

# Obnova funkcí krajiny po těžbě hnědého uhlí

*E. Pecharová, J. Procházka, K. Wotavová, Z. Sýkorová, J. Pokorný: Restoration of Landscape Functions after Termination of the Coal Mining. Život. Prostr., Vol., 38, No. 3, 151 – 155, 2004.*

Landscape damages of the mining activities in the North-West Bohemia were studied and restoration strategies are suggested. The basic hypothesis is used, that landscape is a stabile living system with optimal flow of matter and energy. Colonization of landscape disturbs these natural functions moderately, but opencast mining in some places completely eliminates these functions. It is possible to restore landscape functions, but permanent presence and activity of man is supposed. We defined function of landscape like a flow of solar energy, flow (cycle) of water and matters. These flows are inseparably connected. Man-made interventions and activities should be in harmony with landscape functions. From our basic study follows effectiveness of individual initial vegetation of new landscape and its importance for restoration of short water cycle. Interesting result represents relative rapid stabilization of function of the grasslands including increase of species diversity.

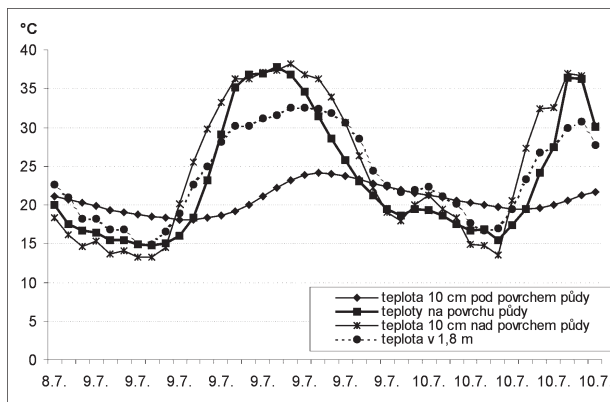
Při studiu krajiny poškozené těžbou a návrzích strategie obnovy vycházíme z hypotézy, že krajina se utvářela jako živý systém, optimalizovala toky látek a energie. Kolonizace krajiny mírně narušuje její přirozené funkce, povrchová těžba je v některých místech úplně zlikvidovala. Krajina vytvářená (obnovovaná) člověkem by měla být schopna tyto funkce obnovit. Funkce krajiny definujeme v termínech toků sluneční energie a způsobu jejího využití, toku (cyklu) vody a toků látek. Tyto toky jsou neoddělitelně spojeny a činnost člověka by měla být v souladu s těmito funkcemi.

## Studium krajiny po těžbě hnědého uhlí

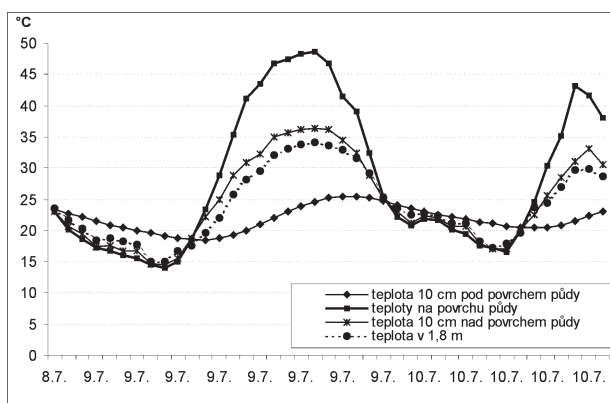
Povrchovou těžbou se krajina pod Krušnými horami ve velkém měřítku narušila. Odvodnění pánví a odstranění trvalé vegetace na rozsáhlých plochách ovlivňuje podmínky v Krušných horách, na plochách zbavených vegetace a vody se sluneční energie mění převážně v teplo, protože se nemůže vázat do vodní páry při výparu vody. Proto jsme se zaměřili na hodnocení vývoje vegetačního krytu ve vztahu k distribuci teplot. Lze tak hodnotit úspěšnost rekultivací, funkčnost různých typů vegetace, jak kultivované, tak rostoucí přirozeně.

Pro vyhodnocení vegetačních aspektů a závislostí jsme použily běžné fytoocenologické metody a metody vegetačního mapování (Moravec a kol., 1994). Při fytoocenologickém snímkování jsme postupovali podle upravené domin-hadačovské desetičlenné stupnice (procentické), umožňující srovnání fytoocenologických snímků z různých ploch s minimalizací subjektivního zatížení. Floristická a fytoocenologická sledování na Velké podkušnohorské výspě jsme prováděli v letech 2000 – 2002. Pro orientaci v terénu jsme využily letecké snímky a detailní mapy těžební oblasti (v měřítku 1 : 2 000 a 1 : 5 000).

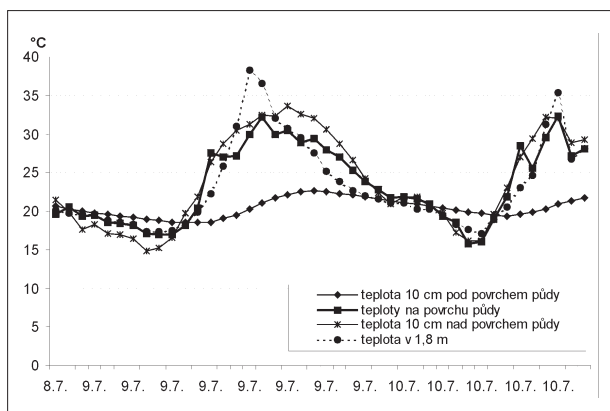
Všechny sledované lokality – zemědělská rekultivace, lesnická rekultivace a mokřadní porost – jsou stejného stáří (ca 4 roky), stejné nadmořské výšky i orientace. Teplota a vlhkost se zaznamenávaly pomocí dataloggerů COMET L3631 (teploměr-vlhkoměr) a čtyřkanálových dataloggerů COMET L0141 (teploměr). Teplota se snímala v intervalu 10 minut po dobu 48 hodin na povrchu půdy a v hloubce 10 cm pod povrchem půdy, za jasného počasí 8. – 10. července 2002 (obr. 1 – 3). Z údajů v různých typech porostu byla vypočítána denní amplituda (rozdíl mezi denní maximální a minimální hodnotou).



1. Denní průběh teplot v klasické zemědělské rekultivaci (trvalé travní porosty)



2. Denní průběh teplot v klasické lesnické (nevhodně provedené) rekultivaci



3. Denní průběh teplot ve fungujícím mokřadním ekosystému



Lesnická rekultivace

### Charakteristika krajiny vznikající na rekultivovaných plochách z hlediska teplotních parametrů

- **Klasická zemědělská rekultivace**, při které je povrch výsypky překryt orníci z deponií s vysetou klasickou jetelotravní směsí (3 – 5 druhů), dosáhla po čtyřech letech celkové pokryvnosti 80 %. Bylo zde zaznamenáno 29 druhů cévnatých rostlin s výraznou převahou trav a jetelů (původních vysetých druhů trvalých travních porostů). Podrobný průběh denních teplot je uveden na obr. 1. Maximální teplotní amplitudy naměřené na povrchu půdy se pohybují kolem 22 °C (obr. 4). Vlhkost v povrchovém půdním horizontu dosahuje v časných ranních hodinách ca 98 %.

- **Lesnická rekultivace** v klasickém pojetí využívá pouze terénně upravený povrch výsypky (surovou výsypkovou zeminu), do které se sázejí stromky většími ve sponu 1 x 1 m jako prostokořenné sazenice. Sazenice se většinou volí ve struktuře cílového porostu (smrk, včetně smrku pichlavého, borovice lesní, černá, vejmutovka, popř. další exotické borovice, modřín, dub bahenní, dub zimní, letní), s minimálním zastoupením přípravných dřevin.

Výsledným efektem takové rekultivace je pouze ve výjimečných případech zdravý a fungující lesní porost. Častěji se vyskytuje situace zaznamenaná na Velké podkrušnohorské výsypce, kde po čtyřech letech a opakované dosadbě vznikají holiny se zbytky usychajících sazenic dřevin. Porost se chová jako prostor bez vegetace, nebo jen s minimálním zastoupením vegetačního krytu. Celková pokryvnost v této lesnické rekultivaci (včetně dřevin) je ca 3 %, v obdobných expozicích v rámci sledované oblasti nepřesahuje 10 %. Bylinné



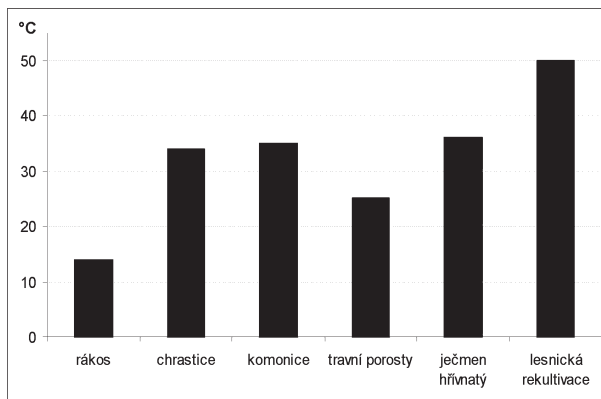
Zemědělská rekultivace s měřidlem teplot

druhy jsou zastoupeny asi šesti taxony, jejichž pokryvnost nepřesahuje 2 %. Denní průběh teplot je uveden na obr. 2. Porost vykazuje denní teplotní amplitudu až 50 °C (obr. 4), vlhkost v povrchové vrstvě dosahuje maximálně 82 %.

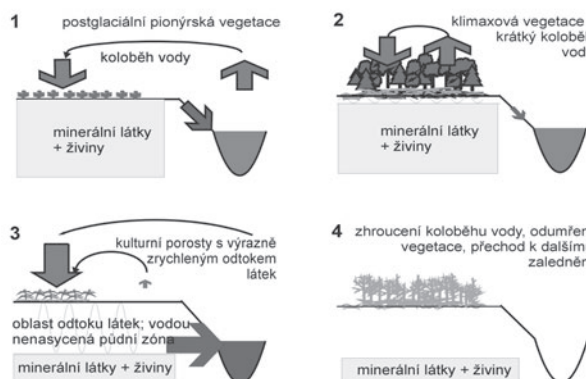
• *Samovolně vznikající mírně podmáčené až mokřadní lokality* na průsacích, nebo v návaznosti na umělé vodoteče či nádrže na výsypce, pokrývají většinou rákosové nebo orobincové porosty. Zejména rákosové porosty mají pro funkci tvořícího se ekosystému mimořádný význam, můžeme je považovat téměř za „kondenzační jádra“ nově se formujícího vodního cyklu antropogenní krajiny. Pokryvnost těchto porostů běžně dosahuje 80 – 90 %. Druhové složení je charakteristické vysoce dominantním rákosem (popř. orobincem) a 7 – 10 dalšími doprovodnými druhy. Denní průběh teplot je uveden na obr. 3. Porost vykazuje denní amplitudu do 15 °C (obr. 4), vlhkost se nezaznamenávala, protože půdní profil je celodenně nasycen vodou.

Průměrné denní amplitudy (rozsah mezi minimální a maximální teplotou) v různých typech porostů na Velké podkrušnohorské výsypce jsou znázorněny na obr. 4. Porosty s vysokou pokryvností (rákos, travní porosty) mají nižší amplitudy než porosty s minimálními pokryvnostmi (lesnická rekultivace, ječmen hřívnatý).

Z těchto teplotních měření jednoznačně vyplývá „účinnost“ jednotlivých typů iniciálních porostů a jejich význam pro obnovu krátkého vodního cyklu. Význam mokřadních porostů pro tyto systémy se obecně uznává (Eiseltová a kol., 1996), zajímavým výsledkem je poměrně rychlá stabilizace funkce trvalých travních porostů včetně poměrně rychlého zvyšování jejich dru-



4. Srovnání průměrných denních amplitud na povrchu půdy za slunného červencového dne u čtyřletých porostů Panského povodí

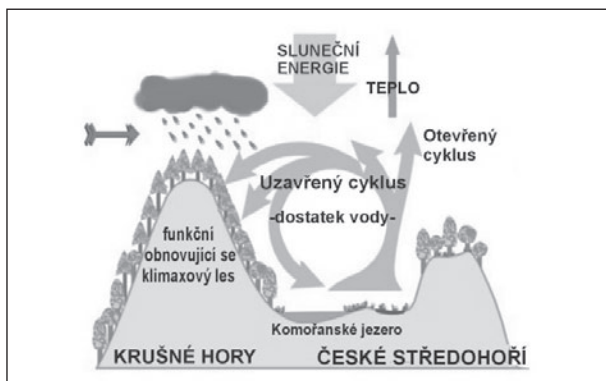


5. Vodní cyklus a odnos látek v různých obdobích vývoje krajiny od posledního zalednění

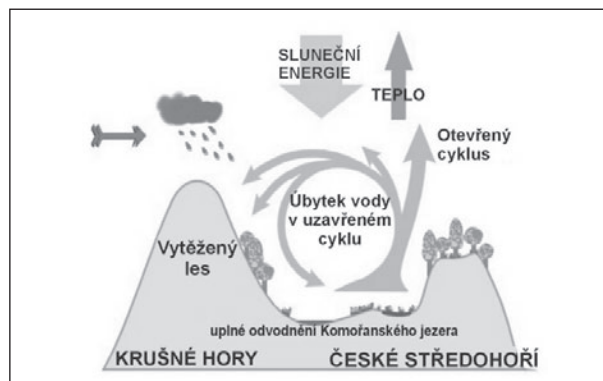
hové diverzity (3 – 5 druhů při osetí, 29 druhů po čtyřech letech).

Velmi nevhodným se z hlediska teplotních a vlhkostních parametrů jeví použitý způsob lesnické rekultivace, včetně druhového složení dřevin. Porost se i po čtyřech letech chová jako holá výsypka bez rekultivačního zásahu a svými charakteristikami se blíží charakteristikám pouštního systému (teplotní rozdíl v průběhu 24 hodin dosahuje v letních měsících až 50 °C).

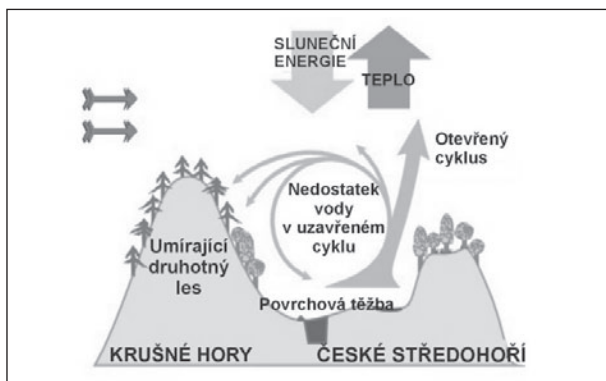
Řešením by mohla být změna koncepce rekultivačních postupů. Při přesetí nově vytvořených ploch klasickou jetelotravní směsí, ošetřenou pouze následnou sečí bez odvozu biomasy, by se systém během krátké doby stabilizoval do té míry, že by se stal akceptovatelným i pro prostokořenné sazenice dřevin. Navíc, přesetí a následná seč před vlastní lesnickou rekultivací



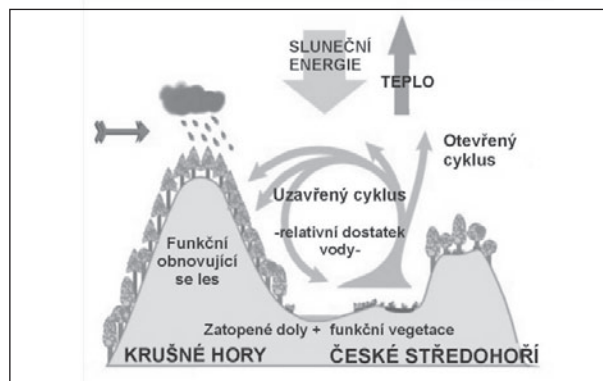
6. Obnova vodního cyklu v podkrušnohorské brázdě – Krušnohorský klimax



7. Počátky industrializace – vytěžení klimaxových smrčnin, odvodnění jezera



8. Současný stav podkrušnohorské brázdý



9. Cíl obnovy vytěžené podkrušnohorské pánve

zamezí rozvoji ruderalních rostlin (buřeneň) a zjednoduší a zlevní následnou údržbu porostů.

### Obnova vodního cyklu na rekultivovaných plochách

Necitlivý přístup člověka ke krajině, dohnaný do extrému v případě oblastí povrchové těžby surovin, na mnoha částech krajiny narušil, nebo i přerušil koloběh vody a jeho propojení s tokem energie a transportem látek (obr. 5). Nezbytným předpokladem pro snížení ztrát vody a látek z krajiny je proto obnova vegetace a vodou nasycených půd. Mokřady, které účinně disipují energii v prostoru a v čase, pomáhají zvlhčovat podnebí, zkracovat a uzavírat koloběh vody, udržovat hladinu podzemní vody, udržovat vysoký obsah živin a minerálních látek v půdě a minimalizovat tak jejich ztráty (Ripl a kol., 1996).

Postglaciální pionýrská vegetace střední Evropy se začala formovat společně s rozvojem půd po ústupu

ledovců, kdy vodní toky formovaly krajinu tříděním ve vodě rozpuštěného a vodou unášeného materiálu. Díky zvýšenému přívodu živin způsobenému chemickou povrchovou erozí a vytvářením půd, zvýšila se i biologická aktivita a metabolické procesy ve vodě. S rozvojem vegetace se z půdy odebíraly ionty, přičemž se spotřebovalo určité množství energie, pH se snižovalo a rozpuštěné ionty se zpřístupnily dešťové erozi. Proto byl v této fázi odtok látek zpočátku vysoký, ale s rozvojem zapojeného vegetačního krytu v celém povodí se ztráty postupně snižovaly. Tato situace v mnoha parametrech nápadně připomíná nové výsypky ve stadiu počáteční sukcese nebo počáteční rekultivace.

S postupným rozvojem porostů a v nich probíhajícími cyklickými procesy se rychlost odtoku látek snižovala. Rostoucí časoprostorové propojení organismů v povodí vedlo ke zvýšení účinnosti systému, snižování odtoků látek, vzájemnému propojení procesů, které dokonce ovlivnily i vývoj podnebí. Půda se stala styč-

nou plochou mezi vegetací, substrátem a koloběhem vody. Rostliny recyklovaly látky a živiny, regulovaly koloběh vody, primární produkci a hladinu energie pomocí evapotranspirace. Tato situace odpovídá např. situaci za existence Komořanského jezera a mokřadní krajiny Podkrušnohorské brázdy s návazností na klimaxové listnaté lesy (doubravy Českého středohoří a bučiny Krušnohorských svahů) a smíšené lesy vrcholových partií Krušných hor (obr. 6).

Období kulturních porostů a zemědělské krajiny bylo v pánevní oblasti relativně krátké, velmi brzy nastala tzv. industrializace krajiny vzhledem ke hlubinné a pak i povrchové těžbě hnědého uhlí. V této době došlo k výraznému odlesnění hřebenů Krušných hor a odvodnění krušnohorských pánví. Vodní cyklus se začal narušovat, ubývá vody zapojené do vodního cyklu a nastává postupné vysušování krajiny (obr. 7).

Dnešní situace po vytěžení většiny uhelných zásob, přemístění, převrstvení a odvodnění substrátu (voda na výsypce je z mnoha důvodů považována za rizikový faktor a tak se s ní i zachází), opakovaném vytěžení krušnohorských lesů a jejich znovuzalesnění se sporným výsledkem, je na pokraji zhroucení vodního cyklu (obr. 8). Výpar vody silně převládá nad srážkami, což znamená, že v uzavřeném vodním cyklu je výrazný nedostatek vody.

Cílem obnovy by měla být krajina s funkčním vodním režimem (obr. 9), který možno zajistit pouze návratem vody, ať již obnovou mokřadních systémů a vodních ploch, či nezbytnou obnovou funkčního lesa v navazujících krajinných celcích. Je otázkou, jestli jsme schopni zajistit její v podstatě cyklický návrat do krajiny typu pionýrské vegetace a vytvořit podmínky pro formování vodního cyklu v co nejkratším časovém období, nebo dopustíme další krok se všemi důsledky nefunkčních vodních koloběhů (sucha, povodně, živelné katastrofy, degradace půdy apod.).

*Práce byla podpořena z výzkumných záměrů Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR MSM 122200003, MSM 000020001, VaV 641/03/00 a VaV 640/09/03.*

#### Literatura

- Eiseltoová, M. (ed.): Restoration of Lake Ecosystems. A Holistic Approach. Slimbridge, 1996.  
 Moravec, J. a kol.: Fytocenologie. Academia, Praha, 1994.  
 Neuhauslová, Z. a kol.: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Academia Praha, 1998.



Čerstvě nasypaná výsypka s náletem pionýrských bylin

- Pecharová, E., Hezina, T., Procházka, J., Příkryl, I., Pokorný, J.: Restoration of Spoil Heaps in Northwestern Bohemia Using Wetlands. In: Vymazal, J. (ed.): Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, 2001, p. 129 – 142.  
 Rippl, W.: Management of Water Cycle and Energy Flow for Ecosystem Control – the Energy – Transport – Reaction (ETR) Model. Ecological Modelling, 78, 1995.  
 Rippl, W., Pokorný, J., Eiseltoová, M., Ridgill, S.: Holistic Approach to Structure and Function of Wetlands and their Degradation. In: Eiseltoová, M. (ed.): Restoration of Lake Ecosystems. A Holistic Approach. Slimbridge, Wetlands International, 1996.

Foto: archiv autorů

- RNDr. Emilie Pecharová, CSc., Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, katedra ekologie, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, ENKI, o. p. s, Dukelská 145, 379 01 Třeboň, pechar@zf.jcu.cz**  
**Ing. Jan Procházka, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Laboratoř aplikované ekologie, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, prochaz@zf.jcu.cz**  
**Ing. Kateřina Wotavová, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Laboratoř aplikované ekologie, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, wotavova@zf.jcu.cz**  
**Ing. Zuzana Sýkorová, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Laboratoř aplikované ekologie, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, zsykor@zf.jcu.cz**  
**RNDr. Jan Pokorný, CSc., Ústav ekologie krajiny, AV ČR, Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice, ENKI, o. p. s, Dukelská 145, 379 01 Třeboň, pokorny@uek.cas.cz**