

Zahájení monitoringu případových oblastí v rámci řešení projektu REECOL – vstupní data

Start of case study areas monitoring within the REECOL project – input data / Beginn der Überwachung der Fallbereiche im Rahmen des REECOL-Projekts – Eingabedaten

RNDR. MICHAL ŘEHOŘ, PH.D.
VUHU a.s.

Přijato: 30. 1. 2025, recenzováno: 10. 2. a 14. 2. 2025

ABSTRAKT

VUHU je součástí mezinárodního týmu, který od roku 2023 řeší významný evropský rekultivační projekt REECOL. Článek stručně shrnuje úspěšné dokončení vstupního výzkumného balíčku WP3, který VUHU vedl. Hlavní pozornost je věnována zahájení řešení výzkumného balíčku WP5, který je věnován krátkodobému a dlouhodobému monitoringu půdních parametrů případových ploch. Ty jsou v příspěvku stručně charakterizovány a podrobněji je popsána metodika monitoringu. V závěru jsou uvedeny a zhodnoceny zjištěné vstupní pedologické parametry případových oblastí.

VUHU is part of an international team that has been working on the important European reclamation project REECOL since 2023. The article briefly summarizes the successful completion of the WP3 initial research package, which was led by VUHU. The main attention is paid to the launch of the WP5 research package, which is focused on short-term and long-term monitoring of case study areas soil parameters. These are briefly characterized in the paper and the monitoring methodology is described in detail. In conclusion, the identified input pedological parameters of the case areas are presented and evaluated.

VUHU ist Teil eines internationalen Teams, das seit 2023 am großen europäischen Rekultivierungsprojekt REECOL arbeitet. Der Artikel fasst kurz den erfolgreichen Abschluss des ersten Forschungspakets WP3 zusammen, das von VUHU geleitet wurde. Das Hauptaugenmerk liegt auf dem Start des Forschungspakets WP5, das sich der kurz- und langfristigen Überwachung von Bodenparametern von Fallgebieten widmet. Diese werden in der Arbeit kurz charakterisiert und die Monitoring-Methodik näher beschrieben. Abschließend werden die identifizierten pedologischen Eingangsparameter der Fallgebiete vorgestellt und bewertet.

Klíčová slova: monitoring, pokusné pozemky, laboratorní analýzy
Keywords: monitoring, experimental slots, laboratory analyses

1 | ÚVOD

VUHU je významnou součástí mezinárodního týmu, který od července 2023 řeší projekt Výzkumného fondu pro uhlí a ocel EU „*Ecological rehabilitation and long term monitoring of post mining areas*” (akronym REECOL). Aktivita projektu mají za cíl výrazné zlepšení přístupů k ekologické obnově oblastí po těžbě nerostných surovin ve všech účastnických zemích.

V roce 2024 bylo úspěšně dokončeno řešení výzkumného balíčku WP3, jehož vedoucím byl VUHU. V rámci čtyř dílčích úkolů byla zmapována současná rekultivační situace v jednotlivých zemích projektu. Důraz byl kladen na míru kontaminace půd, rekultivační schémata využívaná v jednotlivých zemích projektu, aktuální vliv klimatických změn na rekultivace a výběr případových oblastí v jednotlivých zemích.

Paralelně s dokončováním výzkumu v rámci WP3 byly zahájeny aktivity dalšího výzkumného balíčku WP5 zaměřeného na krátkodobý a dlouhodobý monitoring pokusných rekultivačních ploch. VUHU se v rámci řešení úkolu 5.2 soustředí na dlouhodobý monitoring pokusných ploch. Cílem úkolu 5.2 je vypracovat krátkodobé a dlouhodobé řešení moni-

toringu aktivit ekologické obnovy po těžbě. Na výstupu z úkolu 5.1 byla prezentována sada metod pro měření klíčových ekologických funkcí a procesů. Vybrané (bio)indikátory budou testovány v oblastech případových studií vybraných v úkolu 3.4. V rámci úkolu 5.2 bude vyhodnocena jak efektivita nově vyvinutých technologií pro rekultivaci území znehodnoceného těžbou (WP4), tak výsledky standardních metod rekultivací nebo ponechání území spontánním sukcesním procesům. Prvním úkolem bylo vyhodnocení vstupních parametrů pokusných ploch. Tato tematika je předmětem článku.

2 | METODIKA ŘEŠENÍ VÝZKUMNÉHO BALÍČKU WP5

V rámci úkolu 3.4 byly v jednotlivých zemích vybrány následující oblasti případových studií a experimentální plochy:

- hnědouhelné doly v Ptolemaiu v Řecku – oblast kolem lomového jezera již rekultivovaná aromatickými rostlinami,
- hnědouhelné doly Amyntaion v Řecku – plochy již rekultivované a plochy, které mají být rekultivovány zemědělskou a lesnickou rekultivací,



Obr. 1: Situování pokusných pozemků 1-9 v oblasti Mostecké pánve.

- výkliz z černého uhlí Jankowice Północ v Polsku – nerekulativovaná část fyto toxické výsypky,
- povrchový důl Józwini II B v Polsku – vnitřní výsypka určená pro zemědělskou rekultivaci,
- komplex výsypek Radovesice-Střimice v České republice – oblasti ponechané přirozené sukcesi,
- těžební oblast Velenje ve Slovinsku – oblast poklesu mezi jezery, kde se sanace provádí předběžným zasypáním terénu,
- Mazingarbe ve Francii – usazovací pánev uhelného dolu a bývalé odkaliště procházející přirozenými a řízenými rekultivačními pracemi.

Krátkodobý monitoring poskytuje data pro vyhodnocení okamžité úspěšnosti ekologických rekultivačních akcí. Lokality, které budou rekultivovány pomocí nových řešení vyvinutých v rámci WP4 (Mazingarbe ve Francii, černé uhlí Jankowice Północ a povrchový důl Józwini II B v Polsku, těžební oblast Velenje ve Slovinsku), budou monitorovány paralelně s oblastmi, které nejsou předmětem rekultivačních činností, a s referenčními ekosystémy. Každá pokusná plocha bude rozdělena na tři dílčí plochy a z každé z nich bude odebrán směsný vzorek tvořený 8-9 dílčími vzorky půdy z hloubky 0-20 cm. Zeminy budou na místě prosévány (<4 mm) a homogenizovány. Pro každý experimentální pozemek bude na základě identifikace degradace stanoven konkrétní seznam indikátorů. Krátkodobý monitoring bude aplikován i na oblasti po těžbě nerostných surovin již rekultivované standardními metodami (hnědouhelné doly Amyntaion v Řecku).

Řešení dlouhodobého monitoringu se zaměřují na měření udržitelnosti rozvinutých ekosystémů. V tomto dílčím úkolu budou využity experimentální plochy nacházející se na posttěžebních oblastech ponechaných přirozené sukcesi (komplex výsypek Radovesice-Střimice v České republice). Na pokusných plochách bude stanoveno procentuální zastoupení stromového, keřového a bylinného patra, bude identifikována nepůvodní flóra, vyhodnocena biodiverzita a budou odebrány půdní vzorky.

Dlouhodobý monitoring zahrnuje také využití dat z družic a bezpilotních letounů (UAV) pro hodnocení rozsáhlého procesu obnovy. Na základě vzdálených dat bude analyzován jak zdravotní stav vegetace, tak stav půdy na různých rekultivačních schématech. Zkoumány budou také prostorové a časové trendy indikátorů. Zkušební aplikace tohoto monitoringu bude provedena pro všechny studijní oblasti.

3 | SITUACE POKUSNÝCH PLOCH V ČESKÉ REPUBLICE

Výzkum realizovaný v rámci projektu REECOL probíhá v oblasti Mostecké pánve, která je největším ložiskem uhlí a zároveň největším rekultivovaným územím České republiky.

Na základě řešení WP3 byl jako hlavní případová oblast vybrán výsypkový komplex Radovesice/Střimice. Z hlediska geologie a pedologie je zde zastoupena většina půdních typů Mostecké pánve, významně se zde uplatnily rekultivační substráty a nacházejí se zde nejvýznamnější plochy ponechané přirozené sukcesi [1]. Na těchto výsypkách bylo

založeno 6 dlouhodobě sledovaných experimentálních ploch. Na výsypce Radovesice se nacházejí 4 plochy (2 rekultivované, 2 ponechané v přirozené sukcesi) a na výsypce Střimice dvě plochy (1 rekultivovaná, 1 ponechaná přirozené sukcesi). V tomto článku je případová oblast jen stručně popsána, podrobná charakteristika již byla publikována [6].

Radovesická výsypka má od jihovýchodu k severozápadu protáhlý tvar a její území patří do vlastní vrchoviny Českého středohoří. Jedná se o největší výsypku v Mostecké pánvi. Jako meliorační substrát byly použity zdejší slíny vzhledem ke svým zásobám, významu a nepříznivému charakteru výsypkových zemín. Slíny tvoří geologický povrch erozního údolí v křídovém podloží výsypky, takže byly snadno dostupné a levné [5]. Rekultivační vlastnosti slínů jsou horší než u bentonitů, metodika jejich aplikace byla postupně modifikována na základě výzkumu VUHU. Na této výsypce byly založeny 4 pokusné plochy.

Výsypka Střimice se nachází východně od Mostu. Vznikala v letech 1959-1973. Vzhledem k extrémně fyto toxickým vlastnostem svrchního horizontu výsypky došlo k prakticky úplnému úhynu původní lesnické rekultivace. Současně se projeví významné erozní jevy. Na úpravu svrchního horizontu výsypky byl použit bentonit z lomu Černý vrch. Rekultivace začala v roce 1984. Vrstva aplikované bentonitové

zeminy byla stanovena na 50 cm. V roce 1988 byla zahájena zemědělská rekultivace na temeni výsypky o celkové rozloze 89 ha [4]. Na této výsypce byly založeny 2 pokusné plochy.

Kromě tohoto hlavního případového území byly vybrány další dvě menší oblasti, které reprezentují specifické problémy rekultivace sedimentů Mostecké pánve. Jedná se o prostory „lom ČSA-svahy“ a „vnitřní výsypka Dolu Libouš“.

První z nich je oblast „lom ČSA-svahy“. Území na poměrně strmém svahu je geologicky tvořeno převážně zeminami z výchozu uhelných slojí a kaolinizovaného rulového podloží. Převažujícím zeminovým typem ve svrchním horizontu lokality je proto směs uhelných jíílů a uhelné hmoty, která na extrémních místech přechází ve směs uhelné hmoty a zvětraleho pyritu. Jedná se o fyto toxickou zeminu, zcela nevhodnou pro rekultivaci. Druhým nejhojnějším půdním typem je podložní kompletně kaolinizovaná rula. Tato zemina je prakticky sterilní a také zcela nevhodná pro rekultivaci. Zájmové území se nachází na úpatí svahů Krušných hor, takže jeho dalším rekultivačním problémem je kontaminace rizikovými stopovými prvky (především arzenem). Jedná se pravděpodobně o oblast s nejvyšším stupněm degradace v Mostecké pánvi. Zde lze provádět výzkum možností efektivní rekultivace takto extrémně poškozených území.



Obr. 2: Sukcesní plocha Radovesice XVIIIA (založen pozemek 1).

Druhou oblastí je plocha „vnitřní výsypka Dolu Libouš“. Nachází se na plochem temeni vnitřní výsypky povrchového dolu Libouš. Geologicky je složena převážně z hnědých nadložních jíílů. Jedná se o dobře využitelnou plochu pro rekultivace. Plánuje se zde lesnická rekultivace. Většina pedologických vlastností zemin je vyhovující, ale oblast je ohrožena výskytem krystalického sádrovce. To způsobuje silně alkalickou půdní reakci pH. Jedná se o dosud jedinou oblast Mostecké pánve kontaminovanou salinitou (přírodní sádrovce) [6]. Mohou zde být prováděny výzkumy možností efektivní rekultivace tohoto typu území.

Na výše popsanych plochách bylo v souladu s metodikou řešení projektu založeno 9 malých pokusných pozemků, na kterých budou ověřovány nově vyvinuté rekultivační postupy. Situaci těchto pozemků ukazuje mapa na následujícím obrázku č. 1 (lokality 1–9). Pozemky blíže popisuje tabulka 1. Experimentální plochy, na nichž jsou pozemky založeny, ukazují obrázky č. 2–7.

4 | METODIKA MONITORINGU NA POKUSNÝCH PLOCHÁCH MOSTECKÉ PÁNVE

Při tomto zahájení výzkumu se VUHU zaměřil na posouzení půdních vlastností zkoumaných zemin. Cílem bylo zhodnotit vývoj sukcesních ploch různého stáří, vyhodnotit plochy s aplikací různých

rekultivačních zemin (slín, bentonity), vyhodnotit extrémně fytotoxické plochy před rekultivací a vyhodnotit plochy zasažené zasolováním. Výsledkem je stanovení vstupních půdních parametrů pro jednotlivé pokusné pozemky. Pro tyto účely byly vybrány jednotlivé experimentální pozemky (viz obrázek č. 1), které jsou blíže charakterizovány v tabulce 1.

4.1 | METODIKA MONITORINGU NA POKUSNÝCH PLOCHÁCH MOSTECKÉ PÁNVE

V roce 2024 proběhl sběr a analýza charakteristických vzorků z jednotlivých lokalit území případové studie. Metodika odběrů je kombinací osvědčených postupů využívaných v podmínkách Mostecké pánve a postupu doporučeného pro řešení projektu. Vzorky půdy byly odebírány z obnažené stěny sondy a pouze z horizontů, které jsou makroskopicky odlišné (zrnitost, barva). Množství odebrané zeminy pro jeden vzorek je 1-1,5 kg, v případě zastoupení štěrku v půdě nad 20 % se zvyšuje na 3-5 kg. Vzorkovací body jsou zaznamenány v pracovní mapě. Při odběru vzorků byla vždy prováděna fotodokumentace. Interval odběru byl vždy 0-0,6 m (sukcese nebo budoucí lesnická rekultivace) nebo 0-0,2 m (budoucí zemědělská rekultivace). Každý analytický vzorek je směsný vzorek tvořený šesti dílčími vzorky. Makroskopický geologický popis jednotlivých vzorků je uveden v tabulce 2.



Obr. 3: Stará rekultivace na výsypce Radovesice (založen pozemek 3).



Obr. 4: Fytotoxická sukcesní plocha na výsypce Střimice (založeny pozemky 5 a 6).



Obr. 5: Stará rekultivace s využitím bentonitu na výsypce Střimice (založen pozemek 7).

4.2 | CHARAKTERISTIKA HLAVNÍCH REALIZOVANÝCH LABORATORNÍCH ANALÝZ

Výběr laboratorních analýz je rovněž kombinací osvědčených postupů využívaných v podmínkách Mostecké pánve a postupu doporučeného pro řešení projektu (úplné sjednocení metodiky se nám vzhledem k odlišnosti podmínek v jednotlivých zemích nejeví jako vhodné).

Veškeré realizované laboratorní analýzy byly provedeny zkušebními laboratořemi VUHU a VÚMOP v.v.i., akreditovanými ČIA dle ČSN EN ISO/IEC 17025 na základě interních metodických postupů vycházejících z příslušných norem [7].

V následujícím textu je stručně popsán účel každé metody, míra využití při monitoringu (vstupní, krátkodobý, dlouhodobý), akreditace metody a vliv sledovaného parametru na rekultivační vlastnosti půdy.

pH:

- Půdní reakce je jednou z nejdůležitějších vlastností půdy. Např. rozpustnost různých sloučenin, vazebná síla výměnných iontů a aktivita různých mikroorganismů do značné míry závisí na tom, zda je půda kyselá, neutrální nebo zásaditá.
- Doporučen vstupní, krátkodobý a dlouhodobý monitoring.
- ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.
- Hodnota půdní reakce (pH) výrazně ovlivňuje a omezuje možnost rozvoje bylinného, keřového a stromového patra, a tím silně ovlivňuje biodiverzitu. Je to významný projev kontaminace půdy. Přijatelné hodnoty pH se pohybují v rozmezí 5,0-7,5.

Zrnitostní složení:

- Zrnitostní složení půd je určeno procentuálním zastoupením různých velikostních frakcí půdních částic. Důležitým kritériem je procentuální zastoupení frakce s velikostí zrna menší než 0,01 mm. Jedná se o základní fyzikálně-

mechanickou zkoušku půd z hlediska jejich rekultivačního využití. Středně zrnité až jemnozrnné, rovnoměrně zrnité horniny jsou nejvhodnější pro rekultivace.

- Doporučen vstupní a dlouhodobý monitoring.
- ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.
- Zrnitostní složení půdy významně ovlivňuje možnost růstu dřevin a tím ovlivňuje biodiverzitu. Stanovení zrnitosti je důležité pro popis struktury a textury půdy. Zrnitost má zásadní význam i pro vodní režim lokality. Přípustné hodnoty pro obsah zrnité frakce pod 0,01 mm se pohybují v rozmezí 25-60 %.

Obsah As:

- Arzén je jediným rizikovým stopovým prvkem, který se vyskytuje v reálně nebezpečných koncentracích v půdách Mostecké pánve. Jeho zdrojem jsou půdy kontaminované uhlím, a především půdy ovlivněné splachy z Krušných hor.
- ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.
- Doporučen vstupní monitoring. Krátkodobý a dlouhodobý monitoring je doporučen pouze v případech, kdy byla kontaminace zjištěna vstupním monitoringem.
- As může být významným zdrojem kontaminace půdy, ohroženy jsou i půdy zemědělské (vliv hnojení). Přípustný obsah As pro půdy v půdním fondu ČR udává vyhláška 153/2016 Sb. (limit pro běžné půdy činí 20 mg.kg⁻¹).

Obsah sulfidů Fe:

- Výskyt sulfidů železa (pyritu a markazitu) na rekultivovaných lokalitách je možný pouze na lokalitách s půdami z vrstev uhelných slojí.
- Doporučen vstupní monitoring.
- ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.
- Výskyt sulfidů železa (pyritu a markazitu) v půdách vede k jejich postupnému rozkladu na sírany, nepříznivě ovlivňuje pH a způsobuje kontaminaci půdy. Jejich přítomnost v půdě je nežádoucí.

Tab 1: Stručná charakteristika pokusných pozemků.

Č. pozemku	Typ pozemku	Rozměry	Sklon svahu
1	Stará sukcesní plocha, přirozený vývoj	40 x 40 m	<5°
2	Mladší sukcesní plocha, přirozený vývoj	40 x 40 m	<5°
3	Stará rekultivace, budoucí příměstský park	50 x 50 m	<5°
4	Technická rekultivace, aplikace slínů	40 x 40 m	<5°
5	Stará sukcese, fytotoxická pokusná plocha	40 x 40 m	<5°
6	Stará sukcese, fytotoxická pokusná plocha, extrémní oblast	30 x 30 m	<5°
7	Technická rekultivace, aplikace bentonitu	50 x 50 m	<5°
8	Nerekultivovaná, extrémně fytotoxická oblast, kontaminace	60 x 30 m	15°-25°
9	Technická rekultivace, oblast postižená salinizací	40 x 40 m	<5°



Obr. 6: Nerekultivovaná, extrémně fyto toxická plocha „svahy lomu ČSA“ (založen pozemek 8).



Obr. 7: Salinizací degradovaná oblast „vnitřní výsypka lomu Libouš“ (založen pozemek 9).

Obsah sádrovce:

- Krystalický sádrovec se vyskytuje v některých typech třetihorních jíílů. Tvoří makroskopicky viditelné bílé povlaky a krystaly.
- Doporučen vstupní monitoring, krátkodobý a dlouhodobý monitoring pouze na lokalitách, kde byla zjištěna kontaminace vstupním monitoringem.
- ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.
- Výskyt sádrovce je významným zdrojem kontaminace půdy (zasolování). Způsobuje extrémně zásaditou půdní reakci, úhyn řady druhů dřevin a tím nepříznivě ovlivňuje biodiver-

zitu a případnou lesnickou rekultivaci. Přítomnost sádrovce v půdě je nežádoucí.

Obsah síry:

- Výskyt síry na rekultivovaných stanovištích je možný pouze na lokalitách s půdami z vrstev uhelných slojí. Vyskytuje se na podobných povrchích jako sulfidy železa.
- Doporučen vstupní monitoring.
- ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.
- Výskyt síry nepříznivě ovlivňuje pH a způsobuje kontaminaci půdy. Její přítomnost v půdě je nežádoucí.

Tab 2: Makroskopický geologický popis odebraných vzorků (2024).

Č. vzorku (pozemku)	Lokalita	Makroskopický geologický popis
1 (pozemek 1)	Radovesice XVIIA (stará sukcese)	Jíl hnědý, prachovitý, s četnými kořínky rostlin.
2 (pozemek 2)	Radovesice XVIIIB (mladší sukcese)	Jíl hnědý, prachovitý, s četnými kořínky rostlin.
3 (pozemek 3)	Radovesice I (stará rekultivace, aplikace slínů)	Jíl hnědý, slabě prachovitý, se zlomky slínu a s četnými kořínky rostlin.
4 (pozemek 4)	Radovesice VI (nová rekultivace, aplikace slínů)	Jíl hnědý, slabě prachovitý, se zlomky slínu a s četnými kořínky rostlin.
5 (pozemek 5)	Střimice I (stará sukcese, fytotoxická plocha)	Jíl šedý, písčitý, se zlomky sideritu a uhelné hmoty.
6 (pozemek 6)	Střimice I (stará sukcese, fytotoxická plocha)	Jíl šedý, písčitý, se zlomky sideritu a velmi četnými zlomky uhelné hmoty.
7 (pozemek 7)	Střimice II (stará rekultivace, aplikace bentonitů)	Jíl hnědý, plastický, s příměsí bentonitu, s četnými kořínky rostlin.
8 (pozemek 8)	Svahy lomu ČSA (extrémně fytotoxická plocha bez rekultivace)	Jíl šedočerný, prachovitý, s četnými zlomky uhelné hmoty, s příměsí kaolinitu.
9 (pozemek 9)	Vnitřní výsypka lomu Libouš (technická rekultivace, salinizace)	Jíl hnědý, slabě plastický, s četnými kořínky rostlin. Ojedinele bělavé povlaky sádrovce.

Tab. 3: Zrnitostní složení a půdní reakce (2024).

Číslo vzorku	Obsah zrnitostní frakce < 0,01 mm (%)	pH _{H2O}
1	38	6,8
2	42	6,7
3	49	7,1
4	55	7,3
5	23	4,4
6	18	3,9
7	52	7,2
8	19	3,5
9	48	7,6

Tab. 4: Obsah škodlivin (2024).

Číslo vzorku	S (%)	Uhelná hmota (%)	Výskyt sádrovce	Výskyt sulfidů Fe
1	0,05	2,2	NE	NE
2	0,06	2,1	NE	NE
3	0	1,5	NE	NE
4	0	2,1	NE	NE
5	3,8	4,8	NE	ANO
6	4,9	5,9	NE	ANO
7	0,04	2,1	NE	NE
8	6,8	7,7	NE	ANO
9	0	2,2	ANO	NE

Tab. 5: Obsah vybraných rizikových stopových prvků (2024).

Číslo vzorku	Obsah ve vzorku [mg.kg ⁻¹]											
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	V	Zn	Hg
1	12,3	1,23	0,18	15,9	35,2	31,7	0,24	30,9	26,6	77,9	88,7	0,087
2	16,3	1,17	0,32	18,6	38,4	21,8	0,36	27,5	31,8	81,7	94,7	0,165
3	11,6	1,15	0,21	21,8	42,6	32,7	0,28	40,4	39,6	76,3	88,4	0,180
4	15,4	1,35	0,27	24,2	50,7	35,2	0,44	36,8	40,1	90,6	96,2	0,115
5	21,1	1,04	0,21	15,6	44,6	28,9	0,54	36,2	50,7	112,5	101,3	0,130
6	35,1	1,24	0,23	15,6	48,2	36,8	0,43	35,6	42,8	94,1	90,2	0,067
7	18,2	1,15	0,23	31,7	88,9	55,2	0,31	52,3	39,2	101,6	116,3	0,124
8	64,5	1,28	0,65	25,3	73,2	46,8	0,31	38,5	47,1	98,7	113,2	0,165
9	14,3	0,81	0,19	21,1	42,5	41,7	0,33	39,3	47,6	91,9	87,8	0,05
Obecné půdy*	20	2,0	0,5	30	90	60	---	50	60	130	120	0,3

* limitní hodnoty podle vyhlášky č. 153/2016 Sb., CZ

Monitoring biologického pokryvu a biodiverzity pomocí dronů:

- Bude realizován v celém území případové studie, jeho cílem je zhodnotit vývoj biologického pokryvu a biodiverzity na sukcesních plochách [2,3].
- Doporučen vstupní a dlouhodobý monitoring.
- Satelitní monitoring území případových studií zatím není v podmínkách ČR reálný.

Návrh monitoringu dalších parametrů ve spolupráci s partnery:

- Zjišťování dalších (bio)indikátorů nebo parametrů půdy (podle metodiky a s pomocí partnerů projektu) se předpokládá na každém pokusném pozemku 2x. V pozdním jaru po aplikaci rekultivačních opatření (s plánem na zahájení vegetační sezóny v roce 2025) a v pozdním jaru v roce 2026. Pro měření udržitelnosti

rozvinutých ekosystémů budou sledovány následující rozsáhlé indikátory:

- normalizovaný diferenční index vegetace,
- normalizovaný diferenční index vlhkosti,
- teplota povrchu země.

4.3 | VSTUPNÍ HODNOTY PŮDNÍCH PARAMETRŮ PRO POKUSNÉ POZEMKY

V roce 2024 bylo v případové oblasti Mostecké pánve vybráno 9 pokusných pozemků, v nich provedeno s aplikací navržené metodiky vzorkování a analýzy odebraných vzorků. Tak byly získány požadované vstupní parametry.

Použití některých analýz jde nad rámec doporučené metodiky (viz tabulky 5 a 7). Byly zařazeny pro tento vstupní monitoring z hlediska komplexnosti a možnosti využití i pro rekultivační praxi.

Tab. 6: Biodiverzita a zastoupení biologického pokryvu (sukcesní plocha Radovesice XVII – oblast pokusného pozemku 1).

Sukcesní plocha	Radovesice XXVIIA	Situace v 8/2024
<i>Acer platanoides</i> - r	<i>Betula pendula</i> – 2	<i>Betula pendula</i> - 2
<i>Astragalus glycyphyllos</i> - 1	<i>Salix caprea</i> - 2	<i>Populus canadensis</i> - 2
<i>Betula pendula</i> – 1		<i>Salix caprea</i> - 2
<i>Calamagrostis epigejos</i> - 2		
<i>Carpinus avium</i> ef. - +		
<i>Crataegus</i> sp.- +		
<i>Daucus carota</i> - +		
<i>Epilobium angustifolia</i> eg. - r		
<i>Epilobium</i> sp.- +		
<i>Festuca rubra</i> agg. - 1		
<i>Fradaria vesca</i> - +		
<i>Geum urganum</i> - +		
<i>Hieracium</i> - +		
<i>Chaerophyllum temulum</i> - r		
<i>Lotus corniculatus</i> - +	Plocha 3 - sukcese Pokryvnost E1 – 98% Pokryvnost E2 – 42% Pokryvnost E3 – 35%	
<i>Phragmites australis</i> - 1		
<i>Picia abies</i> - +		
<i>Pinus silvestris</i> – r		
<i>Prunus avium</i> ef. - r		
<i>Pyrola minor</i> – 1		
<i>Quercus petraea</i> - +		
<i>Rosa canina</i> - r		
<i>Rubus fruticosus</i> agg. - +		
<i>Sorbus aucuparia</i> - r		
<i>Taraxacum</i> sect. <i>ruderalia</i> - 1		
<i>Trifolium repens</i> - +		
<i>Tussilago farfara</i> - 1		
<i>Veronica officialis</i> - r		
<i>Vicia hirsuta</i> - r		

E1 – bylinné patro, E2 – keřové patro, E3 – stromové patro

5 | ZÁVĚR

V roce 2024 byl v rámci řešení projektu REECOL dokončen výzkumný balíček WP3, který VUHU vedl. Současně s tím bylo zahájeno řešení výzkumného balíčku WP5, který je zaměřen na krátkodobý a dlouhodobý monitoring případových oblastí v jednotlivých zemích projektu.

V jeho rámci se VUHU zaměří především na dlouhodobý monitoring ploch ponechaných přirozené sukcesi. V roce 2024 bylo v souladu s projektem vybráno v případové oblasti 9 pokusných pozemků

na plochách s různou rekultivační historií a různými parametry zemin. Na nich proběhlo podle navržené metodiky vzorkování a laboratorní analýzy odebraných vzorků. Tak byl získán soubor vstupních pedologických parametrů zemin pokusných pozemků.

Výsledky potvrzují dostatečnou diverzitu vybraných pokusných pozemků, která umožní testování ekologických rekultivačních metod vyvinutých účastníky projektu v různých podmínkách i další výzkum vývoje biologického pokryvu a biodiverzity ploch ponechaných přirozené sukcesi.

Tab. 7: Vybrané půdní parametry zemin pokusných pozemků (2024).

Číslo vzorku	N _c (%)	C _{ox} (%)	CaCO ₃ (%)	pH H ₂ O	Přijatelné živiny [mg.kg ⁻¹]			Sorpční kapacita		
					P	K	Mg	S mmol/100 g	T	V (%)
1	0,08	2,2	0,5	6,8	9	223	812	16	16	100
2	0,06	2,1	0,6	6,7	11	213	795	15	15	100
3	0,09	1,5	4,8	7,1	8	234	810	14	14	100
4	0,09	2,1	5,1	7,3	12	218	835	16	16	100
5	0	4,8	0,3	4,4	2	98	201	4	20	25
6	0	5,9	0,2	3,9	0	75	111	3	24	12,5
7	0,06	2,1	3,1	7,2	14	245	894	19	19	100
8	0	7,7	0,1	3,5	0	35	94	-	-	-
9	0,08	2,2	0,9	7,6	12	235	801	17	17	100

Pozn.: Bohužel touto metodikou prakticky nelze odlišit uhelnou hmotu a oxidovatelný uhlík C_{ox}.

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl publikován s podporou výzkumného projektu programu EU - „Ecological rehabilitation and long term monitoring of post mining areas“, č. projektu 101112657 – REECOL-RFCS-2022.

LITERATURA

[1] HENDRYCHOVÁ, M.: Reclamation success in post mining landscapes in the Czech Republic: a review of pedological and biological studies. Journal of Landscape Studies 1:63-78, 2008.

[2] HODAČOVÁ, D. ET PRACH, K.: Spoil heaps from brown coal mining: technical reclamation versus spontaneous revegetation. Restoration Ecology 11: 385-391, 2003.

[3] PRACH, K., PYŠEK, P. ET BASTL, M.: Spontaneous vegetation succession in human-disturbed habitats: a pattern across series. Appl. Veg. Sci. 4 (2001) 83-88, 2008.

[4] ŘEHOŘ, M., HENDRYCHOVÁ, M. ET ŠÁLEK, M.: The methodology of the Střimice dump reclamation. SGEM Proceedings, p. 205-212, Albena, Bulgaria, 2010, ISBN 10:954-91818-1-2.

[5] 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.

[6] ŘEHOŘ, M., SCHMIDT, P.: Výběr optimálních případových oblastí Mostecké pánve pro řešení rekultivační problematiky evropského projektu REECOL. Zpravodaj Hnědé uhlí, 3/2024, s. 35-44, VUHU a.s., Most, ISSN 1213-1660.

[7] ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ č. 1078: Interní metodické předpisy ZL. VUHU Most, IMP zkušební laboratoře.