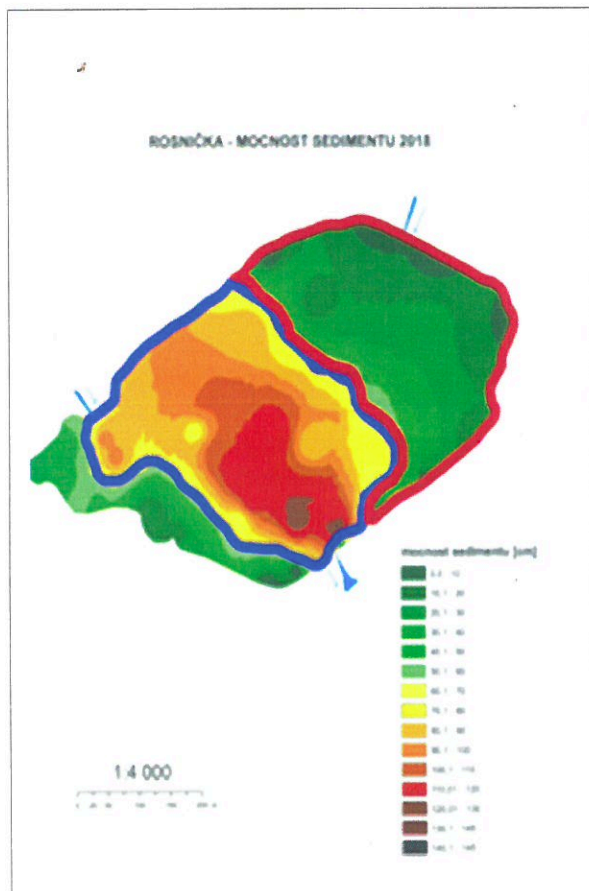




Flos Aquae z.s.

Zpracování podkladů a návrh aktivit
pro udržení kvality vody ve vodní nádrži
Rosnička - Svitavy



Kunešova 261/6
643 00 Brno Chrlice
Česká republika

Květen-srpen 2018

Název projektu: Zpracování podkladů a návrh aktivit pro udržení kvality vody
Rosnička - Svitavy

Objednávka č.: 443/2018kor

Ze dne: 18. 4. 2018

Objednatel: Město Svitavy

Odpovědná osoba: Ing. Marek Antoš, vedoucí Odboru životního prostředí

Zpracovatel: Flos aquae z.s.

Adresa: Kunešova 261/6, 643 00 Brno Chrlice

Odpovědná osoba: Prof. Ing. Blahoslav Maršálek CSc.

Email: sinice@sinice.cz

Telefon: +420 603 872955

Technická spolupráce: Ing. Eliška Maršálková, Ph.D. +420 605 510 954 elimarsal@gmail.com

Ing. Alena Polcarová +420 603 580 120 polcarova@hotmail.cz

Mgr. Zoja Gerišová

Martina Sadílková

Za zpracovatele:

Prof. Ing. Blahoslav Maršálek CSc.

Datum: 20.8. 2018

Obsah:

| | | |
|-----|--|--|
| 1 | Úvod..... | 4 |
| 2 | Podklady | Chyba! Záložka není definována. |
| 3 | Odběry vzorků vod a sedimentů..... | 4 |
| 3.1 | Monitorovací plán..... | 4 |
| 3.2 | Monitoring vody in-situ | 5 |
| 3.3 | Odběr vzorků vody..... | Chyba! Záložka není definována. |
| 3.4 | Odběr vzorků sedimentů | 5 |
| 4 | Analýzy..... | 8 |
| 4.1 | Výsledky monitoringu in-situ | 8 |
| 4.2 | Chemické analýzy vzorků vody | Chyba! Záložka není definována. |
| 4.3 | Chemické analýzy vzorků sedimentů..... | 10 |
| 4.4 | Testy akutní ekotoxicity | 11 |
| 5 | Shrnutí výsledků analýz | 13 |
| 6 | Závěry a doporučení | 16 |

1 Úvod

Na základě objednávky č. 443/2018kor ze dne 18. 4. 2018 proběhla dne 7.5. 2018 rekognoskace terénu a dne 10.5. 2018 byly realizovány odběry sedimentů z nádrže Rosnička, byly zaměřeny body na mocnost sedimentů a hloubky vody a byla provedena terénní rekognoskace přítoku Svitavy a tzv. Odkalovací nádrže, která je hydrologicky předřazená nad nádrží Rosnička.

Vzorky sedimentů byly předány téhož dne na analýzy rizikových prvků do akreditovaných laboratoří ALS a.s.

Cílem odběrů vzorků, rekognoskace terénu a realizace analýz bylo poskytnout aktuální data o kvalitě sedimentů ve vodní nádrži jako podklad pro zpracování návrhu na udržení kvality vody v nádrži Rosnička.

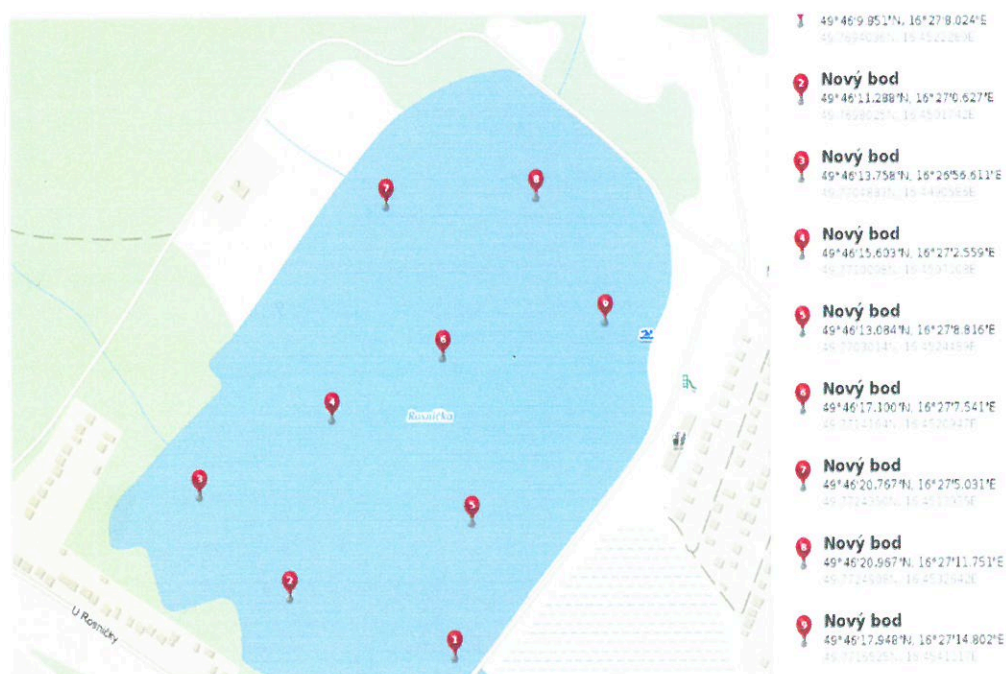
2 Odběry vzorků vod a sedimentů

Odběry vod a sedimentů a stanovení základních parametrů vody *in-situ* proběhly 10.5. 2018 od 7.30 do 14.30 hodin, a to na rovnoměrně rozmístěných lokalitách po celé ploše plně napuštěné nádrže. Počasí bylo oblačné, teplota vzduchu cca 18°C a mírný vítr.

Na 9 lokalitách nádrže byly zaznamenány GPS souřadnice odběrového místa, odebrány vzorky vod, provedeno stanovení základních parametrů vody *in-situ* a změřena hloubka vody. Dále na 11 lokalitách byl odebrán sediment, zaznamenán jeho charakter sedimentu a také mocnost.

2.1 Monitorovací plán

Obr. 1. Mapa nádrže s body odběru



2.2 Monitoring vody in-situ

| | |
|-------------------------------|---|
| Vzorkoval: | Ing. Eliška Maršálková Ph.D. |
| Typ vzorků: | povrchová voda |
| Počet analýz <i>in-situ</i> : | 10 |
| Metoda odběru: | na místě multiparametrickou sondou YSI 6600 |
| Požadované analýzy: | teplota, vodivost, pH, koncentrace kyslíku, zákal, chlorofyl, fykocyanin, ORP |
| | Datum měření 10.5. 2018 |



Obr. 2 Multiparametrická sonda

Výsledky přináší následující souhrnné tabulky, které prokazují, že u dna je náznak problémového nedostatku kyslíku a narušeného kyslíkového režimu.

2.3 Odběr vzorků sedimentů

| | |
|---------------------|--|
| Vzorkoval: | Blahoslav Maršálek |
| Typ vzorků: | dnové sedimenty nádrže |
| Počet vzorků: | 11 , (45 odběrů) |
| Způsob odběru: | ručně trubkovým odběrákem |
| Metoda odběru: | směsný vzorek ze 3-4 odběrů z vrstvy 0 – 20 cm |
| Požadované analýzy: | obsah škodlivých látek dle Vyhlášky 252/2009 Sb. V rozsahu Přílohy 1- Rizikové látky v sedimentech |

Obr. 3. Fotodokumentace rybník Rosnička



Odběr sedimentů na lokalitách 1 - 9



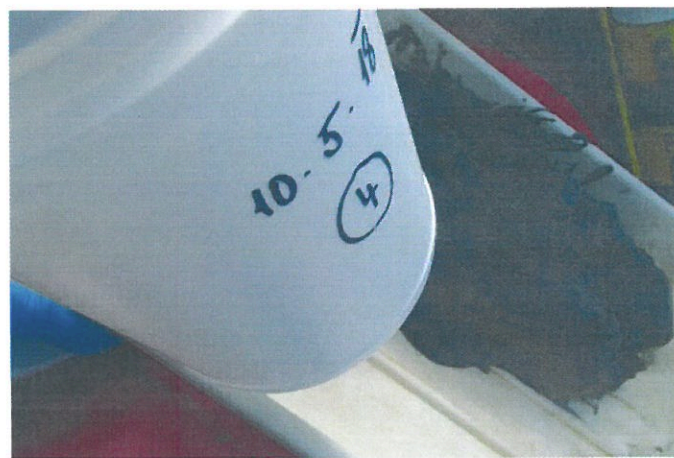
Sediment lokality 1



Sediment lokality 2



Sediment lokality 3



Sediment lokality 4



Sediment lokality 5



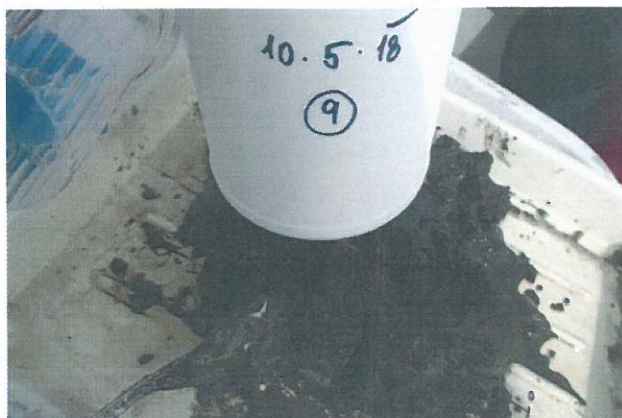
Sediment lokality 6



Sediment lokality 7



Sediment lokality 8



Sediment lokality 9

Analýzy

Předem byly stanoveny druhy analýz vod a sedimentů, které jsou nutné k vyhodnocení aktuálního stavu vodní nádrže a následně návrhu krátkodobých i dlouhodobých opatření.

Vzorky sedimentu byly následující den předány do akreditované laboratoře pro stanovení celkového organického uhlíku (TOC), celkového fosforu (P_c), sušiny a rizikových prvků dle standardních metodik.

U vzorků vod byly provedeny chemické analýzy.



Obr. 4. Odebrané vzorky vod a sedimentů

2.4 Výsledky monitoringu in-situ

Tabulka 1 Základní fyzikálně-chemické parametry na jednotlivých lokalitách rybníku Rosnička

Lokalita 1

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|----------|-----------|----------|-------------|--------------|------|------------|-------------|------------|-----------|
| <i>m</i> | <i>°C</i> | <i>%</i> | <i>mg/L</i> | <i>μS/cm</i> | - | <i>NTU</i> | <i>μg/L</i> | <i>RFU</i> | <i>mV</i> |
| 0,1 | 19,7 | 99,7 | 9,1 | 401 | 7,55 | 22,2 | 29,5 | 12,5 | 143 |
| 0,6 | 19,7 | 98,0 | 8,9 | 402 | 7,63 | 22,6 | 29,1 | 12,5 | 142 |
| 1,1 | 19,6 | 74,1 | 6,6 | 403 | 7,65 | 22,9 | 29,9 | 12,6 | 71 |
| 2,1 | 19,1 | 45,2 | 3,9 | 411 | 7,56 | 262 | 54,5 | 16,4 | 59 |

Lokalita 2

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|----------|---------|--------|--------|----------|------|-------|-----------|------------|-----|
| <i>m</i> | °C | % | mg/L | μS/cm | - | NTU | μg/L | RFU | mV |
| 0,2 | 19,8 | 99,5 | 9,1 | 401 | 7,93 | 24,2 | 23,4 | 12,3 | 123 |
| 0,6 | 19,7 | 97,9 | 8,9 | 401 | 7,99 | 25,7 | 28,4 | 12,2 | 122 |
| 0,9 | 19,5 | 63,2 | 4,6 | 402 | 8,00 | 89,9 | 30,9 | 12,8 | 86 |

Lokalita 3

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|----------|---------|--------|--------|----------|------|-------|-----------|------------|-----|
| <i>m</i> | °C | % | mg/L | μS/cm | - | NTU | μg/L | RFU | mV |
| 0,1 | 19,7 | 105,3 | 9,6 | 400 | 8,13 | 22,1 | 25,7 | 11,2 | 132 |
| 0,5 | 19,3 | 103,7 | 9,5 | 401 | 8,15 | 159,7 | 33,2 | 11,3 | 131 |

Lokalita 4

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|----------|---------|--------|--------|----------|------|-------|-----------|------------|-----|
| <i>m</i> | °C | % | mg/L | μS/cm | - | NTU | μg/L | RFU | mV |
| 0,1 | 19,7 | 101,1 | 9,2 | 400 | 8,35 | 16,1 | 18,8 | 6,5 | 134 |
| 0,5 | 19,3 | 79,9 | 6,3 | 402 | 8,37 | 24,8 | 28,1 | 102 | 127 |

Lokalita 5

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|----------|---------|--------|--------|----------|------|-------|-----------|------------|-----|
| <i>m</i> | °C | % | mg/L | μS/cm | - | NTU | μg/L | RFU | mV |
| 0,1 | 19,8 | 101,1 | 9,2 | 399 | 8,48 | 21,9 | 26,9 | 11,9 | 130 |
| 1,2 | 19,6 | 67,5 | 4,9 | 401 | 8,46 | 23,7 | 29,9 | 13,0 | 77 |

Lokalita 6

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|----------|---------|--------|--------|----------|------|-------|-----------|------------|-----|
| <i>m</i> | °C | % | mg/L | μS/cm | - | NTU | μg/L | RFU | mV |
| 0,2 | 19,9 | 104,8 | 9,5 | 400 | 8,48 | 22,3 | 27,3 | 12,5 | 126 |
| 0,6 | 19,6 | 102,7 | 9,4 | 402 | 8,45 | 24,1 | 28,1 | 12,8 | 127 |
| 1,1 | 19,6 | 55,2 | 3,7 | 403 | 8,40 | 170,3 | 42,2 | 15,2 | 87 |

Lokalita 7

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| <i>m</i> | <i>°C</i> | <i>%</i> | <i>mg/L</i> | <i>μS/cm</i> | - | <i>NTU</i> | <i>μg/L</i> | <i>RFU</i> | <i>mV</i> |
| 0,1 | 19,7 | 100,1 | 9,2 | 399 | 8,54 | 26,8 | 25,1 | 11,4 | 127 |
| 0,3 | 19,5 | 98,9 | 9,1 | 401 | 8,53 | 60,1 | 31,5 | 12,5 | 125 |

Lokalita 8

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| <i>m</i> | <i>°C</i> | <i>%</i> | <i>mg/L</i> | <i>μS/cm</i> | - | <i>NTU</i> | <i>μg/L</i> | <i>RFU</i> | <i>mV</i> |
| 0,1 | 19,8 | 102,4 | 9,3 | 399 | 8,64 | 18,1 | 21,1 | 7,8 | 124 |
| 0,3 | 19,8 | 99,5 | 9,1 | 399 | 8,60 | 40,2 | 27,4 | 10,9 | 123 |

Lokalita 9

| hloubka | teplota | kyslík | kyslík | vodivost | pH | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| <i>m</i> | <i>°C</i> | <i>%</i> | <i>mg/L</i> | <i>μS/cm</i> | - | <i>NTU</i> | <i>μg/L</i> | <i>RFU</i> | <i>mV</i> |
| 0,2 | 20,1 | 106,5 | 9,7 | 398 | 8,74 | 19,7 | 21,7 | 8,5 | 131 |
| 0,6 | 19,5 | 105,2 | 9,6 | 400 | 8,64 | 42,3 | 29,2 | 12,3 | 129 |

2.5 Chemické analýzy vzorků sedimentů

Analýzy provedla: laboratoř ALS Czech Republic, s. r. o.
 Protokol o zkoušce viz. Příloha č. 1

Z analýz vyplývá, že všechny parametry jsou v pořádku, s výjimkou rtuti, viz Tabulka 2
 Tabulka 2 Koncentrace rtuti v sedimentech nádrže Rosnička (vzorky 1-9) a v Odkalovací nádrži (vzorky 10-11).

2.6 Testy akutní ekotoxicity

Nad rámec zadání jsme realizovali testy ekotoxicity sedimentů porové vody z nádrže Rosnička a z Odkalovací nádrže na vybraných vzorcích.

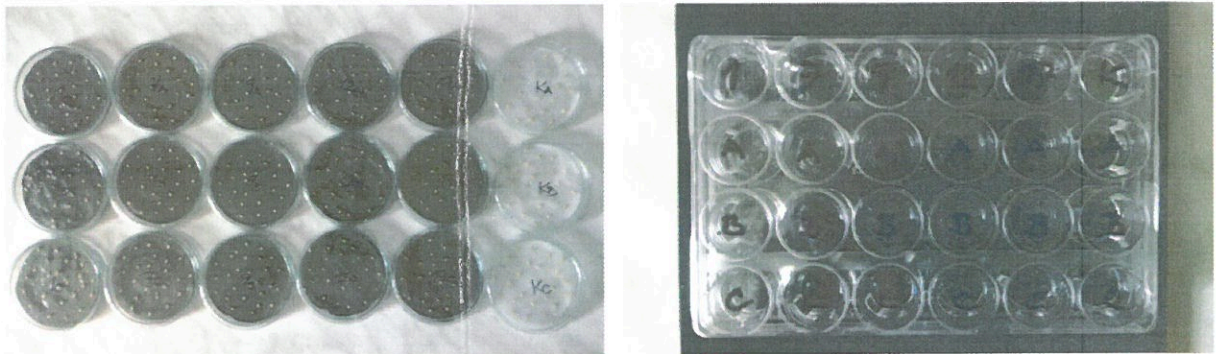
Analýzy provedla: laboratoř Flos aquae z.s.

Metodika laboratorních analýz: stanovení přítomnosti toxických látek - akutní test toxicity v:

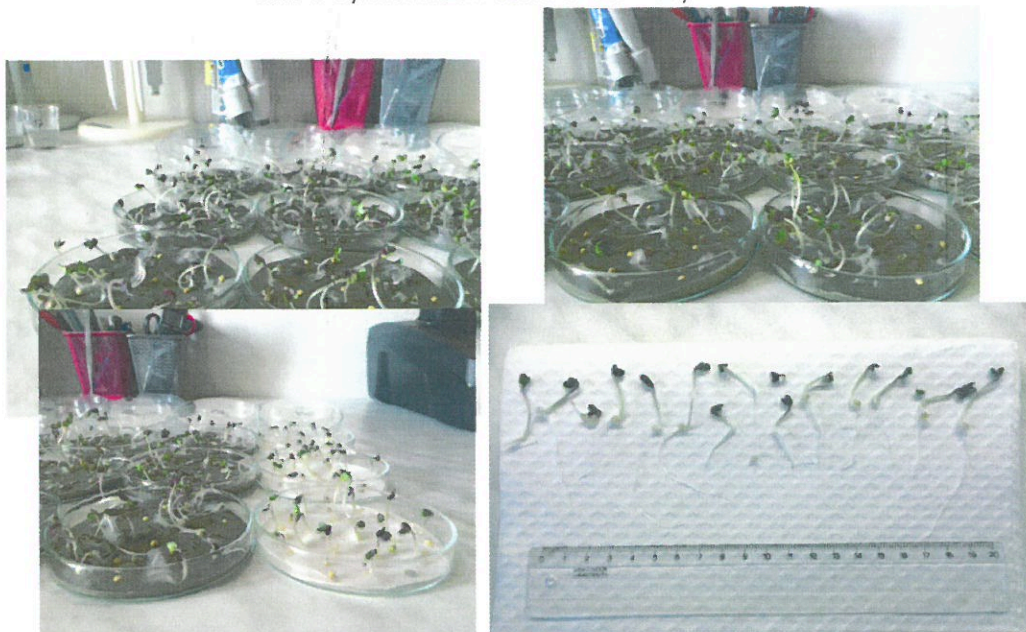
sedimentech
s producentem *Sinapis alba*

pórové vodě
s konzumentem *Daphnia magna*

Obr. 5 Příprava a založení testů ekotoxicity



Obr. 6 Vyhodnocení testů ekotoxicity



Obr. 7. Měření radikul a hypokotylů kontroly

Tab. 2. Výsledky **inhibice**/stimulace sedimentem z nádrže Rosnička Svitavy. Výsledky inhibice do 10% jsou brány jako chyba stanovení.

| test | | vzorek 1 | vzorek 5 | vzorek 7 | vzorek 9 | Vzorek11 |
|----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <i>Sinapis alba</i> | hypokotyl | 111 | 58,3 | 103,7 | 97,2 | 77,5 |
| | kořen | 27,1 | 15,8 | 92,1 | 78,9 | 89,9 |
| <i>Daphnia magna</i> | | 5 | 7 | 7 | 9 | 5 |

Výsledky byly vyhodnoceny u *Daphnia magna* po 48 a u *Sinapis alba* po 120 hodinách expozice a jsou uvedeny v % oproti kontrole, která je 100%. černá čísla jsou stimulace růstu, červená čísla jsou inhibice pohybu.

Do každého vzorku pórové vody bylo nasazeno 10 jedinců *Daphnia magna* stejného stáří. Výsledky prokázaly, že v žádném vzorku nebyla prokázána akutní toxicita pro zooplanktonní model *Daphnia magna*.

3.4. Inokulum sinic v sedimentech

Ve stejných lokalitách, jako byly realizovány analýzy cizorodých látek bylo kvantifikováno inokulum sinic v sedimentech. Výsledky ukazuje Tabulka č. 4

Tabulka č. 3

| lokality | Počet buněk inokula sinic v mililitru sedimentu [b/ml] |
|----------|--|
| 1 | 851 167 |
| 2 | 534 611 |
| 3 | 157 200 |
| 4 | 222 220 |
| 5 | 103266 |
| 6 | 138 047 |
| 7 | 89 050 |
| 8 | 81 339 |
| 9 | 48 878 |
| 10 | 25 657 |
| 11 | 34 257 |

3 Shrnutí výsledků analýz

Nádrž byla rozdělena na 11 reprezentativních lokalit, kde byla měřena hloubka vody, mocnost a charakter sedimentů a na těchto lokalitách byly odebrány vzorky pro analýzy složení, kvality a toxicity sedimentů. Dále byla změřena na 115 místech mocnost a charakter sedimentů, včetně poznámek k zrnitosti či zápachu jednotlivých lokalit. Naměřená data byla zpracována do tabulek a mapové podoby tak, aby podala co nejpřehlednější obraz o stavu lokality a mohla být využita pro systém opatření k omezení masového rozvoje sinic.

Z analýz vyplývají tyto závěry:

Monitoring in-situ prokázal, že kvalita vody se mění nejen v závislosti na lokalitě, přičemž nejhorší kvalita vody byla u odtoku a v protilehlé severní oblasti nádrže, ale byla detekována také výrazná stratifikace kyslíku, což může být nebezpečné v letních měsících při vyšších teplotách vody než 23°C. Proto doporučujeme na letní sezonu zvážit přípravu aeračních zařízení jako prevenci možných problémů. Jako podklady pro rozhodování přikládáme k této práci speciální kapitolu o možnostech aerací a vnosu kyslíku do vodního sloupce a na povrch sedimentů.

Chemické analýzy sedimentů byly provedeny dle platné legislativy pro kategorizaci sedimentů (PCB, PAU, toxické kovy, organochlorové pesticidy, či ropné uhlovodíky) a ve všech vzorcích jsou výsledky stejné - sedimenty vyhovují požadavkům aktuálně platné legislativy ČR a neobsahují toxické látky. Z analýz vyplývá, že všechny parametry jsou v souladu s legislativou s výjimkou rtuť, protože prakticky všechny vzorky obsahují rtuť.

Nad rámec smlouvy jsme realizovali testy akutní ekotoxicity sedimentů, protože z chemických analýz občas vyplývá, že jsou přítomny toxické látky, ty ale nemusí být biodostupné a nemají tedy negativní vliv na vodní ekosystém. Výsledky testů prokázaly jasnou stimulaci růstu rostlin *Sinapis alba* ve všech vzorcích, ukazující absenci biodostupných toxických látek pro rostliny v sedimentech a naopak dostatek živin v sedimentech, které stimulují růst rostlin. Z výsledků analýz je zřejmé, že sedimenty nádrže neobsahují biodostupné toxické látky a to ze žádné skupiny látek organochlorových pesticidů, polyaromatických uhlovodíků, polychlorovaných bifenylů a v případě toxických kovů je vidět, že je rtuť ve formě, která je zakonzervovaná přírodními chelatačními procesy a není biodostupná ani pro rostliny ani pro zooplankton. Vysoké koncentrace organických látek v sedimentu zejména v odtokové zóně však mohou způsobovat lokální kyslíkové deficity v letní sezoně a s tím spojené problémy s tvorbou pěny u břehů, vodními květy sinic až po senzorické problémy se zápachem sedimentů. Proto bude hlídání a management kyslíkového režimu v nejbližších měsících a letech důležitou činností pro udržení kvality vody v nádrži Rosnička. Z těchto důvodů byl také připraven základní přehled aeračních technologií, viz další kapitola.

5. Aerační systémy pro vnos kyslíku ke dnu nádrže

V případě této nádrže jsou reálná podezření na kyslíkové deficity u dna nádrže v letních měsících. Takový stav podporuje rozvoj sinic a hrozí nebezpečím úhynu části rybí obsádky. Proto doporučujeme nastavit měření stratifikace kyslíku od hladiny ke dnu v oblasti kolem hráze alespoň v období červen-srpen. Prokáže-li se, že je opravdu nedostatek kyslíku, jsme schopni doporučit aerační technologie, kterých je v současnosti vyvinuto mnoho systémů, pro představu zde uvádíme jednoduchý přehled:

Z hlediska ekotechnického rozlišujeme několik typů aeračních a destratifikačních systémů:

Dle cíle :

- Aerátor/oxygenátor hypolimnia, epilimnia, nebo např. rozhraní voda-sediment (cíl je vnést kyslík do určité vrstvy v nádrži, zde na rozhraní voda-sediment)

- destratifikační a promíchávací (promíchat hypolimnion a epilimnion, zrušit stratifikaci (kyslíkovou, teplotní, živinovou, což také limituje rozvoj sinic, ale v případě Rosničky by zbytečně se prohříval celý vodní sloupec až na sedimenty)

Dle konstrukčního uspořádání:

- lineární – plošné systémy tvořené perforovaným potrubním systémem pokládaným na dno nádrží v hustotě dle potřeby aerační kapacity – pro Rosničku ideální, protože jde o velkou plochu a relativně malou hloubku nádrže
- bodové – od malých lokálních, využívaných v rybníkářství až po kompresorem hnané aerační soustrojí s kapacitou 50 a více $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Dle energetického zdroje pro aeraci:

- kompresory poháněné z elektrické sítě nebo z dieselgenerátorů (jde o klasické uspořádání, kde kompresorovna je v ocelovém kontejneru, je chlazena a mechanicky zabezpečena)
- kompresory a čerpadla plovoucí na hladině poháněná větrem nebo fotovoltaickými panely (velmi oblíbený systém pro mělké nádrže a rybníky, nevýhoda je nebezpečí odcizení na veřejně dostupném místě jako je Rosnička)
- Kompresory či dmyhadla se solárními panely z břehů, na lokalitu je vedení vzduchovou hadicí.

Dle velikosti vyvíjených bublin:

- Hrubobublinná velikost bublin nad 1mm (energeticky nevýhodné)
- **jemnobublinná velikost bublin 100-1000 μm**
- **mikrobublinná velikost bublin 20-100 μm – ideální pro Rosničku**
- DAF, OF technologie – velikost bublin 5-20 μm - drahé.

Dle délky aerace:

- trvalý provoz
- periodicky zapnutá aerace (dle denní, roční doby, dle aktuálního stavu kyslíkového režimu, potřeby - pro Rosničku doporučujeme jen letní měsíce)

Tab.5. Prokysličovací kapacita různých aeračních zařízení

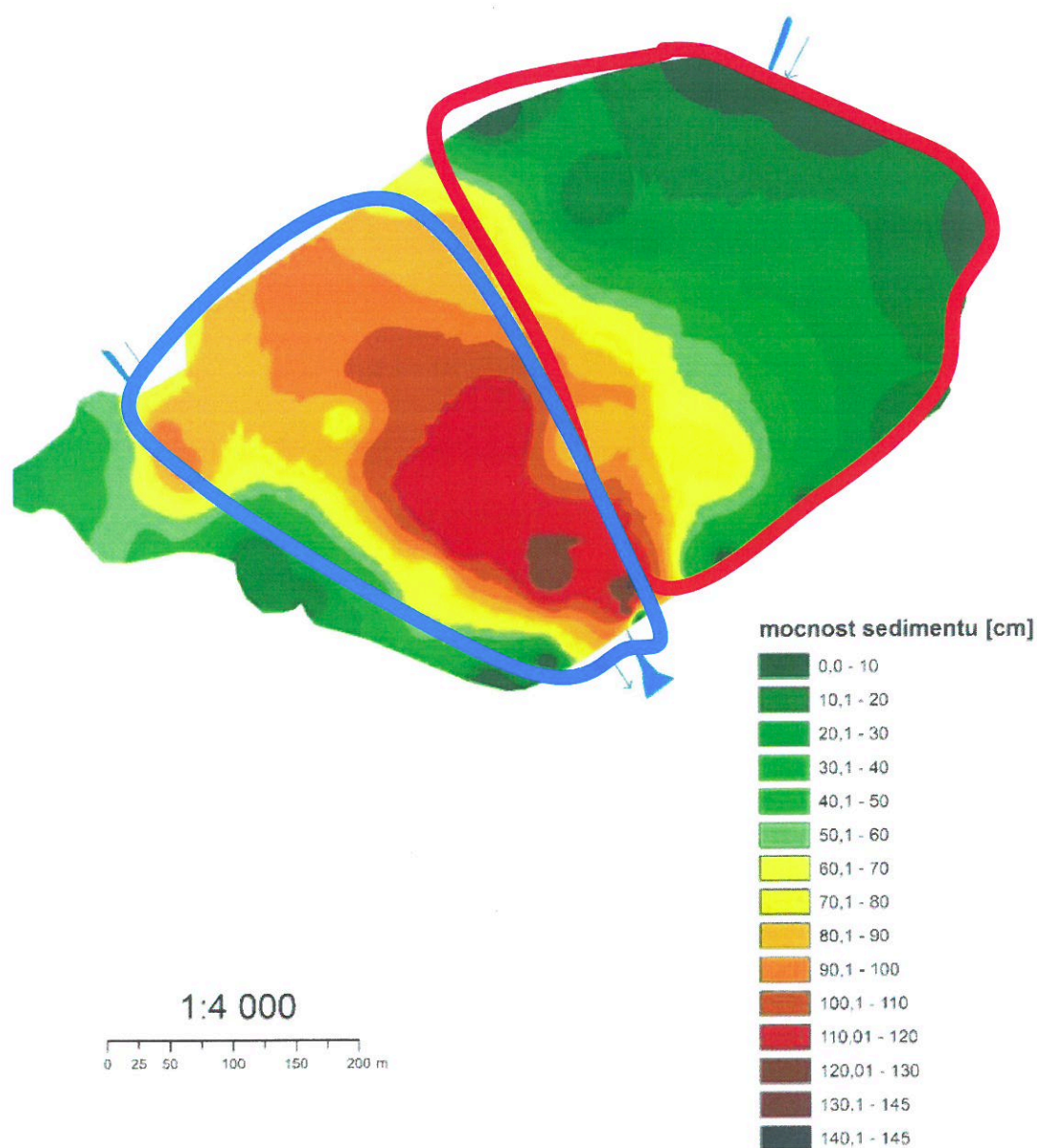
| Typ zařízení | Specifikace | Prokysličovací kapacita (%) [*] |
|---|---|--|
| Voda čerpaná a stříkaná na hladinu | (dle toho, zda voda dopadá jen na hladinu, nebo je vstřikovávána do vody) | 15 - 20 |
| Stlačený vzduch vháněný potrubím bez difuzoru | (bubliny nad 1cm) dle hloubky vyústění potrubí | 20 - 35 |
| Stlačený vzduch s difuzorem | bubliny do 3mm – dle hloubky instalace a hustoty otvorů | 30 - 70 |
| Jemnobublinná aerace | Velikost bublin 0,5 – 3 mm | 80 - 85 |
| Mikrobublinná aerace | Velikost bublin 100 - 500 μm | 85 - 90 |
| DAF, OF technologie | Velikost bublin 5 - 100 μm | 85 - 95 |

^{*}Prokysličovací kapacita počítaná v % ze SOTR („standard oxygen transfer rate“) ve standardních podmínkách

Zařízení srovnávaná v Tab.5 se liší také energetickou náročností. Obecně lze říci, že čím menší bubliny a větší hloubka vody, kde je zařízení instalováno, tím vyšší energetická náročnost zařízení.

Dle našich zkušeností by byly pro nádrž Rosnička vhodné lineární provzdušňovací systémy s jemnobublinou aerací do kritických míst dle aktuálních analýz, které by byly provozovány jako prevence rozvoje sinic a tvorby kyslíkových deficitů cca od poloviny léta.

ROSNIČKA - MOCNOST SEDIMENTU 2018



Obrázek 8 - aktuální rozložení sedimentů v nádrži Rosnička Květen 2018. Červeně označená oblast byla odtěžena v roce 1998 a 1999, modrá zóna má nejvíce sedimentů, živin a sinic.

4 Závěry, komentáře a doporučení

Sedimenty jsou přirozenou součástí každé vodní nádrže, jsou pamětí vodního útvaru. Sedimenty v nádržích vykazují různý způsob a rychlost usazování. Jsou pravidelně ukládány a jemně horizontálně zvrstvené s vyšším organickým podílem (vyšší rostliny, plankton). Z chemického hlediska představují sedimenty heterogenní systém obsahující anorganickou krystalickou a amorfní fázi, živou a neživou organickou hmotu v koloidním stavu a ve stavu drobných částic, vodu a různé plyny v proměnlivých poměrech. Obsahují živiny jako je fosfor, dusík a organické látky. Staří Egypťané považovali nilské bahno za blahodárnou součást pravidelných nilských záplav a využívali ho jako vynikající hnojivo. V českém rybníkářství bylo „bahno“ z rybníčního dna považováno za kvalitní hnojivo s vysokým obsahem živin, které dokonce bylo částí deputátů pracovníků v rybníkářství.

V 21. století však sedimenty obsahují kontaminanty pocházející z lidské činnosti, průmyslu, zemědělství (toxické kovy, pesticidy, farmaka, polyaromatické perzistentní uhlovodíky apod.) a proto je nutné analyzovat v každé lokalitě, zda nejsou toxické látky přítomny.

Z realizovaného průzkumu, odběrů a analýz sedimentů vyplývá, že:

- 1) Dnové sedimenty v nádrži Rosnička nejsou rozloženy homogenně, naopak vykazují jasnou zónovitost a nejlépe ilustruje rozvrstvení sedimentů Obrázek 8 který prokazuje, že **nádrž lze rozdělit prakticky na dvě poloviny** a to:
 - a. **hydrologicky horní**, přítokovou část severní, která byla odtěžena v letech 1998-1999 a která je z pohledu sedimentů čistá, , příbřežní zóny mají 0-20cm sedimentů a s největší mocností sedimentů 50cm
 - b. hydrologicky **dolní část**, která je vyznačena modrým orámováním, která má **mocnost sedimentů 80-145cm. Tato oblast obsahuje také nejvíce živin a sinic.**
- 2) V modře vyznačené hydrologicky dolní oblasti se nachází celkový objem 70.300m³ sedimentů, z toho je **reálně těžitelných je 47.500 m³ sedimentů**. Zbytek jsou neaktivní neškodné a hluboce uložené materiály s vysokým obsahem rašelin, které by nešly odsát například sacím bagrem, nádrž by musela být těžena tzv. suchou cestou. Nevytěžená část je v nejhlubší oblasti. Pro srovnání - v letech 1998 a 1999 byla těžena přítoková, tedy mělčí část směrem ke hrázi a bylo celkem za oba roky vytěženo 27.800 m³ sedimentů.
- 3) Sedimenty byly analyzovány na obsah škodlivých látek dle Vyhlášky 252/2009 Sb. V rozsahu Přílohy 1- **Rizikové látky v sedimentech**. Bylo odebráno 9 vzorků v nádrži Rosnička a 2 vzorky v tzv. Odkalovací nádrži.
- 4) Nutno říci, že jde o sedimenty, kde jsou neobvykle nízké koncentrace ropných látek, organochlorových pesticidů, polyaromatických uhlovodíků, toxických kovů, PCB, či benzenů, xylenu a toluenu.
- 5) Výjimkou je vyšší obsah rtuti v sedimentech v Rosničce. V případě uložení sedimentů na zemědělské pozemky nesmí být u tohoto ukazatele překročena koncentrace 0,8mg/kg sušiny v sedimentu. Realizované testy ekotoxicity však prokazují, že sedimenty jsou stimulační pro růst rostlin (díky obsahu živin) a ani pórová voda neprokázala akutní ekotoxicitu na dafnie. Pátrali jsme po možných zdrojích rtuti v této oblasti, kde jsou možnými historickými zdroji provozy typu sklárny, hutě, zubní ordinace, skládka odpadů, ale ani „Národní inventarizace kontaminovaných lokalit“ z roku 2006 neeviduje v okolí Svitav zdroj rtuti. Vzhledem k tomu, že rtuť byla nalezena u hráze Odkalovací nádrže, která byla postavena v roce 2000 lze předpokládat, že zdroj bude spíše recentní, než historický.
- 6) Pokud jde o zdroje sinic v sedimentech, je nádrž možno také rozdělit na dvě části viz Obrázek 8 - severní - hydrologicky horní část u přítoku Svitavy obsahuje podstatně méně sinic v sedimentech (30-90.000 buněk sinic na 1ml sedimentu), zatímco hydrologicky dolní, hlubší část obsahuje 125.000 -1,238.000 buněk sinic v každém mililitru sedimentů. Zde je důležité poukázat také na vzorky 10 a 11, které byly odebrány v Odkalovací nádrži - sinice se nacházejí v sedimentech jak na

přítoku (25.000 buněk/ml), tak u hráze 37.000 buněk na ml sedimentu, což prokazuje, že odkalovací nádrži musí být věnována pozornost, protože má i dostatek živin a může být zdrojem inokula sinic pro rybník Rosnička. V každém případě je závěr analýz sinic v sedimentech jasný - zdrojovou oblastí je hluboká část v jižní části nádrže, část sinic může přitékat ale již z Odkalovací nádrže.

Na základě provedených analýz a rekognoskace terénu navrhuje ke zvážení následující opatření:

- 1) V první řadě je nutno, aby byl v případě nádrže Rosnička **priorizován způsob užívání nádrže**. Musí být jasné, zda jde o dominantně rybochovnou nádrž, nebo o rekreační nádrž. Zakrmování rybolovných lokalit přináší do nádrže tuny šrotu a granulí, které na povrchu sedimentů spotřebovávají kyslík a přináší živiny, což vyhovuje sinicím a zvyšuje zákal vody. Spolu s vířením sedimentů bentofágními rybami jde o procesy, které jdou zcela proti požadavkům na koupací vody s dostatečnou průhledností a bez rozvoje sinic. Pozor - nejde říci, že zcela vyřadíme rybářské aktivity - nádrž musí mít atraktivní a pestrou rybí obsádku s minimem bentofágních ryb. Zde doporučuji, že by město Svitavy mělo svolat jednání těch účastníků, kteří mají zájem na užívání nádrže. Ze zkušeností však doporučuji, aby z každé skupiny (rybáři, zahrádkáři, rekreace, ochrana přírody, povodňová ochrana atd.) byl pozván omezený počet účastníků(1-2), jinak nebude mít jednání produktivní průběh. Výsledkem musí být sjednocení zájmů v lokalitě na základě parametrů kvality vody. Je-li majitelem nádrže město, může určovat priority užívání nádrže z pohledu majitele, ale rozhodně doporučuji pozitivní diskuzi se všemi zainteresovanými.
- 2) Doporučujeme sledovat obsah rtuti v rybníku, včetně aktualizace **všech potenciálních zdrojů**. V případě nalezeného obsahu rtuti je také možné, že šlo o lokální a časově omezenou epizodu znečištění, která dobíhá jako „**perzistence bez aktuální incidence**“.
- 3) **Aktualizovat a průběžně kontrolovat zdroje živin** - zde je **hydrologicky prvním podstatným zdrojem obec Javorník**, kde byly opakovaně nalezeny koncentrace dusíku a fosforu, které znamenají důležitý zdroj znečištění a podstatný potenciál pro rozvoj sinic jak pro Odkalovací nádrž, tak nádrž Rosnička. **Požární nádrž v obci nelze brát jako obecní čistírnu odpadních vod** a doporučujeme striktně dle Stavebního zákona a Zákona o vodách realizovat kontroly, v takové malé obci máme zkušenosti, že to lze lépe domluvou, než pokutami, zapáchá to všem, všichni musí pochopit, že jsme v 21. století. Město může vstřícně pomoci napojením na kanalizaci, **nádrž doporučujeme odbahnit** a po napuštění osázet plovoucími ostrovy tak, aby se zvýšila samočisticí kapacita nádrže. **Tok směřující z Požární nádrže k toku Svitavy má vysokou samočisticí schopnost, ale je jednoznačně zdrojem živin pro Svitavu**, takže i zde doporučujeme přírodně blízká opatření z hrázek, meandrů a vodní vegetace tak, aby se podpořilo nejen odbourání organických látek, ale také záchyt živin.
- 4) Doporučujeme doměřit mocnosti sedimentů v podélném profilu Odkalovací nádrže a realizovat odběry s prostou dokumentací charakteru sedimentů (oxidované-redukované, organické-minerální) a využít tyto informace k upřesnění opatření pro tuto nádrž. **Tato nádrž skýtá vysoký potenciál pro zlepšení kvality vody přitékající do nádrže Rosnička**. Doporučujeme svolat diskuzi nad možnostmi, které se zde reálně nabízejí a najít konsensní řešení (Možnosti: sedimenty ošetřit na místě, nebo sedimenty odtěžit - a docílíme zvýšení retenční kapacity což považujeme za podstatné). **Na vytěžené lokalitě doporučuji osázení průtočných hrázek a plovoucích ostrovů** s tím, že by zde bylo možno realizovat edukační stezku popisující funkci těchto přírodně blízkých opatření pro čištění vody nejen od splašků a živin, ale také od pesticidů a farmak. **Osázení doporučuji pokud možno místními zdroji** s přídavkem okrasných rostlin do 20%, konstrukce doporučuji recyklovatelné (dřevo, konopné sítě a provazy, rákosiny apod.) - tak, aby byly po ukončení životnosti kompostovatelné a levně nahraditelné. **S tímto opatřením jsme schopni pomoci** jak projekčně, tak skladbou rostlin a nosných prvků, tak realizačně, protože se touto problematikou dlouhodobě zabýváme.

- 5) Jdeme-li níže po toku, je nutné říci, že specifikum této lokality je fakt, že **zemědělství a eroze půdy ovlivňuje nádrž Rosnička jen okrajově, odhadujeme cca 10%**. Podíváme-li se na „Land use“, tedy užívání krajiny v okolí, tak z celé plochy tohoto malého povodí (5,76km²) je plocha polí 2,12 km² plocha obce Javorník - a zastavěná sídla v povodí 1,11 km² a plochy zalesněné, částečně zalučňené, ale trvale neorané tvoří 2,53 km² tedy většinu plochy povodí. To je velmi pozitivní a **doporučujeme se této lokalitě věnovat, protože může jít o velmi úspěšnou snahu ukázat, jak lze přírodně blízkými prostředky, recyklovatelně a levně realizovat opatření v povodí** tak, aby se minimalizoval negativní vliv na vodní plochy a rozvoj sinic. Dalším **podstatným zdrojem znečištění** způsobující rozvoj sinic v nádrži Rosnička jsou **objekty** (rekreační, trvalá sídla apod.) v **intimním okolí nádrže, které lze definovat zónou 250-300m**. Myslet si, že ČOV provozovaná nespojitě, tedy rekreačně, občasně bude reálně odstraňovat živiny, kterými se sinice živí je naivní a odtoky z těchto zařízení obsahují tolik živin, že neodiskutovatelně přispívají k rozvoji sinic v nádrži Rosnička. Tato lokalita by měla být buď napojena na kanalizaci, nebo mít bezodtokové septiky s kontrolou vyvážení oproti vodnému) a pouze ve výjimečných případech, kde sebekázeň provozovatele je vskutku brilantní by bylo možné provozovat malou ČOV s terciálním dočištěním, nebo odtok použitý na závlahu s odparem, nikoliv se zásakem. Zde je nutno realizovat pravidelné, tedy ne namátkové a předem hlášené kontroly septiků a způsobů likvidace odpadních vod a ač víme, jak je to složité, a víme, že ti nejhlásitější jak je voda špatná jsou často ti co v noci přečerpávají septiky do nádrže je nutno kontroly opakovat a být nekompromisní, protože z našich výpočtů vychází, že kvalitu vody v nádrži Rosnička ovlivní zemědělství z 10%, 30% znečištění jde z obce Javorník, 30% jde na vrub sedimentů a rybochovnému hospodaření a 30% (a v létě i 40%) znečištění, které podporuje růst sinic je způsobeno rekreační a obytnou zástavbou a lidskými aktivitami v intimní zóně kolem břehů nádrže v okolí cca do 300m! V této souvislosti doporučujeme realizovat osvětové aktivity pro „**ekologickou výchovu**“ stálých a sezonních obyvatel i návštěvníků s cílem poukázat na fakt, že sinice jsou zdravotní riziko a množí se tam, kde jsou zdroje znečištění, především odpadními vodami.
- 6) Z logiky říčního kontinua i z praktických zkušeností vyplývá, že **sanaci nádrže vlastní má smysl realizovat až poté, co jsou odstraněny zdroje znečištění v povodí nad nádrží**, jinak mají prostředky vynaložené na odbahnění nebo ošetření sedimentů v nádrži vlastní jen velmi krátkodobý efekt. Lze uvažovat o určitém souběhu aktivit, ale opatření v nádrži (s výjimkou aeračních technologií, které doporučujeme promyslet ještě v tomto létě) doporučuji realizovat až poté, co budou realizace opatření v povodí již rozjeté (nikoliv slíbené) a jejich efekt se dostaví již v roce sanace nádrže. V takto malém povodí lze uvažovat již o 1-2 letech, kdy se opatření budou projevovat zlepšením kvality vody, takže celý projekt obnovy může být na 3-4 roky, kdy v prvních 2 letech budou realizována opatření v povodí nad nádrží (body 1-5) a 3 a 4. rok budou nabíhat účinnosti opatření v povodí a bude realizována sanace vlastní nádrže Rosnička. **Nejpozději v 2.roce projektu doporučuji odtěžit tzv. Odkalovací nádrž.**
- 7) **Ve vlastní nádrži Rosnička** máme v podstatě dvě oblasti - severní, mělkou, méně problémovou s minimem sedimentů a oblast hlubokou, jižní u hráze, která má nejvíce sedimentů, rtuti, živin a sinic. Průzkum realizovaný v květnu 2018 jednoznačně prokázal, že není zcela nutné zvažovat opatření v boji proti sinicím celoplošně, určitě ne se stejnou intenzitou celoplošně, čímž se dá **ušetřit významné množství prostředků. Těžba 47.500 m³ sedimentů, jejich přeprava a především uložení** je projekt, který **nebude levnější, než 75 milionů** Korun českých, pokud doprava sedimentů nebude daleko. Jednou variantou je tedy těžba sedimentů, kde lze sledovat dotační tituly, doporučuji prodiskutovat vhodné propojení s budoucím využitím, čímž lze dotační tituly kombinovat, nebude to snadné, ale není to nereálné. V každém případě doporučujeme nechat si zpracovat nabídky od několika firem a to jak s použitím sacího bagru, tak tzv. těžba sedimentů nasucho, aby byly jednak k dispozici aktualizované náklady, což zreální uchopitelnost dotačních

titulů vyhlášených s časovým omezením, jednak bude k dispozici číslo jako alternativa k dalším metodám, například ošetření sedimentů na místě.

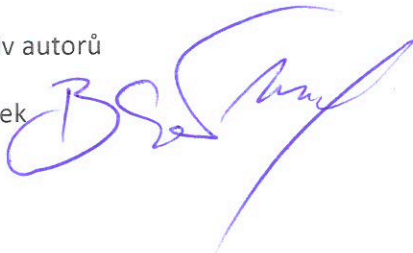
- 8) **Alternativa k těžbě sedimentů je ošetření *in situ*, tedy na místě.** Jde o technologie, které nevyžadují těžbu a přemístění sedimentů, většinou ani převrstvení, tedy není tímto zásahem kontaminovaná voda. Existují desítky možností od zasypávání sedimentů inertními materiály z místních zdrojů až po australské extrudované jíly fortifikované lantanoidy, které sorbují ionty kovů, fosforečnany apod. V této konkrétní lokalitě je potřeba říci jednoznačně, zda objem vody, který by se zvýšil odtěžením sedimentů by byl důležitý např. pro protipovodňovou ochranu (a tedy rozhodnutí je jednoznačně vytěžit), nebo zda objem materiálů použitých k ošetření povrchu sedimentů nesníží akvaretenční kapacitu nádrže tak, že ztratí účel protipovodňové ochrany. Mezi těmito extrémů existuje střední cesta a to je možné použití sloučenin železa a hliníku, které se aplikují jako flokulant z hladiny (např. Limnofix, což je 80% polyaluminium chlorid a 20% síran železitý), který utuží sedimenty a vytvoří bariéru pro uvolnění fosforu, je-li vhodně aplikován v počátku rozvoje sinic, omezí také rozvoj sinic. Pro nádrž Rosnička doporučujeme kombinaci probiotických bakterií s výše zmíněnými přípravky, což bude mít multifaktoriální efekty spojené především s fixací fosforu, prevencí rozvoje sinic v sedimentech a prevence kontaminace vody. **Řádově se aplikace přípravku i s vlastním přípravkem (LIMNOPAC, Limnofix, PAX-18 apod.) na 14ha nádrž pohybuje cca 450 tis na jedno ošetření chemickým přípravkem a cca 400 tis na aplikaci**, na nádrž Rosnička by byla potřeba aplikace **2x ročně po dobu cca 3 let, s povinným monitoringem**, který určí vodoprávní úřad jde o cca 1milion na jedno ošetření, Kč na rok, na ozdravný 3 letý projekt **by šlo o cca 6-6,4milionů Kč pro nádrž Rosnička.**
- 9) Dle našich měření v polovině června 2018 byl na povrchu sedimentů nedostatek kyslíku (1,3mg (45% nasycení) což ukazuje na velký podíl organických látek v sedimentu. Kdyby nebylo možno sehnat finanční zdroje na odtěžení nádrže v časovém horizontu cca 2 let, doporučuji co nejdříve zvážit doporučení najít krizová místa s nedostatkem kyslíku a spustit aeraci rozhraní voda/sediment společně s aplikací probiotických bakterií. To přinese hned několik efektů: ryba bude mít dostatek kyslíku, sedimenty budou metabolizovány bakteriálním přípravkem, čímž bude mocnost sedimentů menší, můžeme dodat reference, kde za 3 roky bylo z 130cm sedimentů snížena mocnost na 55-65cm a to tím, že byly rozloženy organické sedimenty, tedy byly zmineralizovány. V mineralizovaných sedimentech se neudrží inokulum sinic, proto je toto doporučení zároveň cestou k omezení rozvoje sinic. Aerační opatření má smysl realizovat na definované ploše v nejhlubší části cca 2ha a aplikaci probiotických bakterií má smysl aplikovat na širší oblast s mocností sedimentů 1m a více. Aktuální rozpočet nyní nelze určit, můžeme doporučit několik firem, podstatné je rozhodnutí zda aeraci bodovou, nebo lineární aby pokryla celou požadovanou plochu, ale řádově se pohybujeme cca 350-450.000 za pořízení aerace (+ provoz) a aplikace probiotických bakterií (bakterie i s plošnou aplikací z lodi) cca 200-250.000Kč. Pro zvážení tohoto způsobu péče o kvalitu vody jsme do této zprávy uvedli kapitolu o metodách aerace, aby bylo možno zvážit, kterou z mnoha aeračních ekotechnik bude dobré vybrat. Pro nádrž Rosnička doporučujeme některý ze systémů lineární, tedy plošné aerace, protože jde o mělkou nádrž a bodové technologie by neměly takový plošný dosah a naopak by mohly lokálně kalit vodu zvířenými sedimenty.
- 10) **Ošetření Odkalovací nádrže po odtěžení sedimentů** doporučujeme ze zkušenosti realizovat také některým z fixačních přípravků, které stabilizují sedimenty z hlediska živin a toxických látek (např. viz bod 9), **zde by však cena neměla překročit 200.000Kč za aplikaci.** Odkalovací nádrž doporučujeme odkalit a **doporučujeme odkalování dát do pravidelného plánu údržby každých 5-7 let** dle průběhu ročníků, přivalových srážek apod.)
- 11) Standardně píšeme soubor opatření jako desatero aktivit, ale v případě nádrže Rosnička a Odkalovací nádrže toto pravidlo porušíme, protože doporučujeme, aby se soustava těchto nádrží i s povodím stala ukázkovým územím pro realizaci přírodních blízkých ekotechnických opatření, která jsou schopna zlepšovat kvalitu vody sorpcí a spotřebováním živin, rozkladem a sorpcí farmak,

pesticidů, estrogenních látek a dalších látek, která naše civilizace do vodních toků přináší. Jde o oblast, kterou se dlouhodobě vědecky zabýváme a analýzy účinnosti můžeme nabídnout jako součást projektů, navíc po letech zkušeností se orientujeme na metody plovoucích ostrovů, procezných hrázek a nárostových substrátů, které již lze i komerčně koupit a jsme schopni nabídnout jak odborné konzultace při projekci, dimenzování, tak při analytickém vyhodnocování účinnosti. Zde však cenovou relaci nelze korektně uvádět, protože je podstatné, z jakých materiálů jsou konstrukce, zda jsou rostliny z místních zdrojů a jen část je nakoupena, nebo jde o kompletní dodávku na klíč, záleží také na ploše prvků atd., ale v principu jde o ekonomicky a ekologicky vhodná řešení, na která lze získat také sponzorskou podporu (máme příklady plovoucích ostrovů... zde pomáháme spolu s přírodou čistit vodu...firmaxxy) a na konci životnosti (cca 2 roky) je celý prvek možno kompostovat a obnovit/osázet opět znovu. **Klíčový mechanismus, který drží dobrou kvalitu vody** v letních měsících a který představuje reálnou protiváhu rozvoje sinic na této lokalitě, **jsou vodní rostliny, a to především ponořená vegetace**. Doporučujeme ve vegetační sezóně provést inventarizaci a kvantifikaci makrofyt s cílem získat podklady pro rozhodování jak využít přirozeného rozvoje vodních rostlin pro udržení kvality vody s cílem prevence rozvoje sinic. V případě, že vodní vegetace bude chudá (dne 12.6. 2018 jsme realizovali průzkumnou plavbu nádrží a vodní vegetace se vyskytovala jen sporadicky) bude velmi důležité podpořit přirozený rozvoj vodní vegetace, což je doporučení levné a dlouhodobě účinné. To lze velmi prakticky nastartovat právě plovoucími ostrovy, které slouží jako „hot-spot“ zdrojové místo pro další rozšíření rostlin v nádrži, čímž přirozeně stabilizují kyslíkový a živinový režim nádrže.

V Brně, 20.8. 2018

Za kolektiv autorů

B. Maršálek



Apendix : V průběhu řešení problematiky nádrže Rosnička a zpracování doplňujících informací došlo počátkem srpna k havarijnímu úhynu ryb způsobeném kyslíkovým deficitem. Tato situace ukazuje, že problematika kyslíku v nádrži Rosnička je akutní a doporučujeme zvážit zdroje kyslíku pro nádrž ať už technicky - viz aerační technologie v této práci, nebo biologickou oxidaci navrhovanou v závěrech a doporučeních této práce. Vzhledem k prakticky totálnímu úhynu rybí obsádky doporučuji aktualizovat diskuzi o využití nádrže v budoucnu - viz bod č. 1 Doporučení v této práci a dále doporučujeme prodiskutovat složení budoucí rybí obsádky, která by měla mít minimalizované bentofágní ryby (kapr, cejn, karas), zásadně nedoporučujeme nasadit Amura bílého, protože budoucím cílem péče o kvalitu vody bude podpora makrofyt - tedy vodní vegetace, kterou Amur likviduje. Rámec budoucí rybí obsádky by měl být dominantně založen na dravých rybách vhodných pro podmínky Svitav a nádrže Rosnička, což by mohlo být atraktivní také pro sportovní rybolov. Pro konkrétní výpočet rybí obsádky doporučujeme oslovit odborníky, kteří sestaví vhodné složení založené na výše popsaném rámci.