

# Charakteristika degradovaných půd Mostecké pánve a možnosti jejich lokalizace a mapování v rámci řešení projektu REECOL

Characteristics of Degraded Soils of the Most-Basin and Possibilities of Their localisation and Mapping Within the REECOL Project / Merkmale der degradierten Böden des Most-Beckens und Möglichkeiten ihrer Lokalisierung und Kartierung im Rahmen des REECOL-Projekts

RNDR. MICHAL ŘEHOŘ, PH.D., ING. PAVEL SCHMIDT  
VUHU a.s., Most

Přijato: 30. 1. 2024, recenzováno: 9. 4. a 24. 4. 2024

## ABSTRAKT

VUHU a.s. se od července 2023 spolu s vědeckými týmy několika evropských zemí podílí v rámci výzkumného programu EU na řešení projektu REECOL, který se zabývá rekultivací těžbou postižených oblastí evropských uhelných pánví. Tento příspěvek zahrnuje výsledky dosažené při přípravě první dílčí výzkumné zprávy projektu, která se zabývá degradovanými půdami. Pozornost je věnována charakteristice typů degradovaných půd, hlavním kritériím degradace a klasifikaci stupně degradace. Jde o podklady pro připravovanou mapu degradovaných půd.

Since July 2023, the VUHU a.s. has been participating in the REECOL Project, which deals with the reclamation of mining-damaged areas in European coal basins, as part of the EU research programme together with scientific teams from several European countries. This article contains the results of the preparation of the first sub-research report of the project which deals with degraded soils. The characteristics of degraded soil types, the most important degradation criteria and the classification of the degree of degradation are discussed. This forms the basis for a future map of degraded soils.

Das VUHU a.s. beteiligt sich seit Juli 2023 im Rahmen des EU-Forschungsprogramms gemeinsam mit wissenschaftlichen Teams aus mehreren europäischen Ländern am Projekt REECOL, das sich mit der Rekultivierung bergbaugeschädigter Gebiete in europäischen Kohlebecken befasst. Dieser Beitrag enthält die Ergebnisse der Vorbereitung des ersten Teilforschungsberichts des Projekts, der sich mit degradierten Böden befasst. Es wird auf die Merkmale degradierten Bodentypen, die wichtigsten Degradationskriterien und die Klassifizierung des Degradationsgrades eingegangen. Dies bildet die Grundlage für eine künftige Karte der degradierten Böden.

**Klíčová slova:** rekultivace - půda - degradace  
**Keywords:** reclamation - soil - degradation

## 1 | ÚVOD

VUHU a.s. se druhým rokem podílí na řešení evropského projektu Výzkumného fondu pro uhlí a ocel (RFCS) úkolu „Ecological rehabilitation and long term monitoring of post mining areas“ (akronym REECOL). Projekt je zaměřen na rozvoj moderních rekultivačních metod v evropských oblastech postižených těžbou uhlí [1]. VUHU a.s. se vzhledem k jejímu významu zaměřil na oblast Mostecké pánve situované v SZ Čechách (viz obrázek č. 1).

Prvním výzkumným balíčkem projektu je WP 3 „Identifikace oblastí po těžbě a přístupy k obnově ekosystémů“, který se zabývá charakteristikou různých přístupů k rekultivaci oblastí po těžbě, použitých v zemích jednotlivých partnerů projektu. V současnosti se výzkumné práce VUHU a.s. soustřeďují na první řešený úkol WP 3, kterým je úkol T 3.1 „Klasifikace degradace ekosystému a mapování degradované půdy“. Výstupem úkolu je dílčí výzkumná zpráva, která byla předána v březnu 2024.

Článek se zabývá metodikou výzkumu, vymezením půdních parametrů významných pro stanovení

stupně degradace půdy, výsledky rešeršních prací a výzkumu realizovaného VUHU a.s. a definicí jednotlivých stupňů degradace půd. Závěrečná část článku je věnována stručné charakteristice jednotlivých zjištěných typů degradovaných oblastí.

## 2 | METODIKA VÝZKUMU

První etapou výzkumu bylo shromáždění dostupných dat z historických pedologických průzkumů a výzkumů. Šlo především o vlastní data VUHU a.s., dále o dostupná data stakeholderů (těžební organizace, regionální univerzity, spolupracující organizace zabývající se pedologickými průzkumy regionu atd.). Na základě získaných dat byl definován pojem „degradace půd“ pro účely řešení projektu REECOL, stanoven soubor laboratorních analýz půd vhodných pro stanovení stupně degradace, který byl upraven z hlediska efektivity a finanční udržitelnosti. Na základě výsledků byly stručně charakterizovány jednotlivé typy kontaminovaných oblastí včetně dílčích map a každá z nich byla doložena jednou podrobněji popsanou lokalitou.

### 3 | DEFINICE POJMU DEGRADACE PŮD PRO ÚČELY ŘEŠENÍ PROJEKTU REECOL

Pojem degradace půd je v českém pedologickém názvosloví poměrně jednoznačně definován jako proces, při kterém dochází ke snížení úrodnosti, využitelnosti půdy a snižují se její ekologické funkce [4]. Konkrétně jde o zhutňování, neboli utužování půd (způsobeno opakovaným zpracováním půdy ve stejné hloubce a množstvím přejezdů těžkou technikou, které vede ke snížení pórovitosti a propustnosti půdy), erozi (jev, při kterém dochází k rozrušení půdy vodou, větrem, sněhem), chemickou degradaci (procesy, kterými půda ztrácí obsah humusu, vrstvu živin a není schopna zadržet živiny), nadměrné hnojení, zasolování (vzniká při zavlažování zemědělsky využívaných ploch vodou, která má vysoký obsah rozpuštěných látek), kontaminaci (cizorodými chemickými látkami nebo odpady), desertifikaci (proces, při kterém přírodní nebo lidské příčiny snižují biologickou produktivitu suchých oblastí - změny klimatu, odlesňování, nadměrné pastvy atd.). Takto definovaná degradace půdy vychází z potřeb a charakteristiky zemědělské půdy.

Výzkumný úkol REECOL se zabývá půdami v oblastech postižených těžbou hnědého uhlí, převážně jde o výsypkové substráty a antropozemě. Proto je nutná určitá modifikace výše uvedených složek degradace. Často nejde o degradaci v pravém slova smyslu, ale popisované negativní parametry jsou

původní vlastností substrátů. V případě těžbou postižených půd a substrátů Mostecké pánve lze v rámci řešení projektu za jejich degradaci považovat následující jevy:

#### Kontaminace

V podmínkách Mostecké pánve jde o nejvýznamnější příčinu degradace antropogenních půd. Zdrojů kontaminace je celá řada. K nejvýznamnějším patří:

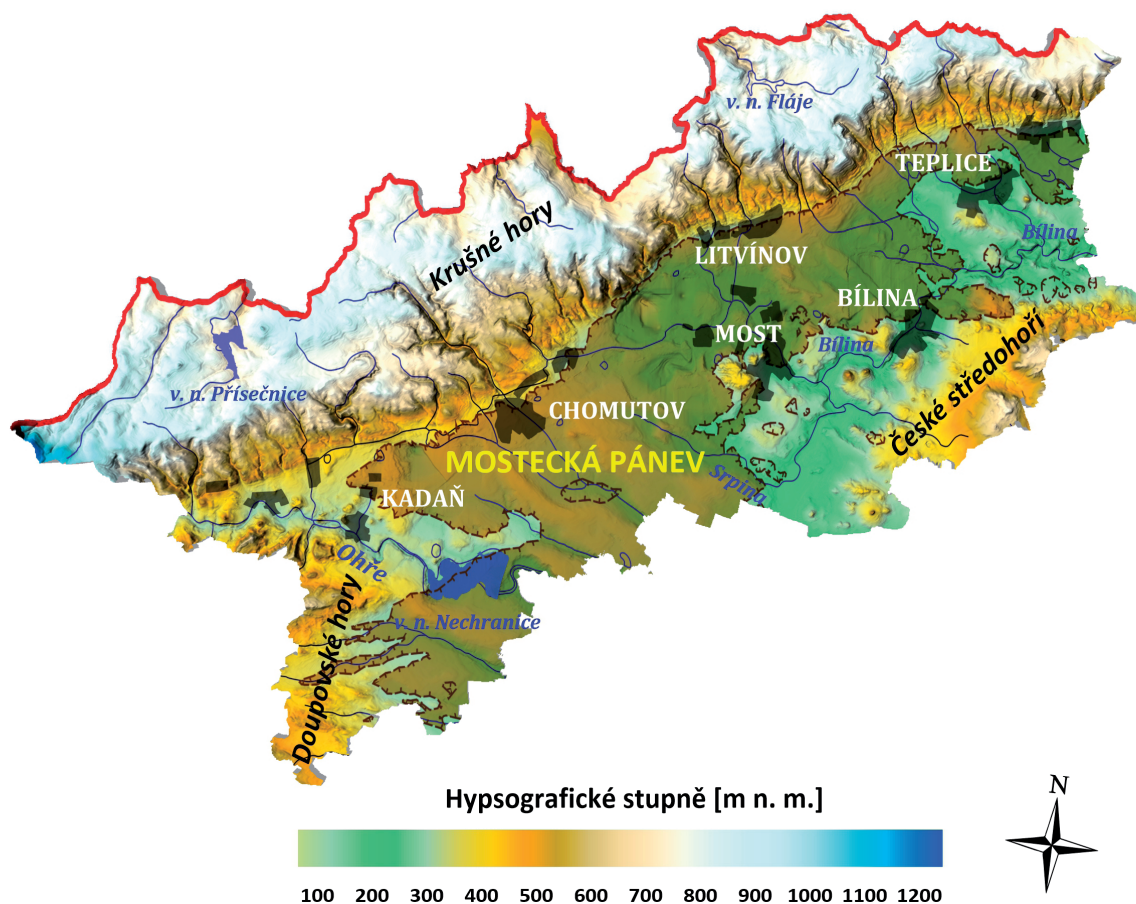
- kontaminace zeminami uhelné slaje (zvýšený obsah uhelné hmoty, síry a sulfidů železa),
- kontaminace rizikovými stopovými prvky (v Mostecké pánvi jde zejména o arzén),
- kontaminace produkty spalování uhelné hmoty (popely, popílky, strusky, stabilizáty, energosádrovce).

#### Zvýšený obsah písčité složky a eroze

Zvýšený obsah písčité složky půd v řadě výsypkových zemín Mostecké pánve je dán výskytem písků v řadě skryvkových zemín (oblasti deltové sedimentace). Obsah písku nad 50 % v půdě vede k nízké protierozní odolnosti a zhoršeným půdním parametrům.

#### Zvýšený obsah jílové složky

Zvýšený obsah jílové složky půd v části výsypkových zemín Mostecké pánve je dán výskytem extrémně jemnozrnných jílů ve svrchní části terciér-



Obr 1: Situace oblasti Mostecké pánve. [3]

ních vrstev. Tento jev není běžný, způsobuje však obrovské potíže při lesnické rekultivaci.

Chemická degradace

Hlavními zeminami zakládány na vnější a vnitřní výsypky jsou písky, kaolinitické jílovité písky a kaoliniticko-illitické jíly. Příměsi v sypaných horninách tvoří organická (uhelná) hmota, siderit a pyrit. Tyto horniny jsou mechanicky nestabilní vůči větrné i vodní erozi. Probíhajícím zvětráváním získávají vlivem iontů  $\text{SO}_3$  a  $\text{Al}$  nepříznivý, kyselý (až toxický) charakter.

Zasolování

V oblasti Mostecké pánve je tento jev omezen na oblast Dolů Nástup Tušimice, kde je značná část výsypkových zemin tvořena homogenními jíly libkovických vrstev s výskytem hydrogenického sádrovce. Ten je příčinou často extrémně zásadité půdní reakce, která je zásadním problémem při lesnické rekultivaci.

Desertifikace

V podmínkách Mostecké pánve jde o problém suchých klimatických period, které mohou působit vysychání exponovaných lokalit a zásadní komplikace při biologické rekultivaci. Na řadě lokalit byly již tyto problémy pozorovány, zatím však degradaci půd nelze konstatovat. Do budoucna je třeba tomuto problému věnovat pozornost (jde o jeden z úkolů tohoto projektu).

3.1 | NÁVRH KLASIFIKACE DEGRADACE PŮD V OBLASTI MOSTECKÉ PÁNVE

Na základě vyhodnocení rešeršních prací, dlouholetých zkušeností s pedologickým hodnocením zemin Mostecké pánve a nových výzkumů realizovaných v rámci řešení projektu REECOL byla navržena následující klasifikace degradace půd v oblasti Mostecké pánve.

1. stupeň degradace  
Půdní parametry oblasti jsou zhoršené oproti optimálnímu stavu, nevyžadují však rekultivační zásah.
2. stupeň degradace  
Nejde o fytotoxickou plochu, lze však doporučit rekultivační úpravu svrchního horizontu terénu (vhodná aplikace rekultivačních aditiv).
3. stupeň degradace  
Jde o fytotoxickou plochu a je nutná zásadní úprava svrchního horizontu terénu (převrstvení vhodnými rekultivačními aditivy).

4 | VÝBĚR OPTIMÁLNÍCH PŮDNÍCH PARAMETRŮ PRO STANOVENÍ STUPNĚ DEGRADACE

V této kapitole jsou stručně shrnuty optimální metody průzkumu, pedologické parametry a jejich limity pro jednotlivé stupně degradace půdy.

Tabulka 1: Nováková klasifikační stupnice zrnitosti půd.

| Obsah<br>l. zrn. kategorie (%) | Název druhu půdy | Označení půdy |
|--------------------------------|------------------|---------------|
| 0 – 10                         | písčitá          | lehká         |
| 10 – 20                        | hlinitopísčitá   | lehká         |
| 20 – 30                        | písčitohlinitá   | střední       |
| 30 – 45                        | hlinitá          | střední       |
| 45 – 60                        | jílovohlinitá    | těžká         |
| 60 – 75                        | jílovitá         | těžká         |
| > 75                           | jíl              | těžká         |

Tabulka 2: Hodnocení půdní reakce.

| Reakce          | Aktivní $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ | Výměnné $\text{pH}_{\text{KCl}}$ |
|-----------------|------------------------------------------|----------------------------------|
| silně kyselá    | < 4,9                                    | < 4,5                            |
| kyselá          | 5,0 – 5,9                                | 4,6 – 5,5                        |
| slabě kyselá    | 6,0 – 6,9                                | 5,6 – 6,5                        |
| neutrální       | 7,0                                      | 6,6 – 7,2                        |
| slabě alkalická | 7,1 – 8,0                                | > 7,2                            |
| alkalická       | 8,1 – 9,4                                | -                                |
| silně alkalická | > 9,4                                    | -                                |

4.1 | METODIKA MAPOVACÍCH PRACÍ A ODBĚRŮ VZORKŮ

Rekognoskace terénu se provádí pomocí půdních vpichů sondovací tyčí do hloubky 0,6 m půdního profilu každé zkoumané lokality. Stanovení počtu vpichů na 1 ha závisí na heterogenitě zeminy, obvykle se provádí jeden vpich na čtverec 50x50 m. Po vyhodnocení této části průzkumných prací se stanoví charakteristická místa pro zhotovení kopaných půdních sond o minimální hloubce 0,6 m.

Odběr půdních vzorků se provádí z obnažené stěny půdní sondy, a to pouze z horizontů, které se makroskopicky odlišují (zrnitostně, barevně). Množství odebrané zeminy pro jeden vzorek je 1-1,5 kg, v případě zastoupení skeletu v zemině nad 20 % se zvyšuje na 3-5 kg. Místa odběru se zaznamenávají do pracovní mapy. Při odběru vzorků se vždy provádí fotodokumentace.

4.2 | VÝBĚR PEDOLOGICKÝCH PARAMETRŮ A LIMITNÍ HODNOTY PRO JEDNOTLIVÉ STUPNĚ DEGRADACE

Jako optimální způsob realizace veškerých požadovaných fyzikálně-mechanických, mineralogických a chemicko-pedologických analýz lze doporučit schválené interní metodické postupy zkušebních laboratoří VUHU a.s. a VÚMOP v.v.i., akreditovaných ČIA o.p.s. dle ČSN EN ISO/IEC 17025 vycházející z příslušných norem [6].

U odebraných vzorků se pak provádí makroskopický popis, z laboratorních analýz se realizuje hodnocení zrnitostního složení, mineralogického složení na RTG difraktometru Siemens, stanovení půdní

Tabulka 3: Hodnocení obsahu karbonátů.

| Karbonáty (%) | Označení zeminy |
|---------------|-----------------|
| < 0,3         | bezkarbonátová  |
| 0,3 – 3,0     | slabě vápnitá   |
| 3,1 – 25,0    | vápnitá         |
| 25,1 – 60,0   | slínitá         |
| > 60,0        | vápenatá        |

Tabulka 4: Hodnocení obsahu humusu.

| Humus (%) | Označení obsahu |
|-----------|-----------------|
| < 1       | velmi nízký     |
| 1,0 – 2,0 | nízký           |
| 2,1 – 3,0 | střední         |
| 3,1 – 5,0 | vysoký          |
| > 5,0     | velmi vysoký    |

Pozn.: Při stanovení obsahu humusu je třeba odlišit oxidovatelný uhlík Cox, z něhož se počítá obsah humusu, od uhelné hmoty.

Tabulka 5: Hodnocení kationtové výměnné kapacity.

| Hodnota KVK        | Hodnocení            |
|--------------------|----------------------|
| 8 – 12 mmol/100 g  | nízká až velmi nízká |
| 13 – 24 mmol/100 g | střední              |
| 25 – 30 mmol/100 g | vysoká               |
| > 30 mmol/100 g    | velmi vysoká         |

Tabulka 6a: Kritéria hodnocení obsahu P (Mehlich III).

| Obsah        | Fosfor [mg.kg <sup>-1</sup> ] |
|--------------|-------------------------------|
| nízký        | do 50                         |
| střední      | 51 – 80                       |
| dobrý        | 81 – 115                      |
| vysoký       | 116 – 185                     |
| velmi vysoký | nad 185                       |

reakce, stanovení obsahu CaCO<sub>3</sub>, stanovení obsahu a kvality oxidovatelného uhlíku a humusu, stanovení obsahu dusíku, stanovení sorpční schopnosti a stanovení obsahu přijatelných živin dle Melicha III [3].

Stanovení limitních půdních parametrů pro jednotlivé stupně degradace ukazují tabulky 1-8.

Limitní obsahy rizikových stopových prvků vycházejí z vyhlášky č. 153/2016, o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu, kde jsou uvedeny tzv. preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou [mg.kg<sup>-1</sup> sušiny] a jsou rovněž v plné korelaci s vyhláškou č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě [5]

Jsou tedy platné pro zemědělské půdy v půdním fondu ČR, kdy je nutné při jakémkoli překročení limitu považovat půdu za degradovanou. V případě lesnické rekultivace jde pouze o limity orientační, kdy lze vzít v úvahu i případné přirozené geologické pozadí.

5 | STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA OBLASTÍ DEGRADOVANÝCH PŮD MOSTECKÉ PÁNVE

V této kapitole jsou stručně shrnuty optimální metody průzkumu, pedologické parametry a jejich limity pro jednotlivé stupně degradace půdy.

5.1 | OBLASTI PŮD KONTAMINOVANÝCH ZEMINAMI UHELNÉ SLOJE

Tyto plochy jsou kontaminovány uhelnou hmotou, sírou a sulfidy železa. Jsou v současnosti již poměrně vzácné, většinou již byly rekultivovány. Tvoří menší

Tabulka 6b: Kritéria hodnocení obsahu K (Mehlich III).

| Obsah        | Draslík [mg.kg <sup>-1</sup> ] |           |           |
|--------------|--------------------------------|-----------|-----------|
|              | Půda                           |           |           |
|              | lehká                          | střední   | těžká     |
| nízký        | do 100                         | do 105    | do 170    |
| vyhovující   | 101 – 160                      | 106 – 170 | 171 – 260 |
| dobrý        | 161 – 275                      | 171 – 310 | 261 – 350 |
| vysoký       | 276 – 380                      | 311 – 420 | 351 – 510 |
| velmi vysoký | nad 380                        | nad 420   | nad 510   |

Tabulka 6c: Kritéria hodnocení obsahu Mg (Mehlich III).

| Obsah        | Hořčík [mg.kg <sup>-1</sup> ] |           |           |
|--------------|-------------------------------|-----------|-----------|
|              | Půda                          |           |           |
|              | lehká                         | střední   | těžká     |
| nízký        | do 80                         | do 105    | do 120    |
| vyhovující   | 81 – 135                      | 106 – 160 | 121 – 220 |
| dobrý        | 136 – 200                     | 161 – 265 | 221 – 330 |
| vysoký       | 201 – 285                     | 266 – 330 | 331 – 460 |
| velmi vysoký | nad 285                       | nad 330   | nad 460   |

plošky na starších výsypkách, patrně nejvýznamnější je dnes nerekulťovaná část výsypky Střimice.

Nerekulťovaná oblast výsypky Střimice

Jde o cca 10 ha velkou, okrajovou část výsypky. Její součástí je dvouhektarová pokusná plocha Střimice I. o rozloze 2 ha. Předpokládáné stáří plochy je 45 let [2].

Převládajícím zeminovým typem je zde heterogenní směs skrývkových zemin ze souvrství uhelné sloje povrchového dolu Bílina. Převládají písčité jílovce a písky s významnou příměsí uhelné hmoty a sideritu. Jde o extrémně kyselé, fytotoxické zeminy. Na ploše lze pozorovat unikátní vývoj erozních rýh o hloubce až několik metrů. S ohledem na extrémně kyselý charakter plochy zde bylo zjištěno minimální rostlinné zastoupení, mohou se však vyskytnout vzácné kyselomilné druhy. Již řadu let jsou zde nalézány poměrně vzácné kyselomilné houby měcháč

písečný (*Pisolithus arrhizus*). Unikátně vyvinuté erozní jevy a výskyt specifických druhů rostlin a hub si pak zasluhují dlouhodobou ochranu.

Aktuální chemicko-pedologické složení dvou vzorků zeminových typů ukazuje tabulka 9.

5.2 | OBLASTI PŮD KONTAMINOVANÝCH RIZIKOVÝMI STOPOVÝMI PRVKY

Podle výsledků výzkumných prací je hlavním kontaminantem arzén. V omezené míře se vyskytuje na plochách kontaminovaných zeminami uhelné sloje, kde je vázán na sulfidy železy pyrit a markazit. Poněkud zvýšené koncentrace dalších stopových prvků (zejména kobalt, chrom, měď, vanad a nikl) byly zjištěny na plochách rekultivovaných s využitím bentonitu, který je jejich zdrojem. Nejvýznamnější degradovanou oblastí je však arzénem kontaminovaný pás kvartérních zemin na úpatí Krušných hor.

Tabulka 7: Hodnocení obsahu škodlivin (%).

| S (%)       | Uhelná hmota (%) | Přítomnost sulfidů Fe |
|-------------|------------------|-----------------------|
| pod 0,02    | pod 0,5          | ne                    |
| 0,02 - 0,06 | 0,5 – 1,5        | ano                   |
| 0,06 - 2    | 1,5 – 4          |                       |
| nad 2       | nad 4            |                       |

Vysvětlivky k tabulkám: XXX - 1. stupeň degradace, XXX - 2. stupeň degradace, XXX - 3. stupeň degradace

Tabulka 8: Limitní obsahy rizikových stopových prvků.

| Prvek         | Obsah [mg.kg <sup>-1</sup> ]<br>lehká půda | Obsah [mg.kg <sup>-1</sup> ]<br>běžná půda |
|---------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Arsen (As)    | 15                                         | 20                                         |
| Berylium (Be) | 1,5                                        | 2                                          |
| Kadmium (Cd)  | 0,4                                        | 0,5                                        |
| Kobalt (Co)   | 20                                         | 30                                         |
| Chrom (Cr)    | 55                                         | 90                                         |
| Měď (Cu)      | 45                                         | 60                                         |
| Rtuť (Hg)*    | 0,3                                        | 0,3                                        |
| Nikl (Ni)     | 45                                         | 50                                         |
| Olovo (Pb)    | 55                                         | 60                                         |
| Vanad (V)     | 120                                        | 130                                        |
| Zinek (Zn)    | 105                                        | 120                                        |
| PCB           | 0,02                                       | 0,02                                       |
| PAU           | 1,0                                        | 1,0                                        |

\* u rtuti celkový obsah

Splachy z metamorfitů Krušných hor

Jde o nesouvislý pás zahliněných štěrků a hlinitých zemin pod Krušnými horami, zhruba mezi Kláštercem nad Ohří a Litvínovem. Zdrojem degradace jsou v tomto případě splachy z metamorfitů Krušných hor. V určitých oblastech (např. sedimenty Komořanského jezera) je nabohacení především arsenem jiným způsobem velmi obtížně vysvětlitelné.

Tuto oblast degradovaných půd je třeba vzít v úvahu při rekultivačních pracích v oblasti Dolů Nástup Tušimice a lomu ČSA, kde je vhodné neza-

kládat pod Krušnými horami zemědělské rekultivace (kontaminace arzémem byla zjištěna i ve vzorcích skrývané ornice). Arzémem kontaminovaný štěrk z vnitřní výsypky lomu ČSA ukazuje obrázek č. 3.

Výsledky analýz obsahu rizikových stopových prvků ve třech vzorkách zahliněného štěrku ukazuje tabulka 10.

5.3 | OBLASTI PŮD KONTAMINOVANÝCH PRODUKTY SPALOVÁNÍ UHELNÉ HMOTY

Degradované půdy a substráty kontaminované produkty uhelné hmoty jsou v oblasti Mostecké pánve poměrně hojné. Jde o úložiště popelů, popílků, strusky, stabilizátu a energosádrovců. Z hlediska degradace půdy jsou nejproblémovější energosádrovce a stabilizáty (velmi zásaditá půdní reakce způsobuje degradaci půdy 3. stupně).

K významným lokalitám patří úložiště Třískolupy, Letiště, Severní lom a Stodola. Ojedinele dochází i ke kontaminaci již rekultivovaných ploch. Příkladem může být lesnická rekultivace na ploše Pruněrov VI.

Rekultivace plochy Pruněrov VI kontaminované energosádrovcem

Průzkum proběhl na třech stanovištích plochy Pruněrov VI. Stanoviště byla situována podél cesty Libouš-Pruněrov. Řazení stanovišť bylo označeno jako 1-3 vpravo od cesty ve směru od Pruněrova na Libouš. Na stanovišti 1 a 2 byl pozorován postupný úhyn modřínů přímo u cesty. Na stanovišti 3 je již u cesty rozsáhlá mýtina a postižen je modřínový les cca 100 m od cesty za mýtinou.

Vzorky byly odebírány z kopaných sond o hloubce 0,4 m. Na stanovištích 1 a 2 byl odebrán vždy 1 vzorek u kořenů modřínu, na stanovišti 3 byl odebrán 1 vzorek z mýtiny a jeden vzorek u kořenů modřínu. Kromě toho bylo vyhloubeno několik orientačních sond pro posouzení relativní homogenity zemin.



Obr. 2: Část kontaminované plochy Střimice (stupeň degradace 3). (Foto: M. Řehoř)



Obr. 3: Arzémem kontaminovaný zahliněný štěrk. (Foto: M. Řehoř)

U každého vzorku byl proveden makroskopický popis, pak následovala realizace laboratorních analýz v souladu s metodikou uvedenou v kapitole 2. Významné dosažené výsledky uvádějí následující tabulky 11 až 13 (jako typický příklad byla vybrána sonda S1).

Vzhledem ke zjištěným vlastnostem zemin uvedených v tabulkách 11 až 13 (zejména extrémně zásadité půdní reakci) bylo možné konstatovat, že jde o jednoznačně fytotoxickou plochu se stupněm degradace půdy 3. Příčinou špatných půdních vlast-

ností a následného výrazného úhynu dřevin byla kontaminace energosádrovcem z oblasti jeho blízkých deponií.

Úspěšným řešením problému bylo odstranění kontaminované vrstvy zeminy do hloubky 0,7 m v rozsahu doporučeném v odborném posudku VUHU a.s. a její nahrazení zúrodnitelným rekultivačním substrátem. Půdní sondu s obsahem energosádrovce a zájmovou plochu po odstranění svrchního horizontu ukazují obrázky č. 4 a 5.

Tabulka 9: Chemicko-pedologické vlastnosti zemin oblasti Střimice.

| Sonda /interval odběru [m] | Nc (%) | Org. látky Cox (%) | CaCO <sub>3</sub> (%) | pH KCl | Přijatelné živiny [mg.kg <sup>-1</sup> ] |    |     | Sorpční schopnost |    |       |
|----------------------------|--------|--------------------|-----------------------|--------|------------------------------------------|----|-----|-------------------|----|-------|
|                            |        |                    |                       |        | P                                        | K  | Mg  | S<br>mmol/100 g   | T  | V (%) |
| S1 /0-0,5                  | -      | 3,7                | 0,3                   | 5,0    | 2                                        | 58 | 185 | 9                 | 9  | 100   |
| S2 /0-0,5                  | -      | 5,0                | 0,2                   | 3,9    | 1                                        | 35 | 95  | 0                 | 24 | 0     |

S1 – profil sondy tvoří písčitý jílovec (zemina hlinitopísčitá)  
S2 – profil sondy tvoří uhelný jílovec (zemina hlinitopísčitá)

Tabulka 10: Obsah rizikových stopových prvků ve vzorcích šterků.

| Číslo vzorku | Obsah ve vzorku [mg.kg <sup>-1</sup> ] |      |      |      |      |       |      |      |       |       |       |
|--------------|----------------------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
|              | As                                     | Be   | Cd   | Co   | Cr   | Cu    | Ni   | Pb   | V     | Zn    | Hg    |
| vzorek 1     | 41,5                                   | 1,76 | 0,76 | 25,4 | 56,8 | 95,8  | 41,7 | 58,8 | 82,8  | 105,5 | 0,112 |
| vzorek 2     | 83,6                                   | 1,11 | 1,75 | 47,6 | 56,9 | 108,3 | 43,5 | 67,9 | 101,6 | 125,9 | 0,225 |
| vzorek 3     | 53,8                                   | 1,23 | 0,98 | 37,1 | 61,2 | 98,4  | 46,5 | 75,5 | 88,9  | 115,4 | 0,211 |

Tabulka 11: Makroskopický popis a mineralogické složení odebraných vzorků.

| Lab. číslo vzorku/č. odběru | Interval odběru [m] | Plocha      | Makroskopický geologický popis                   | Mineralogické složení                       |
|-----------------------------|---------------------|-------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 88017/S1                    | S1 0–0,4 m          | Prunéřov VI | šedobílý až bílý sypký materiál s příměsí humusu | sádrovec, stopy jílových minerálů a kalcitu |

Tabulka 12: Stanovení obsahu dusíku, Cox, CaCO<sub>3</sub> a půdní reakce.

| Laboratorní číslo vzorku | Obsah CaCO <sub>3</sub> (%) | pH/H <sub>2</sub> O | Cox (%) | Nc (%) |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------|---------|--------|
| 88017                    | 3,1                         | 8,6                 | 1,2     | -      |

Tabulka 13: Stanovení obsahu přijatelných živin a hodnot sorpční kapacity.

| Laboratorní číslo vzorku | Přijatelné živiny      |    |     | Sorpce                       |   |     |
|--------------------------|------------------------|----|-----|------------------------------|---|-----|
|                          | [mg.kg <sup>-1</sup> ] |    |     | [mmol .100 g <sup>-1</sup> ] |   | (%) |
|                          | P                      | K  | Mg  | S                            | T | V   |
| 88017                    | 8                      | 20 | 111 | 3                            | 3 | 100 |



Obr 4: Půdní sonda s obsahem energósádovce. (Foto: M. Řehoř).



Obr 5: Zájmová plocha Prunéřov VI po odstranění svrchního horizontu (horní část snímku). (Foto: M. Řehoř)

## 5.4 | OBLASTI S DALŠÍMI TYPY DEGRADACE PŮD

Oblasti s dalšími typy degradace půd již nelze vzhledem k rozsahu článku podrobněji popsat. Celkově lze konstatovat, že půdy s vyšším obsahem písčité složky a náchylností k erozi se v současnosti vyskytují zejména v oblasti vnitřní výsypky lomu Bílina. Půdy s vyšším obsahem jílové složky (extrémně zrnitostně jemné) se vyskytují zejména na výsypkách Dolů Nástup Tušimice, v menší míře i na výsypkách lomu Vršany. Zasolené půdy (vliv hydrogenetického sádrovce) se objevují na plochách v oblasti Dolů Nástup Tušimice a Prunéřova.

## 6 | ZÁVĚR

Příspěvek shrnuje zatím dosažené výsledky realizované VUHU a.s., v rámci řešení evropského projektu REECOL, který se zabývá aplikací moderních rekultivačních metod v oblastech postižených těžbou uhlí. Hodnocena je zde první etapa výzkumu věnovaná charakteristice degradovaných půd a substrátů oblasti Mostecké pánve.

V jednotlivých kapitolách článek stručně uvádí metodiku prací, která zahrnuje definici pojmu degradace půd pro účely řešení projektu, návrh klasifikace degradace půd v oblasti Mostecké pánve, metodiku vlastního pedologického výzkumu a výběr pedologických parametrů včetně limitních hodnot pro jednotlivé stupně degradace.

Závěrečná část článku se zabývá stručnou charakteristikou a lokalizací oblastí degradovaných půd a substrátů Mostecké pánve. Vzhledem k omezenému rozsahu článku jsou jako příklad uvedeny a podrobněji popsány pouze oblasti, kde je příčinou degradace kontaminace. Situace oblastí s dalšími typy degradace půd a substrátů je pouze velmi stručně shrnuta v kapitole 5.4.

Hlavními výsledky dosavadního výzkumu je tedy zejména první návrh klasifikace stupně degradace půd a substrátů, stanovení limitních hodnot půdních parametrů pro jednotlivé stupně degradace a stručná charakteristika a lokalizace ploch s různými typy degradace.

## PODĚKOVÁNÍ

Článek byl publikován s podporou a spolufinancováním výzkumným programem EU (RFCS) v rámci řešení projektu „Ecological rehabilitation and long term monitoring of post mining areas“, č. projektu 101112657 – REECOL – RFCS – 2022.

## LITERATURA

[1] ŘEHOŘ, M., SCHMIDT, P.: Aktuální pedologická problematika rekultivovaných lokalit oblasti Severočeských dolů a.s. Zpravodaj Hnědé uhlí, 2/2020, s. 18-25, ISSN 1213-1660, VUHU a.s., Most.

[2] ŘEHOŘ, M.; JAROLIMOVÁ, M.; ŽIŽKA, L.; VRÁBLÍK, P.; VRÁBLÍKOVÁ, J.; The Results of the Long-Term Research on the

Development of Anthropomorphic Soil in the Reclaimed and Successive Areas of the Most Basin in Czech Republic. Journal of Mining Science, 53(4), 778-788, DOI 10.1134/S1062739117042777, 2018, ISSN 1573-8736.

[3] ŘEHOŘ, M., SCHMIDT, P.: Změny klimatu v oblasti Mostecké pánve a jejich dopady na hornictví a rekultivace se zaměřením na vývoj koncentrací imisí v ovzduší. Zpravodaj Hnědé uhlí, 3/2021, s. 3-19, ISSN 1213-1660, VUHU a.s., Most.

[4] TOMÁŠEK, M.: Půdy české republiky. Publikace, ISBN 978-80-7075-688-1, Česká geologická služba, Praha, 2007.

[5] VRÁBLÍKOVÁ, J. a kol: Metodika ochrany půdy tvorbou a udržováním trvalých travních porostů a optimalizace rekultivačních postupů v antropogenně zatížené krajině regionu Podkrušnohoří. Metodika, UJEP, 2018.

[6] Zkušební laboratoř č. 1078: Interní metodické předpisy ZL. VUHU a.s., Most, IMP zkušební laboratoř.