



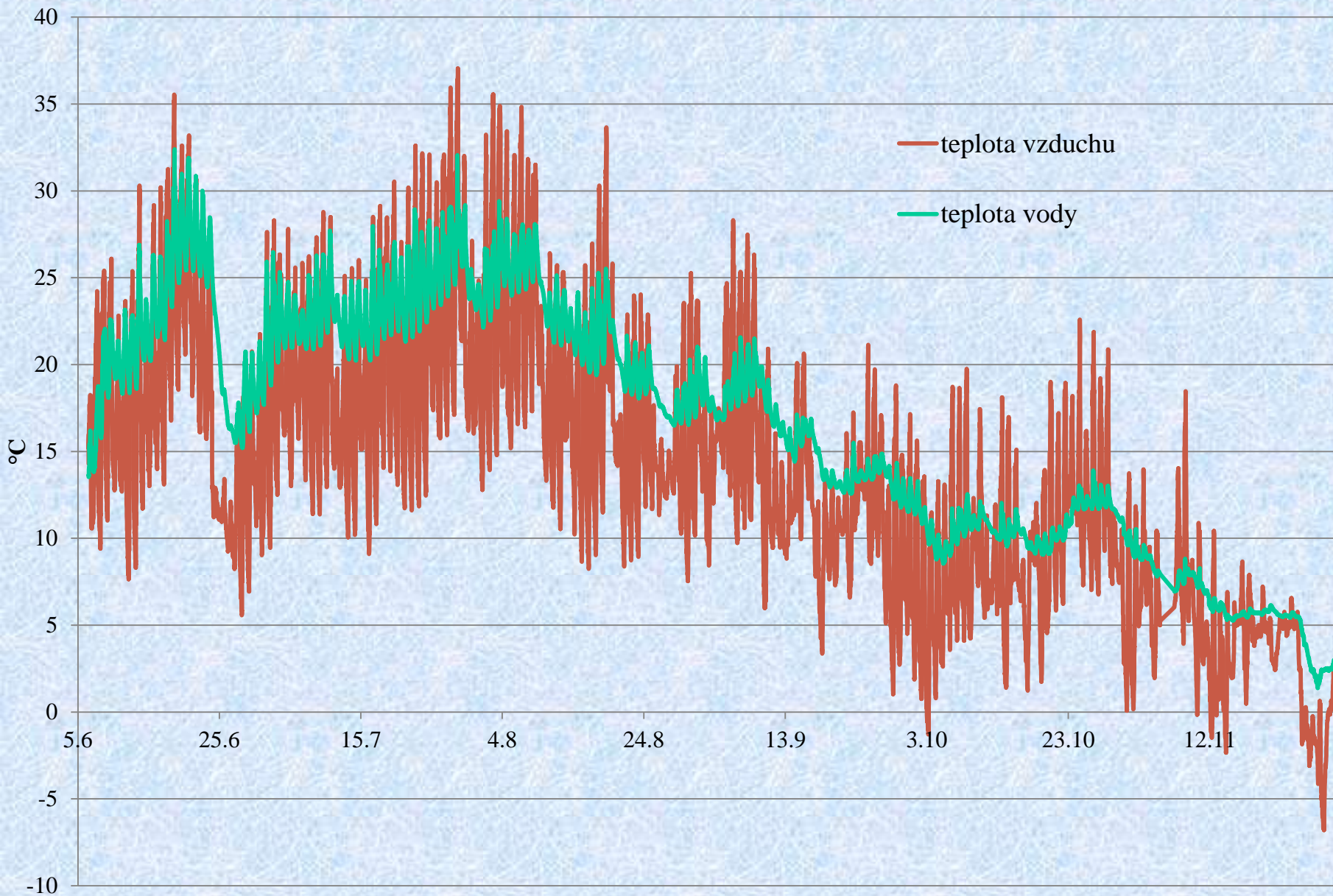
Při hodnocení kvality vodního prostředí stanovujeme řadu fyzikálně-chemických faktorů, které charakterizují situaci na lokalitě a pomáhají objasnit příčiny různých stavů, které ve vodě vznikají.

Teplota vody

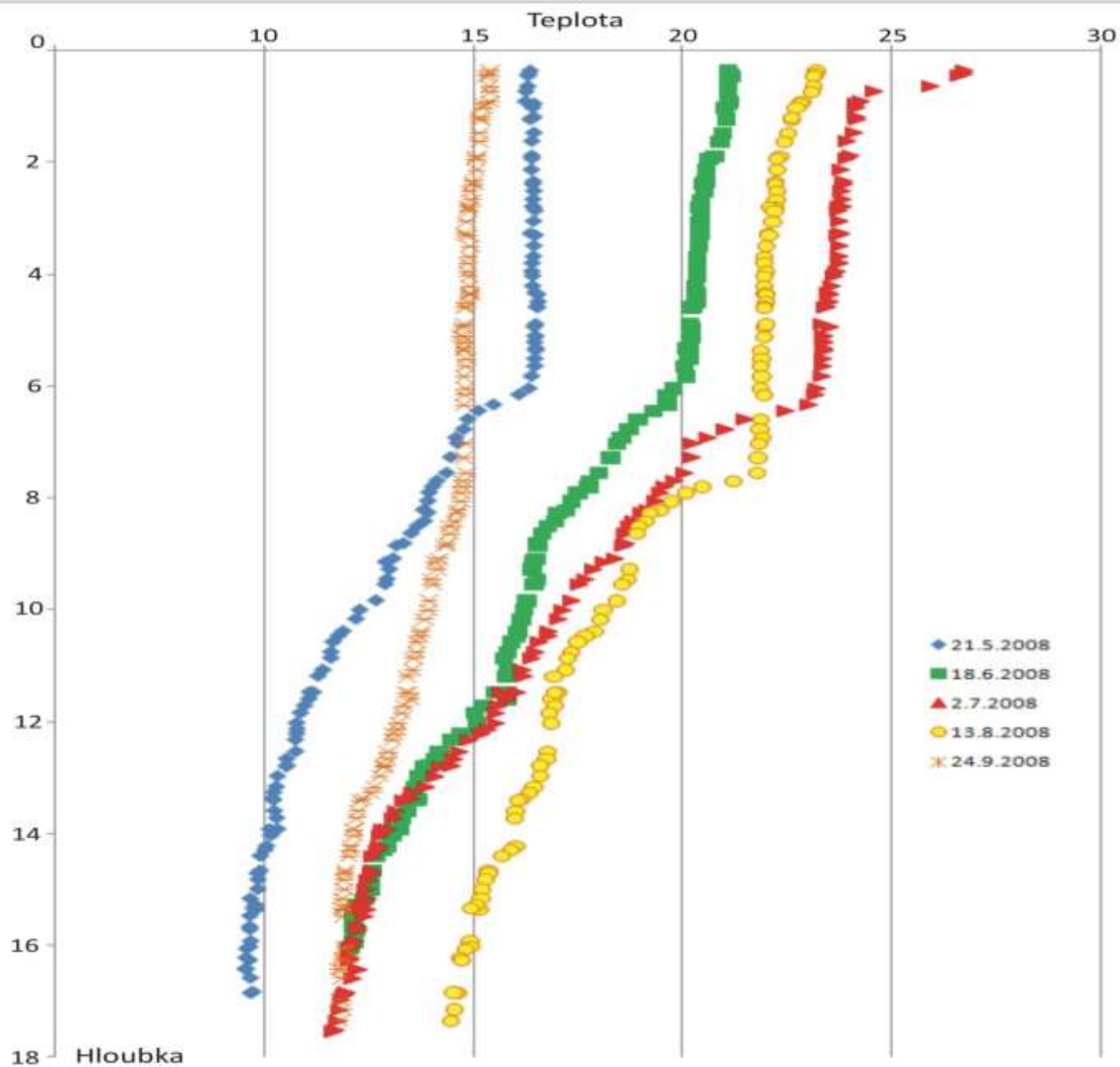


- Teplotní výkyvy jsou ve vodě daleko menší než ve vzduchu (vysoká měrná kapacita).
- Změny teploty v nádržích se časově opožďují za změnami teploty ovzduší a to tím více, čím je nádrž hlubší. U hlubokých údolních nádrží činí toto zpoždění až 1 měsíc.
- Molekulový přenos tepla vodou je bezvýznamný, téměř veškerý přenos pohybem (prouděním).
- 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 a vzduchu v průběhu části roku.



Teplotní stratifikace na lokalitě Brněnská přehrada – hráz v roce 2008

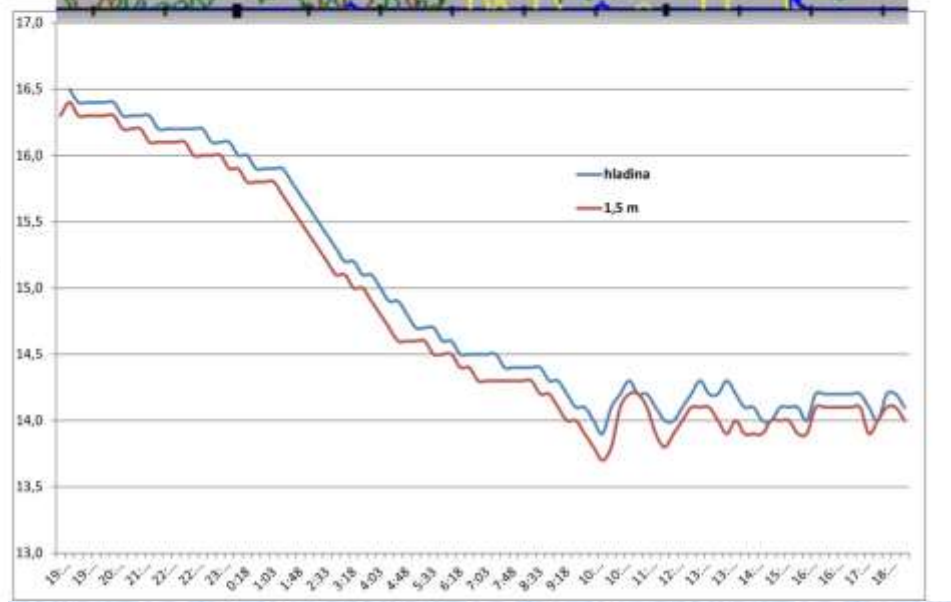
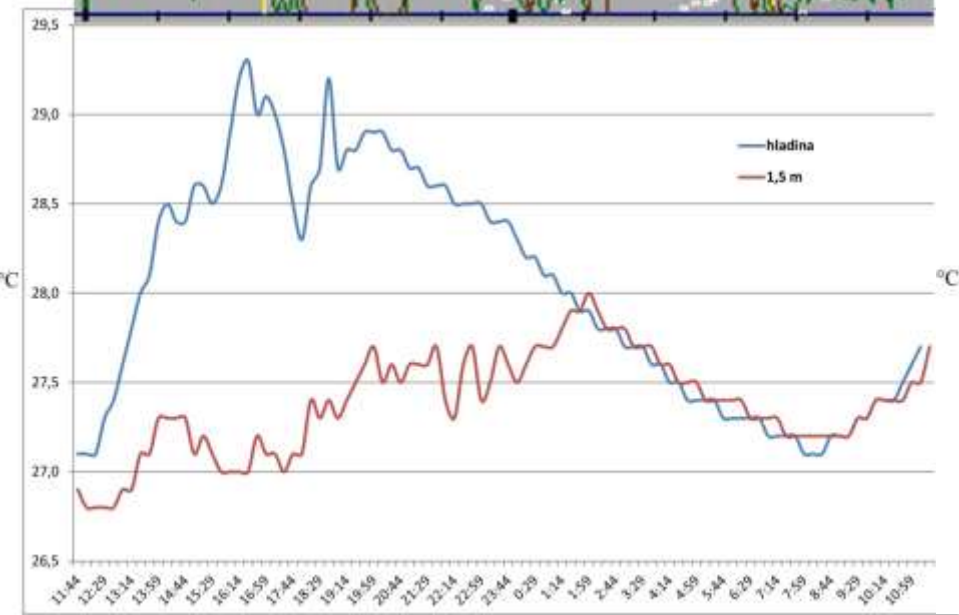
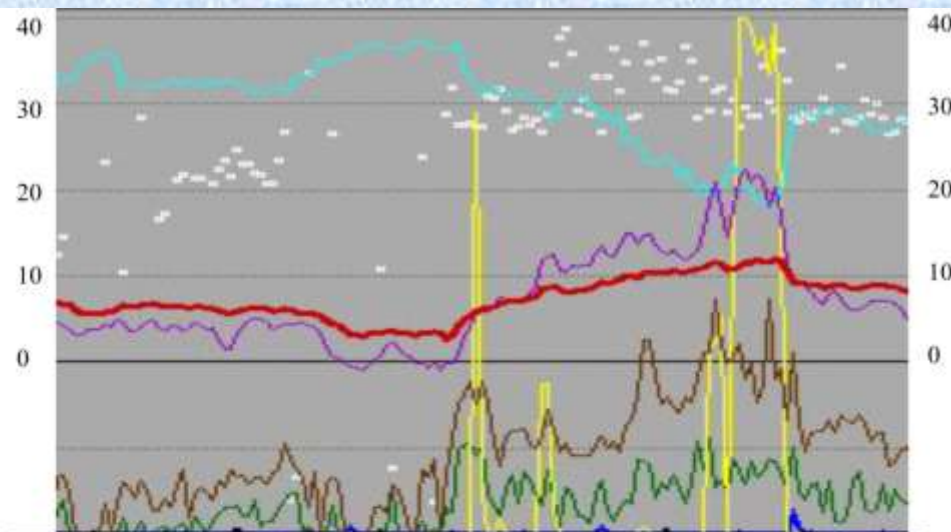
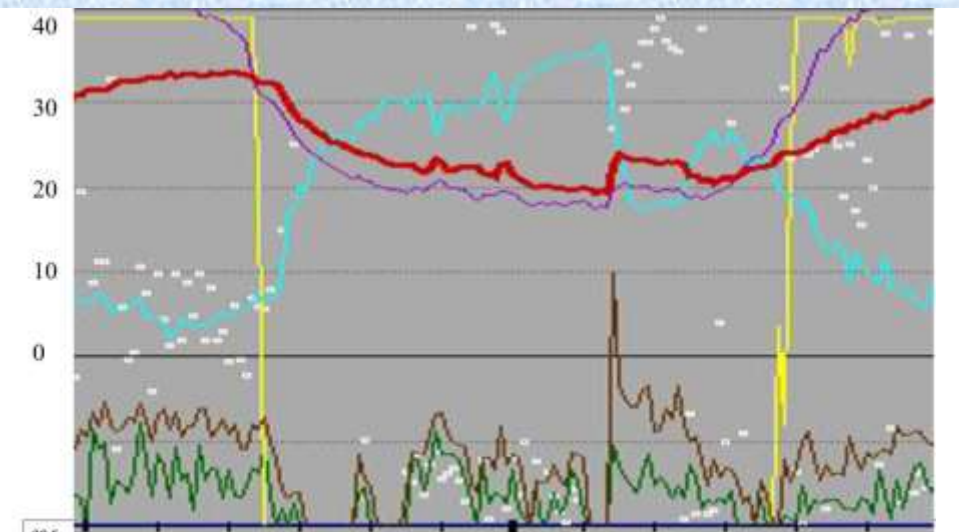


Změny teploty během 24 hod. v rybníce



24-25.8.2011

8-9.10.2011



Teplota vody



- Ryby jsou poikilotermní, tzn. teplota jejich těla je shodná nebo se o 0,5 až 1,0 °C liší od teploty okolní vody.
- S teplotou vody je těsně spjata intenzita látkové přeměny.
- Optimum pro růst u kaprovitých 18-28 °C pro lososovité 8-18 °C.
- Nebezpečné jsou náhlé teplotní šoky (změna teploty o 8 – 12 °C). U raných stadií ryb je třeba se vyvarovat náhlých změn teploty vody větších než 3 °C.
- Při teplotním šoku ryby hynou za příznaků ochrnutí dýchacích a srdečních svalů.
- Přesun nakrmených ryb do chladnější vody (o 8 °C) poruchy nebo zastavení trávení, autointoxikace amoniakem.

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

Orientační hodnoty letálních teplot pro ryby. LC₅₀ (°C)

Druh ryby	jikry	ryby adaptované na teplotu				
		5	15	20	25	30
<i>Kapr obecný</i>	32,5	29	35		35,8	40,6
<i>Cejn velký</i>			31		25	
<i>Lín obecný</i>			30,2	32	33	37
<i>Plotice obecná</i>			28,5	31	34,5	35,5
<i>Štika obecná</i>	22				32,2	33,7
<i>Pstruh potoční</i>	12,5			26	28,3	
<i>Pstruh duhový</i>	20-25	25,5	28,6		29,5	
<i>Tolstolobik bílý</i>					38,5	
<i>Karas obecný</i>		24			37,6	
<i>Úhoř říční</i>				30	37	38

Sluneční svit



- Sluneční svit a oblačnost ovlivňují především intenzitu fotosyntézy všech rostlin v nádrži a tím přímo i množství kyslíku a oxidu uhličitého, nepřímo pak pH vody v nádrži.
- Vysoká intenzita světla může negativně ovlivnit vývoj jiker a raných stadií ryb.
- Vnímavé jsou především jikry do stadia očních bodů, kdy již osvětlení nad 1600 luxů může vyvolat poškození.
- Při odchovech ryb v otevřených žlabech může vysoká intenzita světla (UV paprsky) poškozovat kůži ryb.

Srážky



- Ve sněhu se během zimy hromadí kyselé produkty emisí, které pak při jarním rychlém tání mohou způsobit v nádržích náhlý pokles pH.
- 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.
- Se srážkami se splachem z okolního prostředí dostává do vod celá řada látek s potenciálně negativním účinkem na vodní prostředí.
- Dlouhodobá intenzivní srážková činnost může způsobit překročení kapacity ČOV a tak přísun nečištěných odpadních vod do recipientu.

pH vody - koncentrace vodíkových iontů



- Kyselost vodných roztoků je způsobena nadbytkem vodíkových H^+ iontů, zásaditost nadbytkem hydroxylových iontů OH^- .
- O udržení pH v těchto mezích rozhoduje především dostatečné množství $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který 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, nebo kyselými dešti.
- Zvýšení pH je nejčastěji způsobeno intenzivní fotosyntézou a odpadními vodami ze stavebního průmyslu.

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.
- Optimální hodnota pH pro ryby se pohybuje v rozmezí 6,5 – 8,5. K poškození ryb dochází při pH nad 9,2 a pod 4,8 (lososovité) a nad 10,8 a pod 5,0 (kaprovité).
- Vodní organizmy můžeme rozdělit na *stenoiontní* (druhy snášející jen malé výkyvy pH vody) a *euryiontní* (druhy snášející velké výkyvy pH vody).
- Hodnota pH je velmi významná i z toho důvodu, že výrazně ovlivňuje toxicitu celé řady látek (amoniakálního dusíku, sulfanu, kyanidů, kovů)

Hodnota pH v průběhu vegetační sezóny

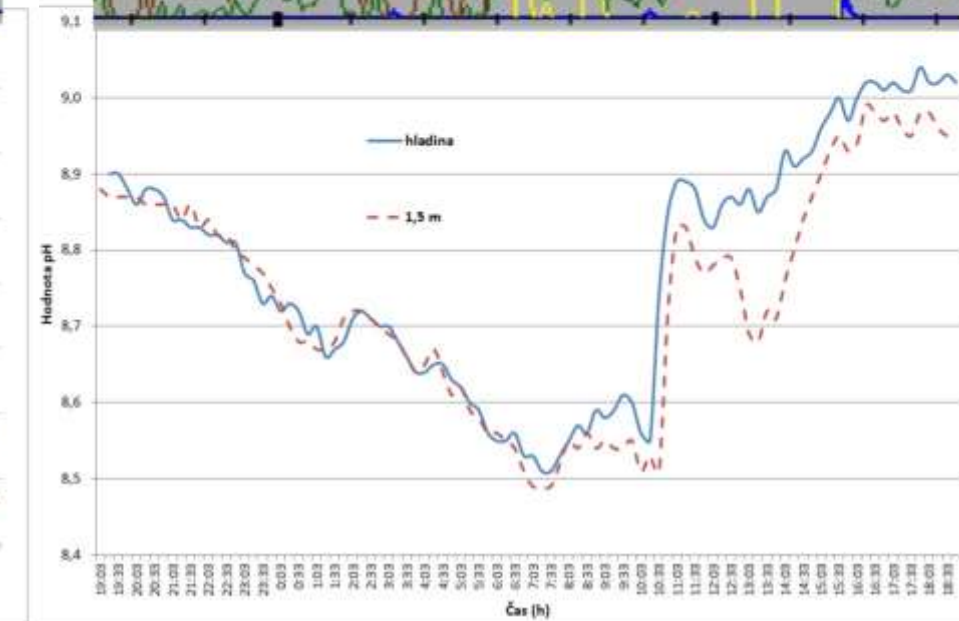
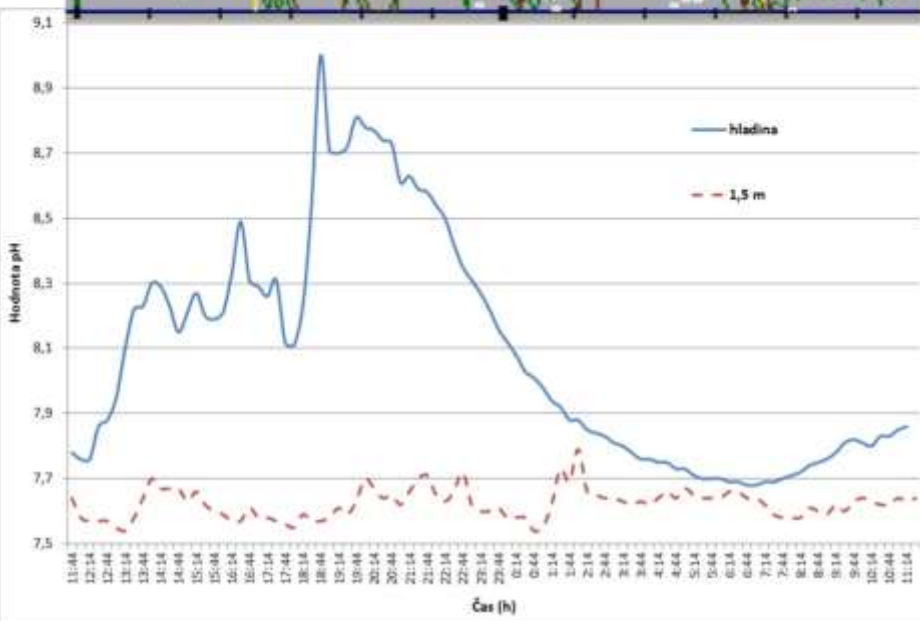
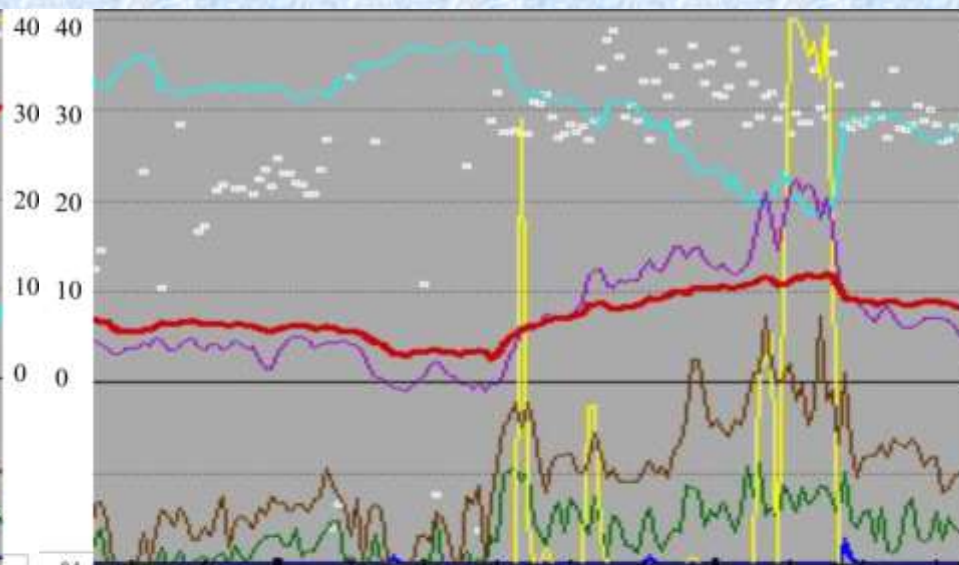
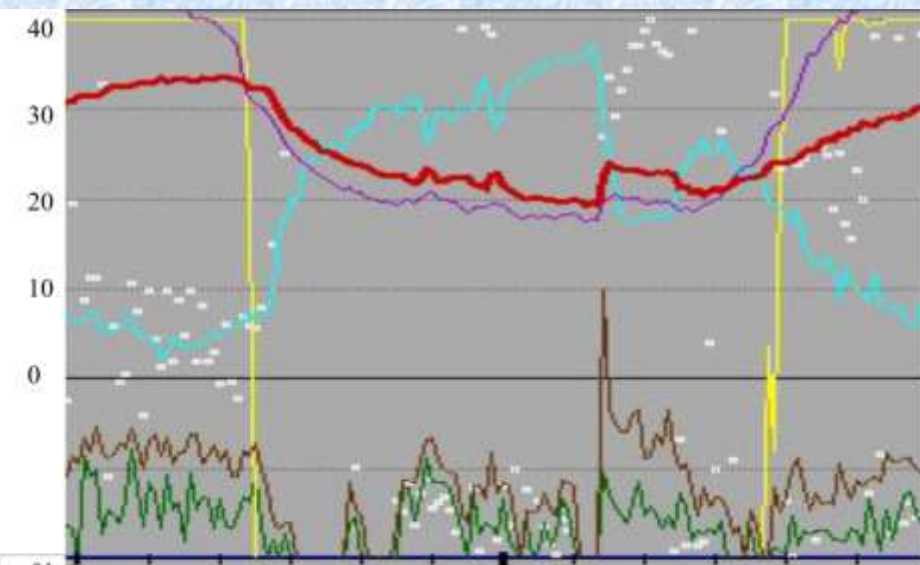


Změny pH vody během 24 hod. v rybníce

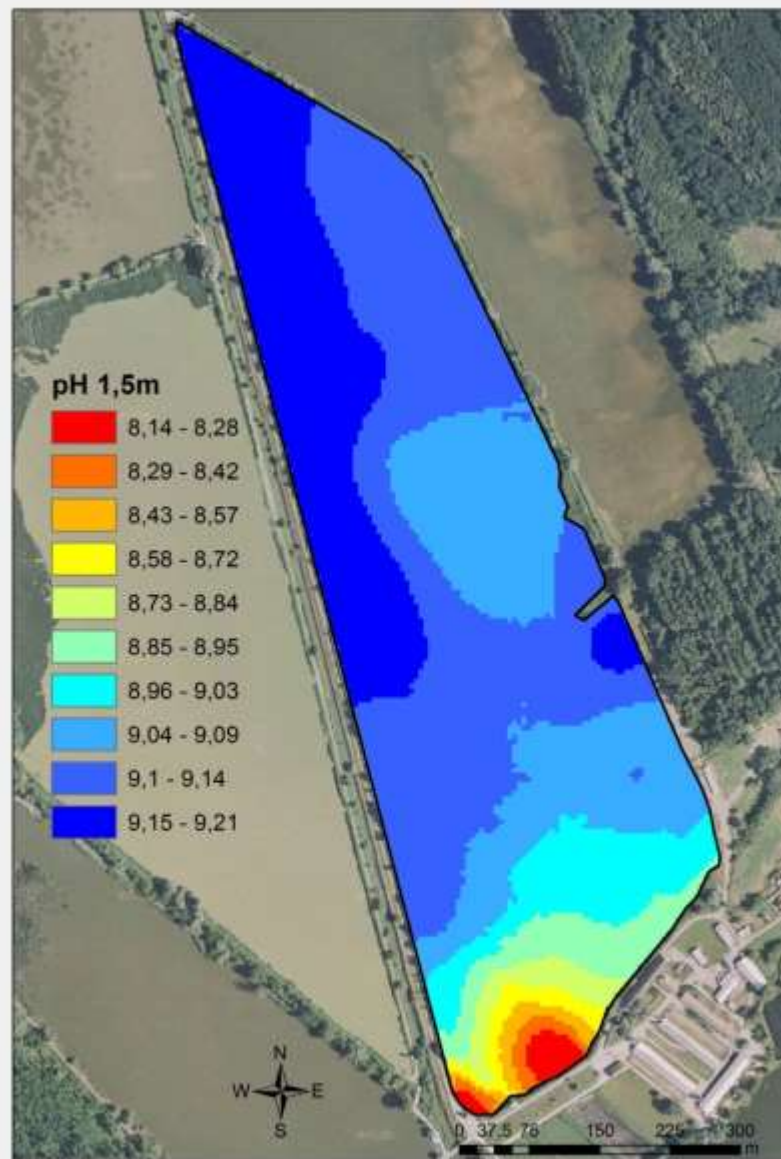
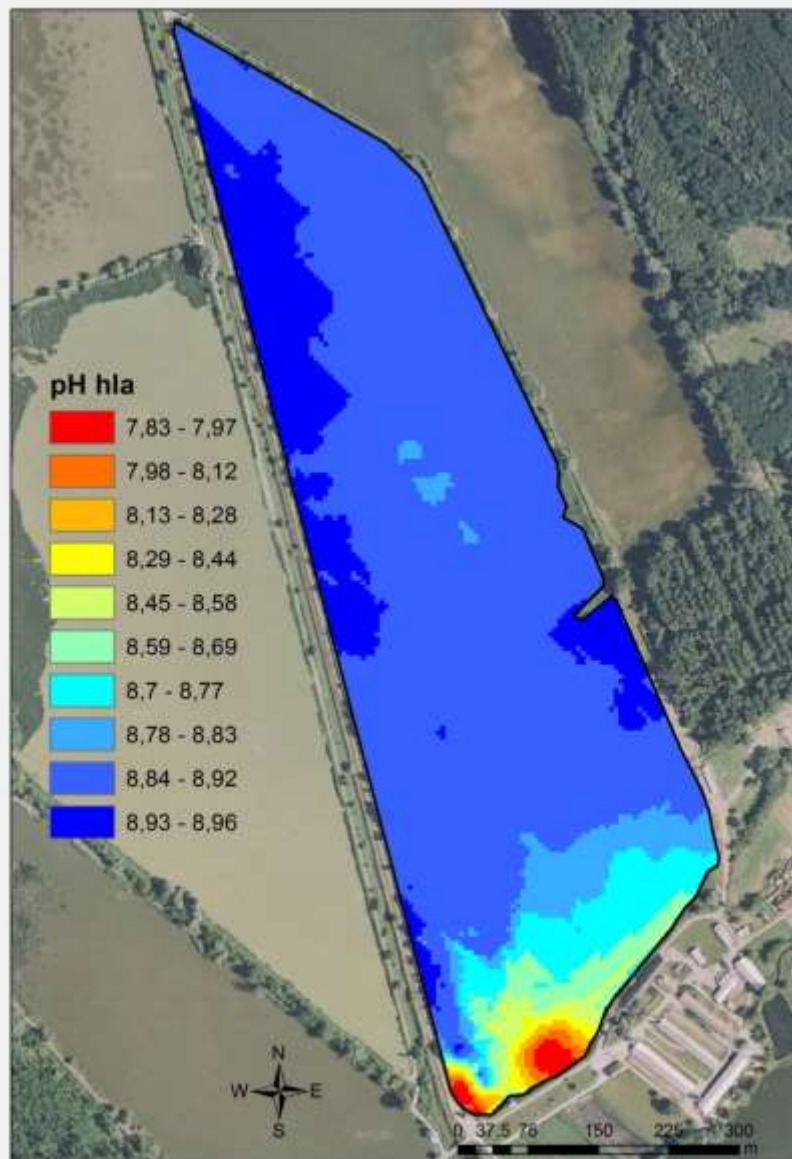


24-25.8.2011

8-9.10.2011

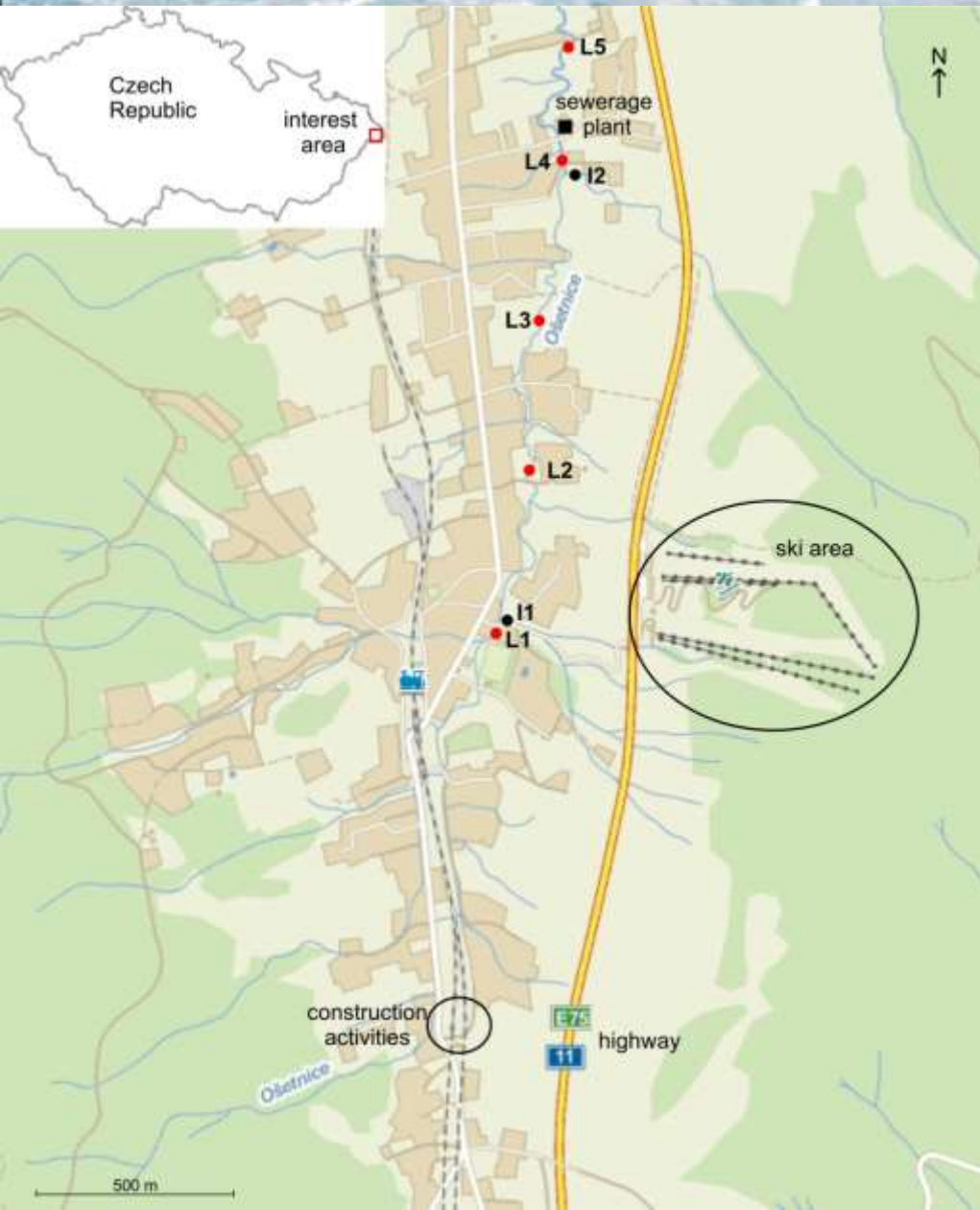


Změny pH v rybníce v závislosti na hloubce



Rybník
Dvorský
24.7.
2012
10 hod.

Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Tok pramení na úpatí Beskyd
v nadmořské výšce 600 m.n.m.
Délka toku je 7,8 km
Průměrná šířka toku je 2 m
Průměrný průtok pod $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
Monitoring: pět lokalit na
hlavním toku a dva přítoky
z lyžařského areálu.
Fyzikálně-chemické parametry
vody
Fytobentos
Zoobentos
Datum odběru:
24. 11. 2009,
24. 1. 2010, 21. 2. 2010,
13. 4. 2010, 30. 8. 2010

Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Výsledky rybářského hospodaření na toku Ošetnice

Year	Fish release (N)	Fish catch (N)
1999	3000 St _{1/4} , 2000 Om _{1/4}	2248
2000	4000 St _{1/4} , 2500 Om _{1/4}	2299 St, 541 Om
2001	4000 St _{1/4}	2530 St
2002	5200 St _{1/4}	2351 St
2003	4200 St _{1/4}	1010 St
2004	7500 St _{1/4}	124 St
2005	9200 St _{1/4}	Not catch
2006	7000 St _{1/4}	487 St
2007	4000 St _{1/4}	1000 St
2008	6500 St _{1/4}	103 St
2009	2500 St _{1/4} , 40 000 St ₀	705 St

Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Makrozoobentos

Celkově bylo v toku Ošetnice nalezeno 72 druhů makrozoobentosu.

Dominantní zástupci: larvy dvoukřídlých (Diptera), chrostíci (Trichoptera) a jepice (Ephemeroptera).

V podzimním období nejhojnější blešivec *Gammarus fossarum*.

Na jaře a v létě nejhojnější zástupci jepic rodu *Baetis*.

Kvalita dle makrozoobentosu - dobrý až velmi dobrý ekologický stav.

Směrem po proudu dochází k mírnému zhoršování kvality vody.

Fytobentos

Celkem bylo nalezeno 78 druhů sinic a řas (z toho 69 druhů rozsivek).

Minimální rozdíly mezi sledovanými lokalitami.

Na podzim v celém toku dominance *Navicula avenacea*.

Na jaře nejhojnější zástupci rodu *Navicula*, *Nitzschia* a druh *Cymbella minuta agg.*

V letním období dominance *Cocconeis placentula*.

Saprobní a trofické indexy fytobentosu ukazují na dobrou kvalitu toku.

V jarním období zvýšení abundance druhů tolerantních k organickému znečištění.

Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Fyzikálně-chemické parametry

Po celou dobu sledování vysoká koncentrace kyslíku a nízký obsah organických látek. V zimě zvýšení množství chloridů, sodíku, a vápníku .

Parametr (mg.l ⁻¹)	Před zimní sezónou	V zimní sezóně
chloridy	13,7 – 15,9	31,7 – 143,9
sodík	23 - 33	26 - 126
vápník	20,1 – 23,2	27,2 – 54,4

Vyšší koncentrace amoniakálního dusíku , které se směrem po proudu snižovaly.

V průběhu dubna **extrémní hodnoty pH**.

Normální hodnoty pH toku 7,32- 7,98, v dubnu **10,67- 8,74**.

Hodnota toxického amoniaku (NH₃) byla **0,55 mg.l⁻¹**

(LC₅₀ pro lososovité 0,5-0,8 mg.l⁻¹)

Znečištění bylo pravděpodobně způsobeno vnikem odpadních vod při stavební činnosti několik set metrů nad první sledovanou lokalitou.

Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Stav životních společenstev a kvalita vody podhorského toku v závislosti na lidských aktivitách



Rozpuštěný kyslík



- Kyslík je nejvýznamnější z rozpuštěných plynů ve vodě, která s ním netvoří iontové sloučeniny.
- 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.
- Množství kyslíku ve vodě značně ovlivňuje většinu biochemických procesů a často proto bývá limitujícím faktorem pro život různých organismů.
- Do vody se kyslík dostává jednak ze vzduchu, jednak z fotosyntézy vodních rostlin, řas a sinic.

Rozpuštěný kyslík



- 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.
- Vodu, která má obsah kyslíku odpovídající daným fyzikálním podmínkám (tj. tlaku a teplotě), označujeme jako vodu nasycenou kyslíkem na 100 %.
- 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.

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

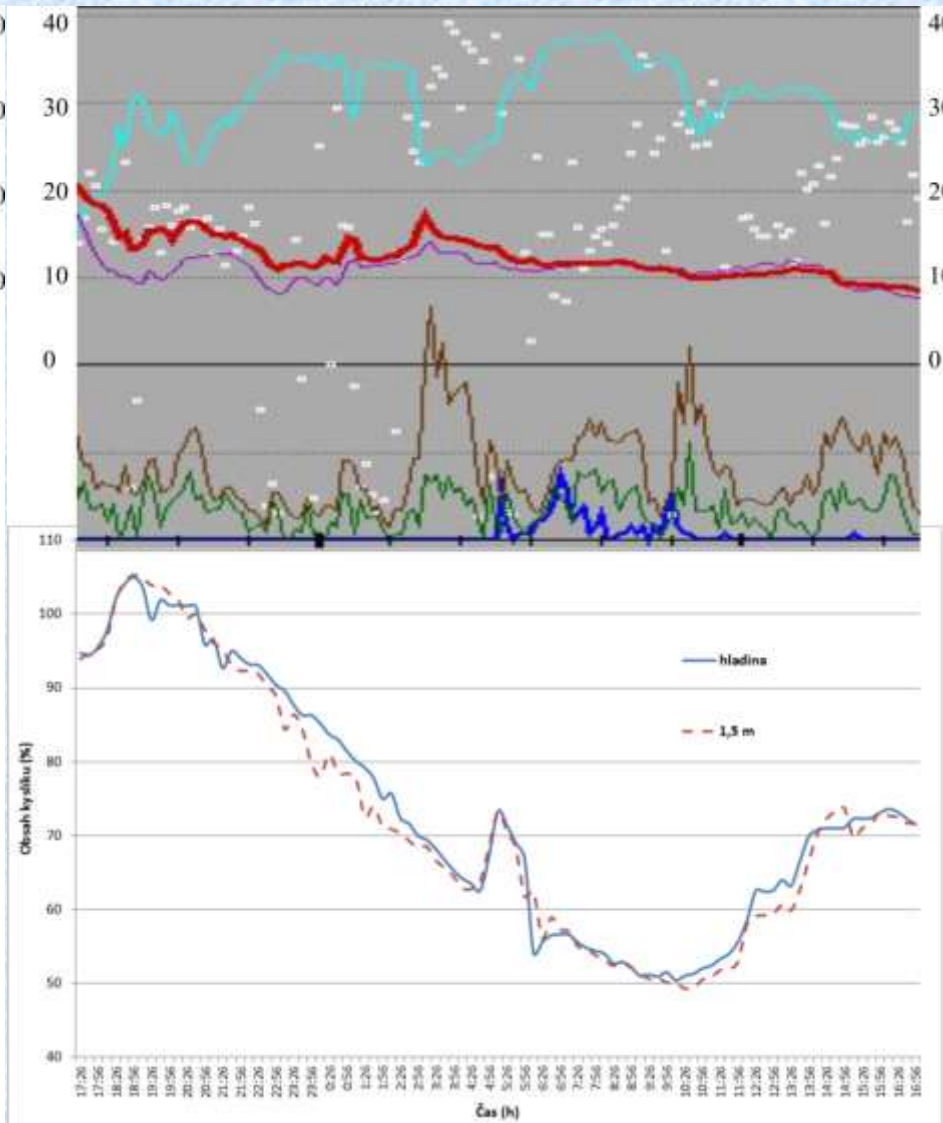
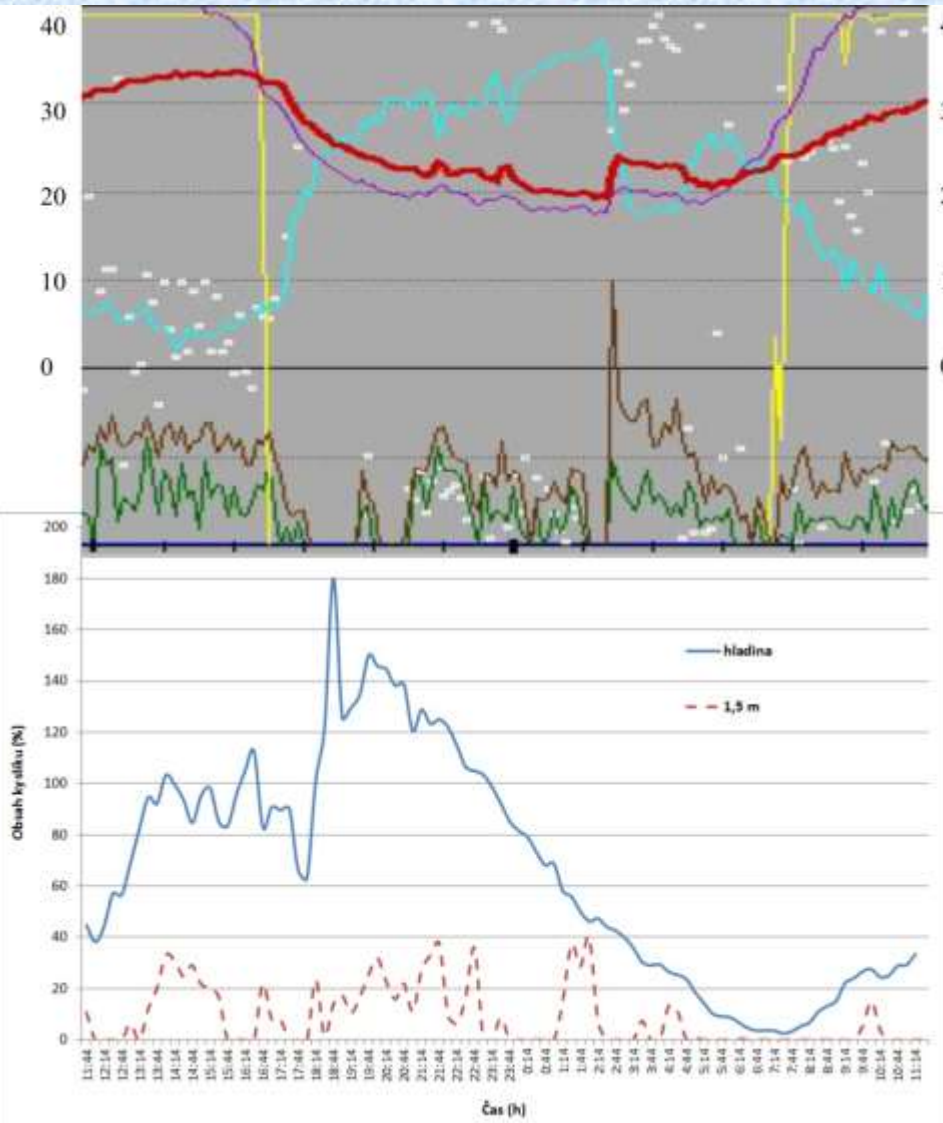
Rovnovážná koncentrace kyslíku v destilované vodě, která je ve styku se vzduchem (20,9% O₂) za dané teploty a standardního tlaku (101,3 kPa).

Změny rozpuštěného kyslíku během 24 hod. v rybníce



24-25.8.2011

6-7.10.2011

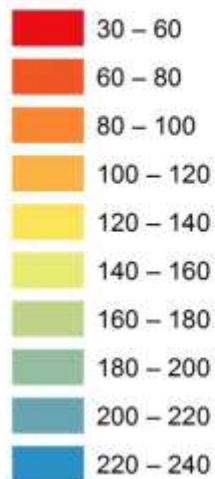


Změny rozpuštěného kyslíku v rybníce v závislosti na hloubce

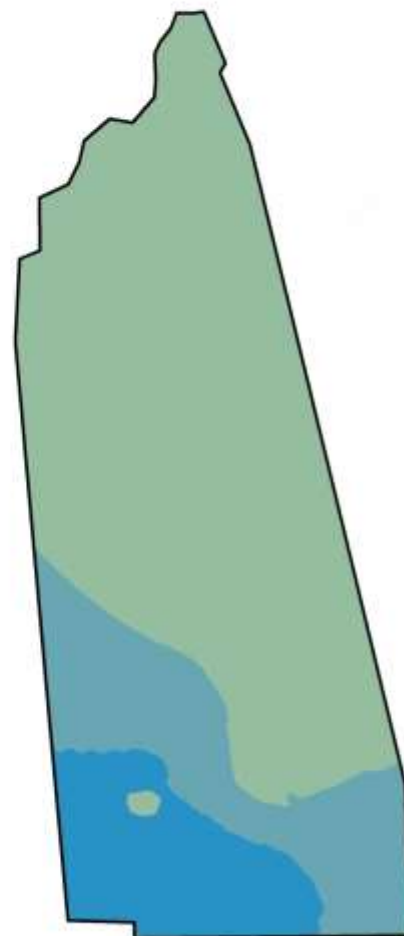


Rybník Nadsádky
9.8.2012 14 hod.

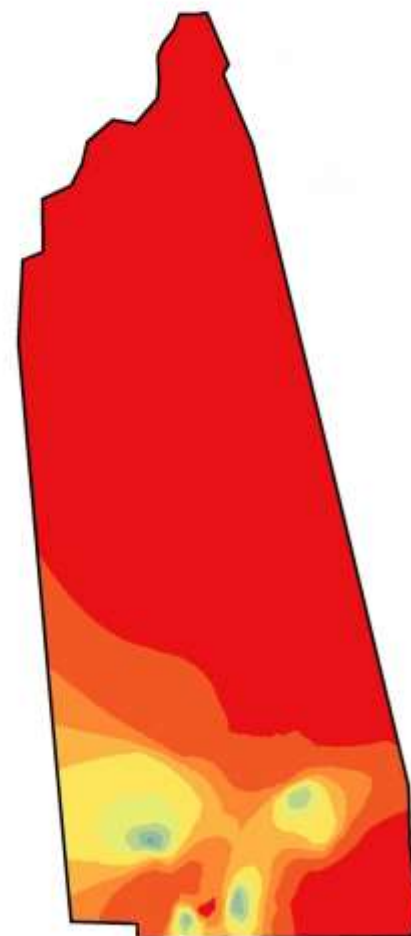
Rozpuštěný
kyslík (%)



O₂ hladina



O₂ 1,5 m



Rozpuštěný kyslík



- 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.

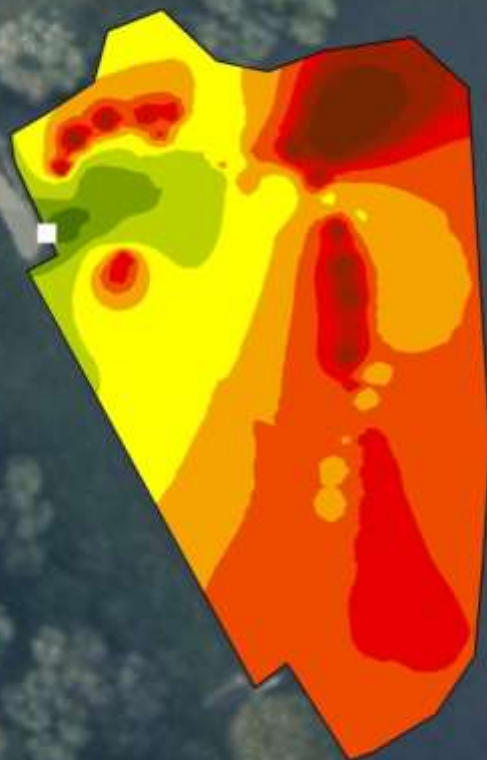
Úhyn ryb v důsledku deficitu kyslíku



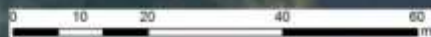
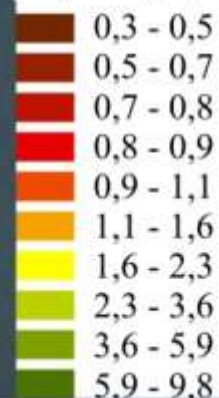
Úhyn ryb v důsledku deficitu kyslíku



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.

Plynová embolie kapr



Plynová embolie kapr



Plynová embolie kapr



Plynová embolie kapr



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 (NH_3) 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 - příklad



- Zjistěte koncentraci nedisociovaného amoniaku NH_3 , jestliže koncentrace celkového amoniakálního dusíku N-NH_4^+ je $2,5 \text{ mg.l}^{-1}$, hodnota pH vody je 9,5 a teplota vody $17 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Z tabulky vyplývá, že při dané teplotě vody a pH je 50,2% z celkového amoniakálního dusíku v nedisociované formě.
- Koncentrace $\text{N-NH}_3 = 2,5 \cdot 50,2 / 100 = 2,5 \cdot 0,502 = 1,255$
- Toxicita amoniaku je v literatuře obvykle uváděna jako koncentrace NH_3 a proto je nutné převést hodnotu N-NH_3 na NH_3 .
- $\text{NH}_3 = 1,255 \cdot \text{přepočítávací koeficient (1,216)} = 1,526$
- Koncentrace nedisociovaného amoniaku $\text{NH}_3 = \underline{\underline{1,53 \text{ mg.l}^{-1}}}$

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 $0,5-0,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$,
- Česká legislativa uvádí přípustná koncentrace pro kaprovité i lososovité ryby pod $0,025 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$, cílové $0,005 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$.

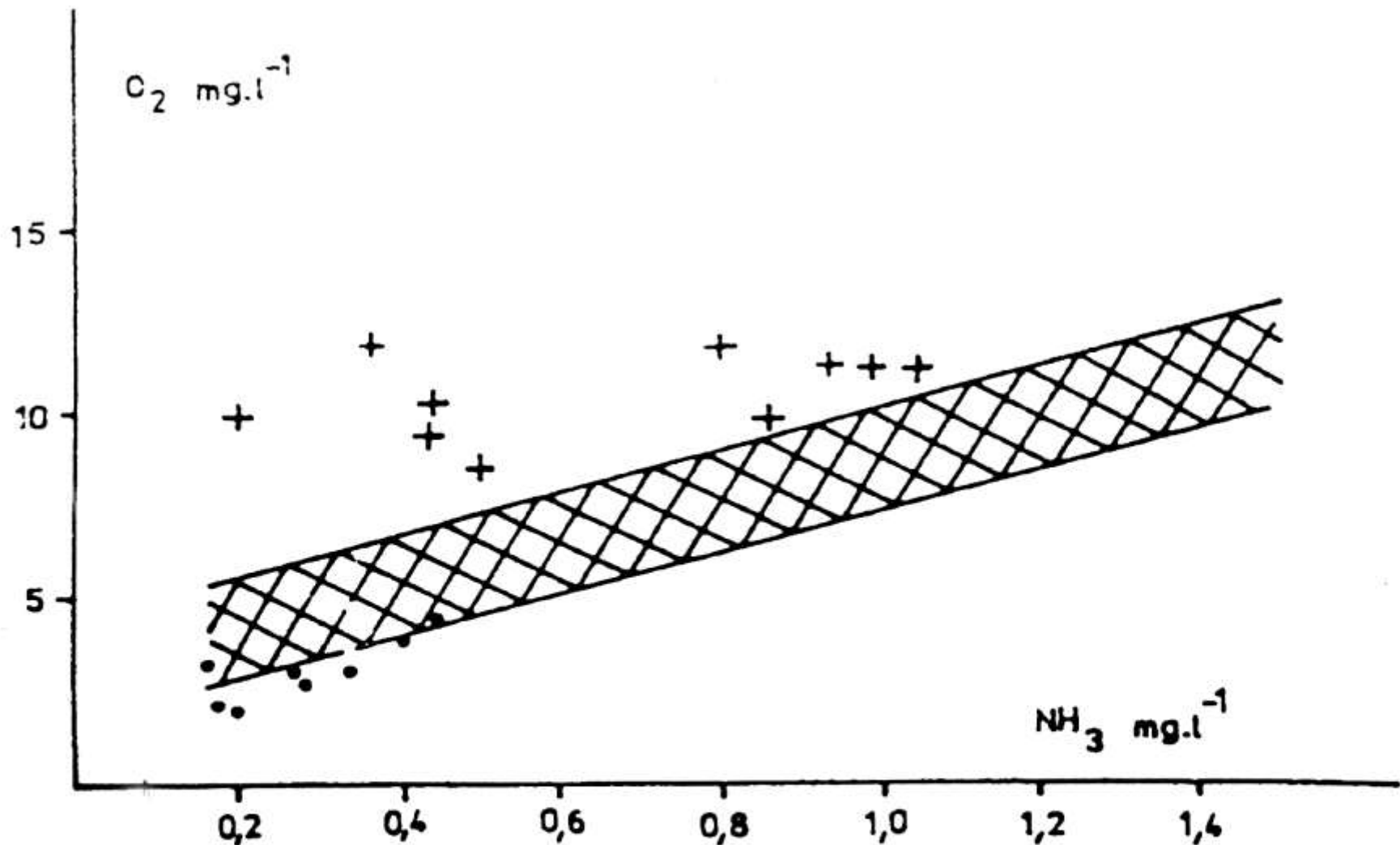
Výpočet:

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

Amoniakální dusík



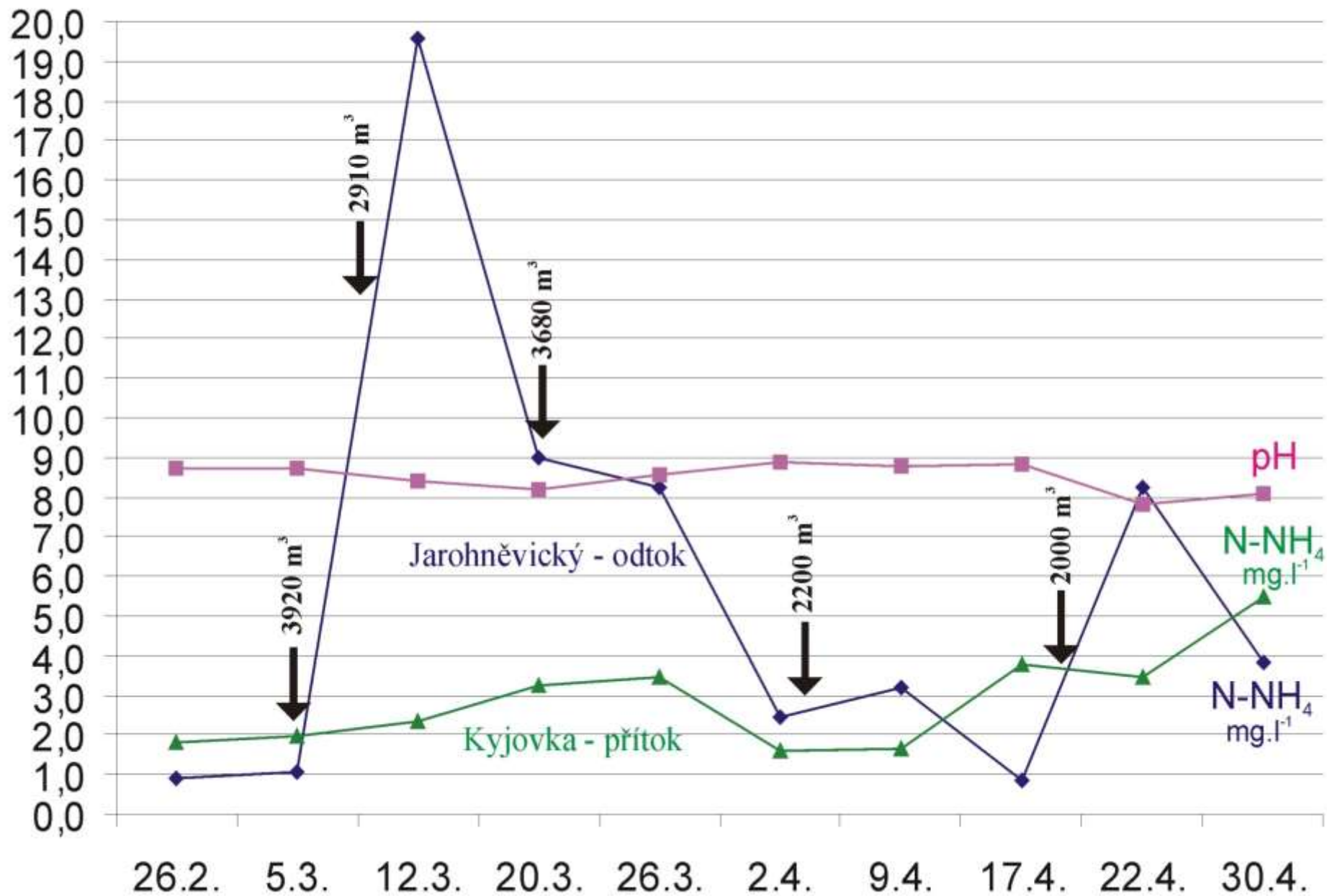
- Ryby se zbavují přes 90 % veškerého amoniaku, vznikajícího v důsledku metabolismu v jejich těle uvolňováním přes žábry na základě koncentračního spádu.
- Stoupající koncentrace amoniaku v okolní vodě tak může bránit a posléze i zablokovat další uvolňování amoniaku z těla ryb. To může vést postupně 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

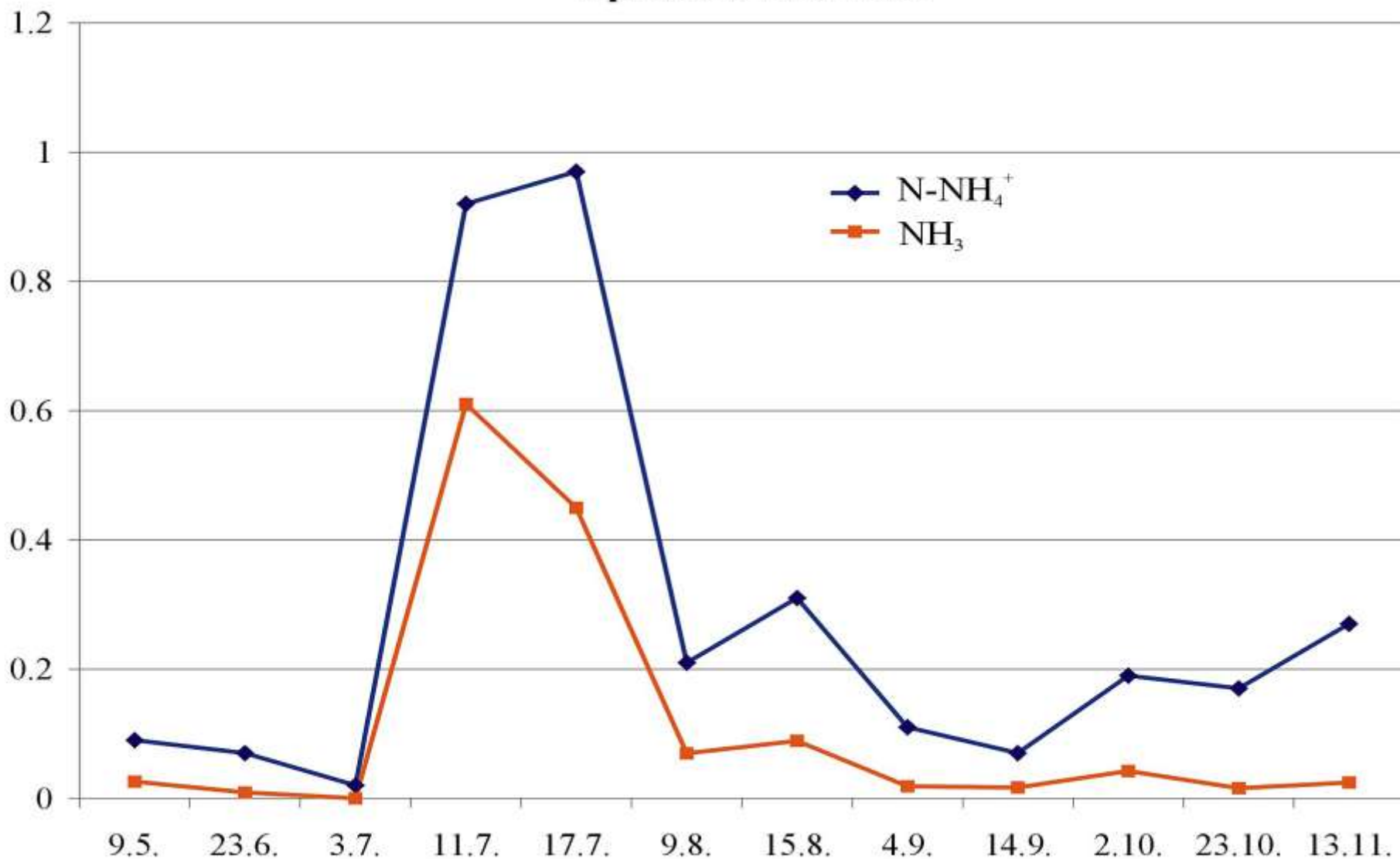
Hodnoty pH a amoniaku v průběhu aplikace prasečí kejdy na Jarohněvickém rybníce v roce 2002



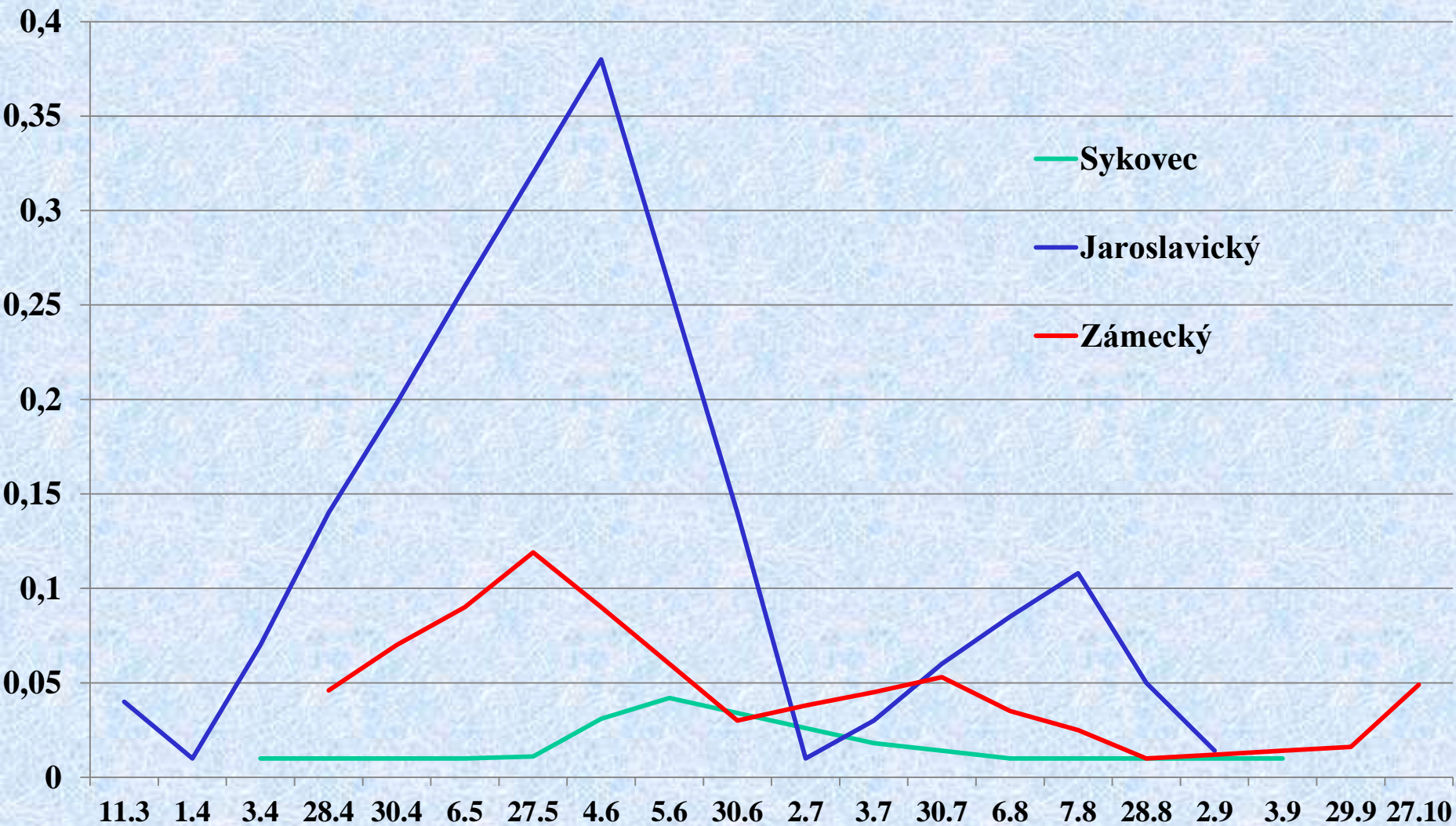
Amoniakální dusík



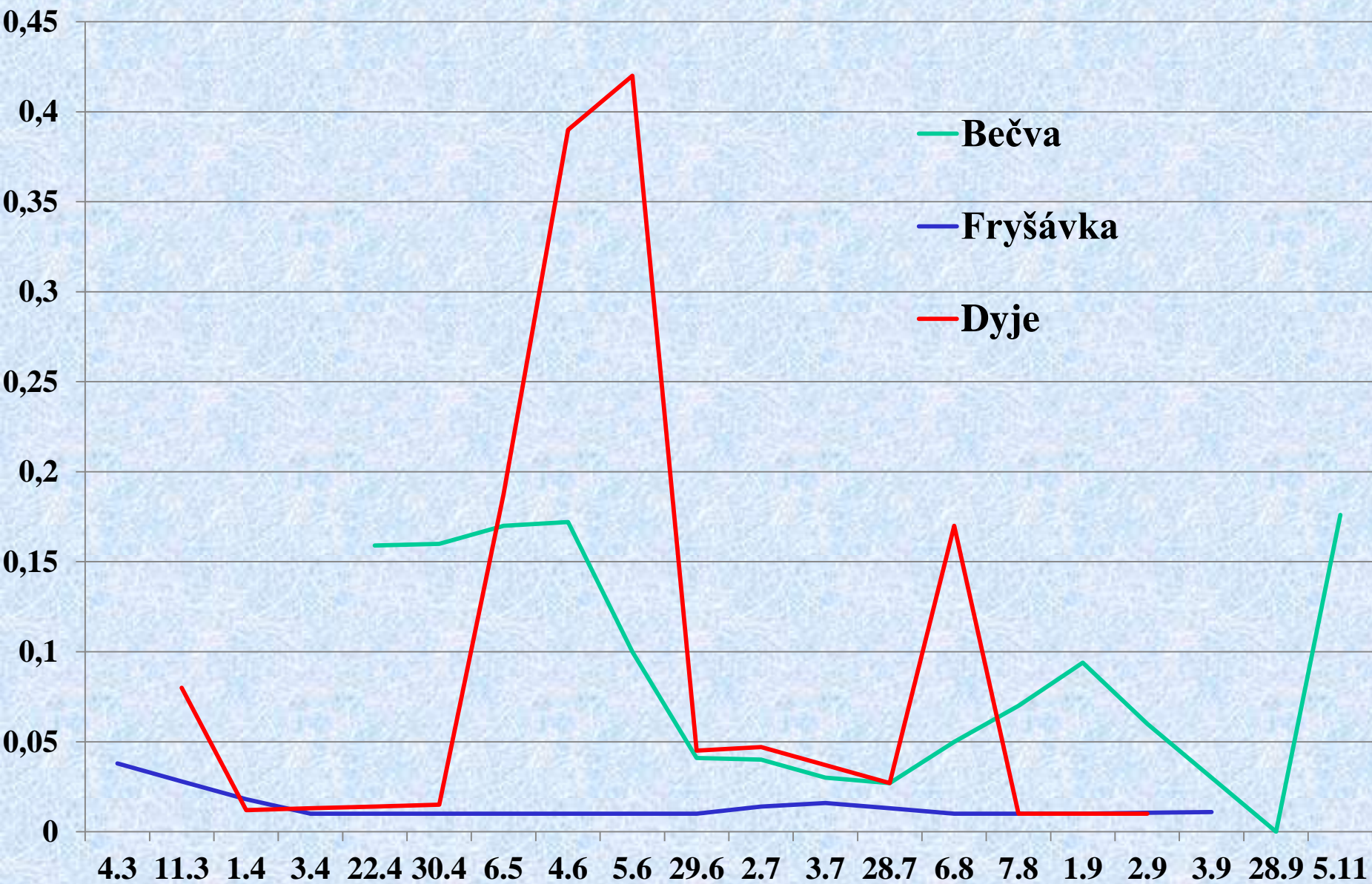
Graf č. 5 Hodnoty amoniakálního dusíku (mg.l^{-1}) a na sledovaných lokalitách v průběhu roku 2006



Hodnoty amoniakálního dusíku tří rybníků v průběhu vegetační sezóny.



Hodnoty amoniakálního dusíku vybraných toků v průběhu vegetační sezóny.



Amoniakální dusík



Hodnoty amoniaku NH_3 (mg.l^{-1}) u pokusu A

Varianta	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	Kontrola
30.7.1996					0,05	0,05	0,07	0,05	0,06
31.7.1996					0,15	0,14	0,17	0,17	0,18
1.8.1996					0,21	0,16	* 0,27	0,26	0,22
2.8.1996	0,08	0,11	0,11	0,09	0,33	0,30	0,36	0,37	0,32
3.8.1996	0,17	0,20	0,31	0,21	0,66	0,46	* 1,07	0,51	0,43
4.8.1996	0,35	0,31	0,41	0,31	* 0,81	0,65	**1,20	* 0,69	0,66
5.8.1996	0,43	0,39	0,49	0,51	* 0,77	0,70	* 1,31	0,79	* 0,72

Dusitanový dusík



- **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



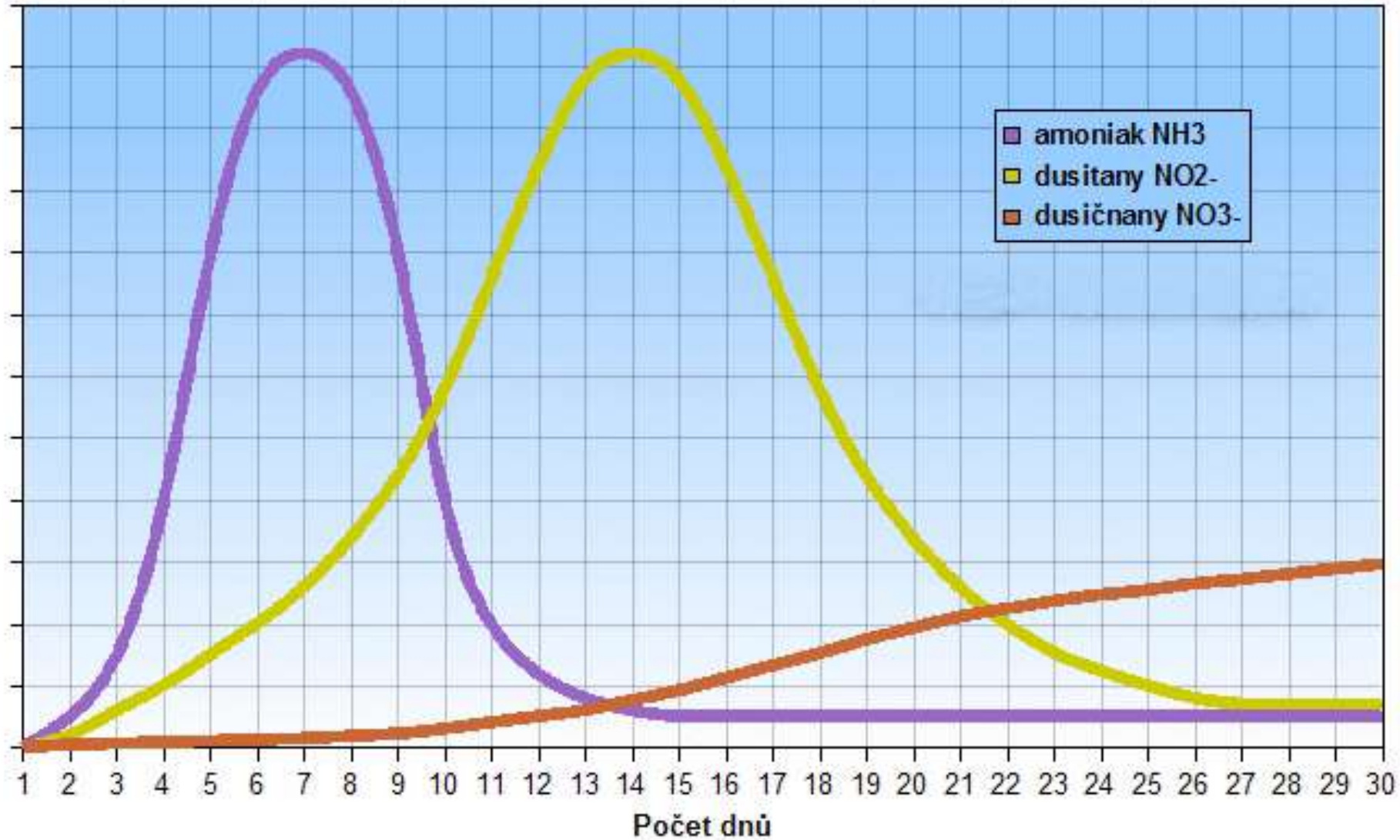
- V odpadních vodách i desítky mg.l^{-1} N-NO_2^-
- Dusitany velmi nestálé, jsou snadno oxidovány nebo redukovány.
- Indikátor fekálního znečištění podzemních vod
- Imisní standard v povrchových vodách pro dusitany činí $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$ N-NO_2^- pro lososové vody a $0,14 \text{ mg.l}^{-1}$ N-NO_2^- pro kaprové vody.
- Způsobují methemoglobinemii, v trávicím traktu můžou být biotransformovány v karcinogenní nitrosoaminy.
- Vyšší koncentrace se velmi často vyskytují v recirkulačních systémech, zejména bezprostředně po zahájení provozu nebo v důsledku nerovnováh v procesu nitrifikace.

Sloučeniny dusíku

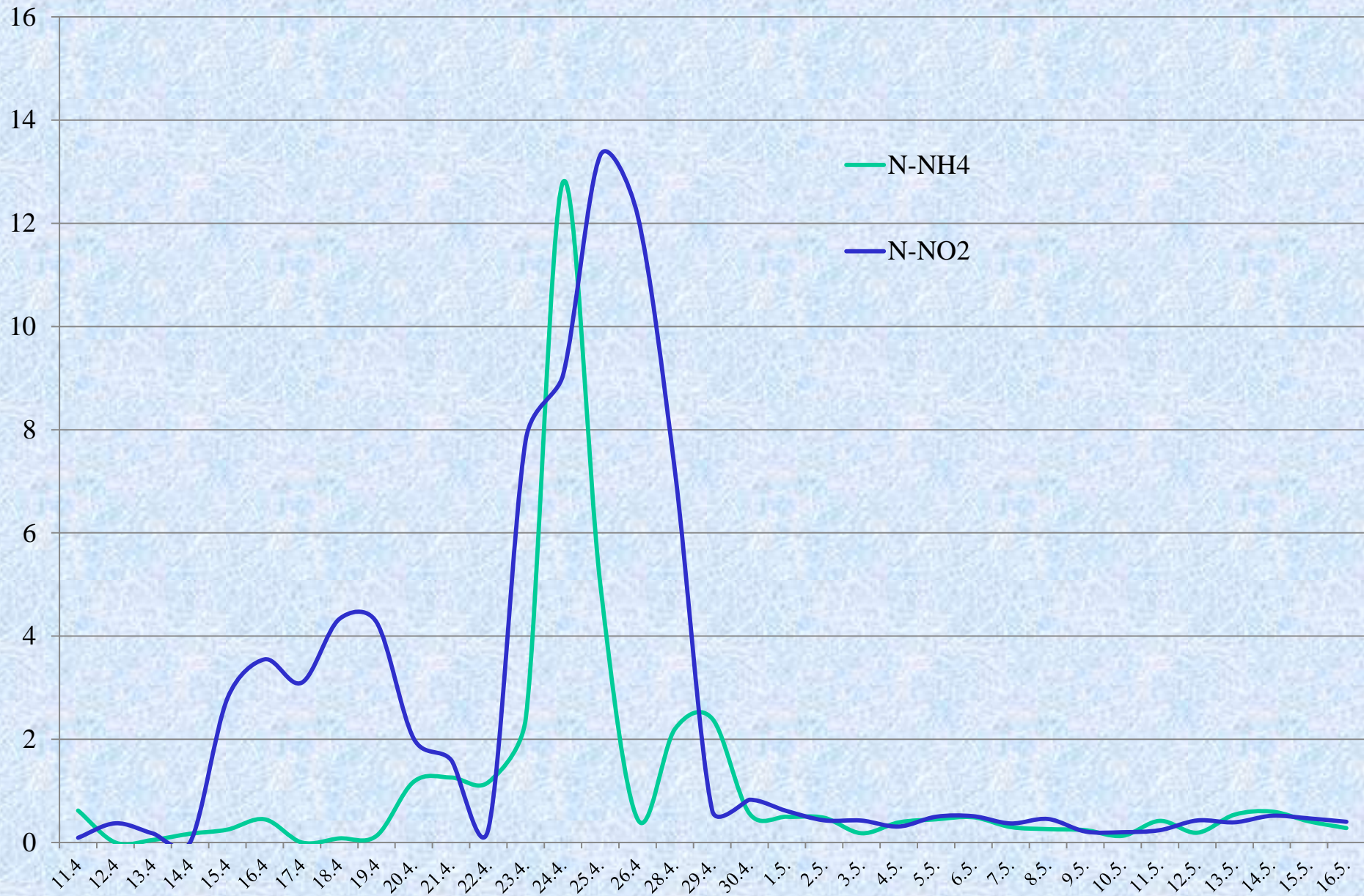


- Pokud jsou dusitany přítomny ve vyšších koncentracích ve vodě, pak ryba přijímá dusitany na úkor chloridů.
- Dusitany pronikají do krevní plazmy, dále do červených krvinek, kde se vážou na barvivo hemoglobin za vzniku methemoglobinu.
- Koncentrace methemoglobinu, které se u ryb projevují úhynem, případně zabraňují normálnímu chování ryb, se liší podle druhu ryb a jsou silně ovlivněny okolními podmínkami.
- Zvýšení koncentrace chloridů ve vodě chrání ryby před příjmem dusitanů a jejich toxickými účinky
- Hmotnostní poměr Cl^- a N-NO_2 (chloridové číslo) by v případě chovu lososovitých ryb měl být nad hodnotou 17 a v případě kaprovitých nad hodnotou 8.

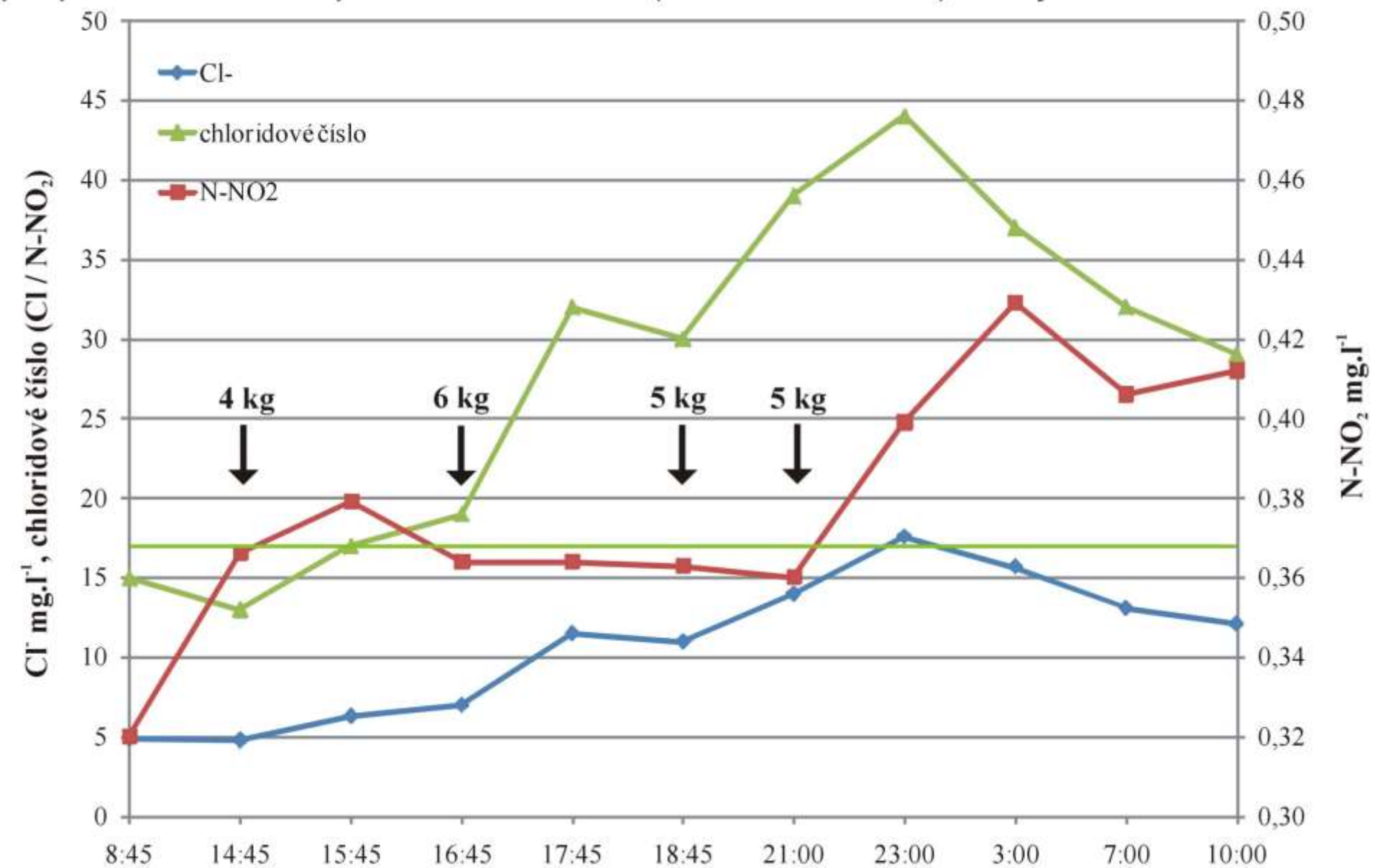
Změny iontů dusíku po založení nádrže (výměně biofiltru)



Změny iontů dusíku po výměně biofiltru



Změny obsahu chloridů, dusitanového dusíku a chloridového čísla při přidavku soli v průběhu 24 hod. (11.-12. 8. 2009) na rybí farmě Pravíkov



Fyzikálně-chemické parametry na rybí farmě Pravíkov v průběhu sledovaného období (průměrné hodnoty).



Datum	teplota	kyslík	pH	Vod.	N _{cel.}	P _{cel.}	N-NH ₄	N-NO ₂	P-PO ₄	N-NO ₃
	°C	%		mS.m ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
13.7.09	19,3	92	7,24	11,2	1,7	0,060	0,06	0,006	0,008	1,7
11.8.09	18,4	88	7,29	10,4	5,3	0,196	0,84	0,362	0,080	3,7
12.8.09	18,0	90	7,25	12,0	4,0	0,108	0,53	0,362	0,080	3,7
1.9.09	15,1	89	6,77	11,7	6,2	0,225	0	0,027	0,102	6,1
22.9.09	14,4	75	6,26	13,8	10,5	0,446	0	0,035	0,254	10,1
5.10.09	10,5	81	6,53	12,6	9,2	0,396	0	0,020	0,270	6,1
26.10.09	7,2	89	7,28	13,0	5,6	0,265	0,04	0,025	0,198	5,4

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 hydrogenuhličitanových vodách.

Oxid uhličitý



- CO_2 je rozpuštěn ve vodě převážně v molekulární formě. Jen asi necelých 10 % 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**.

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



- Vliv CO_2 na ryby přímý a nepřímý (ovlivnění hodnoty pH)
- Přímý negativní vliv se projevuje při nedostatku nebo nadbytku CO_2
- Vody s nedostatkem kyslíku s vysokým stupněm mikrobiálního rozkladu, nedostatečně provzdušněná podzemní voda mohou mít vysoké koncentrace CO_2 - porucha acidobazické rovnováhy – **acidóza** (zřídka)
- NPK pro lososovité 20 mg.l^{-1} , pro kaprovité 25 mg.l^{-1} (při KNK do $0,5 \text{ mmol.l}^{-1}$) Vyšší KNK klesá citlivost ryb k CO_2 .
- Častější nedostatek CO_2 , většinou intenzivní fotosyntézou, vytěsňováním CO_2 intenzivním provzdušňováním – **alkalóza**
- Obsah CO_2 pod 1 mg.l^{-1} , nebezpečné především pro plůdek ryb v období přechodu endogenní výživy na exogenní – dýchá povrchem těla, neschopnost regulace acidobazické rovnováhy.

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-}).
- Množství sirovodíku u dna hlubokých nádrží, kam proniká kyslík jen pozvolna, může být značné. Jeho koncentrace v hypolimniu jezer může dosáhnout hodnot až stovek $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.
- Ve vodách z rozkladu bílkovin a průmyslových odpadních vod.
- Pro vodní živočichy je sirovodík jedovatý. Letální koncentrace pro ryby se pohybuje od $0,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (lososovitě) do $4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 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 se používá jako bělicí prostředek v různých průmyslových odvětvích (textilní a papírenský průmysl), může se též objevit v odpadních vodách z čistíren, cukrovarů a škrobáren, nemocnic a lázeňských zařízení aj.
- Chlorové vápno se používá v rybářství k dezinfekci dna rybníků sádek a jiných zařízení určených k chovu ryb.
- Volný chlór působí na vodní organizmy a ryby toxicky. Rozrušuje žábra (žaberní lístky se bělavě zbarvují) až po úplné odumírání žaberního epitelu.

Chlor



- 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.
- 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 chloru $3,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ při teplotě $3-7 \text{ }^\circ\text{C}$ působí na kapra subletálně, stejná koncentrace při teplotě vody $15-20 \text{ }^\circ\text{C}$ způsobí úhyn kaprů za 1 až 2 hodiny.

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).