

Vysoká eutrofizační účinnost fosforu původem z odpadních vod v nádrži Lipno

Josef Hejzlar

Petr Znachor



*Biologické centrum AV ČR, v. v. i.
Hydrobiologický ústav
České Budějovice*

Zuzana Sobolíková

Vladimír Rohlík



*Povodí Vltavy, státní podnik
závod Horní Vltava
České Budějovice*

**Problematika jakosti vody a ekologického
potenciálu nádrže Lipno v období 1991–2012**



Cíl komplexní studie nádrže Lipno:

- zjistit stav a vývoj jakosti vody a vodního ekosystému
- určit příčiny eutrofizace
- kvantifikovat zdroje živin a zhodnotit jejich význam
- doporučit opatření pro plány povodí Horní Vltavy

Nádrž Lipno I

Účely: hydroenergetika, nadlepšení průtoku, ochrana před povodněmi, rekreace a rybolov

Celkový objem: 306 mil. m³

z toho: 23 mil. m³ stálé nadržení

253–274 mil. m³ zásobní

19–30 mil. m³ ochranný

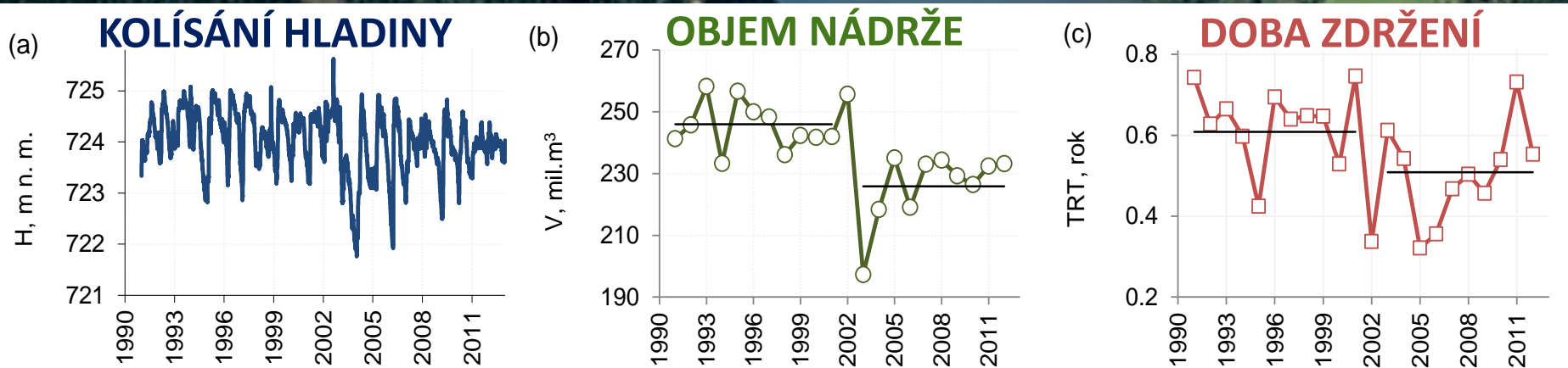
Zatopená plocha: 48 km²

Maximální / průměrná hloubka: 20 / 6 m

Průměrná teoretická doba zdržení vody: 0,7 roku

Typ nádrže: dimiktická; mezo- až eutrofní; s 1letým pracovním cyklem

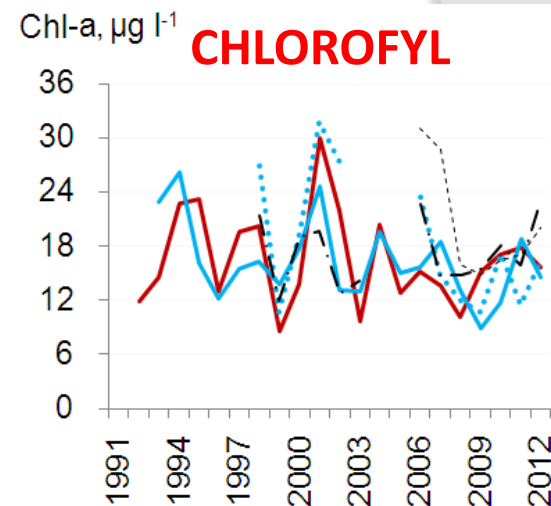
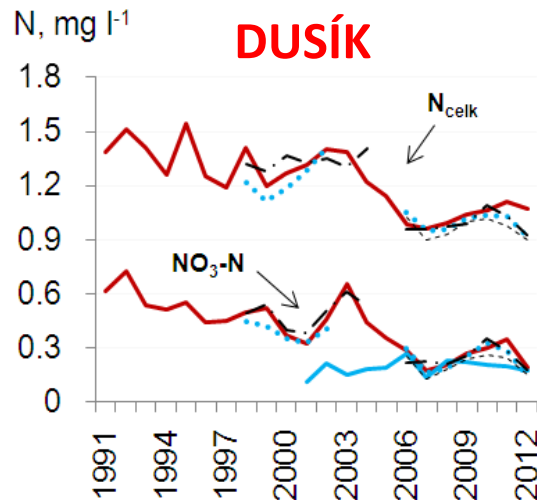
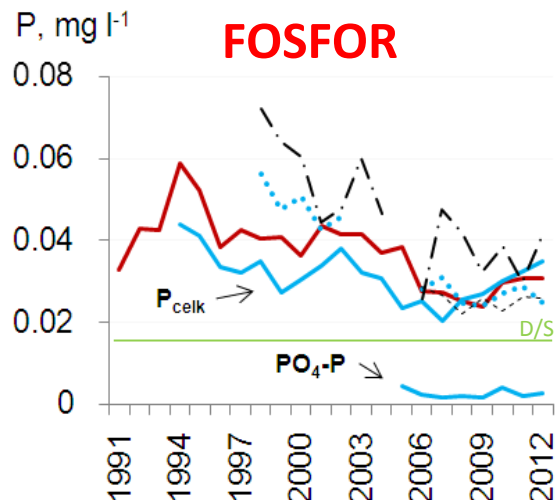
Povodí: plocha 948 km²; les 68 %, zemělská půda 12 %; 14 tis. obyvatel



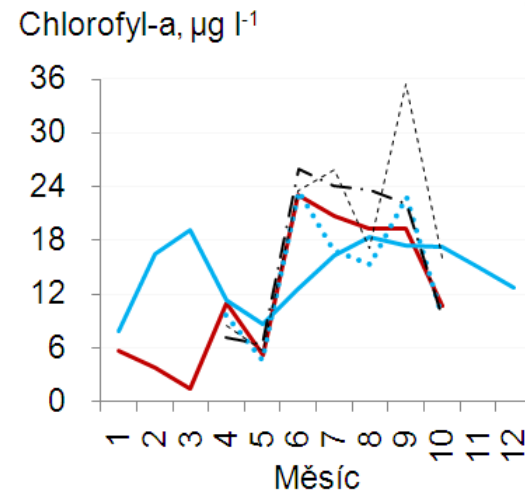
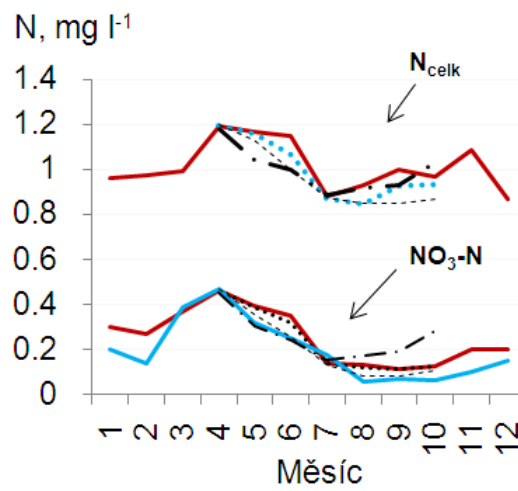
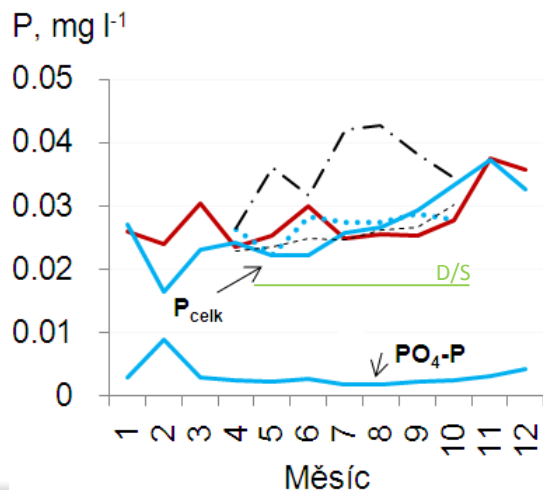
Jakost vody a ekologický potenciál



Vývoj koncentrací živin a fytoplanktonu v nádrži 1991-2012:

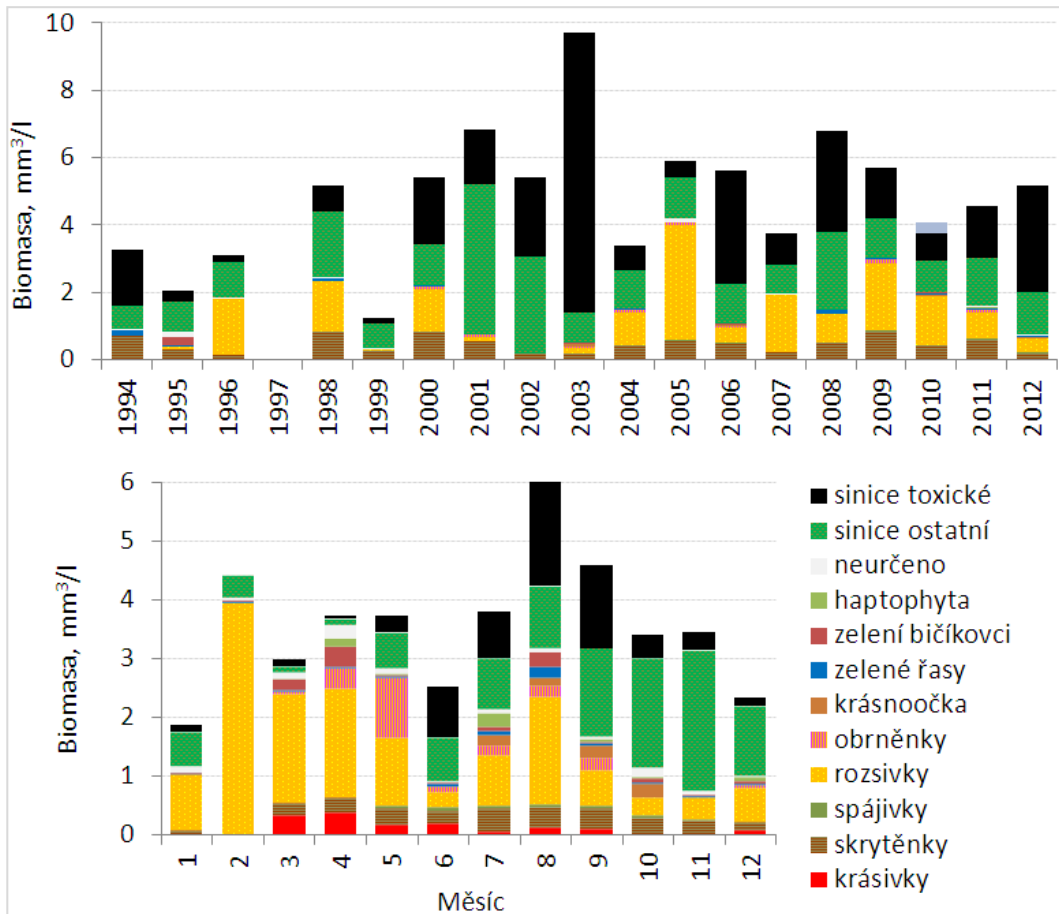


Sezonalita (2006-2012):

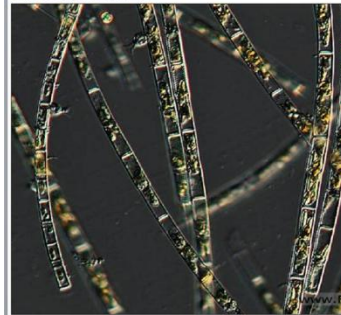


— hráz Frymburk — Frymburk-HBÚ ----- Dolní Vltavice - · - Horní Planá

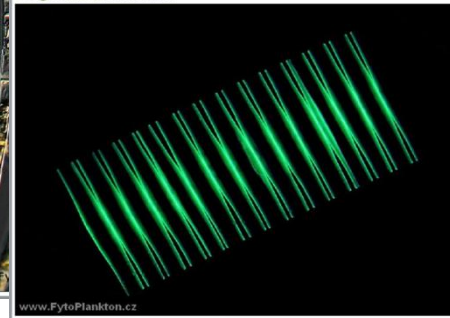
Fytoplankton:



Aulacoseira italica



Fragilaria crotonensis



Metriky indexu fytoplanktonu RVS (2010-2012)

chlorofyl-a, µg/l	13	3	(tř. 3)
biomasa, mm ³ /l	4,2	1,7	(tř. 3)
sinice, %	46	9	(tř. 3)
trofický index f.	0,6	0,1	(tř. 3)

EQR = 0 (zničený ekologický potenciál)

Microcystis aeruginosa a *Pseudanabaena mucicola*



Aphanizomenon yezoense



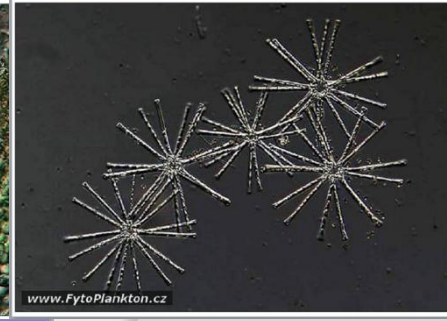
Anabaena lemmermannii



Woronichinia naegeliana



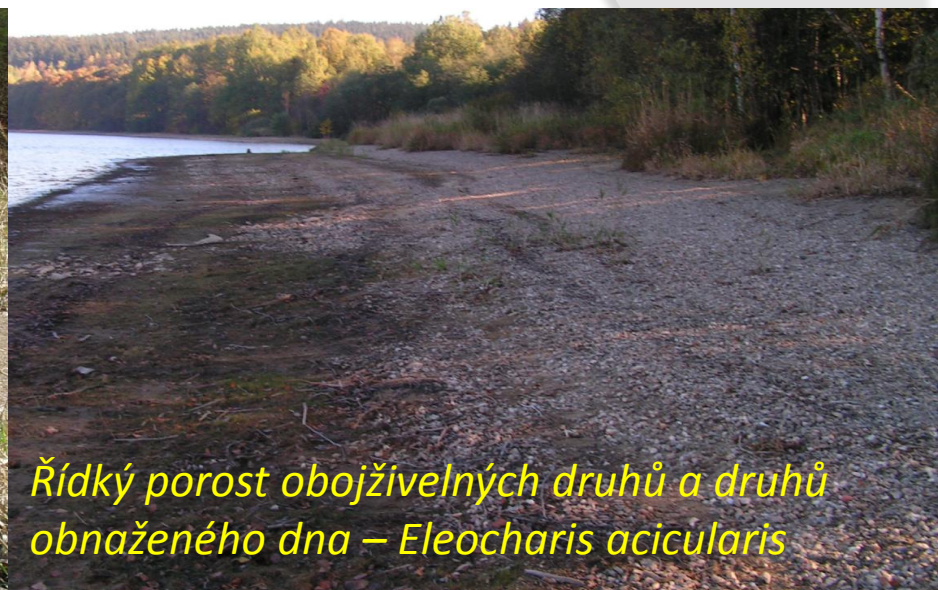
Asterionella formosa



Makrofyta:



Typické společenstvo erozních břehů
s převahou *Phalaris arundinacea*



Řídký porost obojživelných druhů a druhů
obnaženého dna – *Eleocharis acicularis*



Alisma plantago-aquatica a *Sparganium erectum*
u přítoku Vltavy do nádrže Lipno



Phalaris arundinacea a *Phragmites australis*
- zátoka u Vřesné

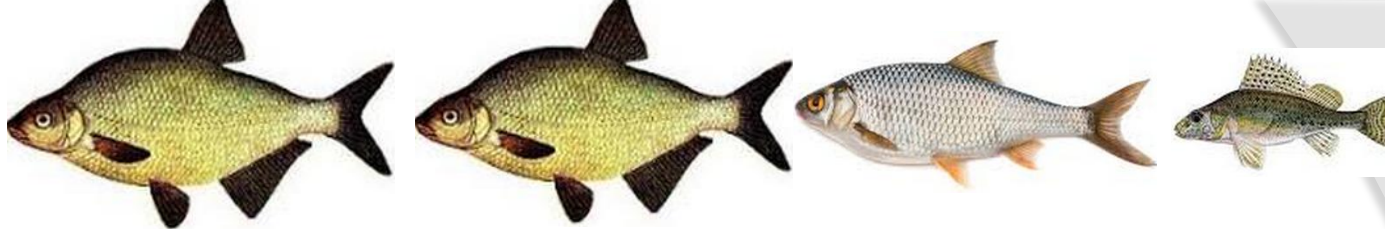
**Metriky makrofyt v produkční
zóně ($H_{prům}$ až H_{SD}):**

a) počet druhů - 27 (tř. 1)

b) pokryvnost - 12 % (tř. 3)

EQR = 0,5 (střední ekologický potenciál)

Ryby:

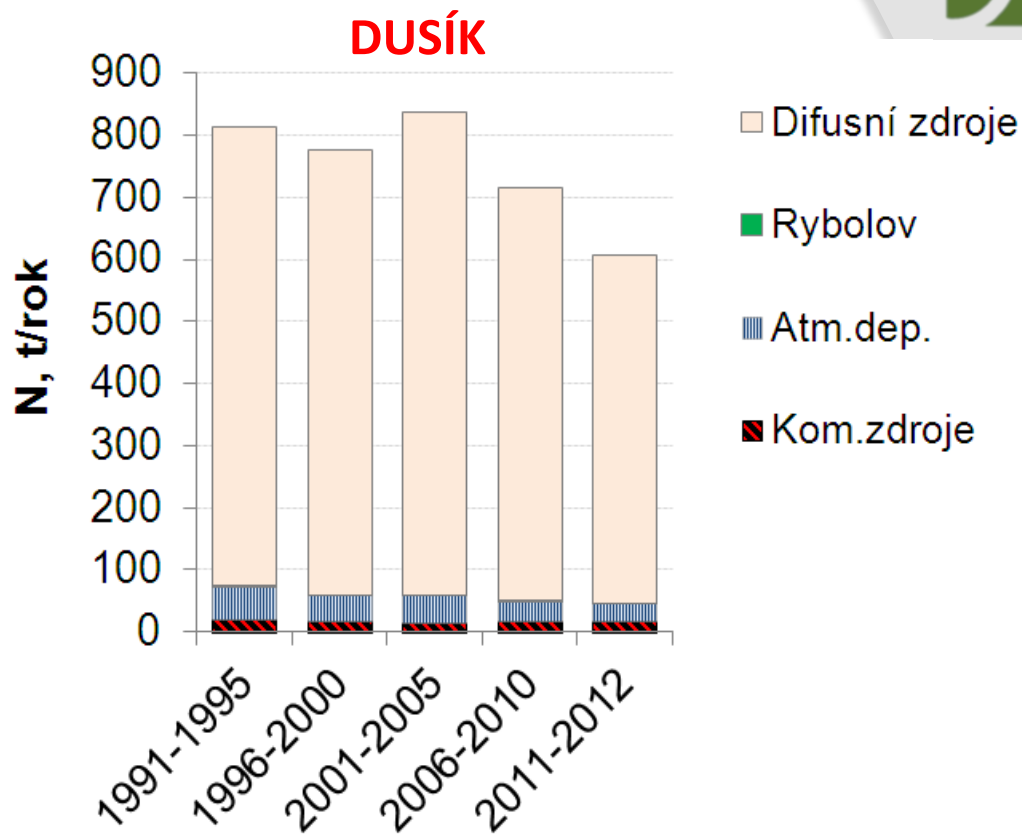
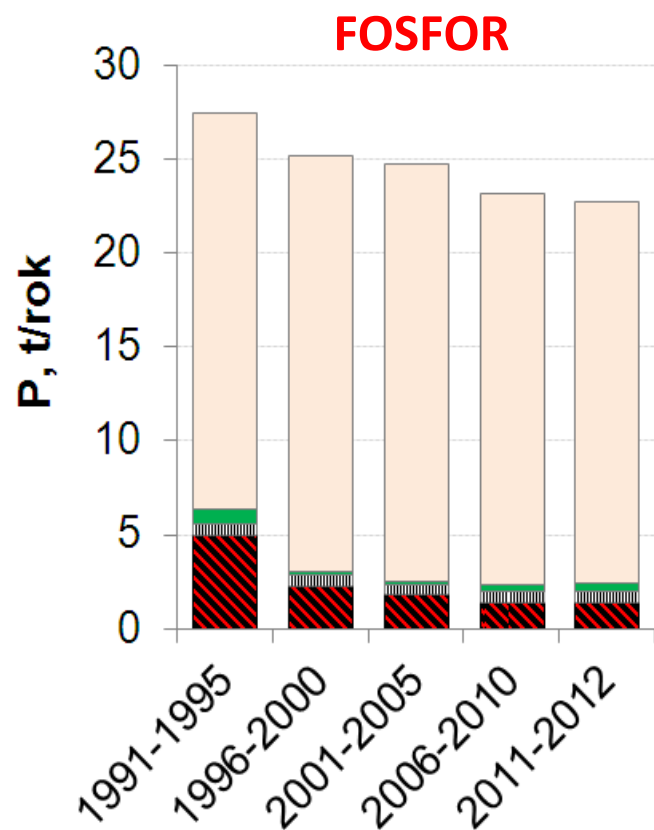


Metriky společenstva ryb v nádrži Lipno 2008-2012

Veličina / metrika	Biomasa ryb u hráze v hloubce 0-5 m (PT), g m ⁻²	Biomasa ryb na přítoku v hloubce 0-5 m (PT), g m ⁻²	Početnost ryb (BT), ind. m ⁻²	Biomasa cejna velkého (BT), %	Početnost ježdíka obecného (BT), %	Biomasa okouna říčního (PT), %	Biomasa perlína ostrobříkého (BPT), %	Biomasa lososovitých ryb (BPT), %	Přítomnost 0+ ryb šesti běžných druhů (BPT), počet druhů
Naměřená hodnota	17	24	0,25	11	37	0,17	0	2,8	6
Ekologická třída, body	3	5	5	1	1	1	1	3	5

Výsledný EQR společenstva ryb = 0,44 (střední ekologický potenciál)

Zdroje živin v přísunu do nádrže



Hlavním zdrojem fosforu i dusíku jsou difusní zdroje

Pokles přísunu P – důsledek zlepšení účinnosti ČOV

N – snížení atmosférické depozice

Bilance a dynamika fosforu



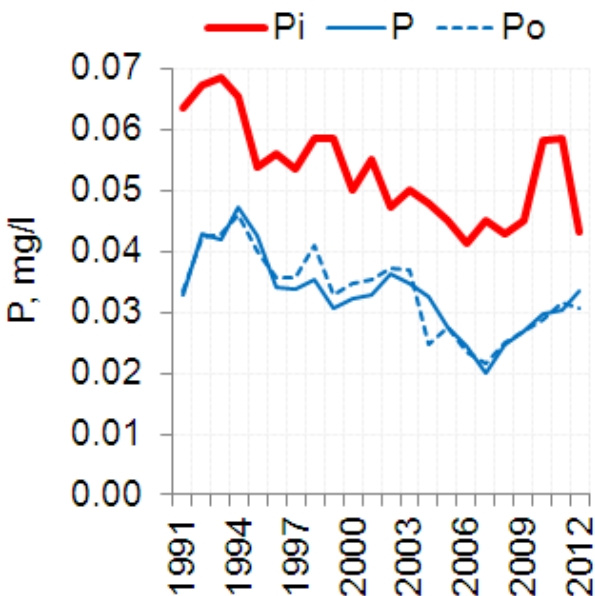
Empirický bilanční model s retencí fosforu dle Chapra (1975)

závislou na množství P z odpadních vod:

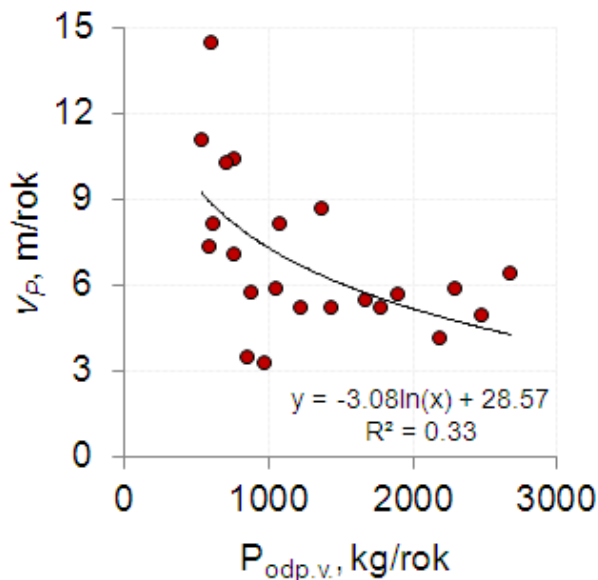
- nádrž zadržuje průměrně cca 40 % fosforu (21-56 % roční hodnoty)
- součinitel retence P relativně nízký (5-10x) ve srovnání s jinými nádržemi a s prokazatelnou závislostí na množství P z odpadních vod
- i malý příspěvek P z odpadních vod velmi ovlivňuje schopnost nádrže zadržovat P

$$P = P_i \left(1 - \frac{v'_P}{v'_P + q_w} \right)$$

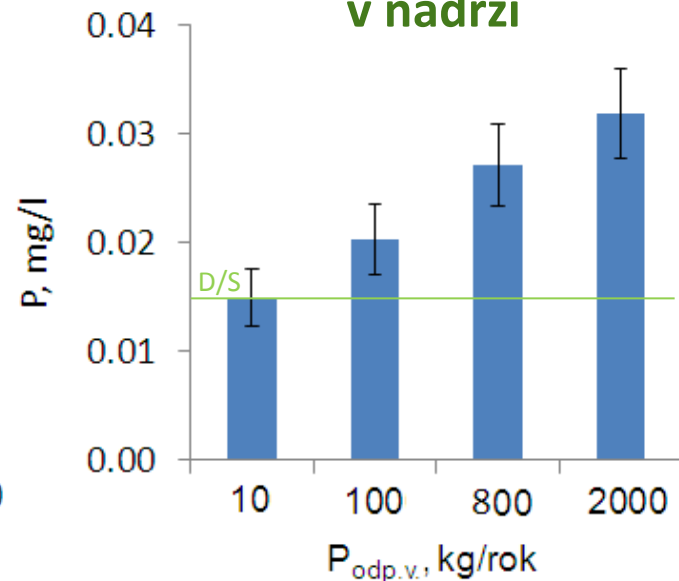
Časový vývoj koncentrací a retence P přítok-nádrž



Závislost součinitele retence P na množství P z odpadních vod



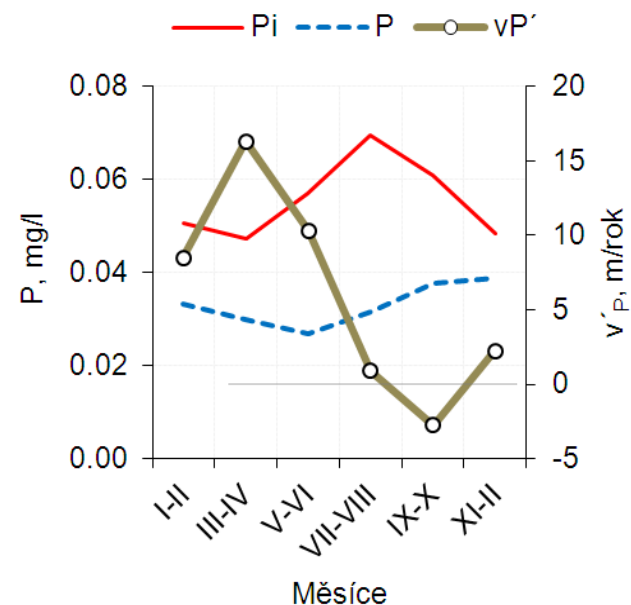
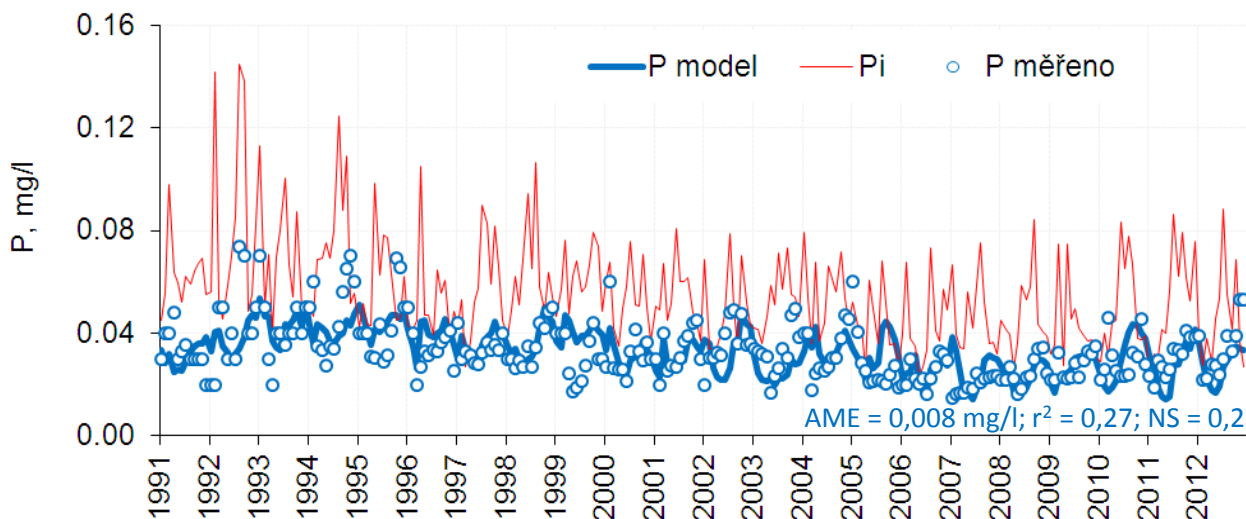
Scénářový výpočet koncentrace P v nádrži



Dynamický model fosforu

se sezónně proměnným součinitelem retence P:

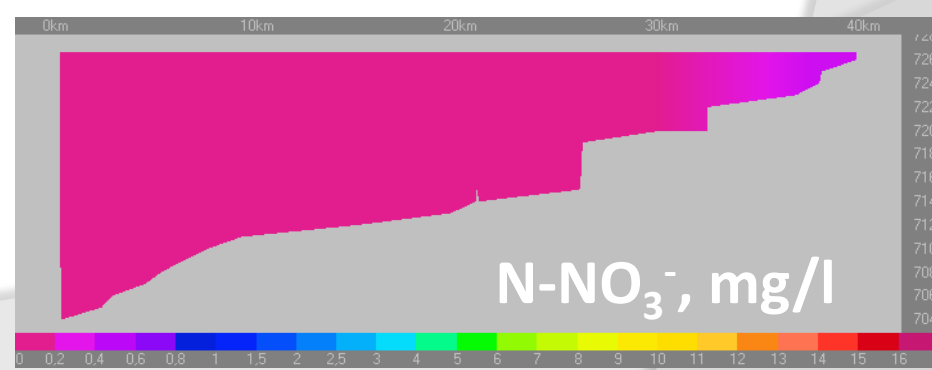
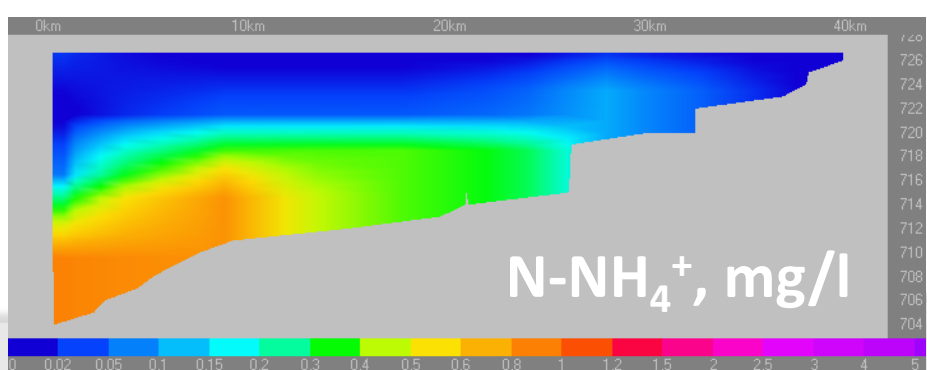
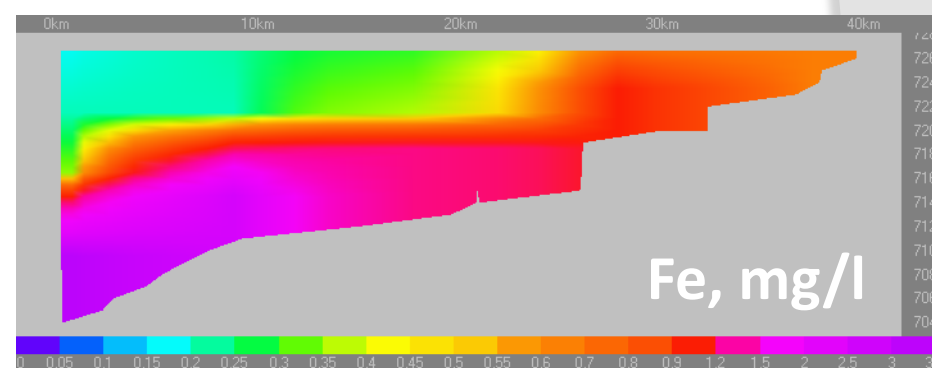
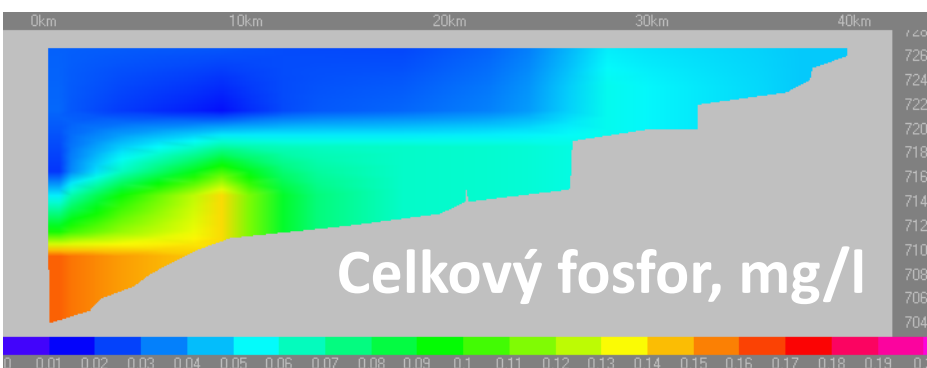
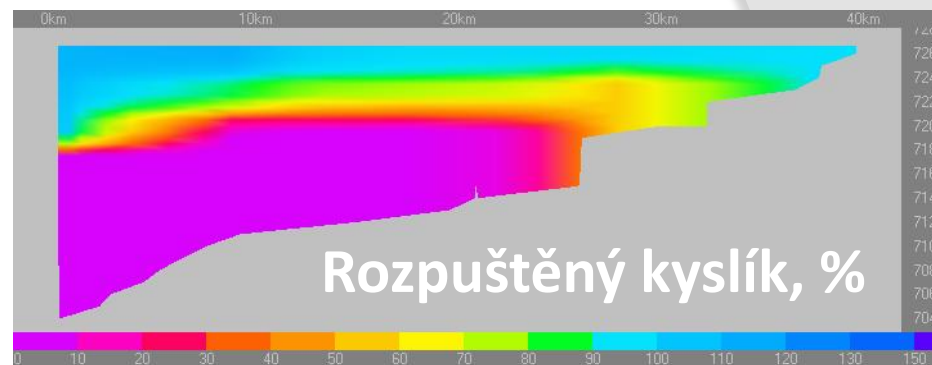
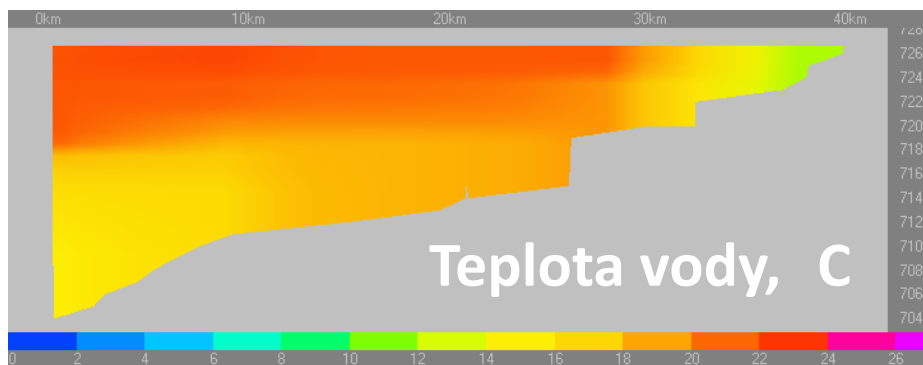
- důkaz sezónních změn sedimentace a uvolňování P
- retence P na jaře, od léta do zimy je P v koloběhu
- souvislost s typem fytoplanktonu (rozsivky-sinice) a typem zdroje P (přítok-odpadní vody)



$$\frac{dP}{dt} = P_{t-1} + \frac{1}{V} (P_i Q_i - P_{t-1} Q_o - v'_P P_{t-1} A)$$

↑ ↑ ↑ ↑ ↑
změna předchozí přítok odtok sedimentace
stav

Hromadění produktů rozkladu sedimentující biomasy v hypolimnii nádrže Lipno 11. srpna 2014



Závěry



- Jakost vody v přítocích do nádrže (Vltava, boční) se od r. 2006 výrazně zlepšila v důsledku zlepšení účinnosti ČOV a splňuje standardy environmentální kvality
- Nádrž Lipno ale zůstává eutrofní a nesplňuje požadavky pro dobrý ekologický potenciál, zejména díky ztrátě retence P v období léto-zima
- Podíl antropogenních zdrojů P je nízký ($< 10 \%$), ale pro retenci P/trofii důležitý
- Opatření pro snížení vstupu P do nádrže:
 - a) zvýšení účinnosti ČOV na odtokové koncentrace P $< 0,1$ mg/l, resp. dávkování odpovídajícího množství Fe nebo Al koagulantu (i bez separace vysráženého P)
 - b) revize odlehčovacích poměrů u jednotných kanalizací
 - c) kontrola u difusního znečištění P v povodí (malá sídla, chaty, zemědělství)
 - d) omezení vnosu P při rybolovu vnaďením
- Podpora litorálních porostů ponořených makrofyt, které jsou omezeny erozí břehů a režimem kolísání hladiny (konflikt s energetickým využitím nádrže)



Děkuji za pozornost!