

Vody vznikající v souvislosti s těžbou surovin

V průběhu těžby surovin se vytvářejí komplexy mokřadů, které dynamicky vznikají a zanikají, mění se jejich plošný rozsah a někdy se i průběžně přesunují. Vznikají v jámách po vytěžení u povrchové těžby, v lokálních depresích výsypce nebo odvalů nevyužitých materiálů, v depresích vzniklých propadáním nadloží po hlubinné těžbě i jako různé typy technologických nádrží. Po skončení těžby dochází ke stabilizaci rozsahu mokřadů, často však také k jejich likvidaci a naopak budování nových. Jejich vlastnosti se následně mění s probíhající sukcesí. V České republice jde o vysoké stovky až tisíce větších nádrží s celkovou plochou kolem 10 tisíc ha. Některé mají zajímavý až extrémní chemismus a někdy zvláštní oživení. Často jsou po ukončení těžby zařazeny mezi chráněná území.



Pramen, potok, řeka, jezero, tůň, bažina či rašeliniště vznikají přirozeně, nezávisle na člověku, a nejvíce naplňují naši představu vnitrozemských povrchových vod. Přístup k nim se historicky měnil. Lidé je využívali jako zdroj vody i jako komunikační trasy, což dlouhou dobu nevyžadovalo skoro žádné úpravy. S růstem hustoty osídlení a bohatství společnosti se zvyšovala intenzita a přibývaly formy využití vod. Povrchové vody začaly být významně upravovány. Příkladem budiž odběr vody do zavlažovacích soustav, narovnávaní a opevnování toků pro plavení dřeva a pohyb stále větších lodí, budování jezů pro lepší splavnost, stabilní možnost odběru vody samospádem a následně pro výrobu elektřiny. Pro využití vody jako zdroje energie ve vodních mlýnech, hamrech a nověji vodních elektrárnách stačilo vybudovat poměrně krátké a malé napouštěcí kanály. Mnohem mohutnější byly některé akvadukty a zavlažovací kanály v teplých oblastech, kanály pro převod vody mezi povodími (Čína, Střední Asie) a umělé vodní plavební kanály. Ze stojatých vod šlo dlouho především o rýžová pole a rybníky

s nezbytnými kanály (stokami) pro manipulaci s vodou. V posledních dvou stoletích byly pro různé účely budovány stále mohutnější přehradní nádrže – největší z nich se plochou přibližují velkým přírodním jezerům. To jsou věci všeobecně známé a lidstvo je na ně pyšné.

Už méně se ví, že lidé mnohé povrchové vody také zmenšili nebo i zcela zlikvidovali. U řek je to známá regulace (kanalizace), vedoucí ke zkrácení toku, k odříznutí meandrů a jejich postupnému zazemnění. Cíleně byla na našem území odvodněna jezera velká stovky až tisíce hektarů, Komořanské v Podkrušnohoří (podrobněji na str. 227–230) a Kobylské a Čejčské jezero na jižní Moravě, ve všech případech v zájmu zemědělské výroby. Celé předchozí tisíciletí probíhalo záměrné vysušování české krajiny pro snazší zemědělské využití, což vedlo k zániku množství mokřadů. V modernější době k tomu přistoupilo jejich zavážení a úprava na levné stavební pozemky.

Mimo pozornost laické veřejnosti je pak velké množství vod vznikajících zčásti záměrně a zčásti nezáměrně v souvislosti

1 Mělké louže na Podkrušnohorské výsypce vzniklé sesedáním urovnané zeminy využívají k rozmnožování ropucha krátkonohá (*Epidalea calamita*) a r. zelená (*Bufo viridis*).

2 Štola Josef ve svahu lomu Medard se silně kyselou vodou (pH 3–4). Po levé straně pruh železitých usazenin vybraných z příkopu

3 Drobná louže v členitém povrchu evropsky významné lokality Pískovna Erika s pulci ropuchy zelené

s těžbou surovin. Horníci s vodou zápasili i využívali sílu vodního toku odedávna. Voda hromadící se v těžebních jámách do vynálezu parních strojů výrazně limitovala velikost a hloubku jam. Hlubinná těžba závisela na možnosti odvádět vodu samospádem štolami na povrch (obr. 2). Řada z nich zůstala funkční i po ukončení těžby a je zdrojem mnoha potůčků např. v Krušných horách a Jeseníkách. Vytěženou surovinu středověcí horníci často drtili ve stoupách poháněných vodní silou a koncentrovali plavením. K tomu přiváděli vodu i uměle vybudovanými koryty. Jak je zřejmé z historických rytin v knize Jiřího Agricoly Dvanáct knih o hornictví a hutnictví ze 16. století (1556), horníci se nerozpokovali rýžovat zlato rozplavením lesní půdy a k tomu potok opakovaně překládat. Nejen v jižních Čechách jsou dosud k vidění pozůstatky po rýžování zlata, sejpy, mezi nimiž místy zůstaly zachované i drobné tůňky. V Krušných horách se podobným způsobem rýžoval cínovec.

Rozvoj těžké zemní techniky ve 20. století umožnil mnohonásobně větší vliv na zemský povrch při těžbě surovin. Vedle



záměrných změn toků a nádrží a budování nových nádrží sem náleží i nezáměrný vznik velkého množství zejména mělkých menších nádrží, tůňek a mokřadů (obr. 1 a 3). To je dáno především členitým povrchem těžebních ploch a pohybem zemní techniky. Přitom během těžby bývá změny vodních těles mimořádně dynamické. Podmínky se mění podle fází těžby a liší se podle typu získávaných surovin i velikosti těžebních prostorů.

Celý proces dobře ilustruje těžba hnědého uhlí v Mostecké pánvi. Začátek intenzivnější těžby spadá do přelomu 18. a 19. století. Šlo o drobné povrchové lomy, po skončení těžby často samovolně zaplavené vodou (oprámy, obr. 4), nebo o hlubinnou těžbu komorováním. Vytěžené komory byly cíleně zavalovány zřícením stropu. To se postupně projevilo na povrchu vznikem skupin malých kruhových propadlin, mnohdy následně zaplavených vodou (pinky, obr. 5; proces je vlastně obdobný

jako při vzniku závrtů v krasových oblastech). Jiný typ plošně rozsáhlejších propadlin vznikl v pozdější době při stěnování – těžbě důlními kombajny v širokém pruhu (obr. 6). Hlubinná těžba hnědého uhlí z velké části skončila v druhé polovině 20. století. Místa byly propadliny zahrnovány kvůli zemědělskému hospodaření, častěji zanikly přetěžením povrchovou těžbou, protože komorováním se vytěžila maximálně třetina uhelných slojí. Rozvoj techniky v druhé polovině 20. století umožnil vznik prakticky neomezeně velkých povrchových lomů. Na plánovaném těžebním území byly překládány vodní toky a současně se budovala protipovodňová zařízení, aby nedošlo k zaplavení lomů. Jejich součástí byla např. Dřínovská nádrž na řece Bílině, zabírající plochu 282 ha a uvedená do provozu v r. 1955. Kvůli rozšíření dobývacího prostoru byla již v r. 1981 zrušena a místo ní byly vybudovány jiné nádrže (Újezd, Zaječice). Stavěly se další

4 Drobný zatopený hnědouhelný lom (oprám) Karolína v Bžanech má i po desítkách let pod chemoklinou v hloubce 8 m hustší bezkyslíkatou vodu.

5 Mělká propadlina (pinka) Záhadná v předpolí lomu Jiří u Sokolova s krásně vyvinutým litorálním pásmem, nyní již zaniklá po přetěžení

6 Rozsáhlá propadlina po těžbě uhlí stěnováním u Chomutova na tzv. Pražských polích, významná lokalita vodního ptactva

7 Podkrušnohorský přivaděč u Vysoké Pece slouží k převodu vody z Ohře do Bíliny a též jako přeložka krušnohorských potoků. Je významnou bariérou v krajině.

8 Typický vzhled odvodňovacího příkopu na rekultivovaných výsypkách

9 Nově vybudovaná rekultivační nádrž na výsypce, břehy opevněny makadamem

10 Rekultivační nádrž s kyselou vodou 15 let po vybudování s rozsáhlým litorálním pásmem – kamyšník (*Bolboschoenus*), ostřice (*Carex*), rákos (*Phragmites*)



10



11



12



13



14



15

11 Suchý poldr na Střimické výspě u Mostu. Na dně s drobnou trvalejší nádržkou vody, umožňující reprodukci obojživelníků a výskyt vodního hmyzu. Jde rovněž o lokalitu slanomilné vegetace.

12 Větší nádrž na vrcholu členité Hornojřetínské výspy

13 Nádrž s rezavou důlní vodou vypadá na první pohled bez života, ale některé druhy zooplanktonu v ní celkem spokojeně žijí – buchanky (Cyclopidae), vířníci (Rotifera) i vodní hmyz.

14 Plaviště popílku Vřesová s rozsáhlými mělčinami je atraktivní lokalitou pro vodní ptáky díky bohaté potravní nabídce zooplanktonu – perlooček rodu *Daphnia*, i larev pakomárů rodu *Chironomus*.

V některých letech se zde velmi úspěšně rozmnožují ropuchy krátkonohá a zelená.
15 Mělké nádrže vzniklé při těžbě materiálu na hráze plaviště popílku Vřesová patří k druhově nejbohatším lokalitám obojživelníků na Karlovarsku.

přeložky krušnohorských potoků (obr. 7) a také se přelozilo koryto Bíliny. Bílina byla kvůli těžbě překládána opakovaně a některými úseky dokonce tekla voda dočasně i opačným směrem.

Při povrchové těžbě vznikaly nejprve rozsáhlé vnější výsypky nadložního materiálu a po určité době i výsypky vnitřní ve vytěžených částech lomů. Na výsypkách velkých stovky i tisíce hektarů musel být budován odvodňovací systém, aby nedošlo vodní erozi k porušení jejich stability. Původně technicky řešené odvodňovací příkopy (obr. 8) získaly v některých případech charakter přirozených toků. Na nerovném povrchu výsypek vzniklo mnoho jezírek. Ta byla často při rekultivaci zahrnuta, ale současně byla na výsypkách vybudována řada rekultivačních nádrží (obr. 9–11). Nejpočetnější a nejcennější skupiny jezírek vznikly na výsypkách určených k pozdějšímu přetěžení (Kopistská, Hornojřetínská – obr. 12).

V důlních jámách se budovalo odvodnění svedené do retenčních nádrží na dně lomů, odkud byla voda po úpravě v jiných nádržích (obr. 13) a případně i v úpravných důlních vod čerpána do povrchových toků. Od konce 20. století docházelo k ukončení těžby i ve velkých povrchových lomech. Jako vhodné řešení jejich rekultivace se ukázalo řízené zatopení povrchovou vodou. K tomu zatím došlo u tří lomů: Chabařovice (Mílada), Ležáky (Most) a Medard. Vznikla jezera velká 250–500 ha a hluboká 25–75 m, vesměs s velmi kvalitní oligotrofní vodou. V budoucnu by měla vzniknout ještě větší a hlubší jezera.

Těžba černého uhlí probíhá v hloubkách i přes 1 km v řadě slojí nad sebou. Proces vzniku propadlin na povrchu je pomalejší, ale propadliny bývají rozsáhlejší a časem se rovněž zaplavují vodou (např. Darkovské moře v Karviné). Černé uhlí se často pralo a mour se ukládal v usazovacích nádržích. V posledních desetiletích se usazený mour



začal těžit, takže došlo k obnovení původních vodních ploch. Po ukončení hlubinné těžby se přestane z lomů čerpat voda a vznikají podzemní retenční vody, jejichž vlastnosti prakticky nedokážeme zjistit.

S těžbou uhlí souvisí i jeho energetické využití v elektrárnách stavěných obvykle poblíž lomů. Pro elektrárny byly budovány nádrže jako zdroj technologické a chladicí vody. Zbytky spáleného uhlí se většinou dopravují vodou na plaviště popílku. Ačkoli plaviště vypadají zcela nepřirodně, zpravidla jsou během provozu cenným stanovištěm vodních ptáků (rozsáhlé mělčiny s potravní nabídkou, v zimě nezamrzají), obojživelníků i dalších organismů (obr. 14).

Lomy, pískovny a jejich příbuzní

Charakter těžebních území i vod, které v nich vznikají, se liší podle surovin. Mnoho drobných vodních ploch se vytvořilo v materiálových jámách po získání zeminy pro stavby v blízkém okolí. Protože těžba materiálu bývá krátkodobá a mělké nádrže brzy zarostou vegetací a splynou s okolím, vztah k těžbě surovin bývá zastřený (obr. 15). Mnoho takových vod se vyskytovalo podél starších železničních tratí.

Množství drobných vod rozptýlených po celé republice vzniklo v minulosti při lokální těžbě kameniva. U drobných vod uprostřed lesů nebývá souvislost často na pohled zřejmá. U velkých moderních kamenolomů proniká těžba někdy do značné hloubky a je možná jen díky čerpání velkého objemu vody. K tomu slouží retenční nádrže na dně (obr. 16). V lomech s málo intenzivní těžbou speciálního kameniva mohou přetrvávat stovky let. V kamenolomech často pramení voda ve stěnách a vytváří trvalé toky i zajímavé skrápěné plochy se specifickým oživením – řasové nárosty, možný výskyt hmyzích larev odolávajících rychlému proudění vody (např. některých kalcifilních chrostic). Po uzavření lomů vznikají i rozsáhlá, hluboká jezera.

Velké vodní nádrže, plochou srovnatelné s jezery ve zbytkových hnědouhelných jámách, vznikají i při těžbě písku a šterku. Ložiska se nejčastěji vyskytují v okolí nížinných řek, kde je vysoká hladina podzemní vody. Proto se běžně těží z vody a vodní nádrže existují od začátku těžby. Bývá pro ně specifický příčný tok podzemní vody, obsahující minerální živiny, které se v nádržích zadržují. Ve výše položených pískovnách se budují vodní nádrže k praní vytěženého písku. Drobné oligotrofní pís-



kovny, jakých je v jižních Čechách celá řada, jsou cenným biotopem pro vzácné vodní rostliny i živočichy (obr. 17). Příkladem může být velký počet druhů klanonožců (pravidelně vznášivka obecná – *Eudiaptomus vulgaris*) nebo i potápník dvojčárý (*Graphoderus bilineatus*) a samozřejmě obojživelníci. Některé pískovny jsou využity pro záchranné výsadby ohrožených vodních a mokřadních rostlin.

Podobný charakter má těžba cihlářské hlíny (obr. na 2. str. obálky) a kaolinu. Ložiska často pokračují pod úroveň spodní vody, takže v těžebnách bývá více vodních nádrží již v době jejich provozování. Po hlubinné těžbě kaolinu na Karlovarsku vzniklo několik rozsáhlejších depresí s čistou vodou. Obdobné podmínky mohou být u zvláštních surovin jako bentonit, kamenec a křemelina.

Trochu jiná hydrochemie

Vody vzniklé v souvislosti s těžbou surovin mívají specifický chemismus, který někdy výrazně ovlivňuje jejich oživení (jako třeba Hromnické jezírko, blíže na str. 223–226). Častá je nízká koncentrace živin vyplývající z plnění dešťovou vodou a vodou přítékající z vrstev půdy nezasažených antropogenní eutrofizací. Oligotrofní těchto nádrží je v současné eutrofizované krajině velmi cenná. Projevuje se to i na jejich oživení s vysokým podílem organismů nenacházejících vhodné podmínky v rybnících a přehradních nádržích. Některé vody po těžbě surovin jsou naopak přirozeně velmi úživné. U nás se to týká rašelinných vod, a zejména nádrží po vytěžených slatiništích.

K častým vlastnostem patří zvýšená až vysoká koncentrace solí, která může vést i k zúžení druhového spektra organismů, např. u vody z povrchové i hlubinné těžby uhlí. Týká se to i vody na dně některých lomů a na výsypkách, kde se dešťová voda protékající zeminami výsypek obohacuje solemi. Vznikají slániska, která mají šanci přetrvávat stovky let bez speciálního managementu (obr. 18). Koncentrace a poměr iontů je na těžebních územích mimořádně variabilní. Vyskytují se zde extrémně vysoké i extrémně nízké hodnoty. Je obdivuhodné, jak to některé vodní organismy snášejí – např. různé druhy vířníků nebo buchanky.

V některých případech mají vody vysokou alkalitu. Při hodnotách vyšších než 7 mmol/l dochází ke srážení pěnoveců, což ovlivňuje morfologii toků a nádrží i pohyb vody po svazích (obr. 19). Pěnovecové prameniště na výsypkách mají hodně spo-

16 Drobnou retenční nádrž na dně velkolomu Čertovy schody využívá k reprodukci ropucha zelená.

17 Stará pískovna u Cepu na Třeboňsku s několika mělkými nádržemi

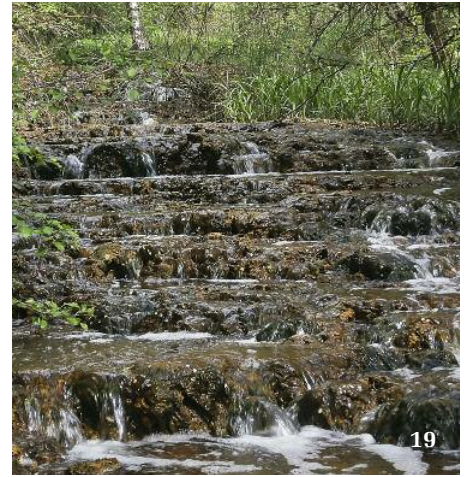
18 Mělká periodická a silně zasolená nádrž na Podkrušnohorské výsypce s halofilními organismy – vířníkem *Hexarthra fennica* a dvoukřídlými rodu břežnice (*Ephydra*) – bohužel již zaniklá
19 Odvodňovací příkop z Podkrušnohorské výsypky s kaskádami pěnoveců. Snímky I. Příkryla

lečného třeba s cennými biotopy ve vápencových Karpatech. Na pěnovecové mokřady je vázána přítomnost specifických organismů – např. chrostíků *Hydroptila taurica* a *Oxyethira falcata* (u nás jen na sokolovských výsypkách) a odtud popsané vláknité sinice *Dichothrix ledereri*.

Častou vlastností je nízké pH vody – za vedený pojem kyselá důlní voda, v angličtině Acid Mine Drainage, AMD – někdy i nižší než 2. Je zajímavé, že takové vody osídluje i organismy z přirozeně rašelinišť, např. vířník *Elosa worralii* nebo některé plošnice. Známými příklady jsou zmíněné Hromnické jezírko na Plzeňsku a Kamencové jezero v Chomutově. V kyselých vodách jsou zvýšené koncentrace kovů a na povrchu dochází k jejich srážení, hlavně u železa a manganu. To výrazně omezuje oživení. Vzácnější je naopak vysoké pH přes 10.

Cennou vlastností řady vod souvisejících s těžbou surovin je alespoň dočasná absence ryb nebo jejich nízká obsádka, umožňující výskyt mnoha organismů, které v běžných povrchových vodách nedokážou predacnímu tlaku ryb odolávat. To se týká velkých druhů planktonních korýšů, většiny vodního hmyzu a především larev obojživelníků.

Úhrnná plocha nádrží po těžbě v ČR se dá podle mapových podkladů odhadnout téměř na 10 tisíc ha, pokud zahrneme i průmyslová plaviště (popílkoviště a podobné deponie). Více než polovina (57 %) souvisí s těžbou šterkopísku, 22 % s těžbou uhlí (jejich podíl se zvýší po ukončení těžby v několika zbýlých velkých lomech), 14 % tvoří plaviště a jen 7 % ostatní suroviny. Plocha nádrží po těžbě surovin klesá s rostoucí nadmořskou výškou. V rozmezí 100 až 300 m n. m. leží 38 %, mezi 300–500 m n. m. 23 % a nad 600 m méně než 0,2 %. Počet nelze snadno odhadnout, protože drobné, početné převažující nádrže nebývají v běžných mapách k nalezení a nelze



dobře posoudit jejich vztah k těžbě. Celkový počet je určitě mnohem vyšší než 1 000.

Po skončení těžby mohou být nádrže využívány k různým účelům. Velké vodní plochy jsou atraktivní pro vodní ptactvo, k rekreaci i rekreačnímu rybolovu. Některé pískovny mohou být i zdrojem pitné vody. Hluboké průzračné nádrže v bývalých kamenolomech mají v oblíbenosti potápěči. Výskyt ohrožených organismů je často důvodem pro vyhlášení maloplošných chráněných území. Více než dosud by nádrže mohly být využívány jako zdroj požární vody. I ty velmi drobné poskytují cenný biotop vodním a mokřadním organismům.

Nezanedbatelným přínosem jsou výsledky monitoringu tří řízeně zatopených jam po těžbě uhlí – jezer Milada, Most a Medard. S rostoucím objemem a průměrnou hloubkou se měnily jejich vlastnosti. Zejména u Medardu se vyvíjela zajímavým způsobem hustota vody v určitém období až se třemi chemoklinami. Chemoklina je výrazná změna hustoty vody ve vertikálním profilu zabraňující promíchání vrstev vody, které odděluje. Vzniká rychlým přítokem vody s nízkou hustotou do nádrže s hustší mineralizovanou důlní vodou. Jezera leží na trase tahu vodních ptáků a to nese potenciál výskytu nových nebo ojedí-

nělých druhů pro ČR, což se již prokázalo – jde např. o vířníka *Synchaeta verrucosa* a pravděpodobně i krátkodobě silně populace sinice *Planktothrix rubescens*, obojí zřejmě původem z alpských jezer.

Těžba je spojena s představou devastace krajiny. Dotýká se řádově jen 1 % území republiky. Do dnešní eutrofizované kulturní krajiny však vnáší novou dynamiku, přetvářející dlouho po skončení těžby. Vytváří podmínky pro mnoho organismů, jež z krajiny mizí. Podíl biodiverzity vázaný na těžební území je nepoměrně větší než podíl těchto území. To platí i pro vodní plochy, které by bez těžby surovin nevznikly.

Jiří Peterka a kolektiv autorů

Ryby důlních jezer – zďary, nezďary a budoucí hrozby

Před dvěma lety jsme se v Živě věnovali problematice hydrických rekultivací zbytkových důlních jam po těžbě hnědého uhlí z pohledu možností realizací rybích společenstev typologicky nejlépe odpovídajících těmto ekosystémům (2020, 5: 261–264). Nyní bychom se rádi zaměřili na to, jak se realizace daří a jaké jsou nejvýznamnější hrozby pro udržení vytvořených rybích obsádek. Jak už jsme zmínili v předchozím příspěvku, vytvoření nového jezera v důlním prostoru představuje ve své podstatě rozsáhlý ekologický experiment, který je nejen zajímavý z pohledu čistě odborného (odhalování vlivů abiotických a biotických faktorů na formování společenstev organismů), ale zároveň velmi důležitý z pohledu budoucího využití veřejností. Výsledná kvalita vody, na které se významně podílejí právě složení rybiho společenstva a celková početnost rybi obsádky, je totiž ukazatelem předurčujícím vzniklá jezera k bezproblémovému a plnohodnotnému využití veřejností.

V České republice byly zatím rekultivovány řízeným zaplavením tři velké důlní jámy a vznikla tak tři důlní jezera. Několik dalších je postupně připravováno a plánováno. Nejmenší rozlohu a hloubku má důlní jezero Milada (250 ha, maximální hloubka 25 m), nejhlubší je Most (309 ha,

hloubka až 75 m) a největší rozlohy dosahuje Medard (493 ha, hloubka až 55 m). V každém z nich byl realizován nebo učiněn pokus o vznik jiného typu rybiho společenstva, a je tak možné srovnávat výsledky jednotlivých postupů. Rekreační aktivity veřejností probíhají na jezerech



1 Sumec velký (*Silurus glanis*) odpočívající v zatopené suchozemské vegetaci silně porostlé slávičkou mnohotvárnou (*Dreissena polymorpha*)

aktuálně buď plně (Milada, Most), nebo částečně (Medard, viz dále v textu), a z pohledu rybích společenstev se již projevují i první negativní důsledky.

Zatápění jezera Milada, zbytkové jámy povrchového dolu Chabařovice ležícího mezi Ústím nad Labem a Teplicemi, probíhalo od r. 2001 a konečné rozlohy bylo dosaženo v r. 2010. Jde tedy o nejdéle fungující nově vzniklé důlní jezero a budeme mu věnovat největší pozornost. Obsádka byla navržena s ohledem na jeho typologické zařazení – mezo- až oligotrofní (se střední až nízkou úživností), relativně mělké, tedy štika-okounové – a jako u obou dalších důlních jezer byla