

Revitalizace vodního režimu na výsypkách

Ing. Konstantin Dimitrovský, Ing. Miroslav Kunt, Ph.D., Ing. Jiří Prošek, Ing. Alena Jančová

Katedra zahradní a krajinné architektury FAPPZ ČZU, Praha 6 – Suchbátka; kunt@af.czu.cz

Přijato: 17. 7. 2013, recenzováno: 12. a 25. 8. 2013

Abstrakt

Odpovědný přístup řešení obnovy komplikovaných ekosystémů v oblastech těžby hnědého uhlí (kraj karlovarský, ústecký) předpokládá řešení a vysvětlení založená na dokonalém poznání polyfaktoriálních vztahů řešených moderním experimentálním a praktickým výzkumem v systému hornina – voda – klima – vegetace. Z uvedených složek a volby způsobu jejich krajinotvorného řešení formou rekultivace zemědělské, lesnické, hydrické a tzv. ostatní (lesoparky, sportovní areály, zooparky, bažantnice apod.) vyplývá, že je zcela odlišný od obnovy vegetace na rostlých půdách, je tedy řešený v tzv. geologické epoše. Hlavním důvodem ke zpracování problematiky tvorby a obnovy vodního režimu na území devastovaném hornickou a průmyslovou činností jsou následující skutečnosti:

1. Současná úroveň základního a aplikovaného výzkumu v obou hnědouhelných pánvích (1962 – 2012).
2. Současné krajinotvorné principy a záměry obnovy půdy, vody, vegetace a infrastruktury.
3. Geomorfologické, hydrické a vegetační ztvárnění území po ukončení těžby (cca 2035 – kraj karlovarský, 2065 – kraj ústecký).
4. Veškeré výzkumy kapalné fáze u všech substrátů jílovité povahy na výsypkách jsou limitujícími faktory pro transport živin jako rozhodujícího faktoru prosperity pěstované vegetace v oboru zemědělství a lesnictví.

Revitalization of water regime on the dumps

The responsible approach to the recovery of complicated ecosystems in areas of brown coal mining (the region of Karlovy Vary, Ústí nad Labem) assumes the solution and explanation based on the perfect knowledge of the poly-factorial relationships obtained by the modern experimental and practical research in the system of rock-water-climate-vegetation. The listed components and their recovery of the landscape in the form of agricultural soil, forests, lakes, and other (forest parks, sports complexes, zoo-parks, pheasantry, etc.) indicate that the solution is completely different from the regeneration of vegetation on the original soils in the so-called geological epoch. The main reason for processing the issues of creation and renewal of water regime on the territory devastated by mining and industrial activities are the following:

1. The current level of basic and applied research in both coal basins (1962 – 2012).
2. Current principles of the landscape formation and intentions of the restoration of the soil, water, vegetation and infrastructure.
3. Geomorphological, hydric and vegetational formation of the landscape in the territory after the end of mining activities (approx. 2035 – the region of Karlovy Vary, 2065 – the region of Ústí nad Labem).
4. All studies of the liquid phase for all substrates of clayey nature on dumps demonstrate constraining factors for the transport of nutrients as the most important factor for prosperity of the cultivated vegetation in the field of agriculture and forestry.

Revitalisierung des Wasserhaushaltes in den Kippen

Ein verantwortlicher Lösungszugang bei Wiederherstellung komplizierter Ökosysteme in Gebieten des Braunkohlebergbaus (Region Karlovarský und Ústecký) setzt Lösungen und Erklärungen voraus, die auf vollkommener Erkennung der polyfaktoriellen Beziehungen basieren und werden durch moderne experimentelle und praktische Forschung im System Gestein – Wasser – Klima – Vegetation gelöst. Aus den angeführten Komponenten und der Wahl der Weise und derer landschaftsbildende Lösungen in Form der landwirtschaftlichen, forstlichen, hydrischen und sog. übrigen (Forstparken, Sportsareals, Zooparken, Fasanerien u.ä.) Rekultivierungen geht hervor, dass die Weise der Wiederherstellung ganz abweichend von der Wiederherstellung der Vegetation auf den gewachsenen Böden, es ist also in einer geologischen Epoche gelöst. Der Hauptgrund zu der Verarbeitung der Fragen der Bildung und Wiederherstellung des Wasserregime auf dem durch Bergbau- und Industrietätigkeit zerstörte Gelände sind folgende Tatsachen:

1. Gegenwärtiges Niveau der Grund- und Anwendungsforschung in beiden Braunkohlenbecken (1962 - 2012).
2. Gegenwärtige landschaftsbildende Prinzipien und Vorhaben für Wiederherstellung der Böden, Wasser, Vegetation und Infrastruktur.
3. Geomorphologische, hydrische und Vegetationsgestaltung des Geländes nach der Beendigung des Bergbaus (ca. 2035 – Region Karlovarský, 2065 Region Ústecký).
4. Sämtliche Untersuchungen der flüssigen Phase bei allen Substraten lehmigen Charakters sind limitierende Faktoren für Transport der Nährstoffe als entscheidender Faktor der Prosperität von angebaute Vegetation im Bereich Land- und Forstwirtschaft.

Klíčová slova: výsypky, revitalizace, rekultivace, infiltrace, vodní režim.

Keywords: dump, revitalization, restoration, infiltration, water regime.

1 Úvod

Tvář orografie (krajinný ráz) severozápadních Čech (kraj ústecký a karlovarský) se v současné době mnohokrát změnila, ať už velmi rozsáhlou těžbou (hornickou činností) nebo klimatickými vlivy. Na území Ústeckého kraje je největší ložisko hnědého uhlí v ČR. Severočeská hnědouhelná pánev má přibližně 600 km² a rozkládá se podél úpatí Krušných hor v délce cca 72 km a šířce cca 20 km. Na vymezeném území bylo evidováno celkem 9 miliard tun hnědého uhlí.

Na území Karlovarského kraje bylo evidováno 1,35 miliard tun hnědého uhlí.

Do roku 1945 byla těžba uhelné sloje realizována formou malodolů, kterých bylo v Ústeckém kraji 71, v Karlovarském kraji 54. Po roce 1945 nastával přechod na těžbu uhlí formou povrchovou zakládáním velkolomů, které od základu mění:

- orografii území,
- poměry půdní,
- poměry vegetační,
- poměry hydrologické, které jsou předmětem předkládaného elaborátu.

Nutno ještě dodat, že hydopedologické a hydrické poměry devastovaného území (velkolomy, výsypky – úrovně, převýšené, různých geometrických tvarů a velikostí) patří k problémům velmi složitým, jak po stránce výzkumu, tak i revitalizace vodního režimu na výsypkách a jejich okolí [1,2,3,4].

Jako každý nový fenomén se také revitalizace vodního režimu na výsypkách Ústeckého a Karlovarského kraje postupně rozvíjí již od r. 1967, tj. od doby, kdy tato problematika byla zařazena do plánu výzkumu ve Výzkumném ústavu meliorací v Praze 5 – Zbraslavi. Vyjdeme-li z definice „*Revitalizace vodního režimu na výsypkách je zpětný proces – obnovení přirozených funkcí půdy – vody – vegetace a mikroklimatu poškozených báňskou a ostatní průmyslovou činností*“, pak je nasnadě i obsah řešené problematiky [12].

K objasnění zákonitostí pohybu vody na výsypkových zemích v oblasti sokolovského a severočeského revíru bylo použito výsledků terénních měření infiltrace a některých laboratorních analýz, souvisejících s danou problematikou. Průběh půdotvorných procesů na výsypkových stanovištích má na rozdíl od rostlých půd některé zvláštní znaky, které do značné míry ovlivňují a v mnoha případech limitují volbu způsobu rekultivace (hydrická, zemědělská, případně ovocnářská, lesnická a ostatní).

K hlavním specifickým podmínkám antropogenních substrátů na výsypkách patří:

- a) výrazně pozmeněná morfologická charakteristika území,
- b) výrazně pozmeněná strukturální skladba,
- c) diferencovaná stratigrafie povrchových vrstev výsypek,
- d) neustálený teplotní, vzdušný a vodní režim,
- e) velmi diferencované fyzikální a hydopedologické vlastnosti aj.

Nedokonalá znalost změn příčinných souvislostí infiltrace výsypkových zemin je zejména odrazem podmíněnosti výše uvedených a jiných faktorů vzájemně působících a jejich vhodná či nevhodná eliminace v systému půda – voda – vegetace – atmosféra [5,6].

V otázce pohybu vody na výsypkových zemích existuje v naší i zahraniční rekultivační literatuře znatelná mezera. Z toho důvodu jsme provedli celou řadu terénních měření, většinou na reprezentativních výsypkových substrátech tvořících naprostou převahu výsypek, jak v oblasti Ústeckého kraje (šedé jíly, žluté jíly, spraše, kuřavkové písky), tak i Karlovarského kraje (terciární miocenní jíly cyprisové a vulkanodetritické série).

Výsledky terénních měření infiltrace, dispersní skladby, mineralogického složení, makro a mikromorfologie a jiných pedologických charakteristik u výsypkových zemin jsou vztahovány vždy v souvislosti k volbě způsobů rekultivace, k délce rekultivačního cyklu a způsobu obhospodařování [8,22,20].

2 Cíl

Cílem předloženého příspěvku je poukázat na složitost problematiky revitalizace vodního režimu na výsypkových stanovištích. Tato problematika patří k jedné z nejsložitějších. Při analýze jednotlivých faktorů ovlivňujících vodní režim na antropogenních stanovištích bylo zjištěno, že uznaní metody jsou nevyhovující, proto bylo třeba přistoupit k vytvoření odlišného způsobu stanovení infiltrační schopnosti výsypkových substrátů.

3 Teoretický rozbor problematiky a přehled zkušeností

Tato problematika patří k velice složitým, protože je třeba řešit řadu velmi obtížných otázek, od přírodovědných až po hygienické, spojené s obyvatelností krajiny. Stanovení infiltrační schopnosti výsypkových zemin vychází z nutnosti získat v daných podmínkách nové poznatky, a to tak, aby bylo možno celkově posoudit negativní vliv devastací činnosti povrchové těžby uhlí, změny způsobu hospodaření v zemědělství a lesnictví, a na základě konkrétních údajů zobecnit praktické závěry pro zemědělské, lesní a zejména vodní hospodářství [26].

Závažnost výsledků hydrologie výsypkových zemin v těchto oblastech vyplývá z následujících hledisek:

- Báňská a průmyslová činnost musí být postupně koordinována s nástupem nových potřeb společnosti, spojených s obyvatelností krajiny. Týká se to především zemědělství, lesního a vodního hospodářství a krajinné architektury, ať již jde o požadavky na:
 - a) ochranu krajinného klimatu,
 - b) ochranu vodního režimu,
 - c) ochranu půdního fondu,
 - d) ochranu vegetace,
 - e) ochranu hygieny krajiny a rekreačních prostorů.
- Báňskou a průmyslovou činností vznikly již disproporce v rovnováze ekosystému, které se stále více stupňují v závislosti na intenzitě využívání složek biosféry (těžba surovin, výstavba chemických a energetických závodů apod).
- Zásadní příčiny tohoto stavu je nutno hledat v nedoceneném významu životního prostředí pro obyvatele v dotčených průmyslových oblastech.
- Většina negativních jevů báňského a průmyslového charakteru, narušujících celospolečenské funkce krajiny, je především zaviněna spojováním celospolečenských zájmů se zájmy resortními, které jsou většinou charakteru

- dočasného, na rozdíl od uspořádání hydrologických a hydropedologických poměrů, majících věčné trvání.
- Celospolečenským zájmem všech organizací, zabývajících se odstraňováním negativních vlivů těžby a průmyslových aglomerací, je především vytvářet předpoklady pro výzkum jednotlivých úseků přírodního životního prostředí, jejich vzájemných vztahů, technických a biologických řešení [28,16].

Teoretických a praktických hydropedologických podkladů pro vznikající „půdy“ antropogenních útvarů (výsypky, odvaly, haldy, složiště, odkaliště) je v naší i zahraniční rekultivační literatuře velmi málo.

Po mnoha konzultacích o komplikovanosti hydropedologických poměrů na výsypkových stanovištích v oblasti Ústeckého a Karlovarského kraje s pracovníky katedry hydromeliorací Stavební fakulty ČVUT (J. Semotán, M. Kutílek, J. Císlar) bylo přistoupeno k závěru, že pro hydropedologickou charakteristiku výsypkových substrátů je nejlépe použít terénních měření infiltrace. Pro tyto účely bylo použito válcových infiltrometrů zaplavenou plochou [26,21].

Na rozdíl od výzkumu zemědělské a lesnické rekultivace, založeného na experimentálních výsledcích botanického, fytoecologického a dendrologického charakteru běžně používaného na rostlých půdách, otázky vodního režimu na antropogenních substrátech hodnocené laboratorními metodami se ukázaly jako velmi nevhodné, ať se jednalo o strukturální proměny, o objemové změny vyjádřené momentální vlhkostí, maximální kapilární vodní kapacitou, propustností stanovené laboratorními přístroji s proměnným spádem, přetlakovým membránovým přístrojem apod. [26]. Z těchto důvodů bylo přistoupeno k hodnocení vodního režimu terénními měřeními infiltrace válcovými infiltrometry zaplavenou plochou s určitou modifikací čidel (místo jednoho na perforované desce jich bylo šest) [7]. K výpočtu infiltrace bylo na začátku použito Kostjakovy rovnice, v pozdějším období rovnice Richardsonovy (1931). Pro popis jednorozměrného proudění ve směru svislé osy z (M) je možné s využitím Hamiltonova aparátu nabla (Rektorys – 1995) formulovat typ Richardsonovy rovnice ve tvaru:

$$\nabla [k(H) \nabla H] + \frac{dk(H)}{dz} = \frac{dW}{dt}, \quad (1)$$

kde k (MIT) představuje hydraulickou nenasyčenou vodivost, H (M) sací (negativní) tlak v půdním prostředí, z (M) svislou osu, W (-) půdní vlhkost, t (T) čas a konečně M , resp. T reprezentují délkovou, resp. časovou jednotku.

Při použití Richardsonových rovnic buď k popisu zvlhčování půdy (infiltrační procesy, závlahy) nebo k analýze odvodňovacího procesu platí, že půdní vlhkost W (-) jednoznačně závisí na sacím tlaku H (M). Výraz dW/dt lze pak vyjádřit jako

$$dW/dt = (dW/dH) (dH/dt).$$

Transformací rovnice (1) do difúzního tvaru se sníží proces proměnných v této velmi nelineární rovnici Fokker-Planckova typu, zanedbá se vliv gravitace a poté se rovnice řeší s pomocí Boltzmanovy transformace [24]. Známý je v této souvislosti Philippův postup založený na parturbační metodě [22,23]. Výsledkem odvození jsou infiltrační rovnice, které jsou po

určitých úpravách známy jako Phillippovy infiltrační rovnice, jejichž použití bylo mnohokrát ověřeno ve vědecké oblasti i v inženýrské vodohospodářské praxi a které vhodným způsobem aproximují skutečné přírodní infiltrační procesy do nehomogenního, strukturálního stavu do nenasyčeného prostředí výsypkových antropogenních substrátů.

V počátcích našeho snažení o pochopení zvláštností pohybu vody u výsypkových substrátů složených většinou z různých forem zpevnění (struktury) dochází k novému poznání, a to ke zjištění infiltrace zásadně závislé na výskytu makropórů planárních, tabulovitých a mezerovitých [7,17]. Tyto neobvykle se vyskytující anomálie, projevující se v nerovnoměrné vlhkosti a především hloubce propustnosti, vedly ke stanovování hloubky provlhlčení profilů vertikálním odkryvem po skončení měření válcovými infiltrometry zaplavenou plochou.

Odlišné zákonitosti procesů infiltrace vyžadovaly i odlišná kritéria hodnocení. Proto byly vytvořeny nové klasifikace [26] jak pro hodnocení infiltrace, tak i hloubky provlhlčení profilu.

Klasifikace výsypkových substrátů podle intenzity infiltrace

Intenzita infiltrace v mm/hod. (2)

< 1 - extrémně malá
1 – 10 - malá
10 – 50 - střední
50 – 100 - středně výrazná
100 – 200 - výrazná
200 - 500 - velmi výrazná
> 500 - extrémně výrazná

Klasifikace výsypkových profilů podle hloubky provlhlčení

Čelo provlhlčení profilu (3)

hloubka provlhlčení profilu (cm) - označení provlhlčení

0 - 20 - velmi malá
20 - 40 - malá
40 - 60 - středně velká
60 - 80 - velká
> 80 - velmi velká

4 Zhodnocení vodního režimu na základě terénních měření

Teoretické a praktické poznatky výzkumu hydropedologických vlastností výsypkových zemin (šedé jíly, žluté jíly, jíly cyprisové a vulkanodetritické série, spraše, kuřavkové písky aj.) v obou našich hnědouhelných revírech Ústeckého a Karlovarského kraje jsou výsledkem celé řady provedených terénních měření infiltrace válcovými infiltrometry zaplavenou plochou (po dobu 5 let) a některých laboratorních analýz souvisejících s danou problematikou [7].

Předložený příspěvek je jedním z prvních pokusů o zhodnocení pohybu vody v nenasyčeném prostředí v systému antropogenní půdní substrát - voda - vegetace v jiném vyjádření, než nacházíme v ostatních publikacích s podobnou problematikou.

Z celé řady provedených terénních měření lze reprodukovatelné výsledky infiltrace zobecnit následovně:

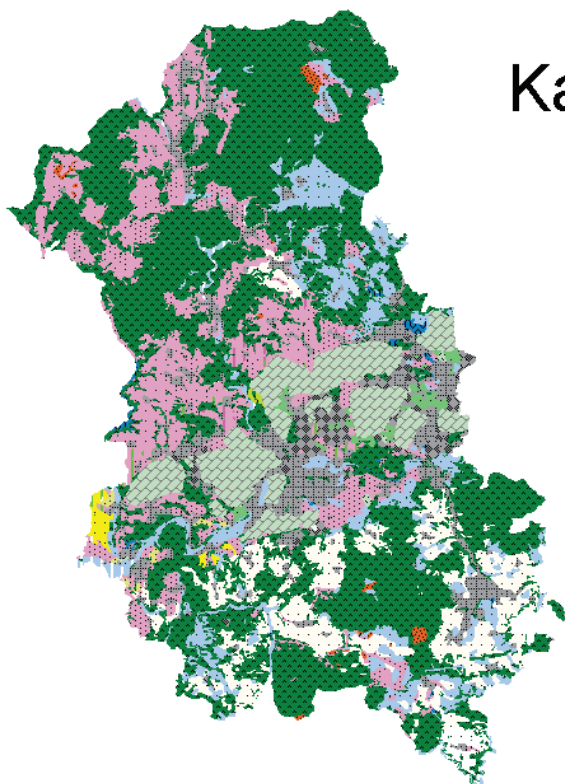
1) Infiltrační schopnost výsypkových zemin složených z jílu různých forem zpevnění (kompaktní jíly, jílovité břidlice, jíly

lístkovitě zpevněné, jíly šedé a jíly cyprisové série) je na rozdíl od stejného druhu, avšak rostlých půd, funkcí struktury a nikoliv pouze zrnitostního složení (viz mapa č. 1, 2).

Mapa 1, 2

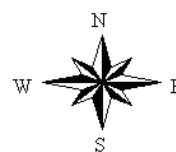
- Z výsledků vsakovacích rychlostí po jedné a dvou hodinách a déle (viz tabulka č. 1), i celkového vsaku, je možno zachytit určitý vliv zrnitostního složení na intenzitu infiltrace

Kartogram substrátů

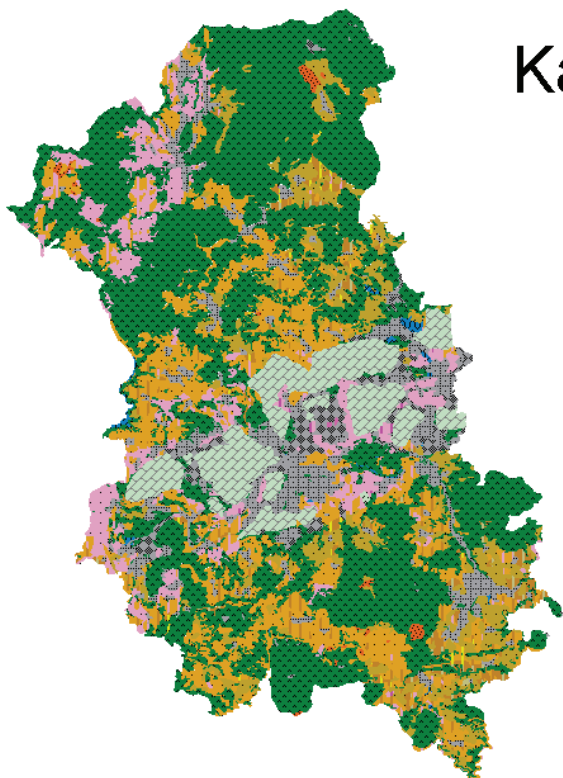


Substráty

10	- amfibolity
37	- kyselá horniny ze skupiny Z1
41	- parafy
42	- surový a tylný
49	- přeušlité pískové horniny a zeminy limické i oteroké
51	- přeušlité hlouňky horniny a zeminy limické i oteroké
57	- sprašované pokyny
57/51	- sprašované pokyny i kůže i z přeušlité hlouňky hornin a zemí limické i oteroké
57/59	- sprašované pokyny i z kůže i z křemepoké terasy
59a	- terasy z přeušlité kyselého materiálu - zakalivé
62	- sušší a méně křehké
62/59	- sušší a méně křehké i z křemepoké terasy
63	- sušší
63c	- sušší z přeušlité kyselého materiálu
63c/37	- sušší z přeušlité kyselého materiálu i kyselých hornin ze skupiny Z1
63c/41	- sušší z kyselého materiálu i kůže i z křemepoké terasy
63c/42	- sušší z kyselého materiálu i kůže i z surové
63c/51	- sušší z přeušlité kyselého materiálu i z přeušlité hlouňky hornin a zemí limické i oteroké
63c/59	- sušší z přeušlité kyselého materiálu i z křemepoké terasy
AN	- antropogenní půda
rašelinistní půda	
lesní plochy	
vodní plochy	
zastavěné plochy	
lom, výsypky, navážky	
žádná data	

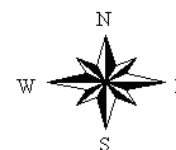


Kartogram zrnitosti



Zrnitost

P	= písčité
HP	= hlinitopísčité
HP-sk1	= hlinitopísčité silně kamenitá lehká
HP-P	= hlinitopísčité v písčité
HP-PH	= hlinitopísčité v písčitohlinitou
HP-H	= hlinitopísčité v hlinitou
HP-JH	= hlinitopísčité v jílovitohlinitou
PH	= písčitohlinitá
PH-sk1	= písčitohlinitá silně kamenitá lehká
PH-sk2	= písčitohlinitá silně kamenitá střední
PH-P	= písčitohlinitá v písčité
PH-HP	= písčitohlinitá v hlinitopísčité
PH-H	= písčitohlinitá v hlinitou
PH-JH	= písčitohlinitá v jílovitohlinitou
H	= hlinitá
H-sk1	= hlinitá silně kamenitá střední
H-PH	= hlinitá v písčitohlinitou
H-JH	= hlinitá v jílovitohlinitou
H-JV	= hlinitá v jílovitou
JH	= jílovitohlinitá
JH-H	= jílovitohlinitá v hlinitou
JH-JV	= jílovitohlinitá v jílovitou
JV	= jílovitá
RS	= rašelinistní půda
AN	= antropogenní půda
lesní plochy	
vodní plochy	
zastavěné plochy	
LOM	= lom, výsypky, navážky
žádná data	



Tab. 1: Naměřené hodnoty intenzity infiltrace.

Číslo měření	Čas t [min]	Intenzita infiltrace v (t) [mm/min.]	v (t) [m/s]
1	60	0,395	$6,58 \cdot 10^{-6}$
2	120	0,156	$2,60 \cdot 10^{-6}$
3	180	0,118	$1,96 \cdot 10^{-6}$
4	240	0,097	$1,61 \cdot 10^{-6}$
5	300	0,165	$2,75 \cdot 10^{-6}$
6	360	0,156	$2,60 \cdot 10^{-6}$
7	420	0,149	$2,48 \cdot 10^{-6}$

jen u povrchových vrstev vznikajících půdních profilů na středně starých výsypkách zemědělsky rekultivovaných a nerektivovaných, na některých starých výsypkách nevhodně rekultivovaných lesnickou rekultivací [5,24] v letech 1961 - 1963 a na některých starých výsypkách nevhodně rekultivovaných lesnickou rekultivací, kde na samém povrchu výsypek došlo k značné elementarizaci jílovitých částic (přes 60 % frakce menší než 0,002 mm).

- Koeficient infiltrace u jílu navětralých se pohybuje v rozmezí 0,13 – 0,15 mm za minutu, což je v souladu s teoretickými výpočty M. Kutílka pro illitické jíly syčené vápníkovými ionty [10,22].

2) V souvislosti s provedenými měřeními infiltrační schopnosti výsypkových zemín byly stanoveny ještě některé základní fyzikální charakteristiky zemín (momentální vlhkost, maximální kapilární vodní kapacita, pórovitost, zrnitost, bod vadnutí, specifický povrch). Porovnáním intenzity infiltrace s výše uvedenými fyzikálními charakteristikami bylo zjištěno, že v řadě případů lze uplatnit tyto charakteristiky pouze minimálně. To lze označit jako zvláštnost oproti rostlým půdám.

Pro dokumentaci vlivu strukturálních proměn zpevněných jílovitých hornin (zemín) podrobně uvádíme fyzikální a hydro-pedologické vlastnosti odvozené ze stability agregátů, jež jsou určujícím faktorem hydropedologických procesů na výsypkových půdních substrátech.

Výsledky analýz pro hodnocení stability agregátů jsou zobrazeny v grafech č. 1 a, b, c, 2 a 3. Struktura ovlivňuje výrazně půdní vlastnosti a má rozhodující vliv na hydrofyzikální charakteristiky a erozi.

Stabilita je nejvíce závislá na textuře (hlavně na obsahu jílu a jeho mineralogickém složení), na obsahu a kvalitě půdní organické hmoty (funguje jako spojovací článek minerálních částic a zvyšuje jejich hydrofobnost, čímž snižuje rychlost zvlhčování), na vegetaci (stabilizace agregátů prostřednictvím hub a kořenů rostlin) a na půdních mikroorganismech (působení sekretů na fyzikálně chemické pochody). Z dalších vlivů je třeba zmínit vliv kationtů a půdních sesquioxidů (ovlivňují stav koloidních systémů).

Mezi základní mechanismy, které rozrušují agregáty, patří [9, 12,29]:

- Roztržení stlačeným vzduchem uvězněným uvnitř agregátů při prudkém ovlhčení.
- Rozrušení objemovými změnami (bobtnání – smršťování) vznikajícími při periodickém ovlhčování a vysoušení.

Tímto fenoménem vznikají v agregátech těžkých půd mikroskopické trhliny a zmenšuje se průměrná velikost agregátů na povrchu půdy.

- Rozrušení fyzikálně chemické zmenšením přitažlivých sil mezi koloidními částicemi během ovlhčování. Závisí na velikosti a náboji přítomných kationtů, schopných tvořit můstky mezi v půdě převládajícími acidoidy. Jedná se o mechanismus týkající se nejmenších elementárních částic. V půdách je tento jev vázán hlavně na výměnný Ca^{2+} a Mg^{2+} , či Na^+ a K^+ .
- Mechanické rozrušení dešťovými kapkami. Tento způsob desagregace převládne při plném nasycení agregátů vodou.

Pro posouzení podílu výše uvedených mechanismů destrukce půdních agregátů byly odebrány speciální vzorky z epipedonů trvalých ploch. Z nich byly vyseparovány agregáty o průměru 2 - 5 mm a podrobeny třem odlišným testům, hodnotícím působení výše uvedených mechanismů (viz graf č. 1 a, b, c, 2, 3).

- Test 1 umožňuje posoudit odolnost agregátů při náhlém zaplavení vodou – mechanismus a).
- Test 2 umožňuje posoudit odolnost agregátů vůči des-agregaci vyvolané postupným ovlhčováním a vysoušením (objemové změny, změna přitažlivých sil mezi koloidními částicemi) – mechanismus b) a c).
- Test 3 umožňuje posoudit odolnost vůči mechanickým vlivům na kohezní síly působící mezi texturními částicemi – mechanismus d).

Pro porovnání výsledků získaných agregátovou analýzou vzorků byl použit srovnávací vzorek z Amč horizontu černozemě arenické, který se vyznačuje příznivou přirozeně vzniklou stabilitou agregátů.

Výsledky získané právě uvedenými testy a vyjádřené jako procentické zastoupení jednotlivých velikostních skupin agregátů jsou uvedeny graficky (graf č. 1 a, b, c, 2, 3). Účinnost destrukčních mechanismů byla vyhodnocena podle rozpadu původních agregátů na menší. K roztřídění byla použita sada sít (dle tabulky č. 2).

Pokud by agregáty byly zcela stabilní a vzdorovaly testovému destrukčnímu mechanismu, zůstaly by všechny (tj. 100 %) ve skupině 2 - 5 mm, kde střední hodnota průměru je 3,5 mm. Při desagregaci dochází ke snižování zastoupení agregátů největších a zvyšuje se obsah frakcí menších. Z histogramů je patrné, že nejvýraznější destrukční efekt má vzduch uzavřený v agregátech při náhlém ovlhčení (test 1). U desagregačních mechanismů,

hodnocených testem 2 a 3 (kapilární ovlhčení, překonání koheze) je působení méně intenzivní [9,12,17,22,29].

3) Na výsypkách složených z různých druhů jílu v Ústeckém i Karlovarském kraji se zcela jednoznačně prokázal vliv jílově-mineralogického složení na intenzitu infiltrace. Intenzita infiltrace je v přímé závislosti na stupni mikro a makroagregace jílu různého zrnitostního složení.

Prokázalo se, že nejodolnější lístkovité agregáty proti rozplavení vznikají zvětřováním kaoliniticko-montmorilloniticko-illitických šedých a cyprisových jílu, v nadloží lupkovitě zpevnělých. Lístkovité agregáty (viz obrázek č. 1 a, b) vznikající zvětřováním těchto jílu jsou zpevněny cementačními látkami, které zamezují bobtnání jílových minerálů typu montmorillonitu.

To v počátečním stádiu vzniku nové půdy určuje příznivé fyzikální vlastnosti a pohyb vody ve vznikajícím půdním profilu. Tento příznivý stav byl dokumentován výsledky z Albrechtické výsypky u Mostu a Velkého Rieselu u Sokolova.

Lze předpokládat, že v dalším vývoji půdy, zejména při intenzivnějších způsobech rekultivace, může dojít ke zvětřování cementovaných agregátů a tím i k rozplavení jílu na elementární částice se všemi negativními důsledky pro další vývoj půdy. Důkazy pro toto tvrzení jsou dány stavem v terénních depresích výsypky, jejichž dna byla v důsledku eroze postupně zanášena nejjemnějšími zvětřalinami jílu. Tento stav vyvolal postupné snižování intenzity infiltrace až k jejímu zastavení v důsledku bobtnání jílových minerálů. Tyto deprese jsou v závislosti na hydrologických a hydrologických podmínkách a konfiguraci výsypky buď celoročně zaplaveny vodou, nebo jsou zbahněny. Některé však prodělávají i stupeň vysychání, který je doprovázen vznikem trhlin různých rozměrů. Tyto trhliny jsou způsobeny procesem smršťování jílových minerálů zejména typu montmorillonitu [10,12].

Vývoj pedogeneze antropogenních substrátů složených většinou z jílovců cyprisové a vulkanodetritické série, šedých jílu a žlutých jílu je ovlivňován půdní strukturou, geologickopetrografickým složením, obsahem minerálů (kaolinit, montmorillonit, illit), podnebím, vegetačním klidem, půdními organismy, vodou a stářím. Naprostá většina substrátů na výsypkách v obou hnědouhelných revírech je anorganogenního původu.

Tab. 2: Velikostní roztržení agregátů.

Průměr ok [mm]	Velikostní frakce [mm]	Střední hodnota průměru [mm]
2	5-2	3,5
1	2-1	1,5
0,5	1-0,5	0,75
0,2	0,5-0,2	0,35
0,1	0,2-0,1	0,15
0,05	0,1-0,05	0,075
prosívek	<0,05	0,025

Dělí se podle struktury (břidlice, kompaktní jíly, jíly s lístkovitou odlučností), stupně zvětřovatelnosti a obsahu minerálů na snadno zvětřitelné a nesnadno zvětřitelné (jíly kompaktní). K tomu nutno dodat, že stupeň narušení jílu kompaktních a jílovitých břidelic je rovněž ovlivněn technologií dobývání a zakládou na místo určení. Dokonalá znalost stupně rozrušení zpevněných forem jílovců, tedy jejich stupeň desagregace (rozpadu), se stala vodítkem při výběru taxonů pro rekultivační účely. Pedologická a zejména hydrologická šetření při rekultivační kategorizaci nadložních hornin jsou pro navrženou selektivní skrývku však neúčinná, a to z toho důvodu, že běžně používaná technologie dobývání to neumožňuje. Vliv desagregace, případně agregace (zpětné shlukování částic menších než 0,0001 mm) se projevuje velmi výrazně na infiltraci srážkové vody a tím i vlhkosti povrchových a podpovrchových vrstev profilů. U výsypkových profilů je jílová frakce přímo úměrná tvaru zpevnění jílovců a vlhkosti. V rámci výzkumu pedogeneze antropogenních substrátů jílovité povahy byly systematicky sledovány i procesy proměn zrnitosti stanovením jednotlivých zrnitostních frakcí:

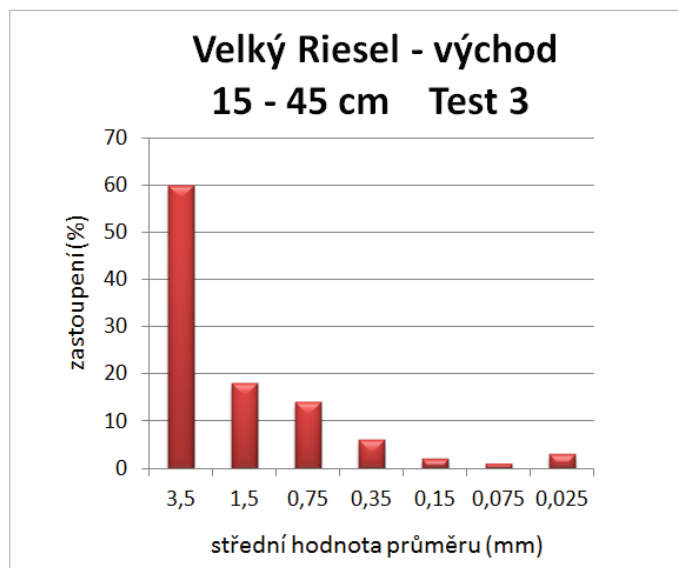
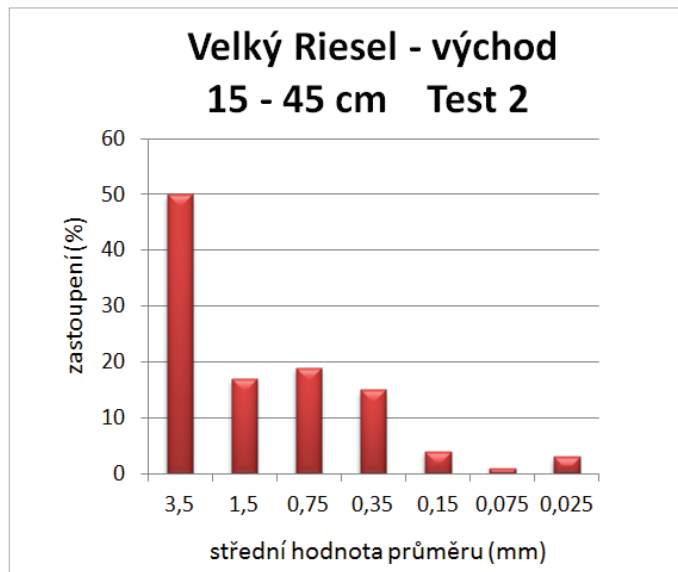
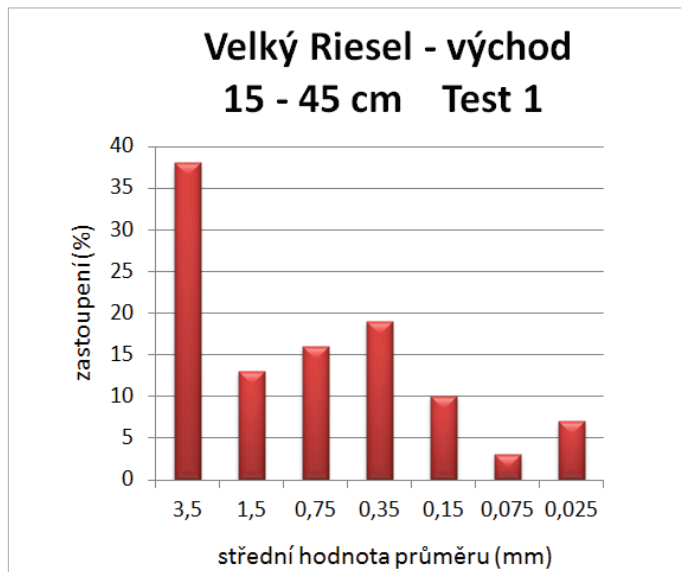
- proséváním na sítích,
- Kopeckého plavicím aparátem,
- metodou dekantace,
- metodou pipetovací.

Pro naše účely, tj. pro stanovování zrnitostních frakcí u jílovců cyprisové a vulkanodetritické série a šedých jílu, jsou nejvhodnější, i když také mnohem pracnější, metoda dekantace



Obr. 1 a, b: Makroskopické vlastnosti jílu šedých (výsypka Merkur - a) a jílu cyprisové série (výsypka Boden - b) lístkovitě

Graf 1 a, b, c: Hodnocení stability agregátů – velikostní frakce.



a pipetovací. Nicméně stanovení frakce jednotlivých částí metodou dekantace či metodou pipetovací a jejich dělení na jemný prach a fyzikální jíl jsou z hydropedologických hledisek jen orientačního významu u všech povrchových vrstev profilů složených ze strukturních jílu a jílovců s nízkým stupněm desagregace, tj. jejich rozpadu. Z toho plyne, že na rozdíl od rostlých půd, kde je vesměs infiltrace funkcí textury, u výsypek s velmi nízkou a nízkou desagregací jílu kompaktních, jílovitých břidlic a jílu s lístkovitou odlučností je infiltrace funkcí jejich struktury.

Při tomto rozboru antropogenních substrátů je nutno ještě zdůraznit tu skutečnost, která je neobvyklá u rostlých půd, a to, že půdní voda se zde zásadně pohybuje v prostředí nenasyčeném vodou, s chaotickým výskytem makropórů rozdílných velikostí a geometrických tvarů způsobených heterogenitou strukturních jílu (kompaktní, břidlice, listovité odlučnosti). U profilů zařazených do 1. a 2. skupiny, tj. do protopedo a mesopedoprofilů, jsou tyto makropóry preferenčními cestami pohybu vody jak ve směru vertikálním, tak i horizontálním. To je do značné míry i odchylkou při vysvětlování fyzikálních zákonů pohybu vody

u výsypkových substrátů a rostlých půd, kde veškerá matematická vysvětlení vycházela ze společného jmenovatele, tj. relativně homogenního stavu zemin ve fyziologické hloubce profilů různých druhů a typů zemědělských a lesních půd. Vysoký počet puklin tabulárních, plánárních a mezerovitých má za následek vznik značných diferencí vertikální a horizontální infiltrace. Při matematických výpočtech pohybu vody v antropogenních substrátech jílovité povahy na Sokolovsku, a v omezené míře na výsypkách Chomutovska [26,20,23,7,8,9,13,14,16], bylo explicitně prokázáno, že koeficient infiltrace je v naprosté většině profilů závislý na pórovitosti (množství, velikosti a tvarech pórů).

Při všech laboratorních a zejména terénních výzkumech dlouhodobě prováděných na celé řadě výsypek (Bohemia, Dvory, Gustav, Antonín, Velký Riesel, Velká loketská) na Sokolovsku a jen po dobu 10 let na výsypkách Chomutovska (Pruněřov, Merkur, Březno) byly výsledky pohybu půdní vody etapovitě porovnávány se stářím pedogenetických procesů vyjádřených půdní chemií, půdní fyzikou a volenou vegetací [21,17,28].

S hodnotou vodního potencionálu pro potřebu pěstování zemědělských a lesních kultur souvisí dva důležité pochody jílovité hmoty rozdílné struktury a textury, peptizace (desagregace) a koagulace (agregace). Oba tyto procesy se rytmicky střídají podle množství spadlých atmosférických srážek na samém povrchu substrátů a tepelných mikroklimatických proměn způsobených vegetačním krytem. Procesy desagregace jsou např. u tzv. tufitických jílů charakteristických s pH/KCl 2-3,1 do značné míry blokovány hydratovanými formami železa.

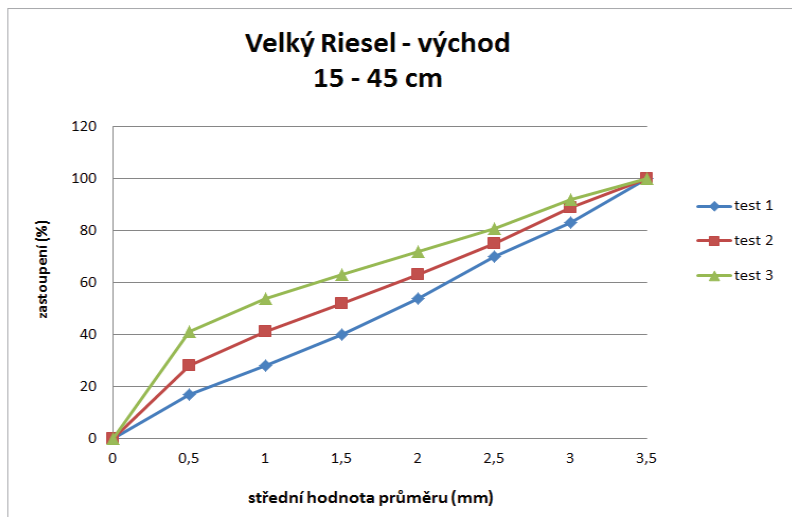
Střídavé procesy desagregace a agregace se pronikavě projevují především na sorbční kapacitě, která u jílů cyprisové série na Sokolovsku a jílů žlutých (Chomutovsko) dosahuje zhruba 70 – 155 mekv/100 g. Nemalý vliv na pohyb půdní vody a vodní režim vznikajících půd na výsypkových stanovištích má i organická půdní složka, která je dvojího původu:

- a) primárního,
- b) sekundárního [20,5].

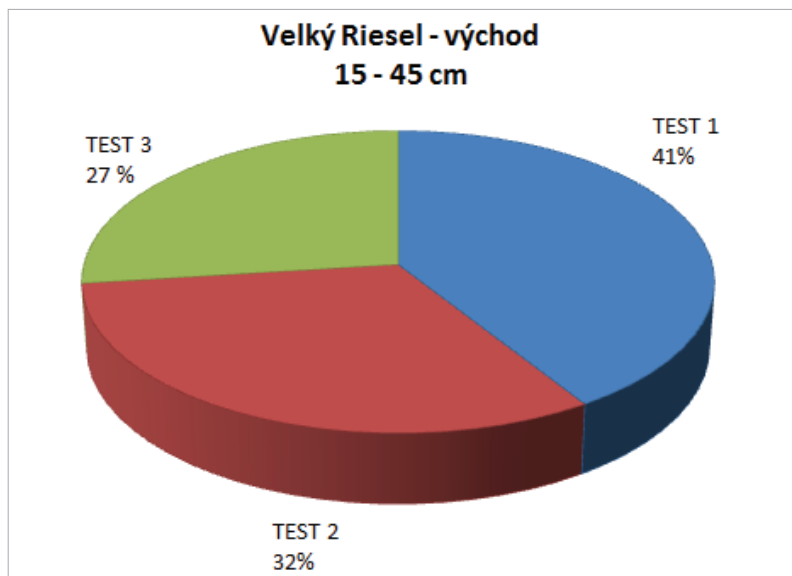
4) Infiltračními pokusy na šedých illiticko-kaoliniticko-montmorillonitických a kaoliniticko-illiticko-montmorillonitických jílech (výsypka dolu A. Zápotocký v Úžíně, výsypka Velký Riesel u Svatavy) bylo zjištěno, že intenzita zvětřování lístkovitých agregátů jílu je přímo úměrná intenzitě rekultivace. Tomu také odpovídají zjištění vsakovací rychlosti i celkového vsaku vody do antropogenního substrátu. Nejnižší infiltrační schopnost byla zjištěna na substrátu tohoto jílu pod zemědělskou rekultivací, dále pak pod ovocným sadem. Naopak nejvyšší infiltrace byla zaznamenána pod lesním porostem. Příčina tohoto jevu byla v daném případě zcela vysvětlena půdní mikro a makromorfologií [14,19].

5) Kaoliniticko-illitické jíly, které jsou vesměs určeny k zalesnění, jsou z hlediska vsaku vody do tvořící se půdy vhodnější než další typ jílu illiticko-kaolinitických. Obecně byla zjištěna tendence zvyšování infiltračních schopností v závislosti na zvýšení podílu illitu v jílu.

Graf 2: Kumulativní křivky – porovnání průměru destrukce struktury.



Graf 3: Vulnerabilita agregátů – podíl jednotlivých mechanismů na destrukci.



6) Nejnižší infiltrační schopnost byla zjištěna v antropogenních půdních substrátech složených z kuřavkových písků [17,26].

7) Příznivým vodním režimem i infiltrační schopností se vyznačují půdy vznikající na substrátu spraší, sprašových hlín, svahových hlín a jejich směsí.

8) Hodnotíme-li infiltrační schopnost výsypkových substrátů na všech výsypkách podle způsobu rekultivace a intenzity zvětrávání povrchových vrstev, dostaneme toto pořadí:

- a) lesnická rekultivace,
- b) ovocnářská rekultivace,
- c) zemědělská rekultivace.

9) Srovnáním hodnot intenzity infiltrace pod vrstvou 0–20 cm vidíme, že prakticky u většiny výsypkových profilů, zejména jílů, se infiltrace zvyšuje. Důvodem proto je rozdílná intenzita zvětrávacích procesů v povrchových a podpovrchových vrstvách [15].

10) Důležitým článkem a součástí revitalizačních, sanačních a rekultivačních prací jsou i hydrotechnická opatření spojená s tvorbou nového vodního režimu v krajině narušené těžební činností. Hydrické rekultivace můžeme rozdělit na dva základní typy:

- zřizování vodních toků,
- zřizování vodních ploch.

V souvislosti s hornickou činností, hlavně na území obou podkrušnohorských revírů, došlo v minulosti k řadě změn situování vodních toků a místních vodotečí v rámci sanačních prací při otvírce a rozšiřování velkolomové těžby. Podobně, i když v menší míře, se tyto přeložky realizovaly i v revírech s hlubinnou těžbou v důsledku vytváření velkých poklesových kotlin. Nejmarkantnějším příkladem je mnohonásobná výstavba a přestavba koryta řeky Bíliny v centrální mostecké části Ústeckého kraje v návaznosti na postupy bývalých lomů Obránců míru, Ležáky, Most [27]. Součástí revitalizačních hydromelioračních opatření a sanací odvodňovací soustavy lomů jsou také úchytné příkopy, koryta a kanály v předpolí činných lomů a na výsypkách před realizací rekultivačních prací. Významnou formou zahlazení následků báňské činnosti, jejíž význam bude v blízké budoucnosti stoupat, je zavodnění zbytkových lomových jam (viz obrázek č. 2 a, b).

I v nedávné minulosti na území došlo k zatopení některých menších lomů. Využití veškerých nových vodních ploch, vzniklých a vznikajících v rámci zahlazení těžby hnědého uhlí, je různorodé a dané územním plánem jednotlivých regionů (Teplicko-Bílinsko, Mostecko, Chomutovsko, Sokolovsko). Pro ilustraci výše uvedených revitalizačních opatření na obnovu hydrologie v posttěžebním období zatápěním lomů uvádíme v následujícím tabelárním přehledu původní plán zatápění lomů v Ústeckém kraji (viz tabulka č. 3) a lomů v Karlovarském kraji (viz tabulka č. 4) [13,16,11,19,27,25].

11) Ostatní způsoby revitalizace krajiny formou rekultivace

Mezi ostatní způsoby rekultivace řadíme plochy, které nemají sloužit prioritně k hospodářskému účelu, ale slouží ke zvýšení biodiverzity krajiny a posílení systému ekologické stability (např. mokřady, remízky, biokoridory autochtonních dřevin s vyšším podílem křovin, výsušné teplomilné louky, skaliska, slániska a další). Při velkoplošné rekultivaci devastovaných území nehrají tyto plochy plošně podstatnou úlohu, ale v případě rekultivace malých bodových lokalit (např. malých těžeben nerostných surovin), mohou tvořit přímo významný přírodní a krajinný prvek [13,16,18].

12) Již historické písemnosti ze starého Řecka a posléze Říma vypovídají o tom, že se příslušníci těchto nejstarších civilizací se závlahami a vodními nádržemi setkávali ve svých koloniích na Dálném a Středním východě, a také na území ČR zásluhou Albína, Štěpána Netolického a zejména Jakuba Krčína z Jelčan. Jejich přičiněním se proslavila oblast v jihočeské pánvi na rozloze zhruba 700 km², která je dnes vyhlášena biosférickou rezervací pod záštitou UNESCO a zaujímá nejpřednější místo v Evropě.

Pro zajímavost uvádíme plochu rybníků u nás:

- a) 16. století.....180 tis. ha,
- b) 19. století.....35 tis. ha,
- c) 21. století.....52 tis. ha.

Nicméně tvorba malých vodních nádrží ve výsypkovém vodním hospodářství je stále na samém počátku řešení. Složitost problematiky je předurčena naprosto odlišným charakterem „půdního“ prostředí na výsypkách s velmi flexibilní geografii, geomorfologií a částečně pedogenezí. Fyzikální, chemický, biologický a společenský význam vody na antropogenních sub-



Obr. 2 a, b: Nově vytvořené vodní plochy na výsypkách Litov (a) a Pruněrov (b) pro rekreační účely.

Tab. 3: Zbytkové jámy zatápěných lomů v Ústeckém kraji.

Lom	Plocha hladiny [ha]	Objem vody [mil.m ³]	Max. hloubka [m]	Předpokládaná doba napuštění [rok]
Chabařovice	235,0	35,0	23,0	2001 – 2006
Bílina	1 050,0	528,0	170,	2030 – 2050
Čs. Armáda	1 259,0	760,0	150,0	2020 – 2050
Hrabák	310,0	25,0	20,0	2036 – 2045
Most	325,0	72,0	59,0	2003 – 2010
Libouš	640,0	110,0	52,0	2030 – 2034

Tab. 4: Zbytkové jámy zatápěných lomů v Karlovarském kraji.

Lom	Plocha hladiny [ha]	Objem vody [mil.m ³]	Max. hloubka [m]	Předpokládaná doba napuštění [rok]
Boden	15,0	0,403	6,5	2002 - 2004
Jiří - Družba	1 322,0	515,0	93,0	po roce 2040
Medard - Libík	493,44	119,85	50,0	2009 - 2011
Michal	29,25	0,716	5,6	2001 - 2003

strátech (horninách, zeminách) byl na rozdíl od rostlých půd, kde jsou v obecné poloze o významu vodního hospodářství dostatečné zkušenosti, již od prvopočátku experimentálně řešen katedrou hydromeliorací ČVUT, Výzkumným ústavem meliorací Praha a Báňskými projekty Teplice. Problémy související s volbou způsobu dobývání, odvodňování a zakládání výsypek byly vždy náplní Výzkumného ústavu hnědého uhlí v Mostě. Od 90. let minulého století projektovou dokumentaci týkající se problematiky rekultivací Sokolovska zpracovává firma Leidgeb se sídlem v Karlových Varech. Tolik stručná historie problematiky [22,26,17].

Malé vodní nádrže na výsypkách jsou obnovovány vesměs v procesu jejich tvarování a volby systému odvodnění (otevřené příkopy, odvodňovací žebra s ocelovým děrovaným potrubím obsypaným kameninovou drtí, poldry, průlehy apod.). Všeobecně malé vodní nádrže slouží různým účelům. Současná platná norma ČSN 752410 do malých vodních nádrží zahrnuje všechny nádrže, které:

- mají objem vody menší než 2 mil. m³,
- mají největší hloubku nádrže od nejnižšího místa u hráze až po max. hladinu menší než 9 m.

Dále norma podle využívání a účelů dělí tyto nádrže na zásobní, ochranné, rybochovné, upravující vlastnosti vody a hospodářské.

5 Závěr

Problematika vodního režimu na výsypkových stanovištích je otázkou velmi složitou, danou celkovými proměnami půdních substrátů, složených ze skrývaných nadložních hornin. V počátcích řešení vodního režimu na výsypkových stanovištích se postupovalo vesměs uzančeními metodami, jež byly používány při hodnocení vodního režimu zemědělských a lesních půd. V rámci výzkumu bylo zjištěno, že uzanční metody pro určování vodního režimu na antropogenních substrátech jsou nepřesné, proto se přistoupilo ke stanovení strukturálních proměn spe-

ciálními laboratorními rozbory (viz test 1, 2, 3) a terénními měřeními válcovými infiltrometry zaplavenou plochou. Z dlouhodobých výzkumů pohybu vody prováděných na výsypkových stanovištích po celou dobu řešení rekultivační problematiky (od r. 1965 do současnosti) se ukázalo, že nastoupená cesta hodnocení hydropedologie antropogenních substrátů byla správná, jak při hodnocení způsobu volby biologické rekultivace, tak i rekultivace hydrické prováděné výše uvedenými rozbory.

Rovněž metodické postupy našeho poznání tvorby vodních ploch jsou založeny na dedukci, vhodně uplatněné indukci a tím i na formulování a testování hypotéz dosud nedostatečně prozkoumané kvality vody v procesu tvorby vodních nádrží zatápěným lomů s rozdílnou hloubkou a objemem vody.

Zejména v posledních letech se názory na problematiku tzv. "mokré" varianty, tj. hydrické rekultivace, různí, a to z důvodů neověřených hypotéz.

Literatura

- [1] BENEŠ, S., SEMOTÁN, J., VORÁČEK, V.: *Klasifikace nadložních zemín pro účely rekultivace v oblasti Sokolovského revíru*. Závěrečná zpráva stát. výzk. úkolu, Praha 1964.
- [2] DAŇKO, V.N.: *Ljupin mnogoletnij v lesnyh kulturach pri rekultivacii zemel' na Ukraine*. 1980.
- [3] DARMER, G.: *Zur forstlichen Rekultivierung schwierigen Kippenboden in Braunkohlentagebaubeit*, Forst u. Jagd Jg. 5, 1955.
- [4] DILLA, L.: *Wo neue Walder waschen*. Informationen Rheinbraun 2, Auflage Dezember 1969.
- [5] DIMITROVSKÝ, K.: *Příspěvek k poznání chemických vlastností zemín složených z cyprisových jílnů na některých výsypkách v Sokolovském revíru*. Vědecké práce VÚM, č. 7, str. 157-176, 1965.

- [6] DIMITROVSKÝ, K.: *Lesnické rekultivace antropogenních půd v oblasti Sokolovského hnědouhelného revíru*. Monografie Praha 1976.
- [7] DIMITROVSKÝ, K.: *Kulturní a estetický význam vody*. Dům techniky ČVTS Praha, 1976.
- [8] DIMITROVSKÝ, K.: *Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů*. SZN Praha, 1989.
- [9] DIMITROVSKÝ, K.: *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Praha 2001, 191 s.
- [10] DIMITROVSKÝ, K.: *Přístupy obnovy vegetace v podmínkách těžby hnědého uhlí na Sokolovsku II*. Rizikové prvky v potravinovém řetězci v Sokolovském regionu.
- [11] DIMITROVSKÝ, K., KOUTNÝ, D., VESECKÝ, J.: *Rekultivační arboretum na Sokolovsku*. Lesnická práce, č. 3, 1984.
- [12] DIMITROVSKÝ, K.: *Zemědělské, lesnické a hydričké rekultivace území ovlivněných báňskou činností*. Metodiky ÚZPI č. 14/1999.
- [13] DIMITROVSKÝ, K.: *Kategorizační procesy obnovy krajiny postižené báňskou a ostatní průmyslovou činností*. Dílčí závěrečná zpráva ČZU, Praha, 2005.
- [14] DIMITROVSKÝ, K., KUNT, M., PROKOPOVÁ, D., ŠTIBINGER, J.: *Problematika obnovy lesů na výsypkových stanovištích, jejich vývoj, struktura a skladba*. Sborník referátů FŽP J. E. Purkyně Ústí nad Labem, 2008.
- [15] DIMITROVSKÝ, K., KUNT, M.: *Unikátní rekultivační lesnické arboretum na Sokolovsku slaví svou 36-letou existenci*. Sborník referátů z 11. uhelně geologické konference. Přírodovědecká fakulta UK Praha, 2008.
- [16] DIMITROVSKÝ, K., KUNT, M., KUPKA, I.: *Rekultivační dendrologie*. Sborník referátů z konference Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesních a devastovaných stanovišť. Kostelec nad Černými lesy, s. 21-26, 2008.
- [17] DIMITROVSKÝ, K., KUNT, M., KUPKA, I., ŠTIBINGER, J.: *Problematika obnovy lesů na výsypkových stanovištích, jejich vývoj, struktura a skladba*. Sborník referátů z konference Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesních a devastovaných stanovišť. Kostelec nad Černými lesy, s. 13-20, 2008.
- [18] DIMITROVSKÝ, K., DOLEŽELOVÁ, D., ELIÁŠOVÁ, B.: *Lesnická typologie a její využití v lesnické rekultivaci antropogenních substrátů*. Sborník referátů z konference u příležitosti nedožitých devadesátin pana Ing. Karla Plívy: Rozvoj lesnické typologie a její využití v lesnické praxi. Těchov-Čerhovice, 2012.
- [19] HRAZDÍRA, J., RÁŽ, J.: *Sanace a rekultivace bývalého hnědouhelného lomu Medard – Libík*. Sborník příspěvků z konference jezera a mokřady ve zbytkových jamách po těžbě nerostů, 2013.
- [20] JONÁŠ, F., DIMITROVSKÝ, K.: *Hydropedologická charakteristika výsypkových zemin v oblasti SHR a HDBS*. Dílčí závěrečná zpráva. Praha, VÚM 1972.
- [21] KUNT, M., DIMITROVSKÝ, J., MODRÁ, B., PROKOPOVÁ, D.: *Rekultivace fyto toxických výsypkových substrátů*. Sborník ČZU FLE Obnova lesního prostředí při zalesňování nelesních a degradovaných půd. Kostelec n. Č. Lesy, 2007.
- [22] KUTÍLEK, M.: *Stanovení specifického povrchu půd a zemin*. Práce ČVUT I, č. 3, 1963 SPN Praha, 1963.
- [23] KUTÍLEK, M., NIELSEN, D. R.: *Soil hydrology*. Geocology textbook, Catena Verlag, 38 162 Cremlingen Destedt, Germany, pp. 98 - 102, 1994.
- [24] PHILIP, J.: *Numerical solutions of equations of the diffusion type with diffusivity concentration dependent*. Trans. Faraday Soc. 51. 885 – 892.
- [25] PICHLER, E.: *Prováděcí dokumentace pro stavební a vodoprávní řízení stavby zatopené zbytkové jámy lomu Medard – Libík, 3.stavba – monitoring podzemních vod*. VÚHU, a.s. Most, 2006.
- [26] SEMOTÁN, J., DIMITROVSKÝ, K.: *Charakteristika vodního režimu a propustnosti některých jílovitých výsypek v oblasti HDBS*. Sborník referátů III. mezinárodního sympozia o rekultivaci, Praha 1967.
- [27] SVOBODA, I.: *Souhrnný plán sanace a rekultivace území dotčeného těžbou Dolů Nástup Tušimice*. R-Princip Most, s.r.o., září 2012.
- [28] ŠTÝS, S. ET AL.: *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*, SNTL Praha, s. 680, 1981.
- [29] VALLA, M., KOZÁK, J., DRBAL, J.: *Cvičení z půdoznalství II*. SPN Praha, 1983.