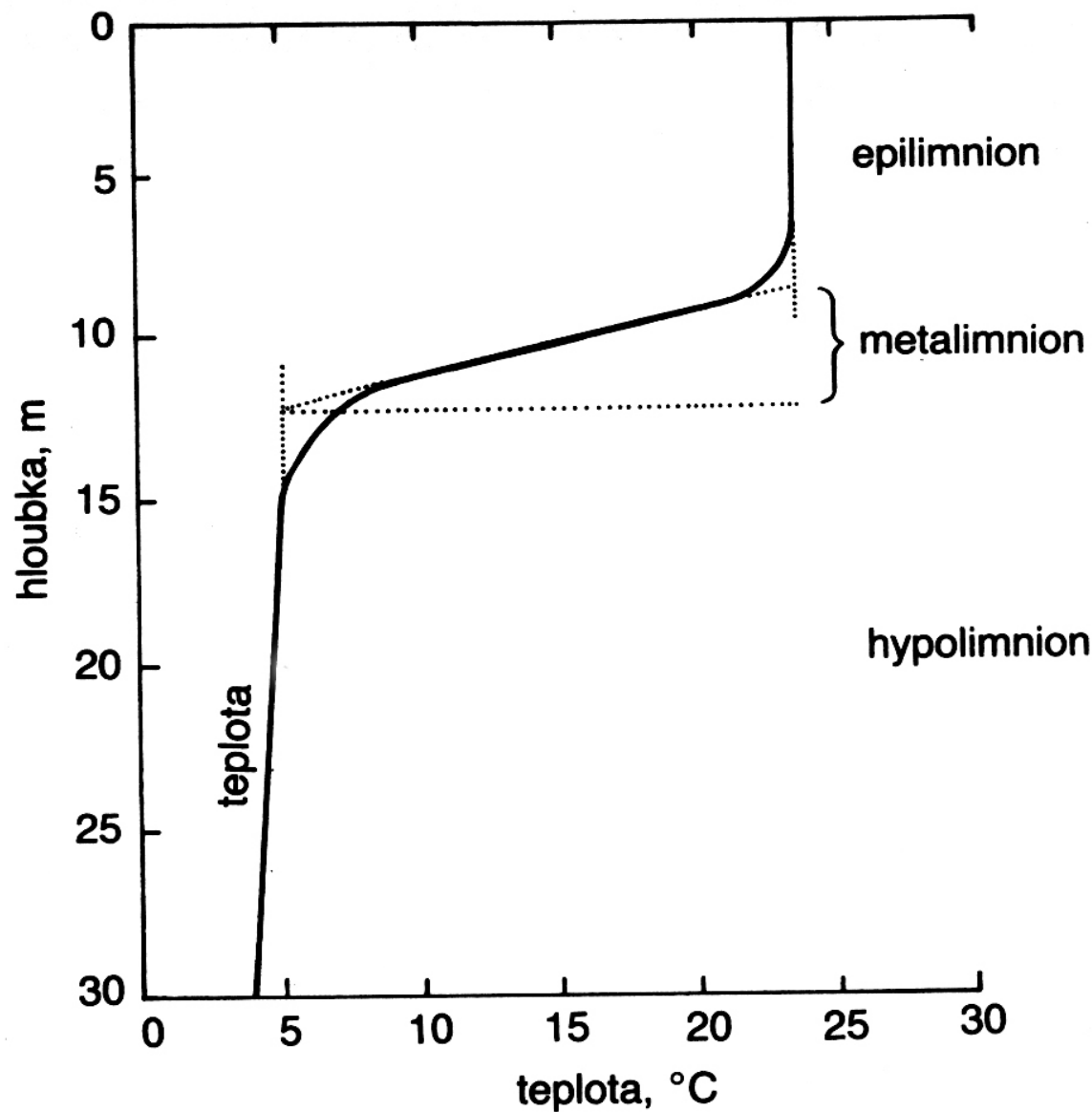


SCHÉMA SEZÓNNÍHO CYKLU TERMIKY JEZERA

LETNÍ STAGNACE





Typické teplotní rozvrstvení vodních mas ve stratifikované nádrži. Skočnou vrstvou metalimnionu jsou v době letní stagnace odděleny svrchní oteplená vrstva epilimnionu od spodní chladnější vrstvy hypolimnionu

Orientační hodnoty optimálních teplot pro ryby.

Druh ryby	jikry	líhnutí	plůdek	odrostlé
<i>Kapr obecný</i>	12,5-30	17-32	23-25	20-29
<i>Cejn velký</i>		8-23	8-23	8-28
<i>Lín obecný</i>			19-25	20-26
<i>Plotice obecná</i>		5-20	5-20	8-25
<i>Štika obecná</i>	7-16	8-23	11-15	9-25
<i>Candát obecný</i>	12-18	12-18	12-18	12-26
<i>Pstruh potoční</i>	4-6	do 12,4	0,5-9	10-17
<i>Pstruh duhový</i>	6-14,4	8-14	6-19	10-18
<i>Tolstolobik bílý</i>				20-28
<i>Karas obecný</i>				27
<i>Úhoř říční</i>				22-23

Srážky

- Dešťové srážky splachují s pozemků v povodí nejrůznější organické i anorganické látky. Zvláště silné jsou přínosy nejrůznějších forem dusíku.
- Množství oxidů dusíku strhávané z atmosféry může představovat přísun až $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ čistého N za rok.
- Prudký déšť strhává do vody i další plyny z atmosféry, zejména oxid uhličitý a kyslík a může v některých případech významným způsobem zmírnit některá kyslíková minima.
- Srážky v podobě sněhu mají negativní vliv na nádrž, pokryjí-li dosud průhlednou ledovou plochu.
- Byly pozorovány případy, kdy fytoplankton po dlouhodobější adaptaci byl schopen projevit fotosyntézu i pod 20 cm silnou sněhovou pokrývkou.

Srážky

- Ve sněhu se během zimy hromadí kyselé produkty emisí, které pak při jarním rychlém tání mohou způsobit v nádržích náhlý pokles pH.
- Při zápisu srážek se uvádí, zda byl odběr uskutečněn za deště, nebo se uvádí množství srážek (v mm) a jejich intenzita v době před odběrem. Srážky se zpravidla zjišťují na nejbližší meteorologické stanici.
- Průměrné množství srážek v ČR za rok činí 679 mm
- Dešťová voda bez antropického ovlivnění má pH 5-6, v současnosti na rozsáhlých územích má pH 4,0-4,5, v ČR byla naměřena i hodnota pH kolem 2.

Síla a směr větru

- Vítr promíchává vodu a tím ruší zonaci jednotlivých faktorů at' už chemických či fyzikálních nebo biologických a urychluje výměnu plynů mezi vodou a vzduchem.
- Negativně může působit hromadění velké biomasy sinic vodního květu v zátokách v důsledku nafoukání větrem. V takových zátokách pak dochází ke vzniku extrémních podmínek v chemismu vody.
- Sílu větru se zaznamená výrazy jako **bezvětrí, vánek, slabý vítr, silný vítr, velmi silný vítr.**
- Směr větru se vyjadřuje výrazy **severní (S), severozápadní (SZ), severoseverozápadní (SSZ)** atp.

Průhlednost a zákal vody

- Významná fyzikální vlastnost ovlivňující množství světla pronikajícího vodním sloupcem nádrží a toků.
- Na propustnosti vody pro světlo závisí hloubka tzv. **kompenzačního bodu fotosyntézy**, v němž se intenzita fotosyntézy fytoplanktonu vyrovnává s intenzitou jeho dýchání (měřeno produkcí a spotřebou kyslíku).
- Průhlednost závisí především na zákalu (množství suspendovaných látek) a barvě vody.
- V rybnících vykazuje několik decimetrů a nanejvýš 1-2 metry, v jezerech několik metrů až desítek metrů (Bajkal - 40 m), v mořích a oceánech několik desítek až stovek metrů. V zimě bývá průhlednost větší než v létě, kdy je ovlivňována především intenzitou rozvoje fytoplanktonu (vegetační zákal).

Průhlednost a zákal vody

- Zákal vody může být způsoben buď neživými, jemně rozptýlenými částicemi (abiosestonem) nebo drobnými planktonními živými organismy (biosestonem).
- Rozlišení biogenního a nebiogenního zákalu je pro rybářskou praxi velmi důležité, poněvadž biogenní zákal nepřímo informuje o intenzitě primární produkce planktonu, kolísání obsahu O_2 a CO_2 a pH, i o dostatku biogenů v rybníce.
- Průhlednost vody určuje sílu **eufotické vrstvy**, tj. vrstvy vody, v níž probíhá fotosyntetická asimilace. Podle průhlednosti vody, pokud je funkcí rozvoje fytoplanktonu, je možno rozhodovat o nasazení či zastavení hnojení nádrže.

Barva vody

- Zbarvení různých typů vod je značně rozdílné. Skutečná barva čisté vody v silné vrstvě je modrá (vysokohorská jezera).
- Se stoupajícím obsahem rozpuštěných látek se mění propustnost vody pro světlo, jehož jednotlivé složky jsou propouštěny selektivně a tím se mění i barva vody.
- Barva vody je ovlivněna odrazem barevných odstínů okolí (obloha, půda, vegetace) a zbarvením dna.
- Odstíny zelené, bývají zpravidla vyvolány vegetačním zbarvením vody mikroskopickými planktonními řasami.
- Intenzivně hnědé zbarvení vody rašelinišť je způsobeno huminovými kyselinami, avšak může to být i důsledek rozvoje planktonních rozsivek.
- Dalším zdrojem barevnosti povrchových vod mohou být některé odpadní vody, zejména z textilního průmyslu.

Vodivost (měrná vodivost - konduktivita)

- Vodivost je převrácená hodnota odporu a její jednotkou je 1 S (siemens).
- Destilovaná voda je prakticky nevodivá, voda se stává vodivou pro elektrický proud vlivem rozpuštěných minerálních látek.
- Vodivost vody závisí na:
 - koncentraci a disociačním stupni elektrolytů
 - nábojovém čísle iontů
 - pohyblivosti iontů v elektrickém poli
 - teplotě vody
- V hydrochemii se udává konduktivita v jednotkách $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nebo $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$, kdy $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} = 0,1 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$.
- Pro měření konduktivity se používají **konduktometry**.

Vodivost (měrná vodivost - konduktivita)

- Stanovená konduktivita vody nám dává informaci o obsahu aniontů a kationtů rozpuštěných ve vodě.
- Na základě výsledku lze odhadovat stupeň mineralizace vody, stanovení je vhodné pro kontrolu kvality destilované vody a při dlouhodobém sledování daného druhu vody, protože konduktivita prokáže změny v koncentraci rozpuštěných látek.
- Nejčistší voda má při 18 °C vodivost $0,038 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, což je způsobeno disociací vody.
- Destilovaná voda má konduktivitu $0,3\text{-}0,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, povrchové a spodní vody $50\text{-}500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (s výjimkou minerálních).
- Změna teploty o 1 °C vyvolá změnu konduktivity asi o 2 %.

pH vody - koncentrace vodíkových iontů

- Pro posouzení reakce vodných roztoků je významné, jaké koncentrace v nich dosahují vodíkové ionty. Tato koncentrace závisí jednak na povaze rozpuštěných látek, jednak na vodě samé.
- Část molekul vody je disociována na vodíkové a hydroxylové ionty H^+ a OH^- . Ve zcela čisté vodě a ve zředěných roztocích lze koncentraci nedisociované vody považovat za konstantní.
- Molární koncentrace obou iontů se navzájem rovnají a mají při teplotě $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ hodnotu $10^{-7}\text{ mol.l}^{-1}$. Součin obou koncentrací má pak hodnotu $10^{-14}\text{ mol.l}^{-1}$. Tento součin zůstává konstantní i za přidání látek, které uvolňují vodíkové nebo hydroxylové ionty. Stačí proto určit koncentraci pouze jednoho z nich. V praxi se vžilo určování koncentrace H^+ iontů.

pH vody - koncentrace vodíkových iontů

- Dobrá rybniční voda má mít pH mezi 7,0 až 8,0, tj. slabě alkalickou reakci. O udržení pH v těchto mezích rozhoduje především dostatečné množství $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který společně s H_2CO_3 brání většímu kolísání pH.
- Nízké pH vody bývá nejčastěji tam, kde je ve vodě málo vápníku a kde se rozkládá mnoho organických látek (listí, jehličí, rašeliniště).
- Snížení pH povrchových vod bývá často způsobeno kyselými odpadními vodami, které nebyly dostatečně nebo vůbec neutralizovány, nebo kyselými dešti.
- Zvýšení pH je nejčastěji způsobeno intenzivní fotosyntézou vodních rostlin, sinic a řas.

pH vody - koncentrace vodíkových iontů

- Aktivní reakce (pH) vody má velký vliv na fyzikálně-chemický režim vody. Ovlivňuje rozpustnost celé řady látek, které mají značný význam ve fyziologických procesech vodních organismů.
- S veličinou pH těsně souvisí rozpustnost solí železa a vápníku a rovněž tak i fosforu, které mají velký význam pro metabolismus řas.
- Při silné fotosyntéze řas a rostlin dochází k neustálému zvyšování hodnoty pH. Při dosažení hodnot pH kolem 10,5 však již přecházejí některé pro život řas důležité látky do nerozpustného stavu. Snižuje se též propustnost buněčné blány pro některé ionty a fotosyntéza u většiny rostlinstva je tak inhibována.

pH vody - koncentrace vodíkových iontů

- Vody s pH menším než 5,5 a vyšším než 9,0 již nejsou vhodné pro chov ryb. Z rybářského hlediska lze tedy rozdělit vody podle hodnoty pH takto:
- méně než 5,5 - značně kyselé, často dochází k hynutí ryb, nevhodné k chovu
- 5,5 - 6,5 - slabě kyselé, často kontrolovat pH
- 6,5 - 7,5 - neutrální, dobré rybniční vody
- 7,5 - 8,5 - slabě alkalické, platí o nich totéž
- 8,5 - 9,5 - značně alkalické, zvláště v zarostlých rybnících hrozí hynutí ryb
- Stále je třeba mít na paměti, že pH vody se mění jak v průběhu roku, tak v průběhu 24 hodin.

pH vody - koncentrace vodíkových iontů

- pH pitné vody by se mělo pohybovat mezi 6-8. Při pH nad 9 již má voda alkalickou příchut'.
- V povrchových vodách využívaných jako zdroje pitné vody se připouští rozmezí pH 6,5-8,5.
- V povrchových vodách využívaných pro chov ryb se připouští rozmezí pH 6,0-9,0.
- Hodnota pH je vymezena i v požadavcích na jakost provozních vod v řadě průmyslových odvětvích.
- Průměrná hodnota pH mořské vody 7,5-8,5.
- Vodní organizmy můžeme rozdělit na *stenoiontní* (druhy snášející jen malé výkyvy pH vody) a *euryiontní* (druhy snášející velké výkyvy pH vody).

Rozpuštěný kyslík

- Kyslík je nejvýznamnější z rozpuštěných plynů ve vodě, která s ním netvoří iontové sloučeniny.
- Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě se vyjadřuje hmotnostní koncentrací (mg.l^{-1}) a v procentech nasycení vody kyslíkem, vztažených k rovnovážné koncentraci kyslíku ve vodě za dané teploty a daného atmosférického tlaku.
- U podzemních a pitných vod se obvykle nestanovuje, nemá význam ani hygienický ani chuťový.
- Množství kyslíku ve vodě značně ovlivňuje většinu biochemických procesů a často proto bývá limitujícím faktorem pro život různých organismů.

Rozpuštěný kyslík

- Podle koncentrace rozpuštěného kyslíku řadíme povrchové vody do třídy čistoty.

Klasifikace jakosti povrchové vody pro běžné hodnocení podle ČSN 83 0602

Ukazatel	Třída jakosti vody				
	Ia	Ib	II	III	IV
rozpuštěný kyslík (mg l ⁻¹)	> 7	> 6	> 5	> 3	< 3

- Závažný ukazatel při vypouštění odpadních vod do vod povrchových, slouží i ke kontrole chodu čistíren odpadních vod.

Rozpuštěný kyslík

- Množství rozpuštěného kyslíku ve vodě závisí na atmosférickém tlaku, množství rozpuštěných látek ve vodě a především na teplotě vody.
- S rostoucí teplotou, množstvím rozpuštěných látek ve vodě a rostoucím tlaku se ve vodě rozpouští stále méně kyslíku.
- Do vody se kyslík dostává jednak ze vzduchu, jednak z fotosyntézy vodních rostlin, řas a sinic.
- Kyslík je z vody spotřebováván na dýchání všech organismů a na veškeré oxidační procesy jak organických, tak anorganických látek.
- Vodu, která má obsah kyslíku odpovídající daným fyzikálním podmínkám (tj. tlaku a teplotě), označujeme jako vodu nasycenou kyslíkem na 100 %.

Teplota °C	Koncentrace rozpuštěného kyslíku mg l ⁻¹									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,65	14,61	14,57	14,53	14,49	14,45	14,41	14,37	14,33	14,29
1	14,25	14,21	14,17	14,13	14,09	14,05	14,02	13,98	13,94	13,90
2	13,86	13,82	13,79	13,75	13,71	13,68	13,64	13,60	13,56	13,53
3	13,49	13,46	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,20	13,17
4	13,13	13,10	13,06	13,03	13,00	12,96	12,93	12,89	12,86	12,82
5	12,79	12,76	12,72	12,69	12,66	12,62	12,59	12,56	12,53	12,49
6	12,46	12,43	12,40	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21	12,18
7	12,14	12,11	12,08	12,05	12,02	11,99	11,96	11,93	11,90	11,87
8	11,84	11,81	11,78	11,75	11,72	11,70	11,67	11,64	11,61	11,58
9	11,55	11,52	11,49	11,47	11,44	11,41	11,38	11,35	11,33	11,30
10	11,27	11,24	11,22	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03
11	11,00	10,98	10,95	10,93	10,90	10,87	10,85	10,82	10,80	10,77
12	10,75	10,72	10,70	10,67	10,65	10,62	10,60	10,57	10,55	10,52
13	10,50	10,48	10,45	10,43	10,40	10,38	10,36	10,33	10,31	10,28
14	10,26	10,24	10,22	10,19	10,17	10,15	10,12	10,10	10,08	10,06
15	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95	9,92	9,90	9,88	9,86	9,84
16	9,82	9,79	9,77	9,75	9,73	9,71	9,69	9,67	9,65	9,63
17	9,61	9,58	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,44	9,42
18	9,40	9,38	9,36	9,34	9,32	9,30	9,29	9,27	9,25	9,23
19	9,21	9,19	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04
20	9,02	9,00	8,98	8,97	8,95	8,93	8,91	8,90	8,88	8,86
21	8,84	8,82	8,81	8,79	8,77	8,75	8,74	8,72	8,70	8,68
22	8,67	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,56	8,55	8,53	8,52
23	8,50	8,48	8,46	8,45	8,43	8,42	8,40	8,38	8,37	8,35
24	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27	8,25	8,24	8,22	8,21	8,19
25	8,18	8,16	8,14	8,13	8,11	8,10	8,08	8,07	8,05	8,04
26	8,02	8,01	7,99	7,98	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89
27	7,87	7,86	7,84	7,83	7,81	7,80	7,78	7,77	7,75	7,74
28	7,72	7,71	7,69	7,68	7,66	7,65	7,64	7,62	7,61	7,59
29	7,58	7,56	7,55	7,54	7,52	7,51	7,49	7,48	7,47	7,45
30	7,44	7,42	7,41	7,40	7,38	7,37	7,35	7,34	7,32	7,31

Rovnovážná koncentrace kyslíku v destilované vodě, která je ve styku se vzduchem (20,9% O₂) za dané teploty a standardního tlaku (101,3 kPa).

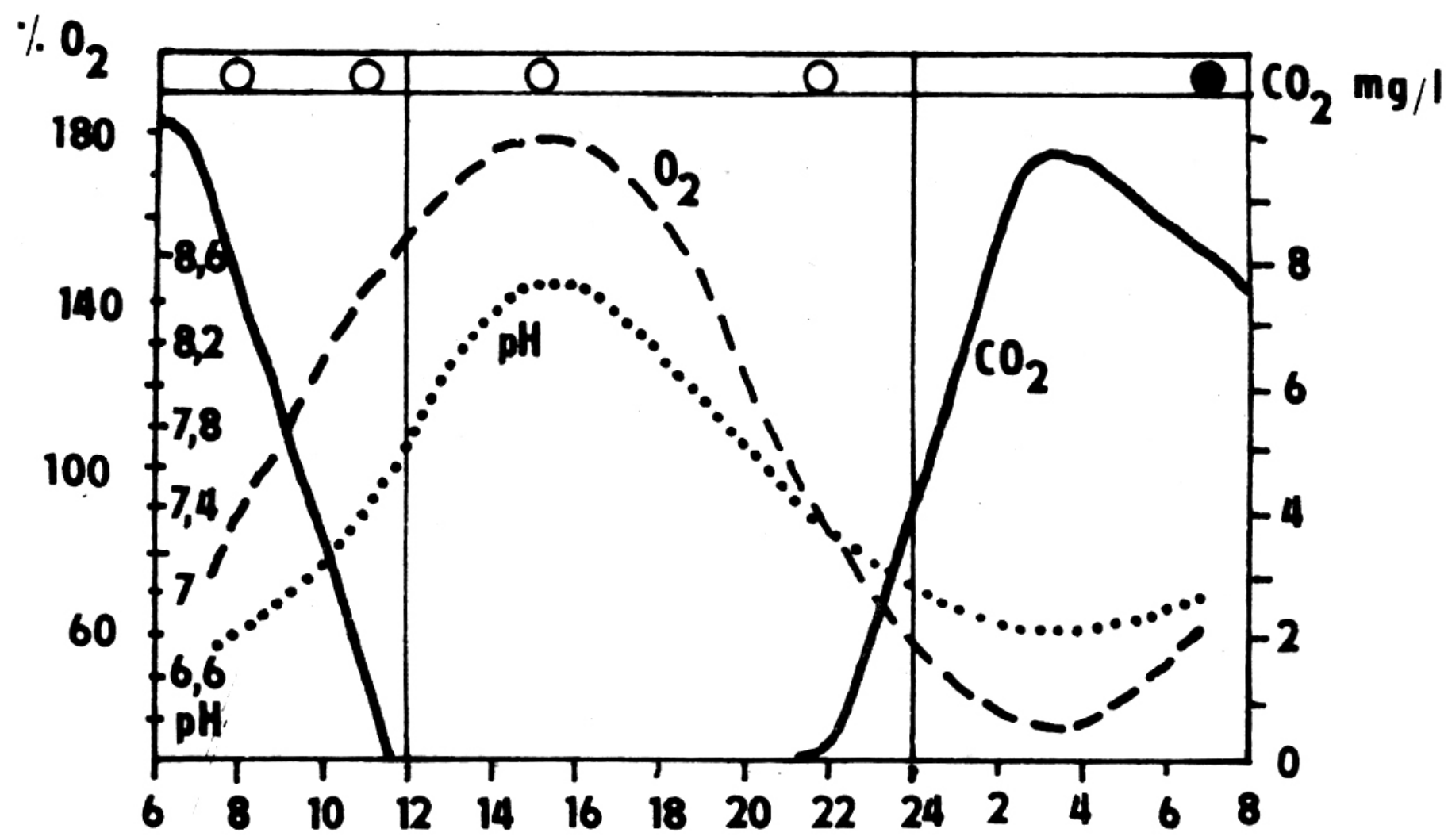
Rozpuštěný kyslík

- Dojde-li k porušení rovnováhy, tj. stoupne-li nebo klesne-li množství kyslíku ve vodě nad nebo pod stupeň nasycení, dochází k pozvolnému vyrovnávání s atmosférou. Rychlost vyrovnávání je závislá na rozdílu hodnot nasycení, velikosti styčné plochy a rychlosti promíchávání vody a ovzduší.
- Kyslík ve stojatých vodách pochází nejčastěji z fotosyntézy rostlin, zatímco v tekoucích vodách převažuje kyslík atmosférického původu.
- V přírodních vodách dochází často ke značným odchylkám od 100 % hodnot nasycení, a to na obě strany. Tyto odchylky jsou tím větší, čím více organismů voda obsahuje.

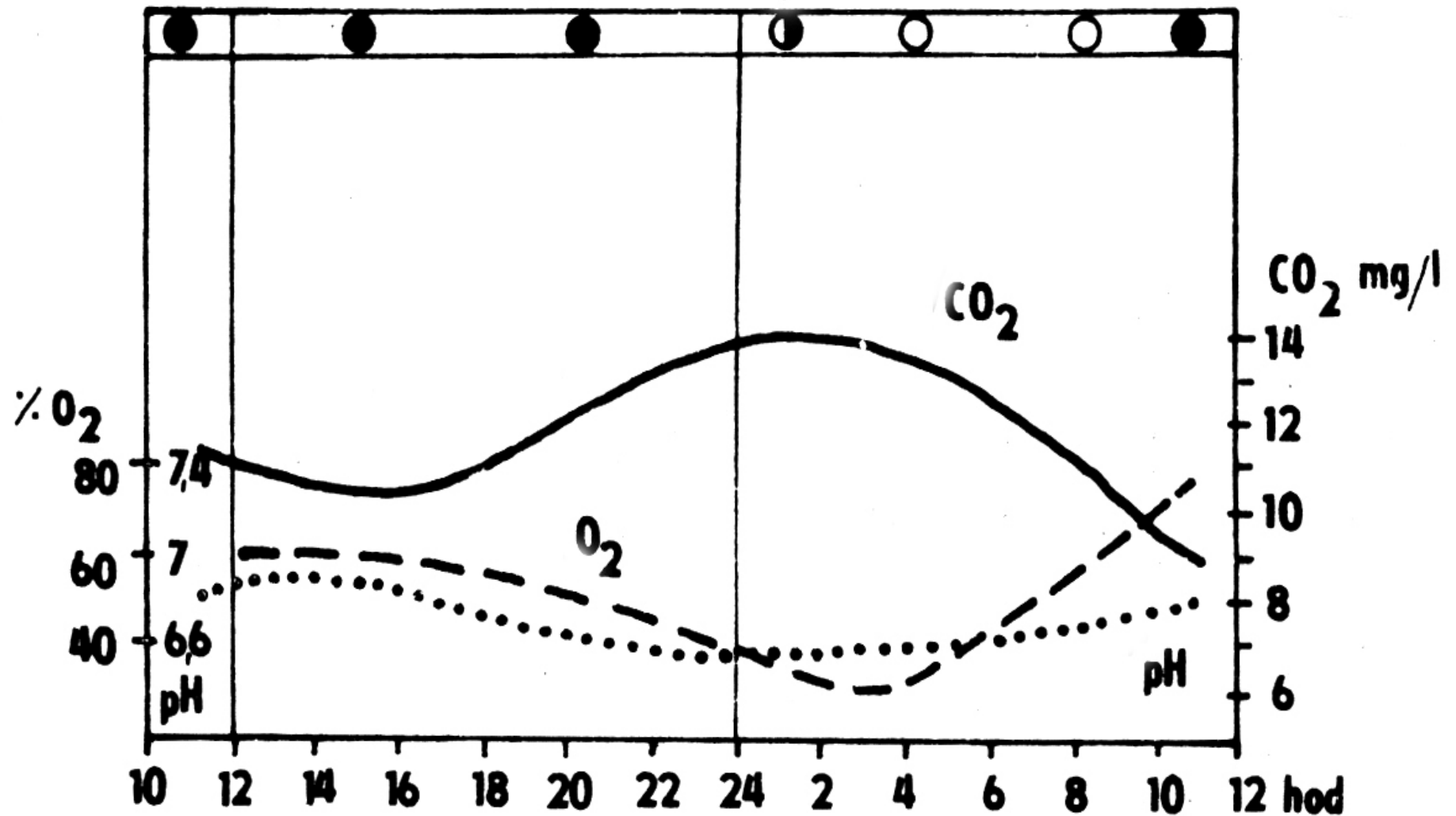
Rozpuštěný kyslík

- V tekoucích neznečištěných vodách se nasycení vody kyslíkem pohybuje neustále kolem 85-100 %. Případné nedosycení nebo přesycení vody kyslíkem (přeřinaté úseky) je neustále vyrovnáváno pohybem vody, zejména jejím vířením.
- Množství kyslíku je přibližně stejné v celém vodním sloupci.
- Ve stojatých vodách je obsah kyslíku závislý především na fotosyntetické činnosti rostlin a dýchání všech organismů.
- Kolísání obsahu kyslíku během 24 hodin v nádrži i rozdíly v nasycení u hladiny a u dna je tím výraznější, čím je biotop na organismy bohatší.

Změny v obsahu rozpuštěného O₂, pH a CO₂ během 24 hodin.

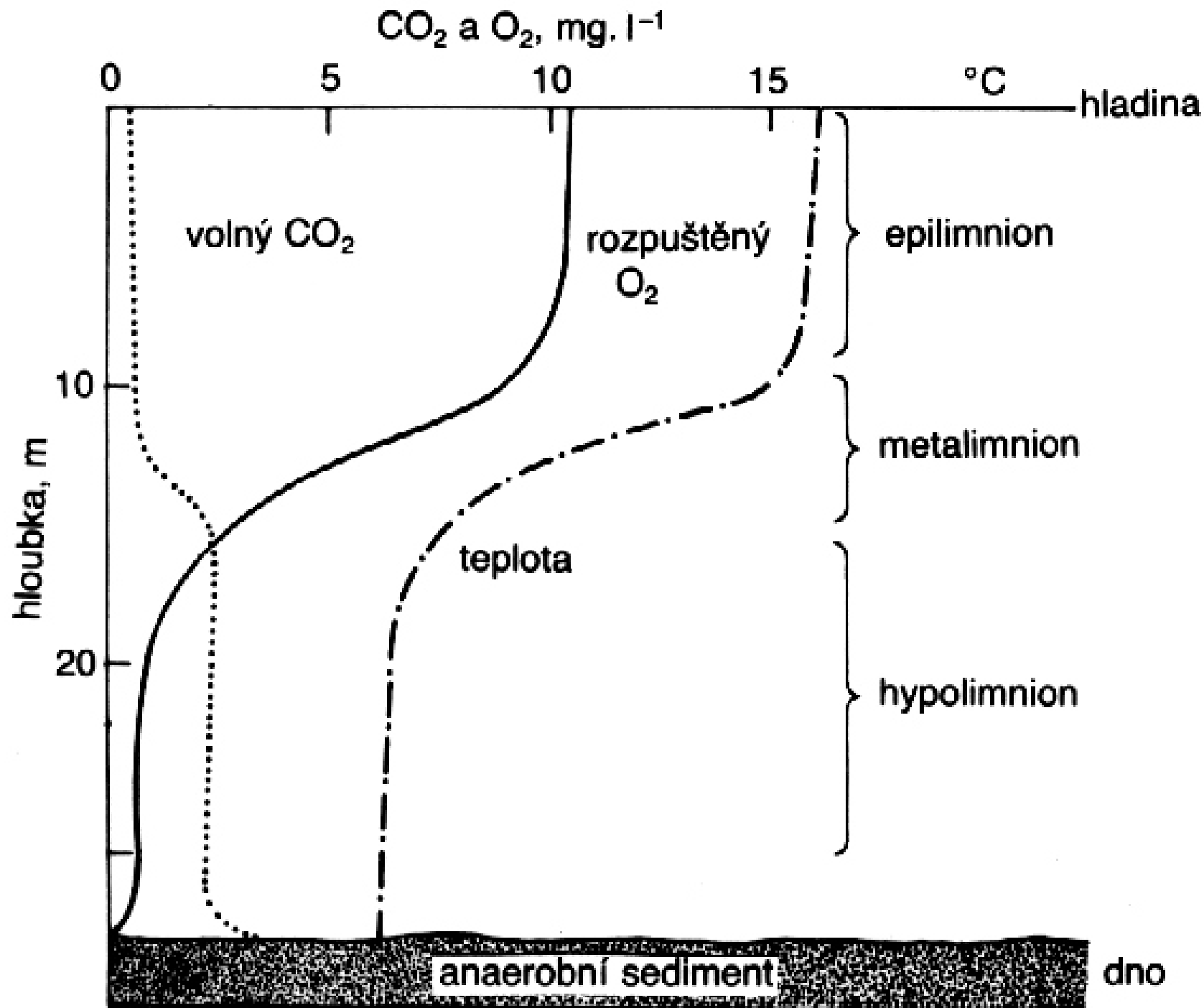


Změny v obsahu rozpuštěného O_2 , pH a CO_2 během 24 hodin.



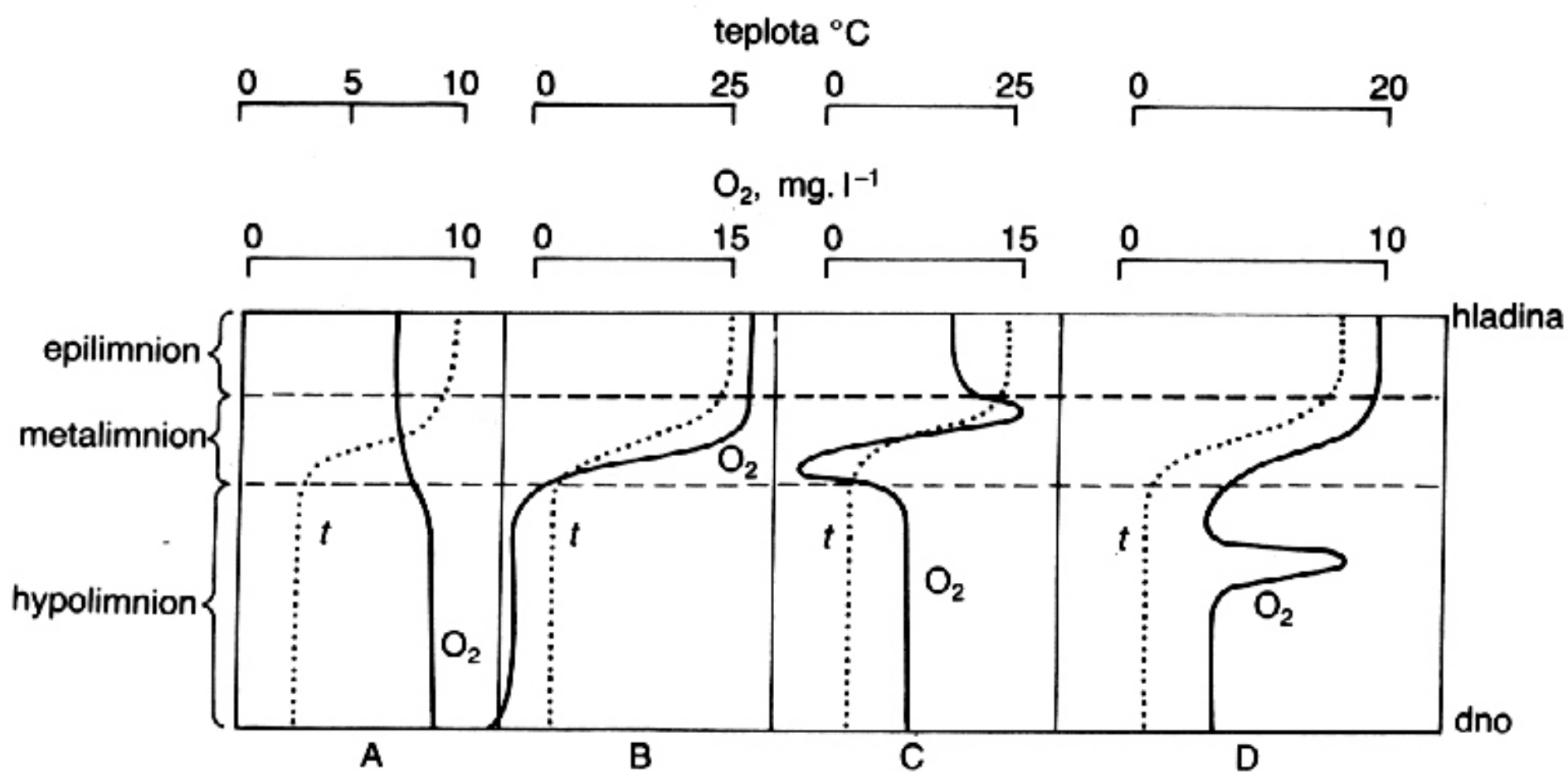
Rozpuštěný kyslík

- Hlavní příčinou různého obsahu kyslíku v různých vrstvách vody v hlubokých nádržích je skutečnost, že v důsledku vertikální tepelné stratifikace a vzniku letní stagnace se nemůže kyslíkem bohatá horní vrstva epilimnia smísit s hlubšími, na kyslík chudšími vrstvami.
- Zatímco povrchové vrstvy bývají přes den zpravidla kyslíkem výrazně přesyceny v důsledku asimilační činnosti fytoplanktonu, v hlubších vrstvách bývá kyslíku nedostatek, protože je tu málo světla a protože je tu větší množství organické hmoty podléhající oxidaci.
- Nedostatek kyslíku v hypolimniu hluboké nádrže může být způsoben tím, že jde o nádrž eutrofní, s bohatou sedimentací odumřelých těl hydrobiontů, nebo o nádrž oligotrofní, u níž objem epilimnia značně převyšuje objem hypolimnia.



Rozpuštěný kyslík

- U většiny oligotrofních jezer je obsah kyslíku v hypolimnionu vysoký i v období letní stagnace. Tento stav je způsoben nízkou produkcí organické hmoty v epilimniu, nebo když je objem hypolimnia značně větší než objem epilimnia. Tyto podmínky se vyskytují nejčastěji u oligotrofních jezer se srázně klesajícími břehovými svahy.
- V podzemních vodách bývá kyslíku vždy méně, než odpovídá 100 % nasycení a v některých případech klesá jeho obsah až na nulu. To souvisí s tím, že kyslík je postupně spotřebováván na oxidaci organických látek, jimiž se voda při prosakování půdou obohatila.



Rozpuštěný kyslík

- Podle vztahu ke kyslíku se dělí organismy na *euroxybiontní* a *stenoxybiontní*.
- Obsah kyslíku ve vodě je jedním z nejdůležitějších faktorů při chovu ryb. Časté, každoročně se opakující úhyny ryb, mají svou příčinu nejčastěji v nedostatku rozpuštěného kyslíku.
- Jednotlivé druhy ryb mají dosti odlišné nároky na obsah kyslíku ve vodě.
- Pro *lososovité* v letních měsících je kritické množství kyslíku 5,0 - 5,5 mg·l⁻¹. Při 4,0 mg·l⁻¹ lze pozorovat obtíže při dýchání a při 1,0 - 2,0 mg·l⁻¹ již v krátkém čase hynou.

Rozpuštěný kyslík

- Pro *kapra* je optimální obsah kyslíku během vegetačního období nad $6,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, obsah kyslíku $3,0 - 3,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ je již dlouhodoběji nepřijatelný. V zimním období nemá poklesnout obsah O_2 pod $3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.
- S růstem průměrné kusové hmotnosti se nárok na kyslík významně snižuje. $K_1=1$, $K_2=0,5-0,7$, $K_v=0,3-0,4$
- Spotřeba kyslíku kaprem = 1, pstruh 2,83; peled' 2,20; candát 1,76; plotice 1,51; jeseter 1,50; okoun 1,46; cejn 1,41; štika 1,10; úhoř 0,83; lín 0,83.
- Obsah kyslíku ve vodě je důležitý i pro vývoj jiker. Lososovité ryby, žijící v chladné a na kyslík bohaté vodě, mají jikry poměrně velké, zatímco kaprovité ryby, které žijí ve vodách na kyslík chudších, mají jikry daleko menší, aby poměr objemu jikry k jejímu povrchu byl co nejvýhodnější a zásobování zárodku kyslíkem co nejlepší.

Kritické hodnoty nasycení vody kyslíkem pro různé druhy ryb při teplotách v rozmezí 5 – 28 °C (Kljaštorin 1982)

Druh ryby	Hmotnost (g)	Kritické hodnoty obsahu O ₂ (%nasycení)					
		5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	28°C
Kapr obecný	6-35	10,7	12,0	15,3	18,6	24,0	28,0
Pstruh duhový	7,5-16	20,5	26,0	32,0	26,7	40,0	
Siven	22-32	22,6	22,6	26,2	36,5	41,5	
Štika obecná	4-7,5		19,4	20,5	21,5	28,0	32,5
Okoun říční	4-18	11,5	15,4	25,0	30,5	37,0	
Ježdík obecný	3-6,5	15,5	16,0	18,6	21,5	28,0	34,5
Cejn velký	6-9		14,6	18,6	24,0	29,5	33,0
Cejn siný	2-5		14,0	18,0	21,3	24,0	28,0
Cejnek malý	2-5,5		13,3	14,6	16,6	25,0	30,7
Střevle potoční	1,8-4	12,0	16,0	20,0	22,5	28,5	33,0
Jelec jesen	3,5-6		8,0	10,6	13,3	18,6	18,6
Plotice obecná	2-6,5		8,0	8,5	12,0	20,0	30,5
Tolstolobik bílý	4-12	6,7	8,0	10,0	10,0	18,6	27,0
Amur bílý	6-10	10,7	12,0	14,0	14,0	17,3	26,5

- kritická hodnota nasycení vody kyslíkem je hodnota, při níž kompenzační dýchací mechanismy vlivem nedostatku kyslíku nemohou zabezpečit úroveň látkové výměny a ta se začíná snižovat

Kritická hodnota přesycení vody kyslíkem z hlediska bezpečnosti pro ryby je 200 – 300%.

Rozpuštěný kyslík

- Kritické stavy v obsahu kyslíku:
- V zimním období led a silná vrstva sněhu.
- V letním období v ranních hodinách v silně eutrofních vodách.
- V nádržích značně přesazených rybami nebo zaplněných zooplanktonem.
- Při náhlém odeznění vodního květu sinic.
- Při rozkladu herbicidem zasažených nebo posekaných vodních rostlin.
- Při zatížení nádrže odpadními vodami.
- Při přepravě většího množství ryb v malých nádržích.

Amoniakální dusík

- Amoniakální dusík se vyskytuje téměř ve všech typech vod. Je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek živočišného i rostlinného původu.
- Organického původu je rovněž ve splaškových a odpadních vodách ze zemědělských výrob. Může vznikat přímo ve vodě redukcí dusitanů nebo dusičnanů.
- Anorganického původu je v odpadních vodách z tepelného zpracování uhlí, může být obsažen i v pitných vodách dezinfikovaných chloraminací.
- Plynný amoniak (molekulární, nedisociovaná forma NH_3) se ve vodě ihned rozpouští za tvorby amonných solí (iontová, disociovaná forma NH_4^+). Vzájemný poměr obou forem závisí na pH a teplotě.

Závislost mezi pH, teplotou a procentickým obsahem toxické formy (NH₃) amoniakálního dusíku.

%	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
0 °C	0,008	0,026	0,082	0,261	0,820	2,55	7,64	20,7	45,3
5	0,125	0,039	0,125	0,394	1,23	3,80	11,10	28,3	55,6
10	0,018	0,059	0,186	0,586	1,83	5,56	15,7	37,1	65,1
15	0,027	0,086	0,273	0,859	2,67	7,97	21,5	46,4	73,3
16	0,029	0,093	0,294	0,925	2,87	8,54	22,8	48,3	74,7
17	0,032	0,101	0,317	0,996	3,08	9,14	24,1	50,2	76,1
18	0,034	0,108	0,342	1,07	3,31	9,78	25,5	52,0	77,4
19	0,037	0,117	0,368	1,15	3,56	10,5	27,0	53,9	78,7
20	0,039	0,125	0,396	1,24	3,82	11,2	28,4	55,7	79,9
21	0,043	0,135	0,425	1,33	4,10	11,9	29,9	57,5	81,0
22	0,045	0,145	0,457	1,43	4,39	12,7	31,5	59,2	82,1
23	0,049	0,156	0,491	1,54	4,70	13,5	33,0	60,9	83,2
24	0,053	0,167	0,527	1,65	5,03	14,4	34,6	62,6	84,1
25	0,057	0,180	0,566	1,77	5,38	15,3	36,3	64,3	85,1
30	0,080	0,254	0,799	2,48	7,46	20,3	44,6	71,8	89,0

Amoniakální dusík

- Atmosférické vody obsahují amoniakální dusík obvykle v desetinách mg.l^{-1} , v průmyslových oblastech může jeho koncentrace vzrůst až na jednotky.
- Podzemní vody obsahují obvykle do $0,1 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$, vyšší koncentrace u vod v kontaktu s vodami ropnými (i přes $100 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$).
- Čisté povrchové vody obvykle jen stopy, max. desetinu mg.l^{-1} , v znečištěných vodách i desítky mg.l^{-1} .
- Mořská voda ve svrchních vrstvách pouze desítky $\mu\text{g.l}^{-1}$, ve větších hloubkách až jednotky $\text{mg.l}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$.
- Amoniakální dusík je v přírodních vodách za aerobních podmínek velmi nestálý. Biochemickou oxidací (nitrifikací) přechází na dusíkaté sloučeniny vyšších oxidačních stupňů.

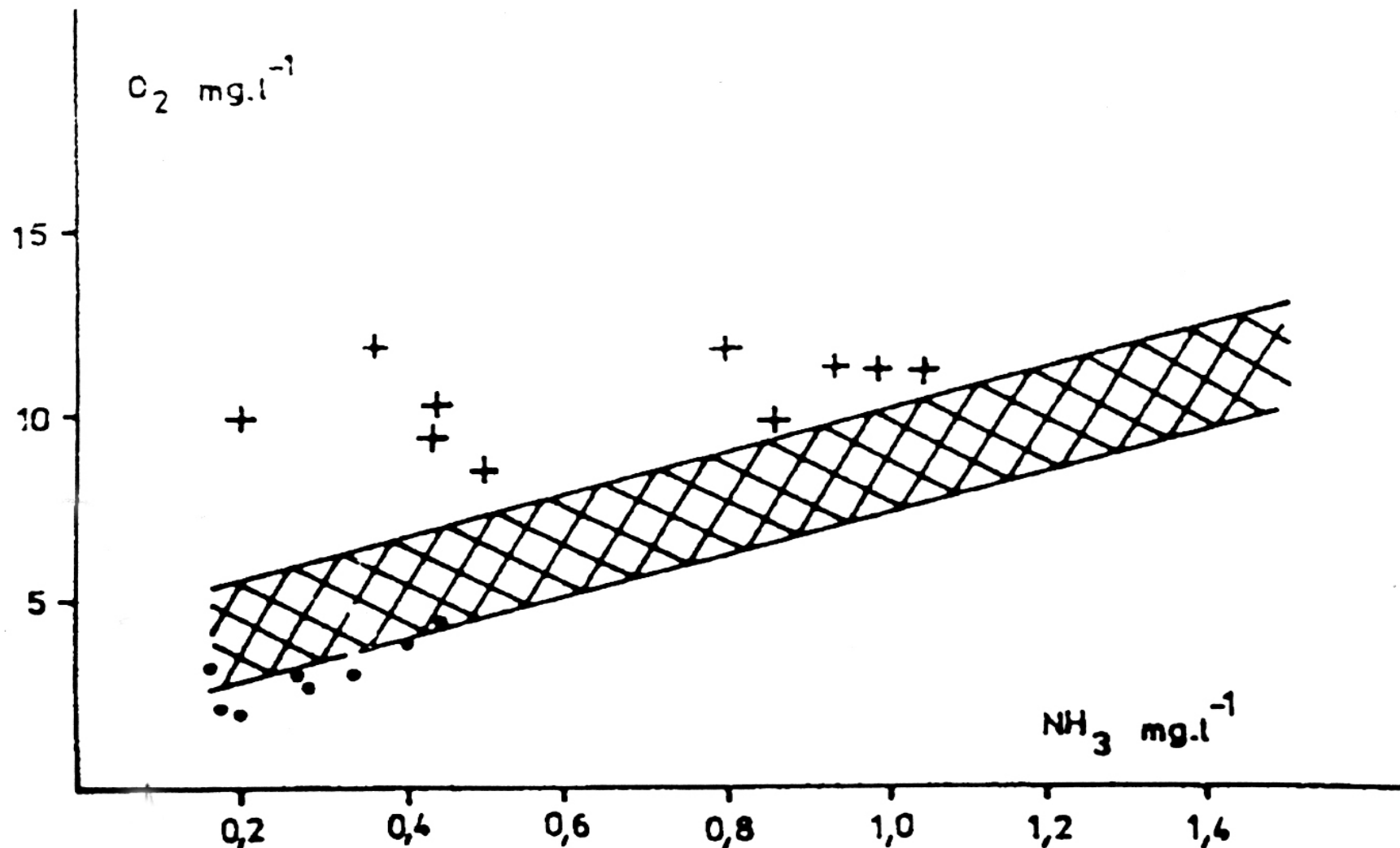
Amoniakální dusík

- Amoniakální dusík ve formě amonných solí je pro hydrobionty neškodný i v množství několika desítek $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, plynný amoniak je pro ryby však značně toxický.
- Hranice toxicity pro tlouště je $1,0 - 1,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, pro plůdek pstruha duhového však již $0,006 - 0,010 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.
- LC_{50} pro kaprovité $1,0-1,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$, pro lososovité $0,5-0,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$,
- Maximální přípustná koncentrace pro kaprovité $0,05 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$, pro lososovité $0,0125 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$.

- Výpočet:
$$\text{NH}_3 = \frac{\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3}{10^{10,07 - 0,033 T - \text{pH}} + 1}$$

Amoniakální dusík

- Ryby se zbavují přes 90 % veškerého amoniaku, vznikajícího v důsledku metabolismu v jejich těle uvolňováním přes žábry na základě koncentračního spádu.
- Stoupající koncentrace amoniaku v okolní vodě tak může bránit a posléze i zablokovat další uvolňování amoniaku z těla ryb. To může vést postupně až k autointoxikaci ryb, jejich onemocnění a posléze i úhynu.
- Ryby zasažené toxickým amoniakem jeví neklid, nouzově dýchají, typickým znakem jsou křeče svaloviny, světlá barva, žábry překrvené a zahleněné, drobné krváceniny.
- Toxicita amoniaku stoupá se snižující se koncentrací kyslíku.



• případy hynutí ryb

+ vody s vysokou koncentrací nedisociovaného amoniaku, ve kterých se nevyskytly případy poškození ryb



letální hranice nedisociovaného amoniaku

Amoniakální dusík

- Koncentrace amoniakálního dusíku se ve vodě vyjadřuje hmotnostní koncentrací v mg.l^{-1} jako NH_4^+ , NH_3 , nebo N-NH_4^+ , N-NH_3 popř. $\text{N-(NH}_3 + \text{NH}_4^+)$.
- Používanými analytickými postupy nelze rozlišit jednotlivé formy (stanoví se vždy součet obou) lze obsah amoniakálního dusíku vyjadřovat jako N (amoniakální N) v mg.l^{-1} nebo mmol.l^{-1} .
- Pro přímé stanovení amoniakálního dusíku se celosvětově používá absorpční spektrofotometrická metoda s Nesslerovým činidlem.
- Lze využít i indofenolovou metodu (náročnější) nebo iontově selektivní elektrody.

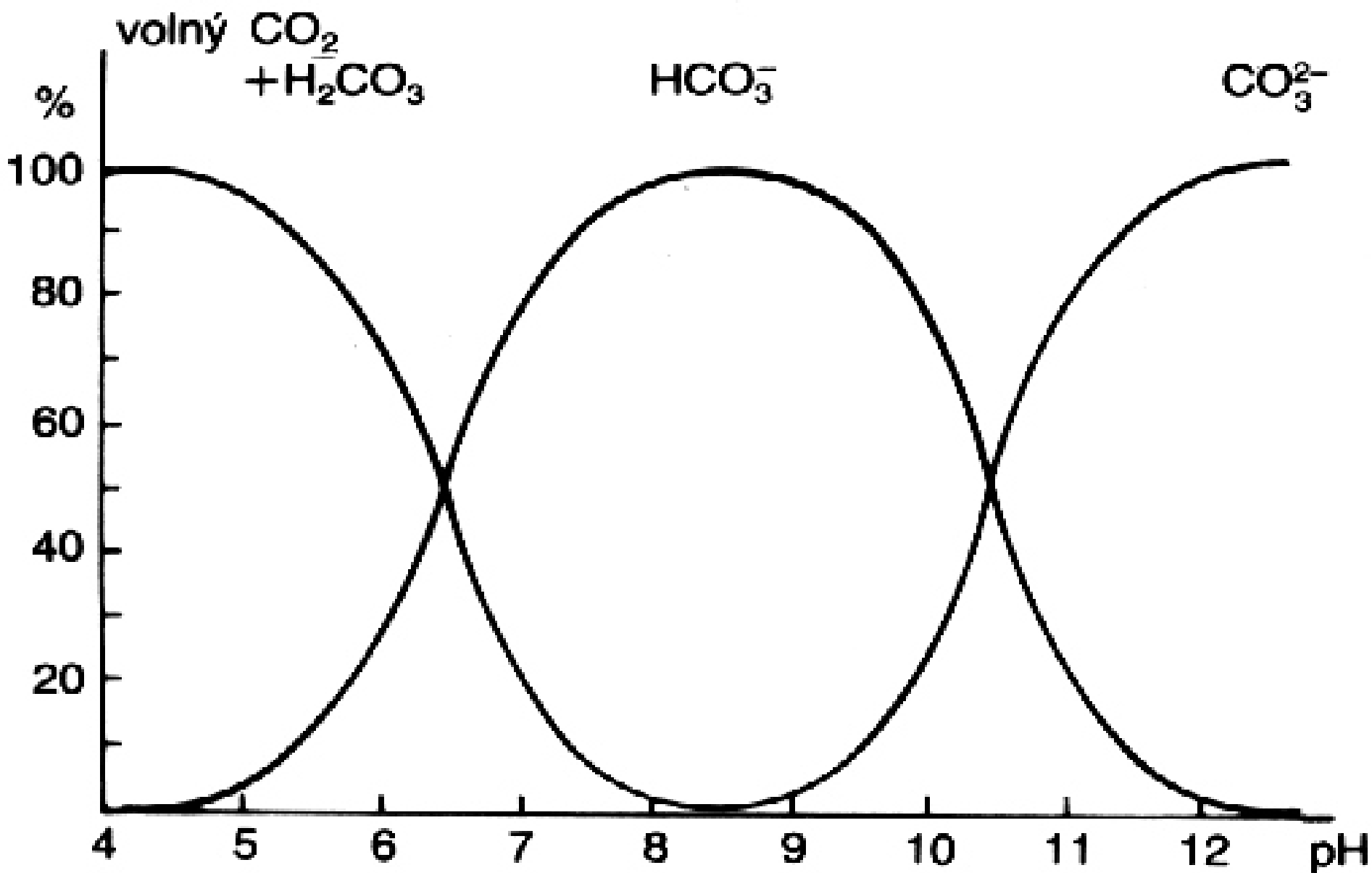
Oxid uhličitý

- Plynný CO_2 je ve vodě snadno rozpustný (cca 200x rozpustnější než O_2), takže jeho množství ve vodě je v poměru k jiným plynům vyšší, než odpovídá jeho objemovému podílu v ovzduší (0,03%).
- Na dalším zvýšení CO_2 ve vodě se podílí bakteriální rozklad organické hmoty a dýchání vodních rostlin a živočichů. Rovněž voda prosakující půdními horizonty je obohacována CO_2 z půdního vzduchu (obsah CO_2 v půdní atmosféře obnáší až 3 objemová %).
- CO_2 chemického původu vzniká rozkladem minerálů kyselými vodami, objevujícími se při oxidaci sulfidických rud, nebo se uvolňuje při oxidaci dvojmocného železa v hydrogenuhličitánových vodách.

Oxid uhličitý

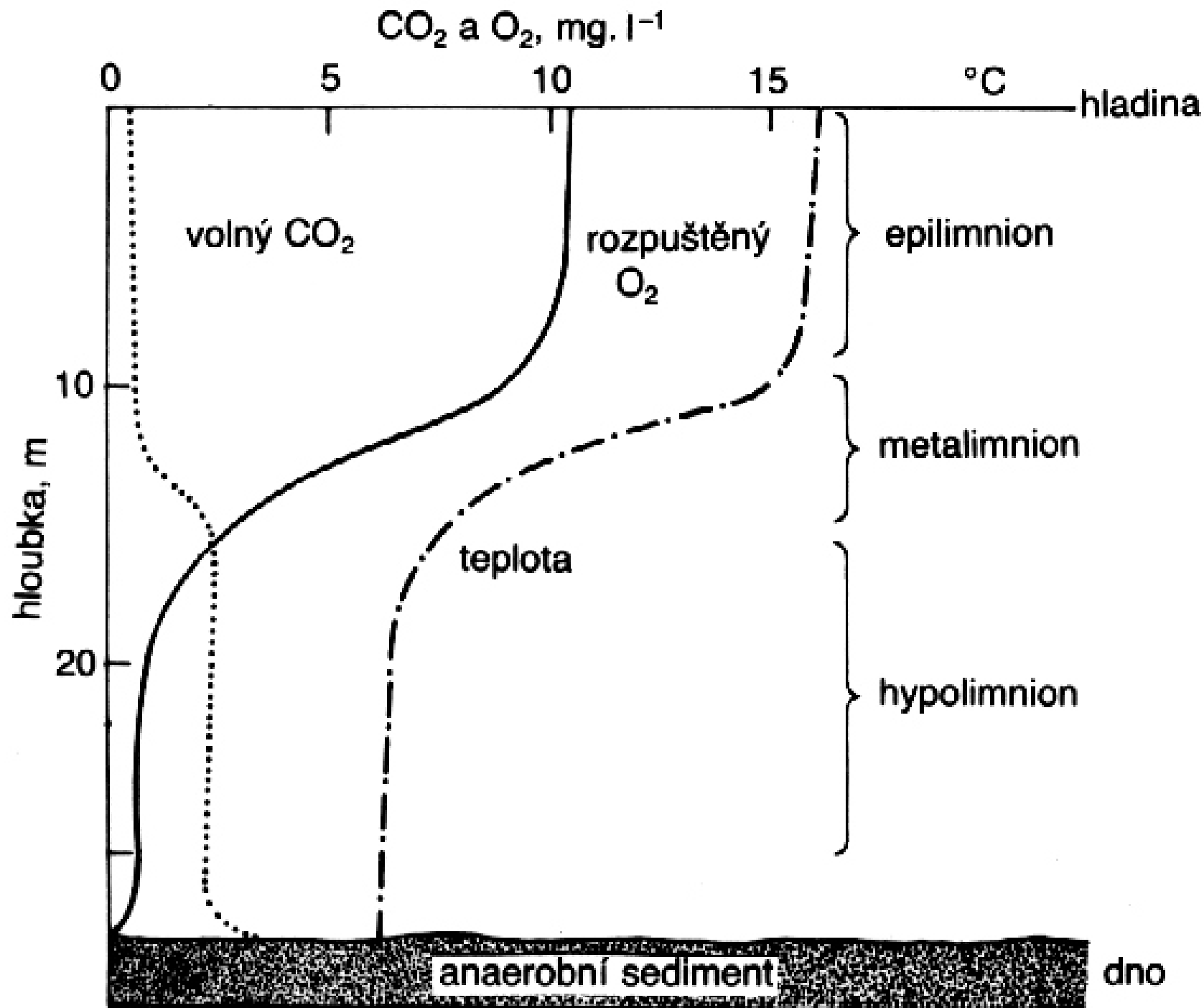
- CO_2 je rozpuštěn ve vodě převážně v molekulární formě. Jen asi necelé 1 % reaguje s vodou za vzniku H_2CO_3 .
- H_2CO_3 je ve vodě částečně disociována na ionty H^+ a hydrogenuhličitanové ionty HCO_3^- . Ionty HCO_3^- dále disociují na ionty H^+ a uhličitanové CO_3^{2-} a zvyšují tak kyselost vody (pokles pH).
- Rozpuštěný CO_2 ve vodě se nazývá **volný oxid uhličitý** a pod tímto pojmem se rozumí součet koncentrací volně hydratovaného CO_2 a H_2CO_3 .
- Iontové formy oxidu uhličitého představují ionty HCO_3^- a CO_3^{2-} . V nich obsažený oxid uhličitý se nazývá **vázaný** a dělí se na **hydrogenuhličitanový** (bikarbonátový) a **uhličitanový**. Součet všech tří forem, volného, hydrogenuhličitanového a uhličitanového se nazývá **veškerý oxid uhličitý**.

Změny v relativním zastoupení CO_2 , HCO_3^- a CO_3^{2-} v přírodních vodách v závislosti na změnách pH.



Oxid uhličitý

- Rozpuštěný volný oxid uhličitý je obsažen téměř ve všech přírodních vodách, jejichž pH nepřesahuje 8,3. Obsah CO_2 se snižuje únikem do atmosféry, chemickou vazbou některými minerály (CaCO_3) a odčerpáváním rostlinami při fotosyntetické asimilaci.
- V povrchových vodách jeho obsah nepřekračuje 20 - 30 mg.l^{-1} . Podzemní vody obsahují obvykle několik desítek mg.l^{-1} CO_2 , vody minerální pak několik stovek až přes 1.000 mg.l^{-1} (kyselky).
- Ve stojatých vodách dochází ke stratifikaci obsahu CO_2 vlivem fotosyntetické asimilace. Svrchní vrstvy obsahují obvykle méně volného CO_2 než vrstvy spodní.



Oxid uhličitý

- Hydrogenuhličitan (kyselé uhličitan) - HCO_3^-
- Jsou běžnou součástí všech přírodních vod. Atmosférické vody obsahují několik desítek mg.l^{-1} HCO_3^- , povrchové vody desítky až stovky mg.l^{-1} , minerální vody stovky až tisíce mg.l^{-1} . V mořské vodě je průměrně obsaženo jen 150 mg.l^{-1} .
- Uhličitan - CO_3^{2-}
- Uhličitan se v podzemních a povrchových vodách zpravidla nevyskytuje. Jejich výskyt je vázán na intenzivní fotosyntézu vodních rostlin, sinic a řas.
- Normální uhličitan se mohou vyskytovat též v užitkových nebo provozních vodách, které byly upraveny změkčením nebo odkyselováním (textilní průmysl, prádelny).

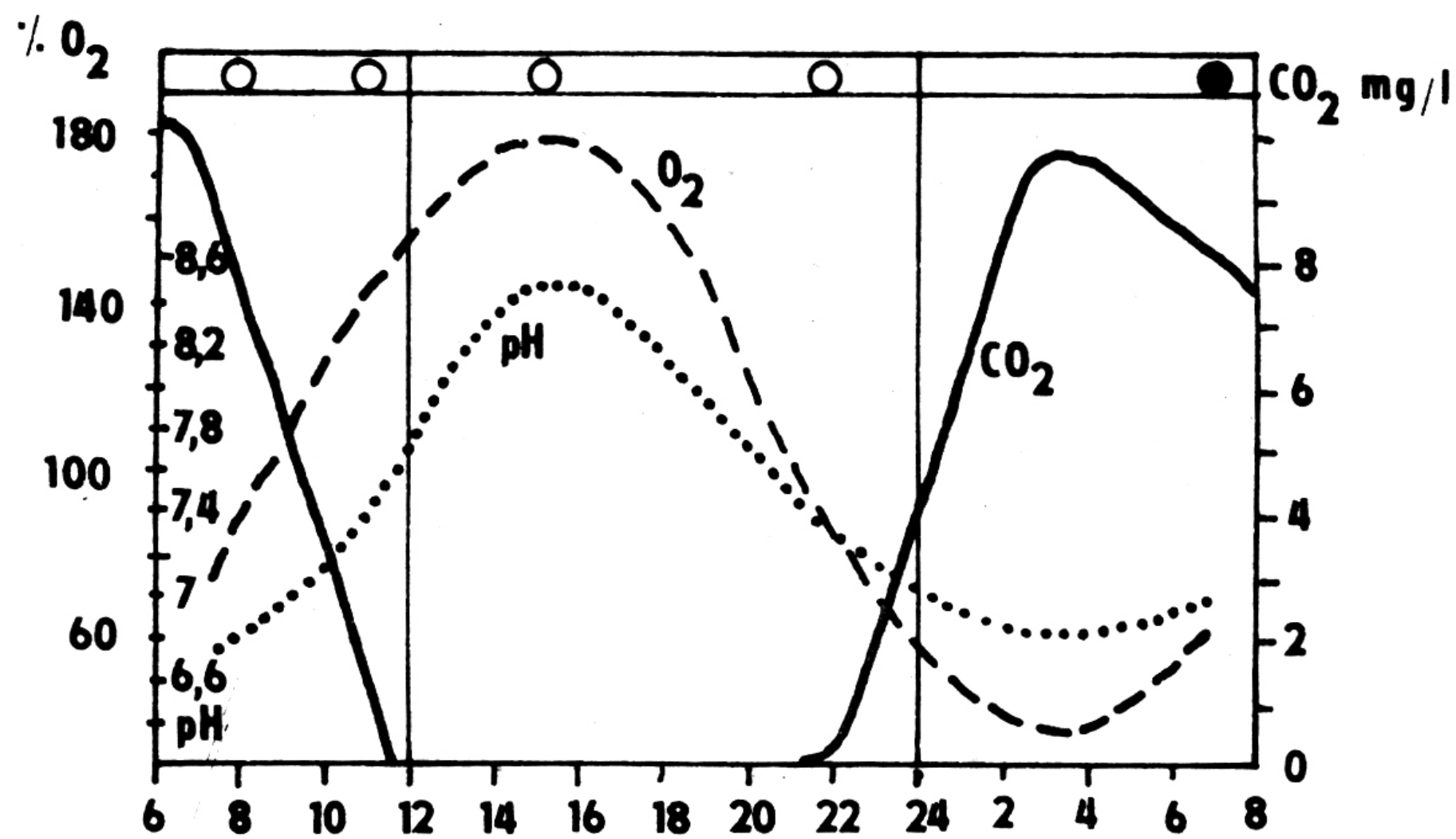
Oxid uhličitý

- V důsledku intenzivní fotosyntézy může dojít k úplnému vyčerpání obsahu CO_2 a tím vzrůstu pH nad 8,3. V eutrofních vodách může být tedy i látkou limitující rozvoj rostlin.
- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$
- Po odčerpání volného CO_2 dochází k rozkladu kyselých uhličitů a pH vody může vystoupit až nad hodnotu 10,0, při rozkladu normálních uhličitů pak až na hodnoty kolem pH 11,0.
- $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$
- Rozpustnost CaCO_3 ve vodě je asi 15 mg.l^{-1} , pokud voda neobsahuje rozpuštěný CO_2 .

Oxid uhličitý

- Ustavuje se rovnovážný stav mezi ionty HCO_3^- , volným CO_2 , ionty Ca^{2+} a ionty CO_3^{2-} .
- CO_2 který je podle této rovnice v rovnováze s HCO_3^- a je nezbytný k tomu, aby se CaCO_3 nevylučoval z roztoku nebo naopak nerozpouštěl, se nazývá **rovnovážný (příslušný) oxid uhličitý**.
- Je-li ve vodě přítomno větší množství volného CO_2 , než odpovídá uhličitanové rovnováze, má voda tendenci rozpouštět uhličitan vápenatý a hořečnatý.
- Soli vápníku a hořčíku se působením kyseliny uhličitě mění na hydrogenuhličitan (kyselé uhličitan), čímž vzniká poměrně stálá chemická soustava, bránící většímu kolísání pH (ústojnost vody, ústojné neboli tlumivé roztoky, pufry).

Změny v obsahu rozpuštěného O₂, pH a CO₂ během 24 hodin.



Sirovodík

- Sirovodík a jeho iontové formy se vyskytují v přírodních vodách jen zřídka a pouze v malých koncentracích (vzhledem k jejich snadné oxidaci).
- Anorganického původu je sirovodík vznikající rozkladem sulfidických rud a biologickou redukcí síranů, dalším zdrojem mohou být vulkanické exhalace.
- Organického původu je sirovodík vzniklý biologickým rozkladem organických sirných látek v anaerobním prostředí.
- Umělým zdrojem mohou být odpadní vody z koželužen, tepelného zpracování uhlí, zpracování ropy, barvíren aj.
- Ve vodách se nedisociovaný sirovodík (H_2S) vyskytuje při nižším pH (pod 6), při vyšších hodnotách je převážně ve formě jednoduchých iontů (S^{2-} a HS^-).

Sirovodík

- Sirovodík je jedovatý plyn, který se ve vodách vyskytuje nejčastěji u dna, kde je nedostatek kyslíku. V aerobním prostředí je nestabilní a podléhá postupně oxidaci až na sírany (SO_4^{2-}).
- Minerální vody obsahující minimálně 1 mg.l^{-1} S- H_2S se označují jako vody sirné (sirovodíkové). Bohaté na obsah sirovodíku jsou minerální vody ropného původu.
- Množství sirovodíku u dna hlubokých nádrží, kam proniká kyslík jen pozvolna, může být značné. Jeho koncentrace v hypolimniu jezer může dosáhnout hodnot až stovek mg.l^{-1} .
- Např. v Černém moři je bez sirovodíku pouze horní vrstva vody o síle 150-200 m, zatímco níže ležící vrstvy jsou sirovodíkem nasyceny a tudíž bez života.

Sirovodík

- Na horní hranici sirovodíkové zóny dochází často k rozvoji sirných bakterií, které syntetizují organické látky ze sirovodíku v procesu chemosyntézy.
- H_2S a jeho iontové formy mohou být příčinou koroze zdiva vodních staveb. Vznikající sirovodík je biochemicky oxidován až volnou H_2SO_4 bakteriemi obsaženými v slizových vrstvách na stěnách staveb.
- Norma pro pitnou vodu připouští nejvýše $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$, ve vodárenských tocích se přítomnost H_2S nepřipouští, v ostatních může být nejvýše $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$.
- Pro vodní živočichy je sirovodík jedovatý. Letální koncentrace pro ryby se pohybuje od $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$ (lososovité) do 4 mg.l^{-1} H_2S (karas, lín). Při vyšším pH toxicita H_2S klesá.

Chlor

- Volný chlór se v přírodních vodách nevyskytuje.
- Chlor je nejčastěji používaným dezinfekčním činidlem ve vodárenství, navíc se používá k bakteriologickému zabezpečení nezávadnosti vody.
- Volný chlór působí na vodní organizmy a ryby toxicky. Rozrušuje žábra (žaberní lístky se bělavě zbarvují) až po úplné odumírání žaberního epitelu.
- Při nižších teplotách je účinek silnější, poněvadž se chlór ve vodě déle udrží, zatímco při vyšších teplotách se chlór rychle váže především na organické látky.
- Koncentrace $0,04-0,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ aktivního chloru je při dlouhodobém působení toxická pro většinu ryb.
- Chlorovaná pitná voda obsahuje $0,05$ až $0,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ aktivního chloru.

Metan

- Methan neboli bahenní plyn vzniká ve vodách při rozkladu celulózy. Plyn je bez zápachu a jeho toxicita není výrazná.
- K nebezpečnému nahromadění methanu pro ryby ve vodě může dojít v zimě pod ledem. Jeho množství ve vodě může dosáhnout několika mg.l^{-1} .
- Jedovatost methanu je nepřímá, vytlačuje z vody kyslík a tak může způsobit dušení ryb. Bubliny methanu uvolňující se ze dna a vystupující k hladině navíc strhávají i části sedimentu do pelagiálu, kde jsou tyto části oxidovány.
- Nejvíce methanu se vyskytuje ve vodách silně zarostlých, v bahnu mrtvých ramen řek, v tůních, malých mělkých rybnících a v odpadních vodách především z potravinářského průmyslu (cukrovary).

Sloučeniny dusíku

- Dusík patří mezi nejdůležitější biogenní prvky ve vodách
- Sloučeniny dusíku se uplatňují při všech biologických procesech probíhajících v povrchových, podzemních i odpadních vodách
- Dusík se vyskytuje ve vodách v různých oxidačních stupních, v iontové i neiontové formě
- Distribuce jednotlivých forem je ovlivněna zejména biochemickými procesy probíhajícími ve vodách

Sloučeniny dusíku

- Hlavní formy výskytu N ve vodách:
 - N elementární
 - N anorganicky vázaný
 - amoniakální dusík N-NH_4^+ resp. N-NH_3
 - dusitanový dusík N-NO_2^-
 - dusičnanový dusík N-NO_3^-
 - dusík umělého původu (kyanidy, kyanatany, thiokyanatany)
 - N organicky vázaný

Sloučeniny dusíku

- Anorganickým zdrojem N jsou splachy ze zemědělsky obhospodařované půdy (hnojené N-hnojivy), atmosférické srážky, odpadní vody (např. ze zpracování uhlí, splaškové OV)
- Člověk produkuje denně asi 12g N
- Organickým zdrojem N jsou odpady ze zemědělské výroby (močůvka, siláže), biomasa odumřelých organismů
- **Atmosférický N** – je méně rozpustný než kyslík (poměr ve vodě 1:2 oproti 1:5 ve vzduchu), plynnou formu N dokáže využít jen některé bakterie (např. rod *Azotobacter*) nebo planktonní sinice (např. rod *Anabaena*)

Sloučeniny dusíku

- **Amoniakální N** – je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek, produkt metabolismu živočichů
- Organického původu je amoniakální N také ve splaškových vodách a v odpadech ze zemědělských výrob
- Sekundárně může vznikat redukcí NO_2^- nebo NO_3^-
- Anorganického původu je z odpadních vod z plynáren, koksáren, generátorových stanic, z pitných vod dezinfikovaných chloraminací, z průmyslových exhalací
- Jednoduché amonné soli se nevyskytují jako minerály

Sloučeniny dusíku

- při rozpouštění amoniaku vzniká hydrát $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, který disociuje na ionty NH_4^+ a OH^- . Poměr zastoupení obou forem je závislý na pH a teplotě vody.
- Amoniak může tvořit komplexy s ionty mnoha kovů
- Podzemní vody a čisté povrchové obvykle do $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$
- Koncentrace v povrchových vodách převážně v desetinách mg.l^{-1}
- V podzemních vodách spojených s ropnými může být i přes 100 mg.l^{-1}
- Organicky znečištěné povrchové vody i desítky mg.l^{-1}
- V mořské vodě ve svrchních vodách desítky $\mu\text{g.l}^{-1}$, ve větších hloubkách až jednotky mg.l^{-1}

Sloučeniny dusíku

- Odpadní vody jsou na amoniakální dusík bohaté, splaškové vody obsahují desítky mg.l^{-1} , odpady ze silážování 200 - 400 mg.l^{-1} , močůvka 1000 – 7500 mg.l^{-1}
- Amoniakální N je nestálý a rychle se oxiduje na NO_2^- a NO_3^-
- Nezbytný pro tvorbu nové biomasy mikroorganismů
- Indikátor fekálního znečištění (při vyloučení jeho anorganického zdroje a z rozkladu organických N-látek rostlinného původu) hranicí je 0,5 mg.l^{-1} N-NH_4^+ současně s pozitivním nálezem bakteriálního znečištění

Sloučeniny dusíku

- **Dusitanový N** – NO_2^- se nevyskytují jako minerály, ve vodách vznikají biochemickou oxidací amoniakálního dusíku nebo biochemickou redukcí dusičnanů
- Tvoří se při elektrických výbojích v atmosféře oxidací elementárního N
- Bohaté na NO_2^- jsou odpadní vody z výroby barviv a ze strojírenských závodů (NO_2^- se používají jako inhibitory koroze)
- V čistých podzemních a povrchových vodách pouze ve stopách
- Desetiny mg.l^{-1} N- NO_2^- v železnatých a rašelinných vodách, v hypolimniu nádrží, ve vodách s nízkou koncentrací kyslíku

Sloučeniny dusíku

- V odpadních vodách i desítky mg.l^{-1} N-NO_2^-
- Dusitany velmi nestálé, jsou snadno oxidovány nebo redukovány
- Indikátor fekálního znečištění podzemních vod
- Přípustné max. zatížení vodárenských toků je $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$ N-NO_2^- , ostatní povrchové vody $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ N-NO_2^-
- Způsobují methemoglobinemii, v trávicím traktu můžou být biotransformovány v karcinogenní nitrosoaminy
- Dusitany reagují s hemoglobinem na methemoglobin (nepřenáší kyslík). Nebezpečná dávka pro dospělého člověka je asi 500 mg NO_2^- , pro kojence již 1 až 10 mg NO_2^-

Sloučeniny dusíku

- U kojenců do 3 měsíců věku obsahuje krev fetální hemoglobin (hemoglobin F), který je snáze oxidovatelný než hemoglobin A obsažený v krvi starších dětí a dospělých
- Enzymový oxido-redukční systém katalyzující zpětnou redukci methemoglobinu není u kojenců ještě dokonale vyvinut
- Limitovány ve vlnářském průmyslu, v kyseljším prostředí zbarvují vlnu žlutě
- Nebezpečné v rybářských provozech využívajících k čištění vody špatně pracující nebo nezpracované biofiltry

Sloučeniny dusíku

- **Dusičnanový N** – v minerálech zřídka (dusičnan sodný)
- Vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku
- Jsou konečným stupněm rozkladu N-látek v aerobním prostředí
- Vznikají při elektrických výbojích v atmosféře oxidací elementárního N
- Dalším zdrojem je hnojení zemědělsky obdělávaných půd, odtoky čistíren odpadních vod
- V čistých podzemních a povrchových vodách obvykle v jednotkách mg.l^{-1}
- Znečištěné podzemní a povrchové vody i desítky mg.l^{-1}

Sloučeniny dusíku

- Za aerobních podmínek jsou stabilní, ve vodách s nedostatkem kyslíku podléhají redukci na dusitany
- V půdě nejsou téměř zadržovány a pronikají tak při infiltraci i do vzdálených míst
- Samy o sobě nejsou dusičnany nijak škodlivé, škodí však nepřímo tím, že jsou v trávicím traktu redukovány na dusitany
- V ČR od roku 1960 bylo popsáno 320 onemocnění dusičnanovou alimentární methemoglobinemií
- Příпустné max. zatížení vodárenských toků je $3,4 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$, ostatní povrchové vody $11 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$

Sloučeniny dusíku

- Vysoký obsah dusičnanů může způsobit změnu barvy masa (konzervárny)
- V povrchových vodách souvisí obsah dusičnanů se stupněm eutrofizace a patří mezi ukazatele používané ke klasifikaci vod dle čistoty
- Při vypouštění odpadních vod patří dusičnany mezi závazné ukazatele
- **Organicky vázaný N** – hlavními formami organicky vázaného N jsou bílkoviny, jejich rozkladné produkty a močovina
- V povrchových vodách se vyskytuje v nepatrných koncentracích a běžně se neurčuje
- Stanovení organického N může mít význam při hodnocení znečištění vod

Sloučeniny dusíku

- **Kyanidy** – nejsou přirozeného původu, pocházejí z různých odpadních vod (galvanovny, tepelné zpracování uhlí, koksárny aj.)
- Ve vodách jako jednoduché (nedisociovaná HCN, jednoduché ionty CN^-) nebo jako komplexní sloučeniny s kovy
- Jednoduché kyanidy jsou velmi toxické, komplexní v závislosti na stabilitě, s klesajícím pH vzrůstá toxicita
 - **Silně toxické** – HCN, CN^- , komplexní kyanidy Cd^{II} , Zn^{II} , Cu^{II}
 - **Středně toxické** - komplexní kyanidy Ni^{II}
 - **Slabě toxické** - komplexní kyanidy Fe^{II} , Fe^{III} , Co^{II}

Sloučeniny dusíku

- Přípustné max. zatížení vodárenských toků je $0,01 \text{ mg.l}^{-1} \text{ CN}^-$, ostatní povrchové vody $0,05 \text{ mg.l}^{-1} \text{ CN}^-$, ($0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ veškerých kyanidů)
- **Kyanatany** – vznikají při chemickém čištění kyanidových vod, při biologickém čištění odpadních vod obsahující kyanidy
- Stále pouze v alkalickém prostředí, toxicita nízká

Sloučeniny dusíku

- **Koloběh N** – značně komplikovaný biogeochemický cyklus
- Hlavní biogenní prvek spolu s C, H a O
- Z elementárního N z atmosféry výboji až $0,35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ NO_3 , biologickými procesy je fixováno až $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ NO_3
- Organické N-látky se rozkládají mikrobiální činností a N se uvolňuje jako amoniakální (proces *deaminace*, *amonifikace*). V této formě je využíván mikroorganismy (bakterie, sinice, řasy, rostliny) k syntéze nové biomasy
- V aerobních podmínkách je amoniakální dusík oxidován nitrifikačními bakteriemi na dusitany a dusičnany (proces *nitrifikace*)

Sloučeniny dusíku

- V anaerobních podmínkách může dojít k redukci dusičnanů a dusitanů až na elementární N nebo N_2O a NO (proces *denitrifikace*)
- Redukci způsobují striktně i fakultativně anaerobní mikroorganismy (*Pseudomonas*, *Achromobacter*)
- Proces probíhá i v mírně oxických podmínkách (O_2 do $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$)
- V kyselém prostředí probíhá denitrifikace pomaleji a tvoří se více oxidů dusíku, při pH nad 6 převažuje produkce elementárního N

Chloridy

- Sloučeniny chloru jsou obsaženy téměř ve všech horninách a do vod se vyluhují ve formě chloridů nejčastěji z ložisek kamenné soli a draselných solí
- Člověk vylučuje močí asi 9 g chloridů denně
- Ve splaškových vodách jsou živočišného původu, dalším umělým zdrojem je dezinfekce vody chlorací, neutralizace HCl , vysolování
- Chloridy neasimilují rostliny ani bakterie, ale jsou neustále uvolňovány živočichy
- Chlor se ve vodě může v menší míře vyskytovat i jako kyselina chlorná (HClO), anion (ClO^-) nebo v různých chlorokomplexech

Chloridy

- Chloridy jsou spolu s hydrogenuhlíčitany a sírany hlavními anionty povrchových vod, běžně jsou obsaženy jednotky až desítky $\text{mg.l}^{-1} \text{Cl}^-$
- Ve vodách jsou chemicky i biochemicky poměrně stabilní, při infiltraci vody se v půdách prakticky nezadržují
- Ve vodách s vyšší mineralizací díky dobré rozpustnosti chloridových solí můžeme najít i desítky $\text{g.l}^{-1} \text{Cl}^-$
- V mořské vodě je průměrně $19 \text{ g.l}^{-1} \text{Cl}^-$, (Mrtvé moře $88\text{--}127 \text{ g.l}^{-1} \text{Cl}^-$)
- Přípustné max. zatížení vodárenských toků je $150 \text{ mg.l}^{-1} \text{Cl}^-$, ostatní povrchové vody $350 \text{ mg.l}^{-1} \text{Cl}^-$.

Sloučeniny síry

- V přírodních a odpadních vodách se síra vyskytuje v různých oxidačních stupních (0, II, IV, VI)
- Přírodním zdrojem S je rozklad organických látek (bílkovin), v kterých síra udržuje trojrozměrné uspořádání a výluhy z minerálů sádrovec ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhydrit (CaSO_4)
- Umělým zdrojem jsou odpadní vody z moření kovů, městské a průmyslové exhalace
- V běžných přírodních vodách nejčastěji ve formě jednoduchého iontu SO_4^{2-} , v jednotkách, desítkách i stovkách mg.l^{-1} , thiosíranů a siřičitanů se v přírodních vodách téměř nevyskytují

Sloučeniny síry

- Zvlášt' bohaté na sírany jsou vody minerální (karlovarské 1,4-1,6 g.l⁻¹ SO₄²⁻, šarátice 8 g.l⁻¹ SO₄²⁻, zaječická 24 g.l⁻¹ SO₄²⁻)
- V mořské vodě je průměrně 2,7 g.l⁻¹ SO₄²⁻
- Vyšší koncentrace síranů ovlivňují senzorické vlastnosti vody společně s Mg²⁺ a Na⁺ způsobují laxativní účinky vody
- Vyšší obsah síranů ve vodách je rovněž příčinou její agresivity k betonu
- Přípustné max. zatížení vodárenských toků je 200 mg.l⁻¹ SO₄²⁻, ostatní povrchové vody 300 mg.l⁻¹ SO₄²⁻

Sloučeniny síry

- V současnosti narůstá antropický vliv na koloběh síry v biosféře včetně vodních ekosystémů
- Spalování fosilních paliv (uhlí, nafta) nadměrně zvyšuje množství oxidu siřičitého (SO_2) v ovzduší, SO_2 je snadno vymýván srážkami a je hlavní příčinou tzv. kyselých dešťů
- Do ovzduší se dostává touto cestou více než 10^8 t.rok⁻¹ SO_2 (stav v roce 1975)

Sloučeniny fosforu

- Přírodním zdrojem P jsou minerály a horniny např. apatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{F}, \text{Cl})_2$, fosforit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$, kaolinit $\text{Si}_2\text{O}_5\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{PO}_4$ a rozklad odumřelé vodní fauny a flóry
- Umělého původu je P ze splaškových vod, živočišných odpadů, odpadních vod z pivovarského a textilního průmyslu, prádelen a ze splachů obdělávané půdy hnojené fosforečnými hnojivy
- Ve vodách se P vyskytuje v nejrůznějších formách buď rozpuštěný nebo nerozpuštěný (suspendovaný), organický nebo anorganický
- V koloidně rozptýlené formě a ve formě orthofosforečnanů je nejvhodnější pro primární producenty

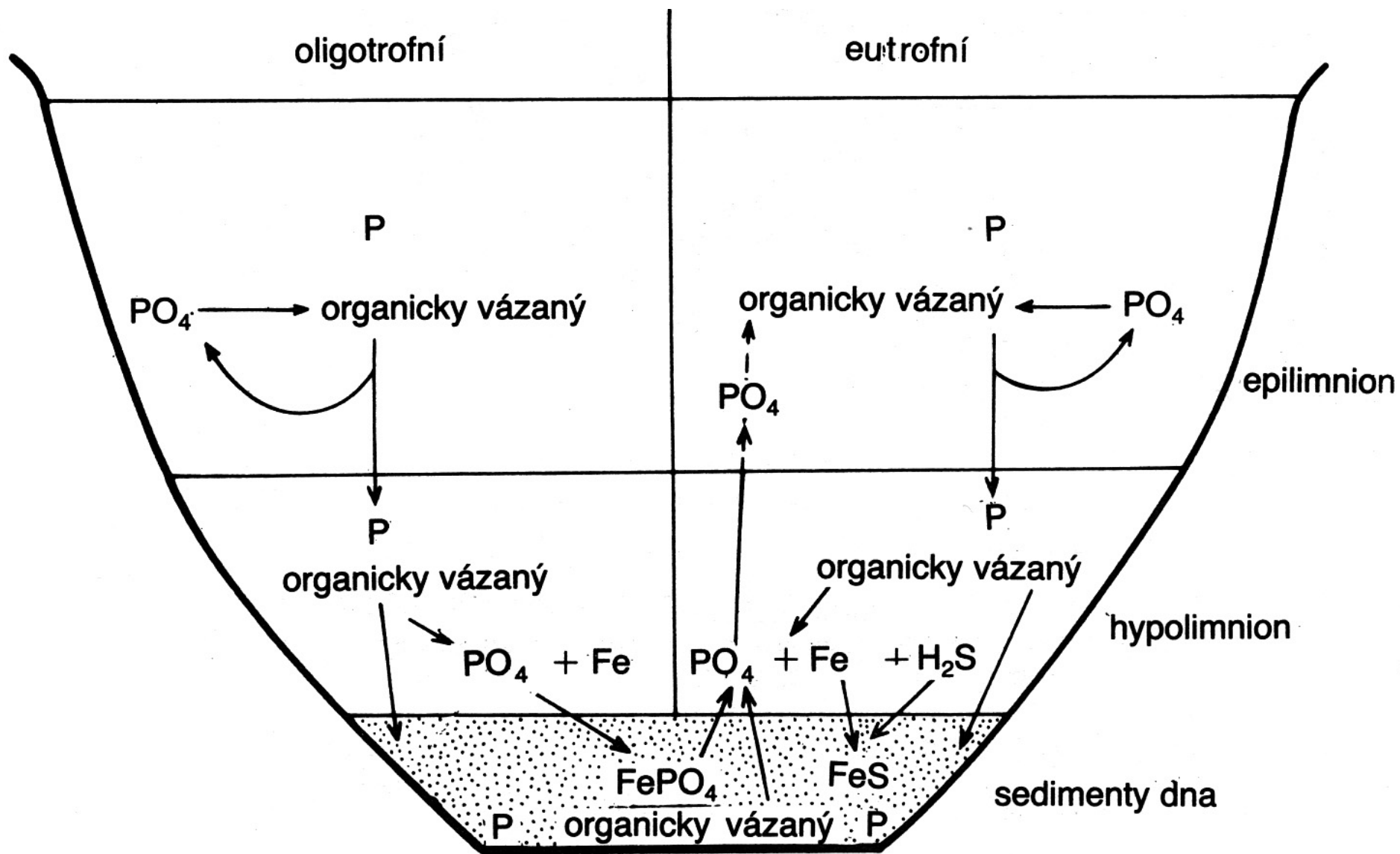
Sloučeniny fosforu

- V podzemních vodách je P v malých koncentracích díky snadnému zadržení v půdě
- V povrchových neznečištěných vodách se koncentrace pohybují v tisícinách až setinách mg.l^{-1} P, v znečištěných v desetinách, výjimečně i jednotkách mg.l^{-1} P
- V minerálních vodách se P vyskytuje jen v setinách mg.l^{-1} P, v mořské vodě je průměrně obsaženo asi jen $0,07 \text{ mg.l}^{-1}$ P
- Fosfor je důležitým prvkem z hlediska eutrofizace
- V zimním období je množství reaktivního P ve vodě nejvyšší, protože probíhá mineralizace těl odumřelých organismů odkud se P uvolňuje do vody, aniž se jinými organismy spotřebovává (nízká biomasa hydrobiontů i intenzita metabolismu)

Sloučeniny fosforu

- V jarním období s nástupem vegetace se obsah P začíná rychle snižovat a obsah asimilovatelného P může klesnout až k nule
- Nastává období deprese fytoplanktonu, fáze „clear water“, obsah P se zvýší a s nástupem nové biomasy primárních producentů se jeho obsah opět rychle snižuje
- v letních měsících je v podstatě veškerý P poután v biomase hydrobiontů a jeho koncentrace ve vodě jsou minimální (roste obsah partikulovaného P tj. P vázaný v biomase fytoplanktonu a bakterií)

Koloběh P ve vodním ekosystému v interakci se železem a sírou



Sloučeniny fosforu

- Žádná z přirozených sloučenin P nevykazuje tendenci k vypařování – nemůže tedy být přemísťována atmosférou
- Z hlediska globálního koloběhu P, se uvolněný P zvětráním hornin dostane do vod a odtud je v sedimentech splavován do moří, kde se usazuje
- Návrat P je možný pouze přes biosféru (trus ptáků – ložiska guana, rybolov) a za normálních okolností je velmi pomalý
- P deponovaný v hlubinných sedimentech moří představuje jeho dlouhodobou ztrátu (tzv. propad fosforu)

Sloučeniny fosforu

- Tento přirozený koloběh výrazně narušil člověk zvýšenou těžbou a využíváním fosfátů, aplikací fosforečných hnojiv kdy došlo k značnému zrychlení koloběhu P a tím i zvýšení eutrofizace vod
- Přípustné max. zatížení vodárenských toků je $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$ P, ostatní povrchové vody $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$ P

Nejdůležitější kationty ve vodách

- **Vápník** - obsah v zemské kůře 3,5 %, do vody vyluhováním převážně vápenců (CaCO_3), dolomitů ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), sádrovce ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a dalších minerálů.
- Větší množství Ca ve vodách je dáno obsahem rozpuštěného CO_2 , který výrazně zvyšuje rozpustnost látek na bázi uhličitánů
- Umělým zdrojem Ca jsou odpadní vody z provozů, kde dochází k neutralizaci vápnem nebo vápencem nebo při odkyselování.
- Ca ve vodě převážně jako jednoduchý kationt Ca^{2+} , v alkalické oblasti ,(pH nad 9) výrazně stoupá podíl iontového asociátu $[\text{CaCO}_3(\text{aq})]^0$.

Nejdůležitější kationty ve vodách

- Ca je důležitý stavební prvek, především mechanických pletiv a rozhoduje o stabilitě pH vody
- Množství Ca ve vodách závisí převážně na geologickém podloží, v prahorních útvarech (žuly,ruly) mívají toky pouze několik mg.l^{-1} , vody z vápencových (krasových) útvarů i několik set mg.l^{-1}
- Pro omezenou rozpustnost vápenatých solí nebývá ani v minerálních vodách obvykle více než 1 g.l^{-1} Ca
- V mořské vodě je průměrný obsah Ca 400 mg.l^{-1}

Nejdůležitější kationty ve vodách

- **Hořčík** - obsah v zemské kůře 2,0 %, do vody vyluhováním dolomitů ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), magnezitu (MgCO_3) a dalších minerálů.
- Větší množství Mg ve vodách je dáno obsahem rozpuštěného CO_2 , který výrazně zvyšuje rozpustnost látek na bázi uhličitanu.
- Umělým zdrojem Mg jsou odpadní vody z provozů, kde dochází k odkyselování vody filtrací různými alkalickými hmotami.
- Mg je ve vodách kvantitativně méně zastoupen než Ca. V minerálních vodách může být i několik g.l^{-1} Mg, obsah Mg nad 250 mg.l^{-1} se projevuje hořkou chutí, v normě pro pitnou vodu limitován 125 mg.l^{-1}

Nejdůležitější kationty ve vodách

- **Železo** – do vod nejčastěji vyluhováním z železných rud: pyrit FeS_2 , krevel Fe_2O_3 , magnetovec Fe_3O_4 , hnědel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, siderit FeCO_3 a hlinitokřemičitanů, rozpouštění napomáhá přítomnost CO_2 a humusových kyselin
- Umělým zdrojem železa jsou odpadní vody z drátoven, válcoven a také korozní procesy v potrubí
- Ve vodách nejčastěji v oxidačním stupni II (bezkyslíkaté prostředí) a III (kyslíkaté prostředí) v rozpuštěné nebo nerozpuštěné formě, část Fe i v koloidním stavu
- V podzemních vodách až několik desítek mg.l^{-1} Fe, v prostých povrchových desetiny až jednotky mg.l^{-1} Fe

Nejdůležitější kationty ve vodách

- Vyšší obsah Fe v kyselých vodách (rašeliniště) - indikátor málo úrodných vod
- V normě pro pitnou vodu je koncentrace Fe limitována hodnotou $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$
- V mořské vodě kolísá obsah železa od $0,01$ - $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$
- V bezkyslíkatém redukčním prostředí, v podzemních vodách a u dna nádrží se Fe vyskytuje v oxidačním stupni II jako rozpuštěné, zejména ve formě FeCO_3 , FeS a Fe(OH)_2

Nejdůležitější kationty ve vodách

- Železo ovlivňuje senzorické vlastnosti vody a to barvu, chuť a zákal. Chuťové závady se projevují při koncentracích 0,5-1,5 mg.l⁻¹ Fe. Již v koncentracích kolem 0,5 mg.l⁻¹ může Fe způsobovat zákal vody oxidací v aerobních podmínkách, nebo může být příčinou nadměrného rozvoje železitých bakterií (ucpávání potrubí, odumírání, zápach)
- Fe může zanechávat rezavé skvrny na různých materiálech

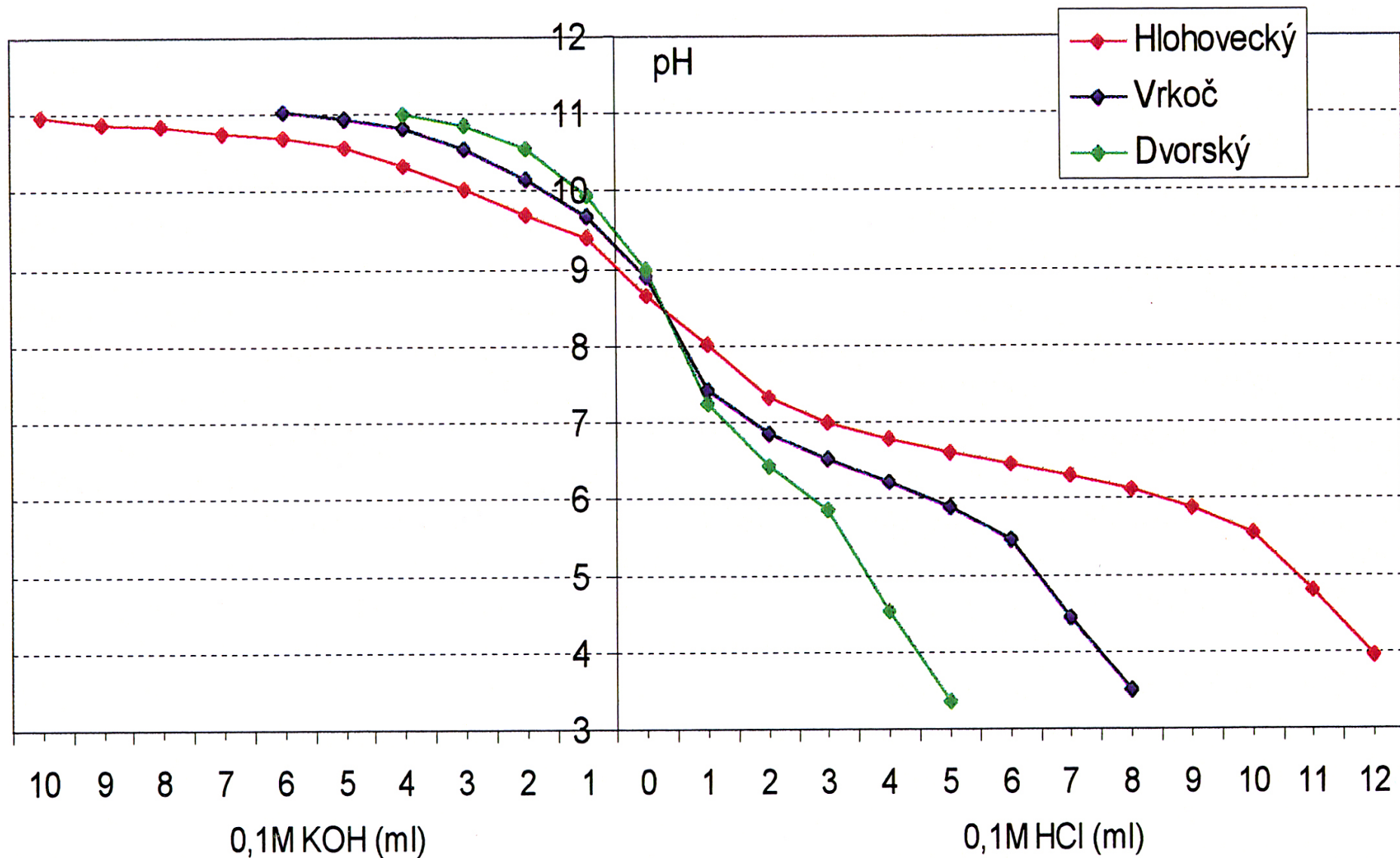
Nejdůležitější kationty ve vodách

- V rybářských provozech mohou vyšší koncentrace Fe způsobit značné problémy, především v odchovných ranných stadiích ryb a líhních.
- Fe se sráží na alkalicky reagujících žábrách ryb a na jikrách. Sraženina zabraňuje výměně plynů, dochází k pomnožení železitých bakterií a úhynům jiker a ryb.
- Úprava přítokových vod (prokysličení – vysrážení Fe v oxidačním stupni III).
- Nejčastější problémy u vod s nižším pH (chov lososovitých ryb).
- Koncentrace Fe v rozpuštěné formě je limitována pod $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ pro kaprovité a pod $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ pro lososovité.

TLUMIVÁ KAPACITA (ústojnost vody)

- je schopnost vody tlumit změny pH po přidavku kyselin a zásad
- nejvýznamnější je uhličitanový tlumivý systém $\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^- - \text{CO}_3^{2-}$
- další tlumivé systémy: fosforečnany, boritany, křemičitany, amoniakální dusík, sulfidy, organické zásady, některé minerály, dnové sedimenty, fotosyntéza a respirace mikroorganismů
- umožňuje přírodním vodám vyrovnat se do určité míry s kyselými nebo zásaditými odpadními vodami, aniž dojde k významnému poklesu nebo vzrůstu hodnot pH
- tlumivá kapacita je v přírodním prostředí vyšší než u vzorků odebraných pro analýzu

Křivky ústojnosti vybraných rybníků jižní Moravy.



NEUTRALIZAČNÍ (acidobazická) KAPACITA

- je integrálem tlumivé kapacity ve zvoleném rozmezí pH
- kvantitativně vyjadřuje obecnou vlastnost vod vázat vodíkové nebo hydroxidové ionty
- jde o látkové množství silné kyseliny nebo silné zásady, které se spotřebuje na 1 litr vody pro dosažení určité hodnoty pH
- rozeznává se kyselinová neutralizační kapacita (KNK) – **alkalita** a zásadová neutralizační kapacita (ZNK) – **acidita**
- udává se v mmol.l^{-1} , hodnota pH se připojuje jako index
- většina přírodních vod reaguje alkalicky na methyloranž (4,4-4,5) a kysele na fenolftalein (8,3)

Pomocné schéma pro stanovení alkality a acidity

pH 4,5

pH 8,3

cibulová

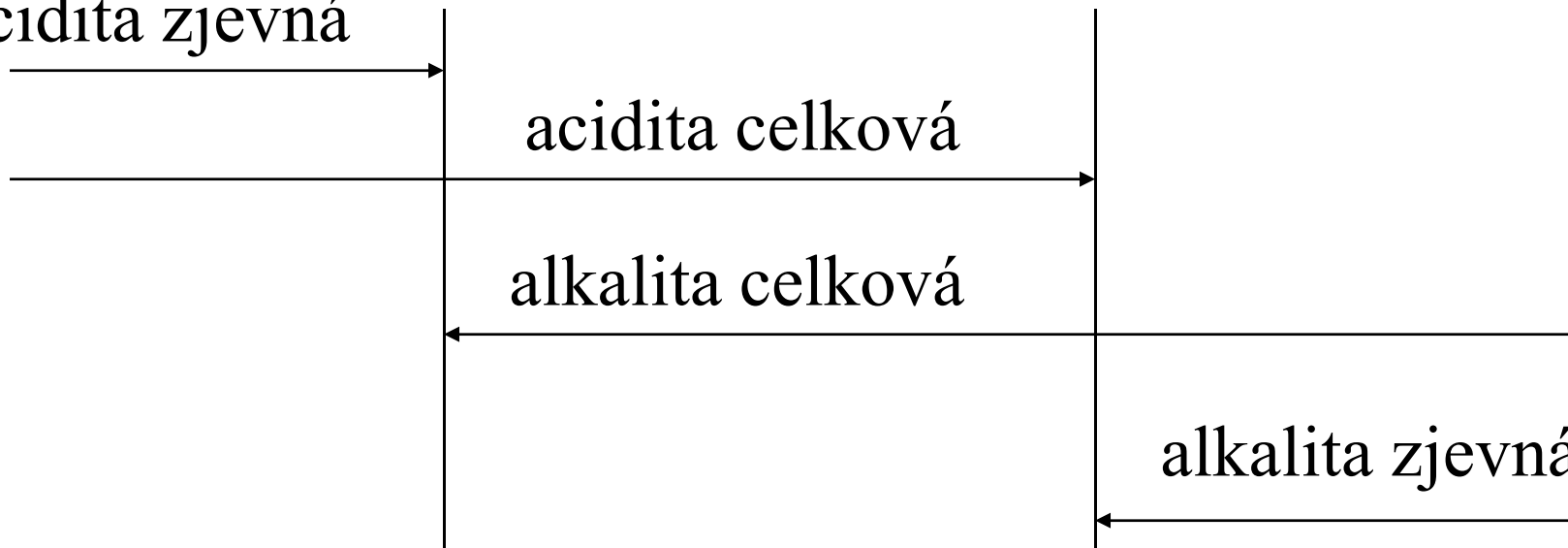
růžová

acidita zjevná

acidita celková

alkalita celková

alkalita zjevná



ACIDITA (ZNK)

- aciditu způsobují kyseliny a kyselé soli ve vodě jak přirozeného původu (humínové kyseliny) tak umělého (odpadní vody)
- zjevná acidita (pod pH 4,5) je dána silnými minerálními a organickými kyselinami a vliv CO_2 je zanedbatelný, voda zcela nevhodná pro chov ryb
- celková acidita (pH 4,5 – 8,3) je dána především koncentrací volného CO_2 a hydrogenuhličitany
- u přírodních méně mineralizovaných vod s pH nad 4,5, které nepocházejí z rašelinných oblastí, lze z hodnoty celkové acidity vypočítat obsah volného CO_2
- volný CO_2 (mg.l^{-1}) = celková acidita (mmol.l^{-1}) . 44

ALKALITA (KNK)

- zjevná alkalita (nad pH 8,3) nemusí nutně být způsobena hydroxidy, ale může ji být dosaženo v důsledku intenzivní fotosyntézy vodních rostlin a řas
- celková alkalita (pH 8,3 – 4,5) je dána především koncentrací hydrogenuhličitanů
- hodnota alkality nás u většiny přírodních vod nepřímo informuje o množství rozpuštěného vápníku a hořčíku
- hodnoty 1 - 2 mmol.l⁻¹ – nebezpečí kolísání pH
- hodnoty 2 - 5 mmol.l⁻¹ – pH kolísá málo nebo vůbec
- hodnoty nad 5 mmol.l⁻¹ – pH se téměř nemění

- v přírodních vodách, kde hlavní protolytický systém tvoří CO_2 a jeho iontové formy, má z analytického hlediska největší význam stanovení $\text{KNK}_{4,5}$
- u odpadních vod má z technologického hlediska největší význam stanovení neutralizační kapacity do pH 7

Hodnoty $\text{KNK}_{4,5}$ (mmol.l^{-1}) v letních měsících

BOBRAVA	4,11	4,05	3,34	2,15	6,58	7,02	5,91	2,79
STUDNY LEDNICKO	6,70	7,10	8,44	9,73	7,20	7,38		
LOUČKA	1,10	0,35	0,98	0,81	1,56	1,50	1,39	1,44
ZÁMECKÝ RYBNÍK	1,50	2,66	2,66	2,83	3,12	3,12	3,12	
PLUMLOV	2,08	2,31	1,62	1,38	1,61	1,50	1,33	1,39

Tvrdost vody

- název, který neodpovídá svým významem představě o skutečném chování vody a jsou problémy s přesnou definicí.
- pojmenování tvrdost vody vzniklo pravděpodobně v 18. století, kdy bylo známo, že zelenina vařená ve vodě s vysokou koncentrací Ca a Mg zůstává dlouho tvrdá.
- tvrdostí vody se rozumí obsah všech kationtů s nábojovým číslem větším než +1, nebo součet obsahu $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Sr} + \text{Ba}$, popřípadě jen $\text{Ca} + \text{Mg}$.
- u většiny přírodních vod tvoří tvrdost prakticky jen $\text{Ca} + \text{Mg}$ a je vyjadřována v $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ nebo německých stupních tvrdosti.
- tvrdost lze rozdělit na tvrdost přechodnou (uhličitanovou), kterou tvoří ionty Ca a Mg obsažené v kyselých uhličitanech, rozkládají se varem a jsou příčinou tvorby vodního (kotelního) kamene.

Tvrdost vody

- uhličitanová (přechodná) tvrdost odpovídá celkové alkalitě přírodních vod
- tvrdost (trvalá) neuhličitanová, která je dána jinými solemi Ca a Mg, převážně sírany a chloridy
- rozdělení vod dle tvrdosti (rybářské hledisko)
 - tvrdost vody do $1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ($5,6^{\circ}\text{N}$) měkká voda
 - tvrdost vody $1\text{-}1,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ($5,6\text{-}8,4^{\circ}\text{N}$) mírně tvrdá voda
 - tvrdost vody $1,5\text{-}3 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ($8,4\text{-}16,8^{\circ}\text{N}$) tvrdá voda
 - tvrdost vody nad $3 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (nad $16,8^{\circ}\text{N}$) velmi tvrdá voda
- nejměkčí je voda srážková, horská jezera $0,05\text{-}0,1 \text{ mmol.l}^{-1}$, říční vody $0,5\text{-}1 \text{ mmol.l}^{-1}$, pitné vody, rybníky $1\text{-}3 \text{ mmol.l}^{-1}$, povrchová voda na vápencovém podloží $4\text{-}8 \text{ mmol.l}^{-1}$, v blízkosti slanisek $8\text{-}15 \text{ mmol.l}^{-1}$ (již projímavé účinky).

Organické látky

- Přirozeného původu jsou z výluhů okolní půdy a sedimentů, z produktů životní činnosti rostlinných a živočišných organismů žijících ve vodě.
- Umělého původu jsou především z odpadních vod splaškových, průmyslových, odpady a splachy ze zemědělství.
- Z biologického hlediska může jít o látky podléhající biologickému rozkladu, nebo o látky biochemicky rezistentní.
- Obsah organických látek se ve vodách pohybuje v širokém rozmezí, v pitných vodách jsou přítomny desetiny až jednotky mg.l^{-1} , v povrchových desítky mg.l^{-1} a ve znečištěné vodě i desítky g.l^{-1} .

Organické látky

- Významně ovlivňují kvalitu a vlastnosti povrchových vod, některé jsou toxické, karcinogenní, mutagenní, jiné ovlivňují kyslíkovou bilanci, senzorické vlastnosti vody, barvu vody aj.
- Především huminové látky tvoří komplexní sloučeniny (cheláty) s řadou kovů, které jsou asimilovatelné primárními producenty a umožňují tak pokrytí metabolické potřeby mikroelementů.
- Hrají důležitou roli (i v minimálních koncentracích) v orientaci lososovitých ryb při návratu na trdliště.
- Celkové množství a druhová pestrost organických látek antropického původu neustále narůstá.

Organické látky

- Stanovení organických látek – dokonalá přímá metoda doposud není k dispozici, nejběžnější nepřímé metody založené na chemické nebo biochemické oxidaci.
- Obsah organických látek se obvykle vyjadřuje údajem o spotřebě kyslíku na jejich oxidaci.
- Základní metody:
- Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK), stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK) a stanovení organického uhlíku.
- CHSK – na obsah organických látek se usuzuje podle množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek musí vynaložit na jejich oxidaci.