

Roční monitoring nádrže MODLANY pro rok 2013



**Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra aplikované ekologie**

Kamýcká 129
165 21 Praha 6 – Suchbát

Kolektiv zpracovatele:

doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc.
RNDr. Ivana Kašparová, Ph.D.
Bc. Ilona Mayerhoferová
Bc. Monika Myslíková

ve spolupráci s ENKI o.p.s. Třeboň
doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.
Ing. Martin Musil
Ing. Marek Baxa

Smluvní strany**Objednatel:****Ústecký kraj**

Sídlo: Velká Hradební 3118/48, 400 02 Ústí nad Labem
Zastoupený: Ing. Veronikou Miláčkovou, vedoucí odboru životního prostředí a zemědělství
Krajského úřadu Ústeckého kraje
Kontaktní osoba: Petr Vavruša DiS
E-mail/telefon: vavrusa.p@kr-ustecky.cz / 475 657 239
IČ: 70892156
DIČ: CZ70892156
Bank. spojení: Česká spořitelna, a.s.
číslo účtu: 882733379/0800

a**Zhotovitel:****Česká zemědělská univerzita v Praze**

Sídlo: Kamýcká 129, 165 21 Praha-Suchbát
Zastoupený: Ing. Josefem Vojáčkem, kvestorem
Kontaktní osoba: doc. RNDr. Emílie Pecharová, CSc.
E-mail/telefon: pecharova@knc.czu.cz / 724 232 664
IČ (RČ): 60460709
DIČ: CZ60460709
Bank. spojení: 19-6026830237/0100, Komerční banka, a.s.

Předmětem této smlouvy je provedení díla „Roční monitoring nádrže Modlany pro rok 2013“

1. Přesná specifikace díla: Dílo bude realizováno na vodní nádrži Modlany, nacházející se u obce Modlany na poz. parc. č. 127/5, 127/28, 127/29, 127/27, 127/34, 127/30, 127/31, 127/32, 127/33 v k.ú. Srbice a na poz. parc. č. 896/3, 152/4, 152/1, 152/2, 127/7 v k.ú. Modlany. V rámci zpracování díla budou provedeny průzkumy v rozsahu uvedeném v příloze č. 2 této smlouvy za použití standardních postupů a metod. Výsledkem díla bude dokument obsahující následující části:

- Vyhodnocení základních biologických a chemických změn v nádrži v průběhu roku 2013 na základě výše uvedených průzkumů.

- Návrh dalšího managementu nádrže vzhledem k nadměrnému výskytu sinic:
 - Doporučení použití metod k omezení nebo zabránění masovému rozvoji sinic (chemické, biologické atd.)
 - Doporučení rybářského hospodaření (velikostní a druhové složení rybí obsádky na předmětné nádrži, způsob rybolovu)
 - Doporučení k vhodnému využívání přilehlých pozemků (rekreace, zemědělské hospodaření, čištění a odvádění odpadních vod)

Obsah

1.	Úvod	5
2.	Vyhodnocení základních biologických a chemických změn v nádrži v průběhu roku 2013	8
2.1.	Použité metody	8
2.1.1.	Odběry vzorků a měření in situ	8
2.1.2.	Analytické metody	9
2.1.3.	Zpracování vzorků fytoplanktonu	10
2.1.4.	Zpracování vzorků zooplanktonu	10
3.	Výsledky	11
3.1.	Základní chemismus	11
3.2.	Koncentrace hlavních živin	12
3.2.1.	Hodnocení koncentrací hlavních živin - sloučenin a forem dusíku a fosforu	12
3.2.2.	Fytoplankton, nerozpuštěné látky a organické látky (chemická spotřeba kyslíku a celkový uhlík)	12
3.2.3.	.Zooplankton, složení a velikostní struktura zooplanktonu v jednotlivých odběrech	13
3.2.3.1.	Celkové zhodnocení analýzy zooplanktonu	14
4.	Shrnutí	15
4.1.	Vyhodnocení kvality vody nádrže Modlany	15
4.2.	Fungování ekosystému nádrže Modlany z hlediska podmínek pro rozvoj vodní květy sinic	16
4.3.	Návrh dalšího managementu nádrže vzhledem k nadměrnému výskytu sinic	17
4.3.1.	Návrh dalšího managementu nádrže vzhledem k nadměrnému výskytu sinic	17
4.3.2.	Doporučení rybářského hospodaření (velikostní a druhové složení rybí obsádky na předmětné nádrži, způsob rybolovu)	19
4.3.3.	doporučení k opatření v povodí	19
5.	Závěr	22

Přílohy:

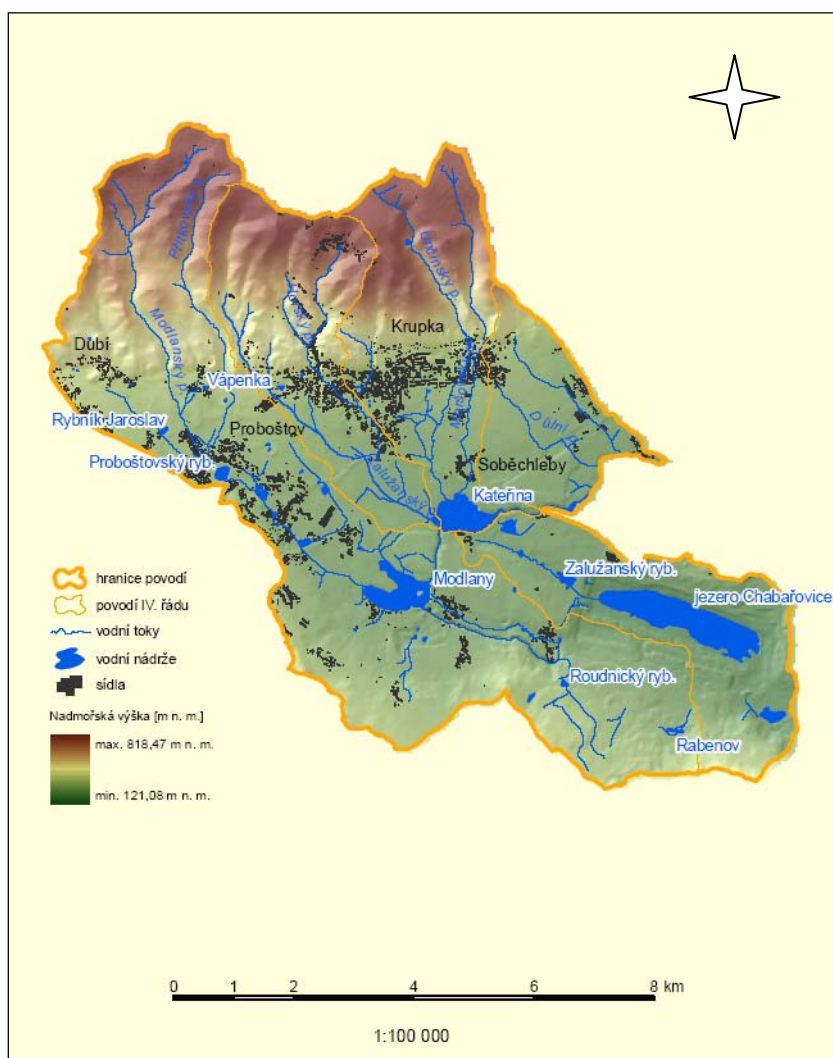
Příloha 1. Tabulární sumarizace výsledků, protokoly hodnocení fytoplanktonu a zooplanktonu

Příloha 2. Grafické zpracování výsledků - sezónní průběhy fyzikálně-chemických parametrů, hlavních živin (C, N, P) a chlorofylu

Příloha 3. Přehled v současnosti možných nebo na základě výzkumu předpokládaných metod a opatření (upraveno podle Jedličkové 2006).

1. Úvod

Vodní nádrž **Modlany** vznikla koncem 70. let zatopením poklesových prostorů v místě původního rybníka, na katastrech obcí Srbice a Modlany (obr.1., 2., 3.) jako součást vodního útvaru Zalužanský potok (tab. 1., obr. 1.). Její význam je retenční - ochrana lomu Chabařovice před přívalovými vodami. Tato přírodně a krajinářsky atraktivní vodní plocha má zásadní omezení z hlediska využití (rekreace), vzhledem k potencionálnímu nebezpečí důlních poklesů nad přerubanou uhelnou slojí. Z bezpečnostních důvodů je na celé ploše Modlanské nádrže zákaz vstupu do vody.



Obr. 1. Vodní útvar (povodí) Zalužanský potok ČUZAK 2006)

Tab. č. 1 Základní charakteristiky nádrží Modlany a Kateřina

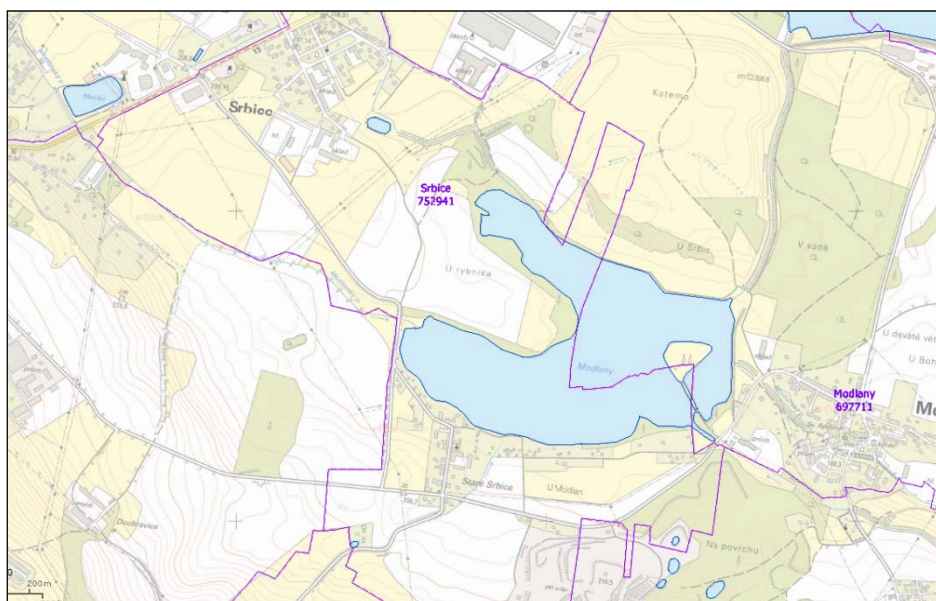
název nádrže	Tok	číslo hydrol. pořadí	plocha povodí [km ²]	prům. průtok [m ³ /s]	ovl. objem [mil.m ³]	plocha hladiny [ha]
Modlany	Modlanský p.	1-14-01-090	22,2	0,15	1,26	59,1
Kateřina	Zalužanský p.	1-14-01-087	21,7	0,15	1,84	58,0

Nádrž je rybářsky obhospodařovaná Místní organizací Českého rybářského svazu v Teplicích (rybářský revír mimopstruhový, 441 002 - Bílina 2).

Na nádrži Modlany je v levé zátoce pravého břehu zákaz vstupu a lovu ryb ve vyznačeném prostoru (300 m) - vyznačeno tabulemi. Zákaz lovu ryb platí v obecném zájmu v prostoru umělého ostrova u hráze a z hráze (vyznačeno tabulemi).

Spolu s nádrží Kateřina (zatopená poklesová kotlina) je součástí hlavního zdroje pro jezero Milada. Pro charakter kvality vody ve sledované Modlanské nádrži je nádrž Kateřina (spolu s relativně hustou sítí drobnějších vodotečí) jedním z významných vstupů.

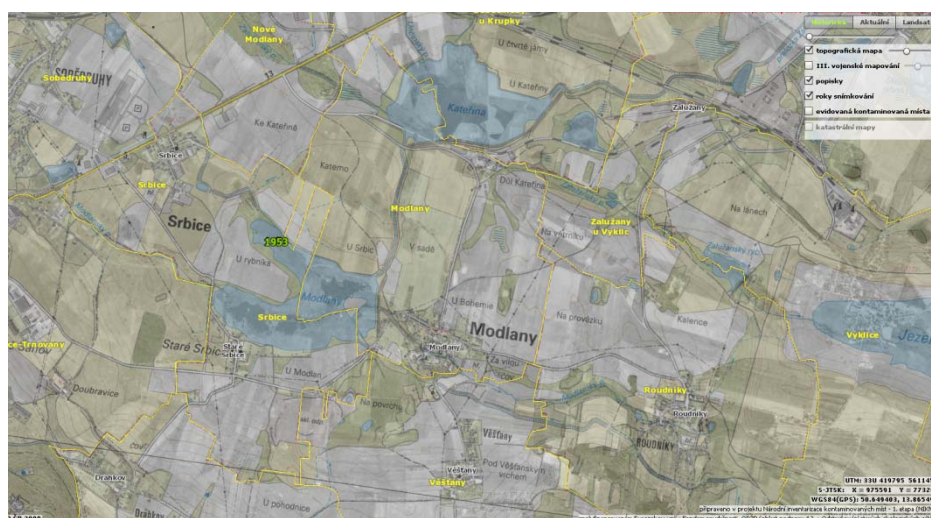
Vodní útvar (povodí) Zalužanského potoka byl podrobně monitorován pracovištěm Katedry aplikované ekologie FŽP ČZU ve spolupráci s ČRS Ústí nad Labem v roce 2012 (Jelínek, 2013). Monitorovány z hlediska antropického ovlivnění a základních fyzikálně-chemických parametrů vody byly vodoteče: Zalužanský potok, Modlanský potok, Přítkovský potok, Račí potok, Srbská strouha, Krupský potok, Bohusudovský potok, Soběchlebská stoka, Unčinský potok, Maršovský potok.



Obr. 1.: Vodní nádrž Modlany – katastrální plochy (mapy.nature.cz)



Obr. 2.: Prostor současné nádrže Modlany – situace v roce 1953 (kontaminace.cenia.cz)

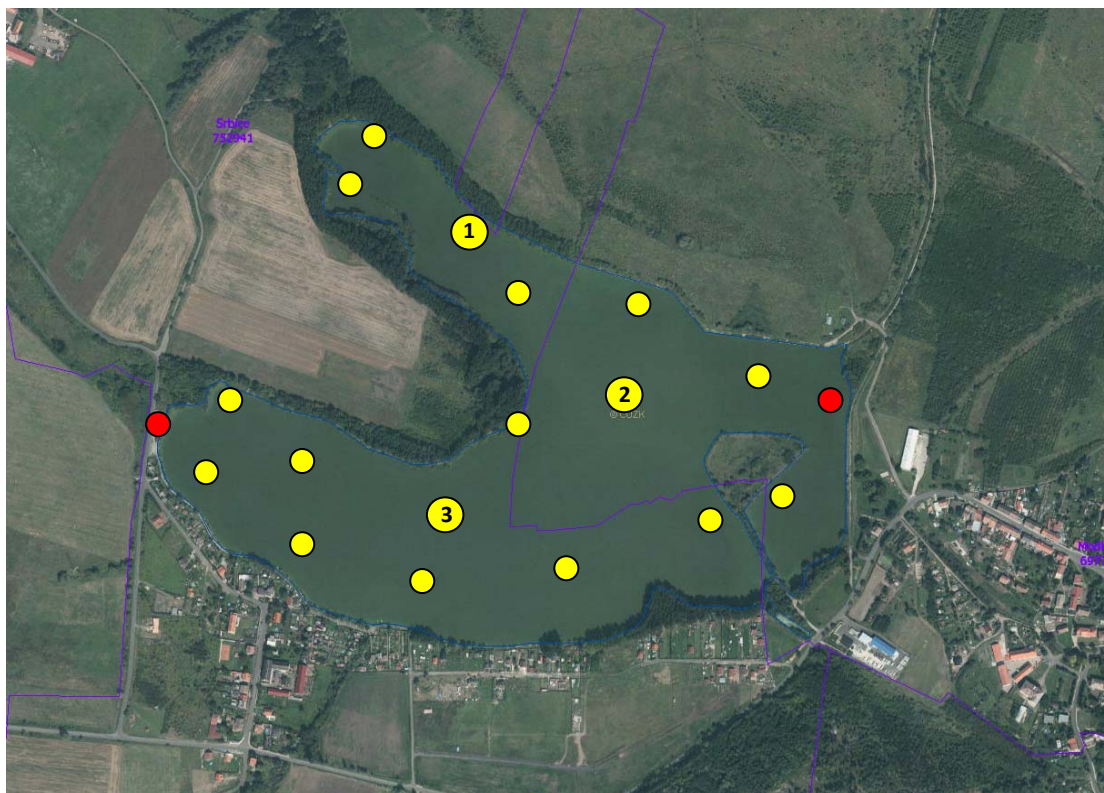


Obr. 3.: Průmět současných vodních ploch v území na situaci z roku 1953 (kontaminace.cenia.cz)

2. Vyhodnocení základních biologických a chemických změn v nádrži v průběhu roku 2013

2.1. Použité metody

2.1.1. Odběry vzorků a měření in situ



Obr. 5: Odběrová místa pro rok 2013. Červeně místa standardních kvalitativních odběrů, žlutě doplňující místa kvantitativních odběrů, čísla 1-3 označují místa měření vertikálního profilu vodního sloupce.

Během vegetační sezóny od 18.4.2013 do 5.10.2013 bylo provedeno celkem 8 odběrů. Odběry proběhly v dopoledních hodinách. V rámci standardních odběrů byly odebrány vzorky vody, planktonu (planktonní síť o světlosti ok 80 μm) na jednom místě ze břehu v oblasti hráze (obr. 5).

Na místě byly měřeny fyzikálně-chemické parametry:

teplota, pH, koncentrace rozpuštěného kyslíku, vodivost - ponornou sondou ISY-6300, zákal a fluorescence přenosným fluorometrem-turbidimetrem Turner-Aquafluor a průhlednost Secchiho deskou. Vzorky vody pro chemickou laboratorní analýzu a pro rozbor fytoplanktonu byly odebírány do 1 L nebo 3 L PE-lahví.

Kromě standardních odběrů se uskutečnily dva "velké" odběry, které zahrnovaly odběry vzorků vody a planktonu z vodní plochy. V rámci velkých odběrů byly na třech místech měřeny hloubkové profily fyzikálně-chemických parametrů. Pro kvantitativní vyhodnocení stavu planktonu byl, odebrány směsné vzorky vody a kvantitativní vzorky planktonu

(Schindlerovým kvantitativním sběračem o objemu 10 L). V litorální zóně byly odebrány orientační vzorky bentosu.

2.1.2. Analytické metody

Laboratorní zpracování vzorků zahrnovalo stanovení následujících parametrů:

- Kyselinová neutralizační kapacita vody (alkalita, KNK4,5, mmol/L) - je schopnost vody vázat určité látkové množství kyseliny do zvolené hodnoty pH a přibližně odpovídá koncentraci hydrogenuhličitanů. Hydrogenuhličitan patří mezi hlavní ionty určující hydrochemický typ vody. KNK4,5 byla stanovena titrací 0,1M kyselinou chlorovodíkovou, s využitím automatického titrátoru SCHOTT - TitroLine alpha plus.
- Hlavní kationty (Na, K, Ca, Mg, případně Fe, Mn mg/L) - určují základní chemismus vody, odrážejí geochemické poměry lokalit nebo zdrojů vody, jejich zvýšené koncentrace ukazují na zatížení vnějšími vlivy, např. splachy ze zemědělské půdy. Hlavní kationty byly stanoveny ICP spektrometrií.
- Sírany, chloridy (SO₄, Cl, mg/L) - koncentrace síranů a chloridů určují základní chemismus vody spolu s hydrogenuhličitanem a hlavními kationty. Stanoveny jsou metodou průtokové injekční spektrofotometrie – s využitím analytického přístroje FIAstar 5000 Foss-Tecator.
- Sloučeniny a formy dusíku (amoniakální dusík - NH₄-N, dusičnanový dusík - NO₃-N, celkový rozpuštěný dusík – SN, celkový dusík – TN a vypočtený rozpuštěný organický dusík (DON=SN-(NH₄-N + NO₃-N) a vypočtený partikulovaný dusík (PN=TN-SN), vše v mg/L). Stanovení koncentrací využívá metodu plynové difuze (NH₄-N), spektrofotometrické stanovení reakcí dusitanů s naftylethylendiaminem a sulfonilamidem (NO₃-N) s využitím analytického přístroje FIAstar 5000 Foss-Tecator. Celkový dusík byl stanoven jako dusičnan po mineralizaci s persulfátem při teplotě 150 °C a to ve dvou frakcích, ve vzorku filtrovaném přes skleněné filtry GF/C (rozpuštěný N) a ve vzorku filtrovaném přes síto 100 µm (TN včetně dusíku v partikulích).
- Rozpuštěný reaktivní fosfor a formy fosforu (DRP, přibližně odpovídá PO₄-P, rozpuštěný fosfor SP, celkový fosfor TP a vypočtený rozpuštěný organický fosfor (DOP=SP-DRP), partikulovaný fosfor (PP=TP-SP), vše v mg/L). DRP se stanovuje spektrofotometricky fosfomolybdenovým komplexem s využitím průtokové injekční analýzy, FIAstar 5000 Foss-Tecator. Celkový fosfor byl stanoven jako DRP po mineralizaci s persulfátem při teplotě 150 °C a to ve dvou frakcích, ve vzorku filtrovaném přes skleněné filtry GF/C (rozpuštěný P) a ve vzorku filtrovaném přes síto 100 µm (TP včetně fosforu v partikulích).

- NO₃-N, NH₄-N, DRP (PO₄-P), TN a TP mají klíčovou roli v procesech eutrofizace, jejich koncentrace ukazují na míru zatížení základními živinami, odrážejí produkční procesy a vnitřní cirkulaci N a P v rámci rybníční nádrže.
- Distribuce forem uhlíku (celkový uhlík -TC, anorganický uhlík - IC, celkový organický uhlík – TOC a partikulovaný organický C -POC, vše mg/L). Koncentrace forem uhlíku byly stanoveny za použití analyzátoru FORMACSHT firmy SKALAR na principu vysokoteplotního spalování s NDIR detektorem pro stanovení TOC/DOC. Stanovení organického uhlíku představuje základní informaci o obsahu organických látek, jak v rozpuštěné formě, tak v sestonu - fytoplanktonu. Může tak být měřítkem biomasy.
- CHSK_{Cr} je standardní metoda pro sumární určení množství oxidovatelných organických vyjádřených jako spotřeba kyslíku v mg/L, koreluje s koncentracemi TOC.
- Chlorofyl-a (Chla, µg/L)- se stanovuje spektrofotometricky po extrakci zachyceného materiálu na filtru organickým rozpouštědlem (směs 90% aceton:metanol v poměru 5:1) nebo fluorometricky, kdy se měří fluorescence nativního vzorku vody jako emitovaný světelný signál chlorofylu-a v při vlnové délce 680 nm. Chlorofyl-a je základní pigment přítomný ve všech sinicích a řasách, koncentrace chlorofylu-a je měřítkem jejich množství a zároveň vypovídá o úrovni eutrofizace a produkčních poměrech dané lokality.

2.1.3. Zpracování vzorků fytoplanktonu

Vzorky pro dokumentaci složení fytoplanktonu byly zahuštěny odstředěním odebraného vzorku vody a fixovány Lugolovým roztokem. Při mikroskopickém hodnocení byly určeny hlavní taxony a odhadnut jejich podíl na objemové biomase fytoplanktonu v procentech. Kvantitativní zpracování fytoplanktonu bylo provedeno z nezahuštěného fixovaného vzorku (Lugolem) spočtením a určením buněčných objemů dominantních taxonů v sedimentačních komůrkách s použitím inverzního mikroskopu. Výsledky jsou udávány jako počty buněk na ml a objem biomasy fytoplanktonu v mm³/L. Tyto informace spolu s údajem o koncentraci chlorofylu-a poskytují dostatečný obraz o typu a množství fytoplanktonu.

2.1.4. Zpracování vzorků zooplanktonu

Vzorky zooplanktonu fixované formalínem byly hodnoceny mikroskopicky. U kvalitativních vzorků (odebraných planktonní sítí) bylo stanoveno poměrné zastoupení (%) dominantních druhů a taxonů a hodnocena velikostní struktura. Kvantitativní vzorky byly spočteny v rastrováných komůrkách a výsledky, počty jedinců a biomasa, byly vztaženy na 1 litr.

3. Výsledky

3.1. Základní chemismus

Hodnoty vodivosti se během sezóny pohybovaly v rozmezí 261 - 364 $\mu\text{S/cm}$, s výjimkou poslední odběru (5.10.), kdy vodivost byla 221 $\mu\text{S/cm}$. Průměrná vodivost (287 $\mu\text{S/cm}$) i rozsah kolísání odpovídá běžným hodnotám povrchových vod. Hodnoty vodivosti budou ovlivňovány jednak přítokem do nádrže, zejména při vyšších srážkách může docházet jak k "naředění", ale také ke zvýšení vodivosti, pokud dojde k vyplavení např. septiků, výrazným splachům ze zemědělských pozemků apod. Pokud vodivost neovlivňuje kolísání průtoku a kvality vody v přítoku (letní období beze srážek), mohou změny vodivosti a změny v koncentraci hlavních iontů ukazovat na vnitřní procesy v nádrži.

Z hlediska hydrochemického typu, podle poměrů hlavních iontů (SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) náleží lokalita Modlany k přechodnému sírano-hydrogenuhličitanovému typu vod s dominancí kationtů vápníku a sodíku. Koncentrace hlavních iontů zjištěné v termínech 10.7. a 17.9. vykazují jen malé rozdíly. Za zmínku stojí pokles koncentrací síranů, který byl zaznamenán v období od 10.7. do 3.9. V tomto období jsme zaznamenali také mírný nárůst hydrogenuhličitanů (alkalita). Tyto změny odpovídají i poklesu vodivosti na konci sezóny a ukazují na intenzivní rozkladné procesy, které probíhají v povrchových vrstvách sedimentu.

Alkalita, pH a koncentrace rozpuštěného kyslíku: Parametry alkalita, pH a koncentrace rozpuštěného kyslíku jsou ovlivňované jednak základními hydrochemickými poměry nádrže a jednak jsou ovlivněné jak aktuálními meteorologickými podmínkami tak aktivitou celé biocenózy - především intenzitou procesů fotosyntézy a respirace.

Průměrné hodnoty alkality 1,6 mmol a mírný nárůst hodnot v druhé polovině sezóny jsou obvyklé v mělkých eutrofních nádržích, ke kterým Modlany náleží. Nárůst alkality souvisí s prohrátím sedimentů s vysokým obsahem organických látek a zvýšením intenzity respirace ve dně a na jeho povrchu. Produkovaný CO_2 snižuje pH v povrchové vrstvě sedimentů, kde se rozpouští uhličitany na hydrogenuhličitan. Ty se konvekčním promícháváním vodního sloupce dostávají rychle do celého objemu vodního tělesa.

Hodnoty pH jsou výrazně ovlivněné fotosyntetickou činností fytoplanktonu. Při procesu fotosyntézy je z vody postupně vyčerpán volný CO_2 a následně i HCO_3^- což způsobí nárůst pH. Průměrná hodnota pH *in situ* byla 9,2 (rozsah v terénu změřených pH byl od 8,1 do 10,5). Hodnoty měřené v terénu byly vždy vyšší než hodnoty pH měřené v laboratoři (průměr 8,0) po vyrovnání nasycení vody kyslíkem a oxidem uhličitým na fyzikálně dané hodnoty. To jednoznačně svědčí o výrazné převaze produkčních procesů ve vodním sloupci, tj. o intenzivní fotosyntézy a dobré růstové kondici fytoplanktonu po celou vegetační sezónu.

Koncentrace kyslíku je dána fyzikálními procesy - difuzí přes fázové rozhraní voda vzduch a procesy fotosyntéza - respirace. Koncentrace rozpuštěného kyslíku v průběhu sezóny dobře odpovídaly kolísání hodnot pH (determinační koeficient pro lineární regresi $r^2 = 0,82$) a průměrná saturace byla 135%. To potvrzuje převahu produkčních procesů ve vodním sloupci. Nicméně během sledovaného období koncentrace kyslíku na hladině kolísaly v rozmezí 62 -

273%. Zároveň je patrné, že při zhoršení počasí, kdy je zataženo nízká radiace, dochází rychle ke snižování koncentrace kyslíku. Také hodnoty rozpuštěného kyslíku měřené u dna vykazují zřetelně nižší hodnoty. Jsou to zřetelné signály, které ukazují na riziko kyslíkových deficitů v nádrži.

3.2. Koncentrace hlavních živin

3.2.1. Hodnocení koncentrací hlavních živin - sloučenin a forem dusíku a fosforu

Průměrné koncentrace celkového dusíku a celkového fosforu (3,19 a 0,34 mg/L) zcela odpovídají hodnotám jaké jsou zjišťovány např. pro eutrofní hospodářské rybníky. Sezónní dynamika pak ukazuje, že kromě přísunu živin a vnitřních zdrojů, je průběh koncentrací velmi úzce souvisí se strukturou planktonu a jeho sezónní dynamikou. Mezi hodnotami celkového dusíku a chlorofylu stejně jako mezi celkovým fosforem a chlorofylem je statisticky vysoká míra korelace ($r^2 = 0,83$ pro TN vs Chl-a, $r^2 = 0,86$ pro TP vs Chl-a). V průběhu sezóny koncentrace celkového dusíku i fosforu vzrůstají z hodnot okolo 2 mg/L TN a 0,25 mg/L TP na maximum 6,83 mg/L TN, 0,44 mg/L (dosaženo shodně 7.8.). Během srpna a září jak TN mírně klesá a TP se udržuje na stejné úrovni.

Dynamika dostupných živin (rozpuštěných forem) dusíku a fosforu vykazuje charakteristické rysy dobře dokumentované i z jiných eutrofních nádrží podobného typu. Koncentrace amonného iontu ($\text{NH}_4\text{-N}$) během sezóny nepravidelně kolísá v rozsahu od 0,02 do 0,44 mg/L. Přítomnost koncentrací $\text{NH}_4\text{-N}$ v desetinách mg/L nepředstavuje aktuální riziko, ale svědčí buď o přísunu organického znečištění, nebo uvolňování $\text{NH}_4\text{-N}$ ze sedimentů - v případě nádrže Modlany jsou oba zdroje stejně pravděpodobné. Skutečnost, že ani při intenzivním rozvoji fytoplanktonu nedošlo k snížení koncentrace $\text{NH}_4\text{-N}$ pod 0,1 mg/L ukazuje, že zdroj bude významný. Vyšší koncentrace dusičnanů byly zaznamenány pouze ve dvou odběrech v dubna a červnu. Sezónní průběh koncentrací dusičnanů určován intenzitou přísunu $\text{NO}_3\text{-N}$ přítokem, který je nejvyšší na jaře, případně v období intenzivních srážek. V průběhu sezóny jsou dusičnany v eutrofních nádržích eliminovány jednak příjmem fytoplanktonem, případně vodní vegetací, a především denitrifikací ve dně. Tomu odpovídají i výsledky zjištěné na nádrži Modlany. Koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu ($\text{PO}_4\text{-P}$) v průběhu sezóny vzrůstají z 0,013 mg/L až na 0,152 mg/L (17.9.), při posledním odběru byl zaznamenán pokles. Takový sezónní průběh ukazuje pravděpodobně na intenzivní uvolňování dostupného fosforu ze sedimentu a to ve větším rozsahu, že je jeho spotřeba rostoucí biomasou fytoplanktonu.

3.2.2. Fytoplankton, nerozpuštěné látky a organické látky (chemická spotřeba kyslíku a celkový uhlík)

Množství fytoplanktonu rozhodujícím způsobem ovlivňuje obsah nerozpuštěných látek i celkový obsah organických látek ve vodě. Situace nádrže Modlany to plně potvrzuje. Koncentrace chlorofylu jako měřítka biomasy fytoplanktonu koreluje jak s nerozpuštěnými látkami (NL $r^2 = 0,70$), s celkovým uhlíkem (TC $r^2 = 0,34$) i s chemickou spotřebou kyslíku (CHSK_{Cr} $r^2 = 0,83$). Průměrné hodnoty těchto parametrů (Chl-a 129 $\mu\text{g/L}$, NL 33,9 mg/L, TC 28,4 mg/L) se nevymykají podmínkám eutrofní nádrže.

Sezónní vývoj fytoplanktonu vykazuje jednoduchý trend, postupný nárůst s jedním maximem, které bylo zaznamenáno 7.8. Z hlediska taxonomického složení fytoplanktonu v jarním období převládaly planktonní rozsivky, spolu se zelenými bičíkovci a bičíkovci třídy Cryptophyceae. Jedná se o běžný stav, kdy složení fytoplanktonu je určováno nízkou teplotou a intenzivním promícháváním vodního sloupce v důsledku proměnlivého jarního počasí. V průběhu června a července ubývá rozsivek a zpočátku mírný nárůst fytoplanktonu (koncentrace chlorofylu-a 85 µg/L) způsobil především rozvoj chlorokokálních řas a sinic. V vzorku z 10.7. tvořily sinice asi 60% objemové biomasy (počet buněk 260 tis./ml). Chlorokokální řasy spolu s bičíkovci třídy Euglenophyceae tvořily přibližně 20%. Významněji byly zastoupeny ještě kryptomonády a zelení bičíkovci (20%). Sinice byly zastoupeny několika druhy rodu *Microcystis*, které vytvářely velmi malé kolonie nebo byly přítomné jako jednotlivé buňky (*Microcystis ichtyoblabe*). Sinice v této formě nebyly při pozorování nádrže patrné, protože nevytvářely charakteristické povlaky vodního květu na hladině. Maximální rozvoj fytoplanktonu zaznamenaný 8.7. byl důsledkem nárůstu především biomasy chlorokokálních řas a bičíkovců, které tvořily 50% objemu biomasy. Zároveň se ve fytoplanktonu opět objevují rozsivky (20%). Sinice se podílely jen 35%. Zřetelný vodní květ byl patrný až začátkem září. Celková biomasa fytoplanktonu se už nezvyšovala, ale sinice (rody *Microcystis* a *Anabaena*) tvořily 85% veškeré biomasy fytoplanktonu. Tento stav potvrdily výsledky "velkého" odběru (17.9.), kdy sinice zcela dominovaly (96% biomasy, 1,3 mil. buněk/ml). Z ostatních zástupců fytoplanktonu byly zastoupeny chlorokokální řasy a zelení bičíkovci. Podobný charakter fytoplanktonu byl zaznamenán i v posledním odběrovém termínu, sinice tvořily 80% biomasy a celkové množství fytoplanktonu mírně kleslo.

3.2.3. Zooplankton, složení a velikostní struktura zooplanktonu v jednotlivých odběrech

odběr 16.4. - vzorek byl zničen

odběr 12.5. - kvalitativní vzorek planktonkou

Převládají drobné druhy perlooček *Bosmina longirostris* a *Chydorus sphaericus*, dále se vyskytují *Thermocyclops crassus* (Copepoda) a vířníci *Asplanchna* sp. *Polyarthra* sp. *Keratella cochlearis* a *Keratella quadrata*. Nejvyšší zastoupení mají drobné perloočky 74%.

odběr 9.6. - kvalitativní vzorek planktonkou.

Jednotlivé skupiny perloočky, buchanky a vířníci jsou rovnoměrně zastoupeny, kromě již zaznamenaných druhů se vyskytovaly *Daphnia galeata*, *D. cucullata*, *Thermocyclops oithonoides*, *Polyarthra* sp.div.

odběr 11.7. - kvantitativní vzorek (Schindlerův sběrač)

Celkově se dá zooplankton charakterizovat jako velmi drobný („prachový“) s naprostou dominancí vířníků - *Keratella quadrata* dominantní na všech odebíraných stanovištích dále. *K. cochlearis*, *Brachionus angularis*, *B. diversicornis*, *B. calyciflorus*, *Polyarthra* (cf. *dolichoptera*), *Asplanchna* (většinou *A. priodonta*). Celková biomasa je však nízká (max. 1,5 mg sušiny/L).

odběr 7.8. - kvalitativní vzorek planktonkou.

Složení zooplanktonu se dramaticky změnilo, prakticky vymizely vířníci a převládly buchanky (*Acanthocyclops trajani*, *Thermocyclops crassus*, *T. oithonoides*) a jejich naupliová a

kopepoditová stadia. Tato změna může ukazovat na nepříznivé změny - epizody v kyslíkovém režimu

odběr 17.9. - kvantitativní vzorek (Schindlerův sběrač)

Celkově se lze zooplankton popsat jako středně hrubý, s převahou buchanek a významným zastoupením perloočky *Bosmina longirostris*. Vířníků je výrazně méně než v letním období. Změna ve společenstvu může indikovat předcházející nepříznivé změny v kyslíkovém režimu. V zooplanktonu se vyskytují *Daphnia cucullata*, velikost max. do 0,7 mm v případě adultních samic s vajíčky. *D. galeata* pouze ojediněle. *Bosmina longirostris* a *B. coregoni*, méně *Chydorus sphaericus*, pouze ojediněle jiná perloočka čeledi Chydoridae. Buchanky (Cyclopoida) jsou zastoupeny kopepoditovými stadii, adultních jedinců je málo (*Acanthocyclops trajani*) a minimální je i počet nauplií. Velikost buchanek nejčastěji 0,7 – 1 mm, max. 1,5 mm v případě adultních jedinců. Z vířníků zjištěna ojediněle *Keratella quadrata* v kryté zátocě (v závětrí a na nižší hloubce), na rozdíl od ostatních „otevřených“ stanovišť na volné vodě.

3.2.3.1. Celkové zhodnocení analýzy zooplanktonu

Ze zjištěných výsledků jednoznačně vyplývá, že nádrž Modlany je dlouhodobě a systematicky vystavena silnému vyžíracímu tlaku planktonofágních druhů ryb. Dokládá to zjištění, že během sledovaného období nebyl pozorován výskyt jedinců přesahující velikost 1,5 mm a jen velmi sporadický výskyt perlooček rodu *Daphnia*. Z počátku sezóny byl ještě patrný hojný výskyt drobných perlooček, zejména druhu *Bosmina longirostris*. To je typické pro úživné nádrže s velkým predaním tlakem ryb jako jsou produkční rybníky. Většinou však tato situace nastává až v letním období, případně až ke konci sezóny (začátek září). V nádrži Modlany je tento stav důsledkem přetrvávajícího vyžíracího tlaku ryb (z konce minulé sezóny) a díky tomu chybí z jara dostatek inokula dafnií pro včasný jarní rozvoj hrubšího dafniového zooplanktonu. V průběhu června došlo k nahrazení drobného perloočkového zooplanktonu populací vířníků, kteří na začátku července vytvořili takřka úplnou dominanci v nádrži. Dominance vířníků vytvořila s největší pravděpodobností bohatou potravní základnu pro následovný rozvoj několika druhů buchanek. Lze předpokládat, že takový sezónní vývoj zooplanktonu bude probíhat každý rok.

Bentos

V rámci velkých odběrů byl proveden orientační odběr makrofauny v litorálu nádrže. Litorální zóna je kvůli formování břehů nádrže minimálně vyvinutá. Četnost jednotlivých organismů ve vzorcích byla tak nízká, že vyhodnocení nemohlo být provedeno. Z hlediska posouzení stavu nádrže není informace o bentosu významná.

4. Shrnutí

4.1. Vyhodnocení kvality vody nádrže Modlany

Monitoring provedený během vegetační sezóny byl zaměřen na vyhodnocení stavu lokality z hlediska výskytu vodního květu planktonních sinic. Pro posouzení kvality vody podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb. jsou stanoveny podmínky monitoringu poněkud odlišně. Nicméně lze, alespoň orientačně porovnat, zjištěné průměrné hodnoty nejrizikovějších parametrů s normami environmentální kvality podle přílohy č. 3, tab. 1a (Ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, normy environmentální kvality a požadavky na užívání vod a 1b (Normy environmentální kvality pro vybrané ukazatele určené pouze k hodnocení ekologického stavu/potenciálu) nařízení vlády.

Tab.2. Porovnání vybraných parametrů - sezónních průměrných hodnot s normami environmentální kvality podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

Parametr	jednotky	NEK-PR	Modlany - PR
CHSK _{Cr}	mg/L	26	43
celkový fosfor	mg/L	0,15	0,34
celkový dusík	mg/L	6	3,19
amoniakální dusík	mg/L	0,23	0,20
reakce vody (pH)		6-9	9,2
nerozpuštěné látky	mg/L	20	34
chlorofyl-a *	µg/L	50	129

* hodnota pro koupací vody

Nádrž Modlany vykazuje parametry silně eutrofizované lokality, kde rozvoj fytoplanktonu rozhodujícím způsobem ovlivňuje parametry kvality. Rozvoj fytoplanktonu umožňuje nadbytek živin, především fosforu. Velká biomasa fytoplanktonu nepříznivě ovlivňuje především koncentrace nerozpuštěných a organických látek. V těchto parametrech jsou zjištěné hodnoty vyšší než udává norma environmentální kvality (tab.2). Biologická aktivita velkého množství sinic a řas je příčinou zvýšených hodnot pH a extrémního rozsahu a oscilací v koncentraci rozpuštěného kyslíku. Hodnoty zjištěné v roce 2013 odpovídají stavu, který je běžný pro hospodářské produkční rybníky. Z tohoto stavu (jak byl zaznamenán v roce 2013) vyplývají určitá environmentální rizika (kyslíkové deficity, toxicita sinic), ale nejsou extrémní. Na druhé straně je třeba upozornit, že rok 2013 byl z hlediska meteorologických podmínek atypický a rozvoj sinic se dostavil až v ke konci letního období. Z poměru mezi koncentrací

chlorofylu a dostupným fosforem ve vodě je zřejmé, že fosfor nebyl vodním květem vyčerpán, a že je vážné riziko, že nádrž Modlany může postihnout ještě intenzivnější vodní květ sinic.

4.2. Fungování ekosystému nádrže Modlany z hlediska podmínek pro rozvoj vodní květu sinic

Pro rozvoj vodního květu sinic jsou klíčové:

- A. zdroje a dostupnost živin
- B. stav planktonu
- C. přítomnost inokula

ad A.

Nádrž Modlany vykazuje zřetelný nadbytek dostupných živin, dusíku a fosforu pro rozvoj fytoplanktonu. Nádrž je dlouhodobě zatížena znečištěním z přítoků, které pocházejí z komunálních zdrojů a do určité míry i splachy z okolních pozemků. Na komunální znečištění jako významný zdroj živin ukazují zvýšené koncentrace chloridů a sodíku. Živiny se dlouhodobě kumulují v sedimentech, které jsou současně obohacovány organickou hmotou z vlastní produkce v planktonu nádrže. Výsledkem je kombinace přísunu živin z povodí a uvolňování živin se sedimentu což zajišťuje dostatečné zdroje pro růst fytoplanktonu během celého roku. Charakteristickým rysem eutrofizovaných a organickými látkami zatížených nádrží je nerovnováha v poměru dusíku a fosforu, která vzniká během vegetační sezóny. Zejména na jaře jsou v přítékající vodě významné koncentrace dusičnanů, v průběhu sezóny tento přísun dusíku klesá. Zároveň v nádrži jsou dusičnany spotřebovány v produkčních procesech a eliminovány denitrifikací při intenzivním rozkladu organických látek ve dně. Výsledkem je tak relativní nedostatek anorganického (pro fytoplankton dostupného) dusíku. Rozkladné procesy ve dně, které eliminují dusičnany, zároveň podporují uvolňování rozpuštěného reaktivního fosforu ($\text{PO}_4\text{-P}$). Tato situace, kdy je nadbytek dostupného fosforu a nedostatek dusíku je příznivá především pro planktonní sinice.

ad B.

Druhové složení rybí obsádky, individuální velikosti a populační hustota (velikost) celé rybí obsádky rozhodujícím způsobem formuje strukturu zooplanktonu. Zooplankton v mělkých eutrofních nádržích typu Modlany má klíčový význam pro rozvoj fytoplanktonu. Vzhledem k celkově velmi nízké biomase zooplanktonu, druhovému složení a jeho velikostní distribuci, usuzujeme na silný predanční tlak na zooplankton rybami. Lokalita má rybníční charakter, ale neslouží intenzivnímu chovu ryb, ale jako sportovní rybářský revír. Proto lze předpokládat, že tlak vyvíjený na zooplankton není způsoben nadměrnou obsádkou kapra a dalších běžně do sportovních revírů nasazovaných ryb, ale spíše menšími planktonofágními (plevelnými) rybami. V zooplanktonu se jen minimálně vyskytují perloočky rodu *Daphnia*, a vůbec jsme nezaznamenali výskyt velkých druhů jako jsou *Daphnia pulicaria* a *Daphnia galeata*. Tyto druhy perlooček jsou schopné svou filtrační aktivitou účinně eliminovat fytoplankton -

především jednobuněčné řasy a bičíkovce a do určité míry i sinice. Zooplankton s převahou velkých perlooček rodu *Daphnia* může navodit podmínky "čisté" (průzračné) vody, kdy průhlednost dosahuje více jak 1m. Taková situace vylučuje výskyt některých druhů sinic, zlepšuje některé parametry kvality vody, ale nevylučuje úplně riziko vzniku vodních květů. Je tomu tak proto, že ve vodě zůstává nadbytek dostupných živin, které mohou využít ty druhy sinic, které vytvářejí velké makroskopické kolonie (rod *Aphanizomenon*, některé druhy rodu *Microcystis*). Současná situace nádrže Modlan je však opačná. Drobný zooplankton neomezuje růst fytoplanktonu a růst biomasy řas a sinic je tak řízen teplotou, dostupností živin a světelnými podmínkami ve vodním sloupci. Tak jak se během sezóny zvyšuje teplota i denní suma radiace dochází k nárůstu fytoplanktonu a snižování průhlednosti. Výsledkem je zhoršení světelných podmínek ve vodním sloupci a v hloubkách, které jsou pod dvojnásobkem průhlednosti začne převažovat dýchání (rozkladné procesy) nad fotosyntézou. Zhoršené světelné podmínky u dna znamenají uvolňování fosforu, eliminaci dusičnanů, nižší průměrnou ozářenost vodního sloupce. Takové podmínky jednoznačně podporují rozvoj planktonních sinic, které se rychle stanou dominantní složkou fytoplanktonu.

ad C.

Vodní květ zaznamenaný v roce 2013 tvořily především sinice roku *Microcystis* (druhy *M. flos-aquae*, *M. aeruginosa*, *M. viridis*, *M. ichtyoblabe*) s menším podílem různých druhů sinice rodu *Anabaena* a *Aphanizomenon*). U rodu *Microcystis* je dobře popsán životní cyklus, který zahrnuje přezimování intaktních kolonií (o velikosti desítek nebo několika stovek buněk) na povrchu sedimentu nádrže. V jarním období, kdy dochází k prohřívání svrchních vrstev sedimentů se tyto kolonie dostanou do vodního sloupce a při vhodných podmínkách se rychle stanou dominantní složkou fytoplanktonu. Jejich schopnost shromažďovat se při hladině brání pronikání světla do vodního sloupce a tím vodní květ prohlubuje příznivé podmínky pro své udržení. Nádrže, které byly takto zasažené sinicemi rodu *Microcystis* mají silnou tendenci k opakování tohoto typu vodního květu. Také řada dalších druhů sinic přezimuje v sedimentu nádrží, zpravidla však ve formě jednotlivých trvalých buněk tzv. akinet (např. *Anabaena*). Rozvoj vodních květů z akinet zahrnuje proces "klíčení" těchto buněk a je složitější než u *Microcystis*. Vznik vodního květu nemusí být závislý na vnitřním inokulu. Pokud se v nádrži vytvoří dobré podmínky pro sinice, může jejich rozvoj nastat i v případě, že se do nádrže dostanou z jiného zdroje, přítokem nebo transportem např. vodními ptáky. V případě nádrže Modlany se jeví jako nejvíce pravděpodobný zdroj inokulum přítomné v sedimentech.

4.3. Návrh dalšího managementu nádrže vzhledem k nadměrnému výskytu sinic

4.3.1. Doporučení použití metod k omezení nebo zabránění masovému rozvoji sinic (chemické, biologické atd.)

Omezení rozvoje sinic představuje řešení komplexu faktorů, které jsou za jejich rozvoj a vytvoření velké biomasy zodpovědné. Je třeba zdůraznit, že vodní květ není jednoduchý důsledek jedné příčiny. Základním faktorem je sice vždy dostatek dostupných živin, ale mechanismy, kterými vodní nádrž dospěje k vodnímu květu se mohou výrazně lišit a dokonce

i na jedné lokalitě mohou být v jednotlivých sezónách různé situace, které však mají stejný konečný výsledek, tj. vodní květ.

Metody a opatření, kterými lze bránit vodním květům, lze rozdělit podle toho,

- zda je třeba řešit okamžitě vzniklou situaci - tj. účinně zasáhnout proti vodnímu květu, který se již rozvinul, nebo preventivně při vysokém riziku, že k vodnímu květu v nádrži dojde v krátké době

nebo podle toho

- zda je cílem celková revitalizace nádrže, zlepšení kvality vody a odstranění příčin vodního květu

Oba přístupy lze kombinovat, podle potřeby a závažnosti problému, který vodní květ vyvolává.

Současně je třeba zvážit kombinaci opatření, která mají charakter technologický (možnost změny hydrologického režimu, odstranění sedimentů) a opatření, která ovlivňují stav ekosystému nádrže prostřednictvím biologických procesů.

Přehled v současnosti možných nebo na základě výzkumu předpokládaných metod a opatření shrnuje tabulka v příloze 3 (upraveno podle Jedličkové 2006).

Z hlediska zjištěného stavu nádrže Modlany je možné konstatovat, že aplikace algicidních přípravků, které vyvločkují sinice a současně srazí využitelný fosfor bude s největší pravděpodobností účinná a může eliminovat aktuální problém vodního květu. Nicméně účinnost takového zásahu bude omezena na jednu sezónu. Je možné, že vázání fosforu se projeví i v dalším roce, ale je tu riziko, že podmínky v sedimentu nádrže budou takové, že v dalším roce se fosfor uvolní znovu. Navíc pokud je pravděpodobný i významný přísun fosforu přítokem, aplikace látek, typu PAX nebo koagulantů na bázi železa, by se musela opakovat nejspíš každoročně. Podobně by fungovaly i jiné přípravky, které jsou na bázi algicidních látek (anorganických, organických-syntetických, případně biologického původu - enzymy). Použití takových přípravků s sebou nese řadu nejistot a jejich obecná účinnost nebývá spolehlivě prokázána.

Z opatření, která se snaží eliminovat živiny v systému a které by měly mít dlouhodobější účinek je třeba zmínit možnost odtěžení sedimentů. Kromě omezení významného zdroje živin, především fosforu by došlo k odstranění inokula sinic. Potlačení sinic odstraněním sedimentů bylo dobře prokázáno na rybníce Vajgar v Jindřichově Hradci (Pokorný, Hauser 2002). Zároveň se změnilo chování celé nádrže, která po odstranění sedimentů začala fosfor přicházející přítokem zachytávat.

Sediment je možné ošetřit např. dusičnanem- tak aby došlo k oxidaci organických látek. V černém anaerobním sedimentu se rozpouštějí sloučeniny fosforu a rozpuštěný reaktivní fosfor se tak dostává do vodního sloupce. Oxidace sedimentů (které pak mají hnědou až rezavou barvu) způsobí, že se naopak fosfor váže do nerozpustných forem. Tato opatření

vyžadují pečlivou přípravu, zmapování množství a složení sedimentů, vyřešení procesů zahuštění a problému následného uložení.

4.3.2. Doporučení rybářského hospodaření (velikostní a druhové složení rybí obsádky na předmětné nádrži, způsob rybolovu)

Další způsob jak zlepšit kvalitu vody je ovlivnit společenstvo zooplanktonu rybí obsádkou. Tento přístup lze považovat za velmi aktuální úkol. Omezení populací plevelných planktonofágních ryb, zvýšení podílu dravců, větších jedinců sportovně ceněných druhů by mělo zlepšit stav zooplanktonu, produkční poměry (lepší růst sportovně zajímavých ryb) i v konečném důsledku kvalitu vody. Nabízí se využít jinde vyzkoušené postupy např. odlovy tenaty, snížení vodní hladiny v době tření kaprovitých ryb, nasazení dravců a omezení jejich lovu. Stejně jako ošetření sedimentů, návrh na změnu rybí obsádky bude vyžadovat podrobnější informace o dosavadním způsobu hospodaření a aktuální průzkum stavu rybí obsádky.

Doporučení k vhodnému využívání přilehlých pozemků (rekreace, zemědělské hospodaření, čištění a odvádění odpadních vod)

Nepochybně aktuálním problémem je otázka kvality přitékající vody. Bez omezení přísunu živin z povodí je většina opatření neúplná i když mohou jednotlivě přinést dílčí pozitivní výsledky. Doporučení ke vhodnému využívání pozemků, přiléhajících k nádrži lze na základě jednoletého sledování formulovat jen velmi rámcově. K uvedeným doporučením bylo využito i předchozích výzkumných aktivit pracoviště KAE FŽP ČZU, zejména výstupů projektu NPVII - 2B08006, NAZVA- QH82109 a podkladů z rámcového monitoringu potoků v dotčené oblasti.

4.3.3. doporučení k opatření v povodí

A. Rekreační využití nádrže Modlany

- **z hlediska využití pro vodní sporty a koupání** je nereálné vzhledem k nestabilitě dna nádrže. Nebude možné ani po případné revitalizaci.
- **využití břehové linie – zahrádkářská kolonie** – je trvalým vlivem na vodní prostředí s jednoznačným podílem na zvyšování zatížení nádrže živinami. Způsob nakládání s odpadními vodami v zahrádkářské kolonii nebyl předmětem této studie, leč v souvislosti s revitalizací nádrže bude nutné tento problém řešit. Odběry vody na zalévání (bez ohledu na legálnost) nemají na řešený problém vliv.
- **sportovní rybolov** – vlastní rekreační aktivita sportovního rybolovu nemá na zatížení nádrže živinami významný vliv. Sportovní rybolov je omezen na vyhrazené části břehů, kde však dochází k výrazné devastaci břehových porostů včetně litorálních. Zvýšený tlak na břehovou linii má nepochybně vliv

na celkový charakter nádrže, nikoliv však na nadměrný rozvoj vodních květů. Podle rámcového průzkumu není zásadní ani vliv vnašení.

-

B. Zemědělské hospodaření a využití navazujících pozemků

- Nádrž nemá přímou návaznost na intenzivně využívané zemědělské pozemky, ale vzhledem k umístění v mírné depresní kotlině sbírá splachy z poměrně rozsáhlého prostoru, včetně propadliny Kateřina. Hlavní přítok – Modlanský potok i ostatní přítoky do nádrže vnášejí velké množství organického znečištění, zejména komunálního.
- Konfigurace terénu je příhodná pro případné úpravy, zamezující vtoku vysoce eutrofních vod do nádrže vybudováním mokřadů, drobných retenčních nádrží event. i vegetační čistírny. Tato revitalizace povodí však bude vyžadovat podrobný monitoring využití pozemků a zdrojů znečištění. Určitým problémem může být i plocha „Na povrchu“ uvedená v přehledu kontaminovaných míst ČR.
- V oblasti Staré Srbice probíhá intenzivní výstavba rodinných domů – v době zpracování studie není známo, jak je řešeno nakládání s odpadními vodami.
- V případě revitalizace nádrží Modlany i Kateřina se dá očekávat zvýšené rekreační využití zejména v oblastech sportovního rybářství, cykloturistiky apod.

C. Čištění a odvádění odpadních vod

- Zásadním opatřením ve vztahu k revitalizaci nádrže (resp. nádrží Modlany i Kateřina) je dosažení dobrého ekologického stavu na všech vodotečích, které jsou přítoky. Za kritický lze považovat Modlanský potok, ale i ostatní vodoteče mají zásadní problémy (Jelínek 2013).



Obr.6. Vodoteče se vztahem k nádrži Modlany (<http://mapy.nature.cz/>)

- Je zpracován podrobný přehled negativních vlivů na příslušné vodoteče, který je veřejně dostupný v diplomové práci „Monitoring malého vodního útvaru Zalužanský potok“ včetně návrhů na řešení. V průběhu šetření bylo monitorováno jedenáct drobných vodních toků. Lokalizovány a popisovány byly bodové zdroje znečištění, stavební úpravy koryta, substrát dna, migrační bariéry a výskyt vodních rostlin. Na základě terénních měření bylo konstatováno, že většina vodních toků ve sledované oblasti má tento společný popis: Nad aglomerací jde o čistý přírodě blízký vodní tok, oproti úseku pod aglomerací, který je degradován, zpravidla velmi zatížen nečištěním splašky a nepřiměřenou úpravou koryt. Dalším společným znakem toků je pramenná oblast Krušné hory a ústí do zbytkových jam po těžbě uhlí Modlany a Kateřina, které v současné době tvoří dvě vodní plochy z celkové rozlohy 100 ha. Vlivem znečištění přítoků tyto nádrže trpí eutrofizací se všemi souvisejícími negativními aspekty. V intravilánech obcí jsou dna i břehy nejčastěji opevněny kamenu dlažbou v betonovém loži. Vodní rostliny se objevovaly pouze v úsecích se štěrkopískovým substrátem dna. V žádném ze sledovaných toků nebyl zaznamenán trvalý výskyt ryb. V přítocích vodní nádrže Modlany a Kateřina byly v období tření, kyslíkových deficitů nebo nízkých průtoků ojediněle zaznamenány ryby pocházející z nádrží. Výskyt byl zaznamenán do vzdálenosti pouze několik desítek metrů od nádrží (Jelínek 2013).



Ilustrativní foto: vzorek síťového planktonu s množstvím sinic z nádrží Kateřina a Modlany

5. Závěr:

Nádrž vykazuje stabilní příznivé a dlouhodobé podmínky pro rozvoj vodních květů sinic. Jednorázová opatření na eliminaci sinic budou mít patrně pouze krátkodobý efekt (1-2 roky). Odstranění problému předpokládá odstranění základních příčin, vstupů živin a zdrojů inokula.

Proto by bylo třeba následující:

1. monitoring sedimentů jako zásadního zdroje inokula a živin -následně rozhodnutí o dalším řešení. Není známo, jaké množství sedimentu se v nádrži nachází, kolik přichází přítoky a případnými splaveninami, není známo složení sedimentů (riziko nebezpečného odpadu)
2. monitoring a vyhodnocení přísunu živin do nádrže - komunální znečištění, splachy z povodí, přítoky (s důrazem na Modlanský potok) a zejména nádrž Kateřina (s vlivem periodického vypouštění důlních vod).
3. monitoring ve vztahu k rybí obsádce: komplexnější monitoring je nutné provádět v součinnosti s ČRS. Ve výsledku půjde o omezení drobných plevelných ryb, změnu hospodaření a změnu struktury obsádky, což je možné navrhnout po sérii kontrolních odlovů. Naše závěry vyplývají pouze z charakteru planktonu v průběhu roku.
3. současně je třeba zopakovat letošní monitorovací program - výsledky jednoleté studie mohou být označeny jako méně průkazné, zvláště proto, že rok 2013 byl z hlediska vývoje počasí a podmínek pro rozvoj vodních květů atypický v celé ČR.

Roční monitoring nádrže Modlany 2013

Příloha 1. Tabelární sumarizace výsledků, protokoly hodnocení fytoplanktonu a zooplanktonu

Modlany 2013 Přehled odebraných vzorků a výsledků

Parametr	jednotky	sledované parametry		18.4. OS	12.5. OS	9.6. OS	10.7. OV	7.8. OS	3.9. OS	17.9. OV	5.10. OS
		OV	OS								
teplota	st. C	o	o	10,8	17,9	20,1	23,1	29,3	19,3	16,3	11,0
zákal	r.u.	o	o	15,5	13,9	10,9	47,2	62,8	39,8	40,9	47,9
průhlednost vody	m	o	o	0,6	0,7	0,6	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1
fluorescenční měření	r.u.	o	o	177	177	132	723	1453	1168	973	670
kyslík	mg/L	o	o	19,6	6,8	17,6	6,1	20,9	11,3	6,1	11,2
pH		o	o	9,7	8,1	9,3	8,7	10,5	9,3	8,5	9,3
alkalita	meq/L	o	o	1,48	1,39	1,46	1,58	1,41	1,65	1,70	1,77
vodivost	μS/cm	o	o	276	284	282	306	364	261	300	221
CHSK-Cr	mg/L	o	o	13,1	34,3	22,2	48,1	72,8	63,9	47,6	41,3
chlorofyl-spektrofotometrie	μS/cm	o					76	296		223	144
chlorofyl-fluorometrie	μS/cm	o	o	25	25	20	85	296	239	200	139
NH4-N	mg/L	o	o	0,35	0,29	0,06	0,08	0,19	0,14	0,02	0,44
NO3-N	mg/L	o	o	0,42	0,04	0,56	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
TN	mg/L	o	o	2,15	1,53	1,93	1,79	6,83	3,61	4,10	3,58
PO4-P	mg/L	o	o	0,01	0,03	0,03	0,05	0,05	0,07	0,15	0,03
TP	mg/L	o	o	0,25	0,22	0,25	0,26	0,44	0,44	0,43	0,41
TC (zahrnuje IC a TOC)	mg/L	o	o	24,76	24,76	26,67	31,33	37,78	36,41	23,23	22,46
Na	mg/L	o					17,9			22,1	
K	mg/L	o					4,0			3,8	
Ca	mg/L	o					33,9			34,2	
Mg	mg/L	o					8,4			9,1	
Fe	mg/L	o					0,5			0,5	
Mn	mg/L	o					<0,2			<0,2	
sírany	mg/L	o		64,56	66,82	73,57	61,10	48,33	31,41	35,32	37,90
Cl	mg/L	o		32,65	22,39	18,90	18,89	20,66	20,01	21,59	17,62
fytoplankton kvalita	% taxonů		o	PF1	PF2	PF3		PF5	PF6		PF8
fytoplankton kvantita	buňky/Vb/ml	o					PF4 kvant			PF7 kvant	
zooplankton kvalita	% taxonů		o	PZ1	PZ1	PZ1		PZ1	PZ1		PZ1
zooplankton kvantita	ind/L	o					PZ2 kvant			PZ2 kvat	
zoobentos kvalita	zastoupní tax.	o					PB1			PB2	

OV= odběr velký, z lodi, směsný vzorek ze 3 odběrových míst

OS= standardní odběr ze břehu u hráze

Modlany 2013 hodnocení fytoplanktonu

Protokol Fytoplankton . kvalita		
Lokalita Modlany	Datum 18.4.2013	Protokol č. PF1
%	Druhové složení	
Cyanophyceae 0	Nebyly zjištěny	
Chlorococcales 25	Rody Scenedesmus, Pediastrum, Monoraphidium, méně často Oocystis	
Volvocales 15	Rody Chlamydomonas, Carteria	
Euglenophyceae	Ojediněle Phacus	
Cryptophyceae 20	Cryptomonas marssonii, C. reflexa, Rhodomonas lacustris	
Dinophyceae	Ojediněle rod Gymnodinium	
Bacillariophyceae 40	Asterionella formosa převládá, rod Cyclotella,	
Conjugatophyceae		
Chrysophyceae	Ojediněle rod Chrysococcus	
Pozn.		

Protokol Fytoplankton . kvalita		
Lokalita Modlany	Datum 12.5.2013	Protokol č. PF2
%	Druhové složení	
Cyanophyceae 0	Ojediněle drobné kolonie patrně piko-sinic	
Chlorococcales 45	Rody Scenedesmus, Pediastrum, dále Planktospheria gelatinosa, Coelastrum microporum	
Volvocales 15	Rody Chlamydomonas, Carteria	
Euglenophyceae	Ojediněle rody Phacus, Euglena, Colacium	
Cryptophyceae 10	Cryptomonas marssonii, C. reflexa, Rhodomonas lacustris	
Dinophyceae	Ojediněle rod Gymnodinium	
Bacillariophyceae 30	Asterionella formosa převládá, rod Cyclotella, Stephonodiscus	
Conjugatophyceae	Ojediněle Cosmarium	
Chrysophyceae		
Pozn.		

Protokol Fytoplankton . kvalita		
Lokalita Modlany	Datum 9.6.2013	Protokol č. PF3
%	Druhové složení	
Cyanophyceae 5	ojediněle velmi drobné kolonie rod Microcystis, jednotlivá vlákna rod Anabaena	
Chlorococcales 40	rody Scenedesmus, Pediastrum, dále Planktospheria gelatinosa, Coelastrum microporum , Oocystis sp. div. rody Lagerheimia, Crucigeniella,	
Volvocales 20	rod Chlamydomonas	
Euglenophyceae	Ojediněle rody Phacus, Euglena, Colacium	
Cryptophyceae 10	Cryptomonas marssonii, C. reflexa, Rhodomonas lacustris	
Dinophyceae	ojediněle rod Gymnodinium	
Bacillariophyceae 25	Asterionella formosa , rody Cyclotella, Stephonodiscus	
Conjugatophyceae		
Chrysophyceae	Ojediněle Mallomonas acrocomos	
Pozn.		

Protokol Fytoplankton - kvantita		
Lokalita Modlany	Datum 10.7.2013	Protokol č. PF4
%	Objemová biomasa Taxon mm ³ /L	Počty buněk
Cyanophyceae 62	Microcystis sp.div 15,8	263 000 buněk/ml
Chlorococcales 12	Scenedesmus sp.div Pediastrum duplex Lagerheimia 3,1	12 200 buněk/ml
Volvocales 8	Chlamydomonas sp. div Phacotus lenticularies 2,0	13 600 buněk/ml
Euglenophyceae		
Cryptophyceae 9	Cryptomonas marssonii 2,3	2 600 buněk/ml
Dinophyceae		
Bacillariophyceae 8	Asterionella formosa Aulacoseira sp.div 2,0	12 000 buněk/ml
Conjugatophyceae 1	Closterium limneticum 0,2	320 buněk/ml
Chrysophyceae		
Celkem.	25,5 mm ³ /L	340 220 buněk/ml

Protokol Fytoplankton . kvalita		
Lokalita Modlany	Datum 7.8.2013	Protokol č. PF5
%	Druhové složení	
Cyanophyceae 35	drobné kolonie rod Microcystis, jednotlivá vlákna rod Anabaena	
Chlorococcales 20	rody Scenedesmus, Pediastrum, dále Planktospheria gelatinosa, Coelastrum microporum , Oocystis sp. div. rody Lagerheimia, Crucigeniella,	
Volvocales 10	rod Chlamydomonas	
Euglenophyceae	Ojediněle rody Phacus, Euglena,	
Cryptophyceae 10	Cryptomonas marssonii,	
Dinophyceae	ojediněle rod Gymnodinium	
Bacillariophyceae 20	rody Cyclotella, Stephonodiscus, Aulacoseira	
Conjugatophyceae 5	Closterium limneticum	
Chrysophyceae	Ojediněle Mallomonas acrocomos	
Pozn.		

Protokol Fytoplankton . kvalita		
Lokalita Modlany	Datum 3.9.2013	Protokol č. PF6
%	Druhové složení	
Cyanophyceae 85	drobné kolonie rod Microcystis, jednotlivá vlákna rod Anabaena	
Chlorococcales 5	Coelastrum microporum , Oocystis sp. div. rody Lagerheimia, Crucigeniella, Dytiosphaerium . rody Scenedesmus, Pediastrum, méně často	
Volvocales 5	rod Chlamydomonas, Phacotus	
Euglenophyceae	ojediněle rody Phacus, Euglena,	
Cryptophyceae	ojediněle Cryptomonas marssonii,	
Dinophyceae	ojediněle rod Gymnodinium	
Bacillariophyceae	ojediněle rody Stephonodiscus, Aulacoseira	
Conjugatophyceae 5	Closterium limneticum	
Chrysophyceae		
Pozn.		

Protokol Fytoplankton - kvantita		
Lokalita Modlany	Datum 17.9.2013	Protokol č. PF7
%	Objemová biomasa Taxon mm ³ /L	Počty buněk
Cyanophyceae 96	Microcystis sp.div 64,2	1 284 000 buněk/ml
Chlorococcales 2	Scenedesmus sp.div 1,3	7 400 buněk/ml
Volvocales 1	Phacotus lenticularies 0,7	6 700 buněk/ml
Euglenophyceae		
Cryptophyceae 1	Cryptomonas marssonii 0,7	840 buněk/ml
Dinophyceae		
Bacillariophyceae		
Conjugatophyceae		
Chrysophyceae		
Celkem.	25,5 mm ³ /L	1299 000 buněk/ml

Protokol Fytoplankton . kvalita		
Lokalita Modlany	Datum 5.10.2013	Protokol č. PF8
%	Druhové složení	
Cyanophyceae 80	drobné kolonie rod Microcystis, jednotlivá vlákna rod Anabaena	
Chlorococcales 5	Coelastrum microporum , Oocystis sp. div. rody Lagerheimia, Crucigeniella, Dytiosphaerium . rody Scenedesmus, Pediastrum, méně často	
Volvocales 5	rod Chlamydomonas, Phacotus	
Euglenophyceae	ojediněle rody Phacus, Euglena,	
Cryptophyceae	ojediněle Cryptomonas marssonii,	
Dinophyceae	ojediněle rod Gymnodinium	
Bacillariophyceae	ojediněle rody Stephonodiscus, Aulacoseira	
Conjugatophyceae 10	Closterium limneticum	
Chrysophyceae		
Pozn.		

Modlany 2013 - protokol zooplankton1
kvalitativní složení zooplanktonu

Datum		Cladocera		Copepoda		Rotifera	Suma
		Daphnia	Ostatní	Adultní + copepoditi	Nauplia		
12.5.2013	Počet	0	127	3	5	37	172
	Podíl (%)	0,0	73,8	1,7	2,9	21,5	100,0
9.6.2013	Počet	2	20	10	17	29	78
	Podíl (%)	2,6	25,6	12,8	21,8	37,2	100,0
11.7.2013	Počet	2	0	1	3	267	273
	Podíl (%)	0,7	0,0	0,4	1,1	97,8	100,0
7.8.2013	Počet	0	1	17	46	2	66
	Podíl (%)	0,0	1,5	25,8	69,7	3,0	100,0
17.9.2013	Počet	9	10	50	2	10	81
	Podíl (%)	11,1	12,3	61,7	2,5	12,3	100,0
5.10.2013	Počet	9	10	50	2	10	81
	Podíl (%)	11,1	12,3	61,7	2,5	12,3	100,0

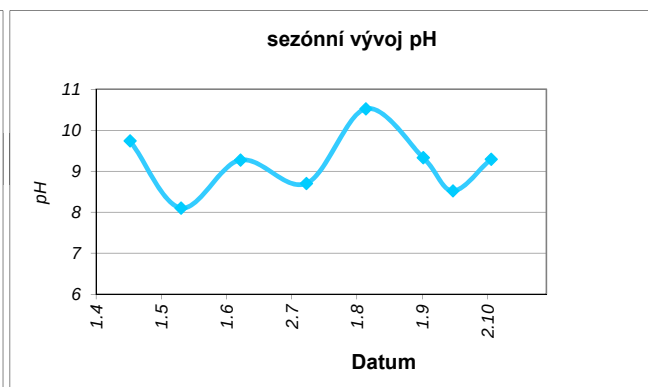
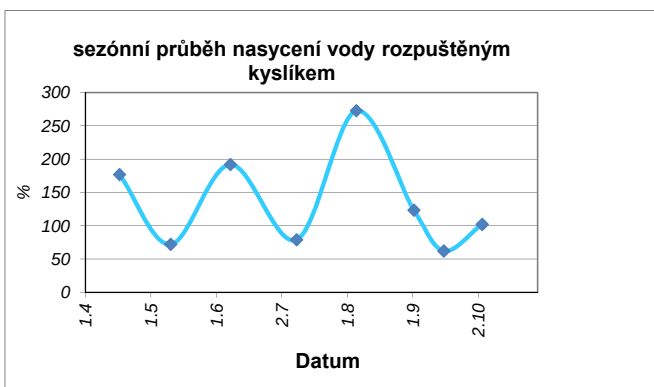
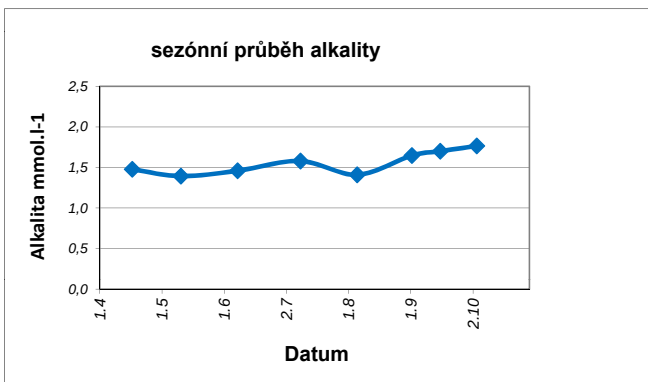
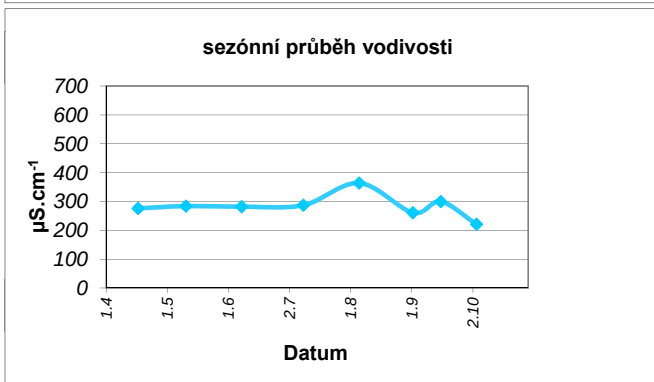
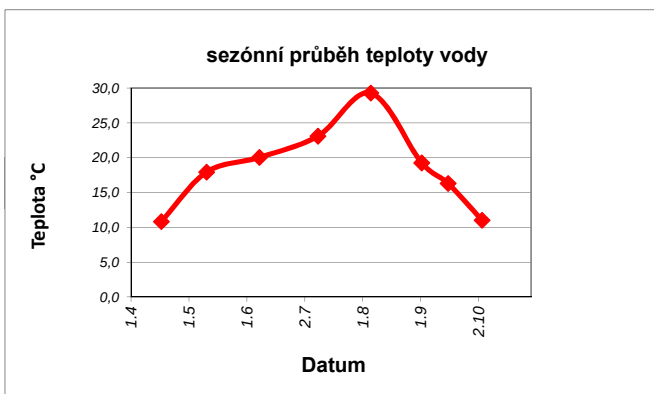
Modlany 2013 - protokol zooplankton2

Datum	stanoviště	Taxon	kvantita	zastoupení	Objemová biomasa			seznam determinovaných taxonů
			(ind.l ⁻¹)		zooplanktonu celk.	WWZ	DWZ	
			<0,7(1)mm	<0,7(1)mm %	ml	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	
11.7.2013	1	<i>Daphnia</i> sp.	60	0,8	2	16,67	1,35	<i>D. galeata</i> , <i>cucullata</i>
11.7.2013	1	ostatní Cladocera	444	5,7				<i>Bosmina longirostris</i> , <i>Ceriodaphnia</i> sp., ojed. <i>Leptodora kindtii</i>
11.7.2013	1	Cyclopoida	348	4,4				
11.7.2013	1	Calanoida	0	0,0				
11.7.2013	1	nauplia	24	0,3				
11.7.2013	1	Rotifera	6972	88,8				<i>Keratella quadrata</i> (predominantní), <i>Brachionus</i> sp., <i>Polyarthra</i> sp.
11.7.2013	1	celkem	7848	100,0				
11.7.2013	2	<i>Daphnia</i> sp.	60	1,6	1,7	14,17	1,15	<i>D. cucullata</i>
11.7.2013	2	ostatní Cladocera	225	6,0				<i>Bosmina longirostris</i> , méně <i>Chydorus sphaericus</i>
11.7.2013	2	Cyclopoida	465	12,4				
11.7.2013	2	Calanoida	0	0,0				
11.7.2013	2	nauplia	105	2,8				
11.7.2013	2	Rotifera	2880	77,1				<i>Keratella quadrata</i> (predominant.), <i>K. cochlearis</i> , <i>Asplanchna</i> , <i>Brachionus angularis</i> , <i>B. diversicornis</i> , <i>B. calyciflorus</i> , <i>Polyarthra</i> sp.
11.7.2013	2	celkem	3735	100,0				
11.7.2013	3	<i>Daphnia</i> sp.	54	1,6	1,5	12,50	1,01	<i>D. cucullata</i>
11.7.2013	3	ostatní Cladocera	81	2,3				<i>Bosmina longirostris</i>
11.7.2013	3	Cyclopoida	162	4,7				
11.7.2013	3	Calanoida	0	0,0				
11.7.2013	3	nauplia	162	4,7				
11.7.2013	3	Rotifera	3024	86,8				viz. Předchozí
11.7.2013	3	celkem	3483	100,0				
17.9.2013	1	<i>Daphnia</i> sp.	20	4,8	4,5	37,50	3,04	<i>D. cucullata</i> , max 0,7 mm
17.9.2013	1	ostatní Cladocera	80	19,0				<i>Bosmina longirostris</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> + ojed. jiný chydorid
17.9.2013	1	Cyclopoida	280	66,7				buchanky 0,7 - 1mm, max. 1,5mm
17.9.2013	1	Calanoida	0	0,0				
17.9.2013	1	nauplia	20	4,8				
17.9.2013	1	Rotifera	20	4,8				
17.9.2013	1	celkem	420	100,0				
17.9.2013	2	<i>Daphnia</i> sp.	99	16,9	1,8	15,00	1,22	viz. Předchozí
17.9.2013	2	ostatní Cladocera	153	26,1				<i>Bosmina longirostris</i> , <i>B. coregoni</i> , <i>Chydorus sphaericus</i>
17.9.2013	2	Cyclopoida	324	55,2				
17.9.2013	2	Calanoida	0	0,0				
17.9.2013	2	nauplia	2	0,3				
17.9.2013	2	Rotifera	9	1,5				
17.9.2013	2	celkem	587	100,0				
17.9.2013	3	<i>Daphnia</i> sp.	38	7,6	1,4	11,67	0,95	viz. Předchozí + ojed. <i>D. galeata</i>
17.9.2013	3	ostatní Cladocera	154	30,5				viz. Předchozí
17.9.2013	3	Cyclopoida	302	60,0				
17.9.2013	3	Calanoida	0	0,0				
17.9.2013	3	nauplia	5	1,0				
17.9.2013	3	Rotifera	5	1,0				<i>Keratella quadrata</i>
17.9.2013	3	celkem	504	100,0				

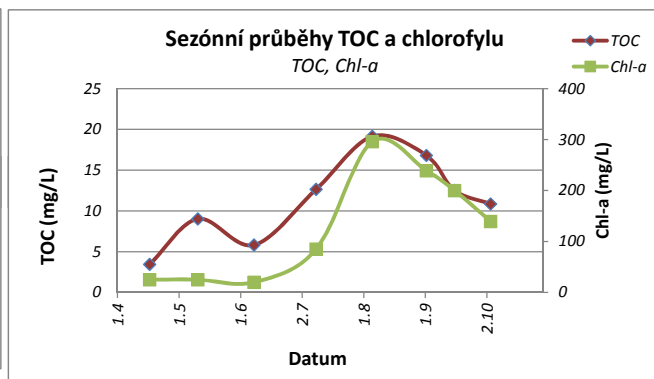
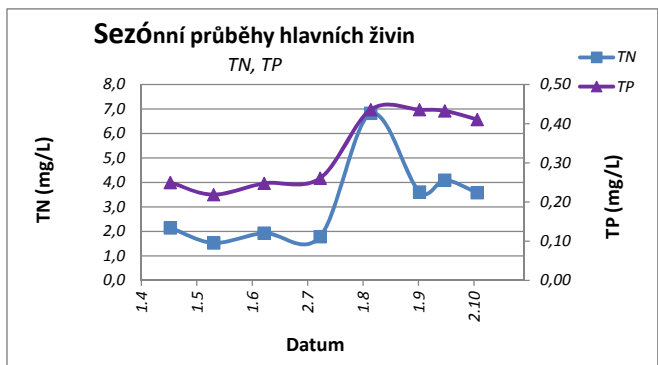
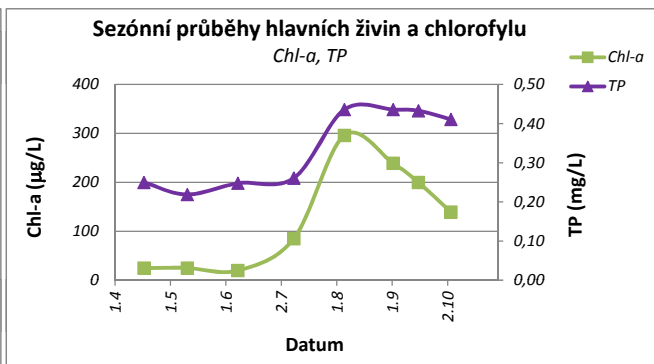
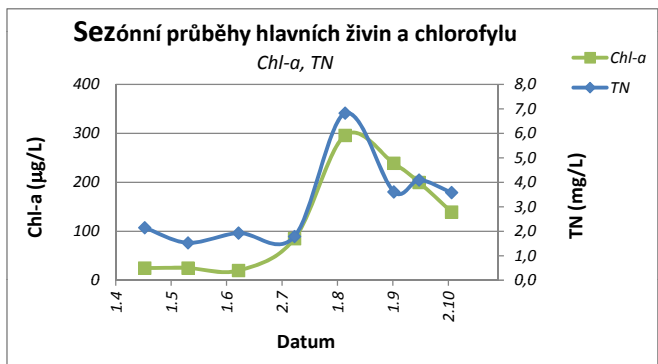
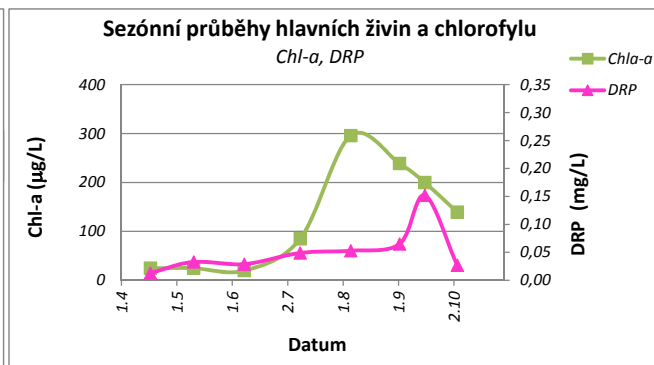
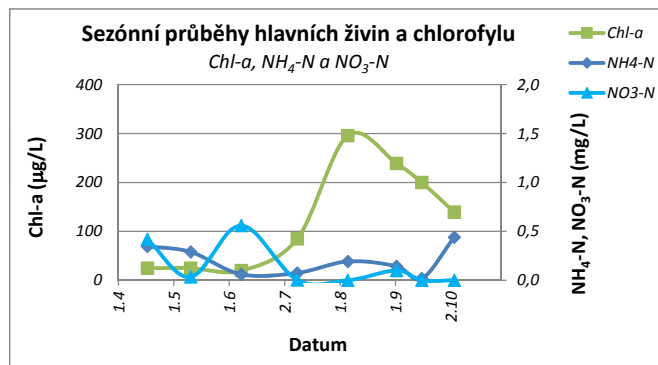
Roční monitoring nádrže Modlany 2013

Příloha 2. Grafické zpracování výsledků - sezónní průběhy fyzikálně-chemických parametrů, hlavních živin (C, N, P) a chlorofylu

Modlany 2013 Fyzikálně chemické parametry



Modlany 2013, hlavní živiny a koncetrace chlorofylu



Roční monitoring nádrže Modlany 2013

Příloha 3. Přehled metod, technik a prostředků směřujících k omezení masového rozvoje vodních květů sinic (zpracováno podle: Jedličková, 2006)

1. Snížení obsahu živin

Zásahy ve vodním sloupci	Snížení koncentrace biodostupného fosforu	Snížení koncentrace biodostupného fosforu - Metoda je vhodná zejména pro hluboké nádrže s delší dobou zdržení, kde nehrozí resuspendace vysráženého fosforu ze sedimentů větrem a turbulencí. V nádržích zarostlých makrofyty (vyššími rostlinami) bývá efektivita zásahu hlinitými solemi značně snížena. (Fosfor komplexovaný hydroxyhlinitanem je citlivý na vyšší pH., rovnoměrnost distribuce vloček na dně. Je-li v dané nádrži železo limitujícím prvkem je možné, že populace sinic po aplikaci síranu nebo chloridu železitého vzroste. Stejně jako u všech ostatních metod, dlouhodobější úspěšnost zásahu se dá předpokládat pouze v případě, že všechny významné externí zdroje fosforu byly již dříve odstraněny.
	Hypolimnické odpouštění Flokulace a koagulace biomasy	Hypolimnické odpouštění - Odpouštěním hypolimnické, na živiny bohaté, vody, lze dosáhnout snížení obsahu živin v nádrži a tím snížení růstu fytoplanktonu. Metoda není vhodná pro mělké vody. Použití metody je vhodné k urychlení obnovy nádrže, pokud již byl omezen přísun fosforu v přítoku a vnitřní zdroj výrazně převažuje. Flokulace a koagulace biomasy často spontánně překrývá s metodou Snížení biodostupnosti fosforu. Stejně jako u všech ostatních metod, dlouhodobější úspěšnost zásahu se dá předpokládat pouze v případě, že všechny významné externí zdroje fosforu byly již dříve odstraněny.
Ošetření a těžba sedimentů	Překrývání sedimentů Odstranění sedimentů Chemické ošetření	Princip překrývání spočívá v umístění nepropustné vrstvy na povrch sedimentů s cílem omezit uvolňování kontaminantů nebo živin ze sedimentů do vodního sloupce (EPA 2012). Technika je využívána především pro ošetření sedimentů znečištěných kovy a toxickými organickými látkami, ale je možné ji použít i pro omezení přísunu živin ze sedimentů. Vzhledem k obtížnosti vytvořit pod vodou rovnoměrnou souvislou vrstvu je však aplikována zřídka. Obecně se k těžbě sedimentů přistupuje spíše v menších mělčích nádržích, ve kterých dochází k tak mocnému ukládání sedimentů, že je již podstatně snížena vodní kapacita nádrže. V hlubších nádržích je vhodnější použít jinou metodu/techniku/přípravku. V případě vyhrnování sedimentu bývá nezanedbatelné i estetické narušení krajiny, hluk, nebezpečí zápachu a vliv na rekreaci.

	Provzdušňovací techniky Biotechnologie	Za k životnímu prostředí mnohem šetrnější bývá označováno odstraňování sedimentů sacím bagrem. Kombinované ošetření sedimentu oxidovanými sloučeninami dusíku (dusičnan vápenatý, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) a sloučeninami železa (chlorid železitý, FeCl_3) je známo pod názvem: Metoda RIPLOX (LIMNOFIX - označení v USA). Pokud je železo v nádrži limitujícím prvkem pro rozvoj fytoplanktonu, může jeho dodání vodní květ ještě zhoršit. Kromě chemické oxidace sedimentů pomocí dusičnanů (Chemické ošetření sedimentů), nebo celkovým promícháváním vodního sloupce (Umělá destratifikace), lze zajistit oxidaci sedimentů provzdušněním vodního sloupce nádrže (http://www.clean-flo.com).
Opatření na přítoku do nádrže	Přednádrže Chemické ošetření Biologické ošetření	

2. Použití cyanocidních a cyanostatických látek

Chemické algicidní látky	Anorganické látky Z anorganických algicidních látek se nejvíce používají sloučeniny mědi. Uvádí se i použití stříbra, manganistanu draselného, ozónu, síranu amonného, chlóru, ozónu a jiných. Obecně není vhodné používat koncentrace a přípravky, které vedou k usmrcení buněk a k vylití buněčného obsahu do okolí. Na nádrži Skalka testován DonauPAC Venezia (Vysoce bazický polyaluminium chlorid) s neprůkazným výsledkem. Organické látky Reglone A(používaná více na makrofyta), Roundup biaktiv (používaná více na makrofyta), Simazin a DCMU (herbicid inhibující fotosyntézu) Aquaclean (biologický přípravek s obsahem nepatogenních mikroorganismů, inertním nosičem a podpůrnými látkami). Organické selektivní a biodegradabilní látky L-lysin, antibiotika, enzymy, chinonové látky
Přírodní algicidy a cyanocidy	Rostlinné materiály (např. ječná sláma, dubové listí) – na menších nádržích Přírodní materiály a extrakty/koncentráty Látky s cyanocidní nebo cyanostatickou aktivitou (většinou sekundárních metabolity) z rostlin i z dalších organismů jsou zatím prozkoumány jen velmi málo a jejich použití je ve stádiu laboratorního výzkumu.

3. Biologická kontrola vodních květů

Viry / cyanofágy	Vztah „sinice-cyanofág“ v laboratorních podmínkách funguje jinak než v podmínkách přírodních. V literatuře není zmiňován žádný pokus převezení inokula cyanofága z nádrže, kde právě způsobil náhlý pokles biomasy vodního květu do dalších nádrží.
Bakterie	Bakterie jsou schopné pomocí tzv. lyzogenních enzymů narušit buněčnou stěnu sinice a inhibovat některé biochemické pochody včetně fotosyntézy.
<i>Prvoci a houboví paraziti sinic</i>	Princip působení prvoků teoreticky spočívá v přímé konzumaci nebo ve fagocytóze sinic. Biologická kontrola vodních květů pomocí hub a houbových organismů je na úrovni pozorování parazitů v přírodních vzorcích, maximálně na úrovni laboratorních studií.
<i>Řasy, kompetice a alelopatika</i>	Řasy tvoří sinicím hlavní konkurenci o živiny a světlo.
<i>Makrovegetace - kompetice a alelopatika</i>	Schopnost produkce alelopatických látek pro sinice toxických je popsána především u <i>Myriophyllum</i> sp., ale algicidní látky obsahuje i řada dalších vodních rostlin
<i>Bezobratlí (hmyz, zoobentos, mušle atd.)</i>	
<i>Býložravé ryby</i>	Při vysazení býložravých ryb se však setkáváme s celou řadou komplikací, které mohou problém vodních květů ještě zhoršit (ichtioeutrofizace, zvýšený predatorní tlak na zooplankton, zvržení sedimentů, nedokonalé trávení sinic/dokonalé trávení řas...)
<i>Regulace potravních sítí</i>	Regulace potravních sítí za účelem kontroly vodních květů bývá nejčastěji chápána jako tzv. <u>biomanipulace</u> vztahů ryby - zooplankton - cyanobakterie. Podstatou metody je podpora rozvoje predátorů, kteří eliminují populace drobných kaprovitých ryb a tím umožní rozvoj zooplanktonu filtrujícího fytoplankton.

4. Další technické metody

Ošetření ultrazvukem	Princip spočívá především ve zrušení kompetiční výhody některých sinic (<i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Woronichinia</i>), regulovat svoji pozici ve vodním sloupci . Pokud vlivem ultrazvuku dojde ke zničení plynových měchýřků popraskáním, měl by být podpořen růst netoxických řas na úkor toxických sinic.
Umělá destratifikace a míchání	Vlivem umělého promíchávání vodního sloupce dochází k destratifikci nádrže, tak je zrušena výhoda sinic schopných regulace své pozice ve vodním sloupci pomocí plynových měchýřků (<i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Woronichinia</i>). Nevýhodou opatření je vynášení na živiny bohatší vody z hypolimnia do celého vodního sloupce.
Proplachování a zředění	Proplachováním a ředěním nádrže vodou s nízkým obsahem živin a nízkým obsahem fytoplanktonu dochází ke snížení obsahu živin potřebných pro růst sinic a k odplavení části vody se sinicemi zvýšením průtoku v nádrži.
Odpouštění epilimnické vody	Výsledkem epilimnického odpouštění (odpouštění vody ze svrchní části vodního sloupce), může být odplavení biomasy

	vodních květů , které se ve vegetační sezóně kumulují u hladiny. Spolu s biomasou je ze systému odstraněna část živin. Dochází však k přenášení biomasy dále po proudu, kde může způsobovat značné problémy!
Odstranění biomasy sinic, ryb, makrofyt	Odstranění biomasy sinic je na první pohled velmi atraktivní způsob omezení vodních květů, neboť nese rychlé výsledky a zároveň je odstraněna značná část živin obsažených v buňkách fytoplanktonu. Problém spočívá ve zpracování odstraněné biomasy a v trvanlivosti efektu.
Technologické mokřady	
<i>Rredukce inokula sinic v sedimentech</i>	

Srovnání materiálů užívaných ke srážení fosforu z vodního sloupce a podle: Cooke et al. (1993) in Jedličková (2006)

	ŽELEZO	HLINÍK	KALCIT	HAŠENÉ VÁPNO	JÍLY
Afinita k anorganickému fosforu	Srovnatelná s hliníkem	V lab. studiích váže nad 90 % PO_4^{3-}	Výrazně nižší než Al nebo Fe	Výrazně nižší než Al nebo Fe, ale krystaly obsahují více vazebných míst než kalcit.	Záleží na druhu materiálu
Afinita k organickému fosforu	Nezachycuje organické částice	Ve vysokých koncentracích zachycuje organické částice.	Zachycuje organické částice	Zachycuje organické částice	Záleží na druhu materiálu, většinou zachycují organické částice
Aktivita po sedimentaci	Může zvýšit vazebnou kapacitu sedimentů	Může zakrýt organické částice na dně	Fosfor se může znovu uvolnit!	Jeví efektivnější než kalcit Může zvýšit vazebnou kapacitu sedimentů	Záleží na druhu materiálu Mohou zvýšit vazebnou kapacitu sedimentů
Náročnost k redoxním podmínkám	Vyžaduje oxický hypolimnion!	Nenáročný	Může vyžadovat oxický hypolimnion	Může vyžadovat oxický hypolimnion	Nenáročný
Toxicita k necílovým organismům	Méně toxické než hliník. Redukuje pH vody	Al^{3+} je toxický, ale u legálně registrovaných přípravků by k uvolnění iontů nemělo dojít. Redukuje pH vody	Netoxické, ale hrozí přílišné zvýšení pH	Netoxické, ale hrozí přílišné zvýšení pH	Netoxické
Cena	Levnější než Al	Vzhledem k jiným metodám, poměrně nenáročná	Levnější než Al a Fe	Levnější než Al a Fe	Záleží na druhu materiálu