

- 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



- Kyselost vodných roztoků je způsobena nadbytkem vodíkových H^+ iontů, zásaditost nadbytkem hydroxylových iontů OH^- . Koncentrace vodíkových iontů kolísá ve velmi širokém rozmezí mnoha řádů, proto se k vyjádření používá **záporně vzatý dekadický logaritmus jejich koncentrace (aktivity)**.
- $(a_{\text{H}^+}) = 10^{-\text{pH}}$
- $\text{pH} = -\log(a_{\text{H}^+})$
- Platí následující rovnice: $\text{pH} + \text{pOH} = 14$
- Hodnota pH destilované vody zbavené rozpuštěného CO_2 je při $20\text{ }^\circ\text{C}$ 7,0. Destilovaná voda, která je v rovnováze s CO_2 přítomným ve vzduchu (0,03%) obsahuje při $20\text{ }^\circ\text{C}$ asi $0,55\text{ mg.l}^{-1}$ rozpuštěného CO_2 . Výsledné pH destilované vody pak vychází na 5,65.

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



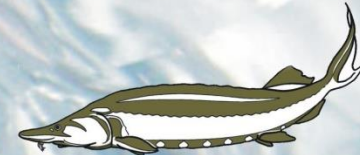
- Vody s pH menším než 5,5 a vyšším než 9,0 již nejsou vhodné pro chov ryb. Z rybářského hlediska lze tedy rozdělit vody podle hodnoty pH takto:
- méně než 5,5 - značně kyselé, často dochází k hynutí ryb, nevhodné k chovu
- 5,5 - 6,5 - slabě kyselé, často kontrolovat pH
- 6,5 - 7,5 - neutrální, dobré 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).

Metody měření pH vody



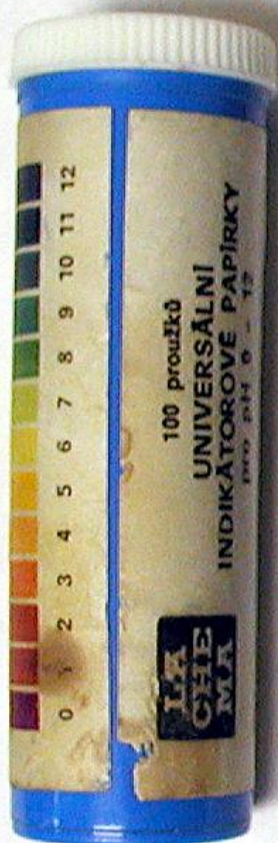
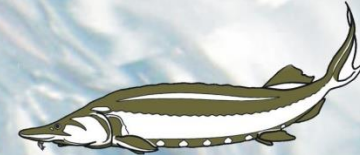
- Hodnota pH se určuje jednak kolorimetricky, jednak potenciometricky.
- **Kolorimetrické metody:**
 - Papírky pH-an
 - Univerzální indikátory
 - Komparátory
 - Tlumivé roztoky
- **Potenciometrické metody:**
 - Měrná skleněná elektroda, referenční kalomelová nebo argentchloridová elektroda
- **Optické metody**

Metody měření pH vody



- **Papírky pH-an** - jsou úzké proužky filtračního papíru, napuštěné uprostřed indikátorem. Proužek ponoří na 1-3 sekundy do vzorku vody a po vyjmutí položí na bílou, nejlépe porcelánovou desku, opláchnutou vodou vzorku. Během 15 sekund se pak podle přiložené barevné tabulky standardů se odečte pH.
- Papírky pH-an se vyrábějí pro různé rozsahy pH, při čemž pro rybářské účely připadají v úvahu tyto rozsahy: 3,9 - 5,4; 5,2 - 6,7; 6,6 - 8,1; 8,2 - 9,7 a 9,2 - 11,0.
- Přesnost měření je udávána $\pm 0,3$ pH, avšak chyba může dosáhnout až 1,0 pH, zvláště při použití starších a nevhodně skladovaných papírků. Proto se neužívají papírky starší 1/2 roku. Skladovat se musí v suchu, chladnu, ve tmě a stranou všech chemikálií.

Metody měření pH vody

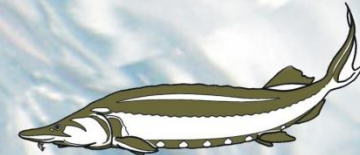


Metody měření pH vody



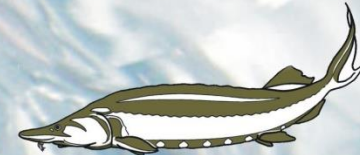
- ***Univerzální indikátor*** (např. Čúta-Kámen) - jedná se o kombinovaný indikátor (směs roztoků organických barviv), měřící pH v širokém rozsahu a pracující s přesností $\pm 0,5$ pH.
- Výhodou stanovení je naprostá nenáročnost na zařízení (stačí zkumavka), rychlost a pohotovost.
- Indikátor se dodává v lahvičkách s kapací zátkou, provedenou jako zabroušená pipeta. Ke stanovení se užívá zkumavka (nejčastěji o průměru 13 mm), která se zatemní obalem z černého papíru tak, aby dno zkumavky zůstalo nezakryté (může se lišit dle výrobce).
- Po přidání indikátoru ke vzorku dle pokynů výrobce se výsledné zbarvení srovná s papírovou barevnou škálou.

Metody měření pH vody

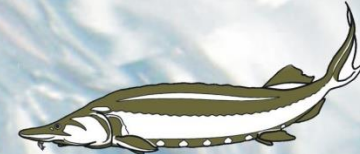


- **pH – směsný indikátor**
- Činidla:
- (1) *Indikátor – fenolftalein:* 0,2720 g
- (2) *Indikátor – orthokresolftalein:* 0,2290 g
- (3) *Indikátor – bromthymolová modř:* 0,7640 g
- (4) *Indikátor – methylčerveň:* 0,1682 g
- (5) *Indikátor – methyloranž:* 0,0644 g
-
- Vše se rozpustí v **methanolu** a doplní do 1 litru.
- Správné zelené barvy indikátoru se docílí opatrným přidáváním hydroxidu sodného 4g **NaOH** rozpuštěného za tepla v 100 ml **ethanolu**.

Metody měření pH vody

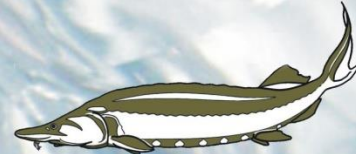


Metody měření pH vody



- ***Komparátor*** (např. Helligeho) jde o jednoduchý optický přístroj, kdy do jedné přihrádky přístroje se vkládá kyveta s indikátorem, k němuž se přidá vzorek, do druhé se vkládá kyveta se vzorkem poněkud zředěným destilovanou vodou (4:1). Za touto kyvetou se vyměňují barevná skla kotouče srovnávacích standardů.
- Optickým systémem se pak vedou paprsky zbarveného vzorku a barevného skla (korigovaného zbarvením vody bez přidání indikátoru) do jednoho pole v okuláru, v němž se pak barvy obou polovin srovnávají.
- Přesnost je v nejlepším případě $\pm 0,2$ pH.

Metody měření pH vody



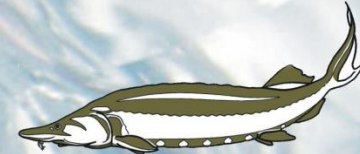
- *Kolorimetrické stanovení s tlumivými roztoky* je založeno na principu acidobazických indikátorů, tj. látek jejichž zbarvení závisí na hodnotě pH.
- Dosažitelná přesnost je v nejlepším případě $\pm 0,1$ pH, rušivé vlivy (např. vysoká koncentrace solí) může zvýšit chybu až na jednotku pH.
- Ke stanovení hodnoty pH volíme indikátor, v jehož funkční oblasti leží pH zkoumané vody (zjistíme orientační zkouškou).
- Vzniklé zbarvení se porovnávají s barvou, která vznikla přidáním indikátoru k definovaným standardům (tlumivým roztokům).
- Stanovení s tlumivými roztoky jsou velmi pracná a dnes jsou vhodná jen jako náhradní laboratorní měření pH.

Metody měření pH vody



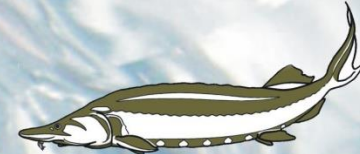
- *Potenciometrické měření* je založeno na měření rozdílu potenciálů dvou elektrod, ponořených do měřené vody.
- Základem této metody je úkaz, že při ponoření elektrody do roztoku vzniká na rozhraní elektroda-roztok potenciální rozdíl elektrického napětí. Toto napětí se srovnává s napětím srovnávací elektrody, jež je stálé a neměnné. Tím se vytváří galvanický článek, jehož elektromotorickou sílu lze měřit citlivým galvanometrem.
- Při měření touto metodou neruší obsah oxidujících a redukujících látek. Elektrody lze použít téměř vždy, manipulace s přístrojem je jednoduchá, potenciál se ustanovuje rychle.

Metody měření pH vody



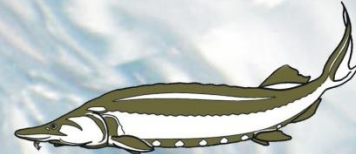
- V současnosti se k měření pH téměř výhradně využívá skleněná elektroda nejčastěji ve tvaru baničky naplněná tlumivým roztokem.
- Skleněná elektroda pracuje v širokém rozsahu pH a je zatěžována pozitivní chybou (naměřená hodnota pH je nižší než skutečná) v alkalické oblasti (nad pH 10).
- V kyselé oblasti pozorujeme negativní chybu (naměřená hodnota je vyšší než skutečná).
- Referenční elektroda kalomelová je tvořena rtuť pokrytou vrstvičkou chloridu rtuťnatého, elektroda argentchloridová je tvořena postříbřeným Pt drátkem, povlečeným chloridem stříbrným. Oba typy jsou ponořeny nejčastěji do roztoku chloridu draselného.

Metody měření pH vody

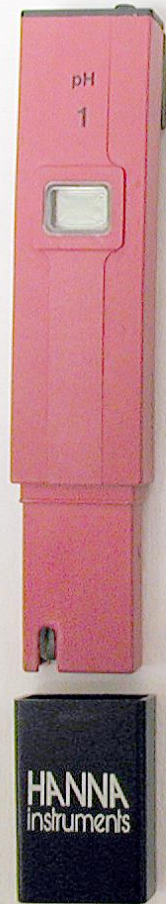


- Některé typy pH-metrů vyžadují namočení elektrody před prvním použitím nejméně na 24 hodin.
- Po „oživení“ elektrody by její měřicí část již nikdy neměla oschnout, neboť pak se již nemusí podařit uvést do provozu.
- Znečištění (zamaštění) elektrody je nutno čistit nejčastěji ethanolem, benzenem nebo se máčí v 2% HCl. Po čišťení je nutno vždy důkladně opláchnout v destilované vodě a znovu nakalibrovat.
- Kalibrace se provádí pomocí „pufrů“ tlumivých roztoků o známém pH. Tyto roztoky dodává přímo výrobce, nebo lze namíchat roztoky dle návodů v laboratorních tabulkách.

Metody měření pH vody



- Přístroj se kalibruje na 2-3 roztoky o různém pH, nejlépe na tlumivé roztoky o hodnotách pH v kterých se budou měřené vzorky vody nejčastěji pohybovat.
- pH je ovlivněno teplotou, je nutno nastavit teplotní korekci (moderní přístroje automaticky).
- Před ponořením elektrody do tlumivého roztoku musí být elektroda důkladně očištěna destilovanou vodou a osušena filtračním papírem.
- Životnost skleněné elektrody je krátká (cca 1-3 roky).
- Mimo měření je vhodné uchovávat elektrodu v roztoku chloridu draselného.
- Přístroje při správném použití měří hodnotu pH i s přesností $\pm 0,01$ pH.





pH

8.20

25°C



HANNA
instruments
pH 10.01
BUFFER SOLUTION
± 0.1 @ 25°C

DO NOT FREEZE
Store at room temperature.
Keep container tightly closed.
Manufactured under ISO 9002.
Quality System registered for ISO 9001.
Complies with ISO 1910 & 1920.
FOR LABORATORY AND INDUSTRIAL USE ONLY

HANNA
instruments
pH 7.01
BUFFER SOLUTION
± 0.01 @ 25°C

DO NOT FREEZE
Store at room temperature.
Keep container tightly closed.
Manufactured under ISO 9002.
Quality System registered for ISO 9001.
FOR LABORATORY AND INDUSTRIAL USE ONLY

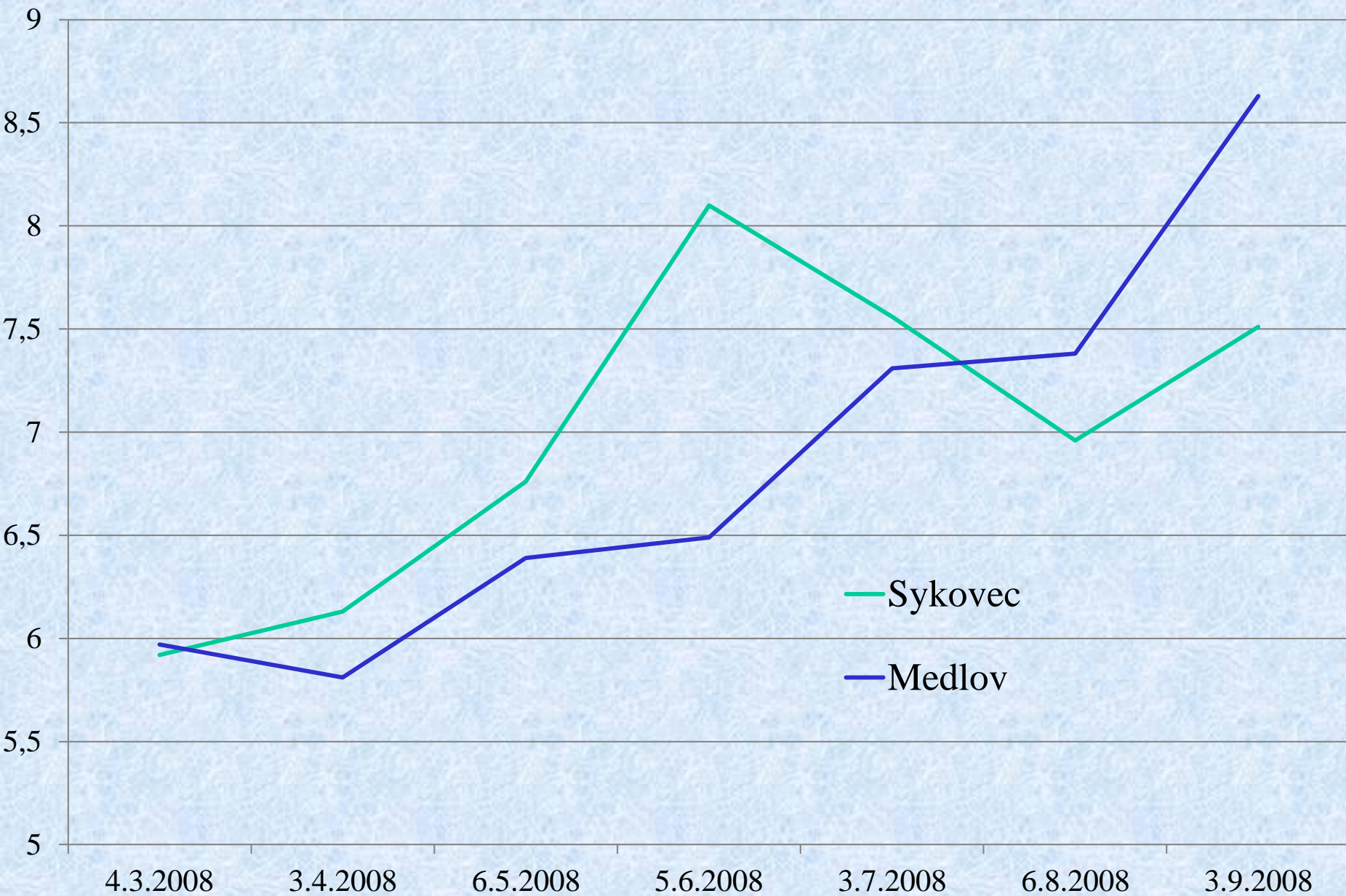
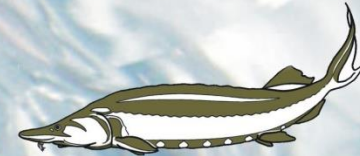
HANNA
instruments
pH 4.01
BUFFER SOLUTION
± 0.01 @ 25°C

DO NOT FREEZE
Store at room temperature.
Keep container tightly closed.
Manufactured under ISO 9002.
Quality System registered for ISO 9001.
FOR LABORATORY AND INDUSTRIAL USE ONLY

WTW
pH 7.00
Technischer Puffer
Technical Buffer
50 ml
Modell:
5117
Best.Nr./
Order No.:
108 708

WTW
pH 4.01
Technischer Puffer
Technical Buffer
50 ml
Modell:
5104
Best.Nr./
Order No.:
108 706

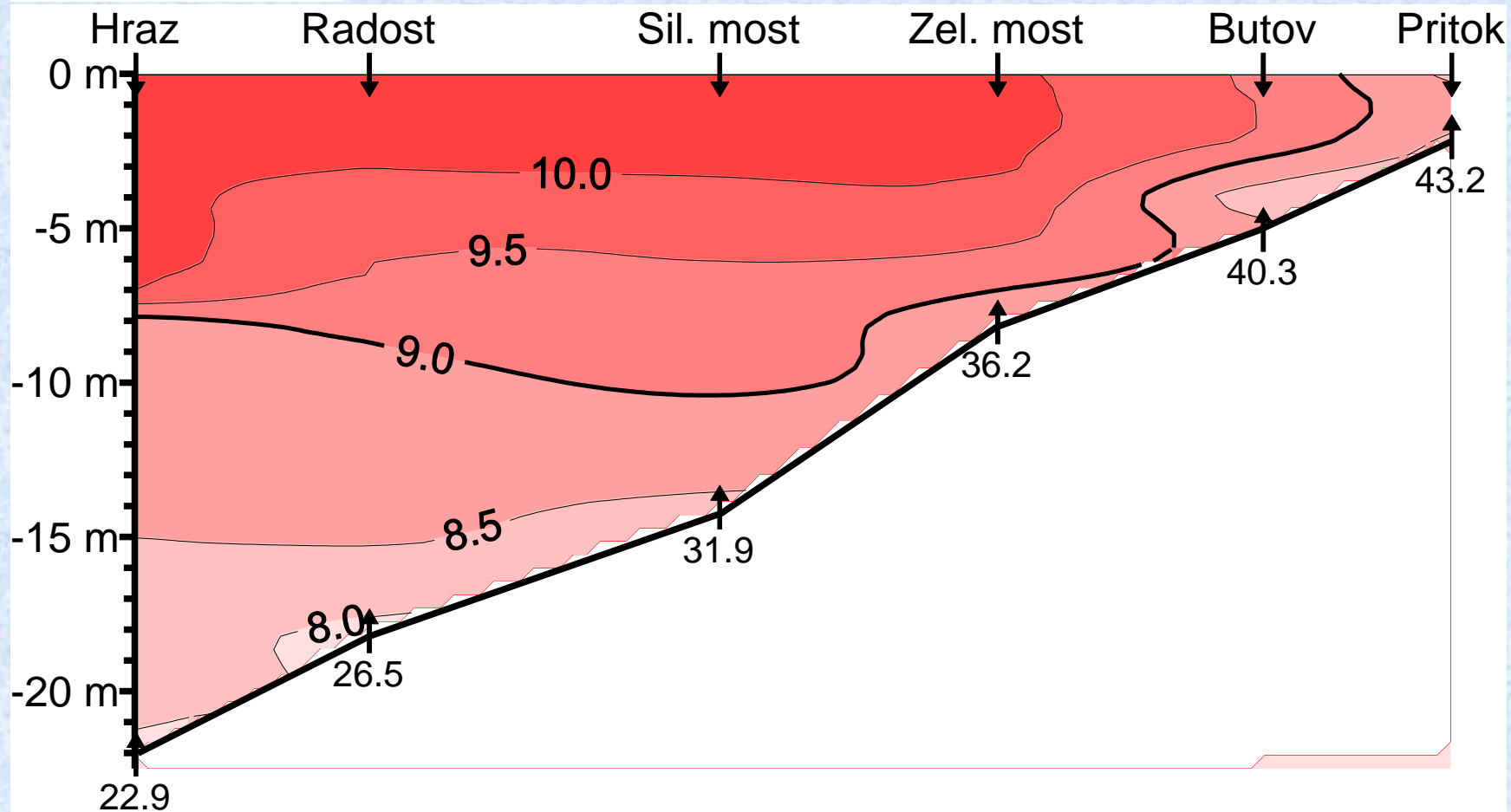
Hodnota pH v průběhu vegetační sezóny



Hodnota pH v průběhu vegetační sezóny



září



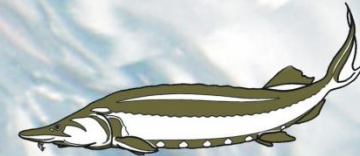
**Průměrná, minimální a maximální hodnota pH
Zámeckého rybníka v Lednici na Moravě.**

**Průměrná hodnota pH soustavy lednických
rybníků v průběhu vegetační sezóny roku 2001.**

Datum	Nesyt	Hlohovecký	Prostřední	Mlýnský
13.4.	8,86	8,85	8,93	8,55
30.4.	8,90	8,33	9,00	8,80
11.5.	8,63	8,60	8,56	8,53
30.5.	8,57	8,44	7,95	8,53
14.6.	8,66	8,56	7,84	8,80
29.6.	8,53	8,73	8,08	8,65
30.7.	8,77	8,81	8,33	8,81
30.8.	8,88	8,86	8,57	8,93

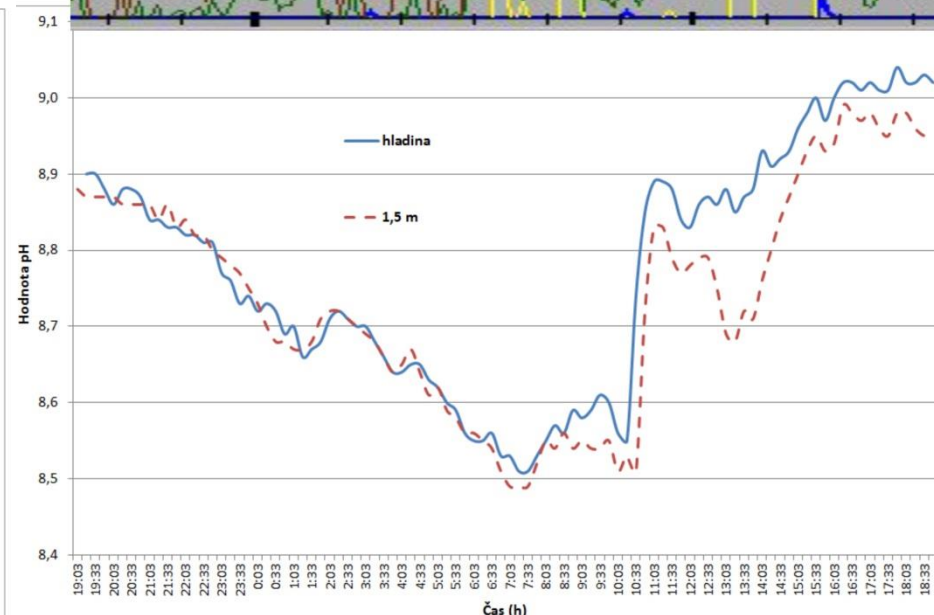
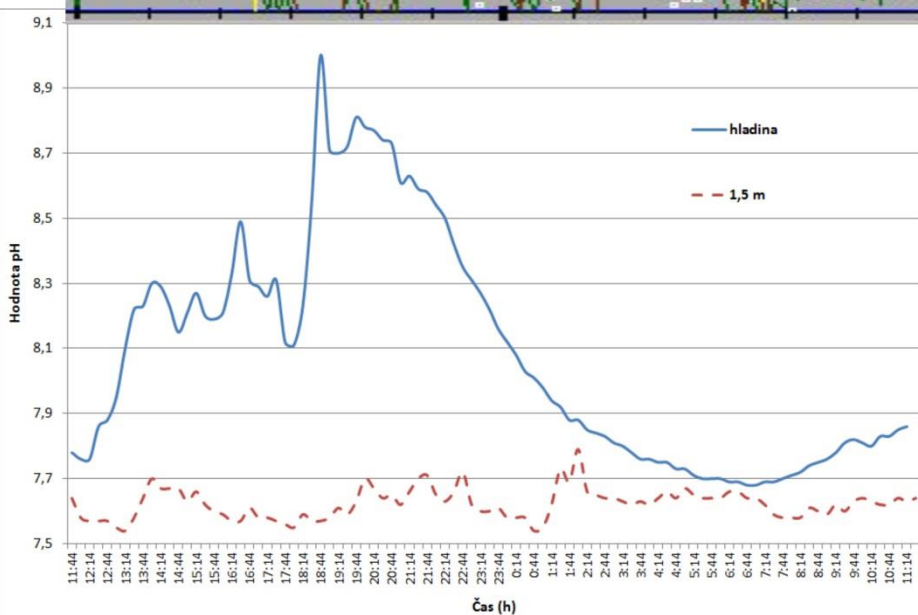
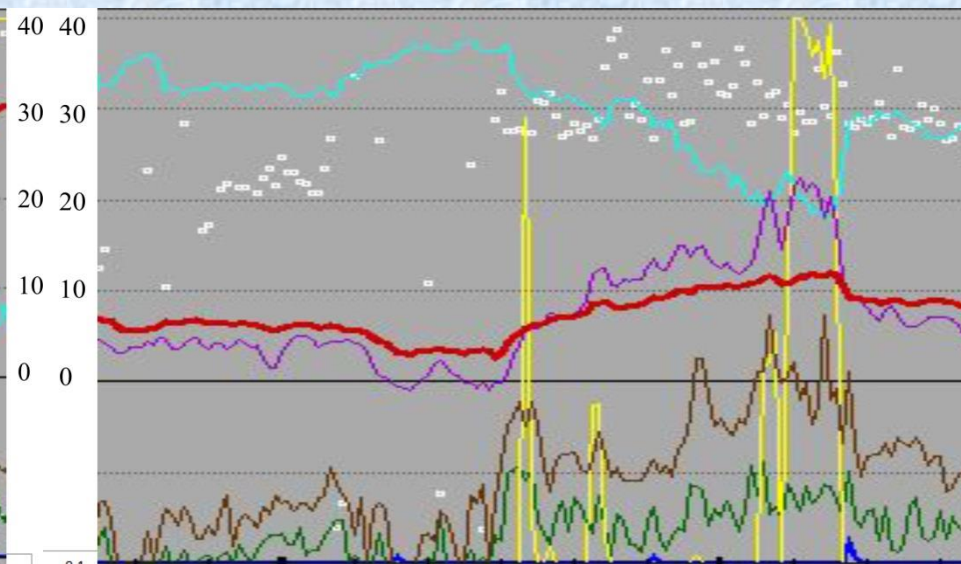
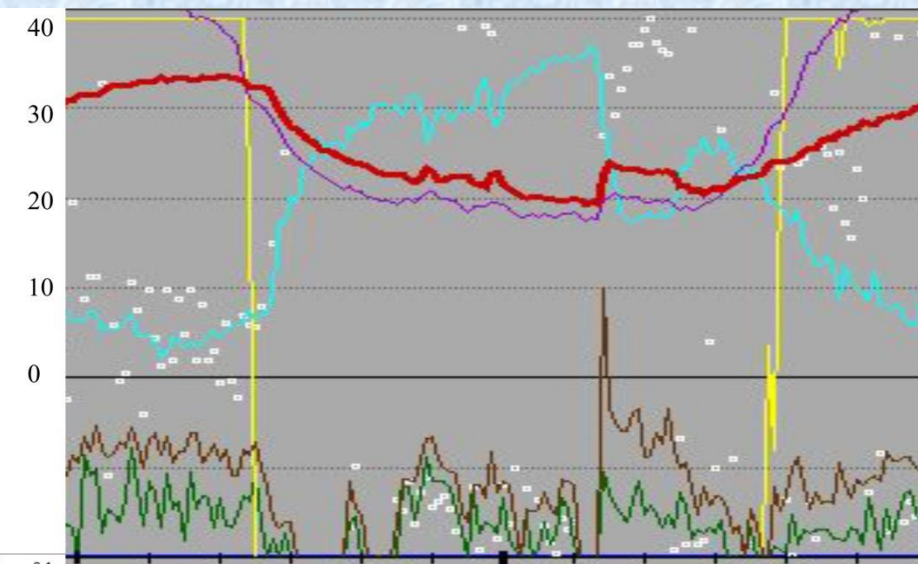
ROK	pH
1996	8,22 7,0 - 8,9
1997	9,08 7,6 - 9,3
1998	8,33 7,9 - 8,7
2001	8,59 7,9 - 9,2
2002	8,68 7,6 - 10,3
2003	8,71 8,1 - 9,6
2004	8,65 7,8 - 10,2

Změny pH vody během 24 hod. v rybníce

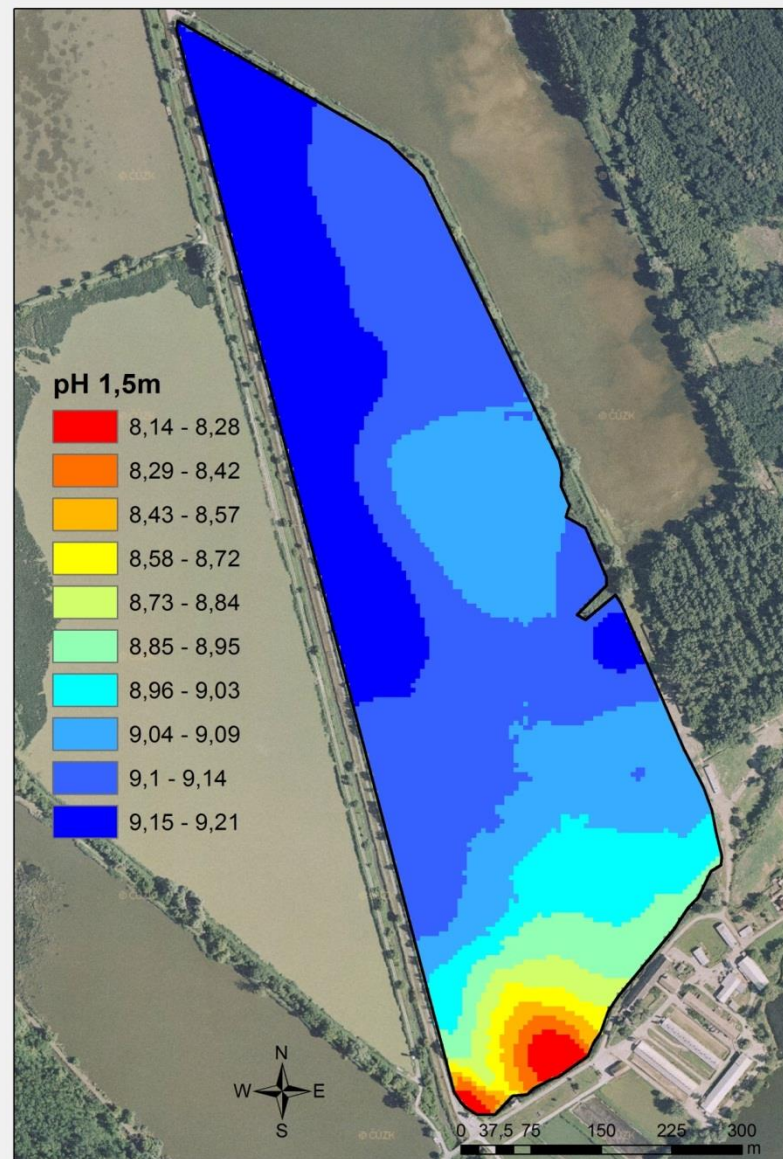
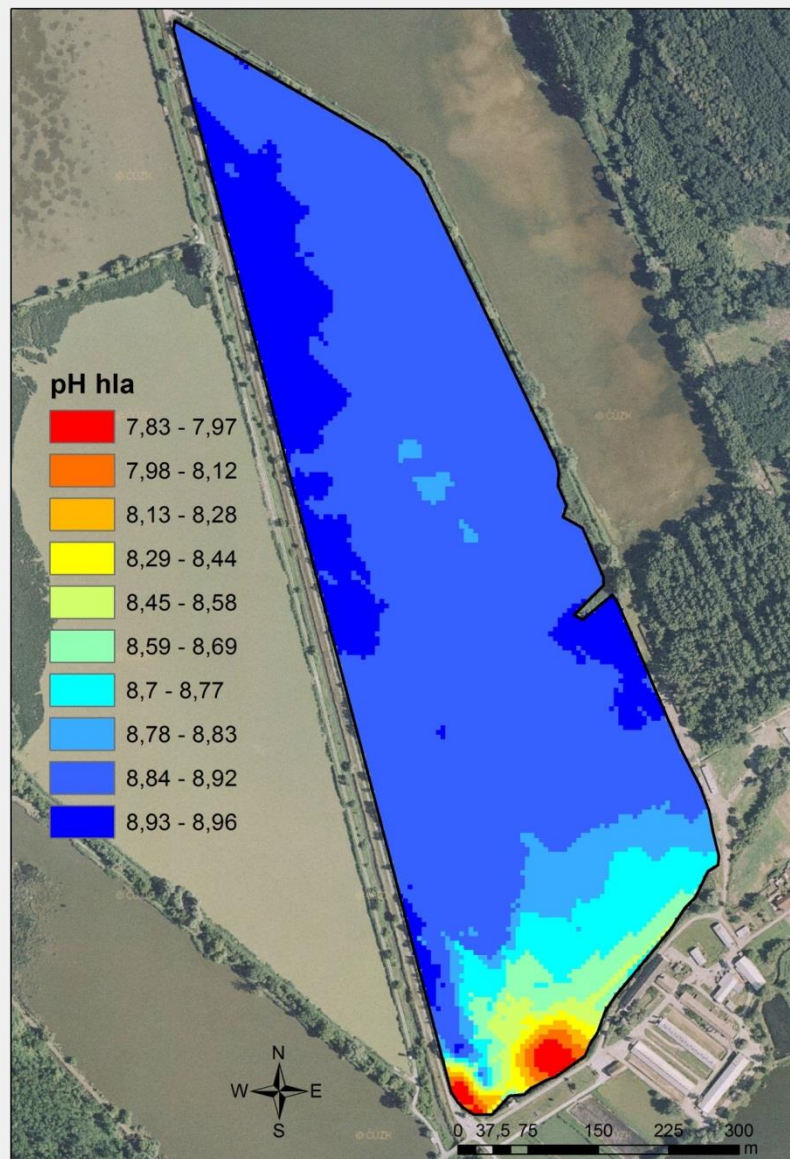
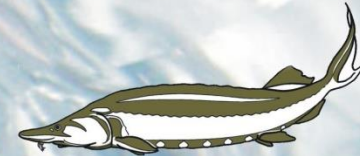


24-25.8.2011

8-9.10.2011

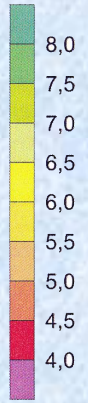
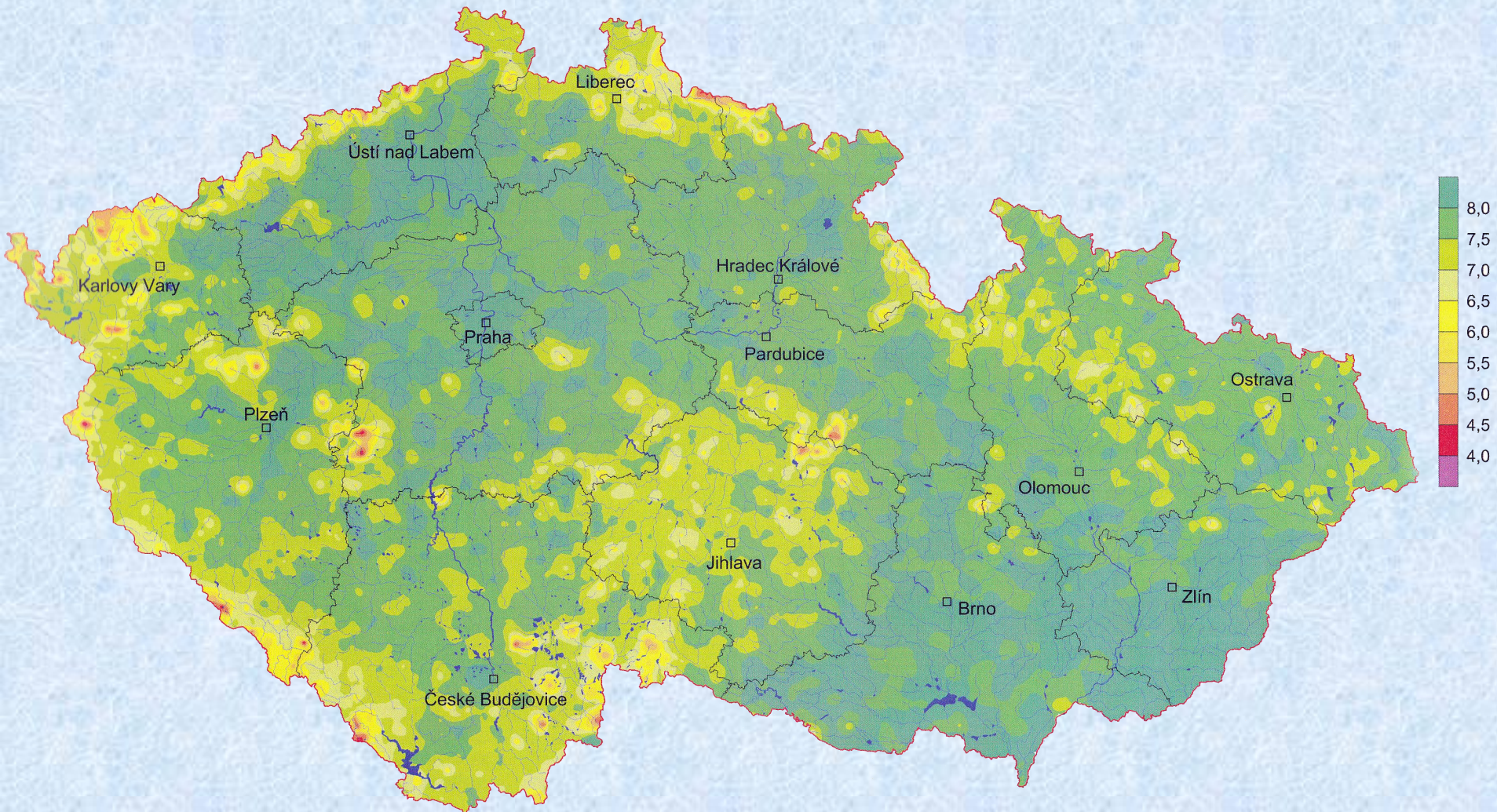
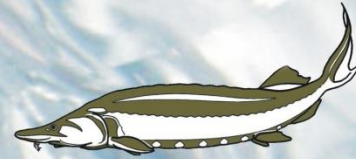


Změny pH v rybníce v závislosti na hloubce

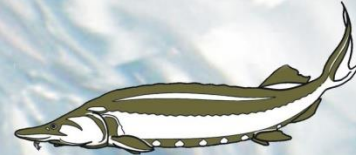


Rybník
Dvorský
24.7.
2012
10 hod.

pH ve vodách ČR



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	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 (mg.l^{-1})
v destilované vodě, která
je ve styku se vzduchem
za dané teploty a
standardního tlaku (101,3
kPa)

(Elmore and Hayes 1960)

Korekce nasycení vody podle tlaku

výška	tlak v mm	faktor
0	760	1.00
100	750	1.01
200	741	1.03
300	732	1.04
400	723	1.05
500	714	1.06
600	705	1.08
700	696	1.09
800	687	1.11
900	679	1.12
1000	671	1.13
1100	663	1.15
1200	655	1.16
1300	647	1.17
1400	639	1.19
1500	631	1.20
1600	623	1.22

$$\% \text{ nasycení} = P_0 \cdot f$$

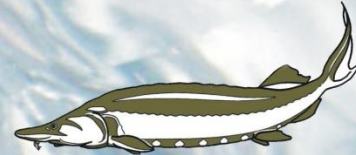
P_0 - % nasycení pro nadmořskou
výšku v 0 metrech

f - faktor

Rozpustnost kyslíku ze vzduchu v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ve vodě obsahující chloridy

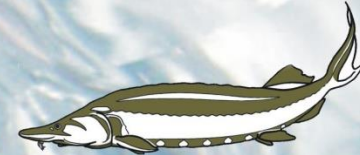
$c_m(\text{Cl}^-)$ v $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	5	10	15
0 °C	13,8	13,0	12,1
5 °C	12,1	11,4	10,7
10 °C	10,7	10,1	9,6
15 °C	9,7	9,1	8,6
20 °C	8,7	8,3	7,9

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

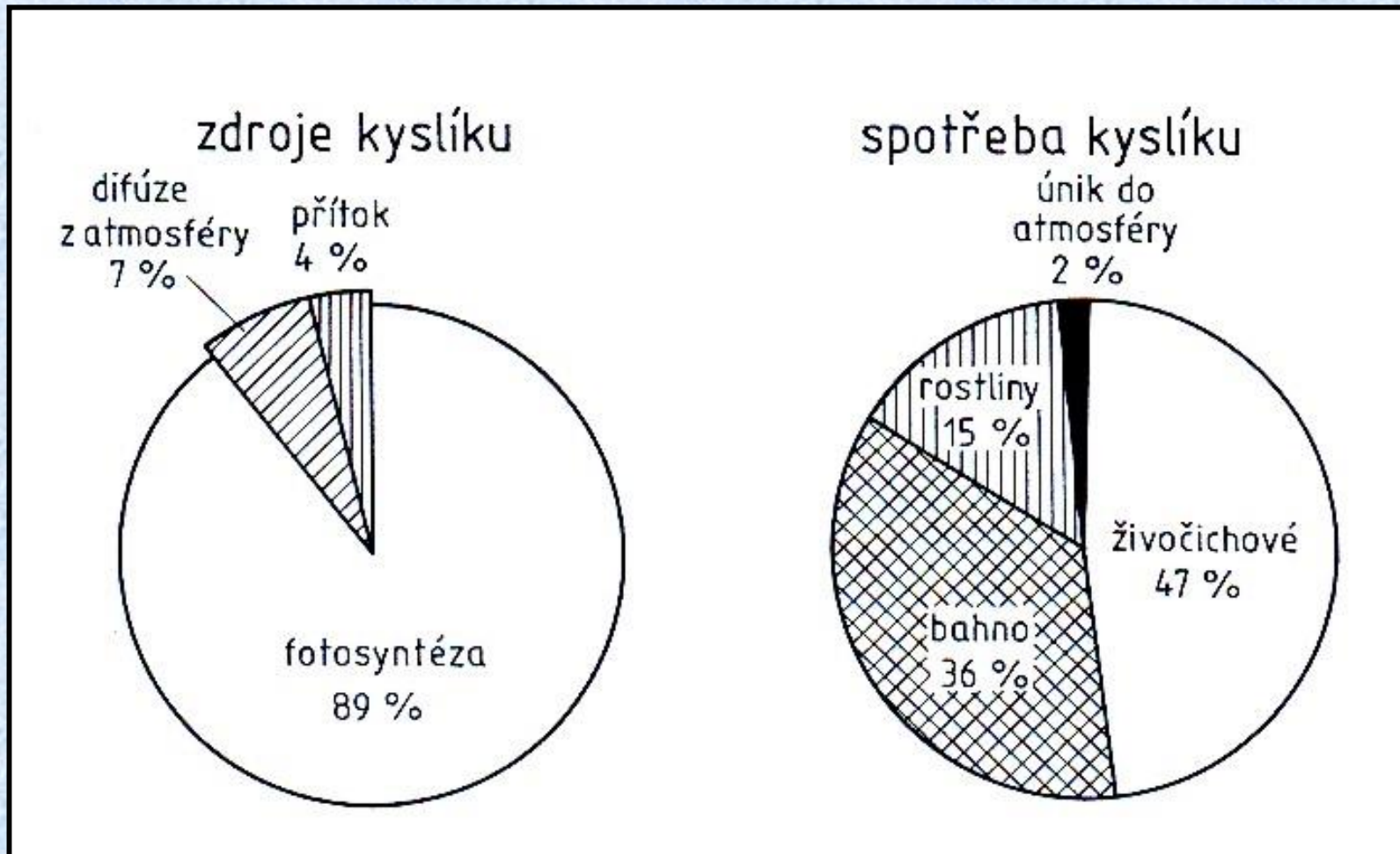


- V tekoucích neznečištěných vodách se nasycení vody kyslíkem pohybuje neustále kolem 85-100 %. Případné nedosycení nebo přesycení vody kyslíkem (přejevnaté úseky) je neustále vyrovnáváno pohybem vody, zejména jejím vířením.
- Množství kyslíku je přibližně stejné v celém vodním sloupci.
- Ve stojatých 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.

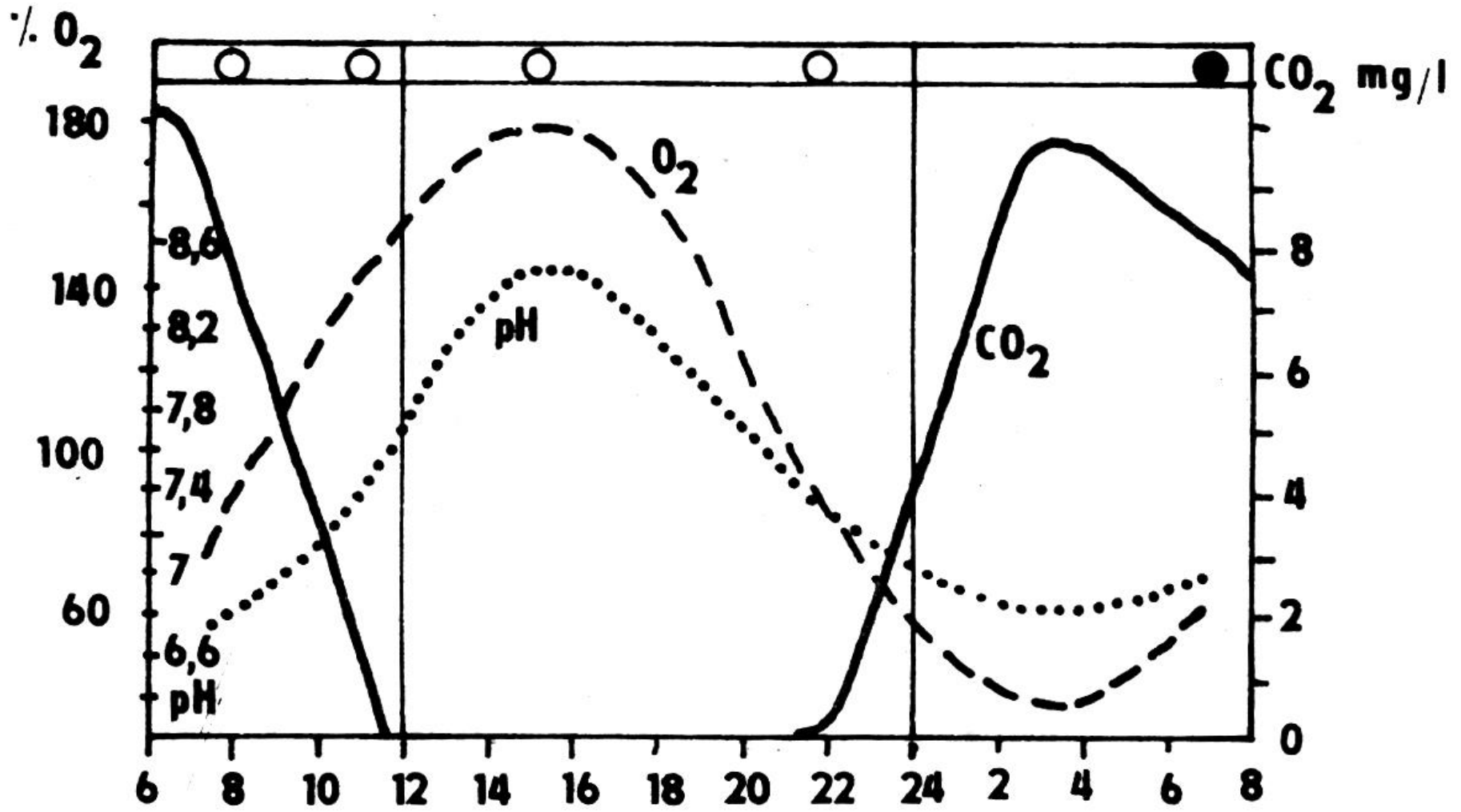
Rozpuštěný kyslík



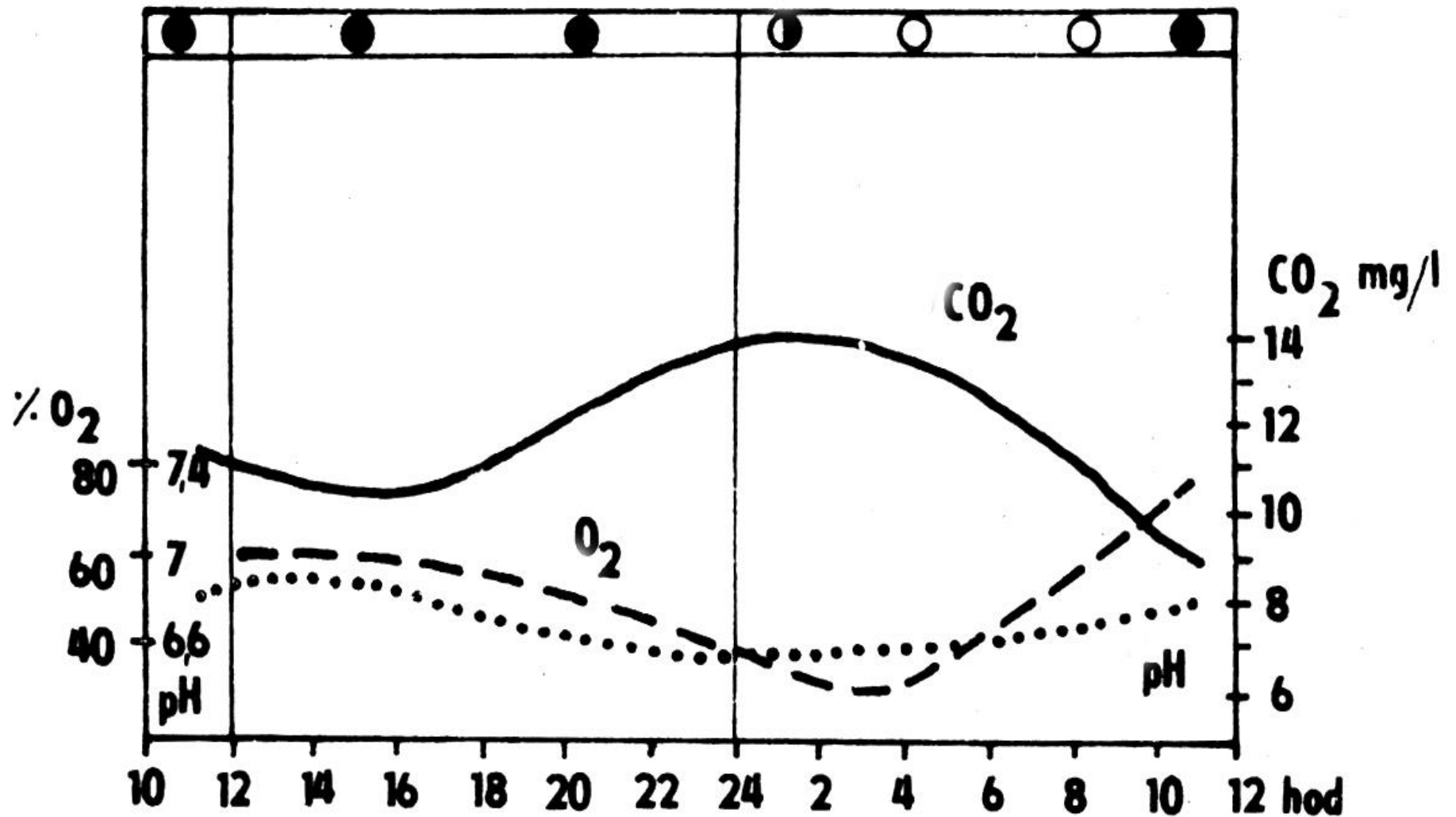
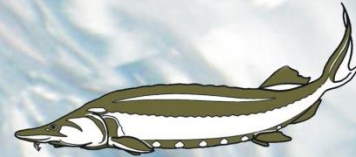
Zdroje a spotřeba kyslíku v rybničním ekosystému



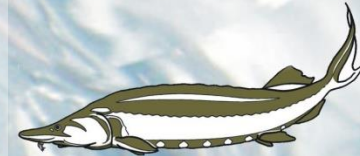
Změny v obsahu rozpuštěného O₂, pH a CO₂ během 24 hodin.



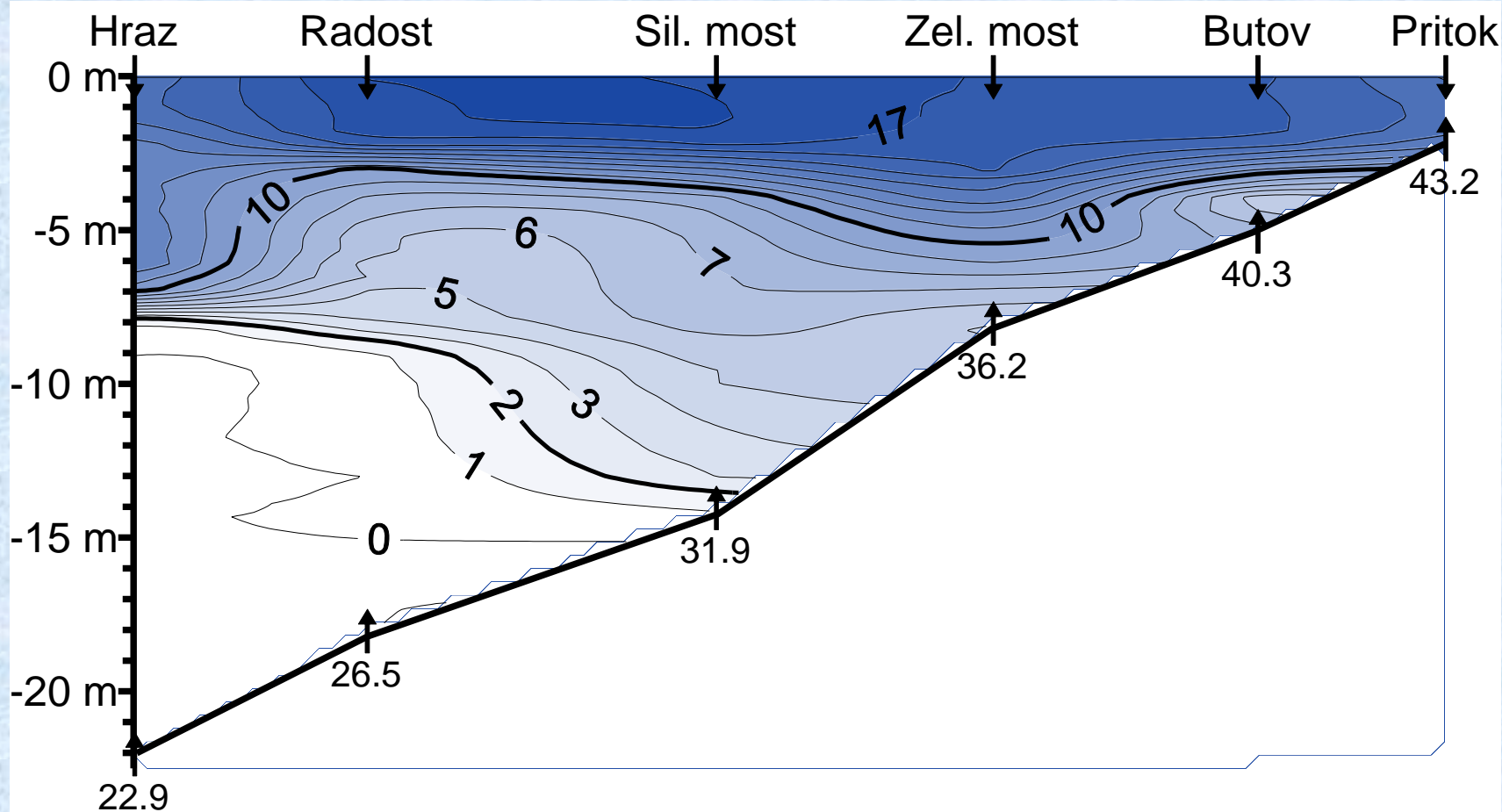
Změny v obsahu rozpuštěného O_2 , pH a CO_2 během 24 hodin.



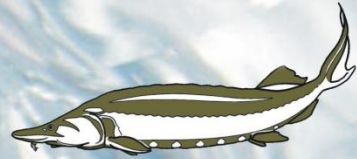
ROZPUŠTĚNÝ KYSLÍK



září

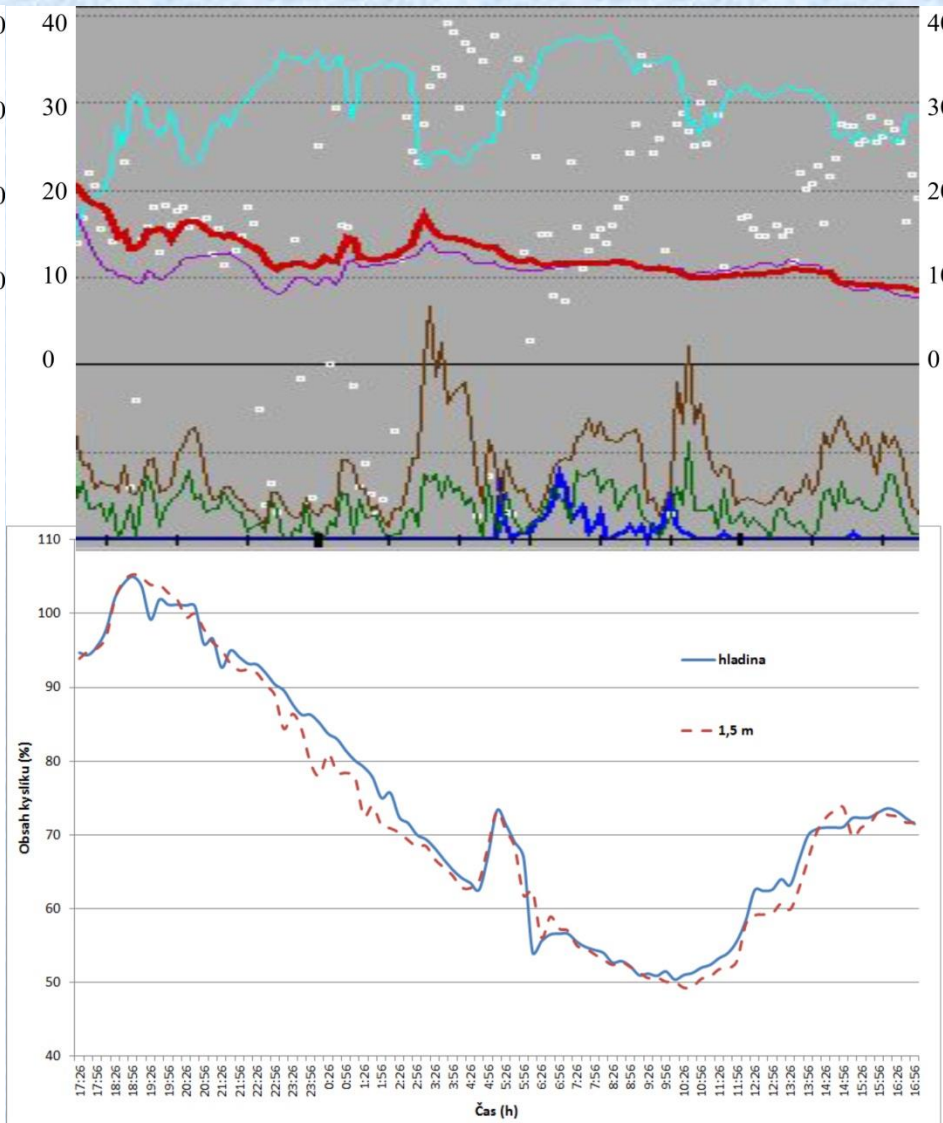
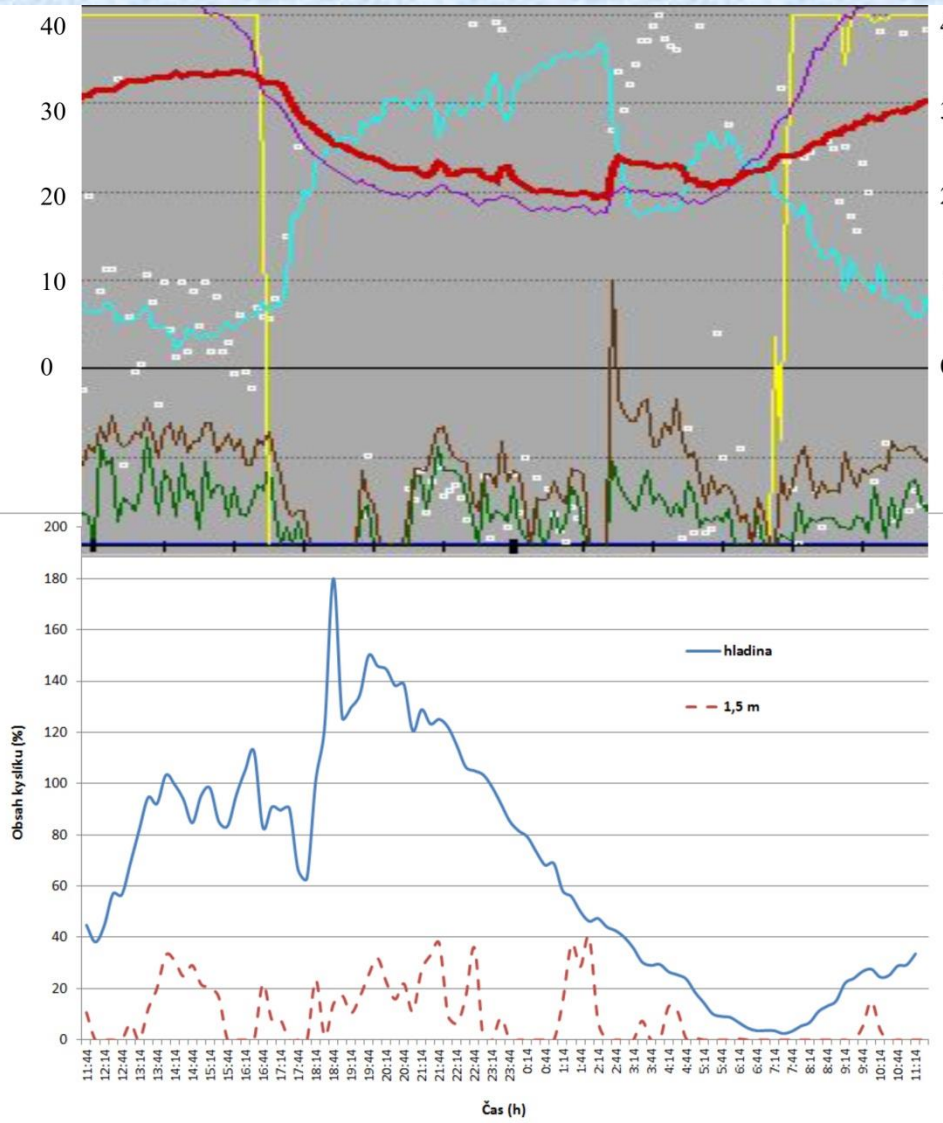


Změny rozpuštěného kyslíku během 24 hod. v rybníce



24-25.8.2011

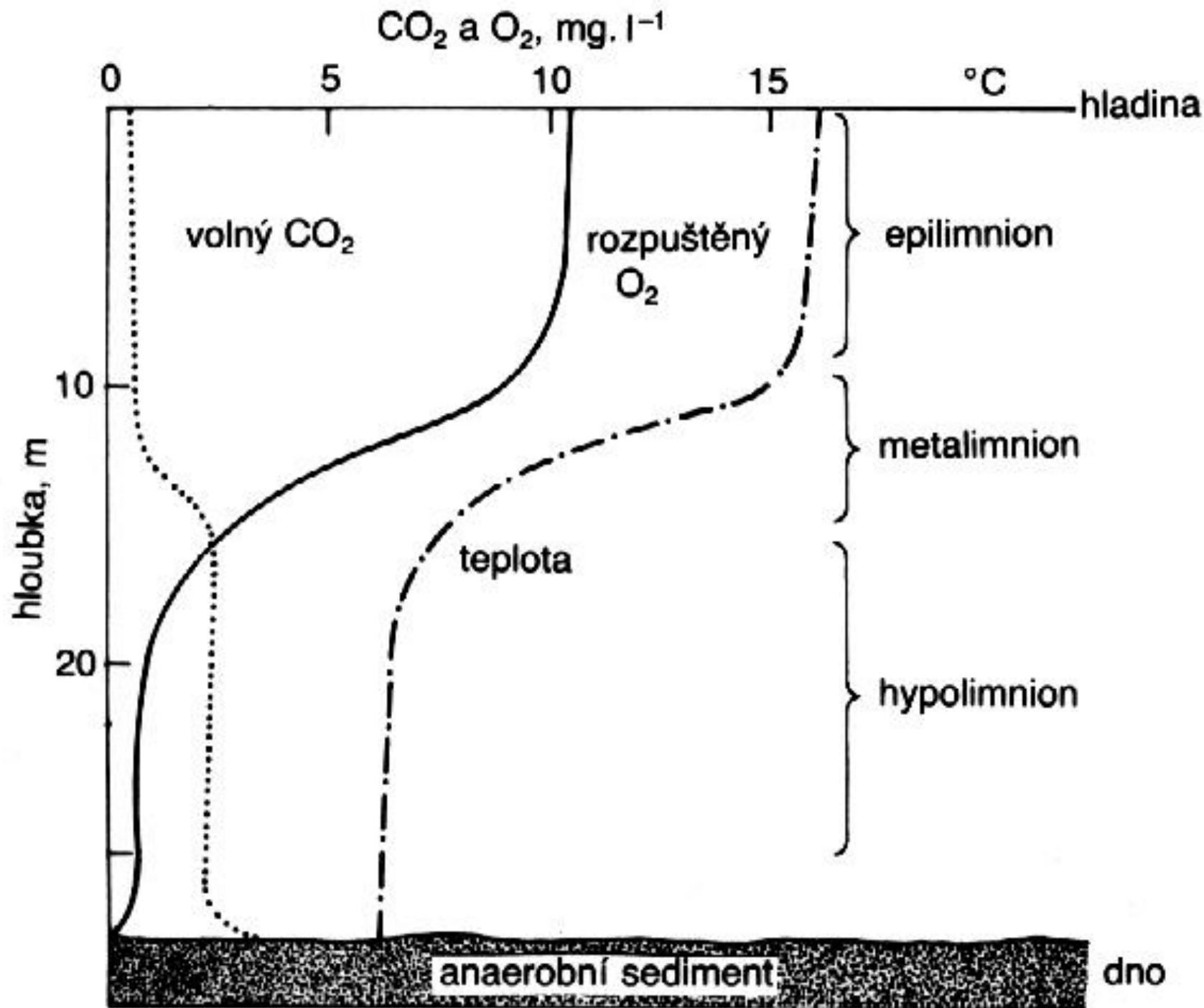
6-7.10.2011



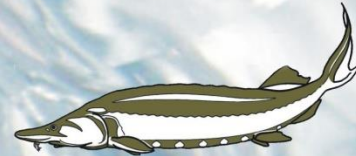
Rozpuštěný kyslík



- 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.

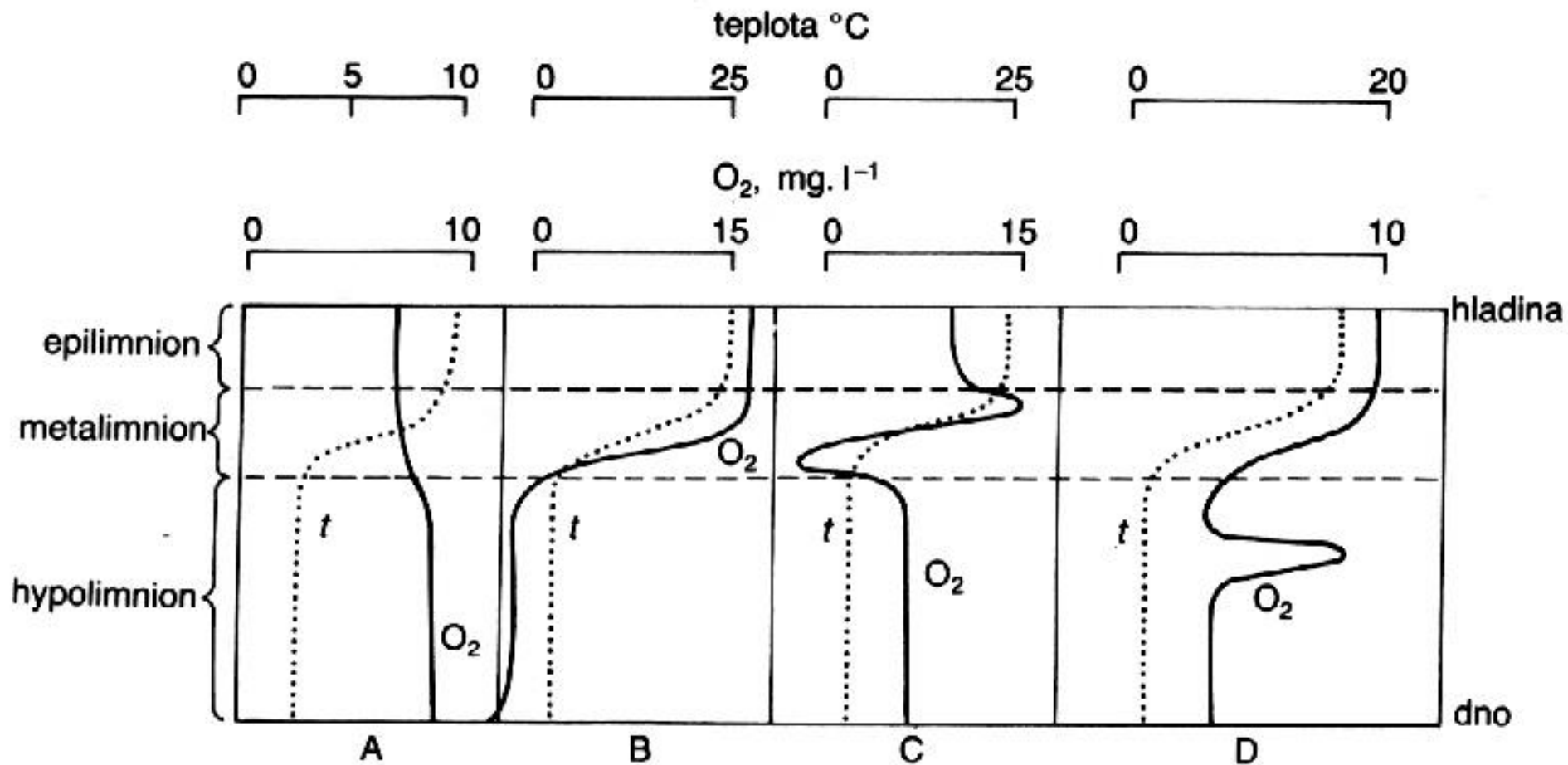
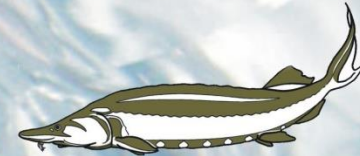


Rozpuštěný kyslík



- 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 obohacila.

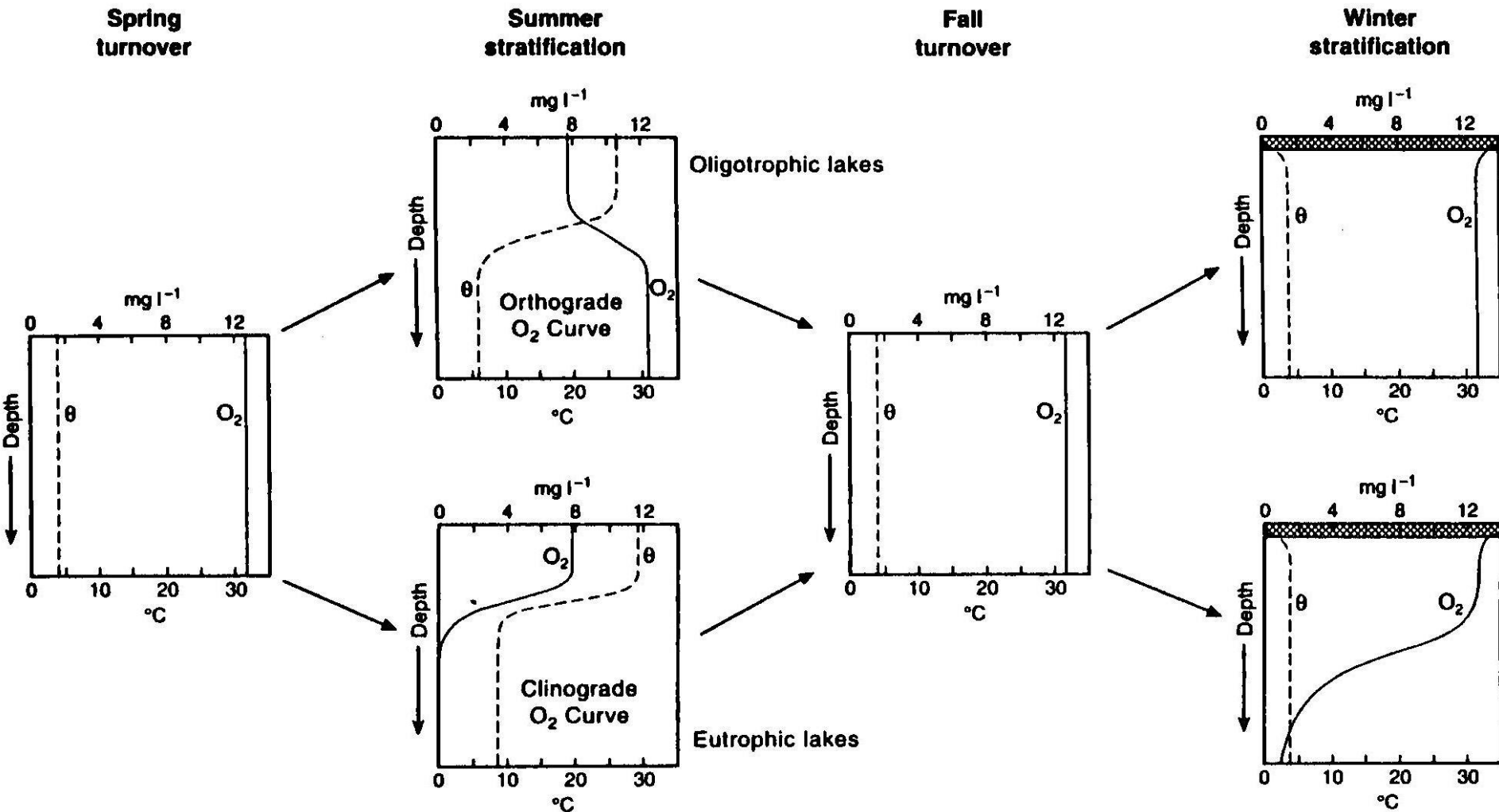
Rozpuštěný kyslík



Rozpuštěný kyslík



Roční průběh teploty a koncentrace kyslíku v oligotrofní a eutrofní nádrži.

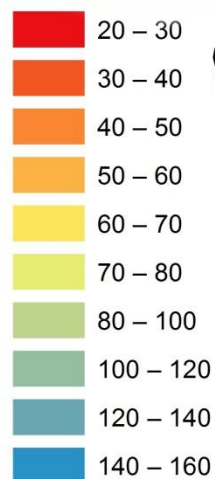


Změny rozpuštěného kyslíku v rybníce v závislosti na hloubce

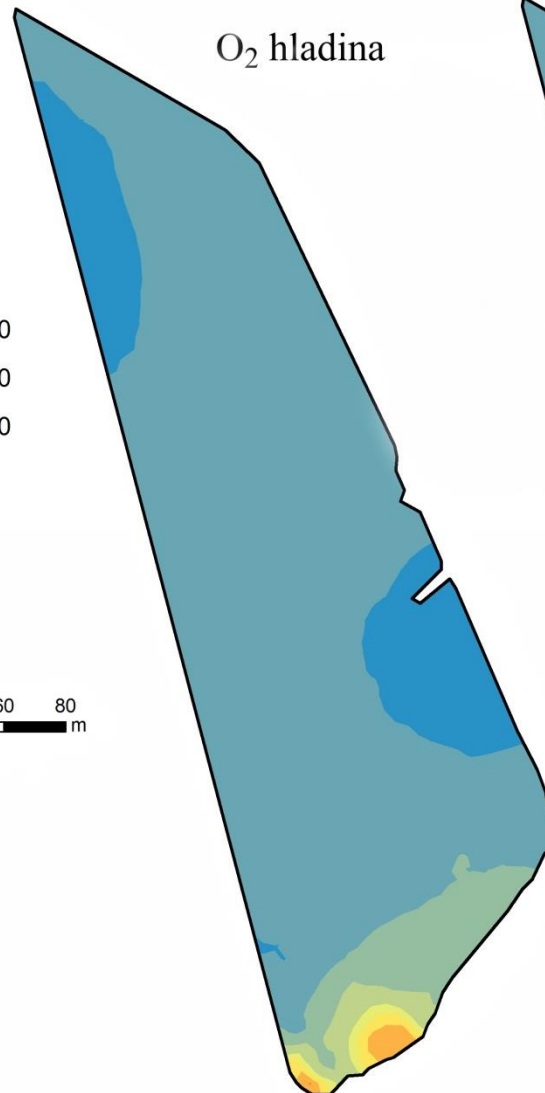


Rybník Dvorský
24.7.2012 10 hod.

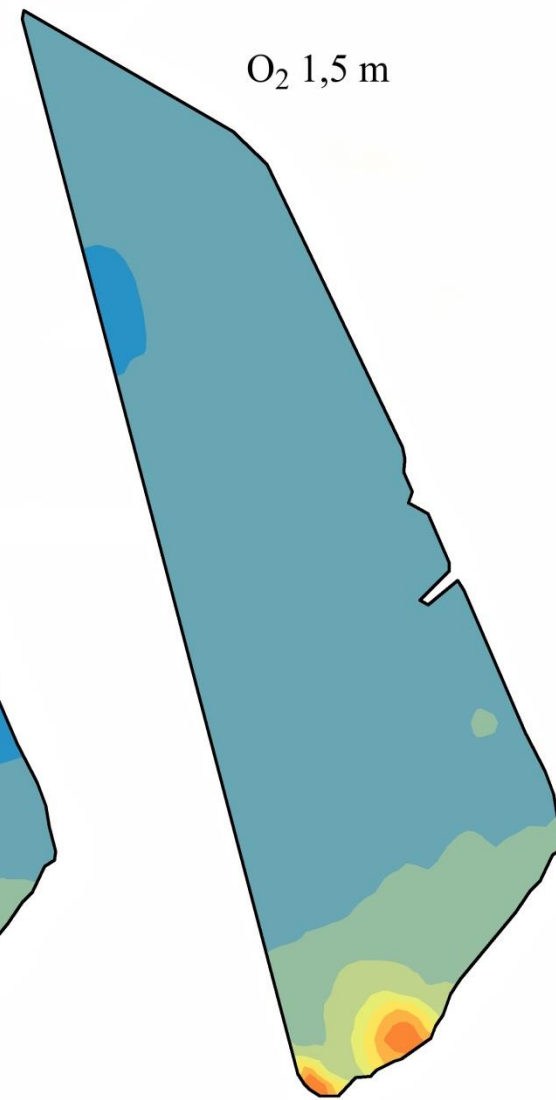
Rozpuštěný
kyslík (%)



O₂ hladina



O₂ 1,5 m

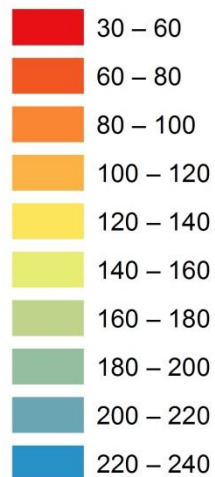


Změny rozpuštěného kyslíku v rybníce v závislosti na hloubce

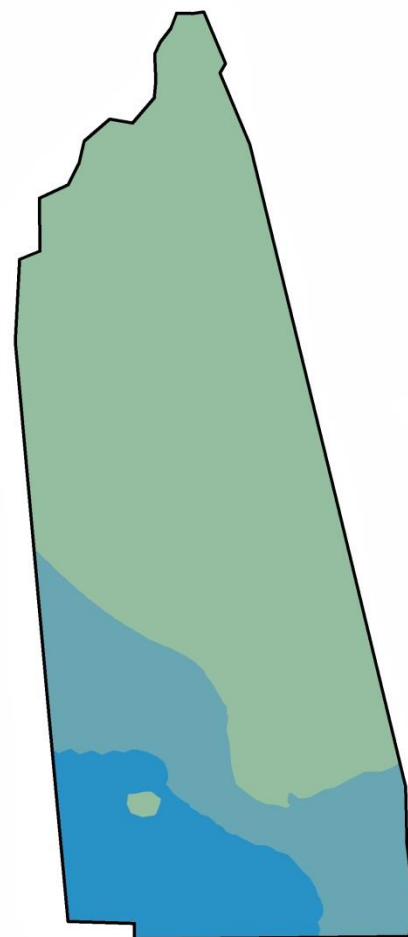


Rybník Nadsádky
9.8.2012 14 hod.

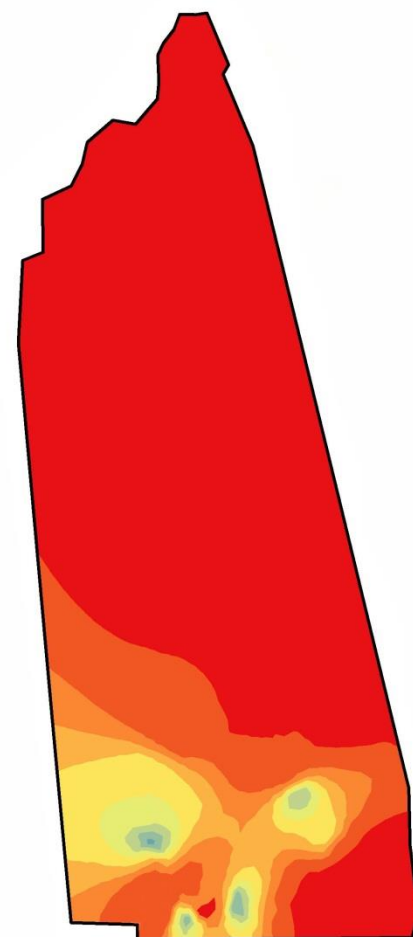
Rozpuštěný
kyslík (%)



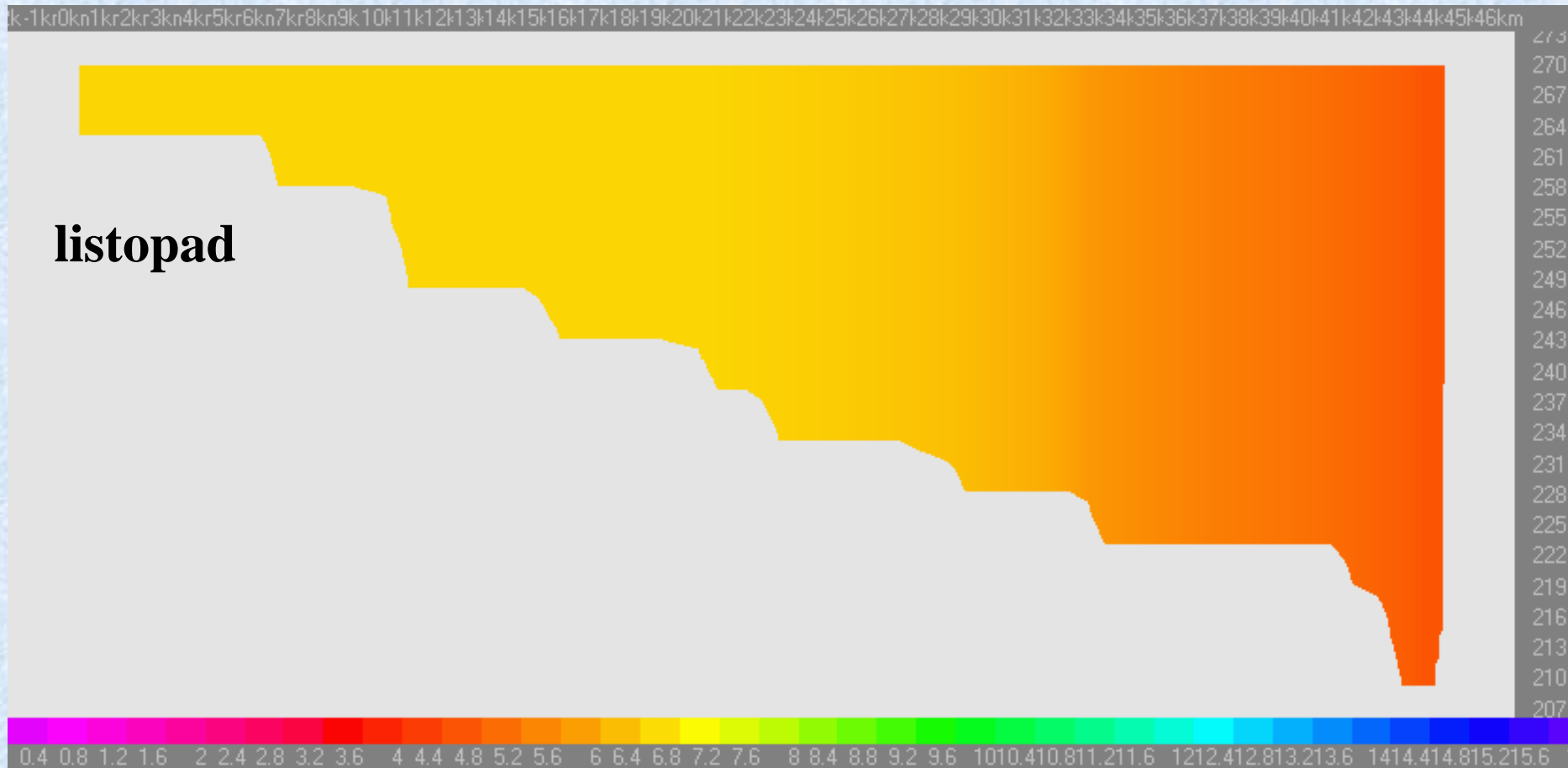
O₂ hladina

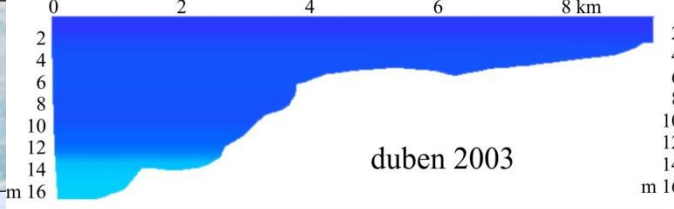


O₂ 1,5 m

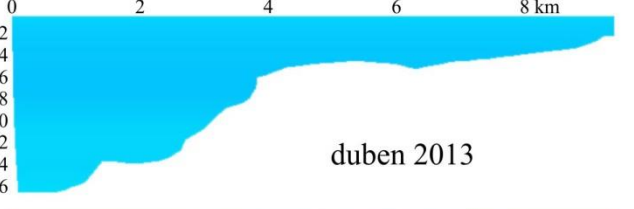


ROZPUŠTĚNÝ KYSLÍK

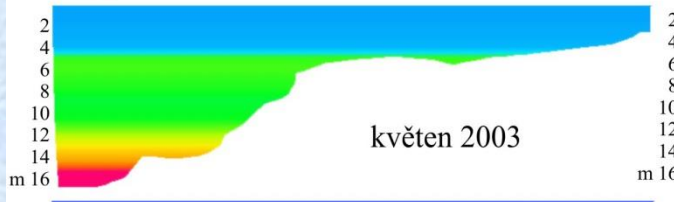




duben 2003



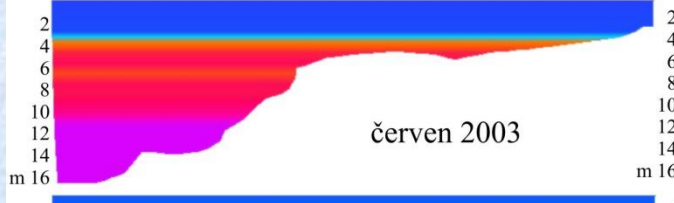
duben 2013



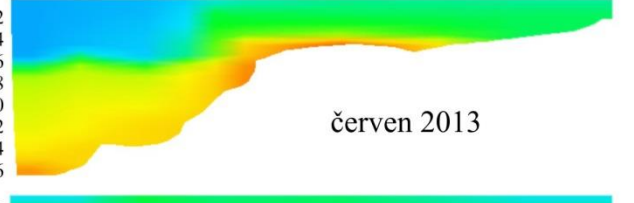
květen 2003



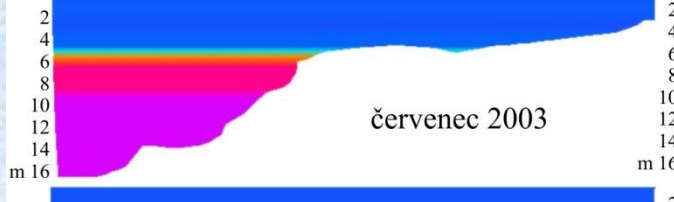
květen 2013



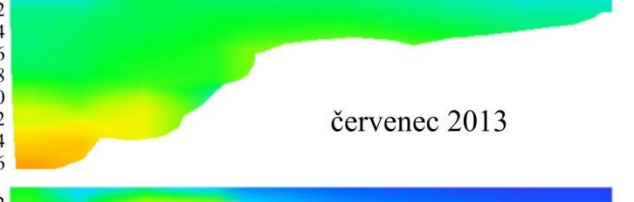
červen 2003



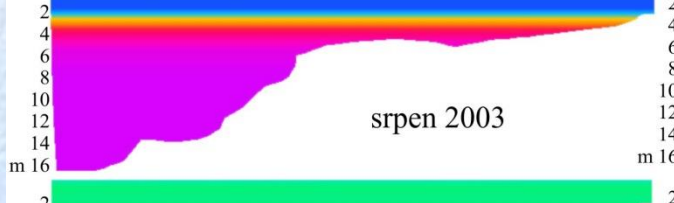
červen 2013



červenec 2003



červenec 2013



srpen 2003



srpen 2013



září 2003



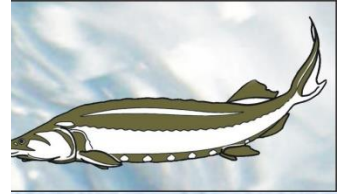
září 2013



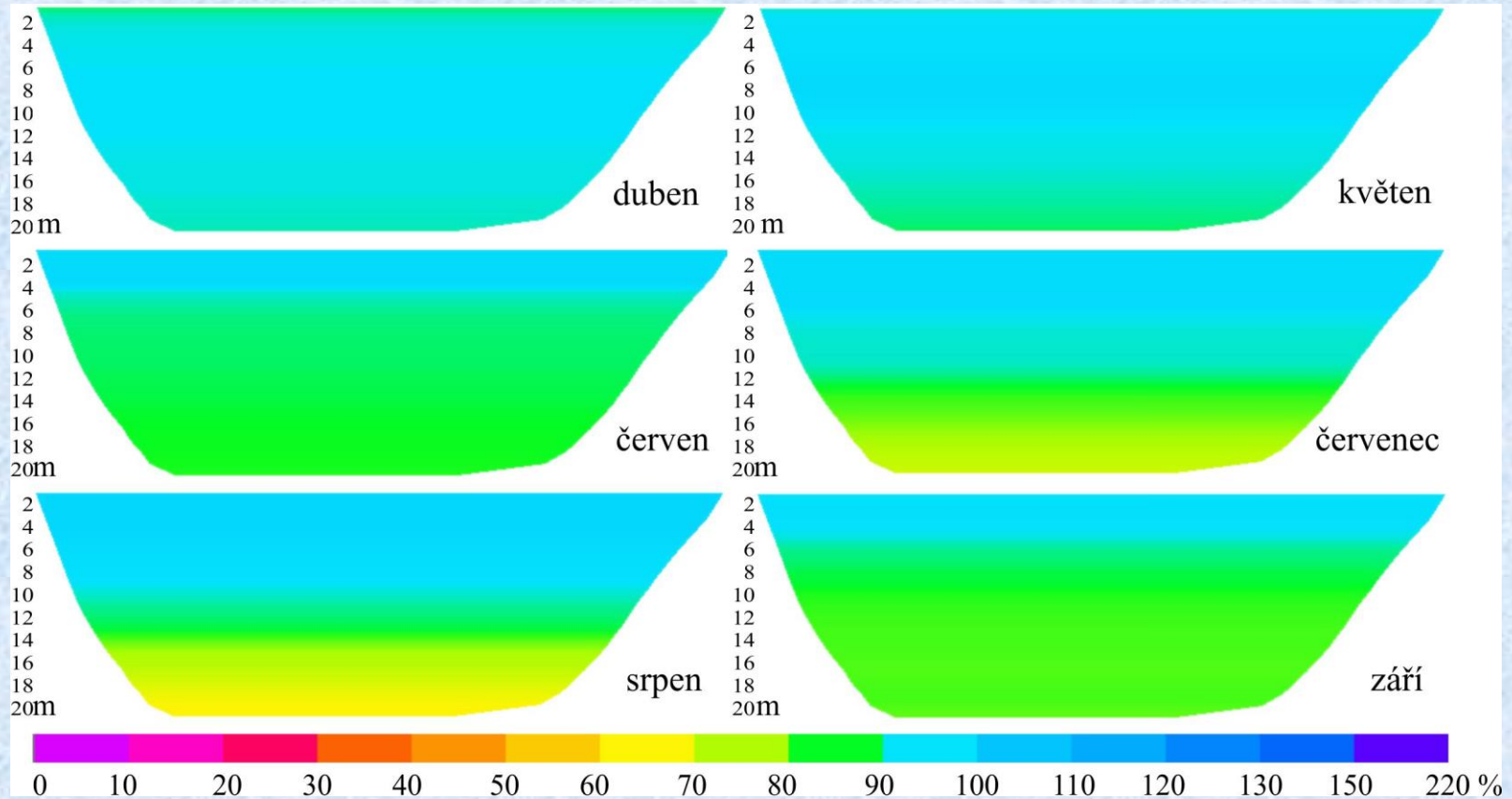
říjen 2003

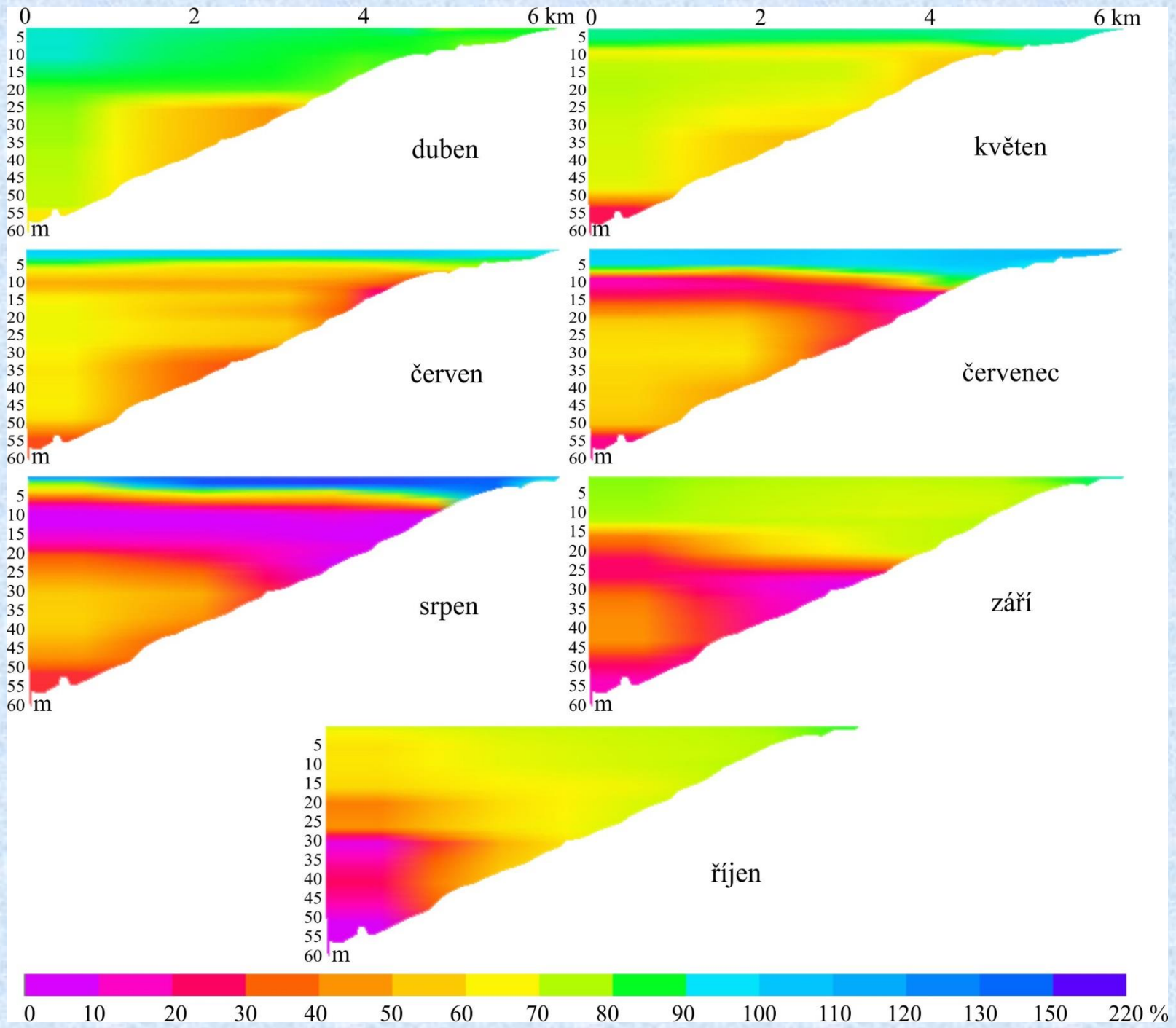


říjen 2013



ROZPUŠTĚNÝ KYSLÍK



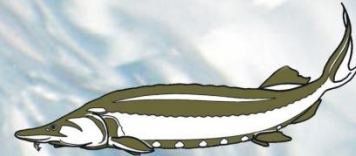


Rozpuštěný kyslík



- 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.

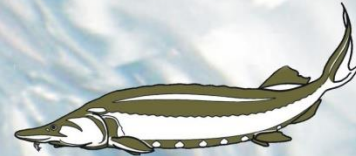
Rozpuštěný kyslík



- 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.

Druh ryby	Hmotnost (g)	Kritické hodnoty obsahu O ₂ (%)				
		5°C	15°C	20°C	25°C	28°C
Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)	6–35	10,7	15,3	18,6	24,0	28,0
Cejn velký (<i>Abramis brama</i>)	6–9	–	18,6	24,0	29,5	33,0
Amur bílý (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	6–10	10,7	14,0	14,0	17,3	26,5
Plotice obecná (<i>Rutilus rutilus</i>)	2–6	–	8,5	12,0	20,0	30,5
Štika obecná (<i>Esox lucius</i>)	4–7	–	20,5	21,5	28,0	32,5
Okoun říční (<i>Perca fluviatilis</i>)	4–18	11,5	25,0	30,5	37,0	–
Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	7–16	20,5	32,0	36,7	40,0	–
Tolstolobik bílý (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	4–12	6,7	10,0	10,0	18,6	27,0
Ježdík obecný (<i>Gymnocephalus cernua</i>)	3–6	15,5	18,6	21,5	28,0	34,5
Siven americký (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	22–32	22,6	26,2	36,5	41,5	–

Rozpuštěný kyslík

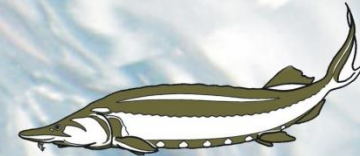


- Kritické stavy v obsahu kyslíku:
- V zimním období led a silná vrstva sněhu.
- V letním období v ranních hodinách v silně eutrofních vodách.
- V nádržích značně přesazených rybami nebo zaplněných zooplanktonem.
- Při náhlém odeznění vodního květu sinic.
- Při rozkladu herbicidem zasažených nebo posekaných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

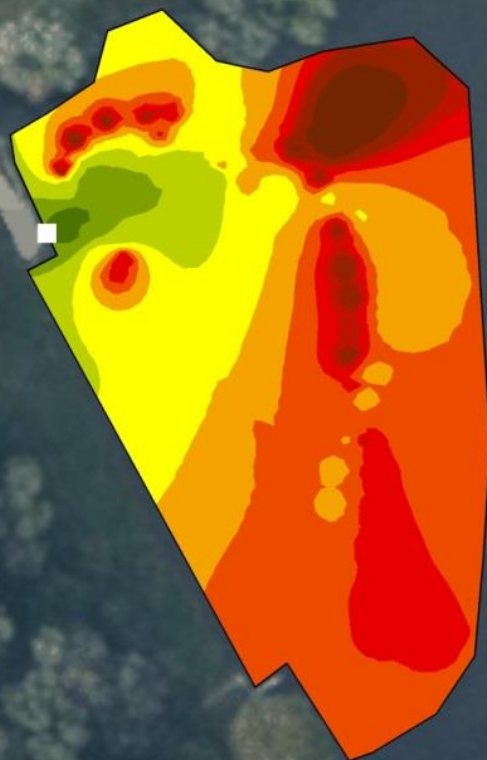
Úhyn ryb v důsledku deficitu kyslíku



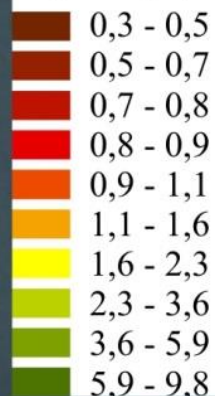
Úhyn ryb v důsledku deficitu kyslíku



Nálezny 13.8.2013 12 hod.



Kyslík (%) hladina



Ukazatel		Nálezny
kyslík	mg/l	0,16
kyslík	%	1,9
teplota vody	°C	24,0
pH		8,60
průhlednost	cm	50
vodivost	μS/cm	931
N _{cel.}	mg/l	7,0
P _{cel.}	mg/l	1,21
Chlorofyl a	μg/l	155,4
N-NH ₄	mg/l	0,97
NH ₃	mg/l	0,21
N-NO ₂	mg/l	0,002
P-PO ₄	mg/l	0,762
N-NO ₃	mg/l	0,80
CHSK _{Cr}	mg/l	93
KNK	mmol/l	3,25
Cl ⁻	mg/l	127,1

Úhyn ryb v důsledku přesyčení kyslíku



K poškození ryb překysličenou vodou dochází jen ojediněle. Nejčastěji při přepravě ryb ve vacích pod kyslíkovou atmosférou nebo při prokysličování vody s rybami z kyslíkových lahví.

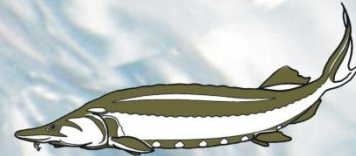
Kritická hodnota obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě je 250-300%.

Výjimečně se vyskytují u ryb i plynové embolie.

Ve vodách dlouhodobě přesycených plyny, při stlačení vody ve vodovodním potrubí.

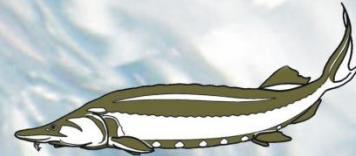
U ryb nastávají cirkulační poruchy vedoucí až k úhynům.

Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



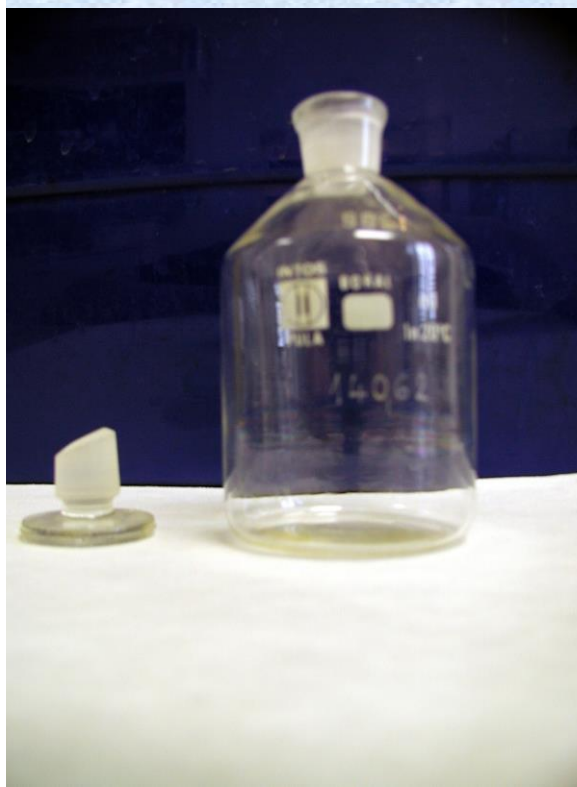
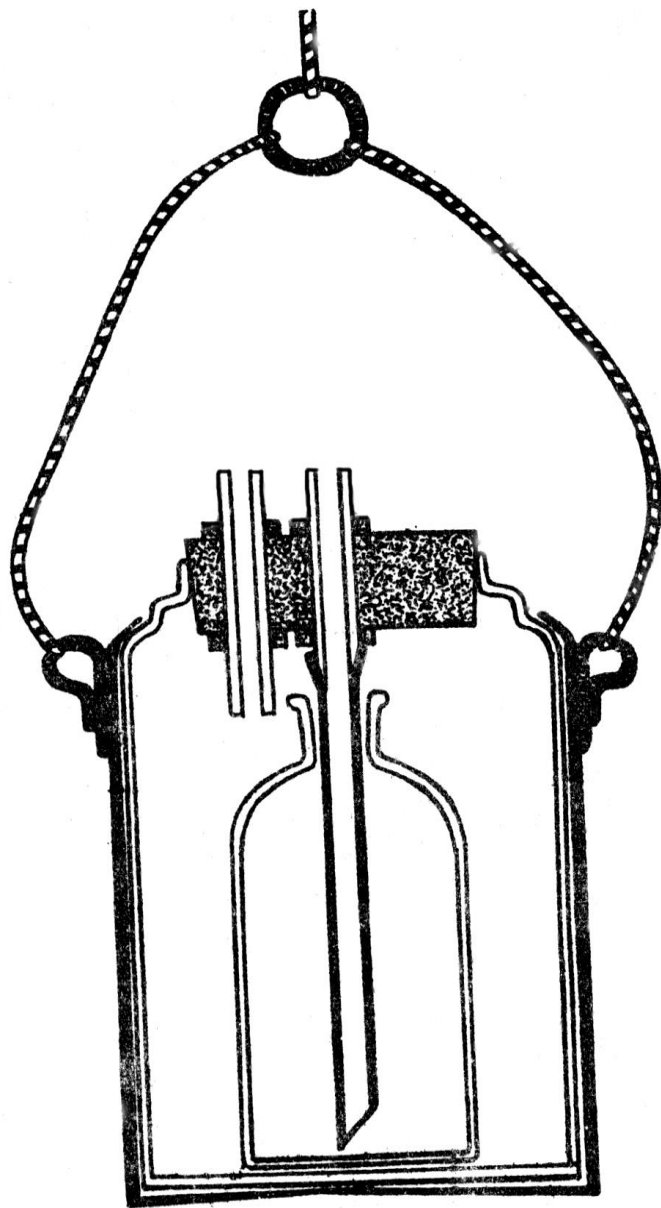
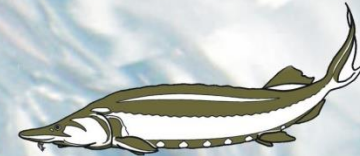
- **Winklerova metoda**
- Princip: Podstatou Winklerovy metody je oxidace hydroxidu manganatého na manganitý kyslíkem rozpuštěným ve vodě.
- Po okyselení vzorku se sraženina hydroxidu rozpustí a za přítomnosti přebytku jodidu (KI) se uvolní takové množství jódu, které je ekvivalentní množství rozpuštěného kyslíku obsaženého ve vodě.
- Uvolněný jód se titruje odměrným roztokem thiosíranu sodného za využití škrobu jako indikátoru.
- Kyslík se tedy stanovuje nepřímou, a to jako jód.

Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



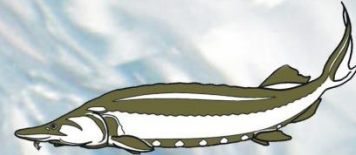
- a) Speciální odběr a fixace vzorku
- Vzorek vody se odebírá do speciální reagenční lahvičky - kyslíkovky, přesného objemu se zabroušenou šikmo seříznutou zátkou.
- Při odběru vzorku vody odběrákem se voda do kyslíkovky vypouští pomocí gumové hadičky, dosahující až ke dnu lahvičky. Voda se do kyslíkovky nechá proudit tak, aby se objem alespoň jednou vyměnil. Standardně se vzorek odebírá pomocí Hrbáčkovy lahve.
- Kyslíkovka se pak uzavře tak, aby pod zátkou nezůstala bublina. Zátka se znovu vyjme a pipetou se pod hladinu vzorku přidá 1 ml manganaté soli a další pipetou pod hladinu 1 ml hydroxidu. Kyslíkovka se uzavře a dobře promíchá. Vzniklá sraženina se nechá usadit .

Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě

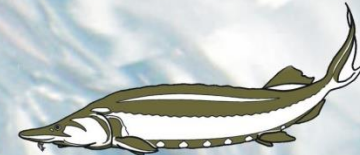




Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě

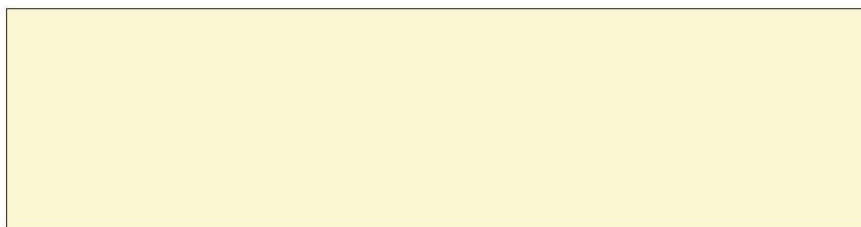


- Dle intenzity hnědavého zbarvení sraženiny hydroxidů manganu můžeme usuzovat na množství rozpuštěného kyslíku ve vodě.
- Bílá nebo jen nahnědlá barva signalizuje nízké koncentrace kyslíku, naopak silně rezavá barva dostatek kyslíku.
- Tato (Heyerova) metoda je pouze orientační a stanovuje obsah kyslíku s přesností $\pm 2,0 \text{ mg.l}^{-1}$.



Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku (dle Heyera)

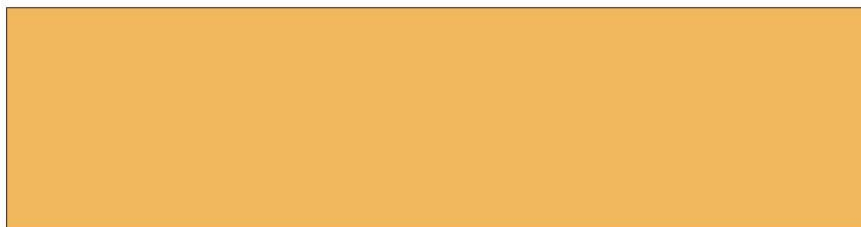
2 mg/l



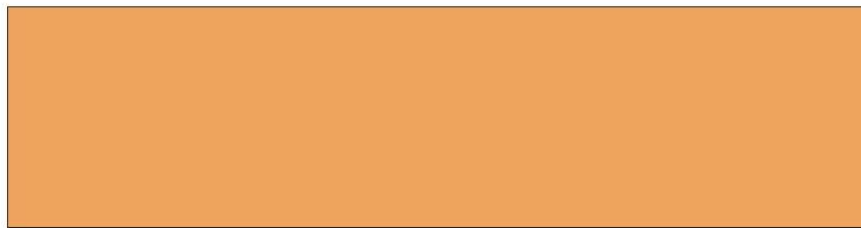
4 mg/l



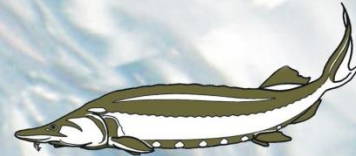
6 mg/l



nad 8 mg/l



Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



- b) Vlastní stanovení
- Část roztoku nad sraženinou se opatrně odlije a přidá se kyselina sírová v takovém množství, aby došlo k rozpuštění sraženiny.
- Obsah kyslíkovky se přelije do titrační baňky a titruje roztokem thiosíranu. Jakmile hnědé zbarvení přechází do žluté přidá se několik kapek škrobu (vznikne tmavě modré zbarvení) a vzorek se titruje do odbarvení. Vraccující se modré zbarvení se již nedotitrovává.
- Výpočet:
- rozpuštěný kyslík $\text{mg.l}^{-1} = \frac{f \cdot a \cdot 160}{V - 2}$
-
- f - faktor thiosíranu, a - spotřeba 0,02M thiosíranu (ml), V - objem kyslíkovky (ml)

Stanovení koncentrace
rozpuštěného kyslíku ve vodě



Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



- **Membránovou elektrodou – sondou**
- Princip: metoda využívá sondy složené ze dvou elektrod (indikační a referenční), které jsou od měřeného prostředí odděleny pro plyny propustnou membránou z plastu.
- Kyslík difunduje membránou a na povrchu elektrody se redukuje na hydroxidové ionty.
- Elektroda je polarizována na potenciál difúzního proudu kyslíku.
- Proud procházející systémem je tak úměrný koncentraci kyslíku rozpuštěného ve vodě.
- Elektrický signál sondy je závislý na teplotě.
- Vlastní měření: ponoření sondy do měřeného prostředí a odečtení hodnoty po ustálení signálu.

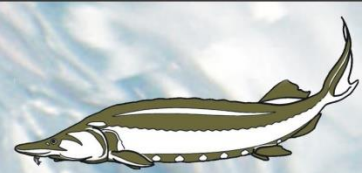
Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



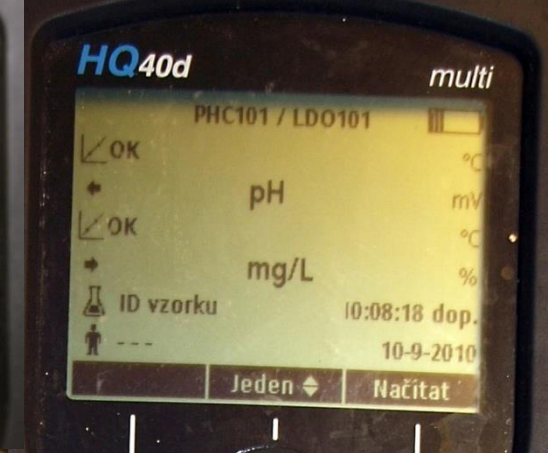
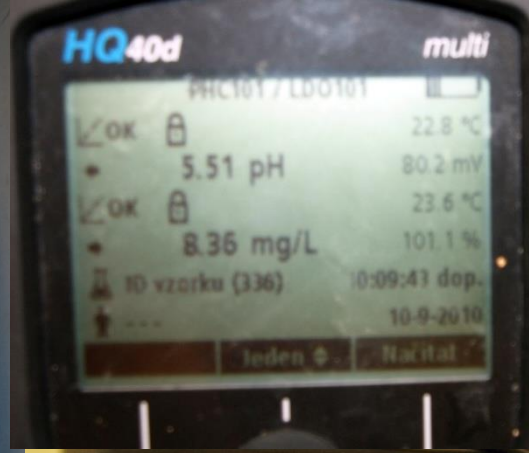
- Moderní přístroje mají zabudovanou automatickou kompenzaci na teplotu a možnost nastavení korekce na obsah solí.
- Kalibrace přístroje se provádí ve vzduchu nasyceném vodními parami.
- Při měření musí docházet k pohybu vody ($0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- Sonda musí být určitou dobu (min. 1 minuta) ponořena do vody ,aby došlo k vyrovnání teplot.
- Po určité době je nutné vyměnit elektrolyt sondy a vyčistit jednotlivé elektrody.
- Pokud dojde k znečištění membrány je nutno ji rovněž vyčistit.



Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



- **Optickou elektrodou – sondou**
- Princip: Sondy LDO nemají membránu, ale dvě LED diody (červenou referenční a modrou excitační), které emitují světlo odrážené od molekul kyslíku a zaznamenávané měřicí fotodiodou.
- Čím víc O_2 je přítomno ve vzorku, tím kratší je čas luminiscence červeného světla.
- Výhodou je minimální údržba optických sond, pouze jednou za 1-2 roky se vymění víčko sondy.
- Nemá elektroly, nemusí se kalibrovat a při měření není nutný pohyb vody kolem sondy
- Vlastní měření: ponoření sondy do měřeného prostředí a odečtení hodnoty po ustálení signálu.



Hodnoty nasycení vody kyslíkem na přítoku a odtoku z Jarohněvického rybníka

DATUM	KYSLÍK (%)	
	PŘÍTOK	ODTOK
26.2.2002	67	133
5.3.2002	75	162
12.3.2002	82	63
20.3.2002	97	146
26.3.2002	107	111
2.4.2002	87	277
9.4.2002	94	141
17.4.2002	68	189
22.4.2002	81	58
30.4.2002	59	93

**Průměrná, minimální a maximální hodnota %
obsahu rozpuštěného kyslíku Zámeckého rybníka v
Lednici na Moravě.**

**Hodnota rozpuštěného kyslíku (mg.l⁻¹) soustavy
lednických rybníků v průběhu vegetační sezóny roku
2001.**

Datum	Nesyt	Hlohovecký	Prostřední	Mlýnský
13.4.	11,5	17,5	16,6	9,6
30.4.	8,8	7,9	14,1	11,1
11.5.	13,1	8,7	7,7	8,7
30.5.	7,6	7,4	2,5	7,7
14.6.	9,3	10,5	4,2	13,9
29.6.	6,3	7,4	4,1	4,8
30.7.	9,4	15,2	8,3	12,2
30.8.	10,7	8,9	7,1	9,6

ROK	O₂ (%)
1996	110 65 - 169
1997	125 43 - 174
1998	113 58 - 159
2001	107 58 - 201
2002	119 41 - 335
2003	81 37 - 180
2004	79 40 - 173