

Česká společnost krajinných inženýrů při ČSSI
Fakulta lesnická a environmentální, ČZU v Praze
Fakulta stavební, ČVUT v Praze

KONCEPCE ŘEŠENÍ MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ A MOKŘADŮ

Seminář

24. března 2004

(souhrn referátů a diskuse)

Přednášející:

RNDr. Jan Pokorný, CSc.: Mokřady, účel, typy, vegetace

Doc. Ing. Karel Vrána, CSc.: MVN – součást revitalizace krajiny

Doc. Ing. Jiří Gergel, CSc.: Hydrobiologie MVN, sedimenty v nádržích,
vegetační doprovody

Ing. Tomáš Just: MVN a mokřady z pohledu AOPK

Prof. Ing. Jan Šálek, CSc.: Možnosti samočisticích schopností MVN.

Prof. Pavel Kovář, DrSc., Ing. František Křovák, CSc.:

Možnosti kvantifikace hydrologické bilance povodí modelem WBCM

Cíl semináře:

1. Koncepce řešení malých vodních nádrží, tůní a mokřadů. Jejich vliv na bilanci vody v krajině. Technická a netechnická řešení. Samočisticí schopnost nádrží.
2. Vyvolat diskusi k uvedené problematice a pokusit se o formulaci obecných doporučení.

Mokřady – jejich typy, vegetace a úloha v krajině

Wetlands – Mokřady

Jan Pokorný, ENKI o.p.s. Ústav ekologie krajiny AVČR, Třeboň, Dukelská 145, pokorny@enki.cz

Teze přednášky pro seminář 24.3. 2004

Koncepce řešení malých vodních nádrží a mokřadů

Mokřady zauímají pozici mezi terestrickými a vodními ekosystémy.

Každá definice mokřadu vždy odráží potřeby či účel, pro než byla vytvořena. Mokřad navozuje jinou, (čvachtavější) představu nežli anglický termín wetland.

K definici mokřadů lze přistupovat dvěma odlišnými způsoby: (1) založit ji na **procesech**, které podmiňují jejich charakter, nebo (2) na **výčtu vnějších charakteristik**, které tyto biotopy musí splňovat. První kategorie - **funkční definice**, jsou užívány obvykle v ekologickém kontextu, tedy pro potřeby studia a porozumění určujícím procesům, které v těchto ekosystémech probíhají. **Výčtem charakteristik** jsou mokřady definovány obvykle **pro legislativní účely**.

Z podstaty procesů charakteristických pro mokřady vychází definice, kterou uvádí Keddy (2000):

Mokřad je ekosystém, který vzniká, když v důsledku zaplavení vodou v půdě převládá anaerobní (přesněji anoxické) procesy, což vyvolá vznik adaptací živých organismů (převážně rostlin) na zaplavení.

Do kategorie funkčních definic spadá také poněkud užší definice, která byla přijata v průběhu **Mezinárodního biologického programu (IBP)** (Westlake et al. 1988). Podle ní je mokřad definován jako:

území dominované specifickými druhy rostlin (makrofyty), jejichž produkce se odehrává převážně v atmosféře nad vodní hladinou, a přitom jsou tyto rostliny zásobeny takovým množstvím vody, které by bylo nadbytečné pro většinu ostatní druhů vyšších rostlin s prýty ve vzdušném prostředí.

Podle **definice IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources)** z r. 1971 (Gopal et al. 1990) jsou mokřady definovány jako:

“území zaplavená vodou či zamokřená, přirozená či uměle vytvořená, dočasná či trvalá, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou. Zaplavená území, která jsou považována za mokřady, zahrnují rašeliniště, slatiniště s bylinnou i dřevinnou vegetací, ústí řek, zálivy, rybníky, tůně, jezera, řeky a vodní nádrže. Pokud jde o mořské a pobřežní ekosystémy, jsou zahrnuta území s hloubkou vody do 15 m”.

V podobném duchu je i **definice Ramsarské úmluvy** (Chytil et al. 1999, str. 15), v níž jsou mokřady definovány jako

“území bažin, slatin, rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozená i uměle vytvořená, trvalá či dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřesahuje 6 metrů”.

V podmínkách ČR se často (intuitivně) rozlišují mokřady v užším slova smyslu a ekosystémy vodní (podle IUCN též mokřady) podle toho, v jakém prostředí se odehrává převážná část určujících ekologických procesů. Za mokřady považujeme často ty ekosystémy, v nichž převládá fixace uhlíku přímo z atmosféry, tedy emerzními listy mokřadních rostlin. Fixace uhlíku ponořenými částmi rostlin, ponořenými makrofyty a fytoplanktonem nehraje v takto vymezených biotopech zásadní úlohu. Patří sem tedy rákosiny (litorály rybníků)

říční nivy

prameniště

zaplavované louky

lužní lesy

rašeliniště

podmáčené smrčiny

Za vodní budeme považovat ty ekosystémy, v nichž probíhá fixace uhlíku převážně pod vodou prostřednictvím fytoplanktonu nebo makrofyt. Fotosyntéza v mokřadních ekosystémech probíhá tedy převážně na vzduchu, zatímco ve vodních ekosystémech převážně ve vodě.

Obrázky:

Schéma typů mokřadních rostlin – Patrick Denny

Schéma rákosu a jeho vzdušných pletiv

Úloha mokřadů v krajině = úloha vody v krajině

Úloha vody a rostlin v krajině:

- klimatizace evapotranspirací
- sekvestrace (vázání) oxidu uhličitého do biomasy a půdy
- zadržování (vázání) živin (kationty, dusík, fosfor i těžké kovy)
- produkce ryb, rostlinné biomasy (rákos, dřevo)
- biodiverzita – druhová rozmanitost
- rekreace

Vývoj krajiny po době ledové. Změny v krajině působené člověkem v různých civilizacích.

Člověk odvodňuje krajinu, přetváří ji pro zemědělské plodiny, které pocházejí převážně ze stepí. Člověk zemědělec odvodňuje krajinu a narušuje tak její základní ekologické funkce – toky vody, energie a látek.

Člověk existuje na Zemi přibližně milion let, až v posledních deseti tisících letech vznikaly a zanikaly civilizace založené na zemědělství. Dnes archeologové odhalují jejich zbytky v písku.

Obrázek:

Vývoj krajiny po době ledové

Krátký a dlouhý cyklus vody

Zásady setrvalého hospodaření

Recyklace látek, uzavírání cyklu vody

Kritéria:

Chemická účinnost (Ripl et al 1994) množství odtékajících kationtů je měřítkem acidifikace (vyčerpávání půdy)

Energetická účinnost (Ripl et al. 1994) poměr mezi výparným a pocitovým teplem ukazuje na stupeň využití sluneční energie ve vodním cyklu. Nízké teplotní rozdíly v krajině indikují vysokou disipaci sluneční energie přes vodní cyklus.

Obrázek :

Současný stav povodí

Povodí po revitalizaci

Návrat vody do krajiny, podmínka recyklace látek, disipace sluneční energie, sekvestrace oxidu uhličitého, zmírnění klimatické změny, zvýšení biodiverzity

Rybníky – obrázek

Rybníky (umělá jezera, umělé mokřady) stavěné před více než 500 lety splynuly s krajinou tak, že se jsou v některých případech až lokalitami mezinárodního významu (Ramsarské lokality). Podmínkou jejich udržení v krajině je jejich rozumné obhospodařování a nasazení rybami. Právě rybníční soustavy mohou sloužit jako příklad setrvalého hospodaření s vodou v krajině.

Malé vodní nádrže – součást revitalizace krajiny

Doc. Ing. Karel Vrána, CSc.

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

Stavební fakulta ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Anotace

Příspěvek pojednává o historii výstavby vodních nádrží a o jejich významu v krajině. Uvádí cíle a využití finanční podpory z Programu revitalizace říčních systémů pro obnovu nebo výstavbu malých vodních nádrží. Dále jsou diskutovány hlavní účely malých vodních nádrží a problémy technického stavu hrází a funkčních objektů, problematika sedimentu v nádržích a jeho odstraňování, problémy vlastnické a legislativní zajištění. Podstatnou část příspěvku tvoří závěry hodnocení malých vodních nádrží, realizovaných v rámci revitalizačních akcí a doporučení pro návrhy a realizace nově budovaných malých vodních nádrží.

Historický význam malých vodních nádrží v krajině

Malé vodní nádrže, dříve nazývané prakticky výhradně rybníky, tvořily vždy v krajině významný prvek její ekologické stability. Začátek výstavby rybníků byl podporován církví, hlavní účel nádrží v té době byl rybochovný a ryby tvořily základ postních jídel. O výstavbu rybníků a o chov ryb však velmi brzo a velmi rychle začala projevovat zájem i šlechta i města. V polovině 14. století byla technika výstavby nádrží již natolik osvojena a rozvinuta, že byly budovány už poměrně vysoké hráze v širokých údolích toků. Důvodem k tomu byla i skutečnost, že chov ryb v té době se stal jedním z nejvýnosnějších podnikání v zemi, rybami nebyly zásobovány jen domácí trhy, nýbrž i trhy v sousedních zemích. Mnoho vybudovaných rybníků začalo sloužit i jiným účelům než jen chovu ryb, jako např. k provozu mlýnů, pil, hamrů, báňských zařízení či k plavení dřeva. Pro nové rybníky byly využívány hlavně stávající močály a blata, přispívalo se tak i k ozdravení krajiny a nové hráze se stávaly základem pro tvorbu nové cestní sítě.

Počátkem 15. století byl zaznamenán první větší útlum výstavby rybníků. Nepokoje a husitské války nejenže nemotivovaly k další výstavbě, ale řada hrází rybníků byla násilně protržena či zpusťla jako důsledek vypleněných statků a klášterů či dobitých měst. Teprve v sedmdesátých letech 15. století se začíná projevovat úsilí zejména šlechty o obnovu poničených rybníků a o rybníkářství vůbec. Počátkem 16. století se začalo projevovat velké úsilí v tomto směru u Rožmberků v jižních Čechách, přesněji na Třeboňsku. Kvalitativní posun byl zaznamenán v tom, že úvahy o budování rybníků směřovaly k vytváření celé rybníční soustavy.

Rybníční soustava Třeboňska je v současné době pozoruhodná ještě jednou skutečností. Území třeboňské pánve na ploše zhruba 700 km² je chráněno - dokonce pod záštitou UNESCO - jako biosférická rezervace. Mnoho lidí si přitom neuvědomuje, že jde o ochranu území, které nemá přirozený charakter, nýbrž které bylo zcela zásadně změněno antropogenní činností a tato činnost - samozřejmě v té době neuvědomělá - byla vlastně činností esteticko-krajinotvornou, jak bychom ji dnes nazvali. Tato činnost zcela evidentně a výrazně zvýšila kvalitu území. Je jistě namístě otázka, zda by se takovéto dílo zrodilo i v současné době, zda by se zrodila

odvaha k takovému projektu a hlavně, zda by došlo k dohodě mnoha zainteresovaných stran.

Kromě této rybníční soustavy existovaly a ještě existují v menším rozsahu i jiné soustavy, např. Českobudějovická, Blatenská, na Pardubicku či na jižní Moravě. Období počátku 17. století je označováno jako období největšího rozkvětu rybníkářství v Čechách a na Moravě, na jehož konci zde prý existovalo až 75 000 rybníků. Nemělo však dlouhého trvání. Další desetiletí a staletí přinášela však už jen stagnaci a útlum. Během třicetileté války byla řada rybníků zničena, řada rybníků zpustla z důvodu ztráty majitele nebo uživatele a z důvodu ztrát velkého množství pracovních sil.

Dalším zlomem v rozvoji rybníkářství bylo zrušení nevolnictví, kdy mezi svobodnými bývalými nevolníky nastal „ hlad po půdě“. To mělo za následek rušení rybníků a uvolněné pozemky byly k dispozici pro pěstování zemědělských plodin. Další snížení počtu rybníků a nádrží nastalo s rozvojem pěstování cukrovky u nás počátkem 19. století, neboť pozemky po zrušení rybníků a vysušení jejich dna byly považovány za velice příznivé pro pěstování cukrové řepy.

Zcela přesný počet malých vodních nádrží, akumulovaný objem vody ani rozloha těchto nádrží v České republice nejsou známy. Poslední oficiálně uveřejněné informace tohoto typu jsou obsaženy ve Směrných vodohospodářských plánech ČSSR (8), kde se uvádí, že v roce 1970 bylo na území České republiky 23 400 malých vodních nádrží s objemem zadržené vody 486 mil.m³ a katastrální výměrou 518 km² (4).

V Generelu rybníků a nádrží České republiky (1) jsou k roku 1995 uvedeny tyto informace na základě evidence Vodní díla - TBD a.s., a to počtem 20 až 22 tisíc nádrží o rozloze málo přes 500 km² a objemu zadržené vody přibližně 420 mil.m³.

Porovnáním údajů z obou období je patrné, že za těchto 25 let výstavba malých vodních nádrží prakticky stagnovala, případně došlo k likvidaci některých nádrží.

Nerovnoměrné rozmístění malých vodních nádrží na území republiky vychází z řady souvislostí, daných místními podmínkami, historickými tradicemi, vazbou na sídla jejich zakladatelů, demografickými, výrobními, sociálními a dalšími podmínkami.

Největší podíl malých vodních nádrží je soustředěn do 24 hlavních rybníčních soustav, v nichž je cca 2800 nádrží o rozloze 1 až 3 ha, cca 1800 nádrží o rozloze 3 až 5 ha a cca 1100 nádrží o rozloze nad 5 ha. Převážná část nádrží spadá z hlediska technicko-bezpečnostního dohledu do IV.kategorie, cca 150 nádrží patří do III.kategorie.

Program revitalizace říčních systémů

V roce 1991 byl v České republice zahájen Program revitalizace říčních systémů, finančně podporovaný ze státního rozpočtu a metodicky řízený odborem ekologie krajiny ministerstva životního prostředí ČR.

Cílem Programu revitalizace říčních systémů je napravování důsledků rozsáhlého poškození vodního režimu krajiny. Prioritní přitom není jen znečištění vodních toků, ale zejména obnova přirozených vodohospodářských poměrů v povodí drobných vodotečí i vodohospodářsky významných toků. Jedná se tedy o program, cílený na komplexní řešení problémů povodí jako celku. V rámci tohoto programu je možno realizovat kromě mnoha dalších opatření i rekonstrukci stávajících nebo výstavbu nových malých vodních nádrží.

Na realizaci těchto programů jsou vynakládány každoročně nemalé finanční prostředky. Výše vynakládaných finančních prostředků se po počátečních nižších částkách stabilizovala od roku 1996 na výši cca 250 mil.Kč ročně, takže od začátku bylo v rámci Programu revitalizace říčních systémů vynaloženo cca 2,5 mld.Kč (9).

Významný podíl vynakládaných finančních prostředků byl zpočátku věnován na obnovu nebo výstavbu malých vodních nádrží, podstatně menší zájem byl o akce revitalizací vodních toků. Ročně byla realizována obnova nebo výstavba cca 100 až 150 malých vodních nádrží, finanční dotace tvořila v jednotlivých letech 30 až 50 % celkové částky programu. Největší počet žádostí o obnovu a výstavbu vodních nádrží pochází od fyzických osob a obcí, revitalizace toků naproti tomu realizují téměř výhradně rozpočtové a příspěvkové organizace. V počtu žádostí převažují obce, nejméně žádostí podávají právnické osoby.

Hlavní důvody pro převažující zájem o obnovu nebo výstavbu malých vodních nádrží jsou jednak poměrně jasné technické zásady řešení (dané zejména ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže), dále většinou snazší řešení vlastnických vztahů k dotčeným pozemkům (jedná se zpravidla o menší počet vlastníků než u revitalizace vodního toku), zkušenosti dodavatelských firem s výstavbou a v neposlední řadě i zájem komerční (chov ryb), ačkoliv zásady financování z Programu revitalizace říčních systémů komerční využití nádrží nedovolují.

Vzhledem k poměrně vysokému podílu finančních prostředků, věnovaných v minulých letech na obnovu a výstavbu malých vodních nádrží dochází v některých regionech k útlumu zájmu o realizaci dalších akcí tohoto typu a přednostně jsou finanční prostředky směřovány na jiné typy revitalizačních akcí.

Jedním z důvodů nezájmu poradních sborů Agentur ochrany přírody a krajiny, které rozhodují o výši přidělení finančních prostředků na jednotlivé žádosti je i obtížně splnitelná nepsaná, avšak respektovaná podmínka „měrného nákladu“ na m³ zadržené vody v nádrži. Tato hodnota je uvažována ve výši cca 200 Kč na 1 m³ zadržené vody, což nelze dosáhnout zejména u malých nádrží, protože náklady na funkční objekty jsou prakticky nezávislé na velikosti nádrže a u výstavby hráze také nejsou náklady v lineární závislosti s objemem nádrže. Z tohoto pohledu by bylo účelnější navrhovat velké nádrže s plochou hladiny nad 5 ha a objemem zadržené vody nad 50 tis.m³, kde splnění podmínky měrného nákladu je reálné, případně je možno dosáhnout ještě nižších hodnot. Na druhé straně však náklad takové nádrže dosáhne či převyší částku 10 mil.Kč, což není částka zanedbatelná.

Účely malých vodních nádrží

Při žádostech o přidělení finanční dotace z Programu revitalizace říčních systémů (i z dalších programů, např. Státního fondu životního prostředí, Programu péče o krajinu) se v rámci investičního záměru uvádí i účel akce, na níž je dotace požadována (7).

Hlavní účel, který je uváděn u malých vodních nádrží je účel krajinytvorný, dále zadržetí vody v krajině, v některých případech akumulace vody pro nalepšování průtoků v době sucha, případně účel transformace povodňových průtoků.

První účel, tj. účel krajinytvorný, je neoddiskutovatelný, protože vodní nádrže jsou v krajině definovány jako významný krajinný prvek. Výjimečně je možno vodní nádrž považovat v krajině za rušivý prvek, snad pouze v případě výrazně necitlivého řešení hráze a funkčních objektů, kde použité materiály neodpovídají charakteru přírodního prostředí.

Z hlediska zadržení vody v krajině je význam vodních nádrží zcela jednoznačně také pozitivní, i když oponenti vodních nádrží preferují zadržení vody v půdním profilu. Tento pohled je z jedné strany správný, protože dobře udržovaný půdní profil je schopen pojmout a zadržet v rámci celého povodí nesmírný objem srážkové vody. Např. půdní profil s dobrou infiltrační schopností o mocnosti 0,6 m a při průměrné pórovitosti 30 % je schopen zadržet srážku úhrnu 180 mm. Převážná plocha zemědělsky využívaných půd však je v takovém stavu, že půdní profil je ztuhnut pojezdem zemědělských strojů na takovou míru, že půdní profil je schopen zadržet minimální objem srážkové vody, a to ještě pouze u srážek s nízkou intenzitou, kde je půda schopna alespoň část povrchového odtoku převést na infiltraci.

Nedocenenou vlastností malých vodních nádrží je akumulární schopnost zásobního prostoru, kde vodu zadrženou v nádrži je možno využívat na nalepšování průtoků v době minimálních průtoků v napájecím toku. Pro význam nalepšování průtoků v toku pod nádrží je možno uvést následující příklad – zásobní prostor nádrže činí 20 tis.m³, hygienický průtok v toku pod nádrží Q₃₃₀ = 10 l.s⁻¹. Za předpokladu nulové průtoky vody v napájecím toku je schopna nádrž dotovat ze zásobního prostoru odtok vody z nádrže o hodnotě Q₃₃₀ na dobu 24 dnů (při plném využití zásobního prostoru nádrže, což by nebylo vhodné) nebo na dobu úměrnou zachování části zásobního prostoru nádrže např. pro zachování života v nádrži. Uvedený příklad vychází z nejnepříznivější situace nulového přítoku vody do nádrže, což může v některých lokalitách skutečně nastat, avšak ukazuje to na možnost výrazného pozitivního ovlivnění vodní bilance toku vodní nádrží. Podmínkou pro možné využití vodní nádrže pro nalepšování průtoků v toku pod hrází však je ochota vlastníka (či nájemce nádrže) na tuto manipulaci přistoupit. V řadě případů však vlastníci nádrže udržují nádrž po celou dobu jejího provozu na provozní hladině a odmítají jakékoliv snížení hladiny např. z důvodu chovu ryb (byť pouze pro vlastní potřebu či sportovní rybolov), někdy dokonce dochází ke svévolnému navyšování koruny bezpečnostního přelivu provizorními nástavbami pro zvýšení objemu vody v nádrži.

Naopak někdy přeceňovanou vlastností malých vodních nádrží je schopnost transformovat povodňové průtoky v retenčním prostoru nádrže. Pro ilustraci tohoto chybného názoru opět poslouží příklad – většina malých vodních nádrží má vodní plochu o rozloze 1 až 2 ha a maximální hloubku retenčního prostoru 0,6 m. Při středních hodnotách 1,5 ha a hloubce 0,6 m je objem retenčního prostoru 9 tis.m³. Uvážíme-li, že na drobných vodních tocích, na nichž převažuje výstavba malých vodních nádrží, je objem povodňové vlny se stoletým opakováním řádově statisíce až jeden milion m³, pak transformační účinek vodní nádrže je zcela zanedbatelný. Jediným prostředkem pro snížení kulminačního průtoky povodně je vypuštění části zásobního prostoru (pokud je hlášení o příchodu povodně v dostatečném předstihu), avšak i v tomto případě je transformační účinek nádrže v řádech několikaprocentního snížení kulminace. Pokud je nádrž na provozní hladině, prochází povodňová vlna bezpečnostním přelivem bez ohrožení nádrže, avšak tok pod hrází je zasažen povodní stejně kulminace, jaká byla nad nádrží.

V poslední době je v některých regionech přikládán velký význam výstavbě suchých nádrží (poldrů) pro zajištění protipovodňové ochrany, někteří vodohospodáři spatřovali zejména v období po významných povodních v roce 1997 a 2002 jediné vhodné řešení návrhem a výstavbou suchých nádrží. Postupem času se ukazuje, že suché nádrže jsou jedním z prvků protipovodňové ochrany, nikoliv prvkem jediným a vše řešícím.

Obdobně zavádějící je i přeceňování významu mokřadů v krajině. K této problematice uvádím pouze několik připomínek, podrobné a velice fundované zásady pro význam, účel a typy mokřadů budou obsahem příspěvku J.Pokorného. V některých případech dochází k akcentování významu mokřadů pro efektivní zadržení vody v krajině, ale zejména k uvádění schopnosti mokřadů transformovat povodňové průtoky. Tento druhý pohled je zcela zavádějící, protože jednak mokřady pokrývají zpravidla pouze malé plochy, jednak je jejich retenční objem prakticky nulový. Hlavním kladem těchto ploch je dle mého názoru zajištění určitého minimálního, ale pro život vodních živočichů postačujícího, objemu vody v období sucha pro přežití.

Stav malých vodních nádrží

Současný stav většiny hrází a funkčních objektů odpovídá jejich stáří, péči a finančním prostředkům, které byly věnovány na jejich údržbu. Problémy, vyskytující se v současné době na malých vodních nádržích lze rozdělit do následujících skupin, které se však vzájemně prolínají:

- problémy vodohospodářské,
- problémy technické,
- problémy ekologické,
- problémy ekonomické,
- problémy majetkoprávní.

Hlavní vodohospodářský problém malých vodních nádrží tvoří jejich zanášení sedimenty. Zanášení nádržních prostorů sedimenty je způsobováno erozními procesy, vznikajícími zejména na zemědělské půdě v povodí nádrže. Výsledkem intenzifikace zemědělské výroby (zvyšování podílu orné půdy, vytváření velkých půdních bloků, velkoplošné pěstování erozně náchylných plodin, nesprávná agrotechnika, zvýšené používání průmyslových hnojiv a ochranných látek) byl rapidní vzrůst erozních procesů v povodí a transport nerozpuštěných a rozpuštěných látek povrchovými toky. Při snížení průtočné rychlosti v nádržích pak dochází k sedimentaci půdních částic v nádržním prostoru s řadou negativních dopadů na nádrž a kvalitu vody jak v nádrži, tak i v toku pod hrází.

J.Gergel (2) na základě vyhodnocení rozsáhlého souboru rybníků v jihočeském regionu odhaduje, že objem sedimentu v nádržích ČR představuje cca 150 mil.m³, z toho objem sedimentu v nádržích s mocností sedimentu do 20 cm činí cca 6,5 mil.m³, s mocností od 20 do 40 cm cca 87,8 mil.m³ a s mocností nad 40 cm cca 57,2 mil.m³. Roční přírůstek sedimentu do vodních nádrží se odhaduje o objemu cca 360 tis.m³. Podrobnější informace k tomuto problému budou jistě obsaženy v příspěvku J.Gergela.

Náklady na odtěžení a uložení 1 m³ sedimentu se pohybují v rozmezí 150 až 2 000 Kč, což by při průměrné částce na 1 m³ cca 500 Kč znamenalo finanční dotaci na odbahnění nádrží ve výši cca 75 mld.Kč. Vzhledem k tomu, že však se současně neřeší příčina zanášení vodních nádrží, tj. problematika erozních procesů v povodí, je odtěžení sedimentů z nádrží pouze dočasné a je jen otázkou času, kdy bude tuto činnost třeba znovu opakovat.

Nepominutelným problémem je i otázka co s vytěženým sedimentem. Ačkoliv sedimenty uložené v nádrži nikomu nevadí, po odtěžení se stávají odpadem. Z tohoto důvodu je třeba před jejich vytěžením provést odběr vzorků (jeden směsný vzorek nebo více vzorků podle požadavku hygienika) a podrobný rozbor, odpovídající vyhlášce č.383/2001 Sb. (seznam ukazatelů uveden v tab.6.1 a 9.1).

Tento rozbor s doporučením způsobu likvidace sedimentu a případně i s odběrem vzorku stojí cca 13 tis.Kč. V případě i malého překročení limitních hodnot může být sediment zařazen do kategorie zvláštního odpadu s nutností ukládat sediment na speciální skládce, což výrazně zvyšuje náklad na odbahnění nádrží.

Na základě průzkumu, který provedla organizace Vodní díla - technickobezpečnostní dohled a.s. (Vodní díla - TBD a.s.) na téměř 500 malých vodních nádržích, vyhodnotila tato organizace současný technický stav hrází a funkčních objektů (3). Téměř u 40 % nádrží byl zjištěn špatný stav výpustných zařízení, u 35 % nádrží neudržovaná vegetace na hrázi, u téměř stejného počtu zamokření podhrází, u 30 % průlehy na koruně hráze, u cca 25 % nádrží špatný stav bezpečnostního přeliv, deformace svahů hráze a porušené opevnění návodního svahu. U přibližně třetiny sledovaných nádrží bylo zjištěno, že hráze nejsou dostatečně zabezpečeny proti přelití vodou při průchodu povodně. Vzhledem k tomu, že se jednalo o nádrže vybudované před platností ČSN 75 2410, byly hráze a objekty posuzovány na individuálně stanovenou hodnotu návrhové povodně, nikoliv na stoletou či padesátiletou povodeň.

Z ekologického hlediska patří k nejzávažnějším otázkám kvalita vody, problematika eutrofizace nádrží, ochrana flory, fauny a ekosystémů. Řada ekologických problémů se pochopitelně prolíná s problémy technickými, vodohospodářskými a ekonomickými.

Velice významný je příklad střetu dvou problémů na nádržích. Příbřežní mělké (tzv. litorální) pásmo nádrží zarůstá velice rychle vlhkomilnou vegetací, která jednak zvyšuje výpar, jednak zmenšuje rozlohu vodní hladiny a objem zadržené vody v nádrži, což je hlediskem negativním. Na druhé straně toto pásmo je stanovištěm různých druhů živočichů, v některých případech chráněných. Z těchto důvodů je třeba individuálně a velice uvážlivě rozhodnout, zda toto litorální pásmo u malých vodních nádrží ponechat nebo zrušit. V současné době vyžadují zástupci ekologických aktivit při úpravách vodního prostoru nádrže ponechání litorálního pásma o rozloze cca 15 % plochy nádrže.

Malé vodní nádrže by v žádném případě neměly být využívány pouze komerčně s cílem získat co největší zisk. Tohoto cíle lze dosáhnout pouze tehdy, pokud se na financování mimoekonomických funkcí malých vodních nádrží podílí i stát, jak tomu bylo již od minulého století. Současný neutěšený stav hrází, funkčních objektů a zanesených nádržních prostorů je výsledkem nevhodné státní politiky minulých desetiletí, kdy hlavním cílem byla intenzifikace chovu ryb na úkor zcela nedostatečných kapacit a finančních prostředků na běžnou údržbu, případně opravy. Noví vlastníci nejsou v současné době schopni bez finanční podpory státu nápravu tohoto stavu řešit, a proto v řadě případů uvedené problémy na malých vodních nádržích přetrvávají nebo se dokonce prohlubují.

Po roce 1989 byla dle zákona 229/91 Sb. převedena část malých vodních nádrží původním vlastníkům nebo jejich právním nástupcům, část malých vodních nádrží v rámci transformace a privatizace některých organizací přešla na tyto nově ustavené právní subjekty (Povodí s.p., , Rybářství a.s, Rybářské svazy, fyzické osoby). Spolu s majetkem pochopitelně přešla na tyto nové vlastníky i povinnost se o tento majetek starat a udržovat jej v provozuschopném a bezpečném stavu. Na řadě malých vodních nádrží jsou však zásadní zásady údržby a oprav investice zanedbávány a prvořadým zájmem vlastníků je pouze finanční výsledek hospodaření na nádrži. Základní dokumenty k nádrži jsou převážně neúplné nebo zcela chybí, ať již se jedná o projektovou dokumentaci vodního díla nebo o další dokumenty (kolaudační protokoly, manipulační a provozní řady, kategorizace díla, technicko-

bezpečnostní prohlídky apod.). Výsledkem takového přístupu k malým vodním nádržím může být postupná devastace hráze a objektů, jejich neschopnost zvládnout průchod povodňových průtoků s možnými nejhoršími následky při protržení hráze. Odpovědnost za ztráty na majetku nebo dokonce na lidských životech je plně na vlastnících nádrže.

Z hlediska legislativního je možno prohlásit, že malé vodní nádrže jsou ošetřeny postačujícím způsobem. Z hlavních legislativních dokumentů, které se malých vodních nádrží týkají je možno uvést zákon č.254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon), zákon č.50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), zákon č.114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, zákon č.185/2001 Sb., o odpadech, vyhlášku č.471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly (k zákonu č.254/2001 Sb.), vyhlášku o ochraně povrchových a podzemních vod před znečištěním (k zákonu č.254/2001 Sb.), metodický pokyn OOV MŽP ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích, Věstník MŽP – částka 5, ročník 1998, metodický pokyn OOV MŽP k výkonu TBD na v.d. IV.kategorie, Věstník MŽP – částka 5, ročník 1998, metodický pokyn OOV MŽP o vegetaci na hrázích malých vodních nádrží, Věstník MŽP – částka 5, ročník 1998, ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, TNV 75 2910 – Manipulační řády vodohospodářských děl na vodních tocích a TNV 75 2920 – Provozní řády vodních děl.

Doporučení pro návrh malých vodních nádrží

Autor příspěvku provedl se svými spolupracovníky v roce 2002 posouzení revitalizačního efektu souboru 20 realizovaných revitalizačních akcí na drobných vodních tocích a na 10 vybudovaných malých vodních nádržích, podporovaných Programem revitalizace říčních systémů. Autoři studie, zadané ministerstvem životního prostředí ČR navštívili všechny vybrané nádrže, provedli podrobný terénní průzkum, shromáždili obsáhlou fotografickou dokumentaci a zhodnotili všechny nádrže podle řady kritérií (6). Výběr zkoumaných nádrže byl volen tak, aby nádrže byly v různých oblastech republiky (6 okresů), v různých geografických podmínkách (podhorské oblasti, střední polohy, nížinné oblasti), na různě vodních tocích, aby zahrnovaly nádrže průtočné a neprůtočné, různé firmy pro zpracování projektové dokumentace, různé roky realizace apod.

V rámci hodnocení malých vodních nádrží bylo posuzováno těleso hráze, funkční objekty (výpusť, bezpečnostní přeliv, zátoka nádrže a vegetace na březích nádrže a na hrázi). Hodnoceny byly tyto ukazatele, přičemž vyšší počet hvězdiček označuje vyšší kvalitu ukazatele:

Hráz

- *** hráz má mírné sklony svahů, osetí vzdušného svahu, případně i koruny hráze je udržováno (sekáno), opevnění návodního svahu je kamenným pohozem z vhodného místního kamene (nepravidelný, oblý), na vzdušném svahu je vysázena vegetace, udržovaná, při patě vzdušného svahu je patní drén nebo alespoň odvodňovací příkop
- ** hráz má normové sklony svahů (1 : 3,5 návodní, 1 : 2 vzdušný svah), opevnění návodního svahu místním kamenem, avšak pravidelného tvaru, vegetace je sporadická, neudržovaná, travní kryt nesezaný, výskyt kopřiv a bodláků, patní drén existuje

- * hráz má příliš strmý sklon svahů (strmější než 1 : 3 u návodního svahu a 1 : 1,5 u vzdušného svahu), opevnění návodního svahu je pravidelným, ostrohranným lomovým kamenem nebo jiným způsobem (betonové desky, kamenná dlažba), hráz je zarostlá náletem, neudržovaná, pata návodního svahu je podmáčená (není patní drén)

Výpust

- *** výpustné zařízení má úměrnou velikost (max. do 1 x 1 m), vybudováno z vhodného materiálu (prefabrikovaný betonový požerák s obložením kamenem nebo nad úrovní hladiny dřevem), odpad od výpusti opevněn místními materiály (laťové plůtky, místní kámen), lávka k požeráku dřevěná nebo ocelová obložená dřevem nebo požerák bez lávky
- ** výpustné zařízení nad 1 x 1 m, z monolitického betonu, odpadní koryto od výpusti opevněno místními materiály, lávka dřevěná nebo ocelová, příliš dlouhá, případně s podporou, nátěr lávky hnědou barvou
- * výpustné zařízení je příliš veliké, z monolitického betonu, odpad od výpusti lichoběžníkové koryto, opevněné ve dně a svazích mohutnou dlažbou do betonu, lávka mohutná, ocelová s trubkovým zábradlím, nátěr konstrukce a zábradlí modrou nebo zelenou barvou nebo lávka z fošen, položených na korunu požeráku (bez zábradlí)

Bezpečnostní přeliv

- *** bezpečnostní přeliv je opevněn místním kamenem nebo beton je obložen místním kamenem, ve dně skluzu je vytvořena kynetka, zábradlí (pokud je) je dřevěné, odpad od přelivu je opevněn dlažbou nebo pohozelem z místního materiálu, pokud je použit sdružený objekt je úměrný velikosti nádrže, průchod hrází je zatrubněn, dno i stěny spadiště a skluzu jsou obloženy místním kamenem
- ** bezpečnostní přeliv je opevněn kombinací lomového kamene a místního kamene, odpad od přelivu je opevněn lomovým kamenem na úměrnou výšku koryta, sdružený objekt je buď zatrubněn nebo jsou dno a stěny spadiště a skluzu obloženy místním kamenem
- * bezpečnostní přeliv je opevněn lomovým světlým kamenem, hluboký skluz u bočního přelivu a sdruženého objektu, odpad od přelivu je opevněn lomovým kamenem do betonu až do úrovně břehových hran, sdružený objekt je v místě průchodu hrází otevřen a stěny jsou betonové, lávka k výpusti ocelová, nátěr na zeleno nebo modrou barvou

Zátopa nádrže

- *** břehy nádrže jsou členité, sklony proměnné (místy strmější, místy pozvolné). V nátokové části nádrže je vytvořené litorální pásmo nebo je předpoklad jeho brzkého vytvoření, rozloha litorálního pásma do 15 % plochy nádrže. Zbývající plocha nádrže má hloubku větší než 60 cm, takže nezarůstá. Voda v nádrži je čistá, bez známek eutrofizace
- ** břehy nádrže jsou nejsou členité nebo nemají proměnný sklon. Plocha litorálního pásma minimální (do 5 % plochy nádrže), předpoklad zvětšení

- výměry litorálního pásma je vzhledem k charakteru toku nebo nádrží v kaskádě mizivý. Kvalita vody v nádrži dobrá, nádrž plošně nezarušuje
- * břehy nádrže jsou přímé, sklony břehů konstantní, spíše strmější. Litorální pásmo není vytvořeno a vzhledem k charakteru toku není předpoklad, že se brzy vytvoří. Voda v nádrži je znečištěna, celá plocha nádrže zarůstá

Vegetace

- *** dosadba vegetace na hrázi i na březích nádrže je vhodně volena jak z hlediska počtu, sponů, druhové skladby a kombinace stromů a keřů. Vegetace po vzejtí umožní vytvoření biokoridoru a napojení na okolní biocentra. Procento úhynu výsadeb je nízké (do 10 %), stromy mají kůly a chráničky, keře kolíky
- ** dosadba vegetace vhodně doplňuje stávající vegetaci, ale není dobře založena buď z hlediska sponů nebo druhové skladby, případně obsahuje pouze stromy nebo pouze keře. Procento úhynu do 30 %, stromy nemají buď chráničky nebo kůly, keře nemají kolíky
- * dosadba vegetace je minimální, buď pouze na hrázi nebo podél břehu, jednořadá, jednodruhová skladba, případně nevhodné druhy, případně dosadba vegetace nebyla prováděna a původní vegetace je nedostatečná. Procento úhynu převyšuje 50 %, stromy nemají chráničky ani kůly, keře bez kolíků

Hodnocení sledovaných malých vodních nádrží podle výše uvedených kritérií je uvedeno v následující tabulce.

Hodnocení 10 vybraných malých vodních nádrží podle souboru ukazatelů

| Nádrž | Hráz | Výpust | Přeliv | Zátopa | Vegetace |
|--------------|------|--------|--------|--------|----------|
| Čakovice | ** | ** | ** | ** | ** |
| Černidlo | ** | ** | ** | ** | ** |
| Dlažkovice | ** | * | * | * | ** |
| Harasov | ** | ** | *** | ** | * |
| Jezvina | ** | ** | ** | *** | *** |
| Kášův rybník | ** | * | *** | * | ** |
| Mašov | ** | * | ** | *** | *** |
| Na Hrbě | ** | ** | *** | ** | ** |
| Olšina | ** | ** | *** | *** | *** |
| Vlčice Nebe | *** | ** | * | *** | *** |

Cílem navrženého hodnocení v žádném případě není vytvoření pořadí hodnocených nádrží. Z tohoto důvodu také není proveden součet kladných či méně kladných ukazatelů jednotlivých nádrží. Autoři studie chtěli na popsanych příkladech vybraných nádrží upozornit na více či méně úspěšná řešení malých vodních nádrží.

Zásady návrhu jednotlivých částí malých vodních nádrží s příklady pozitivních i negativních zkušeností z realizovaných nádrží budou autorem prezentovány na semináři formou fotografické dokumentace.

Použitá literatura

1. Benešová J.: Generel rybníků a nádrží České republiky, Vodní hospodářství č.2/3, 1996
2. Gergel J.: Odhad zásob sedimentů v rybníčních nádržích v České republice, podklad pro projekt generelu „Rybníční soustavy v České republice“, VÚMOP České Budějovice 1995
3. Poláček J., Kořátko J.: Aktuální technický stav rybníčních hrází v České republice, Přehradní dny, Tábor 1992
4. Šálek J., Mika Z., Tresová A.: Rybníky a účelové nádrže, SNTL Praha, 1989
5. Vrána K., Beran J.: Rybníky a účelové nádrže, skriptum, vydavatelství ČVUT, Praha 1998
6. Vrána K. a kol.: Hodnocení použitých metod a objektů při revitalizaci potočných koryt a malých nádrží, Praha 2002
7. Směrnice Programu revitalizace říčních systémů, MŽP ČR (každoročně)
8. Směrný vodohospodářský plán ČSSR, Praha 1976
9. Vyhodnocení Programu revitalizace říčních systémů za rok 2000, AOPK Praha, březen 2001

Příspěvek vznikl jako součást řešení grantu GA ČR č.103/04/0701 Opatření pro zmírnění následků extrémních hydrologických jevů v povodích.

Malé vodní nádrže a mokřady z pohledu ochrany přírody a krajiny

Ing. Tomáš Just

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, středisko Praha

U Šalamounky 41, Praha 5

mail: just@aopk.cz

Malé vodní nádrže

mohou být z hlediska ochrany přírody a krajiny (OPK) ceněny zejména pro tyto funkce:

- Prostředí pro vodní, mokřadní a pobřežní druhy rostlin a živočichů, ekologicky stabilní prvek krajiny.
- Vytvoření obvodového vegetačního lemu nádrže a navazujícího přírodního území.
- Zásoba vody v krajině, zvětšení množství vody v pevninském malém oběhu.
- Lokální dotace zásob podzemní vody.
- Příznivé ovlivňování průběhu velkých vod.

Míra uplatnění těchto funkcí u různých nádrží je velmi různá. Závisí především na tvarování, funkčním uspořádání a způsobu nakládání s nádrží. Pokud výše uvedené funkce dominují, může se jednat o nádrže, jejichž zřízení či obnovu má OPK do jisté míry zájem podporovat. Děje se tak jednak v rámci Programu revitalizace říčních systémů (PRŘS) MŽP, jednak prostřednictvím Státního fondu životního prostředí. Naproti tomu některé typy nádrží, resp. způsoby jejich využívání, jsou z hlediska OPK problematické. Jde zejména o nádrže využívané k intenzivnímu chovu ryb, kde lze v řadě případů hovořit o ekologicky silně degradovaných plochách a kde bývají indikovány i nepříznivé vlivy na okolní prostředí, jako zhoršování kvality vody.

Pro potřeby PRŘS formulujeme pracovní pojem **revitalizační nádrže**. Takto označujeme malé vodní nádrže (ve smyslu ČSN 75 2410), budované nebo rekonstruované v rámci revitalizací. Jejich účelem je současně obohacovat přírodu a krajinu a zlepšovat vodohospodářské poměry, tedy především plnit veřejné vodohospodářské funkce, jakými jsou zadržování vody v krajině, tlumení průběhu povodní a příznivé ovlivňování kvality vody. Revitalizační nádrže nejsou prioritně určeny pro chov ryb, proto zde nehovoříme o rybnících.

Ovšem postavení nádrží v revitalizačním programu se vyvíjí. Dosud výstavba, obnova či rekonstrukce nádrží představovala až 80 % akcí PRŘS. Důvody jsou jednoduché - program je žadatelského charakteru a naprostá většina žadatelů pokládá právě nádrže za nejzajímavější objekty. Do nádrží jsou žadatelé ochotni investovat i vlastní prostředky. K tomu přistupují obtíže, s nimiž je dosud spojeno uskutečňování základních typů revitalizací - od konservatismu jednotlivých pracovníků vodního hospodářství, kteří karierně vyrostli v období meliorací a úprav toků, po naši státní zvláštnost - rozdělení kompetencí ve vodním hospodářství mezi dva resorty. Nelze ovšem pomíjet problémy na straně zabezpečení programu, kde příliš dlouho trvala i jistá organizační a metodická bezradnost, zahrnující i těžko pochopitelný nezáměr přejímat zkušenosti například ze sousedního Německa, kde je v revitalizacích dosahováno pozoruhodných výsledků. Bohužel s nepřiměřeně velkým zastoupením nádrží v revitalizacích souvisely v některých případech problémy s jejich kvalitou. V současnosti se většina regionálních poradních sborů, které

posuzují revitalizační záměry, snaží jednak zvyšovat kvalitativní nároky na revitalizační nádrže, jednak obecně poskytovat větší podporu základním typům revitalizací, kterými jsou obnova přirozeného rázu úpravami narušených koryt a niv, obnova přirozených forem výskytu vody (tůně, mokřady) a rehabilitace nevhodně odvodněných ploch. Zvláště v poslední době sílí důraz na podélná revitalizační opatření s protipovodňovými účinky.

Důvody naznačeného přístupu k revitalizacím jsou zejména tyto:

- ◆ Velká potřebnost plnohodnotných revitalizací narušené vodní složky krajiny, akcentovaná nedávnými povodňovými událostmi i problémy mezilehlých období nedostatku vody.
- ◆ Poznávání omezenosti a podmíněnosti revitalizačních funkcí malých vodních nádrží.
- ◆ Uplatňování požadavků ochrany přírody a krajiny, z jejichž hlediska je výstavba či obnova nádrží například na místě přirozených koryt, přírodovědecky cenných mokřadů, luk nebo hájů nevhodná.
- ◆ Silná tendence k využívání již postavených nádrží pro chov ryb, způsobující kolize s jejich revitalizačními funkcemi.

Lidé stavěli malé vodní nádrže odjakživa především kvůli chovu ryb. Až v jeho stínu nalézaly prostor další formy života, jako oboživelníci. Nádrže, které vznikly jako rybochovné, mají dnes velký význam i pro bohatost přírody a krajiny. Pokud při splnění určitých podmínek přijmeme malé vodní nádrže jako součást revitalizací, bylo by jak z hlediska historického vývoje těchto objektů, tak s ohledem na praktické potřeby vývoje jejich oživení a trofického stavu nevhodné usilovat o úplnou eliminaci chovu ryb. Nutno vzít také v úvahu, že nevyužívané nádrže nebývají udržovány a rychleji spějí k zániku. Je však třeba ctít skutečnost, že nádrže budované z revitalizačních prostředků mají sloužit prioritně revitalizačním funkcím, kdežto pro výstavbu nádrží určených především pro chov ryb je třeba hledat podporu jinde.

Ve zmiňovaném Německu malé vodní nádrže mezi revitalizačními objekty nefigurují. (Naopak velmi rozšířené tam je krajinářské využívání vodních ploch po těžbě štěrků a písků.) U nás zřejmě nádrže v rejstříku revitalizací zůstanou. Mělo by jim však být vymezeno správné místo – měly by být vhodně využívány jako jedna ze součástí komplexně pojatých revitalizací vodních toků a niv. Vždy by měly být budovány tam, kde je to opravdu účelné a efektivní. Jako forma přesunu od dominance nádrží ke komplexním revitalizačním tokům a niv se v poslední době osvědčují **kombinované akce**. Investor, nejčastěji obec, získá z dotačního programu podporu na výstavbu či rekonstrukci malé vodní nádrže, spojenou s revitalizací určitého úseku nevhodně technicky upraveného toku či nivy.

K některým funkcím revitalizačních nádrží

Podíl na zadržování vody v krajině bývá pokládán za nejdůležitější funkci nádrží. Tato funkce však má svoje omezení a nelze ji absolutizovat. Dobře postavená (= těsná) nádrž představuje pro níže ležící povodí spíše pasivní zásobu vody. Nadlepšovací vypouštění vody za přísušků se sice občas uvádí ve zdůvodněných revitalizačních efektech, jeho provádění v praxi je však iluzorní. Hlavní význam zadržování vody v nádržích pak zřejmě spočívá v odpařování, přispívajícím ke stabilizaci malého vodního oběhu. Voda v malých nádržích je zřetelně pasivnější

složkou hydrologické bilance než zásoba podzemní vody ve zvodnělém zeminovém prostředí a v mokřadech, které disponují „houbovým efektem“.

Provádění velkých vod

Výpočet transformace povodňové vlny nádrží patří ke standardním hydrologicko - hydraulickým úlohám a měl by být doložen ve všech případech, kdy se tlumení velkých vod uvádí mezi očekávanými významnými efekty nádrže.

Vliv na kvalitu vody

Revitalizační nádrže nemají suplovat zařízení k čištění odpadních vod. Avšak příznivé ovlivňování kvality vody může patřit k jejich vítaným efektům. Z hlediska zlepšování kvality vody jsou zvláště přínosné malé vodní nádrže na drobných tocích pod obcemi nebo pod delšími samočisticími úseky drobných toků, kde zachycují produkty procesů odstraňování znečištění.

Požadavky na výběr lokality revitalizační nádrže

Revitalizační nádrž musí obohacovat prostor, v němž vzniká. Nádrž lze pokládat za revitalizační objekt, pokud nahrazuje z hlediska přírody a krajiny méně hodnotné prostředí, tedy pokud vzniká:

- na ploše devastované stavební, těžební a podobnou činností;
- v území postiženém v minulosti plošným odvodňováním, úpravou koryta vodního toku nebo podobnými regulačními zásahy; může se jednat o polnosti, ruderály, jejichž obhospodařování bylo z různých důvodů opuštěno, přírodovědecky nehodnotné zatravněné plochy;
- na orné půdě obecně nebo na půdě jiných intenzivních kultur, zejména pokud další obhospodařování není rentabilní, popř. na ploše hospodářského lesa.

Tento výčet samozřejmě nelze brát dogmaticky, každý konkrétní případ nutno posuzovat individuálně se zřetelem ke všem možným okolnostem.

Naopak o revitalizaci nelze hovořit, pokud by obnovou nebo výstavbou nádrže docházelo k likvidaci či poškození hodnotného přírodního prostředí, rostlinných a živočišných společenstev s velkou druhovou rozmanitostí a mírou přirozenosti. Za revitalizační nelze zpravidla pokládat nádrže, které by zaplavovaly přírodní nivy, přirozená koryta toků, mokřady, tůně, vlhké louky a háje, nivní lesy přirozenější skladby. Výstavba v těchto místech by měla nejspíše záporný revitalizační efekt. Přírodní prostředí ve většině případů svými biologickými, krajinnými i vodohospodářskými funkcemi (aktivní zásoba podzemní vody, zásoba vody v mokřadech, povodňový rozliv), při nulových investičních výdajích, předčí uměle budované malé vodní nádrže, pořizované s velkými náklady.

Problematické také bývá zakládání VN v lokalitách následujících typů:

- V zahloubených údolích s velkým podélným sklonem, kde si vytvoření vodní plochy vyžádá vybudování poměrně mohutného hrázového tělesa, které je nákladné a narušuje vzhled krajiny. Obtížně se dosahuje plynulého přechodu zátopy do okolního terénu.
- Ve svahu nad přirozenou údolnicí, kde je pro vytvoření retenčního prostoru nutné vybudovat dlouhé a mohutné hrázové těleso podél toku (obtoková vodní nádrž),

čímž je opět značně omezen podíl ploch s plynulým přechodem zátopy do okolního terénu.

- V místech, kde nelze zabránit nadměrnému znečišťování nádrže odpadními vodami nebo smyvy z ploch, které by znemožňovalo její ekologicko-stabilizační funkci.
- V místech s nedostatkem vody.

Revitalizační nádrže mohou doplňkově a v přiměřeném rozsahu sloužit také **extenzivnímu chovu ryb** (zejména pro sportovní rybolov) a rekreaci, ovšem bez výstavby nějakých rekreačních objektů. V míře nepoškozující základní revitalizační funkce mohou nádrže sloužit jako zdroj požární a závlahové vody.

Zájem o chov ryb motivuje značnou část stavebníků nádrží. Podporuje zájem o obtékané nádrže, u nichž jsou oslabeny veřejné vodohospodářské funkce. Chov ryb, překračující jistou úroveň intenzity, pak způsobuje nežádoucí redukci přirozené potravy i přímý vyžírací tlak, a tím vytváří v nádržích podmínky méně příznivé pro obojživelníky či vodní ptactvo.

Revitalizační praxe se dnes snaží uplatňovat tyto důležité zásady:

- Revitalizační charakter nádrží není slučitelný s intenzivním chovem ryb. Krmení a hnojení nejsou přípustné.
- Jarní vypouštění nádrží (výtažníkové hospodaření) není z důvodu ochrany vodních živočichů přípustné.
- Objekty sloužící produkčnímu chovu ryb (loviště, kádiště, schodiště,...) nejsou součástí nákladů revitalizační stavby, případně se vůbec nebudují.
- Na revitalizačních nádržích není přípustný účelový chov kříženců kachny divoké (zhoršování kvality vody, mechanická likvidace litorálních partií, ničení genofundu volně žijících populací kachen divokých a v likvidace druhové diversity v nádržích).
- Tvarování břehů nádrže a zejména litorálního pásma vychází z revitalizační koncepce, nikoliv z tradičního pojetí rybochovných nádrží, kde byla snaha litorály minimalizovat.
- Při výstavbě nádrží, kde to má význam, je třeba dbát, aby nevytvářely migrační bariéry a z hlediska populací vodních organismů nevhodně nefragmentovaly vodní tok.

Novým úkazem, s nímž se možná brzy setkáme i u některých nádrží, postavených v rámci revitalizací, je „arcivévodský“ rybolov. Do nádrže se navážejí jinde odchované ryby, aby byly bezprostředně „sportovně“ loveny. Ochrana přírody ještě nevyhodnotila dopady této činnosti na prostředí nádrže. Přinejmenším však jde o zbytečné týrání ryb, a pro to by revitalizační objekty neměly vytvářet prostor.

Pokud se má nádrž doplňkově uplatnit jako **přírodního koupaliště**, může tím být v příznivém smyslu kontrolován chov ryb. Intenzivnější chov ryb totiž znečišťuje vodu, a to až na míru, která je pro koupání zcela nepříznivá.

Častým dilematem výstavby revitalizačních nádrží je **volba mezi koncepcí průtočnou a obtokovou**. Obě koncepce mají svoje klady i zápory a nelze dopředu jednoznačně upřednostnit jednu a druhou zavrhnout. Každý případ je zvláštní a vždy je nutno především vycházet z místních podmínek. **Obtokové nádrže** mají možnost regulace přítoku, jsou více chráněny před velkými vodami a před splaveninami.

Jednoznačně jim dávají přednost zájemci o chov ryb – a často je pak rybářsky nadměrně využívají až zneužívají. V případě bočních nádrží bývá velkým technickým, nákladovým i krajinářským problémem podélná obvodová hráz. Vzhledem k riziku poškozování podél tekoucím vodním tokem jsou boční hráze výrazně rizikové z technicko - bezpečnostního hlediska. Revitalizacím, které by měly sloužit především veřejným vodohospodářským funkcím, bývají bližší **průtočné nádrže**. Většinou lépe využívají údolního profilu. Dva jejich významné nedostatky lze řešit technickými opatřeními. Prostupnost pro vodní organismy lze v opodstatněných případech zajistit například rybochodnou kynetou, vloženou do korunového přelivu a jeho odpadu. Jen v odůvodněných případech jsou pro malé nádrže na drobných tocích vhodné samostatné rybí přechody. Pro ochranu nádrží před nadměrným zanášením splaveninami lze jim předřazovat sedimentační prohlubně nebo do přítokových partií vkládat ponořené zemní či palisádové hráze, vytvářející usazovací prostory.

Požadavky na tvarování revitalizační nádrže

Břehy nádrže nad hladinou vody je třeba z důvodu funkčního i pohledového zapojení do krajiny a podmínek pro rozvoj břehových a příbřežních společenstev mírně sklonovat s maximálním využitím přirozených sklonů terénu.

Přírodovědecky nejcennější částí nádrže jsou mělké partie při březích a v přítokových partiích - litorál. Jedná se o část nádrže od dosahu hladiny za běžného kolísání po hloubku cca **0,6 m** za normální hladiny. Tyto mělkovodní části nádrže s rychle se prohřívající vodou, litorální vegetací a plynulým přechodem na souš jsou existenčně nutné pro mnoho forem vodního života. Je zde soustředěna rozhodující část biodiverzity celé nádrže.

Pro rozvinutí litorálního pásma po obvodu nádrže je vhodný sklon břehů pod hladinou cca 1 : 5 a mírnější. Pokud je rostlý terén v některé části nově budované nádrže strmější, pak se ponechá v přirozeném sklonu. Není však vhodné, v zájmu zvětšování objemu vody, nádrž v malé vzdálenosti od břehu zahlubovat ve strmém sklonu. Významný je též **plynulý přechod na souš** - je krajně nevhodné ponechávat v návaznosti na litorální partie nádrží valy sedimentů, vyhrnutých ze zátopy.

Velikost mělkovodního pásma má rozhodující význam pro diverzitu vodních a mokřadních ekosystémů. Větší nádrže se zpravidla zakládají v plošším terénu a současně u nich lze požadovat vytvoření komplexněji zapojeného, ekologicky stabilního prvku krajiny.

Z toho vyplývají požadavky na podíl mělkovodního pásma (hloubka 0,0 až 0,6 m), diferencované podle velikosti nádrží:

- nádrže o velikosti 0,1 až 0,5 ha - min. 10 %
- nádrže o velikosti nad 0,5 ha - min. 20 %.

Závazný rozsah mělkovodního pásma (litorálu) musí být vždy vyznačen v projektu výstavby či rekonstrukce revitalizační nádrže. Litorální partie je vhodné ponechat ve stavu co nejbližším přírodě – nezpevňovat, nevysypávat štěrkem nebo lomovým kamenem.

Ukládání vytěžených materiálů

Zcela nevhodné pro jakoukoliv nádrž je vyhrnování a ukládání materiálu na březích, a to z těchto důvodů:

- zvyšuje se terén na březích nádrže a znemožňuje budoucí utváření plynulého přechodu vodní plochy do okolních pozemků, které je předpokladem pro rozvoj druhově pestrých vodních a mokřadních ekosystémů;
- mohou být narušena až zničena biologicky cenná stanoviště;
- z takto nevhodně umístěných deponií se pak zpátky do nádrže vyplavují živiny;
- vyhrnuté sedimenty jsou prostorem pro nežádoucí ruderalní, nitrofilní a invazivní druhy bylin a keřů, které naruší rozvoj litorálních porostů a mokřadních ekosystémů.

Obecně nepřípustné je ukládání sedimentů a vytěžených zemin do údolních niv (chráněny zákonem č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny, jako významné krajinné prvky) a na podmáčené luční porosty s velkou druhovou diverzitou, případně na jiné lokality, významné z hlediska druhové diverzity (opuštěné pískovny, lomy). Vhodným řešením, v závislosti na kvalitě materiálu, je ukládání na využívané zemědělské pozemky s následnou kultivací, zpracování při výrobě kompostů nebo využití k rekultivaci skládek a rumišť.

Každý revitalizační projekt musí obsahovat návrh využití zeminy a sedimentů. Je třeba posoudit stav ploch, na něž se má navázat. Nelze připustit poškození a ruderalizaci hodnotných ploch, jako jsou mokřady, louky a jiné plochy v nivách nebo opuštěné lomy a zemníky.

Hráz a objekty revitalizačních nádrží

Na revitalizační nádrže, v nichž je voda vzdouvána hrází, se vztahují technické a bezpečnostní požadavky ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Stanoveným technickým a bezpečnostním požadavkům je nutno vyhovět. Z hlediska zapojení nádrží do krajiny a nákladovosti jejich výstavby však je nutná kvalitní projekční práce, která nezakrývá svoje nedostatky nadměrným dimenzováním. Dimenzování objektů, opevňování ploch apod. musí být věrohodně dokládáno hydrotechnickými metodami.

Hráz – požadavek podloženého dimenzování, který výrazně souvisí se zapojením nádrže do krajiny, se vztahuje především na převýšení hráze nad normální hladinu vody a její opevnění. Jako opevnění zpravidla postačuje kamenný pohoz na návodním líci, rozložený v rozsahu kolísání hladin. Při šířce koruny 4 m je hrázové těleso podstatně mohutnější než při minimální pojezdné stavební šířce 3 m, ale zase např. umožňuje při vzdušné hraně výsadbu jednořadého stromořadí. Komunikace na hrázi nepatří k revitalizační stavbě.

Sklon vzdušního líce hráze - podle starých zvyklostí se navrhovaly velmi strmé sklony 1 : 2,5 či dokonce 1 : 2. Takto provedená hrázová tělesa, zejména pokud jsou vyšší, působí v krajině velmi cize a zhoršují zapojení nádrže do prostoru. **Pokud to jde, je vhodné navrhovat mírnější sklon vzdušního líce, 1 : 3,5 a mírnější.** Nevýhodami jsou potřeba prodloužit vypustní potrubí a vytáhnout patní drén. Výhodami mohou být lepší zapojení nádrže do prostoru, větší stabilita hráze, možnost umístění části nadbytečné méně kvalitní zeminy ze zátopy, lepší podmínky pro ozeleňování vzdušního líce a pro tvarování odpadu bezpečnostního přelivu.

Tvarování a využití podhrází - mezi hrází a soutokem odpadů ze spodní výpusti a z bezpečnostního přelivu často vzniká plocha ve tvaru klínu, která je těžko přístupná a prakticky nevyužitelná. V některých případech je možné v tomto místě **v podhrází vytvořit tůň**, která by pro oba odpady sloužila do jisté míry jako vývar a současně byla vítaným příspěvkem k rozčlenění vodního prostředí a obohacení biodiverzity.

Bezpečnostní přeliv by měl plnit svoje funkce při pokud možno citlivém provedení a přiměřených nákladech, kteréžto momenty spolu zpravidla souvisejí. Mnoho záleží na umístění. Někdy bývá přeliv navrhován do údolnicové pozice, což se zdůvodňuje využitím původního koryta vodního toku pro vyústění odpadu. Pak ovšem musí konstrukce BP, ať je jakákoliv, překonávat největší spád. Mnohdy by přitom bylo vhodnější umístit BP ke straně údolí, do zavázání hráze nebo v případě méně svažitého území i do rostlého terénu za zavázáním hráze. Toto provedení má podstatné výhody – překonává se menší výškový rozdíl, odpad BP může mít tvar zemního průlehu v rostlém terénu, případně může být od hráze odkloněn pouhým zemním bočním násypem. Méně sklonitý odpad vyžaduje méně mohutné opevnění. V některých případech je také možné do mírně sklonitého odpadu vestavět kamenitou kynetu, protékanou běžnými průtoky a průchodnou pro ryby. Taková kyneta může být úspornější a životaschopnější náhradou samostatného rybího přechodu, jehož budování bývá v případě malé vodní nádrže poněkud problematické.

Odpad z bezpečnostního přelivu je někdy v podhrází řešen jako velmi kopacitní, výrazně zahloubený a silně opevněný kanál. A to i v případech, kdy to je evidentně zbytečné, neboť charakter pozemků pod hrází nebrání tomu, aby se přelivný proud v bezpečné vzdálenosti od paty hráze rozléval do plochy. Pokud pro to jsou prostorové podmínky, mělo by být zvažováno citlivější a úspornější řešení se **širším a mělčím příčným profilem odpadu**, až po tvar nenápadného, rozložitého průlehu. Pokud to podmínky umožňují, následuje **volné rozlití do nivy**. V tom případě může být pata hráze chráněna vhodně tvarovaným odkláněcím zemním výběžkem.

Výpustné zařízení

Vzhled výpustného zařízení a přídavných zařízení rovněž ovlivňuje následné začlenění vodní nádrže do krajiny, proto může být, kde je to účelné, vzhled betonových výpustí korigován obklady z přírodních materiálů, případně lze u menších nádrží používat dřevěné výpusti. Účelnost a funkčnost provedení však jsou na prvním místě.

Objekty k zachycování splavenin

Částečnou ochranu před zanášením splaveninami může poskytovat tůň v přítoku do nádrže nebo usazovací prostor v přítokových partiích nádrže, vytvořený oddělením třeba ponořenou zemní hrázkou nebo palisádou. Dimenzování usazovacího prostoru (jakkoliv bude v reálu jen orientační) vychází z cíle, kterého má být dosahováno. Rozhodující objemy splavenin se dávají do pohybu za velkých vod, a na ty je třeba sedimentaci navrhovat. Na místních podmínkách, hydrologickém modulu toku a ekonomice stavby samozřejmě závisí, po jakou úroveň návrhové vody lze jít. Uspokojivé by například bylo, pokud by prostor poskytoval při Q_5 skutečnou dobu zdržení alespoň v minutách - pak by za tohoto průtoku působil jako lapač písku. Za běžných průtoků by takto mohl poskytovat skutečnou dobu zdržení v hodinách, takže by fungoval jako dobrá usazovací nádrž.

Ostrůvky

mohou být vhodným revitalizačním doplňkem, ale ne vždy se povedou. Je třeba k nim přistupovat uvážlivě, nevnucovat je do nádrží za každou cenu. Přirozeně působí spíše v rozložitějších nádržích, kde mohou alespoň budit zdání **logické souvislosti s přirozeným průběhem plochého terénu nebo s izolovanými výstupy pevnějších hornin**. Naopak v sevřeném údolí vysočinské krajiny může ostrůvek působit nepřirozeně a zbytečně omezovat objem nádrže. **Pro vodní ptáky má ostrov význam tehdy, je-li jeho plocha nejvýše 30 cm nad hladinou s pozvolnými břehy** - kvůli přístupnosti pro mláďata. Z konstrukčního i krajinářského hlediska jsou nejvhodnější rostlé ostrůvky vytvarované odtěžením okolního terénu. Zdařilé bývají mikroostrůvky v litorálu, ponechané kolem pěkných stromů nebo keřů. Není vhodné „plácát“ ostrůvky z nesoudržného bahna, těženého na dně nádrže.

Ozelenění revitalizačních nádrží

Revitalizační nádrž má obohacovat krajinu jako kombinace vody a zeleně. Proto je třeba chránit stávající a v dostatečném rozsahu zakládat novou zeleň. Ozelenění je limitováno pouze technicko - bezpečnostními hledisky a ekologicky odůvodněnou potřebou udržení části litorálu v nezastíněném stavu. Ovšem pochybně zdůvodňované požadavky neozeleněných hrází apod., s nimiž se dosud u některých postaru uvažujících pracovníků setkáváme, jsou již dnes překonány, příslušné zastaralé pasáže ČSN pozbyly závaznosti. Dobrým vodítkem je metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí z roku 1995, podle něhož lze keři a dlouhověkými stromy ozeleňovat i vzdušní líce hrází malých vodních nádrží (ve vzdálenosti 6 m od objektů). Pokud je koruna hráze široká 4 metry a více, může být na vzdušní straně osazena jednořadým stromořadím.

Obvod nádrže má být doprovázen bohatým a dostatečně širokým pásem zeleně vhodné skladby. V našich podmínkách se tu uplatní široká škála domácích dřevin, od břehové čáry počínaje vrbami (ve slunných místech), střemchami (snášejí i stinná místa) a olší lepkavou. Námitky typu „Na břehu vrby nechci, protože by se v nich schovávali pytláci“ jsou vzhledem k prioritním funkcím revitalizačních nádrží zcela liché.

V řadě případů je nejlepší formou ozelenění přirozený nálet dřevin. Pokud se například na plochách zasažených stavební činností uchytí nálet olše lepkavé, znamená to velmi rychlý, efektivní a přírodním podmínkám odpovídající způsob ozelenění. Při revitalizačních stavbách se osvědčuje co nejvíce omezovat tradiční stavařské ohumusování obnažených povrchů a jejich osévání umělými travními směsami. Takto upravené plochy opanuje buřeň nebo nepřirozený, danému stanovišti nepřilíživý travní porost, a přirozené nálety dřevin se zde uchycují podstatně hůře než na surových štěrkových, písčitých nebo jílovitých površích.

Podmínky provozu revitalizačních nádrží

Provoz nádrží by měl podporovat uchování a rozvinutí revitalizačních efektů. Z toho plynou zejména tyto požadavky:

- V povolení ke zřízení nebo obnově je uveden účel nádrže, např. retenční, krajinotvorný s využitím pro extenzivní chov ryb, kategorie z hlediska rybářského hospodaření a běžná úroveň hladiny vody. Podmínky, s nimiž jsou svázány

revitalizační efekty, jsou obsaženy v manipulačním řádu vodohospodářského díla.

- Nádrž není využívána pro intenzivní chov ryb, není prováděno hnojení a krmení. Chov drůbeže je zpravidla vyloučen zcela. Podmínky chovu ryb jsou stanoveny v souladu se zájmy revitalizace. Násady odpovídají extenzivnímu chovu.
- Manipulace s nádrží probíhá s ohledem na zájmy ochrany přírody, a to pouze v souladu s manipulačním řádem. Havarijní apod. výjimky je třeba projednávat s orgány ochrany přírody. Zejména není vhodné jarní vypouštění, které by narušovalo rozmnožování vodních živočichů.
- Není poškozována litorální vegetace, pokud nejde o cílené zásahy ochrannářského managementu.
- Pro některé vícefunkční nádrže mohou být zvlášť stanoveny podmínky soužití přírodních funkcí, rybářství a rekreace. Například jeden břeh a přítokové partie mohou být vyhrazeny jako přírodní zóna, zbytek může být přístupný pro rybáře a koupající se.
- Na pozemcích revitalizačního díla není přípustné budovat další stavby a objekty, jako třeba rekreační boudy, kiosky, parkoviště, příkrmovací a odchovná zařízení. Pozemky revitalizačního díla není přípustné oplocovat (s výjimkou dočasných oplocenek na ochranu výsadeb).
- Rekreace je přípustná pouze v extenzivní podobě, bez technických úprav. Revitalizační nádrže nelze provozovat jako koupaliště se vstupným.

Poldry

K MVN náleží též protipovodňové záchytné poldry. **Jednoúčelové suché poldry jsou pouze hydrotechnickými objekty a s revitalizacemi nemají nic společného.** V rámci revitalizací mohou být budovány **víceúčelové poldry**, které do krajiny vnášejí i další pozitivní funkce. Celá zaplavovaná plocha a přiměřené obalové území poldru získávají přírodní charakter. To znamená částečné stálé nadržení (které je příznivé i z hlediska stability hráze), navazující mokřady a tůně, zatravněné plochy, zaplavitelné háje a v obvodových partiích další porosty stromů a keřů. Ve vnitřním území poldru se dobře uplatní porosty vrb, které bez problémů snášejí zatopení.

Mokřady

se ochrana přírody a krajiny snaží výrazně podporovat. Přestože existují různé jiné definice, pro potřeby krajnotvorných programů se za mokřad může pokládat území mělce zaplavené vodou či zřetelně zamokřené, třeba i s poměrně členitým střídáním vodní hladiny a souše. Z přírodovědeckého hlediska se jedná o jedny z nejcennějších a nejproduktivnějších biotopů. Z vodohospodářského hlediska představují mokřady aktivní formu zadržování vody v krajině. Pro technické revitalizace jsou významné malé pořizovací a udržovací náklady mokřadů i to, že většinou mokřadní zaplavení již samo o sobě vede spolehlivě a rychle k rozvoji přírodně autentických společenstev. (Této přednosti se například rekonstrukční botanika na suchých stanovištích netěší).

K mokřadům mají blízko další objekty, které nemají charakter malých vodních nádrží. **Tůně** jsou zaplavené sníženiny, vytvářené hloubením, bez spodního vypouštění. Bývají budovány především jako cenná stanoviště rostlin a živočichů. Různé **zamokřené deprese a průlehy** se mohou hloubit například v zájmu posilování

retenční schopnosti nebo povodňové průtočnosti území, ovšem s tím, že v době mimo povodně se uplatňují jako mokřadní biotopy.

Revitalizační program také v minulosti podporoval výstavbu vegetačních – kořenových čistíren odpadních vod a používal pro ně pojmu „umělé mokřady“. Toto konspirativní označení zde neužíváme a pokud hovoříme o umělém mokřadu, rozumíme tím obvyklý vrchem protékající mokřad, sice uměle zakládáný, ale co nejvíce napodobující přírodní vzory.

Prioritním zájmem OPK je samozřejmě ochrana stávajících mokřadů. V rámci krajinnotvorných programů se však mohou vyskytnout různé technické úlohy budování či podpory těchto objektů:

- Zlepšení poměrů v existujícím mokřadu zahrazením odtoku nebo zasypaním nevhodného odvodnění.
- Stabilizace hodnotného mokřadu, který vznikl na místě starého rybníka, uvedením přelivného objektu do řádného technického stavu.
- Vytvoření mokřadu při výstavbě víceúčelového poldru. Může vzniknout v rámci částečného trvalého nadržení vzdouvacím účinkem hráze, nebo může být vyhlouben v zátopové ploše.
- Výstavba mokřadu nízkým ohrázováním. V plochém nivním území se buduje hráz podobně jako u MVN. Je však nižší, takže vytváří jen mělké, mokřadní zatopení. Je vybavena přelivným objektem, nejspíše jednoduchým průlehem s opevněním kamennou rovinou, nemá však spodní výpust.
- Výstavba mokřadu hloubením. Stejně jako u hloubených tůní odpadají problémy s převáděním větších vod, které je nutno řešit u objektů s hrázemi. Může se jednat o samostatný mokřad v široké ploché nivě. Součástí podélných revitalizací upravených vodních toků také může být rozčleňování jejich břehů hloubením různých postranních klků, tůní či paralelních ramen - takto vznikají v podstatě také mokřadní území. Hloubené mokřady mohou představovat velmi členitou kombinaci vodních ploch a souše. Při hloubení tůní a mokřadů je ovšem třeba věnovat značnou pozornost vhodnému ukládání vytěženého materiálu, aby se nezpůsobily škody poškozením kvalitní nivy. Hloubení a nízké hrázování lze kombinovat.

Vlastní tvarování mokřadů nemá žádná pevně stanovená pravidla, provázání vodních ploch a suché země může být velmi členité. V každém jednotlivém případě záleží na uplatnění citu tvůrců pro řešení co nejbližší přírodě. Obecně lze říci, že při vytváření mokřadních povrchů může být vhodné – ve smyslu obvyklých stavařských kritérií – velmi hrubé finální provedení. Nerovnosti povrchů, které bychom jinde hodnotili jako nepořádné provedení dokončovacích prací, vytvářejí žádoucí detailní členitost.

Ozelenění mokřadů

Plochu vlastního mokřadu můžeme zpravidla nechat přírodě. Ozelenování se může uplatnit po obvodu, pokud mokřad navazuje na zemědělskou nebo jinak degradovanou plochu a zeleň vytvoří jakousi ochrannou clonu. Potom se uplatňují postupy, odpovídající stanovištím. Ve vlhkých okrajích mokřadu se dobře uplatní vrby, které je možno s výhodou vysazovat jako kořenicí řízky prutů nebo kůly.

Údržba mokřadů

Přírodní mokřady zpravidla dobře prosperují bez údržby a k tomuto stavu by se mělo směřovat i při budování mokřadů umělých. Pokud vzniká mokřad ohrázením, udržuje se hráz a přeliv podobně jako u běžných MVN. Důvodem k udržovacím zásahům může být zvláštní ochranná podpora některých cenných rostlin nebo živočichů, v těchto případech se však jedná o činnosti prováděné podle individuálně odborně stanovovaných metodik. Jiným typem zásahů může být těžba upotřebitelných hmot – rákosu, vrbového proutí nebo palivového dříví, pokud o ně má někdo zájem. Míru a způsoby provádění těchto zásahů je třeba sladit se zájmy ochrany přírody. Nemělo by však smysl organizovat vyžínání mokřadů jenom pro to, „aby byly udržované a pěkně vypadaly“.

Literatura:

- Dušek, M.: Význam rybníků v krajině. Sborník konference Tvář naší země – krajina domova. Průhonice 2002
- Just, T., a kol.: Revitalizace vodního prostředí. AOPK ČR, Praha 2003
- Pykal, J.: Význam rybníků pro diverzitu krajiny a organismů. Sborník Krajina a voda, Veselí nad Moravou 1998
- Šálek, J., a kol.: Rybníky a účelové nádrže. SNTL, Praha 1989
- Vrána, K.: Rybníky a účelové nádrže, příklady. ČVUT, Praha 1993
- Vrána, K., Beran, J.: Rybníky a účelové nádrže. ČVUT, Praha 1998
- Vrána, K., a kol.: Krajinné inženýrství. Praha 1998

Hydrobiologie malých vodních nádrží, sedimenty v nádržích, vegetační doprovody

Gergel, J.

Resume: v příspěvku jsou diskutovány změny, které proběhly na historických nádržích v posledních padesáti letech v důsledku celkové eutrofizace přírodního prostředí.

klíčová slova: rybníky, vegetace rybníků, sedimenty rybníků, eutrofizace

Kontakt: doc. ing. Jiří Gergel, CSc., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Žižkova 12/309, 371 22 České Budějovice. tel 387 718 385, E-mail: gergel@centrum.cz

Zdánlivě velmi rozdílná problematika hydrobiologie, sedimentů a zeleně kolem rybníků má své společné základy a jako problém se začala formovat cca před padesáti lety.

1) Na jaře v roce 1949, bylo do tehdejší Československé republiky přivezeno z Maďarska 200 chovných kachen, čímž byly vytvořeny základy pro rozvoj tzv. kaprokachního hospodaření. V té době se jednalo o unikátní biotechnologii, která přinášela oboustranný zisk. Postupně však narostl počet chovných kachen na rybnících až na 56000 ks a na vodních plochách se vyrábělo ročně 14 tis tun jatečné drůbeže. Na takovou zátěž však rybníční soustava nebyla připravena.

2) Další zdroj zvýšeného přísunu živin pochází z povodí. Vnosy živin se z dřívějších 40 kg/ha zvýšily až na 220 kg/ha. Rozoráním mezí a scelením pozemků došlo k mohutnému nárůstu projevů vodní eroze. To je příčinou eutrofizace přírodního prostředí a jmenovitě vodní komponenty v krajině.

3) Rybníky měly od dob svého vzniku vždy vodu čistou, oligotrofní, s malou výnosností. V důsledku nízké úživnosti nemohly již od poloviny 19. století konkurovat zemědělské výrobě. Proto byla koncem 19. a v 20. století věnována velká pozornost jejich zúrodnění. Zavedením moderních technologických postupů výrazně stoupla produkce z někdejších 50-120 kg rybního masa na hektar rybníční plochy na několik set kg ryb z 1 ha. Zároveň se však posunula i kvalita jejich vody ze stupně oligotrofního do mezotrofního, v některých případech polytrofního.

Jen velmi malá část živin z popsanych zdrojů se dostává mimo rybník (např. denitrifikací, výlovem ryb, odtokem vody z rybníka apod.) Většina živin se v rybníce ukládá na dno a okraje a naprosto neřízeným způsobem ovlivňuje druhotně jakost vody. Tak v rybnících postupně vytvořily zásoby živin, pro které se vžilo značení staré trofické zátěže. Na stálý živinový tok reagovaly rybníky s mimořádnou rychlostí.

- Narůstající trofie vody je vždy doprovázena kolísáním obsahu rozpuštěného kyslíku, pH a dalších hydrochemických ukazatelů, což způsobuje řadu potíží při chovu ryb a obecně ohrožuje celý ekosystém rybníka.
- Vysoký příjem živin z povodí i z vlastních zásob živin uložených na dně přispívá k enormnímu rozvoji fytoplanktonu. I zde však vládou tvrdé konkurenční vztahy. Tyto drobné rostlinky mají obecně krátký generační interval (zhruba 1 týden) a po této době hynou a sedimentují na dně rybníka. Jejich vysoká koncentrace ve vodě zabraňuje prostupu slunečních paprsků vodním sloupcem. Obecně se tento jev „zastínění“ rybníčního prostoru měří tzv. průhledností, což je hloubka

vodního sloupce, ve které se ztrácí definovaná bílá destička. Dvojnásobek této hodnoty znamená zhruba hranici mezi fotickou a odbourávací zónou. V spodní odbourávací zóně, která často představuje i více jak 2/3 objemu vody v rybníce vládnu špatné kyslíkové poměry, poněvadž zde není možná asimilace. V těchto podmínkách se živiny, které vznikly z rozkladu uhynulých řas chovají různě. Dusík zůstává zpravidla ve dně, fosfor se opět vyplavuje a zvyšuje svou přítomností trofii vody. Celý tento „biologický motor“ je značně složitý a nelze do něj neodborně zasahovat, např. významným omezením rybí obsádky. Praktickým důsledkem je, že rybníky zadržují výborně dusík z povodí a ukládají jej spolu s dalšími prvky na dno. To je první zdroj jejich zazemnění.

- Vysoká trofie vody v rybníce přispívá k změně botanických poměrů. Vlivem nízké průhlednosti mizí měkká vodní vegetace a naopak narůstá velmi expanzivně tzv. vegetace tvrdá, litorální. V částech rybníční kotliny, kde je hloubka pod 60 cm je tento nárůst obzvláště nápadný. Tato vegetace po skončení vegetační sezóny hyne a začne se rozkládat, avšak poločas rozpadu jejích organických zbytků silně zaostává za novým růstem nových rostlin. Tak rybník postupně od kraje ke středu zarůstá. Vlnící se pás rákosin působí velice hezky, ale ani on není definitivní. Neustále přibývající nové a nové vrstvy odumřelé vegetace, vydatně hnojené trusem divokých ptáků vedou k tomu, že po určité době část rybníka zcela vyroste z vody. Mokřadní biotop přechází v následný biotop vlhkých luk nebo pobřežních křovin a měkkého luhu.

Specifická příroda rybníků vznikla přeměnou předchozí přírody mělkých vod a mokřadů, které se většinou vyskytovaly na místech před výstavbou rybníků. Rybníky se tedy staly náhradními hostiteli značné části jejich flóry i fauny. Vodní a mokřadní vegetace velmi brzy vytvořila charakteristickou zonaci podle vlhkostního gradientu. Dynamika vegetace rybníků závisí na kolísání vodní hladiny, zanášení, zarůstání a zazemňování rybníků. Podle plošné velikosti, sklonu pobřeží a hloubky vody v rybníce jich rozlišujeme několik. Čím je sklon pobřeží pozvolnější, tím je počet pásem bohatší (5-6) a jsou lépe vyvinuta. Naopak rybníky s extrémně strmými břehy charakteristická pásma vyvinuta nemají, nebo nejvýše 1-3. Jednotlivá pásma jsou složena z rostlin určitých růstových a životních forem a podle druhového složení vytvářejí rostlinná společenstva.

Obvyklý sled vegetačních pásem (hydroserie) ve směru voda-souš je následující:

1. pásmo volné vody, v němž hlavní rostlinnou složku tvoří řasy-fytoplankton, někdy vláknité řasy a povlaky sinic na dně;
2. pásmo submerzních hydrofyt, tj. vyšších vodních rostlin a parožnatek s ponořenými asimilačními orgány;
3. pásmo vzplývavých hydrofyt, tj. vyšších vodních rostlin, vytvářejících listy plovoucí na hladině. Tyto rostliny jednak koření ve dně (např. stulíky, rdest vzplývavý), jednak jsou volně pohyblivé (např. okřehky); v rybníkářské praxi jsou rostliny 2. a 3. pásma zvané měkké porosty nebo měkká flóra;
4. pásmo vytrvalých helofyt, tj. rostlin a asimilační orgány ve vzduchu, vytvářejících pobřežní rákosinné porosty, v rybníkářské praxi zvané tvrdé porosty, resp. tvrdá flóra (např. rákos, orobinec);
5. pásmo vysokých a nízkých ostřic a trav ve vnějším rybníčním litorálu, jen občas zatápěné;

6. pásma vrbin případně olšin ve vnějším rybničním litorálu; poslední tři pásma mohou být podle strmosti sklonu břehu nebo nerovností terénu uspořádána v jiném sledu.

V těchto obecných teoretických otázkách panuje dobrá názorová shoda, avšak v praxi je tzv. litorální pásmo základním konfliktním místem mezi ochranou přírody a hospodářsky motivovanými snahami po využití rybníka jako vodní nádrže. V praxi není problém nalézt na jakémkoliv rybníce nějaký organizmus, který je chráněn Vyhláškou 395/1994 Sb., a zakázat odbahnění rybníka třeba na dvou třetinách plochy. Na druhé straně majitel rybníka musí rybník udržovat ve funkčním hospodářském stavu. Rybník je jedinou stavbou, která je chráněna ze zákona O ochraně přírody a krajiny. Tyto argumenty vytáhne zpravidla každá ze zúčastněných stran.

K rozpletení tohoto významného přírodního a zároveň hospodářského problému stačí akceptovat v praxi ustanovení zákona 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. Rybník je podle tohoto zákona především taxativně vymezen jako významný krajinný prvek. Citovaný zákon totiž chrání dvě kategorie. Na ochranu přírody tzn. bioty a jejich stanovišť má řadu instrumentů jako chráněná území (6 kategorií), památné stromy, přechodně chráněné plochy, obecnou ochranu volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin atd. V zákoně je však také skrovně (pouze v jednom paragrafu) skryta ochrana krajiny, jejího rázu. A zde se nechrání pouze příroda, ale i stavby, pamětihodnosti a dokonce i *genus loci*, duch historie. Rybník jako významný krajinný prvek (nikoliv významný přírodní prvek) je formulován jako ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotná část krajiny, která utváří její typický vzhled nebo přispívá k udržení její stability.

Bezesporu rybníky budované v našich zemích již celé jedno tisíciletí jsou právem významnými krajinnými prvky. Obrovský nárůst trofie životního prostředí a značně pokulhávající a v některých případech naprosto zanedbaná údržba přispěly k tomu, že nám namísto rybníků vznikají v krajině dříve nezvyklé eutrofní mokřadní systémy. Snahou všech zainteresovaných by proto mělo být navracet rybníky do původního stavu a nikoliv ponechávat je v novém, druhotně vzniklém stavu totálního zazemnění, a tomu odpovídajícího zárůstu vodní vegetací. Proto je nutné je po určitém čase vyhrnovat. V nynější době prosazujeme tzv. selektivní vyhrnování vždy s ponecháním část okraje rybníka jako semenné banky pro obnovu zejména chráněných druhů rostlin. V rozsáhlých porostech litorálního pásma je velmi vhodné vytvářet průplavy, které se tvoří tak, že 1/3 – 1/4 plochy litorálního pásma se odtěží na hloubku min 0,6 m a vytvoří jakýsi nepravidelný vodní záliv - průplav o šířce 4-12 m. Tento průplav nemá lineární okraje a působí v ekosystému litorálu rybníka velmi příznivě. Mimo rybniční kotlinu je nepřístupný, a proto do něj s oblibou zajíždějí jak ryby, tak i vodní ptactvo. Po určité době, která odpovídá rychlosti zazemňování (5-15 let) nádrže se vyhloubí tento vodní tvar na další třetině nebo čtvrtině plochy litorálu. Tak se v postatě stabilizuje stárnutí nádrže na určitém stupni. Jen tak je možno hovořit o trvale udržitelném rozvoji a nikoliv o rychlém dynamickém procesu stárnutí a postupného zániku nádrží.

Z hlediska systémového přístupu k hodnocení rybníků je nutno rozlišovat vedle hranice katastrálního území a vodní plochy ještě plochu litorálního pásma. Pokud je tento požadavek v praxi průběžně dodržován, končí zpravidla veškeré rozpory mezi ochranou přírody a zájmy hospodářské exploatace nádrže. Jedná se o historicky vytvořené vazby, které při pečlivém dodržování zabezpečovaly nedotčenost majetkovou, zabraňovaly škodám mimo rybniční kotlinu a respektovaly soulad mezi

hydrologickými funkcemi a přírodním prostředím. Vinou zanedbání péče o rybníky došlo k neúměrnému zmenšení akumulčního prostoru nádrže i její vodní plochy na úkor litorálního pásma a úbytku plochy litorálního pásma na úkor sousedních pozemků typu kyselých a podmáčených luk. Proto je při návrhu revitalizačního záměru vždy nutno formulovat rozvržení ploch v rybníční kotlině a vymezit z celkové katastrální výměry plochu vodní a litorální. Tím vznikne rovnovážný stav mezi požadavky exploatace a ochrany a nebude již dále narušován ani těžbou vyvinutých a mnohdy velmi cenných litorálních pásem nad únosnou míru nebo naopak masivním zárůstem a posléze zánikem nádrže vlivem vyměščení a rozvoje litorálních rostlinných společenstev. Ostrůvky, zálivy, průplavy i jiné prvky v litorálním pásmu vytváří příznivé krajinně estetické celky a pokud jsou akceptovány hydrologické funkce, pak proti jejich zařazení není možno mít výhrady.

Místa, kde je počítáno s rozvojem litorálního pásu, musí být vysvahována v zátopě v poměru 1:3 až 1:5. Jako minimum se pro tyto účely uvažuje vyčlenění min. 15 % z obvodu nádrže. Často doporučované menší sklony (1:10 až 1:15) výrazně zmenšují vodní prostor a mimo specifických případů např. v rezervacích je nelze doporučovat. Při návrhu sklonů břehů se totiž zpravidla ignoruje, že rybník má vedle vodní plochy i plochu katastrální. I v této části je nezbytné vytvořit předpoklady pro tvorbu úplné hydroserie. Zde však s mírnějšími úhly a s poměry od 1:5 a širšími. Ze statistických údajů vyplývá, že rozdíly mezi katastrální a vodní plochou představují až 30%. V následující tabulce jsou uvedeny doporučené sklony břehů a porovnány s poměry na zemědělské půdě.

Sklony svahů v rybnících

| poměr | hodnota funkce tg | odpovídá úhlu | odpovídá kultuře | část rybníka |
|------------|-------------------|---------------|--------------------|---|
| 1:1 | 1 | 45° | | hráze, |
| 1:2 | 0,5 | 26°40 | pastvina-les | hráze, mezihráze, oddělené laguny až vodní plocha |
| 1:3 | 0,333 | 18°20 | pastvina | vodní plocha |
| 1:4 | 0,25 | 14°50 | pastvina | vodní plocha |
| 1:5 | 0,20 | 11°20 | orná půda | vodní - katastrální plocha |
| 1:6 a více | 0,166 | 9°25 | normální orná půda | katastrální plocha |

Porosty na hrázích

Hráze jsou z hlediska současných názorových pohledů nejproblematictějším prvkem celé rybníční kotliny. Staré typické hráze neodpovídají ve většině případů požadavkům ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. ČSN 73 6850 Sypané přehradní hráze připouští na vzdušném líci hráze výsadbu dřevin s podmínkou, že nepříznivě neovlivní stabilitu svahů ani hráze jako celku. O možnosti výsadby stromových dřevin na vzdušném líci hráze rozhoduje tvar a velikost průsakové křivky v tělese hráze. Podrobněji se těmito otázkami zabývá Metodický pokyn č. 11 odboru ochrany vod MŽP k vegetaci na nízkých sypaných hrázích (Věstník MŽP 5/1998) Stromy musí být umístěny v horní části hráze nebo na její koruně tak, aby mezi patou kmene a předpokládanou infiltrační křivkou byla vertikální vzdálenost minimálně 2 m. Návodní a vzdušní strana hráze může být současně osázena za předpokladu, že střední šířka v horní třetině hráze nebo v její koruně je větší než 7, 5 m. Pro jednořadou výsadbu

na vzdušné straně hráze stačí šířka 5 m. Dalším kritériem je vertikální vzdálenost paty kmenů nad hladinou podzemní vody a nad těsnícím prvkem hráze. V obou případech má být tato vzdálenost větší než 3 m. Spon výsadeb stromových dřevin v podélném směru hráze se doporučuje 5-10 m. Jako nejvhodnější se jeví dub letní, dub zimní, lípa srdčitá, lípa širokolistá, jasan ztepilý, javor mléč, jilm drsný, jilm vaz a některé druhy stromových vrb. Řešení vzdušného svahu hráze je v současné době ekologicky příznivé a z hlediska stavebního optimální (definovaný travní porost).

Při posuzování dřevin na hrázích je nutno respektovat hledisko bezpečnosti určené orgánem TBD.

V některých případech je hráz příliš úzká, stávající zeleň z neudržovaného náletu nevyhovující a nová výsadba by se na hráz již nevešla. V několika případech jsme to řešili návrhem rozšíření hráze na vzdušné straně. Tím se zbavujeme i části sedimentu a vytváříme prostor pro skutečně kvalitní výsadbu.

Častou chybou je, že se navrhne ozelenění tak, aby bylo všechno zelené a hezké ihned při kolaudaci. Hrázové porosty, i když jsou liniovým prvkem, jsou tvořeny se samostatných jedinců a musíme je proto sázet tak, aby i za 50 let měly dostatek prostoru pro rozvoj koruny. Tak to dělali naši předkové a tak by to mělo odpovídat i současným názorům na krajinný ráz a proklamacím o trvale využitelném rozvoji.

Některé stromy na hrázi však bude vhodné ponechat. Předně musíme dbát na to, aby nebyly při stavbě poškozeny a hlavně zasypány přihnutou zemínou. Často zde máme věkovité velikány, nebo jejich torza. Jsou obrovským mikrosvětlem tisíců drobných organizmů. V tomto případě je nutno svěřit posouzení, jak bude takovýto jedinec upraven a konzervován odborné firmě, která za účasti dalších specialistů (ornitolog, mykolog) stanoví postup prací.

V nedávné době jsem měl možnost shrnout vše, co bylo v tomto příspěvku dosud řešeno v praktickém příkladě na jednom rybníce v Novohradských Horách. Dovolují si zde uvést výtah se závěrů:

Ihned provedené akci se zhorší estetické vjemy, které rybník v krajině sehrává. Po opětovném napuštění nádrže se zhorší jakost vody v ukazatelích CHSK, amoniak a amonný iont a obsah celkového fosforu. Po třech měsících započne celková konzolidace poměrů v nově napuštěné nádrži a po 5 měsících se jakost vody posune významně ve směru k oligotorfii.

Zarostlé zelené okraje rybníka zůstanou na počátku prvního roku po napuštění prakticky holé. Během tří měsíců se nově vytvořené pláže zazelenají z oddenků vodních makrofyt a do podzimu i ze semen. Do plné funkce se dostanou nově modelované části litorálu příští rok od uvedení stavby do provozu.

Odkácením náletových porostů dřevin dojde k celkově výraznému prosvětlení 2/3 rybníčních břehů. Náhradou za smýcené náletové dřeviny vzniknou funkční litorální pásy.

Hráz bude po provedeném zásahu tj. rozšíření a opravě zcela holá. Mladé doušky (nebo javory) vysazené po konzolidaci půdních poměrů na hraně vzdušné části nádrže převezmou svými korunkami dosavadní funkci náletové zeleně asi za 5 – 10 let.

Ozelenění nádrže neznamena, že bude všechno ihned krásné a zelené. Obrazně řečeno předáváme po dokončení revitalizační akce přírodě její část k vlastnímu dotvoření. To musí být provedeno zodpovědně s výhledem na příští desetiletí a nikoliv s ohledem na současný požadavek zeleného vidění.

Jak již bylo řečeno, základ všech problémů v rybnících je uložen na jejich dně. Od roku 1992 se třikrát změnil zákon o odpadech, rybníční sedimenty, které se v dřívě hodnotily jako cenná surovina a zúrodnující agens se propadly přes kategorie ostatní odpad až na dno. Jsou nebezpečným odpadem, a podle toho by s nimi mělo být nakládáno. Obsahem této stručné informace však nemůže být v žádném případě hodnocení stavu a postup zkoušek. Co je nejdůležitější a má praktický význam pro projekční praxi je shrnuto v následujících bodech:

- pokud zůstane sediment v rybníční kotlině a vytvoří se z něj např. ostrov, nemusí být doloženy žádné zkoušky. Odpad zůstává v místě vzniku.
- Pokud jej chceme jako naši předkové využít v povodí, odkud byl smyt, k zúrodnění půd, musíme respektovat ustanovení zákona O půdě a speciálně Vyhlášky 13/1994 Sb. k tomuto zákonu.
- Analýza na obsah toxických kovů se provádí vždy v lučavce královské (to je nutno laboratoři specifikovat)
- V žádném případě se při hodnocení výsledků nelze odkazovat na ČSN Průmyslové komposty.
- V 90 – 95 % případů budeme pracovat s zdravotně nezávadným materiálem. Pokud někdo bude tvrdit, že jsou rybníční sedimenty všeobecně toxické nemá pravdu a šíří nezodpovědné a nepodložené informace. To ovšem vůbec neznamená, že v některých případech (5-10 %) jsou některá bahna, zdravotně podezřelá až závadná. Ve smyslu současné legislativní úpravy je ponecháváme svému osudu, poněvadž jejich odtěžení a následný transport k dekontaminaci nebo uložení do skládky podle třídy vyluhovatelnosti je mimo ekonomické možnosti investora (a často i státu). Odvodnění a přeprava takto nebezpečného materiálu jsou samy o sobě velmi nákladné a riskantní.
- Vytěžené bahno nelze ukládat do deponií na břeh nebo kamkoliv v krajině. Lze jej však s úspěchem kompostovat.
- V žádném případě jej nenavrhujeme k uložení do niv pod nebo dokonce nad rybník (jsou VKP) nebo lesa (VKP), a to ani jako skládku pro lesní školku (Zákon o lese).
- Vyjma specifických případů upřednostňujeme těžbu suchou cestou. Pouze tehdy, máme-li prověřený dostatek vody, můžeme použít sací bagry. Nezapomeňme že objem vytěženého kalu, je min. 2x, ale zpravidla 3x, větší než objem suchého sedimentu. Toto množství tekutého materiálu je nutno uložit v okolí. Nepočítejme s tím, že se voda z lagun rychle vsákne do dna laguny, a tak se zmnohonásobí kapacita laguny. Pokud se to stane, byl proveden nedostatečně hydroopedologický průzkum a dochází ke kontaminaci hlubšího odtoku. Zpravidla se však dno lagun rychle zakolmatuje, a pak se čeká, až se voda odpaří nebo se laguna přelévá přes hráz. Potom se u takto přelévaných pozemků pod hrází laguny výrazně a nevratně mění fyzikální stav půd a zhoršují se významně vodněvzdušné poměry.
- Pokud tedy budete řešit otázku „kam s ním“ je lépe požádat o pomoc specializovanou poradenskou firmu a postupovat za úzké spolupráce s orgánem ochrany přírody.

Literatura:

1. Gergel, J. a kol.: *Těžba a využití sedimentu z malých vodních nádrží*, Metodika 18/1995, Praha.
2. Gergel, J., Husák, Š.: *Revitalizace vodních nádrží*, Metodika 22/1997, Praha.
3. Gergel, J., Kolář, L., Kuklík, M.: *Využití sedimentu z rybníků a drobných vodních toků k zúrodnění zemědělských půd*. <http://www.ceu.cz/Půda/Metodika>
4. *Zákon 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů*
5. *Zákon 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny*
6. *Zákon 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon)*.
7. *Vyhláška 381/2001 Ministerstva životního prostředí, kterou se vydává Katalog odpadů*
8. *Vyhláška 383/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady*
9. *Vyhláška 13/1994 MŽP, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.*
10. *Metodický pokyn č. 11 odboru ochrany vod MŽP k vegetaci na nízkých sypaných hrázích (Věstník MŽP 5/1998)*

Možnosti samočisticích schopností malých vodních nádrží

Jan Šálek, Prof. Ing. CSc. Ústav vodního hospodářství krajiny FAST VUT Brno,
Žižkova 17, 662 37 BRNO, Tel.541 147 778, Fax : 541 147 771, , E -mail:
salek.j@fce.vutbr.cz

Malé vodní nádrže, zejména nádrže rybníčního typu, jsou neoddělitelnou součástí naší kulturní krajiny, ovlivňují vodní režim krajiny, podílejí se na zvýšení kvality vody v krajině, zvyšují její estetický účinek a významně napomáhají k ochraně a tvorbě životního prostředí. Malé vodní nádrže plní funkci rybochovnou, zásobní, ochrannou, vyrovnávací, akumuláční, asanační, záchytnou, vsakovací a čisticí. Značný je i jejich význam estetický, rekreační a hygienický; důležité je jejich využití jako refugií vodních živočichů a rostlin. K dispozici máme širokou škálu různých typů, uspořádání a využití malých vodních nádrží; každá nádrž plní určitou funkci dominantní a řadu vedlejších funkcí.

Malé nádrže významně přispívají ke zlepšení kvality vody v povodí a mají mimořádný a význam jako zdroj vody pro řešení vodního režimu krajiny, zemědělství, obyvatelstvo a průmysl. Jejich význam je nezastupitelný v oblastech s malými vodními toky a řídkou hydrografickou sítí. Malé vodní nádrže významně přispívají k dosažení souladu mezi kapacitou vodních zdrojů, kvalitou vody a nároky všech uživatelů v rámci daného prostoru a času.

1.0 Úvod do problematiky

Malé vodní nádrže využívají samočisticí procesy, probíhající ve vodním prostředí pro zlepšení jakosti vody. Čisticí funkci plní v různém rozsahu většina malých vodních nádrží, jejichž přehled je znázorněn v tab.1

Tab. 1 Malé vodní nádrže a jejich funkce při zlepšení jakosti vody

| Č. | Druh nádrží | Funkce |
|----|---|--|
| a) | Klasické rybníky a účelové nádrže rybníčního typu (závlahové, průmyslové) | Snižují obsah nerozpuštěných látek a při správném hospodaření zvyšují jakost vody |
| b) | Aktivizační a kompenzační nádrže v horních částech povodí | Aktivizace podzemních vod, nadlepšují průtoky a zvyšují tím jakost vody |
| c) | Intervenční a zálohové nádrže v horních částech povodí | Nadlepšují průtoky v době sucha, snižují obsah nerozp. látek a zvyšují jakost vody |
| d) | Malé suché ochranné (retenční) nádrže a klasické ochranné nádrže | Kromě cílené ochrany před velkými vodami snižují obsah nerozp. látek (NL) |
| e) | Přírodní a umělá refugia pro rostliny a vodní živočichy | Zvyšují jakost vody, zejména s využitím sedimentačních a samočisticích procesů |
| f) | Rekreační a okrasné nádrže různých typů a uspořádání | Při správném provozu zvyšují jakost vody s využitím samočisticích procesů |
| g) | Okrasné (návesní) a nádrže napájené dešťovými vodami | Zvyšují jakost vody sedimentačními pochody a samočisticími procesy |

Podrobný popis podílu malých vodních nádrží na zlepšování jakosti vody uvádějí GERGEL (1985, 1992, 2000), ŠÁLEK (1987, 1989, 1990, 2001) aj.

Na zlepšení jakosti povrchových vod a čištění znečištěných povrchových a odpadních vod se podílejí stabilizační nádrže, mající čisticí účinek jako dominantní

funkci. Stabilizační nádrže patří do skupiny přírodních způsobů používaných k čištění znečištěných vod. Využívají fyzikální procesy a samočisticí pochody probíhající ve vodním prostředí s využitím vodní vegetace. Stabilizační nádrže tvoří speciální malé účelové vodní nádrže určené k úpravě vlastností vody, čištění, dočištění, krátkodobé akumulaci a dalšímu využití znečištěných povrchových a odpadních vod. Jejich rozdělení je uvedené v tab.2.

Tab. 2. Přehled základních typů stabilizačních nádrží a způsobu jejich využití

| Způsob stabilizace | Typ nádrží | Rozdělení nádrží | Možnosti využití stabilizačních nádrží |
|--|-----------------------------|---------------------------------|---|
| Úprava fyzikálních vlastností vody | Chladicí | Akumulační a průtočné | Chlazení oteplených vod v průmyslu a energetice s využitím k chovu ryb |
| | Oteplovací | Akumulační a průtočné | Ohřev chladných podzemních vod pro závlahové účely |
| | Sedimentační | Podle doby zdržení a konstrukce | Odstranění usaditelných látek ze znečištěných povrchových vod (protierozní, záchytné aj.) |
| Úprava a stabilizace fyzikálních, chemických, biologických vlastností vody | Aerobní biologické nádrže | Nízko-zatěžované | Čištění znečištěných povrchových a komunálních odpadních vod |
| | | Vysoko-zatěžované | Čištění komunálních vod v klimaticky příznivých oblastech |
| | | Průběžně provzdušované | Intenzivní čištění komunálních odpadních vod |
| | | Dočišťovací | Dočištění čištěných odpadních vod v upravených biologických rybnících |
| | Fakultativní | Podle konstrukce | Tvoří přechod anaerobního a aerobního čistícího procesu |
| | Anaerobní biologické nádrže | Průtočné, podle doby zdržení | Anaerobní čištění odpadních vod předřazené aerobnímu čištění |
| | | Sedimentační, zemní nádrže | Prodloužená sedimentace odpadních vod v jednoduchých zemních nádržích |
| | | Akumulační nádrže | Čištění vod kampaňových producentů (cukrovary, lihovary, škrobárny) |

Zásady návrhu základních typů stabilizačních nádrží a řešení jednotlivých objektů uvádí DURŇ (1987), ŠÁLEK (1989, 1994, 1995, 2001) aj.

2.0 Čistící procesy v malých vodních nádržích

V malých vodních nádržích, s převážně aerobním režimem, jakost vody ovlivňují fyzikální, chemické a biologické pochody (procesy).

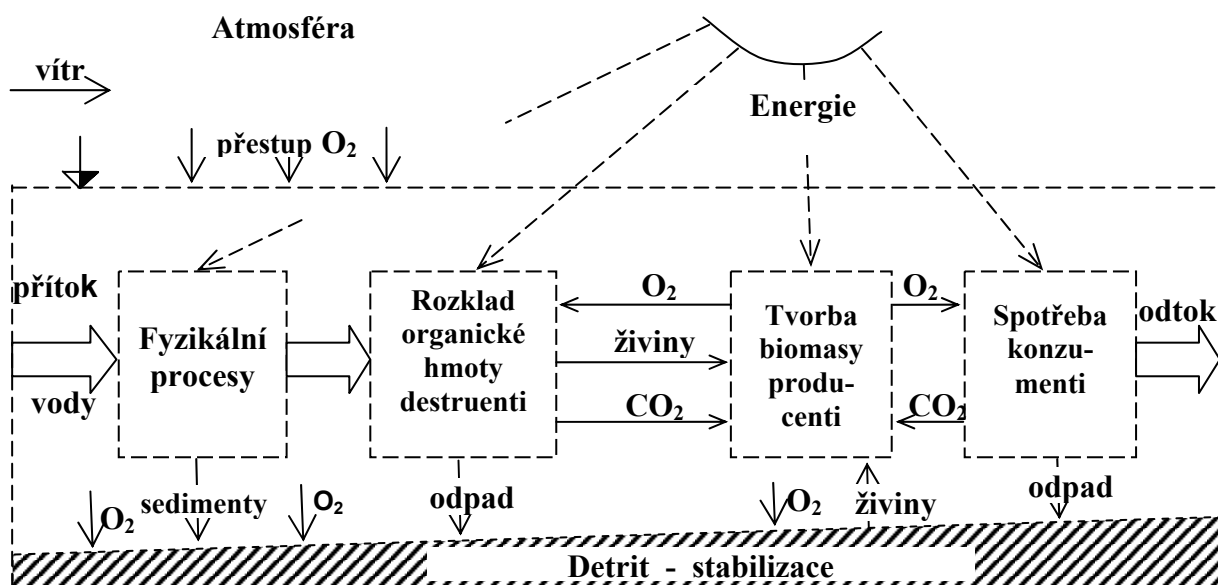
Fyzikální pochody. Z hlediska jakosti vody patří k nejdůležitějším sedimentace. Průběh sedimentace závisí na obsahu suspendovaných látek, jejich tvaru, měrné hmotnosti, usazovací rychlosti, fyzikálních vlastnostech vody (viskozitě, hustotě suspendovaných látek ve vodě), rychlosti proudění, hustotních proudech v nádrži, tvaru, hloubce a uspořádání nádrže, řešení vtoků a výtoků apod. Proces

sedimentace je narušován větrem, turbulentními proudy, sedimenty aj. Na sedimentačních procesech se podílí biologická flokulace, které se zúčastňují mikroorganismy a částečně i řasy. Sedimentační pochody probíhají v podstatě ve všech nádržích rybníčního typu. Výsledkem intenzivní sedimentace zemitéch částic je zanášení (zazemňování) nádrží, způsobující značné provozní problémy.

Chemické, biochemické a biologické pochody. Rozklad, přeměna a poutání jednotlivých látek ve vodním prostředí je výsledkem složitých biologických a biochemických procesů, kterých se zúčastňují nejen bakterie, ale i vyšší organismy; při dostatku kyslíku ve vodě a jsou charakterizované jako proces bakteriální oxidace a fotosyntetické redukce.

Podle autorů TOTHA a KMETĚ (1983) koncentrační změny dusíkatých sloučenin způsobují akumulace, exkrece a příjem různých organických sloučenin heterotrofními mikroorganismy a vodními rostlinami, fermentativní štěpení proteinů, biologická transformace organického dusíku, tvorba amoniaku a jeho oxidace, oxidace dusitanů autotrofními nitrifikačními bakteriemi, asimilace amoniaku, dusitanů a dusičnanů autotrofními a heterotrofními bakteriemi, redukce dusitanů a dusičnanů denitrifikačními bakteriemi.

Autotrofní organismy (producenti) získávají z vodního prostředí živiny (nutrienty) a oxid uhličitý, výsledné složky produkované destruenty (mikroorganismy) a současně v procesu fotosyntézy vytvářejí biomasu a produkují kyslík. Biomasu využívají konzumenti. Tento proces probíhá v epilimniu. Zjednodušené schéma tohoto procesu je znázorněné v obr.1.



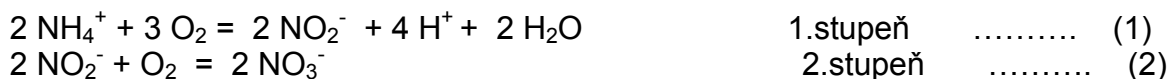
Obr.1 Zjednodušené schéma čistících procesů probíhajících v malé vodní nádrži

Zdroje kyslíku v malých vodních nádržích. Stanovení zdrojů kyslíku a jejich kapacity je nezbytné pro posouzení čistícího malých vodních nádrží a návrh biologických nádrží. Hlavní pozornost věnujeme přírodním zdrojům; využití přírodních zdrojů kyslíku je navíc problematika ekonomická. K hlavním zdrojům kyslíku v nádržích patří:

- Kyslík v přitékající povrchové vodě (vodních tocích). Jeho obsah úzce souvisí s rozsahem znečištění a teplotou vody.

- Převod kyslíku hladinou do vodního prostředí. Tento jev jsme zkoumali v laboratorních podmínkách. Poznatky z výzkumu podrobně uvádějí MALÝ-MALÁ-ŠÁLEK (2000). Přestup kyslíku hladinou příznivě ovlivňuje vítr a déšť, což prokázala naše poloprovozní a laboratorní šetření.
- Produkce kyslíku vodní biomasou v procesu fotosyntézy, tato patří ve vegetačním období k významným zdrojům kyslíku.
- Umělá aerace různými druhy aerátorů, kterými jsou aerátory turbinové, turbinové hladinové, ejektorové, mikrobublíkové, diskové aj.

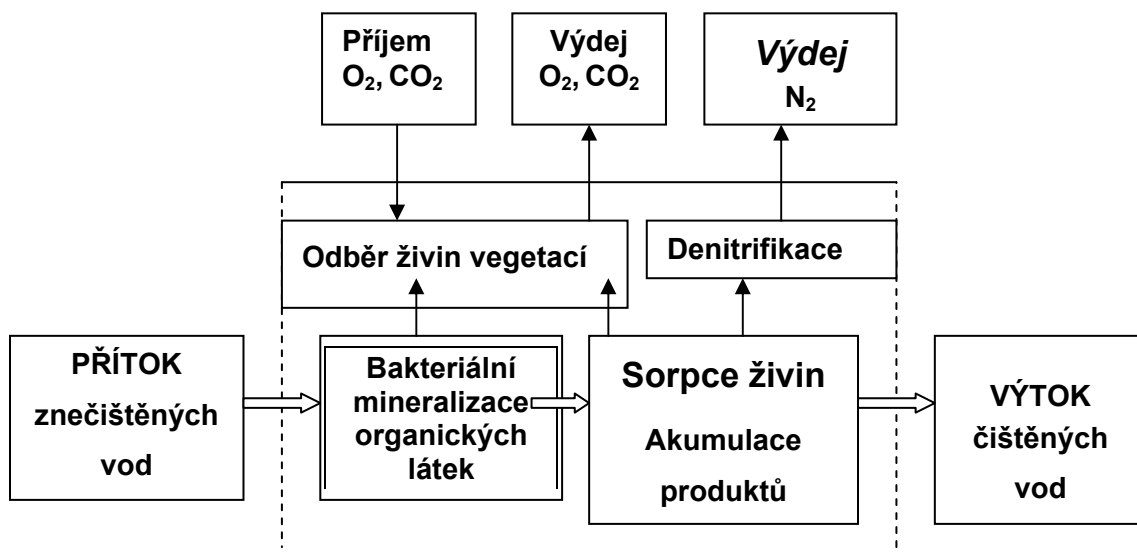
Kyslík je potřebný v procesu nitrifikace. Mikrobiální procesy odstranění dusíku probíhají v návaznosti, případně souběžně, s procesy mikrobiálního rozkladu organické hmoty, jejímž výsledkem je uvolnění dusíku z organických vazeb a jeho přeměna na dusík amoniakální. V anaerobním prostředí je to produkt konečný. V aerobním prostředí dochází za vhodných podmínek k jeho oxidaci na dusitan a dále na dusičnan působením nitrifikačních bakterií. K oxidaci amoniaku je třeba poměrně značné množství kyslíku, což vyplývá z následujících rovnic, popisujících tento dvoustupňový proces:



Spotřeba kyslíku na oxidaci amoniakálního, resp. dusitanového dusíku, vyplývající ze stechiometrie procesů je následující:

| Proces | mmol O /mmol N | mg O ₂ /mg N |
|--|----------------|-------------------------|
| oxidace N-NH ₄ ⁺ na N-NO ₂ ⁻ | 3 | 3.43 |
| oxidace N-NO ₂ ⁻ na N-NO ₃ ⁻ | 1 | 1.14 |
| oxidace N-NH ₄ ⁺ na N-NO ₃ ⁻ | 4 | 4.57 |

Čistící procesy na konci vzdutí a v litorální zóně. Na konci vzdutí malých vodních nádrží a v litorální zóně, zejména klasických rybníků, probíhá čistící proces v mokřadním prostředí, jeho zjednodušené schéma je uvedené v obr.2.



Obr. 2 Zjednodušené blokové schéma probíhající v mokřadním prostředí

Význam rostlin v procesu čištění. Vodní rostliny významným způsobem ovlivňují ozáření a průnik slunečního záření vodním prostředím, teplotu vody, pH, kyslíkový režim, obsah oxidu uhličitého, biogenních prvků aj. Přemnožení vodních rostlin neúnosně zvyšuje biologický zákal a nadměrné zarůstání nádrží vegetací.

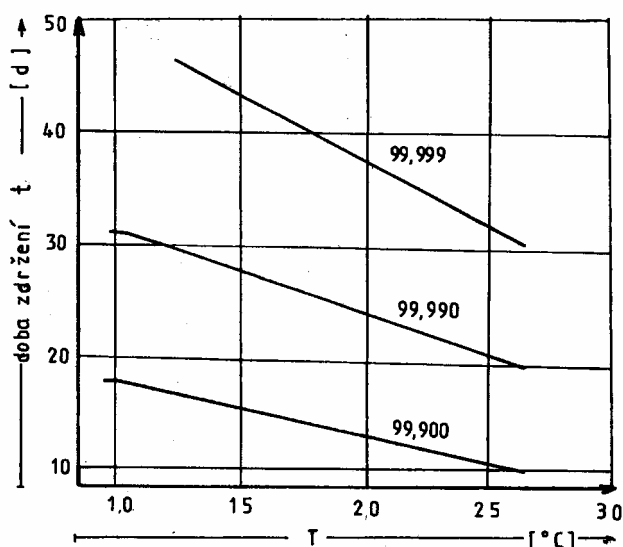
Kyslík produkují sinice, řasy a vodní makrofyta v procesu fotosyntézy. K úbytku kyslíku dochází v noci, v důsledku zastavení fotosyntézy u silně zastíněných a silně eutrofních nádrží. Vodní rostliny uvolňují do svého okolí fytoncidní a bakteriální látky ovlivňující rozvoj drobných organismů a rostlin. Zatím nedostatečně řešeným problémem je odstraňování přebytečné biomasy. Podíl rostlin na zlepšování jakosti vod podrobně uvádějí DYKYJOVÁ (1977), VÉBER (1993), VYMAZAL (1995) aj.

K eliminaci živin se používají rovněž řasové nárosty, které se uchycují na přepážkách (sítech) průtočných systémů v nádrží. Velmi dobrou eliminaci anorganických živin, především amoniakálního dusíku a fosforečnanů, ale i kumulaci těžkých kovů v nárostech, uvádějí SLÁDEČKOVÁ-SLÁDEČEK (1995).

Z makrofyt se na čištění vody podle DYKYJOVÉ (1977) podílejí zejména:

- Emersní helofyta, kořenicí v půdě a sedimentech vodních nádrží, s velkým objemem vytrvalých podzemních orgánů.
- Vodní rostliny vzplývající na vodě s méně vyvinutým kořenovým systémem.
- Ve vodě ponořené rostliny se slabým kořenovým systémem, resp. volně plovoucí druhy.

Odstraňování mikroorganismů. Čisticí účinek malých vodních nádrží při odstraňování mikroorganismů, zejména koliformních bakterií a enterokoků je velmi příznivý. Podrobný výzkum čisticího účinku dočišťovacích aerobních nádrží sledoval SAUZE (1976), který stanovil závislost stupně čištění (%) v závislosti na teplotě vody (°C) a době zdržení (dny) v obr. 3. Orientačními šetřeními jsme zjistili blízké údaje.



Obr.3 Čisticí účinek dočišťovacích aerobních nádrží při odstraňování *Escheria Coli* v závislosti na teplotě vody a době zdržení

Rovnice vyjadřující čisticí účinek aerobních biologických nádrží při odstraňování bakteriálního znečištění uvádějí POLPRASERT et al.(1983), SARIKAYA et al. (1987) aj.

Čisticí procesy ve vodním prostředí s plovoucí biomasou. Do skupiny makrofyt plovoucích na hladině, resp. se slabým kořenovým systémem, patří volně plovoucí rostliny čeledi okřehkovitých (Lemnaceae). Okřehky se vyznačují především rychlým růstem, vysokou produkcí organické hmoty, dlouhou vegetační dobou, vysokou schopností vázat živiny, snadnou sklizní, výhodným využitím organické hmoty pro výkrm a vysokou nutriční hodnotou. Okřehky zůstávají aktivní v mírných zimách i pod ledovým příkrovem. Sledováním kyslíkového režimu v malých vodních nádržích se souvislou hladinou okřehků jsme zjistili, že plovoucí biomasa (např. okřehky) zamezuje pronikání slunečního záření a vytváří poměrně tenkou aerobní zónu (A) v níž probíhají aerobní rozkladné procesy včetně nitrifikace. Pod touto zónou nachází se přechodná zóna anoxická (B), v níž dochází k redukci řas a uvolňování živin. Pod ní se nachází zóna anaerobní (C) s anaerobními rozkladnými procesy, při níž dochází k uvolňování oxidu uhličitého, sirovodíku a metanu. Aby se zabránilo výše uvedeným negativním jevům, je třeba přebytečné okřehky průběžně odstraňovat.

Anaerobní pochody probíhají v bezkyslíkatém prostředí a dochází k nim výjimečně v zimním období pod ledem, při mimořádném zatížení nádrží silně znečištěnými povrchovými a odpadními vodami a v anaerobních biologických nádržích všech typů. Průběh anaerobních čisticích procesů závisí na teplotě, při teplotách pod 10°C je jejich průběh značně omezený. Podle ŠTĚPÁNKA et al. (1979) patří k nejdůležitějším mikrobiálním, převážně anaerobním samočisticím procesům převod močoviny na amonné sloučeniny a rozklad bílkovin na jednoduché štěpné produkty. Činností hnilobných bakterií vznikají nejprve aminokyseliny, konečným produktem mineralizace těchto nádrží jsou CO₂, H₂O, NH₃, H₂S. V nádržích dochází ke štěpení mastných kyselin a tvorbě metanu, štěpení celulózy a sacharidů, redukce síranů až na sirovodík, dusičnanů na dusitany a amoniak až na plynný dusík.

3.0 Stanovení čisticího účinku malých vodních nádrží

Při stanovení čisticího účinku malých nádrží vychází GERGEL (1986) z předpokladu, že k poutání N a P na organickou masu fytoplanktonu je třeba zdržení v nádrži min. 14 dnů, optimálně až 35 dnů. Vychází ze zjištění, že za 1 týden je fytoplankton schopen poutat 14 až 20% dusičnanových iontů, tj. za 3 týdny 41-60%, za 5 týdnů 81-100%. To platí ze předpokladu, že ve vodě je optimální poměr C : A : P = 40 : 10 : 1. Při nedostatku fosforu nedochází k přiměřenému rozvoji fytoplanktonu a N je poután jen částečně. Dalším kritériem, které ovlivňuje poutání N a P, je hloubka průhlednosti vody v nádrži h, stanovená podle ČSN 83 0530, pohybuje se od 0.1 do 1.5 m. Tato hloubka přibližně odpovídá hloubce produkční vrstvy v malé vodní nádrži.

Množství poutaných živin V_{n1} vypočte se ze vztahu odvozeného GERGELEM (1986). Výsledky se vyhodnocují tabelárně, příp. se přepočítávají na 1 ha plochy nádrže.

$$V_{n1} = 0.0864 \sum_{i=1}^n \Delta t_i \left(\sum_{j=1}^m p_{ij} Q_{ij} - \sum_{k=1}^r o_{ik} Q_{ik} \right) \dots\dots\dots(4)$$

kde: i - i-tý interval šetření, t_i- doba trvání i-tého intervalu (d), j je j-tý přítok do nádrže, k je k-tý odtok z nádrže, p_{ij}-koncentrace přínosu sledované látky j-tého přítoku v i-tém šetření (mg.l⁻¹), Q_{ij}-průtok vody j-tého přítoku a i-tého šetření (l.s⁻¹), Q_{ik} – průtok

vody k-tého odtoku a i-tého šetření ($l s^{-1}$), o_{ik} - koncentrace odnosu sledované látky k-tého odtoku i-tého šetření ($mg.l^{-1}$)

Čisticí účinek biologických nádrží, podle našich zkušeností a ověření, se doporučuje počítat podle vztahu UHLMANNA (1985)

$$S_{odt} = \frac{S_{přít}}{\left(1 + \frac{K_1 t}{n}\right)^n} \dots\dots\dots (5)$$

kde: S_{odt} a $S_{přít}$ – hodnota BSK_5 v odtékající a přitékající vodě [$g.m^{-3}$], t – průměrná doba zdržení [d], n – počet sériově zapojených biologických nádrží.

Rychlost odstranění BSK_5 a K_1 stanovil autor na základě podrobných šetření na nově vybudovaných biologických nádržích nelineární regresní analýzou, $K_1 = f$ (objemového zatížení, teploty a doby zdržení), na upřesnění tohoto údaje pracujeme.

$$K_1 = \frac{t^{-1/[1.391+1.304/T+(0.061+0.05T)/L]}}{0.327 + 10.277/T + 1/[(0.25 + 0.476/T)L]} \dots\dots\dots (6)$$

kde T je střední teplota vody v příslušném ročním období ($^{\circ}C$), $L = S_{př} / t$, L – objemové zatížení BSK_5 ($g.m^{-3}d^{-1}$),

3.1 Modelování procesů čištění

K modelování procesů čištění používá se matematické a fyzikální modelování. K dispozici je software řady matematických modelů, které umožňují stanovit průběh a výsledky čistících procesů. Za výše uvedených předpokladů platí pro vstup a výstup ze systému rovnice

$$\frac{VSTUP}{C_o(t)} \quad \frac{dC_1}{dt} = \frac{Q}{V} C_o - \frac{Q}{V} C_1 - k C_1 \quad \frac{VYSTUP}{C_1(t)} \dots\dots\dots(7)$$

kde C_o je koncentrace přitékající látky do akvatického ekosystému ($g.cm^{-3}$), C_1 – koncentrace látky odtékající z akvatického ekosystému ($g.cm^{-3}$), Q – průtok systémem ($m^3.s^{-1}$), V -objem nádrže (m^3), k - rychlostní konstanta (s^{-1}), t – čas (s).

Poznatky z výpočtu modelování čistících procesů v nádržích uvádějí FRITZ et al. (1979), STRAŠKRABA-GNAUCK (1983), ŠÁLEK-KUJAL-DOLEŽAL (1989) aj.

4.0 Závěr

Malé nádrže významně přispívají ke zlepšení kvality vody v povodí a mají mimořádný a význam jako zdroj vody pro řešení vodního režimu krajiny. Jejich čisticí účinek se projevuje především v poutání suspendovaných látek, postupném rozkladu a mineralizaci organického znečištění a nitrifikaci amoniaku. Mimořádně vysoký je čisticí účinek při odstraňování mikrobiálního znečištění a poutání nutrientů biomasou.

Na zvýšení jakosti vody se podílejí klasické rybníky, účelové malé vodní nádrže a speciálně stabilizační nádrže.

Využití malých vodních nádrží pro zvýšení jakosti vody vyžaduje navrhnout a vypracovat soustavu jednoduchých zařízení na odstraňování biomasy a odkalování. Tato zařízení se jeví jako limitující.

5.0 Literatura

- ČÍŽKOVÁ, H. et. al. *Účelové kultivace vodních a mokřadních rostlin*. Třeboň:ČSAV, 1992. 123 s.
- DUROŇ, R. *Typizační studie - stabilizační nádrže pro dočištění odpadních vod*. Č. Budějovice: HDP, 1983, 83 s.
- DYKYJOVÁ, D. Použití vyšších rostlin k biologickému čištění a dočišťování odpadních vod. *Vodní hospodářství*, řada B, 1977, č. 3, s. 60-64
- FRITZ, J.J., MIDDLETON, A.C., MEREDITH, D.D. Dynamic proces modelling of wastewater stabilization ponds. 51. *JWPCF*, 1979, č.11, s. 2724 - 2743
- GERGEL, J. *Ochrana krajinného prostředí pomocí malých vodních nádrží*. Metodika. Praha: VÚMOP, 1992, 10, 29 s.
- GERGEL, J., HUSÁK, Š. *Revitalizace vodních nádrží*. Metodika č.22, Praha, 1997, 56s.
- MALÝ, J., MALÁ, J., ŠÁLEK, J.: *Přestup vzdušného kyslíku do nemíchaného vodního prostředí*, *Vodní hospodářství*, 50, 2000, č. 9, s. 5 – 7.
- MALÝ, J., MALÁ, J., ŠÁLEK, J. *Přestup vzdušného kyslíku do nemíchaného vodního prostředí*. In: Výsledky metod modelování a řízení vodohospodářských a dopravních systémů. Brno: VUT FAST, 2000, s.78 – 83,
- POLPRASERT, O., DISSNAYKE, M.G., THANH, N.C. Bacterial die-off kinetics in waste stabilization ponds. 55. *JWPCF*, 1983, s.285 -296
- ŘÍHA, J. *Tvorba a ochrana životního prostředí. Využívání vody v životním prostředí*. Praha: FS ČVUT, 1984, 216 s.
- ŘÍHA, J. *Matematické modelování hydrodynamických a dispersních jevů*. Brno: 1976, ES VUT, 1997, 185 s.
- SARIKAYA, H.Z., SAATCI, A.M., ABDULFATAH, A.F. Efect of pond on bacterial die-off. *Journ.Env.Engng.* 1987, 6, s.1350 - 1362
- SAUZE F. Données d experiences récents sur le lagunage des effluents domestiques. *Techn.de l'Eau*, č. 360, s. 15-29.
- SLÁDEČKOVÁ, A., SLÁDEČEK, V. *Hydrobiologie*. Praha: ČVUT, 1995, 141 s.
- STRAŠKRABA, M., GNAUCK, A. *Aquatische Ökosysteme*, Jena: 1983, 271 s.
- ŠÁLEK, J. *Návrh a využití biologických nádrží na čištění odpadních vod*. Praha: ÚVTIZ, 1994, Metodika, č. 15, 44 s.
- ŠÁLEK, J. *Přírodní způsoby čištění odpadních vod*. Brno: PC-DIR, VUT, 1995, 115 s.
- ŠÁLEK, J., MALÝ, J. *Čistící procesy ve stabilizačních nádržích využívaných k čištění odpadních vod v krajině*. In: Krajina, meliorace a vodní hospodářství na přelomu tisíciletí, Brno: VUT, MZLU, ICID, 1999, s. 243 –249,
- ŠÁLEK, J. *Malé vodní nádrže a životní prostředí*. Brno: ČSVTS, 1987, 72 s.
- ŠÁLEK, J. *Návrh a využití biologických nádrží na čištění odpadních vod*. Praha: ÚVTIZ, 1994, Metodika, č. 15, 44 s.
- ŠÁLEK, J. *Přírodní způsoby čištění odpadních vod*. VUT Brno, 1995, 115 s.
- ŠÁLEK, J. *Vodní hospodářství krajiny I*. Brno: VUT, 1996. 152 s.
- ŠÁLEK, J. *Rybníky a účelové nádrže*. Brno: Nakladatelství Vutium, 2001, 125 s.
- ŠÁLEK, J. *Dešťové nádrže, současný stav a perspektivy*. In: *Stabilizační a dešťové nádrže*. Brno: FAST VUT, 2002, s.55 – 61,
- ŠÁLEK, J., MIKA, Z., TRESOVÁ, A. *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: SNTL , 1989, 267 s.
- ŠÁLEK, J., KUJAL, B., DOLEŽAL, P. *Rybníky a účelové nádrže- návody ke komplexnímu projektu*. 3.vydání, Praha: SNTL, 1989, 144 s.

- ŠTĚPÁNEK, M. et al. *Hygienický význam životních dějů ve vodách*. Praha: Avicenum, 1979, 587 s.
- TÓTH, D., KMEŤ, T. Matematické modelovanie nitrifikačného procesu vo vodnej nádrži. In.: *Voda a životné prostredie*, 1983, s. 59-69
- UHLMANN D., SCHWARZ S. Erfahrungen mit der Berechnung des Wirkungsgraden von Abwasserteichen. *Wasserwirtschaft- Wassertechnik*, 1985 5, s. 104-105.
- VÉBER, K. *Dočišťování vod vyššími rostlinami*. Studijní zpráva. ÚZPI, Praha: 1993, 40 s.
- VYMAZAL, J. *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. Třeboň: 1995, 146 s.
- ŽÁKOVÁ, Z. *Stanovení trofického potenciálu vody*. Brno: DT, 1981, 102 s.

Možnosti kvantifikace hydrologické bilance povodí modelem WBCM

Prof. Pavel Kovář, DrSc., Ing. František Křovák, CSc.

ČZU Praha , Fakulta lesnická a environmentální,

Katedra biotechnických úprav krajiny

Kamýcká 1176, Praha 6-Suchbát, 165 21

Tel.:224 382 138, e-mail: kovar@lf.czu.cz, krovak@lf.czu.cz

Jedním ze základních témat semináře "Malé vodní nádrže a mokřady" je objasnění jejich úlohy pro zvýšení retence a akumulace vody v krajině. Prvky krajiny určující stupeň stability, organizace půdního fondu a způsoby hospodaření spolu s přírodními podmínkami klimatickými, půdními, vegetačními a antropogenním vlivem, určují ve své syntéze hydrologický režim povodí. O vlivu půdního fondu, tj. zastoupení kultur na povodí již v minulosti nebylo sporu ani mezi hydrology, ani ochránci přírody. Nicméně argumentace na základě kvantifikace hydrologické analýzy, scénářové simulace změn a zejména spojení analýzy stability krajiny a stability hydrologického režimu, tj. **ekohydrologické analýzy** dosud ve značné míře chyběla. Proto je třeba toto spojené úsilí využít a hodnotit výsledky vlivu změn využívání a ochrany krajiny na změny jejího vodního režimu. Využití hydrologických, zejména pak **bilančních modelů** přináší solidní nástroj kvantifikace změn srážko-odtokového procesu.

Cílem využití bilančních modelů je především zjišťování komponent hydrologické bilance stávajícího stavu povodí. Kvantifikace těchto komponent určuje, zda na povodí probíhá přijatelný srážko-odtokový proces s minimalizovaným povrchovým odtokem a s prioritní dotací srážek do podzemních vod. Jedním z osvědčených matematických modelů hydrologické bilance je **model WBCM** (Water Balance Conceptual Model). Model WBCM je deterministický, patří do kategorie modelů nelineárních s pravděpodobnostně rozdělenými proměnnými i parametry po ploše modelovaného povodí tak, aby byla zachována jejich plošná variabilita. Každý kapacitní prvek modelu představuje přirozenou zásobu vody v jednotlivých vertikálních subsystémech hydrologického profilu. Byl koncipován pro simulaci denních bilančních hodnot ve vegetačním období, což je kritická doba pro vznik deficitů. Model uvažuje všechny podstatné interakce mezi jednotlivými zónami (tj. vegetační zónu, aktivní i celkovou nenasycenou zónu, a nasycenou zónu). Kapacity všech zón respektují různorodost přirozených hydrologických podmínek povodí. Model ve většině zón uvažuje lineární rozdělení těchto kapacit kolem jejich průměrných hodnot. Struktura modelu uvažuje fyzikální principy, podle nichž dochází k evapotranspiraci, intercepci, infiltraci a k tvorbě přímého i základního odtoku. Nedílnou součástí modelů WBCM je automatická optimalizace parametrů v jeho identifikační fázi. Jeho verze WBCM-5 v této fázi optimalizuje tři parametry, s jasným fyzikálním významem. Používá denních hydrometeorologických dat.

Ve vzájemné vazbě řeší následující dílčí hydrologické procesy :

- potenciální evapotranspirace
- intercepce
- tvorba povrchového odtoku a jeho transformace
- vláhová dynamika aktivní zóny a povrchová retence
- dynamika nenasycené zóny a skutečná evapotranspirace

- dynamika nasycené zóny a celkový odtok.

Objemovou shodu složek bilance zabezpečuje sledování kontinuity dle bilanční rovnice :

$$SRAIN = AE + STF \pm (\Delta WP + \Delta WZ)$$

$$SRAIN = AE + STF \pm \Delta W$$

kde

SRAIN je výška srážek (mm)

STF je výška celkového odtoku (mm)

AE je skutečný (aktuální) výpar (mm)

ΔWP je změna vlhkosti nenasyčené zóny (mm)

ΔWZ je změna objemu nasycené zóny (mm)

ΔW je výsledná změna objemu podpovrchových vod (mm)

Nejdůležitější částí modelu je řešení dynamiky nenasyčené zóny (tj. její sycení a čerpání výparem), což je popsáno Richardsovou jednorozměrnou rovnicí pro vertikální půdní profil:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \left(\frac{\partial H}{\partial z} - 1 \right) \right]$$

kde θ vlhkost půdy (-)

H tlaková výška (m)

t časová souřadnice (s)

z pořadnice hloubky sycení (m)

$K(\theta)$ součinitel nenasyčené hydraulické vodivosti ($m \cdot s^{-1}$)

Tato rovnice je převedena do tvaru konečných diferencí a řešena numericky. Proces je popsán rekursivními vztahy, respektujícími plošnou proměnlivost lokálních hodnot parametrů pórovitosti (POR) a polní vodní kapacity (FC) nenasyčené zóny. Model je podrobně uveden v literatuře (Kovář, Veselý 1998).

Modelové parametry se optimalizují rekonstrukcí měřených srážko-odtokových dat. Hodnoty těchto parametrů jsou pak využity pro scénářové simulace implementované tímto modelem za různě změněných podmínek, reprezentujících zejména změny užívání pozemků, urbanizaci, mýcení lesa aj. Tyto scénářové výpočty přinášejí zajímavé výsledky zvláště ve změnách přímého odtoku, sumárních intercepce a změnách zásob podpovrchových vod, což patří k nejdůležitějším komponentům hydrologické bilance (Kovář et al., 2001).

Literatura:

Kovář, P., Veselý, R., 1998: Use of water balance model for the restoration of small catchment.

Použití modelů hydrologické bilance při revitalizaci malých povodí. Rostlinná výroba 44/5, str. 223-229.

Kovář,P., Cudlín,P., Korytář,M., Zemek,F., Heřman,M., 2001: Comparative study of water balance on the experimental catchments Všeminka and Dřevnice. Plant, Soil and Environment (Rostlinná výroba) 47/6, pp.260-266.

Záznam diskuse

Doc. J. Zuna: vznesl připomínku k tomu, že měřítko nákladů na 1m³ vody u revitalizačních nádrží není nejvhodnější, že by mělo být jiné.

K problému rybích přechodů se vyjádřil skepticky, zejména v horních částech povodí, kde bývají často problémy i s dostatečnými průtoky pro pohyb ryb.

Ing. T. Just: vyjádřil souhlas s připomínkou k nákladům.

Ing. Zlatuška: připojil se k připomínce k nákladům, navrhuje přepočítat na měrný průtok, event. plochu. Dále vznesl dotaz na prof. Šálka, zda se setkal s čištěním nádrží pomocí plovoucích ostrovů.

Prof. J.Šálek: odpověděl, že i on zná zmíněnou metodu jen z literatury.

Prof. V. Broža: připomněl, že i MVN „revitalizační“ by měly být koncipovány s ohledem na bezpečnost, že by měly plnit funkci retence, možno počítat i s přelitím koruny hráze, ale s takovým ošetřením, aby nedocházelo k erozi (zkušenosti z USA).

RNDr J. Pokorný: připomněl k vystoupení prof. Šálka, že likvidaci biomasy v MVN je nejlépe řešit rybí osádkou, ne technikou.

Prof. F. Hrádek: uvedl, že k návrhu suchých nádrží je nutná studie odtokových poměrů v povodí, dále že účinek svahu nádrže oproti retenčnímu prostoru MVN je mnohem větší, a to u poldrů s volným odtokem otevřeným potrubím, dokonce tak, že mnohdy není ani třeba uvažovat s bezpečnostním přelivem.

Ing. Nosek: trvá na tom, že bezpečnostní přeliv i u suchých nádrží musí být.

Prof. V. Broža: doplnil, že u poldrů nelze spoléhat na automatické fungování, že vyžadují dohled a dozor.

Ing. Beneš: uvedl zkušenost k využívání poldrů na území Prahy - spíše špatná. Chybí manipulační řády atd.

Ing. Zlatuška: i on upozornil na špatné zkušenosti s dohledem na funkci poldrů při povodňové situaci.

Ing. Křovák: dotaz na Dr. Pokorného, ohledně energetické bilance biomasy.

RNDr J. Pokorný: odpověděl, že pouze necelé 1% se energie se váže na biomasu.

Zdůraznil vliv klimatizace evapotranspirací.

Prof. F. Hrádek: upřesnil rozdíl mezi plněním retenčního prostoru MVN a plněním poldru.

Ing. Nosek: i on upřesnil svoje vystoupení se zdůrazněním na bezpečnost funkce