

Vliv rekultivace na retenční a další ekologické funkce povrchu výsypek

Einfluss einer Rekultivierung auf Retentions- und andere ökologische Funktionen der Kippenoberfläche

Zu den negativen Folgen der menschlichen Tätigkeit auf den mit der Kohleförderung betroffenen Geländen gehören auch Beschleunigung der Erosion und zerstörte Retentionsfähigkeit, die nicht nur auf Ackerboden wirken, sondern auch auf die von Menschen künstlich gestalteten Gelände, wie städtebauliche Flächen, Abbauräume, Straßen, Eisenbahnen, Kippen, Deponien. Solche Gelände sind dann gefährdet nicht nur infolge der Inanspruchnahme von Ackerboden, sondern auch durch erhöhtes Risiko von Verschmutzung der Oberflächenwässer mit Sedimenten, Vergiftung von toxischen Stoffen aus Industrieobjekten und nicht zuletzt auch mit erhöhten Abflüssen aus diesen Einzugsgebieten.

Für eine Minimierung dieser Erscheinungen ist notwendig, hydrophysikalische Eigenschaften des Terrains gut zu kennen. Im Nordböhmischen Braunkohlenbecken läuft eine Untersuchung von hydrophysikalischen Eigenschaften der Kippenoberflächen systematisch und auf dem fachlichen Niveau schon seit 1994 ab. Die gewonnenen Ergebnisse fasst der vorliegende Artikel in kurzer Form zusammen. In seinen einzelnen Kapiteln werden die Problematik einer Optimierung des Wasserhaushaltes in den in Kippenbedingungen gebildeten Böden, weiter die Untersuchungsmethodik sowie auch ein Entwurf der Sicherung des rekultivierten Kippengeländes einschl. der Bestimmung der zulässigen Böschungslängen bewertet.

Influence of reclamation works upon retention and other ecological functions of soil tips surfaces

The acceleration of erosion and an infracted retention capability, which does not work on agriculturally covered lands only, but influences also territories created artificially by a man, such as urbanized areas, mining

spaces, roads, railways, soil tips, dump sites, belong among negative consequences of human activity in areas affected by exploitation. Such areas are then endangered not only in consequence of the soil loss, but also by an increased hazard of pollution of surface waters by sediments, contamination by toxic substances from industrial complexes and last but not least, also by increased outflows of water from these catchments areas.

To minimize these phenomena, there is needed a good piece of knowledge of hydro-physical properties of a terrain surface. In the North-Bohemian Brown Coal Basin, there has been underway the exploration of hydro-physical properties of soil tips surfaces at a professional level as early as since the year 1994. Reached results are briefly summarized in the article submitted, in the individual chapters of which, there is evaluated the optimization of a water mode of soils created under conditions of soil tips, methodology of research and the proposal for security of a reclaimed soil tips area including the determination of permissible lengths of slopes.

Влияния рекультивации на ретенционные и другие экологические функции поверхности отвалов

К негативным последствиям деятельности человека на территориях девастированных горными работами, относятся также ускорение эрозии и нарушенная способность удержания (ретенции), которая проявляется не только на сельскохозяйственных почвах, а влияет также на человеком искусственно созданную территорию - как например урбанизированные площади, добычные пространства, шоссейные и железные дороги, отвалы и свалки. Такие территории тогда находятся под угрозой не только вследствие потерь почвенного фонда, но и повышенного риска загрязнения поверхностных вод

седиментами, контаминацией токсическими веществами из промышленных объектов и не в последнюю очередь также увеличенных стоков воды из данных водосборных площадей. Чтобы данные влияния минимизировать, необходимо хорошо знать гидро-физические свойства поверхности местности. Už s 1994 г. в Северочешском бурогольном бассейне происходит систематическое исследование гидро-физических свойств поверхности отвалов. Предлагаемая статья вкратце комментирует достигнутые результаты. В отдельных главах дается оценка проблематике оптимизации режима воды в почвах создаваемых в условиях отвалов, методика исследования и предложения по обеспечению рекультивируемой территории отвалов включительно установления допустимых длин отвалов.

Vliv rekultivace na retenční a další ekologické funkce povrchu výsypek

Mezi negativní důsledky lidské činnosti v těžbou postižených územích patří

i zrychlení eroze a narušená retenční schopnost, která nepůsobí jen na zemědělsky obhospodařovaných půdách, ale ovlivňuje i území člověkem uměle vytvořené, jako jsou např. urbanizované plochy, těžební prostory, silnice, železnice, výsypky, skládky. Taková území jsou pak ohrožena nejen v důsledku ztrát půdy, ale i zvýšeným rizikem znečištění povrchových vod sedimenty, kontaminací toxickými látkami z průmyslových objektů a v neposlední řadě i zvýšenými odtoky vody z těchto povodí.

Pro minimalizaci těchto jevů je nutná dobrá znalost hydrofyzikálních vlastností povrchu terénu. V Severočeské hnědouhelné pánvi probíhá průzkum hydrofyzikálních vlastností povrchu výsypek systematicky na odborné úrovni již od roku 1994. dosažené výsledky stručně shrnuje předkládaný článek, v jehož jednotlivých kapitolách je hodnocena problematika optimalizace vodního režimu půd vytvářených v podmínkách výsypek, metodika výzkumu a návrh zabezpečení rekultivovaného území výsypek včetně stanovení přípustných délek svahů.

Lidská společnost neustále přetváří krajinu, přizpůsobuje ji svým potřebám a současně narušuje přírodní rovnováhu. Jedním z významných negativních jevů ovlivňujících půdu a hydrické poměry krajiny, je i zrychlení eroze a narušená retenční schopnost, která nepůsobí jen na zemědělsky obhospodařovaných půdách, ale ovlivňuje i území člověkem uměle vytvořené, jako jsou např. urbanizované plochy, těžební prostory, silnice, železnice, výsypky, skládky. Takto postižená území jsou pak ohrožena nejen v důsledku ztrát půdy, ale i zvýšeným rizikem znečištění povrchových vod sedimenty, kontaminací toxickými látkami z průmyslových objektů a v neposlední řadě i zvýšenými odtoky vody z těchto povodí.

Podle dostupných experimentálních poznatků nejefektivnější protierozní ochranu a to všeobecně na všech typech půd a zejména na nově vytvářených svazích, poskytuje vegetace (travní porost, les) a bioinženýring (spočívá ve využívání rostlin nebo rostlinných materiálů samostatně nebo ve spojení s inertními materiály, často lokálního původu, ke stabilizaci půdy po dokončení zemních a vodních děl). Účelem těchto technologií je chránit půdu na svazích jak před erozními účinky vody a větru, tak i optimalizovat hydrofyzikální půdní vlastnosti. Metod a způsobů úpravy těchto půdních vlastností používaných ve světě (hydroosev, stabilizátory půdních částic, přirozený drn, sítě z juty – kokosových nebo syntetických vláken, pletiva, biodegradovatelné geotextilie, travní rohože, celulární systémy) je široká nabídka. Většina těchto technologií bude samozřejmě s různým časovým efektem využitelná i na antropozemích.

Problematika optimalizace vodního režimu vytvářených půd v podmínkách výsypek

Ověřování účelných technologií úpravy hydrofyzikálních vlastností povrchu výsypek v Severočeské hnědouhelné pánvi probíhá systematicky na odborné úrovni již od roku 1994. Testované a v současné době již i praxí běžně používané technologie vycházejí nejen ze zcela specifických stanovištních podmínek výsypek, kdy je možné projektově ovlivnit sklon a délku svahů, ale současně se snaží pro tyto účely využít i regionálně dostupné hmoty – zeminy jak minerálního, tak i organického původu, které v důsledku stagnace zemědělské výroby a tím i produkce kompostů začaly být komerčně bez omezení dostupné.

Metodika hodnocení

Soustředila se na vyřešení dvou významnějších problémových okruhů:

- A. Ověření vhodného matematického modelu, který by na podkladě vstupních parametrů stanovitelných v polních podmínkách umožňoval definovat nejen průběh ohroženosti stanoviště erozním procesem, ale stanovil i vhodné délky projektovaných svahů výsypek. Pro tyto účely byl ve spolupráci s katedrou hydromeliorací FSv ČVUT Praha vybrán numerický simulační model SMODERP, který byl na této katedře vyvinut a v současné době je testován. Efektivnost využitelnosti tohoto modelu je víceméně určována odbornou úrovní použitých vstupních parametrů (zejména hydraulické vodivosti, případně sorptivity, která je navíc závislá na počáteční vlhkosti a dalších hydrostatických charakteristikách, jako je objemová hmotnost, pórovitost a retenční čáry)
- B. Ověření vhodných melioračních hmot pro účely úpravy retenčních vlastností povrchu výsypek. K těmto účelům byly použity jednak lokálně dostupné zeminy – horniny (ornice, sprašové hlíny, bentonity, slínité horniny) a dále různé organické substráty – hmoty (kůra, primární celulózoové kaly), aplikované buď ve formě převrstvení výsypky, nebo jako mulče, nebo technologií, kdy dochází k jejich zapravení do povrchového půdního horizontu výsypky.

Navržený hydrický způsob zabezpečení rekultivovaného území výsypek a přípustné (orientační) délky svahů

Za vhodný sklon technicky upraveného území pro zemědělské účely lze považovat 3 – 8 %, při požadavku jeho zabezpečení pro dobu opakování výskytu srážky u travních porostů 5 roků a u orné půdy 10 roků. V případě, že rekultivované území navazuje na prostory vyžadující vyšší protierozní ochranu (intravilán, vodní zdroj, komunikace apod.) je účelné zvýšit požadavek zabezpečení území až pro dobu opakování výskytu srážky 50 roků. Při realizaci lesnických rekultivací by sklony technicky upravovaného území neměly přesahovat 25 %, při požadavku jejich zabezpečení pro dobu opakování výskytu srážky 5 roků. Jestliže území navazuje na prostory vyžadující vyšší protierozní ochranu, platí obdobné zásady doporučované u rekultivace zemědělské.

Mulče z kůrových substrátů (tříděné kůry): vytvářené (přípustné) délky takto rekultivovaného povrchu výsypek v Severočeské hnědouhelné pánvi nejsou až do

sklonu svahů 26 % a pro pravděpodobnosti výskytu maximálních denních srážkových úhrnů v množství 50 – 70 mm omezeny.

Mulče z primárních celulózových kalů: tuto rekultivační technologii využívání organických hmot lze hodnotit obdobně jako při použití mulčů z kůrových substrátů.

Promísení kůrových substrátů s výsypkovou zeminou: tuto rekultivační technologii využívání organických hmot lze hodnotit obdobně jako při použití mulčů z kůrových a primárních celulózových kalů.

Promísení primárních celulózových kalů s výsypkovou zeminou: vytvářené (přípustné) délky takto rekultivovaného povrchu výsypek nejsou až do sklonu svahů 26 % a pro pravděpodobnosti výskytu maximálních denních srážkových úhrnů v množství 30 mm omezeny a při pravděpodobnosti výskytu srážky 50 – 70 mm jsou již omezeny při sklonech 10 – 26 %, 200 – 50 m.

Převrstvení povrchu výsypky orníci, sprašovými hlínami, nebo promísení bentonitů a slinitých hornin s texturálně lehčími výsypkovými zeminami: vytvářené (přípustné) délky takto rekultivovaného povrchu nejsou do sklonu svahu 26 % a pro pravděpodobnosti výskytu srážky 30 mm omezeny a při pravděpodobnosti výskytu srážky 50 – 70 mm jsou již omezeny při sklonech 10 – 26 %, 140 – 50 m.

Infiltrační (vsakovací) vlastnosti hodnocených rekultivačních úprav povrchu výsypky

Za nejprogresivnější rekultivační variantu při úpravě infiltračních půdních vlastností povrchu výsypky lze považovat aplikaci různých kůrových substrátů, nebo drcené kůry. Při použití těchto melioračních hmot ve formě mulče lze i po 6 letech hodnotit takto rekultivovaný povrch na úrovni jako s velmi vysokým koeficientem hydraulické vodivosti, pohybujícího se na úrovni cca 3,0 cm.min.⁻¹ (počáteční charakteristika koeficientu hydraulické vodivosti této varianty cca 10,2 cm.min.⁻¹). Tomuto kvalitativnímu stavu se přibližuje i technologie, kdy dochází k zapravení těchto melioračních hmot do výsypkové zeminy, s dosaženou i po 6 letech hydraulickou vodivostí povrchu výsypky až na úrovni cca 0,8 cm.min.⁻¹ (počáteční charakteristiku této varianty představuje koeficient hydraulické vodivosti na úrovni cca 0,5 cm.min.⁻¹). Oproti předchozí variantě dochází naopak k mírnému zvýšení vsakovacích schopností (zde se zřejmě již výrazněji projevuje vliv vegetačního pokryvu, určité disproporce v naměřených hodnotách hydraulické vodivosti jsou však ovlivněny i značnou heterogenitou vytvořeného půdního prostředí při této technologii). Menší intenzitu úpravy infiltračních vlastností již představuje varianta, kde byly pro tyto účely použity např. primární celulózové kaly. Na takto upraveném povrchu mulčováním dosahuje po 6 letech hydraulická vodivost cca 0,2 cm.min.⁻¹ (počáteční charakteristika hydraulické vodivosti se pohybuje na úrovni cca 1,1 cm.min.⁻¹).

Obdobným průběhem vývoje hydraulické vodivosti (jako u varianty s kůrou) lze charakterizovat technologii, kdy dochází k zapravení celulózových kalů do povrchu výsypky. Po 6 letech tato varianta vykazuje hydraulickou vodivost na úrovni cca 0,3 cm.min.⁻¹ (oproti počáteční charakteristice varianty, kdy dosahovala pouze 0,01 cm.min.⁻¹). Pozitivní vliv vegetace – bylinné patro, les, je zřejmý i z provedených kontrolních měření např. na Radovesické a Střimické výsypce, kde se charakteristika hydraulické vodivosti na počátku rekultivace pohybovala na úrovni cca 0,002 cm.min.⁻¹ a po 6 až 8 letech se upravila na úroveň minimálně až o 1 řád vyšší.

Významného hydrofyzikálního účinku lze však dosáhnout i technologiemi, které pro tyto účely využívají dostupné zeminy a horniny (ornice, sprašové hlíny, bentonity, slínité horniny) buď jako převrstvení povrchu výsypky o vhodné mocnosti, nebo jsou-li používány technologie, kdy dochází k jejich homogenizaci – promísení s výsypkovou zemínou do požadované hloubky. Povrch výsypky převrstvený sprašovými hlínami (texturálně středně těžkými) bez vegetačního pokryvu lze charakterizovat koeficientem hydraulické vodivosti na úrovni cca 0,04 cm.min.⁻¹, po zatravnění mírně vzrůstá až na úroveň cca 0,07 cm.min.⁻¹. Velmi příznivou úpravu představují i technologie, které využívají pro tyto účely i texturálně středně těžké ornice - humusové horizonty, které poskytují vysoce porovnatelnou úpravu vsakovacích schopností povrchu výsypky jako překryvy sprašovými hlínami, nebo technologie, kdy dochází k promísení texturálně lehkých výsypkových zemin s bentonity nebo méně zvětralými slínitými horninami aplikovanými v dávce 1000 – 2000 t/ha do celkové hloubky rekultivovaného povrchu výsypky cca 0,4 m. Uváděné technologie, které využívají při úpravě požadovaných půdních vlastností zeminy – horniny, představují jak počáteční, tak i časově dlouhodobě neměnnou úpravu retenčních vlastností povrchu výsypky, která je dále pozitivně upravována rozvíjejícím se zastoupením trvalého vegetačního pokryvu (travní porost, les).

Ostatní hodnocené fyzikální vlastnosti odlišně rekultivovaného povrchu výsypky uvádí tabulka 1.

Tabulka 1: Fyzikální vlastnosti hodnocených rekultivačních úprav povrchu výsypky

Varianta (č.)	Půdní horizont (cm)	Pórovitost (%)	Maximální kap. vod. kapacita (% obj.)	Maximální kapilární nasáklivost (% obj.)	Minimální vzdušná kapacita (% obj.)	Objemová hmotnost (g.cm ⁻³)
1 a	0 - 10	85 - 88	46,9 - 51,0	61,8 - 64,9	38,0 - 38,1	0,30 - 0,33
b		76 - 82	56,2 - 70,9	70,6 - 82,2	11,5 - 22,4	0,33 - 0,52
2 a	0 - 10	76 - 80	54,8 - 63,2	66,4 - 71,3	16,8 - 21,2	0,19 - 0,24
b		74 - 84	48,9 - 59,3	70,2 - 81,2	16,5 - 31,1	0,31 - 0,56
3 a	0 - 10	54 - 57	30,1 - 33,4	30,6 - 35,3	21,0 - 27,3	1,11 - 1,20
b		52 - 55	36,1 - 40,4	45,0 - 48,8	13,1 - 18,0	1,18 - 1,28
4 a	0 - 10	50 - 55	23,8 - 24,0	24,7 - 25,7	26,4 - 30,6	1,19 - 1,33
b		58 - 71	41,0 - 45,4	51,2 - 60,7	8,5 - 19,8	0,87 - 1,20
5 a	0 10	44 - 48	36,5 - 39,4	38,1 - 45,3	8,8 - 9,2	1,37 - 1,48
c		54 - 55	38,3 - 42,7	44,1 - 49,1	12,0 - 16,2	1,19 - 1,20
6 a	0 - 10	46 - 47	28,8 - 34,6	41,2 - 47,4	12,4 - 17,3	1,43 - 1,48
c		35 - 45	30,1 - 33,4	34,9 - 40,9	5,4 - 11,1	1,48 - 1,52
7 a	0 - 10	58 - 60	57,1 - 59,0	59,5 - 62,0	0,7 - 1,1	1,10 - 1,15
8 a	0 - 10	45 - 47	34,8 - 35,2	37,9 - 38,6	9,9 - 12,0	1,51 - 1,56

Vysvětlivky:

- 1 = mulč z kůrových substrátů (mocnosti min. 10 cm)
- 2 = mulč z primárních celulózových kalů (mocnost min. 10 cm)
- 3 = promísení kůrových substrátů se zemínou (dávka 600 t/ha)
- 4 = promísení primárních celulózových kalů se zemínou (dávka 600 t/ha)
- 5 = převrstvení ornice
- 6 = převrstvení sprašovými hlínami
- 7 = povrch z terciérních jílu
- 8 = povrch z heterogenních výsypkových zemin texturálně lehčích
- a = stav po aplikaci
- b = stav po 6 letech (ovlivněný buřením, zalesněním)
- c = stav po zatravnění

Chemické vlastnosti erozního sedimentu transportovaného z výsypek

Varianta úpravy povrchu ornicemi: migrace rizikových prvků do erozního sedimentu nevýrazná, vzhledem k vysoké protierozní odolnosti této varianty je i případná kontaminace okolního ekosystému nežádoucími prvky bezvýznamná, k výraznějšímu nárůstu dochází v sedimentu pouze u vápníku (cca o 100 %).

Varianta úpravy povrchu sprašovými hlínami: migrace rizikových prvků do erozního sedimentu nevýrazná, obsahy všech rizikových prvků se vyskytují opět pod hranicí přípustných hodnot. K největšímu nárůstu v erozním sedimentu dochází opět u vápníku (cca o 100 %). Jev pouze dočasný, po zatravnění zeminy se obsahy i u tohoto prvku v sedimentu dostávají na cca úroveň charakterizující zeminu použitou při rekultivaci.

Varianta úpravy povrchu slinitými horninami: migrace rizikových prvků do erozního sedimentu nevýrazná, obsahy všech rizikových prvků se vyskytují opět pod hranicí přípustných hodnot kromě molybdenu, který překračuje limit požadovaného obsahu jak u použité horniny, tak i v erozním sedimentu. Po vegetační úpravě rekultivovaného povrchu dochází opět k poklesu obsahu tohoto prvku na stav charakterizující použitou horninu při rekultivaci.

Varianta úpravy povrchu tercierními jíly: obsahy všech hodnocených rizikových prvků podlimitní jak ve výchozí zemině, tak i v erozním sedimentu. Porovnáme-li však proces migrace prvků do erozního sedimentu, pak je tento nárůst podstatně intenzivnější a postihuje podstatně širší spektrum prvků (As, Pb, Cu, Ni, Hg, Mg, Ca). Charakteristikou vymývání například vápníku, je tato varianta opět zcela porovnatelná např. se sprašovými hlínami.

Varianta úpravy povrchu heterogenními výsypkovými zeminami texturálně lehčími: obsahy všech hodnocených rizikových prvků podlimitní jak ve výchozí zemině, tak i v erozním sedimentu. Proces migrace prvků do erozního sedimentu není tak intenzivní jako u tercierních jíků, mírné zvýšení bylo zaznamenáno pouze u Cr, Zn a Ni. Proces vymývání např. Ca u této varianty je opět vysoce porovnatelný např. se sprašovými hlínami.

Obsahy hodnocených prvků u rekultivačních úprav povrchu výsypky uvádí tabulka 2.

Tabulka č.2:Chemické vlastnosti zeminy (horniny) použité k rekultivaci a erozního sedimentu

Rekultivační varianta	pH vým.	Obsah mg.kg ⁻¹															
		K	P	Mg	Ca	As	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	Co	Ni	Hg	Mo	Be	V
1 a	6,7	241	19	187	4269	1,52	0,26	4,33	8,4	14,2	7,7	8,2	7,9	0,15	0,52	0,73	13,8
b	7,0	228	13	171	9050	1,12	0,18	2,23	11,7	15,1	4,7	4,3	3,2	0,05	1,04	0,67	14,2
2 a	7,2	105	5	223	8865	0,78	0,10	3,97	5,0	7,9	5,4	7,4	6,0	0,12	0,93	0,61	14,0
b	7,2	105	5	208	15935	0,87	0,06	2,62	4,7	8,5	4,4	3,3	5,5	0,04	1,62	0,40	14,9
3 a	7,4	94	5	197	43815	0,11	0,07	6,5	10,5	9,9	3,8	7,6	4,2	0,15	2,32	0,14	16,8
b	7,4	80	5	247	43555	0,51	0,08	7,2	0,7	3,5	3,2	1,3	2,3	0,05	4,16	0,20	17,7
4 a	6,3	450	9	473	3309	0,40	0,18	3,40	3,90	17,0	2,7	1,6	4,2	0,127	0,40	1,15	10,3
b	7,0	78	5	422	7450	0,80	0,05	2,80	10,9	15,0	10,8	6,2	16,8	0,380	0,24	0,24	12,4
5 a	7,0	140	5	777	1307	0,55	0,05	2,40	5,70	11,0	3,8	3,9	6,0	0,073	0,34	0,37	21,6
b	7,2	127	5	444	7626	0,58	0,05	4,00	5,70	15,0	4,0	3,0	8,5	0,054	0,43	0,27	18,6

Vysvětlivky:

1 = ornice

2 = sprašové hlíny

3 = slínité horniny

4 = terciérní jíly

5 = heterogenní zemina texturálně lehčí

a = zemina (hornina)

b = erozní sediment



Testování povrchu výsypky rekultivovaného mulčem z kůrových kompostů pomocí simulátoru deště



Traktorový nosič FENDT 926 VARIO s mulčovací frézou AHWI, představuje dokonalou technologii homogenizace zeminy až do celkové hloubky 0,4 m



Hydrofyzikálně neupravený povrch výsypky představuje stanoviště s častým výskytem forem vodní eroze až stržové

Závěr

Experimentálně ověřované rekultivační technologie úprav povrchu výsypek představují s různou intenzitou nejen omezení extrémního působení vodní eroze, ale i efektivní úpravu vodního režimu na hydrofyzikální stav, který umožňuje v rekultivovaném půdním profilu zadržet většinu srážek pro potřeby evapotranspirace.

Literatura

1. Čermák, P.: Protierozní vlastnosti výsypkových zemin používaných v SHR. Výzkumná zpráva, VÚMOP Praha, 1995
2. Jonáš, F.: Určení způsobu rekultivace a tvorba nových půd na výsypkách v SHR. Metodika, VÚM Praha, 1975
3. Kohel, J. a kol.: Vytváření antropogenních půd a jejich hodnocení. Závěrečná zpráva, VÚMOP Praha, 1995