

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



Diplomová práce

Efekt biouhlu na ujímání a růst vinné révy

Autor: Bc. Mikuláš Čapla

Vedoucí práce: Ing. Markéta Hendrychová, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Mikuláš Čapla

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Efekt biouhlu na ujímání a růst vinné révy

Název anglicky

The effect of biochar on growth of grapevine

Cíle práce

Čepirožská výsypka je externí výsypkou hnědouhelného lomu Šmeral nacházející se v Severočeské hnědouhelné pánvi v těsné blízkosti obytné části města Most. V rámci rekultivace byla na jižně orientovaném svahu výsypky založena vinice, která se však od svého vzniku potýká s problémy, jako lokálními sesuvy půdy a hydrodynamickou nestabilitou. K nadměrnému úhynu mladých rostlin dochází zejména v nejvýhodnější části vinice – Marianě. České vinařství Chrámce, hospodařící na čepirožské vinici se rozhodlo ve spolupráci s FŽP provést experimentální výsadbu s aplikací biocharu v naději na zlepšení ujímání sazenic v nejkritičtějším období těsně po výsadbě. Aplikací směsi biocharu s kompostem by mělo dojít ke zvýšení retenčních schopností půdy a snížení nepříznivých dopadů epizod sucha v rámci této rekultivované výsypky s nízkou retenční schopností. Cílem práce bude porovnat ujímavost/mortalitu sazenic a nárůst biomasy sazenic v jamkách s kompostem obohaceným o biochar s pěstebními výsledky konvenční výsadby, za použití běžného kompostu.

Metodika

Opatření bude prováděno na výsypkové viniční trati Mariana v ploše cca 2,3 ha, kde během dubna 2020 dojde k dosadbě 500 ks sazenic. Pro účely výzkumu bude použit biochar prosetý do dvou frakcí (jemná frakce pod 4 mm a hrubší nad 4 mm). Biochar bude vyroben z dřevní štěpky, vykazující vysokou retenční schopnost a před aplikací se bude mísit v optimalizovaném poměru 1:10 s kompostem. Tato směs bude po minimálně měsíčním spolupůsobení aplikována (cca po 8 kg) do vyhloubených jamek pro jednotlivé sazenice révy vinné.

Kvůli technologii výsadby se budou jednotlivé typy půdních substrátů střídat v řádcích, bude zaznamenána pozice dosazovaných sazenic. Každé sazenici pak bude přidělen štítek s unikátním číselným kódem. Po výsadbě a dále dle potřeby bude provedena zálivka všech sazenic. U osmi sazenic (4 s biouhlem a 4 bez biouhlu) bude umístěno čidlo pro kontinuální měření půdní vlhkosti. Do středu studijního území s dosadbami bude instalována taktéž meteorologická stanice.

Stav sazenic bude pravidelně monitorován v třítydenních intervalech a v září 2020 bude kvantifikován nárůst biomasy.

Ujímavost/mortalita sazenic a nárůst biomasy sazenic v jamkách s kompostem obohaceným o biouhel budou porovnány s pěstebními výsledky konvenční výsadby za použití příslušných statistických metod.



Doporučený rozsah práce

40-60

Klíčová slova

Biouhel, vinná réva, vinice, výsypka, Most, Čepirohy, půdní vlhkost

Doporučené zdroje informací

- Ameloot, N., Graber, E. R., Verheijen, F. G., & De Neve, S. (2013). Interactions between biochar stability and soil organisms: review and research needs. *European Journal of Soil Science*, 64(4), 379-390.
- Genesio, L., Miglietta, F., Baronti, S., & Vaccari, F. P. (2015). Biochar increases vineyard productivity without affecting grape quality: Results from a four years field experiment in Tuscany. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 201, 20-25.
- Głąb, T., Palmowska, J., Zaleski, T., & Gondek, K. (2016). Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. *Geoderma*, 281, 11-20.
- Jačka, L., Trakal, L., Ouředníček, P., Pohořelý, M., & Šípek, V. (2018). Biochar presence in soil significantly decreased saturated hydraulic conductivity due to swelling. *Soil and Tillage Research*, 184, 181-185.
- Peltz, C., Nydick, K., Fitzgerald, G., & Zillich, C. (2010, October). Biochar for Soil Remediation on Abandoned Mine Lands. In *Geological Society of America Abstracts with Programs* (Vol. 42, No. 5, p. 85).
- Razzaghi, F., Obour, P. B., & Arthur, E. (2020). Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. *Geoderma*, 361, 114055.
- Schmidt, H. P., Kammann, C., Niggli, C., Evangelou, M. W., Mackie, K. A., & Abiven, S. (2014). Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: Influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 191, 117-123.
- Sun, F., & Lu, S. (2014). Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore-space properties of clayey soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(1), 26-33.
- Wilson, A. M. (2016). Effects of Biochar, Fertilizer and Shelter Treatments on the Vegetation Development Following Coal Mine Reclamation.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Markéta Hendrychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Konzultant

doc. Lukáš Trakal

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Efekt biouhlu na ujímání a růst vinné révy“ vypracoval samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 28.3.2021

Poděkování

Chtěl bych poděkovat své vedoucí Ing. Markétě Hendrychové, Ph.D. za odborné rady a vstřícný přístup během psaní této diplomové práce.

Efekt biouhle na ujímání a růst vinné révy

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je posoudit vliv biouhlu na dostupnost živin, chemické složení půd a potenciál půdní vody v porovnání s konvenčním způsobem výsadby. Experiment probíhal na výsypkové vinici Mariana nacházející se v Severočeské hnědouhelné pánvi v Mostě – Čepirozích. Výsypka se od svého založení potýká s nestabilitou, panují zde nepříznivé hydrodynamické podmínky, což se promítá ve zhoršené ujímavosti mladých sazenic. Začátkem dubna roku 2020 zde byla realizována experimentální dosadba 498 ks sazenic révy vinné. Do poloviny jamek byla přidána směs biouhlu a kompostu (B1), zatímco do druhé poloviny byl umístěn pouze kompost (B0). K osmi vybraným sazenicím byly (vždy v páru B1/B0) instalovány autonomní telemetrické stanice pro kontinuální měření potenciálu půdní vody. Vlivem nízkých jarních teplot došlo k pomrznutí většiny sazenic, nebylo tak možné zkoumat vliv jednotlivých substrátů přímo na rostliny (což mělo být jedním z původních cílů). Během výsadby došlo k odběru vzorků původní viniční půdy a společně s oběma substráty byl realizován laboratorní rozbor metodou Mehlich 3. U původní viniční půdy došlo k zjištění nízké koncentrace přijatelného fosforu a síry, u ostatních živin byla tato koncentrace dostatečná. Z hlediska koncentrace přijatelných živin byl kompost nepatrně bohatší než směs biouhel/kompost. Dopad na retenci vody byl prokázán vyhodnocením dat potenciálu půdní vody pomocí párového *t*-testu. Jamky obohacené o biouhel vykazovaly lepší hodnoty. Výraznější rozdíly se začaly projevovat až během druhé poloviny léta. Přesto z konečných výsledků zřetelně vyplývá, že biouhel má na půdní vlhkost pozitivní vliv.

Klíčová slova: Biouhel, vinná réva, vinice, výsypka, Most, Čepirohy, půdní vlhkost

The effect of biochar on growth of grapevine

Abstract

The aim of this Master's thesis is to assess the impact of biochar on nutrient availability, soil chemical composition and soil water potential in comparison with the conventional planting methods. The experiment took place in the Mariana spoil tip vineyard located in the North Bohemian Basin in Most - Čepirohy. The spoil tip has been facing instability since its foundation. As there are unfavourable hydrodynamic conditions, the young plants are struggling with rooting. At the beginning of April 2020, an experimental planting of 498 young vine plants was carried out here. The first half of the young plants was planted with a mixture of biochar and compost (B1), while the second half was planted only with compost (B0). For eight selected plants, autonomous telemetry stations for continuous measurement of soil water potential were installed (always in pairs B1/B0). Due to the low spring temperatures, most of the young plants has suffered frost damage. Therefore it was not possible to study the effect of the individual substrates directly on the plants (which should have been one of the original goals). When planting, there were taken several samples of the original vineyard soil. Furthermore, a laboratory analysis, together with the other two substrates, was performed by the Mehlich 3 method. In terms of the available nutrients concentration, compost was found as slightly richer than a biochar/compost mixture. Moreover, the assumption of water retention was proved to be right by evaluating the soil water potential data using a paired *t*-test. The biochar enriched substrate showed better results. Significant differences started to occur in the second half of the summer. The results clearly show that biochar has a positive effect on soil moisture.

Keywords: Biochar, grapevine, vineyard, spoil tip, Most, Čepirohy, soil moisture

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíle práce	2
3 Metodika	2
3.1 Lokalizace studijního území	2
3.2 Popis přírodních charakteristik	3
3.2.1 Geologie a geomorfologie	3
3.2.2 Pedologie	4
3.2.3 Klimatické podmínky	4
3.2.4 Hydrologie	5
3.2.5 Flora	6
3.2.6 Fauna.....	7
3.2.7 Ochrana přírody	7
3.3 Sběr dat.....	8
3.4 Laboratorní rozbor půd	10
3.5 Vyhodnocení dat	11
3.5.1 Párový <i>t</i> -test	11
4 Literární rešerše	13
4.1 Historie těžby na Mostecku.....	13
4.2 Vliv těžby na krajinu	15
4.2.1 Výsypky	17
4.3 Rekultivace.....	19
4.3.1 Historie rekultivace na Mostecku	20
4.3.2 Fáze rekultivačního procesu	21
4.3.3 Způsoby rekultivace.....	24
4.3.4 Přírodě blízká obnova	29
4.4 Legislativa a financování	31
4.5 Výroba a vlastnosti biouhlu	34
4.5.1 Pyrolýza	36
4.5.2 Technologie výroby biouhlu.....	37
4.5.3 Využití biouhlu	38
4.6 Pěstování vinné révy	39
5 Výsledky	43
5.1 Zdravotní stav sazenic.....	43
5.2 Chemické vlastnosti půdy	45
5.3 Potenciál půdní vody.....	47

6 Diskuse	51
6.1 Úhyn sazenic	51
6.2 Půdní chemismus.....	52
6.3 Půdní voda.....	56
7 Závěr	59
8 Reference	61
9 Přílohy	71

Seznam obrázků

Obrázek 1: <i>Poloha zájmové území, podklad: základní mapa ČR (ČUZK), vlastní zpracování</i>	3
Obrázek 2: <i>Studijní plocha, autor: Ing. Markéta Hendrychová Ph.D.</i>	8
Obrázek 3: <i>Autonomní telemetrická sonda Agronode na vinici, autor: Mikuláš Čapla</i>	10
Obrázek 4: <i>Přesunutý chrám Nanebevzetí Panny Marie v Mostě, autor: Mikuláš Čapla</i> ...17	
Obrázek 5: <i>Vpravo Čepirožská výsypka před rekultivací (1972), vlevo po rekultivaci (2008), zdroj: Štýs, 2013</i>	18
Obrázek 6: <i>Technologie zemědělských rekultivací, zdroj: Kryl et al., 2002</i>	25
Obrázek 7: <i>Technologie lesnických rekultivací, zdroj: Kryl et al., 2002</i>	28
Obrázek 8: <i>Dřevěná štěpka a biouhel, zdroj: Brackmort, 2010</i>	35
Obrázek 9: <i>Schéma pyrolyzéry společnosti PYREG, zdroj: Hydrosystémy, 2021</i>	38
Obrázek 10: <i>Réva vinná – růstová stádia, zdroj: Kraus et al., 2005</i>	42

Seznam grafů

Graf 1: <i>Celkový vývoj těžby uhlí v SHP (1860-2019), zdroj: Valášek, Chytka, 2009; MPO, 2021</i>	14
Graf 2: <i>Celkový vývoj počtu hlubinných dolů v SHP (1913-2005), zdroj: Valášek, Chytka, 2009</i>	15
Graf 3: <i>Stav sazenic při první kontrole na vinici (13.7.2020)</i>	43
Graf 4: <i>Stav sazenic při druhé kontrole na vinici (5.8.2020)</i>	44
Graf 5: <i>Teplota vzduchu na vinici během dubna 2020 (Vlastní zpracování)</i>	44
Graf 6: <i>Teplota a srážky na vinici během vegetační sezony 2020</i>	47
Graf 7: <i>Efekt závlahy na potenciál půdní vody</i>	48
Graf 8: <i>Potenciál půdní vody v jamkách s biouhlem oproti kontrolním jamkám (kompost)</i> 49	
Graf 9: <i>Variabilita potenciálu půdní vody měřená v jamkách s biouhlem (B_1 – B_4) a u kontrolních sazenic (C_1 - C_4)</i>	49
Graf 10: <i>Potenciál půdní vody na vinici během nejteplejších měsíců v roce</i>	50

Seznam tabulek

Tabulka 1: <i>Vývoj stavu sazenic během letních kontrol na vinici</i>	43
Tabulka 2: <i>Obsah N, C, H a S v půdních vzorcích</i>	45
Tabulka 3: <i>Půdní reakce a vodivost půdní vody</i>	46
Tabulka 4: <i>Koncentrace dostupných živin (Mehlich III, mg/kg)</i>	47

Seznam příloh

Příloha 1: <i>Mapové zobrazení stavu sazenic na vinici po výsadbě (duben, 2020)</i>	71
Příloha 2: <i>Mapové zobrazení stavu sazenic na vinici po první kontrole (červenec, 2020)</i> ..	72
Příloha 3: <i>Mapové zobrazení stavu sazenic na vinici po druhé kontrole (srpen, 2020)</i>	73
Příloha 4: <i>Dosadba na čepirožské výsypce (Duben, 2020), autor: Mikuláš Čapla</i>	74
Příloha 5: <i>Směs biouhlu a kompostu ořípavená k aplikaci do půdy, autor: Mikuláš Čapla</i>	74
Příloha 6: <i>Odběr vzorků půdy z vinice, autor: Ing. Markéta Hendrychová Ph.D.</i>	75
Příloha 7: <i>Připravené vzorky půdy, autor: Mikuláš Čapla</i>	75
Příloha 8: <i>Původní viniční půda (vlevo) a směs biouhel/kompost (vpravo), autor: Mikuláš Čapla</i>	76
Příloha 9: <i>Závlaha sazenic, autor: Mikuláš Čapla</i>	76
Příloha 10: <i>Pohled na vinici zdola – první kontrola (13.7.2020), autor: Mikuláš Čapla</i>	77
Příloha 11: <i>Zdravá přeživší sazenice (13.7.2020), autor: Mikuláš Čapla</i>	77
Příloha 12: <i>Mrtvá sazenice (13.7.2020), autor: Mikuláš Čapla</i>	78
Příloha 13: <i>Pohled na vinici zdola – první kontrola (5.8.2020), autor: Mikuláš Čapla</i>	78
Příloha 14: <i>Zdravá přeživší sazenice (5.8.2020), autor: Mikuláš Čapla</i>	79
Příloha 15: <i>Mrtvá sazenice (5.8.2020), autor: Mikuláš Čapla</i>	79

Seznam použitých zkratk

ČR – Česká republika

ČZU – Česká zemědělská univerzita

IBI – International Biochar Initiative

SHP – Severočeská hnědouhelná pánev

ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

ZPF – Zemědělský půdní fond

1 Úvod

Povrchová těžba hnědého uhlí se do krajiny výrazně promítá mnoha negativními způsoby. Vlivem přemísťování velkého množství zemin v rámci odkrytí nerostných surovin je zásadně měněn geomorfologický ráz krajiny. Nově vzniklé útvary – hnědouhelné výsypky jsou v České republice plošně nejrozšířenějším typem území v oblastech, kde došlo k ukončení těžby. Stěžejními cíli rekultivační činnosti jsou obnova životaschopnosti, návrat ekologické stability a kvalitní zapojení těchto ploch zpět do funkční krajiny. Rekultivace se zásadně podílí na krajinotvorbě a velkého významu nabývá zejména v oblasti Podkrušnohoří, kde je povrchovou těžbou poznamenána podstatná část území. Způsob, jakým jsou výsypky rekultivovány a využívány má velký vliv na podobu nově vznikající krajiny. Jakožto prvky umělé se však mohou potýkat s řadou komplikací, jež mohou být zásadní pro jejich další vývoj. Panují zde často extrémní podmínky, jako sucho, vysoké výkyvy teplot, nedostatek živin či problémy hydrogeologického rázu. Tyto jevy mohou mít silně negativní dopad zejména u zemědělského způsobu rekultivace. V ohrožení se ocitají především mladé rostliny náročné na podmínky. Takovéto extrémní výkyvy pro ně mohou být fatální. Podobně je tomu také v Mostě – Čepirozích, kde v 60. letech 20. století vznikla externí výsypka hnědouhelného lomu Šmeral. Vhodné klimatické podmínky a bohatá vinařská tradice Mostecka byly dobrým prekurzorem pro vznik nové vinice. Od svého založení se však výsypka potýká s nestabilitou, v její západní části panují nepříznivé hydrodynamické podmínky, což se promítá ve zhoršené ujímavosti mladých sazenic. Potenciální pomoc pro vinici představuje biouhel – pevný materiál, získaný termochemickou přeměnou organického materiálu za omezeného přístupu kyslíku a relativně nízké teploty. Jedná se o obdobu dřevěného uhlí, ale vyrobeného ze zbytkové a odpadní biomasy. I když je biouhel jedním z nejstarších základních materiálů používaných lidskou civilizací a jeho výroba je historicky datována v řádech tisíců let před naším letopočtem, řada jeho vlastností je doceňována právě v dnešní době. Pro množství kladných fyzikálních a chemických parametrů je považován za přínosný prostředek v řešení mnoha (nejen) environmentálních otázek. Zejména schopnost vázat vodu a důležité živiny se jeví jako klíčová při pokusu o vyřešení problémů souvisejících s nepříznivými půdními podmínkami na čepirožské vinici.

2 Cíle práce

Tato diplomová práce měla za cíl posoudit vliv biouhlu na dostupnost živin, chemické složení půd a potenciál půdní vody v porovnání s konvenčním způsobem výsadby v lokalitě čepirožské výsypky, a to za období vegetační sezóny roku 2020.

3 Metodika

3.1 Lokalizace studijního území

Čepirožská výsypka se nachází v Ústeckém kraji při jihozápadním okraji obydleného území statutárního města Most. Jedná se o externí výsypku hnědouhelného lomu Šmeral nesoucí název po původní historické obci Čepirohy, která na konci 60. let 20. stol. musela ustoupit těžbě hnědého uhlí (EC Most, 2021).

Réva vinná se od 80. let minulého století stala novou rekultivační plodinou vzhledem ke své relativní nenáročnosti na půdní podmínky a svojí schopností kořenit do hloubky několika metrů. Na upravenou výsypku byla navezena ornice ve výši 30 – 50 cm. Sazenice révy vinné (vysazované ve sponu 1 x 3 m po spádnici) se dobře ujaly a přinesly své první plody (České vinařství Chrámce, 2021). Nevýhodou výsypky je však její nestabilita. Již od roku 1983 byly pozorovány sesuvné pohyby lokálního charakteru (Žižka et Fultner, 2003).

Jednotlivé vinice byly pojmenovány jako Barbora, Libuše a Mariana. Vinice Mariana byla vysazena v roce 1981 na ploše 10 ha. Po třiceti letech pěstování révy vinné bylo rozhodnuto o její obnově. Na přelomu let 2012-2013 byla vinice Mariana vyklučena, půda byla zrigolována (do hloubky 80 cm), upravena a na jaře 2014 zde byly vysazeny nové sazenice odrůd Tramín a Müller Thurgau. Meziřádky zůstávají trvale zatravněny a sazenice jsou chráněny před okusem zvěře plastovými chrániči. Bohužel, horké léto v roce 2015 způsobilo úhyn 80 % keřů a vinice byla v letech 2016-2017 opětovně dosazována. Ani nová dosadba však přes veškerou péči a snahu nebyla úspěšná. Na rozdíl od starších sazenic byla pro mladé sazenice s nevyvinutým kořenovým systémem voda nedostupná a mladé sazenice postupně téměř všechny uhynuly (České vinařství Chrámce, 2021).



Obrázek 1: Poloha zájmové území, podklad: základní mapa ČR (ČUZK), vlastní zpracování

3.2 Popis přírodních charakteristik

3.2.1 Geologie a geomorfologie

Ústecký kraj leží v severozápadní části České republiky v provincii Česká vysočina. Patří do Krušnohorské subprovincie a zahrnuje v sobě plošně nejrozsáhlejší krajinnou oblast nazývanou Východní Krušnohoří. K této východní části pohoří mimo jiné náleží i Mostecká pánev, kde se zájmová lokalita nachází (dříve Severočeská hnědouhelná pánev) (Kunc, 2002). Tento geomorfologický celek je nejvýchodnější ze tří krušnohorských pánví. Na severu sousedí s Krušnými horami, na severovýchodě s Děčínskou vrchovinou, na východě s Českým středohořím, na jihovýchodě s Dolnooharskou tabulí, na jihu s Rakovnickou pahorkatinou a na západě s Doupovskými horami. Střední výška oblasti činí 272,1 m n.m., nejvyšší bod má 460 m n.m. (Geomorfologie Československa, 2020).

Mostecká hnědouhelná pánev se rozkládá od Kadaně až po Ústí nad Labem. Jedná se o území o rozloze 1 420 km², z nichž 850 km² je uhlonosných. Je dlouhá 80 km a šířka dosahuje 2,5–16 km. Je zde vyvinuta 10–50 m mocná hnědouhelná sloj miocenního stáří, která se směrem na západ štěpí. Z geomorfologického hlediska se jedná o vesměs nevýraznou pahorkatinu s mírnou dynamikou reliéfu. Jako pahorkatina na nezpevněných a polygenetických kvartérních sedimentech je typickým představitelem akumulárního až erozně akumulárního reliéfu. V současné době je však zdejší krajina významně ovlivněna povrchovou těžbou. Vznikly zde novotvary v podobě vnějších výsypek s převýšením až

100 m a lomy s hloubkou přes 200 m. Projevy dynamiky reliéfu se zde uplatňují významnou erozní aktivitou a svahovými sesuvy na výsypkách před rekultivací (Štýs, 2014).

Podloží Mostecké pánve je tvořeno přeměněnými horninami krystalinika, především ortorulami. Na krystaliniku leží souvrství jílových a písčitých terciérních sedimentů, společně vytvářejících podloží uhelné sloje. Nad tímto podložím se nachází mocné vrstvy hnědého uhlí (Kloš, 2009). Petrografický charakter tohoto souvrství terciérních sedimentů má z rekultivačního hlediska velkou váhu. Po vytěžení a uložení na výsypky se stávají geologickým fundamentem vytěženého území, novým hydrogeologickým i půdotvorným prostředím (Štýs, 2014). Vznik hnědého uhlí je taktéž datován k období třetihor, kdy byla daná oblast proláklinou vyplněnou močály, v jejichž útrobach tlející biomasa se bez přístupu vzduchu za čas proměnila v mocná hnědouhelná ložiska. Rozloha geologických ložisek měla velký vliv na členění pánve a její pozdější využití (Kloš, 2009).

3.2.2 Pedologie

Oblast Mostecká je tvořena především hnědozeměmi, kambizeměmi a illimerizovanou půdou. Hnědozemě se zde nachází na svažitéch terénech s obsahem humusu kolem 2 %. Nachází se zde také černozemě s obsahem humusu kolem 3 % a převahou huminových kyselin. Nejrozšířenějším substrátem jsou zde však sprašové hlíny. Jejich mocnost rychle klesá vlivem biotických a abiotických činitelů. Kromě sprašových hlín jsou zde dále tufy a tufity, eluviální zvětraliny a písčité šterky (Kloš, 2009). Sprašové a svahové hlíny jsou velmi dobrým půdotvorným substrátem. Výjimku tvoří kamenité vrstvy, vzniklé v zóně krušnohorského úpatí v podobě dejekčních kuželů a svahových sutí. Vývoj půd je determinován matečnými horninami a klimatem, v případě mostecké oblasti také rekultivacemi. Půdy mostecké pánve jsou úrodné, mocnost vrchních humózních horizontů se pohybuje v rozmezí 20-40 cm (Štýs, 2014). Před těžbou byla nejúrodnější vrstva ornice ukládána na určené místo a poté navezena jako nejsvrchnější vrstva nové výsypky. Díky správnému navršení a dobrým půdním vlastnostem umožňují mostecké výsypky pěstování ovocných sadů a vinné révy (Demek et Mackovčín, 2006).

3.2.3 Klimatické podmínky

Klimatické poměry jsou zpravidla nejvíce ovlivňovány teplotou a srážkami (Štýs, 2014). Mostecko náleží ke střeoevropskému klimatu, které se značně mění vlivem převládajících vlivů přímořského či kontinentálního podnebí. Charakter klimatických podmínek je tedy

přechodový a nestálý (Kloš,2009). Mostecko spadá do klimatické oblasti T2 s typickým dlouhým, suchým a teplým létem a krátkou, mírně teplou až velmi suchou zimou. Mezoklima oblasti může být částečně ovlivněno antropogenní přeměnou reliéfu. Z hlediska dlouhodobých průměrů jsou hodnoty teploty vzduchu na Mostecku spíše nadprůměrné (Quitt, 1971). Průměrná roční teplota vzduchu zde kolísá mezi 8–9 °C (Štýs, 2014). Dlouhodobé srážkové úhrny jsou v porovnání se zbytkem ČR podprůměrné. Území jihozápadně od Mostu patří díky srážkovému stínu Krušných hor k nejsušším oblastem v ČR. Průměrný roční úhrn srážek v Mostecké pánvi kolísá v rozmezí 450–600 mm. Z hlediska vzdušného proudění převažují větry západního kvadrantu (SZ až JZ) (Štýs, 2014). Průměrná roční rychlost větru se pohybuje v rozmezí 1,5–3,5 m/s (Kloš, 2009).

3.2.4 Hydrologie

Přírodní podmínky v Mostecké pánvi jsou značně ovlivňovány hydrologickou situací. Oblast je dominantně zásobována srážkovou vodou z Krušných hor, částečně z Doupovských hor a Českého středohoří. Je odvodňována řekami Ohří a Bílinou, které jsou obě levostrannými přítoky Labe. Hydrologická situace je zde silně ovlivňována potřebou odvodňovat dobývací prostory, což má za následek nucené přemístování vodotečí, likvidaci a výstavbu nových retenčních a akumulčních nádrží (Štýs, 2014). Velké přirozené akumulované nádrže stojatých vod se v území pod Krušnými horami vůbec nevyskytují (Bejček, 2003).

Báňská činnost pozměnila celou hydrologickou síť. Největší dopady jsou znát na řece Bílině, která je v části svého toku vedena uměle vybudovaným korytem. Při počátku těžby v oblasti lomu Most-Ležáky musela být provedena realizace její přeložky a část jejího toku o délce 3 km protéká potrubím. V důsledku změny směru se Bílina začlenila do veřejně prospěšných sítí mosteckého koridoru. Odvádí srážkové, odpadní a důlní vody, je také zdrojem vody užitkové. Pitnou vodu město Most čerpá z krušnohorské přehrady Fláje. V okolí Mostu se nachází uměle vybudované vodní nádrže, sloužící především k rekreačnímu využití – Matylida a Benedikt (Kloš, 2009).

I když se za poslední desítky let čistota toků v celém území výrazně zlepšila, voda řeky Bíliny stále patří mezi nejvíce znečištěné v ČR, což se negativně projevuje v oblasti hydrologických rekultivací, kdy se přistupuje k dotacím čisté vody z povodí Ohře (Štýs, 2014). V září roku 2020 bylo veřejnosti zpřístupněno rekultivační jezero Most (PKÚ, 2021).

3.2.5 Flora

Vývojově nejvyšším subsystémem přírodní krajiny posuzované oblasti je rostlinstvo a živočišstvo – poměry biotické. Z širšího hlediska fytogeografického členění spadá Česká republika do atlantské podoblasti, Mostecká pánev je součástí českého termofytika (Štýs, 2014). Hnědouhelná pánev je označována za nejteplejší a nejsušší oblast České republiky. Podle biogeografického členění náleží k Mosteckému bioregionu, který je tvořen sedimenty, plochými rovinami a rozčleněnými mělkými údolími. Tento bioregion je charakteristický výskytem stepní a halofilní (snáší vysoké zasolení půd či vody) vegetace (Kunc, 2002). Vegetace má především klimatogenní tendenci, takže příslušnost k uváděným fytogeografickým zónám předurčuje také potenciál přirozené vegetace. Ten je pak důležitým výchozím faktorem i při koncepci rekultivací. Nejteplejší zóny Mostecké pánve jsou řazeny do pásma subacidofilních středoevropských teplomilných doubrav. Rozhodující část Mostecké pánve je však řazena do sféry dubohabřin a lipových doubrav (Štýs, 2014).

V přirozené vegetaci je zastoupena řada exklávních prvků reliktního charakteru, zpravidla kontinentálního ladění. K nim náleží hlaváček jarní (*Adonis vernalis*), hadí mord nachový (*Scorzonera purpurea*), vlnice chlupatá (*Oxytropis pilosa*), kavyl tenkolistý (*Stipa tirsia*), pelyněk pontický (*Artemisia pontica*), řebříček štětinovitý (*Achillea setacea*), kozinec bezlodyžný (*Astragalus exscapus*), ostřice černoklasá (*Carex melanostachya*), sivěnka přímořská (*Glaux maritima*), v minulosti rozrazil latnatý (*Pseudolysimachion spurium*). K typickým druhům submediteránním patří např. hrachor panonský chlumní (*Lathyrus pannonicus subsp. collinus*), hadí mordec dřípený (*Scorzonera laciniata*), dub pýřitý (*Quercus pubescens*) a tužanka tvrdá (*Sclerochloa dura*), z halofilních druhů pak např. prorostlík nejtenčí (*Bupleurum tenuissimum*). Velmi omezeně jsou zastoupeny subatlantské druhy, např. paličkovec šedavý (*Corynephorus canescens*) a nahoprutka písečná (*Teesdalia nudicaulis*). Dnes je flora tvořena převážně expanzivními ruderálními druhy, např. třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), doplněné řadou neofytů s obdobným chováním, k nimž náleží např. ječmen hřívnatý (*Hordeum jubatum*), slanobýl draselný růžičkovitý (*Salsola kali subsp. rosacea*) a zlatobýl obrovský (*Solidago gigantea*) (Culek et al, 2013).

3.2.6 Fauna

Výskyt fauny je z velké části předurčen krajinným reliéfem, vegetačním pokryvem a klimatickými podmínkami. Tyto faktory jsou v oblasti Mostecká poměrně proměnlivé (Hálová, 2011). Fauna bioregionu je silně ochuzená, což je způsobeno především nedostatkem lesních společenstev a velkoplošnou devastací krajiny (Culek et al., 2013). S postupujícími rekultivacemi jsou však povolna vytvářeny vhodné podmínky pro osídlování množstvím živočišných druhů (Hálová, 2011). Na zbytcích relativně zchovalých stanovišť přežívají ochuzená teplomilná společenstva středočeské zvěřiny, k níž patří např. měkkýši trojzubka stepní (*Chondrula tridens*) a suchomilka rýhovaná (*Helicopsis striata*), některé druhy hmyzu, nebo myšice malooká (*Apodemus uralensis*) (Culek et al., 2013). Mezi další savce vyskytující se na Mostecku patří např. zajíc polní (*Lepus europaeus*), prase divoké (*Sus scrofa*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*), liška obecná (*Vulpes vulpes*), veverka obecná (*Sciurus vulgaris*), hraboš polní (*Microtus arvalis*), krtek obecný (*Talpa europaea*), netopýr velký (*Myotis myotis*) či ježek západní (*Erinaceus europaeus*). Mezi zdejší druhy plazů patří např. slepýš křehký (*Anguis fragilis*), užovka obojková (*Natrix natrix*), zmije obecná (*Vipera berus*) či ještěrka obecná (*Lacerta agilis*) (Hálová, 2011). Většina toků v podkrušnohorské uhelné pánvi je zpravidla silně poškozena, zvláště pak Bílina patřící do parmového pásma. Všechny drobné toky náležely do pásma pstruhového, jejich biota je však dnes decimována. Specifickým biotopem jsou vodní nádrže a mokřady vznikající různým způsobem. Hydrobiocenózy těchto nádrží jsou dosud variabilní a neustálené (Culek et al., 2013).

Výzkum provedený Hendrychovou et al. (2008) prokázal přítomnost hojných ptačích druhů na mosteckých výsypkách v pokročilejším stadiu sukcese s rozvinutým lesním porostem. Mezi nejpočetnějšími druhy lesních stanovišť se objevil budníček menší (*Phylloscopus collybita*), pěnice černohlavá (*Sylvia atricapilla*), budníček větší (*Phylloscopus trochilus*), červenka obecná (*Erithacus rubecula*), kos černý (*Turdus merula*), pěnice slavíková (*Sylvia borin*) a sýkora modřinka (*Cyanistes caeruleus*).

3.2.7 Ochrana přírody

Mostecký bioregion je značně antropicky ovlivněný až devastovaný. Přesto se zde dají nalézt přírodně hodnotné, většinou maloplošně chráněné, lokality. PP Údlické doubí slouží k ochraně pahorku s doubravou s výskytem roháče obecného (*Lucanus cervus*).

Teplomilnou biotu stepních trávníků s vzácnými druhy hmyzu chrání PP Staňkovice, PP Stroupeč a PP Žatec. PP Stráně nad Chomutovkou chrání polopřirozené suché trávníky a facie křovin na vápnatých podložích. Vodní biotopy s bohatým výskytem ptactva se nachází PP Vinařský rybník. PP Slanisko u Škrle chrání fragment halofilní vegetace. Ke geologicky motivovaným patří PP Střezovská rokle s dokladem eroze v píscích, jílech a tufech a PP Salesiova výšina s křemencovými skalkami a fragmentem acidofilní dubové bučiny na kontaktu s Krušnohorským bioregionem (Culek et al., 2013). Z jihovýchodní strany do regionu zasahuje CHKO České středohoří. Mezi Mostem a Litvínovem, na západním břehu Bíliny se rozkládá PP Kopistská výsypka, která nikdy neprošla procesem technické rekultivace. Nachází se na ní množství tůní, které poskytují zázemí silně ohroženému druhu – čolku velkému (*Triturus cristatus*). Toto území je zároveň evropsky významnou lokalitou v soustavě Natura 2000. Z hlediska ÚSES čepirožská výsypka sousedí s regionálním biocentrem Rýzel (Ressel). Východním směrem od výsypky pak prochází osa regionálního biokoridoru Rýzel – Luční potok (AOPK, 2021).



Obrázek 2: Studijní plocha, autor: Ing. Markéta Hendrychová Ph.D.

3.3 Sběr dat

Začátkem dubna roku 2020 (7. – 9.) byla v nejvýchodnější části výsypkové vinice Mariana provedena experimentální výsadba 498 ks sazenic révy vinné (odrůda Solaris). Jednalo se o dosadbu odumřelých rostlin, rozmístění v řádku bylo tedy nepravidelné (Příloha 1). Biouhel vyrobený z dřevěné štěpky (vykazující vysokou retenční schopnost) byl s kompostem reálně mísen v optimalizovaném poměru 1:10. Tato směs (cca 5 kg) byla po měsíčním

spolupůsobení aplikována do vyhloubených jamek pro jednotlivé sazenice. Biouhel, použitý pro účely experimentu, byl prosetý do dvou frakcí, jemné frakce (< 2 mm) a hrubší frakce (> 2 mm).

Do jamek poloviny sazenic (B1) byla tedy přidána směs biouhlu a kompostu, který je během výsadby běžně aplikován. Do zbylých jamek byl umístěn shodný kompost, ale bez přidaného biouhlu (B0). Typ substrátu se střídal po jednotlivých řádcích, čímž byl minimalizován efekt konkrétního umístění na vinici (efekt okraje a svahu). Účelem aplikace biouhlu bylo zvýšení retenční schopnosti půdy, což mělo vést ke snížení nepříznivých dopadů epizod sucha v rámci této rekultivované výsypky s nízkou retenční schopností.

Všechny sazenice byly opatřeny PVC chrániči proti okusu označeny originálním číselným kódem (1–498). K osmi vybraným sazenicím (vždy po párech B1/B0) byly instalovány autonomní telemetrické stanice Agronode pro kontinuální měření půdní teploty a potenciál půdní vody. Sondy byly umístěny na čtyřech různých pozicích vůči svahu v intervalech po jedné čtvrtině jeho délky. Uprostřed vinice byla rovněž instalována meteorologická stanice zaznamenávající stav místních podmínek (teplota, srážky, směr a síla větru, vlhkost vzduchu, sluneční radiace).

Během výsadby byly odebrány vzorky půdy pomocí půdního vrtáku napříč vinicí a vzorky obou substrátů. U všech vzorků byly provedeny základní analýzy. Stanovení obsahu C, H, N a S bylo provedeno v laboratoři Ústavu plyných a pevných paliv a ochrany ovzduší Vysoké školy chemicko-technologické v Praze na Thermo Scientific FlashEA 1112. Princip analýzy spočívá v okamžité spalování vzorku v proudu čistého kyslíku při vysokých teplotách. Plynné produkty spalování (dusík, oxid uhličitý, oxid siřičitý a voda) se poté oddělí na chromatograficky naplněné koloně a jsou analyzovány detektorem tepelné vodivosti.

Kontroly stavu sazenic probíhaly během léta 2020 v třítýdenních intervalech.



Obrázek 3: *Autonomní telemetrická sonda Agronode na vinici, autor: Mikuláš Čapla*

3.4 Laboratorní rozbor půd

Odebrané půdní vzorky byly podrobeny detailnímu rozboru chemických a fyzikálních vlastností. Rozbor proběhl v interních laboratořích Fakulty životního prostředí ČZU v Praze a v Akademii věd – Ústavu chemických procesů. Přímě v terénu bylo také provedeno vizuální zhodnocení. Vzorky půdy byly vždy odebrány ze třech různých míst dané lokality tak, aby byla zajištěna dostatečná reprezentativnost. Půdní vzorky pak byly po dobu 2 týdnů sušeny při teplotě 25 °C v laboratoři. Usušená půda byla následně homogenizována a proseta přes síto 2 mm. Takto připravené vzorky by připraveny pro následné analýzy.

V rámci chemicko-fyzikálních parametrů a chemického složení odebraných vzorků byly provedeny následující analýzy. Nejprve pH (EN 13041, 1999) a elektrická vodivost (EC; EN, 13038, 1999) byly stanoveny v suspenzi s destilovanou vodou v poměru 1:10 (hmotnost:objem). Hodnota pH byla měřena před filtrací, zatímco EC byla stanovena po filtraci, pro stanovení EC byla použita buňka na vodivost PVC/grafit. Zatímco takto stanovené pH představuje tzv. půdní reakci měření elektrické vodivosti půdního výluhu je rychlá metoda, kterou je možné využít ke stanovení celkového obsahu rozpustných solí. Dále byla na všech vzorcích provedena elementární CHNS analýza pomocí modulárního elementárního spalovacího analyzátoru EA3000, kdy analýza vzorku je prováděna na základě analýzy spalin po spálení analyzovaného vzorku v kyslíku (spalovací princip dle Pregl-Dumase). U půdních vzorků byl také proveden totální rozklad ve směsi

koncentrovaných kyselin (9mL HNO₃; 3mL HCl a 1mL HF) za použití zařízení pro mikrovlnný rozklad. Jedná se o metodu EPA 3051A (USEPA, 2007) a EPA 3052 (USEPA, 1996). Získaný mineralizát je následně analyzován pomocí optického emisního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) na celkové obsahy základních živin (N, P, K, Mg, Ca) a stopových živin (B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn), které jsou určující z hlediska úrodnosti půd a jsou sledovány v rámci Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP), které provádí ÚKZÚZ. Hlavní tzv. makro-živiny se také stanovují ve formách přijatelných pro rostliny pomocí Mehlich III extrakce. Postup probíhá tak, že do uzavíratelné PE nádoby o objemu 250 ml je naváženo 10,0 g upraveného vzorku půdy (jemnozem). Odměrným válcem se přidá 100 ml extrakčního roztoku Mehlich III (pro 2 000 ml je potřeba 40 g NH₄NO₃; 80 ml zásobního roztoku: 6,95 g NH₄F + 3,67 g EDTA do 500 ml H₂O; 23 ml CH₃COOH; 1,6 ml HNO₃) a po uzavření se extrahuje na horizontální třepačce 10 minut. Po extrakci se suspenze ihned přefiltruje přes hustý filtrační papír. Vyextrahovaný roztok je analyzován pomocí ISP-OES. Dodatečně je také stanoven obsah dostupných dusičnanů/dusitanů a celkového organického uhlíku. To se provádí v suspenzi s destilovanou vodou v poměru 1:10 (hmotnost:objem) a nechá se třepat hodinu a následně přefiltrovat pomocí celulosového mikrofiltru 0,45 μm. Pro stanovení nesmí být vyšší hodnota jak 200 mS/cm, jinak se musí vzorky naředit. Anorganické formy N (N - NH₄⁺ a N - NO₃⁻) a TOC v půdách ve vodných extraktech jsou následně stanoveny pomocí segmentového analyzátoru kontinuálního toku CPH/CPN, Shimadzu, TNM-L Total Nitrogen Measuring Unit, Shimadzu, respektive na TOC-L Total Organic Carbon Analyzer. (Sáňka et al. 2018). Výsledky laboratorních analýz byly vyhodnoceny dle metodiky kritérií hodnocení agrochemických rozbor půd podle ÚKZÚZ.

3.5 Vyhodnocení dat

3.5.1 Párový *t*-test

Rozdíl v potenciálu půdní vody mezi jamkami s rozdílnými substráty byl vyhodnocen pomocí metody párového *t*-testu. Jedná se o obdobu dvouvýběrového *t*-testu, zaměřeného však na závislé výběry (párové měření). Porovnávány jsou dvojice hodnot (x_i, y_i), $i = 1, 2, 3 \dots n$, které tvoří páry závislých pozorování. Test hypotézy, že výběry x a y pocházejí z rozdělení se stejnými středními hodnotami μ_1 a μ_2 lze převést na jednovýběrový *t*-test,

aplikovaný na hodnoty $d_i = x_i - y_i$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Soubor diferencí $d = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ lze považovat za náhodný výběr o rozsahu n z rozdělení $N(\mu_d, \sigma_d^2)$, kde $\mu_d = \mu_1 - \mu_2$. Aritmetický průměr a rozptyl z tohoto výběru jsou:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i = \bar{x} - \bar{y}$$

Rovnice 1: *Párový t-test – výpočet aritmetického průměru*

$$s_d^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2$$

Rovnice 2: *Párový t-test – výpočet rozptylu*

Nulová hypotéza ve tvaru $H_0: \mu_d = 0$ nepředpokládá významný statistický rozdíl mezi oběma soubory. Testové kritérium má tvar:

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d} \sqrt{n}$$

Rovnice 3: *Párový t-test – výpočet testového kritéria*

V případě, že je testovací kritérium menší než hladina významnosti (obvykle $\alpha = 0,05$), nulovou hypotézu zamítáme. Předpokladem použití testu je normální rozdělení výběrového souboru (Svatošová et Kába, 2007). Výpočet analýzy byl proveden pomocí softwaru Statistica 6.0.

4 Literární rešerše

4.1 Historie těžby na Mostecku

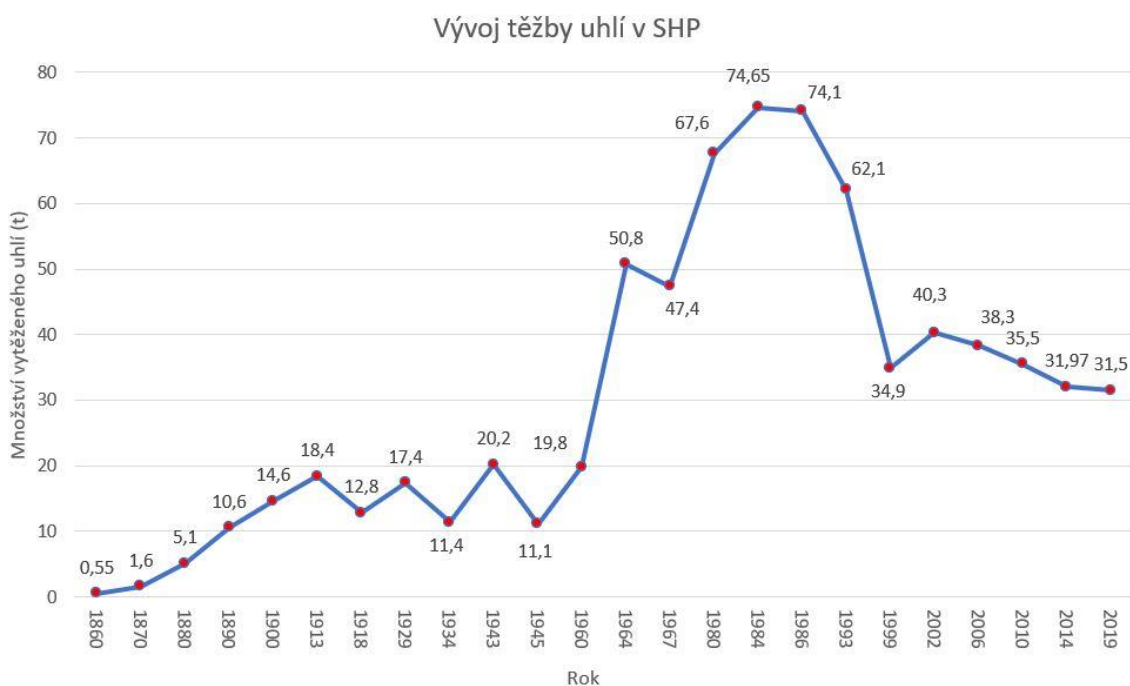
Počátky dobývání uhlí v oblasti pod Krušnými horami jsou datovány ke konci středověku. První záznam o jeho těžbě pochází z roku 1403, kdy byl duchcovským kronikářem zaznamenán zápis do městské knihy o prodeji tzv. důlních měř pro dobývání. Uhlí zde však nebylo zmiňováno jako palivo, nýbrž jako surovina potřebná k výrobě kamence, popelnatého hnojiva či dalších chemických látek. Dějiny těžby uhlí a chemická výroba jsou tak nejspíše historicky provázány. Těženy byly hlavně vrstvy uhlí s vyšším obsahem pyritu (Štýs, Helešicová, 1992). Další zmínky o těžbě jsou datovány k druhé polovině 16. stol. z oblastí u Hrobu, Jirkova, Pětipesku a z roku 1740 u Všestud na Chomutovsku a Varvažova na Ústecku (Markarius, 1999).

Z počátku těžba probíhala povrchovým způsobem na výchozu uhelné sloje. Až později se dobývalo způsobem hlubinným, buď štolami nebo tzv. selským dolováním. Jednalo se o nehluboké doly s jámami obdélníkového průřezu, odkud byly raženy široké chodby různými směry přímo k uhlí. Uhlí bylo využíváno jako palivo pro nejchudší vrstvy obyvatelstva. Využití našlo i v průmyslu pro cihelny, pivovary, vápenky a palírny. Drobnější kusy byly spalovány a užívány jako hnojivo. Uhlí bylo k prodeji rozváženo koňskými potahy či na trakařích. Takový způsob dopravy byl mnohdy dražší než samotná těžba (Novotná et al., 1986).

Z dnešního hlediska probíhala středověká těžba primitivním způsobem a v minimálním rozsahu, kdy byla těžena surovina ležící blízko povrchu. Dolování selským způsobem se udrželo až do první poloviny 19. století (Zahálka, 1995). Dle Markaria (1999) těžba probíhala neodborně a bez jakýchkoliv pravidel. To mělo za následek mnoho smrtelných úrazů, a i z toho důvodu byl v roce 1783 v Jáchymově zřízen Báňský úřad pro uhelné hornictví, který měl za úkol dohlížet na odbornost těžebních prací a propůjčoval tzv. dolovací právo.

Během napoleonských válek (1803-1815) došlo k výraznému poklesu poptávky po uhlí, což zapříčinilo zpomalení vývoje dobývacích metod a techniky. Po odeznění válek došlo opět ke zvýšení odbytu, problémem však byla doprava k spotřebiteli. Od roku 1830 byla využívána lodní přeprava po Labi, zejména do sousedního Německa. Ke skutečnému průmyslovému rozvoji došlo až začátkem druhé poloviny 19. století s výstavbou železniční

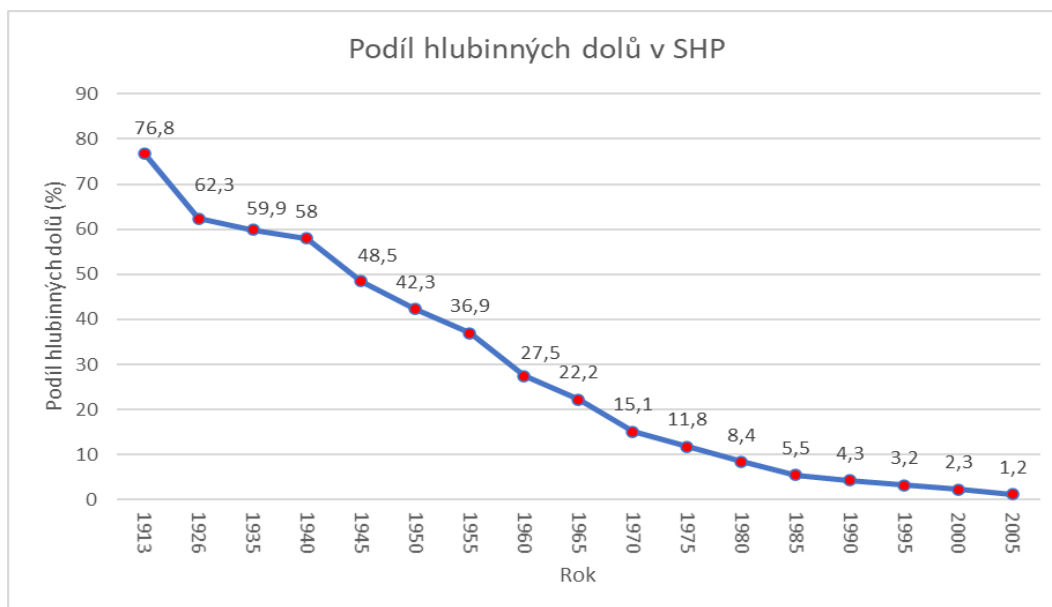
sítě. V roce 1850 byla vybudována trať mezi Prahou a Podmokly, o osm let později byly zprovozněny ústecko-teplické dráhy, včetně tzv. labské vlečky spojující ústecké nádraží a nákladní přístav. Trať byla napojena přes Hřensko do Drážďan (Markarius, 1999). Nový, efektivní způsob dopravy pomohl rychlému rozvoji těžby uhlí. Během dvaceti let se množství vytěžené suroviny zdesetinásobilo. Předválečná těžba kulminovala v roce 1913, kdy bylo vytěženo 18,453 milionu tun uhlí. V období první republiky se množství pohybovalo v rozmezí 11-15 milionů tun. Světová hospodářská krize (1929-1933) přinesla stagnaci a úpadek. 2. světová válka těžbu příliš neomezila, ba naopak, v roce 1943 bylo v severočeské uhelné pánvi vytěženo přes 20 milionů tun (viz. Graf 1). Ještě v roce 1945 v Severočeském hnědouhelném revíru převládala těžba hlubinná. Nacházelo se zde 35 dolů hlubinných a 28 povrchových (Valášek, Chytka, 2009).



Graf 1: Celkový vývoj těžby uhlí v SHP (1860-2019), zdroj: Valášek, Chytka, 2009; MPO, 2021

Štýs et Helešivová (1992) uvádí, že po druhé světové válce byly všechny zdroje nerostných surovin, včetně ložisek a nalezišť uhlí zestátněny a vzniklo celkem 13 hornických národních podniků. Největším českým národním podnikem se staly Severočeské hnědouhelné doly sídlící v Mostě. S nástupem socialismu se Československo začalo orientovat na energeticky náročný těžký průmysl a hnědé uhlí se stalo rozhodujícím prvkem palivoenergetické základny republiky. Soustavná hornická činnost probíhající v podkrušnohorské oblasti téměř

po dvě století výrazně přeměnila původně plochý až pahorkatý reliéf tamní krajiny. V roce 1976 už se na území nacházel pouze jeden hlubinný důl. Ostatní doly byly čistě povrchové (viz. Graf 2).



Graf 2: Celkový vývoj počtu hlubinných dolů v SHP (1913-2005), zdroj: Valášek, Chytka, 2009

4.2 Vliv těžby na krajinu

Spotřeba nerostných surovin po celém světě rychle roste (Blight, 2001). Jejich těžba výrazně ovlivňuje krajinu a její funkce na 1 % plochy zemského povrchu. V České republice je takto zasaženo více než 800 km² území (Chuman, 2015). Všechny způsoby těžby narušují prostředí a těžba surovin se dotýká veškerých základních složek krajiny a životního prostředí. Má vliv na biosféru, pedosféru, litosféru, hydrosféru i atmosféru. Každý z těchto vlivů vyplývá ze způsobu dobývání a z druhu těžené suroviny, každý z nich má svůj specifický charakter (Volný, 1985).

Kromě samotného důlního prostoru má těžba vliv i na své okolí. Přiléhající krajina je narušena výstavbou dopravní sítě pro těžkou techniku a rozvojem průmyslových objektů pro zpracování nerostných surovin. Hlavními dopady těžby jsou narušení půdy – ztráta ornice, ztráta lesního porostu, fragmentace stanovišť nebo možné znečištění jak nadzemních, tak podzemních vod (Cristescu et al., 2015). Štýs et Helešicová (1992) uvádí, že změnou nadmořské výšky a složení půdy se mění klimatické poměry a s tím i vegetace. Těžba má také vliv na okolní obyvatelstvo. Velkoplošná lomová činnost v oblasti Mostecké pánve

vyvolala rozsáhlé změny v osídlení. Uhlonosné vrstvy této pánve zabírají území o rozloze cca 850 km², což představuje 16 % plošné výměry Ústeckého kraje. K nejrozsáhlejší likvidací obcí docházelo v období 50. až 70. let 20. století. V tomto období muselo těžbě ustoupit 71 sídel a dalších 28 obcí bylo částečně narušeno. Místní obyvatelstvo bylo plánovitě a sociálně necitlivě přesídlováno vesměs na panelová sídliště, která byla koncipována jako rozšíření pánevních měst. Dnes stále citlivým tématem je likvidace historického královského města Mostu, o níž bylo rozhodnuto ústředním výborem KSČ v roce 1962. Akce přinesla nevyčísitelné ztráty kulturně-historického charakteru, a to i přesto, že se díky náročnému přesunu podařilo realizovat záchranu nejcenější sakrální stavby, goticko-renesančního děkanského kostela Nanebevzetí Panny Marie (Štýs et al., 2014).

S nástupem průmyslové těžby v krajině vznikají rozsáhlé těžební útvary jako jsou lomy, doly a s nimi související výsypky a haldy (Walker et del Moral, 2003). Štýs et al. (2014) se domnívá, že vztahy mezi báňskou činností, devastací území a rekultivací se v průběhu vývoje lomové těžby mění. V rámci otvírkového období až do úplného rozvinutí porubní fronty lomu dominují rozsáhlé zábory pozemků pro vlastní lom i vnější výsypky. V průběhu těžebního období po rozvinutí porubní fronty až do ukončení těžební činnosti jsou již vytvořeny podmínky pro postupné uvolňování pozemků z procesu těžby do rekultivace. Nadložní zeminy jsou sypány do vytěžených prostorů jako vnitřní výsypky a rekultivační plochy postupně převyšují území těžby. Po ukončení těžby jsou do rekultivace uvolňována všechna těžbou exploatovaná území – prostor lomu i výsypky.

Ze všech lidských aktivit se povrchová těžba se nejvýrazněji podílí na dynamických proměnách krajiny:

- Na celém těžbou dotčeném území dochází k degradaci až destrukci pedosféry.
- Transformací reliéfu vzniká díky vnějším výsypkám, zbytkovým lomům, poklesům a odvalům větší geomorfologická diferenciacie krajiny
- Těžbou, transportem a ukládáním nadložních hornin a hlušiny vznikají výrazně odlišné petrografické a stratigrafické vlastnosti daného území
- Výrazným způsobem je deformována hydrosféra, a to v subsystémech podzemní i povrchové vody, infiltračních a odtokových poměrů, výparu a srážek
- V celém dobývacím prostoru a většinou i v okolním území je výrazně narušena biota (Štýs et al., 2014).



Obrázek 4: Přesunutý chrám Nanebevzetí Panny Marie v Mostě, autor: Mikuláš Čapla

4.2.1 Výsypky

Výsypky, představují jeden z doprovodných jevů povrchové těžby nerostných surovin. Jde o velké množství zemin, přemísťovaných v rámci odкрыtí nerostných surovin. Hnědouhelné výsypky jsou v České republice plošně nejrozšířenějším typem území, kde byla ukončena těžba. Společně s haldami hlušin zaujímají okolo 270 km² plochy. Z hlediska rozlohy je na Mostecku největší Radovesická výsypka (Prach et al., 2010).

Dle Bejčka et al. (2003) lze z hlediska umístění vytěženého materiálu výsypky rozdělit na vnitřní a vnější. Vnější výsypky jsou realizovány v již vytěžených oblastech a odpadá tak potřeba záboru dalších pozemků. V případě, že prostor vnější výsypky nestačí, je zbylá část materiálu uložena na výsypku vnější nebo na těžební pole. Štýs et al. (1981) uvádí, že stavba výsypek je ovlivňována především technologií sypaní, vlastnostmi zemin a výsypného prostoru. Z hlediska technologie zakládání výsypek pak rozlišuje 4 základní druhy: Ruční a pluhové, rypadlové, zakladačové sypané pásovými zakladači a zakladačové sypané kolejovými zakladači.

Na výsypkách často panují extrémní podmínky, jako vysoké výkyvy teplot, sucho, nízké pH nebo eroze (Grunwald et al., 1998). Dalším problémem je nedostatek dusíku, který v

primárních půdních materiálech zcela chybí (Bradshaw, 1997). Množství dusíku a ostatních biogenních prvků jako je například uhlík, draslík a fosfor stoupá se stupněm sukcese na výsypce (Frouz et al., 2007). Podstatným environmentálním problémem je také vysoká prašnost, k níž nejvíce dochází po nasypání výsypek, kdy jsou vyschlé nezapojené půdní částice odnášeny větrem (Štýs et al., 1981).

Výsypky také výrazně ovlivňují budoucí charakter krajiny, její stávající podobu mohou převyšovat o 100 až 200 m. Dle výškové orientace a přilehlého terénu můžeme výsypky dělit na rovinné (úrovňové), konvexní (nadúrovňové) a konkávní (podúrovňové) (Štýs et al., 1981).

Mezi nejvýznamnější výsypky na Mostecku patří: Velebudická, Obránců míru, Čepirožská, Střimická, Kopistská, Hornojřetínská, Růžodolská, Hořanská a Bylanská výsypka (Štýs, 2013).



Obrázek 5: Vpravo Čepirožská výsypka před rekultivací (1972), vlevo po rekultivaci (2008), zdroj: Štýs, 2013

4.3 Rekultivace

Slovo rekultivace má původ v latině, znamená obnovení, vrácení krajině její úrodnost (Volný, 1985). Samotné rekultivace jsou určitou formou krajinného plánování, která je územně vázaná převážně na povrchovou těžbou nerostných surovin narušené plochy. Dochází k postupnému formování krajinné mozaiky (Frouz et al., 2007) a jedná se rovněž o jednu z mála příležitostí k tvorbě nové krajiny (Sklenička, 2003).

Stěžejními cíli rekultivačních činností je zabránění negativním dopadům na životní prostředí v těžebních oblastech a v jejich blízkosti, snížení potenciálních škod, obnova životaschopnosti a rostoucího potenciálu půd na jejich úroveň před těžbou a zachování nebo zlepšení funkční a vizuální kvality krajiny (Hayes, 2015). Při rekultivaci by měly být respektovány historické souvislosti a hodnoty a zároveň by měly být tvořeny hodnoty nové (Sklenička, 2003). Helešicová a Štýs (1992) za cíle rekultivace považují obnovení přirozené rovnováhy v krajině a navrácení ekologické stability, tak aby krajina byla produktivní a využitelná pro budoucí rozvoj. Veškerá hlediska je nutné posuzovat komplexně v jejich vzájemných souvislostech. Není možné některá z nich potlačovat či upřednostňovat.

Rekultivace po povrchové těžbě bývá často považována za plánovanou obnovu vegetačního krytu. Tím může být ve vytěžených prostorech regulována eroze, půda je navracena zpět do užité produkce a terén je z estetického hlediska atraktivnější. Z krátkodobého hlediska má obnovení vegetačního krytu za cíl rychlé zabránění erozi za pomoci rychle rostoucích rostlin. Z dlouhodobého hlediska by to mělo být založení porostů, přinášejících užitek vlastníkovu půdy (Lyle, 1987).

Dle Štýse et al. (1981) by rekultivovaná krajina by měla mít tyto základní vlastnosti:

- Ekologickou vyváženost, za nejúčinnější stabilizační prvky je považována výsadba lesů, lesoparků, vodních ploch a parků
- Efektivní i potenciální produkceschopnost, v krajině musí být zastoupeny vysoce produktivní formy zemědělských rekultivací, aby do určité míry dokázala uživit lidi
- Zdravotně hygienickou nezávadnost, vodní reliéf je zásadní pro tvorbu makroklimatických i bioklimatických poměrů
- Kvalitně rekultivované půdy, v nichž by měly být zastoupeny houby, bakterie a další mikroorganismy, na kterých závisí žádoucí koloběh látek a energie
- Estetickou a rekreační účinnost

Zahlazení negativních dopadů na krajinu způsobených těžební činností je povinností těžebních organizací (Horní zákon, 2021). Každá rekultivace má za cíl zlepšení udržitelnosti. Ve všech projektech v jakémkoli měřítku v rámci strategického regionálního plánování by měla probíhat integrace procesů s holistickým přístupem (More 2003). Obnova zdevastovaných ploch by s ohledem na životní prostředí a lidské zdraví měla být prioritou správních orgánů. Postup obnovy krajiny by měl být přizpůsoben konkrétnímu místu (Rocha-Nicoleite et al., 2017).

4.3.1 Historie rekultivace na Mostecku

První legislativní úprava vznikla v roce 1854 císařským patentem, pod nímž byl vydán Obecní horní zákon. Tato rozsáhlá právní norma upravovala komplex zákonných podmínek kutání, mezi něž byly zařazeny také vztahy těžařů k pozemkům, týkající se i náhrady důlních škod. Tento zákon ukládal, aby těžbou postižené pozemky "byly vráceny svému původnímu účelu". V roce 1908 byla v Duchcově z podnětu zemské zemědělské rady ustavena rekultivační expozitura. Ta o dva roky později zorganizovala první rekultivační konferenci, na níž bylo konstatováno, že v podkrušnohorských okresech bylo narušeno přes 6 000 ha území (tehdy ještě hlubinnou těžbou) (Štýs, 2020).

V meziválečném období společně s těžbou narůstala devastace krajiny, projevující se stále zřetelnějšími ekologickými i sociálními důsledky. Volání po rekultivaci nabývalo společenských rozměrů (Štýs, 2020).

Po 2. světové válce došlo k zintenzivnění rozvoje těžby, která čím dál častěji probíhala povrchovým způsobem. Tím bylo docíleno masivní devastace krajiny, zejména zemědělského půdního fondu. Rekultivace padesátých let by bylo možné nazvat hledáním možností, jak extrémní stanoviště alespoň ozelenit. V tomto období se dosud vycházelo z analogií zemědělské a lesnické praxe. Rekultivační technologie se podřizovaly stanovištní extremitě těžbou narušených území. Byly uplatňovány odolné zemědělské plodiny a lesní dřeviny. Na konci padesátých let vznikaly věcné základy rekultivační strategie v podobě generelu rekultivací (Štýs, 2020).

Šedesátá léta přinesla ještě větší rozmach povrchové těžby a s tím ještě větší devastaci území. Došlo k prosazení záchrany cenných zemin a jejich využití pro zemědělskou rekultivaci výsypek. V lesnické rekultivaci začaly být uplatňovány krom pionýrských dřevin i hospodářsky cenné (především javor, jasan, dub, jilm, modřín). V tomto období byly

stanovištní podmínky výrazně upravovány navážkami humózních zemin. Další důležitou událostí bylo vydání zákona o lesích a lesním hospodaření. Ten se týkal i ochrany a rekultivace lesních pozemků. Dále byl v roce 1966 novelizován zákon na ochranu zemědělského půdního fondu, čímž došlo k prohloubení aspektů ochrany zemědělských pozemků a byla stanovena povinnost finančních kompenzací za zábor zemědělské půdy (Štýs, 2020).

V 70. a 80. letech nárůst povrchové těžby pokračoval. Odezvou však byla další intenzifikace rekultivací, které se v této době staly nejen legislativně, ale i fakticky nedílnou součástí těžby. To se projevovalo např. u zemědělské rekultivace výraznějším uplatňováním orních překryvů. Na vhodně exponovaných místech byly zakládány i velkoplošné ovocné plantáže a vinice. V 70. letech byla schválena novela o ochraně zemědělského půdního fondu. V osmdesátých letech kulminoval rozsah povrchové těžby, a tím i plošný rozsah a intenzita devastace. Na lesnickém úseku pokračovala tendence uplatňování většího podílu cílových dřevin, a to ve shodě s fyto geografickou zonalitou a charakterem detailních stanovišť. 70. a 80. léta byla také charakteristická neúměrně vysokým zastoupením zemědělských rekultivací, které byly direktivně uplatňovány státními a stranickými orgány (Štýs, 2020).

Devadesátá léta přinesla výraznou změnu organizačních struktur. I v oblasti rekultivací probíhala v obrazu společenských změn. Do rekultivační praxe se promítl i výrazně zvýšený respekt k environmentálním a ekologickým zásadám. Pozitivem bylo zvýšení prestiže environmentálních aktivit ve společenském žebříčku a absenci byrokratických zásahů do územních koncepcí rekultivačních aktivit. Nastolení liberálního klimatu a tržního prostředí však přineslo i svá negativa, jako upřednostňování krátkodobých zájmů a problémy s garancí dlouhodobých rekultivačních záměrů. Problém byl také s nedostatečnou péčí u části předaných lesních kultur a příměstských parků a lesoparků, část zrekultivovaných území bylo ponecháno ladem (Štýs, 2020).

4.3.2 Fáze rekultivačního procesu

Přípravná fáze

Funkce a účinnost přípravné fáze má především preventivní a optimalizační charakter. Již k vyhledávacímu průzkumu ložisek je nezbytné přistoupit s ohledem na možnosti a koordinované exploatace nerostných surovin a dalších přírodních zdrojů v daném prostoru.

K uplatňování rekultivačních záměrů má docházet již ve fázi zpracování územně plánovací dokumentace a struktury územních celků, územního řešení těžby i rekultivace (Štýs, 1990). Podle Řehounka (2010) je před samotným zahájením těžby nutné provést odborný biologický průzkum v těžebním prostoru i jeho okolí. Vlastní těžbu je žádoucí směřovat, pokud možno tak, aby v bezprostředním okolí dolu či deponie bylo zachováno co nejvíce (polo)přirozených stanovišť.

Důlně-technická fáze

Jak uvádí Štýs (1990), důlně technická fáze má převážně preventivní charakter, a navíc se vytvářením podmínek pro rekultivaci výrazně podílí na jejich celkovém úspěchu.

Již během těžby je nutno řešit všechna technicky realizovatelná a ekonomicky únosná opatření za účelem minimalizace deteriorizačních vlivů na prostředí v rámci celého dobývacího prostoru, především k plánovitému vytváření vhodných předpokladů pro řešení následné rekultivace v souladu s cílovou představou o optimálním způsobu využívání daného území. Při tom musí být věnována mimořádná pozornost řízené tvorbě devastovaného území, jako umístění výsypek, odvalů nebo složišť v krajině, jejich vhodnému tvarování a selektivnímu odklidu neproduktivních hornin a zemin (Smolík et al., 2006). Dle Wagnerové (2006) může těžba v poslední fázi před ukončením výrazně ovlivnit výsledný okraj dobývacího prostoru a jeho napojení na okolí. Například finální úpravou povrchu pracovních etáží a sklonu těžebních stěn je možné zásadním způsobem ovlivnit rychlost nástupu vegetace do volné niky.

Aby bylo zabráněno škodám na ZPF při stavební, těžební a průmyslové činnosti, popřípadě, aby tyto škody byly omezeny na míru co nejmenší, jsou právnické a fyzické osoby tyto činnosti provozující, povinny řídit se zásadami ochrany ZPF dle Zákona 334/1992 Sb., zejména:

- Skrývat odděleně svrchní kulturní vrstvu půdy, popř. i hlouběji uložené zúrodnění schopné zeminy na celé dotčené ploše a postarat se o jejich hospodárné využití nebo řádné uskladnění pro účely rekultivace anebo zajistit na vlastní náklad jejich odvoz a rozprostření na plochy určené orgánem ochrany ZPF.
- Ukládat odklizové zeminy ve vytěžených prostorech a není-li to možné nebo hospodářsky odůvodněné, uložit je v prvé řadě na plochách neplodných nebo na plochách horší jakosti, které byly za tím účelem odňaty ze ZPF.

- Provádět vhodné povrchové úpravy dotčených ploch, aby tvarem, uložením zeminy a vodními poměry byly připraveny k rekultivaci, pokud provedení rekultivace přichází v úvahu.
- Provádět rekultivaci dotčených ploch podle schválených plánů, aby byly způsobilé k plnění dalších funkcí v krajině.

Biotechnická fáze

Tato fáze je řešena sadou činností technického a biologického charakteru. Jejím úkolem je zlepšování ekologických vlastností nejen rekultivovaného území. Podstatou těchto opatření je odstranění deficitní povahy stanoviště (Smolík et al., 2006).

Podle Skleničky (2003) má souhrn technických opatření zajistit předpoklady pro realizaci následné biologické rekultivace. Tím je míněno zajištění stability svahů, využití vody a její neškodné odvedení do recipientů, ochrana půdy před erozí (abrazí), přístup pro člověka i mechanizaci pomocí pozemních komunikací, přeložky inženýrských sítí a zmírnění či eliminace extrémních vlastností zemin.

Biologická rekultivace zahrnuje soubor biologických a biotechnických zásahů a opatření za účelem vytvoření iniciálního stádia klimaxu, disklimaxu, popř. edafického klimaxu. Biologická rekultivace je považována za dokončení procesu zahlazení těžby v krajině (Sklenička, 2003). Jedná se vesměs o skupinu prací biologické povahy, které mají v celém cyklu rekultivačních prací finální charakter (Smolík et al., 2006). V případě zemědělské rekultivace se jedná o soubor účelových agrotechnických opatření nebo o zakládání speciálních kultur. Při rekultivaci lesnické jde o soubor lesnických prací spojených se zakládáním kultur na devastované zemině (Štýs, 1990).

Z hlediska vhodnosti využití rekultivované plochy dle svažitosti Štýs et al. (1981) uvádí, že orná půda, ovocné sady a vinice by měly být zakládány na pozemcích s maximálním sklonem 8 °. Dočasné louky a pastviny na pozemcích s maximálním sklonem 8-12 ° a trvalé louky a pastviny ve svazích maximálně 12-20 °. V případě zalesňování mohou mít výsypkové a odvalové svahy sklon optimálně 20-30 °, při větší svažitosti je nutné zalesňovat formou půdoochranné výsadby.

Post-rekultivační fáze

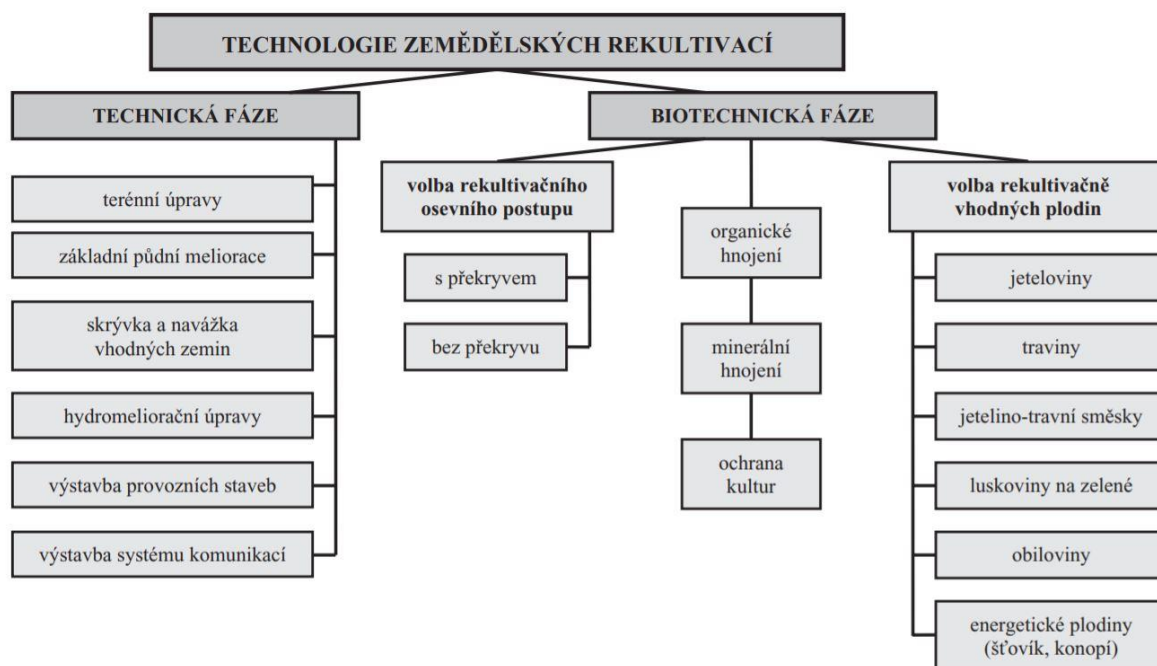
Tato poslední fáze je zahájena předáním zrehabilitovaných pozemků k následnému užívání. Rekultivační problematika má vazbu i na sféru účelného obhospodařování rekultivací vytvořených půd a kultur (Štýs, 1990).

4.3.3 Způsoby rekultivace

Zemědělská rekultivace

Cílem tohoto typu rekultivace je vytvořit zemědělsky produkční krajinu (pozemky s ornou půdou, louky, pastviny, ovocné sady a také vinice (Štýs, 1990). Respektování produkčních a půdně ekologických hledisek by mělo být jedním z hlavních předpokladů pro výběr rekultivované plochy. V praxi jsou známy dvě možnosti provedení zemědělské rekultivace – rekultivace přímá a nepřímá. Přímá rekultivace byla využívána především v minulosti, jedná se o způsob, při kterém nedochází k překrytí povrchu výsypky ornice. Naopak, u rekultivace nepřímé je povrch pokryt návozem humózních zemí v optimální mocnosti 50 cm (Dimitrovský, 2001).

Kryl et al. (2002) zmiňuje dvě fáze zemědělské rekultivace – technologickou a biotechnickou. V první fázi je upravován terén, jsou prováděny základní půdní meliorace, případně je navážena skrývka a vhodné zeminy, dochází k budování provozních staveb a komunikací. Ve druhé, biotechnické fázi je volen rekultivační osevňovací postup, vhodné plodiny a způsobu hnojení.



Obrázek 6: Technologie zemědělských rekultivací, zdroj: Kryl et al., 2002

Tento způsob rekultivace převládal v 70. a 80. letech minulého století, kdy bylo hlavním trendem její realizace ve velkoplošném měřítku. Výsledkem takové činnosti se staly rozsáhlé zemědělské plochy postrádající stabilizační prvky, které by v krajině naplňovaly roli územních systémů ekologické stability. Z důvodu změn politického a ekonomického systému dochází u tohoto způsobu rekultivace k postupnému útlumu (Gremlica et al., 2011). V roce 1973 začaly v rámci rekultivací na mosteckých výsypkách vznikat první vinice. O 10 let později se vinice rozkládaly na ploše o 112 hektarech. Město Most se tak stalo největším vinařským městem v Čechách. Úspěšná produkce výsypkových vinic však byla narušena průmyslovými exhalacemi, které měly negativní vliv na chuť plodů. Až s postupnou ekologizací a odsířením uhelných elektráren získala mostecká vína zpět uznání. V současnosti na mosteckých vinicích hospodaří společnost České vinařství Chrámce s.r.o. (Štýs, 2013).

Je třeba si uvědomit, že plochy získané zemědělskou rekultivací nejsou příliš kvalitní náhražkou za mnohdy vysoce bonitní půdy, které jsou ničeny nejen samotnou těžbou, ale také růstem měst a obcí, výstavbou předimenzované dopravní infrastruktury a velkoplošných průmyslových, logistických a obchodně zábavních center (Valášek et Chytka, 2009).

Hydrická rekultivace

Podstata hydrické (vodohospodářské) rekultivace spočívá v obnově vodních útvarů v krajině, kde vlivem povrchové těžby došlo k silnému narušení její vodohospodářské funkce (Kabrna, 2013). Takový způsob rekultivace může být pro krajinu Severočeské pánve, kde se podle Pecharové et al. (2011) v minulosti nacházelo přibližně 1000 ha vodních ploch a jednalo se o jezerní krajinu, zásadní.

Mezi faktory, podstatně ovlivňující nově vzniklé vodní plochy se řadí sklonitost, velikost a tvar odvodňovaných území, převýšení, geologicko-pedologická povaha zemin a srážkové podmínky (Dimitrovský, 2001). Oblast Mostecké pánve je charakteristická vysokými teplotami a nízkými srážkami. Vodu z důlních oblastí je nutné permanentně odčerpávat, aby nedošlo k zaplavení pracovišť. Je patrné, že těžební činnost napomáhá k vysychání už tak suché krajiny (Štýs, 2013). Petružela (2002) uvádí, že cílem hydrické rekultivace je vznik nové vodní plochy, které mohou vzniknout dvěma způsoby – odvodňováním výsypkových ploch či zatápní zbytkových jam. Takto nově vzniklé plochy mají vliv na pohyb vody a dalších látek v krajině. Podílejí se také na ovlivňování klimatu a tvorbě refugií pro vodní a mokřadní společenstva.

Procesem hydrické rekultivace mohou vzniknout retenční a akumulární nádrže. Voda z akumulárních nádrží pak může sloužit jako užitková voda pro závlahu zemědělských pozemků, pro průmysl, chov vodního ptactva, čištění a dočišťování odpadních vod nebo čištění říční vody (Štýs et al., 1981). Nově vzniklé vodní útvary mohou podle Gremlici (2011) sloužit jako prvky protipovodňové ochrany. Vzniklá vodní plocha se stává krajinným prvkem přesahujícím lokální význam. Např. u jezer Milada, Most, Medard a Michal se jedná o velmi mladý ekosystém vytvořený a zásadně ovlivněný lidskou činností. Tato uměle vytvořená jezera v současné kulturní krajině nahrazují funkci zaniklých vodních ploch. V jejich prostředí probíhá velmi rychlá primární sukcese, umožňující výzkum čerstvě vznikající druhové diverzity na všech úrovních trofie. Voda v rekultivačních jezerech je typická vysokou průhledností a nízkou úživností (Čtvrtlíková, 2018).

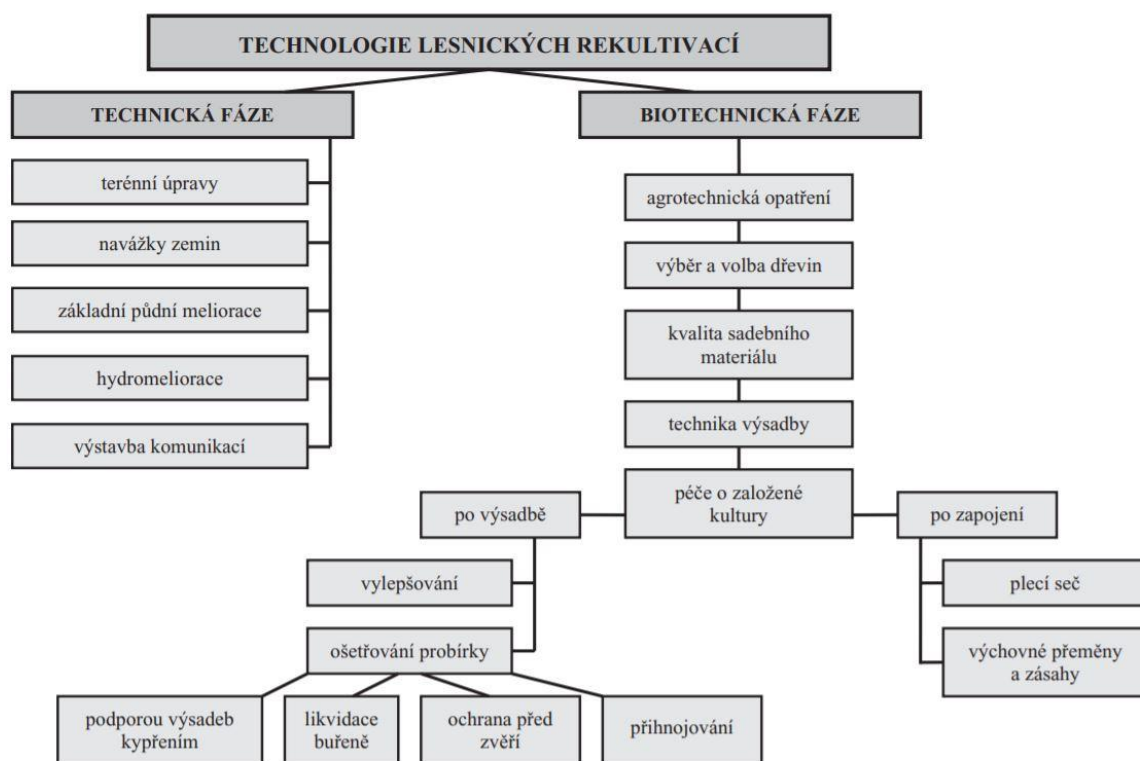
Lesnická rekultivace

Dle Dimitrovského (2001) je lesnickou rekultivací obnovena biologická funkce devastovaného území a tvorba půd z výsypkových a odvalových zemin. Stejně jako zemědělský způsob rekultivace, je ten lesnický považován za jednu ze základních rekultivačních metod. Nehostinné prostředí, jenž z počátku představuje rekultivovaná výsypka, je pro přírůstek dřevin nepříznivé. To je jeden z důvodů, proč jsou rozvíjející se lesní porosty na těchto lokalitách zařazeny dle lesního zákona do kategorie ochranných lesů (Čermák et al. 2002).

Během lesnické rekultivace je uplatňována výsadba lesních dřevin a keřů, nejlépe geograficky původních. Jejich výběr se odvíjí od složení substrátu, klimatických a ekologických podmínek. Tento způsob je uplatňován především na výsypkách, kde je třeba zpevnit příkré a nestabilní svahy a není zde možné uplatnit rekultivaci zemědělskou (Vráblíková, 2009). Druhové složení lesních porostů na výsypkách má velký vliv na půdotvorné procesy výsypkových substrátů (Dimitrovský, 2001).

Lesnická rekultivace má stejně jako ostatní typy dvě fáze – technickou a biotechnickou. Technická fáze zahrnuje především terénní úpravy, přípravy hydromeliorace a výstavbu komunikací. Biotechnická fáze představuje realizaci agrotechnických opatření, výběr vhodných dřevin, upřesnění techniky výsadby a zajištění kvality sadebního materiálu. Následuje péče o nově založené kultury. Po výsadbě se provádí ošetřování probírky s podporou výsadeb kypřením, vyžínání buřeně, přihnojování a ochrana před zvěří. Po zapojení je uplatňována plecí seč, výchovné zásahy a přeměny (Kryl et al., 2002).

Dle Dimitrovského (2001) v České republice lesnické rekultivace na výsypkách po těžbě uhlí převládají. Je při nich důležité zajistit vyvážený poměr krajinných fenoménů respektující úroveň devastace původní krajiny, urbanizaci a industrializaci krajiny, její imisní zatížení a demografické poměry v celém řešeném území.



Obrázek 7: *Technologie lesnických rekultivací, zdroj: Kryl et al., 2002*

Ostatní rekultivace

Touto formou se rozumí taková rekultivace, jejímž cílem není primárně sloužit k hospodářskému účelu. Hlavním cílem může být zvýšení biodiverzity, posílení systému ekologické stability, rozvoj podnikatelských aktivit a sportovních areálů, případně stavbu nadzemních objektů (Vráblíková, 2010). Štýs et al. (1981) jako výsledky tohoto rekultivačního způsobu uvádí ostatní plochy, upravené zejména jako funkční a rekreační zeleně rostoucí mimo les s manipulačními plochami, zpevněnými komunikacemi a s převažující esteticou a rekreační funkcí. Rostoucí společenská poptávka po rekreaci a blízkosti přírodě během posledních desetiletí konkuruje zemědělským řešením (Csorba, 2010). Z hlediska rekreačních projektů se může jednat například o sportoviště, motokros, parkové lesy a jiné rekreační plochy. Pro naprostou většinu těchto projektů je však typická absence přírodních a přírodě blízkých ekosystémů, od čehož se odvíjí slabá ekologická stabilita nově vzniklé kulturní krajiny (Gremlica et al., 2015).

Jako příklad tohoto způsobu rekultivace lze uvést například areál mosteckého autodromu, nacházejícího se u bývalého lomu Matylda (Štýs, 1990).

Ostatní rekultivace se zpravidla dle účelu člení na:

- *Ostatní veřejnou zeleň*: vegetace ve sportovních a rekreačních zónách, podél vodních toků a vodních nádrží, remízků a podél komunikací
- *Ostatní komunikace*: místní a účelové komunikace, parkovací plochy
- *Rekreační a sportovní plochy*: hřiště a stadiony, jízdárny, dostihové dráhy a střelnice
- *Rekreační a ubytovací plochy*: kempy a tábořiště
- *Kulturní a osvětové plochy*: zoologické zahrady a skanzeny
- *Plochy pro podnikatelské aktivity*: komerční využití

(Vráblíková, 2010)

4.3.4 Přírodě blízká obnova

Opuštěné těžební útvary, lomy, haldy nebo odvaly po ukončení těžební činnosti mohou stát cennými lokalitami zvyšujícími diverzitu krajiny a přispívat tak ke zvyšování ekologické stability území. K vytvoření vhodných podmínek dochází zejména v případě, kdy jsou opuštěné plochy po ukončení těžební činnosti ponechány přirozené sukcesi (Smolová, 2006).

Podle Gremlici et al. (2011) z mnoha vědeckých prací i praxí ověřených metod vyplývá, že většina těžbou narušených území má potenciál obnovit se v přijatelném časovém horizontu samovolně. Takový způsob obnovy netrvá o mnoho déle než realizace klasických rekultivací. Takto vzniklé přirozené ekosystémy jsou navíc z hlediska ekologie, ochrany biodiverzity a ekologické stability krajiny nesrovnatelně kvalitnější a hodnotnější. Tyto alternativní metody obnovy jsou založeny na využívání přirozené/spontánní ekologické sukcese, usměrňované ekologické sukcese a případných managementových zásahů, které mají za cíl podpořit některá ohrožená společenstva a druhy. Řehounek (2010) se domnívá, že ve všech těžebních prostorech by mělo být ponecháno zpravidla minimálně 20 % rozlohy v biologicky nejcennějších částech spontánní sukcese.

Gremlica et al. (2015) uvádí tři základní cíle přirozené, případně pouze usměrňované sukcese krajiny:

- 1) Ochrana vzácných a zvláště chráněných druhů
- 2) Zachování již existujících ekosystémů
- 3) Vytvoření podmínek vzniku ekosystémů nových

Úkolem prvního bodu je podpora oligotrofních biotopů v těžbou postižených lokalitách, které jsou osidlovány planě rostoucími rostlinami a volně žijícími živočichy. Bod č.2 je zaměřen na zachování biodiverzity stávajících lokalit vyznačujících se vysokou ekologickou stabilitou a biologickou rozmanitostí. Přirozená sukcese se v těžbou zdevastovaných místech také významně podílí na vzniku ekosystémů nových.

Gremlica et al. (2011) tvrdí, že území obnovená přírodě blízkým způsobem mohou také sloužit k rekreaci, relaxaci a některým sportovním aktivitám. Na rozdíl od rekreačních ploch, vytvořených pomocí náročných technických úprav a následných ostatních rekultivací, nevyžadují plochy vzniklé přírodě blízkými způsoby kontinuální přísun dodatkových energií v podobě závlah, pesticidů, průmyslových hnojiv a strojní i manuální údržby.

Názor na správnost obnovy přírodě blízkými způsoby není jednoznačný. Motivací ponechat část území bez rekultivačního zásahu mohou být podle Štýse et al. (2014) romantická hlediska, která takovouto „rozdrásanou“ krajinu idealizují. Dimitrovský (2012) se domnívá, že výsledky těchto nových koncepčních řešení rekultivací se nemusí vždy setkat s kýženými představami. Při ochraně celého výsypkového ekosystému bezzásahovým rekultivačním režimem podle něj vždy vznikne nebezpečí, že se předpokládaný ekosystém vymkne z „ekologických představ“ a v naprosté většině (po chronologicky vymezeném čase 20 let a více) se transformuje na jiný, pouze plevelný. Jako důkaz svého tvrzení pak uvádí plochy na výsypkách Antonín, Gustav a Radvanov.

Dle Gremlici et al. (2011) je optimálním řešením, podle podmínek daných rozlohou a charakterem těžbou narušených území, vhodně kombinovat klasické technické a biologické rekultivace s přírodě blízkými způsoby obnovy založenými na přirozené nebo usměřované ekologické sukcesi, a to s přihlédnutím k budoucímu funkčnímu využití ploch.

V podmínkách Mostecké pánve, které je součástí biomu mírného pásma smíšených lesů, je přírodě blízká obnova určitou alternativou k lesnickým rekultivacím. Lze tedy s jistotou předpokládat, že sukcesivní vývoj v této oblasti bude směřovat minimálně během staletí ke klimaxu v podobě pralesů (Štýs et al., 2014).

4.4 Legislativa a financování

Kořeny právní úpravy důlní činnosti sahají až do 13. století. V roce 1249 udělil král Václav I. A jeho syn Přemysl Otakar II. Jihlavské horní právo. To představovalo soupis horních práv pro jihlavské měšťany a horníky v Českém království. V roce 1300 následovalo Kutnohorské horní právo, stvrzené králem Václavem II. v Kutné hoře. Tento zákon platil s různými úpravami až do roku 1854. V roce 1854 byl císařem Františkem Josefem I. Vydán obecný horní zákon (říšský zákon č. 146), který rušil veškerá dosavadní právní ustanovení v oblasti hornictví, nicméně potvrzoval platnost dříve nabytých práv. Roku 1871 byla ustanovena tzv. báňská hejtmanství, pro Čechy v Praze a pro Moravu ve Vídni. Báňské revírní úřady byly zřízeny po celých Čechách a jejich úkolem bylo dohlížet na provádění staveb v dolových polích, odstraňování důlních škod, evidenci báňských společností a dodržování pracovního práva (Průcha, 2015).

V roce 1918 vydal Národní výbor tzv. recepční zákon (č. 11/1918) o platnosti obecného horního práva z roku 1854 a všech dosavadních rakousko-uherských zákonů. Po druhé světové válce, roku 1957, byl vydán zákon č. 41 o využití nerostného bohatství (horní zákon), jenž uvádí, že nerostné bohatství je základním a nenahraditelným národním bohatstvím. Tímto zákonem byla stanovena povinnost zpracování plánu otvírky, příprav a dobývání za účelem racionálního a bezpečného využití ložiska. Obecný horní zákon, který byl v platnosti více než 100 let, byl tímto zrušen. V roce 1988 byl federálním shromážděním vydán zákon č. 44 o ochraně a využití nerostného bohatství, který převzal ustanovení zákona č. 41 z roku 1957. Roku 1991 byla vydána 3 vládní usnesení (č. 331, č. 444 a č. 490), která zamezovala otvírku nových lomů a omezovala těžbu v lomech stávajících, byly vyhlášeny tzv. územně ekologické limity těžby. V článku č. 7 Ústavy České republiky je uvedeno, že stát dbá o šetrné využívání přírodních zdrojů a ochranu přírodního bohatství (Valášek, Chytka, 2009).

Současná legislativa ČR upravuje oblast rekultivací ve všech jejích fázích, zejména přípravu, průběh a ukončení těžby. Mezi stěžejní právní prameny upravující těžbu nerostných surovin patří zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) a zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavením řádu (Šanda, 2007).

Podle horního zákona (č. 44/1988 Sb.) má těžební organizace za povinnost zajistit sanaci a rekultivaci území dotčených těžbou a jejich monitoring po ukončení provozu. Sanace pozemků uvolněných v průběhu dobývání se provádí podle plánu otvírky, přípravy a

dobývání. Za sanaci se považuje odstranění škod na krajině komplexní úpravou území a územních struktur.

Těžební organizace zpracovávají (ve smyslu vyhlášky Českého báňského úřadu č. 242/1993 Sb.) pro celou životnost lomu tzv. plán sanací a rekultivací (SPSR), jenž je aktualizován dle potřeby, často po 5 letech. Tento plán je předkládán ministerstvu životního prostředí, které k němu vydává své stanovisko. Na základě tohoto stanoviska následně obvodní báňský úřad schvaluje plán sanací a rekultivací formou rozhodnutí.

Důležitým zákonem, který má vliv na rekultivační činnost je zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Stanovuje povinnost právnických a fyzických osob oprávněných k těžbě nerostů řídit se při zpracování návrhů a stanovení dobývacích prostorů zásadami ochrany zemědělského půdního fondu. Musí navrhnout a zdůvodnit takové řešení, které je z hlediska ochrany zemědělského půdního fondu a ostatních zákonem chráněných obecných zájmů nejvýhodnější. Přitom musí vyhodnotit předpokládané důsledky navrhovaného řešení na zemědělský půdní fond s přihlédnutím k možnostem rekultivace, a to zpravidla ve srovnání s jiným možným řešením. Ukončení povolení nezemědělské činnosti je vyžadováno provedení takové technické úpravy, aby dotčená půda mohla být rekultivována a byla způsobilá k plnění dalších funkcí v krajině podle schváleného plánu rekultivace.

Rekultivační činnost je kodifikována celou řadou dílčích zákonů. Např. v lesním zákoně (č. 289/1995) je stanovena povinnost pro právnické a fyzické osoby, které provádí stavební, těžební a průmyslovou činnost, průběžně vytvářet předpoklady pro rekultivaci uvolněných ploch. Po ukončení záboru půdy pro jiné účely mají povinnost neprodleně provést rekultivaci dotčených pozemků tak, aby mohly být navráceny plnění funkcí lesa. Zejména hydrické rekultivace jsou ovlivňovány vodním zákonem (č. 254/2001 Sb.) v souvislosti s nakládáním s vodami. Při napouštění zbytkových jam je tento zákon zásadní normou. Zákon o ochraně přírody a krajiny (č. 114/1992 Sb.) v § 2 odst. 2 stanovuje jako jeden z prvků zajištění ochrany přírody a krajiny: *„obnovu a vytváření nových přírodně hodnotných ekosystémů, například při rekultivacích a jiných velkých změnách ve struktuře krajiny“*. Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) mezi základní úkoly územního plánování řadí: *„určovat nutné asanační, rekonstrukční a rekultivační zásahy do území“*. Projekt rekultivace musí být v souladu s územním plánem příslušných měst a obcí

a vydanými stanovisky a podmínkami orgánů činných v oblasti ochrany životního prostředí. Jednodušší rekultivační práce se realizují na základě rozhodnutí o využití území.

Níže jsou uvedeny příklady dalších právních pramenů, souvisejících s činností v oblasti rekultivace:

- Zákon č. 17/1992 Sb.: Zákon o životním prostředí
- Zákon č. 185/2001 Sb.: Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů
- Zákon č. 100/2001 Sb.: Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí).
Proces EIA
- Vyhláška č. 242/1993 Sb.: Vyhláška Českého báňského úřadu, kterou se mění a doplňuje vyhláška Českého báňského úřadu č. 104/1988 Sb., o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem
- Vyhláška č. 383/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady

Těžební organizace jsou od roku 1993 povinné vytvářet finanční rezervu na sanaci a rekultivaci pozemků dotčených hornickou činností a na důlní škody. Zákonem je rovněž stanoven způsob vzniku této rezervy a postup při jejím čerpání za příslušný rok.

Žádost o čerpání finanční rezervy na sanaci a rekultivaci a důlní škody, kterou podává těžební organizace pro příslušný kalendářní rok, posuzuje obvodní báňský úřad. Součástí žádosti je rovněž přehled jednotlivých rekultivačních akcí, na které budou příslušné finanční prostředky čerpány. Schvalovací proces ke konkrétnímu rekultivačnímu projektu je vázán na rozhodnutí obvodního báňského úřadu o schválení čerpání finanční rezervy. Vydáním tohoto rozhodnutí je schvalovací proces ukončen a těžební společnost může daný projekt zahájit.

Konkrétní termíny zahájení dílčích rekultivací si každá těžební společnost určuje sama, ale vždy musí být v souladu se schváleným plánem sanací a rekultivací (SPSR) a po zajištění všech nutných legislativních náležitostí (Zákony č. 168/1993 Sb. a 169/1993 Sb.).

$$\text{Měrný základ pro finanční rezervu se vytváří: } = \frac{\sum \text{Nákladů na zahlazení}}{\text{tuny vytěženého uhlí}}$$

Rovnice 4: Výpočet měrného základu pro finanční rezervu, zdroj: Vrábliková et al., 2009

Finanční rezerva se na každou těžební lokalitu vypočítává samostatně. Výše rezervy vytvářené na vrub nákladů musí odpovídat potřebám sanace pozemků dotčených dobýváním. Tyto rezervy jsou nákladem na dosažení, zajištění a udržení příjmů. Podrobnosti o plánech otírky, přípravy a dobývání výhradních ložisek a o plánech zajištění a likvidace hlavních důlních děl a lomů stanoví Český báňský úřad obecně závazným právním předpisem (Vrábliková et al., 2009).

4.5 Výroba a vlastnosti biouhlu

Mezinárodní iniciativou pro biouhel (IBI) je biouhel (anglicky biochar) definován jako pevný materiál, získaný termochemickou přeměnou organického materiálu (biomasy) za omezeného přístupu kyslíku a relativně nízké teploty (<700 °C). Od uhlí se liší svými vlastnostmi a způsobem využití. Uhlí je primárně využíváno jako palivo, zatímco biouhel se používá především jako doplněk půdy za účelem zlepšení jejích funkcí a snížení emisí z biomasy, která by se jinak rozkládala a uvolňovala skleníkové plyny. Brackmort (2010) biouhel definuje jako zuhelnatělou organickou hmotu, která je zároveň organickou a čistou látkou. Je to porézní a uhlíkatý materiál s kompaktním hydrofobním jádrem převážně aromatické struktury.

Jedná se o obdobu dřevěného uhlí, ale vyrobeného ze zbytkové a odpadní biomasy. Jsou v něm obsaženy tyto prvky: uhlík, dusík, vodík, síra, kyslík, a minerální látky ve frakci popela. Je to černý vysoce porézní a jemně zrnitý materiál s nízkou hmotností a velkou povrchovou plochou (Rawat et al. 2019), která může (včetně pórů) dosáhnout až hodnoty 490,8 m² (Chen et al., 2008). Lehmann et Joseph (2009) doplňují, že první složka názvu (bio) odkazuje na biologický původ, čímž je vymezen rozdíl mezi biouhlem a jiným spáleným či nebiologickým materiálem. Hlavní složkou biouhlu je uhlík, ale jeho přesné složení a fyzikální vlastnosti závisí hlavně na výchozím materiálu a výrobních podmínkách. Materiály vhodné k výrobě biouhlu jsou velmi rozmanité. Může se jednat např. o bambus, kukuřici, slámu, dřevo či kaly z čistíren odpadních vod (Qambrani et al., 2017).

Biouhel je nástrojem, který má potenciál pomoci s řadou současných problémů. IBI (2020) uvádí 4 oblasti, kde může biouhel pomoci:

- Redukce globálního oteplování
- Udržování uhlíku v půdě, čímž se zvýší její úrodnost
- Snižování objemu zemědělského odpadu
- Produkce čisté a obnovitelné energie

IBI (2020) uvádí několik způsobů, kterými je biouhel možné vyrobit. Nicméně, společným znakem všech způsobů je zahřívání biomasy bez přístupu kyslíku, popřípadě jen s nepatrným množstvím. Pokud je postup správně dodržen, zůstane uhlík a těkavé plyny jsou vytlačeny. Podstatou procesu je tepelný rozklad, ke kterému dochází pyrolýzou či zplyňováním. Těmito metodami je možné získat kromě samotného biouhlu také čistou energii ve formě plynu nebo oleje. Tyto vedlejší produkty lze jednoduše spálit a uvolnit ve formě tepla nebo je využít jiným způsobem. Jedná se o jednu z mála technologií, která je relativně levná a široce uplatnitelná.



Obrázek 8: Dřevěná štěpka a biouhel, zdroj: Brackmort, 2010

Fyzikálně – chemické vlastnosti biouhlu závisí na složení zdrojové biomasy, způsobu a podmínkách výroby, rychlosti zahřívání, reakční době, tlaku a dalších parametřů (Lehmann et Joseph, 2009).

Fyzikální vlastnosti biouhlu mohou přímo či nepřímo souviset se způsobem, jakým ovlivňuje půdní systém. Je-li biouhel přítomen v půdě, mohou jeho fyzikální vlastnosti, jako např. pórovitost, konzistence, struktura, velikost pórů hustota a velikost částic ovlivnit růst rostlin. Pronikání vody, vzduchu a živin z velké části ovlivňuje půdní horizont (Downie et al., 2009). Jednou z klíčových vlastností biouhlu je to, že pomáhá zadržovat vodu v půdě, zlepšuje její hydrataci a chrání ji před vysycháním. Stimuluje růst rostlin a zvyšuje účinnost hnojiv (Ogawa et Okimori, 2010). Je schopen vázat kladně nabité ionty, zejména hořčík v podobě Mg^{2+} , vápník Ca^{2+} , draslík K^+ a další. Dokáže absorbovat a pomalu uvolňovat hnojiva, zmírňuje dopad nebezpečných pesticidů a komplexních dusíkatých hnojiv z půdy (Rawat et al., 2019). Biouhel podporuje mikrobiální aktivitu v půdě a mykorhizu, čímž přispívá k vyšší kvalitě půdy. Houby totiž drží vlhkost a dokážou zpřístupnit mikropory pro vlásečnicové kořeny. Edafon navíc provzdušňuje půdu, rozkládá oranickou hmotu a zvyšuje její úrodnost. Biouhel dokáže svou zásaditou hodnotou zvýšit pH půdy. Tato vlastnost je významná především v kyselějších půdách. Vyšší pH totiž vede k rozpustnosti pro rostliny důležitých prvků, jako např. vápníku, draslíku nebo fosforu (Laird et al., 2010).

4.5.1 Pyrolýza

Pyrolýza je velmi široký pojem, který v sobě zahrnuje různé technologické postupy. Od velice jednoduchých technologií až po velmi složité (EBC, 2013). Její podstatou je ohřev materiálu nad mez termické stability přítomných organických sloučenin, což vede k jejich štěpení až na stálé nízkomolekulární produkty (olej a plyn) a tuhý zbytek. Jedná se o fyzikálně-chemický děj, který probíhá za sníženého přístupu kyslíku (Břendová et al., 2015). Podle dosažené teploty, doby setrvání a vzniklých par lze termochemické procesy používané pro výrobu biouhlu rozdělit na:

- Konvenční (pomalá pyrolýza) - 350–800 °C
- Torefakce - 200–300 °C
- Rychlá pyrolýza - 400–600 °C
- Zplyňování - 700–1500 °C
- Hydrotermální konverze - 175–250 °C a 400 – 550°C

(Czernik et Bridgewater, 2004)

Proces pyrolýzy lze rozdělit do třech hlavních fází. Prvně musí být biomasa vysušena, k tomu dochází při teplotě přibližně 100 °C a volně vázaná voda je odpařována. Druhá fáze

probíhá za teploty 200-500 °C a je označována jako pre-pyrolýza. Spočívá v mírném úbytku biomasy v důsledku uvolňování vody a plynů (CO a CO₂). Ve třetí fázi dochází, při teplotě 300-1000 °C, k rozkladu velkých částic biomasy na uhlí a kondenzované a nekondenzované plyny (Verheijen et al. 2010).

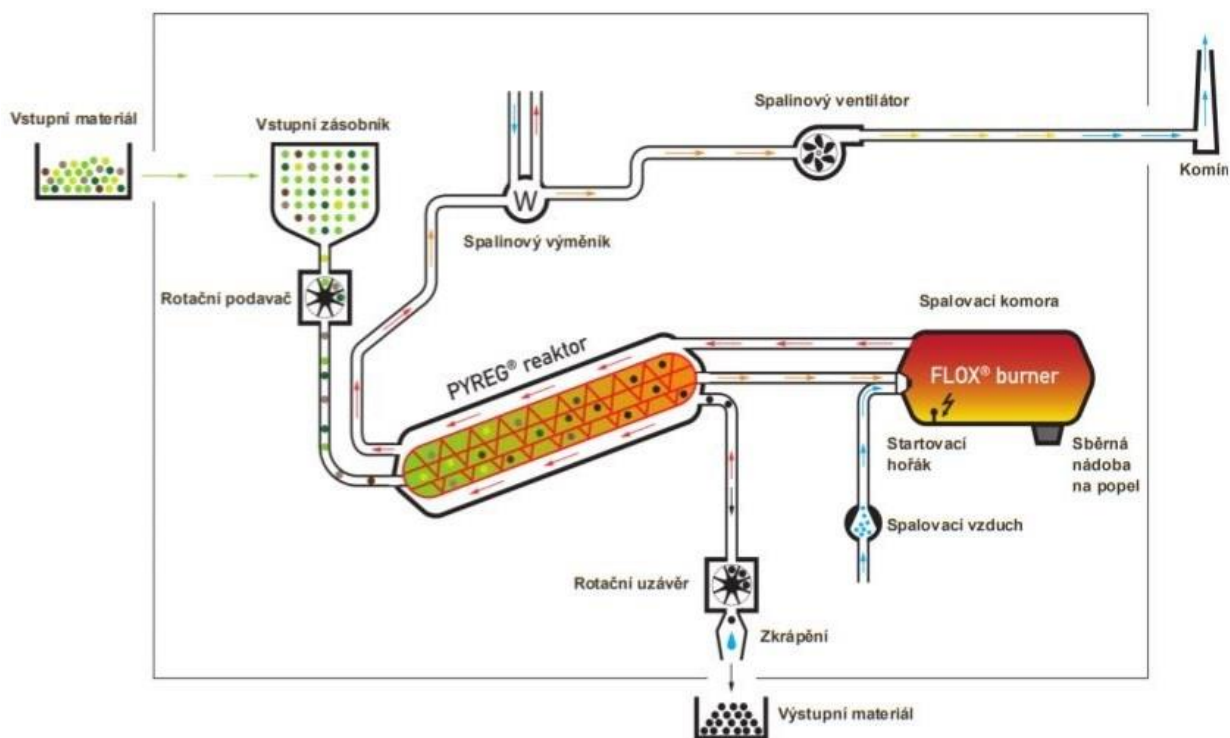
Při procesu pyrolýzy za vysokých teplot (> 300 °C) se část paliva přetvoří na plyn a uvolní se do reaktoru. Zůstává pevná část, která je složená z uhlíku a popelovin. Komponenty uvolněné z pyrolýzního plynu mohou následně reagovat mezi sebou, pakliže mají dostatek času. V případě, že dojde ke zchlazení, zkondenzují se z plynu těžší organické látky a vytvoří se pyrolýzní kapalina. Vstupní materiál je tak rozložen na tři komponenty, tj. pyrolýzní plyn, pyrolýzní kapaliny a pevný zbytek – biouhel. Poměr těchto výsledných produktů je ovlivněn samotnou koncepcí technologie pyrolýzy (Stupavský, 2008).

4.5.2 Technologie výroby biouhlu

Pyrolýza a/či zplyňování biomasy za účelem získání biouhlu využitelného v zemědělství se dá provádět pomocí mnoha technologií. Používají se například zařízení založená na principu využití nehybné či pomalu se sunoucí vrstvy částic biomasy, vyhřívaných zařízení s jedním či dvěma šneky (spirálami), centrifugálně fungující pyrolyzéry či rotační pece. V Evropě jsou nejčastěji využívána zařízení jedním nebo dvěma šneky. Výběr vhodného pyrolyzéry / zplynovače a jeho uspořádání se odvíjí od povahy vstupní suroviny, potřebné teploty pyrolýzy, času zdržení, pracovním tlaku a rychlosti ohřevu. V případě použití velmi vlhké biomasy je často potřeba ji nejprve předsušit (Pohořelý et al., 2019).

Jedním z lídrů na evropském trhu s pyrolyzéry pro produkci biouhlu je německá společnost PYREG využívající technologii s jedním nebo dvěma dutými šneky ve žlabu. Proces výroby je kontinuální a využívá princip postupného spalování. Samotná biomasa však spalována není, nejdříve je zplyněna při teplotě 550–600 °C a poté přívodem řízeného množství vzduchu karbonizována. Uvnitř reaktoru je materiál posouván šroubovým dopravníkem a procesní plyn uvolňující se zplyňováním biomasy je spalován při teplotě 1250 °C v oddělené spalovací komoře. Procesní plyn zde není ochlazen, ale zoxidován. Díky tomuto postupu je potlačena tvorba problematických látek, jako je kondenzát nebo dehet. Proces výroby je soběstačný, energie potřebná k chodu je získávána spalováním plynu vzniklým ze zplyňování biomasy. Horké spaliny ze spalovací komory proudí do vnějšího pláště reaktoru, kde zabezpečují vysoušení, odplynění a karbonizaci biomasy. Při tomto procesu navíc

vzniká přebytečné teplo, které může být využito k předsoušení vlhké biomasy nebo k vytápění. Jeden takový přístroj dokáže ročního přísunu 1 400 t biomasy vyprodukovat až 300 t biouhlu (Hydrosystémy, 2021).



Obrázek 9: Schéma pyrolyzéru společnosti PYREG, zdroj: Hydrosystémy, 2021

4.5.3 Využití biouhlu

Biouhel je možné využít v celé řadě odvětví: půdní výživa, chov zvířat, stavebnictví, dekontaminace, zdravotnictví, elektronika, čištění odpadních vod, kompostování (EBC, 2013). Při kompostování biomasy urychluje kompostovací proces, také snižuje možný zápach z organických zdrojů živin (Lehmann et Joseph, 2009). V zemědělství může sloužit jako náhrada za fosforečná hnojiva a minerály, u kterých se objevují problémy s kovy, jako je uran či kadmium (Cimo, 2014).

Pozitivní vliv biouhlu na úrodnost půdy lze rozdělit do čtyř oblastí:

- Je zdrojem dostupných živin
- Je používán jako rezervoár živin, který má schopnost živiny pomalu uvolňovat
- zlepšuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy, které pak zvyšují dostupnost i obsah živin a současně zamezují jejich ztrátě vyplavováním
- Má kladný vliv na půdní mikroorganismy, jejichž činnost též zvyšuje dostupnost živin a rovněž poskytuje vhodné prostředí a úkryt pro jejich růst a vývoj

(Yang et al., 2016)

Účinnost biouhlu se v kombinaci s hnojivem, hnojem nebo kompostem výrazně liší. Rozdílné účinky má na svědomí také způsob aplikace, ať jde o přímé zapravení do půdy či pouze na její povrch. Je však potvrzeno, že aplikace biouhlu má pozitivní vliv na zemědělský výnos. Avšak, které z podmínek (půdní, klimatické, druh plodiny) mají na výnos vliv stále není známo. Proměnných existuje celá řada. Záleží např. na typu biouhlu. V souvislosti s jeho aplikací je obtížné predikovat zemědělské výnosy (Blackwell et al., 2009). Dle Dumroese et al. (2018) je však jisté, že přidáním biouhlu k minerálním hnojivům se zvyšuje růst rostlin ve srovnání s minerálním hnojivem samostatným. Kammann et al. (2015) doplňuje, že čistý, neošetřený biouhel nemusí vždy mít pozitivní vliv na růst rostlin, a proto je vhodné jej smíchat s kompostem nebo jiným hnojivem.

4.6 Pěstování vinné révy

Réva vinná (*Vitis vinifera*) patří mezi popínavé keře. Může dorůstat délky až 10 m. Má tenkou kůru, která má tendenci se třepit a odlupovat se v dlouhých pásech. Úponky vyrůstají naproti listu a naproti každému třetímu zpravidla chybí. Květy révy jsou oboupohlavní a jsou uspořádány ve velmi bohatých latách. Srostlá koruna květu opadává ještě před rozkvetem a plodem révy jsou bobule (Coufal et al., 2004).

Z paleontologických nálezů vyplývá, že rostliny vinné révy se vyskytovaly v nejrůznějších částech světa. (Kraus et al., 2005). Nejstarší archeologický nález pochází z let 5400 až 5000 př.n.l. z Íránu. Réva vinná se pěstovala hlavně v Severní Babylonii a starověkém Egyptě. Sloužila nejen ke konzumaci, její motivy byly používány k dekoraci např. stěn hrobek. Odkazy na konzumaci vína je možné najít např. v řecké mytologii (Beranová et Kubačák, 2010). Počátky českého vinařství jsou spojeny s Velkomoravskou říší (9. – 10. stol.) (Kraus

et al., 2005). V roce 1374 bylo na císařův příkaz uděleno „Pražské viniční právo“ městu Most. Díky tomu došlo na Mostecku k rychlému rozvoji vinařství. 17. století přineslo pro pěstování vína úpadek v podobě třicetileté války, morových epidemií a ochlazení klimatu. Poslední rána přišla s první světovou válkou, po které na svazích mosteckých vrchů zůstaly jen kamenité terasy. Vzkříšení vinařské tradice se Mostecko dočkalo až ve druhé polovině 20. stol., často v rámci rekultivací (Štýs, 2013).

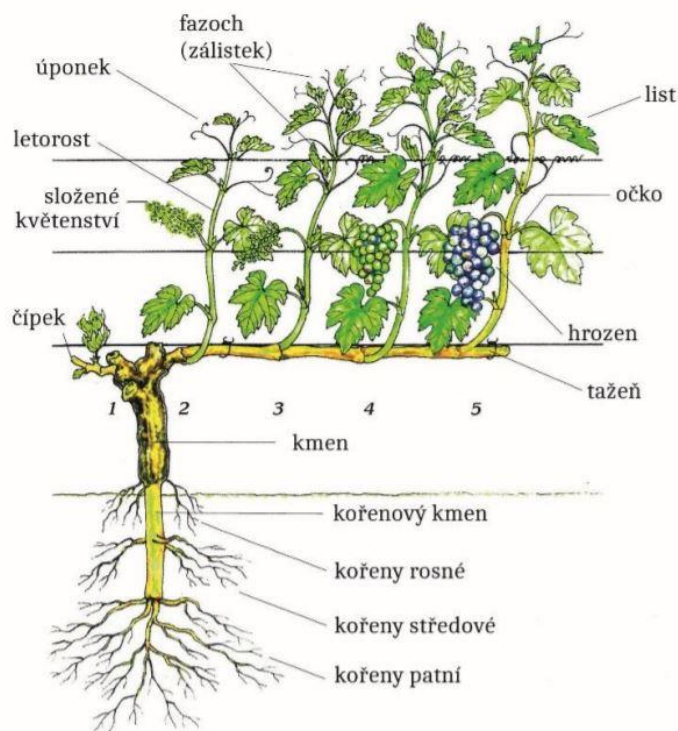
Z morfologického hlediska je révový keř bylina s nadzemní a podzemní částí (Kraus et al., 2005). Podzemní část je, stejně jako u ostatních rostlin, tvořena kořenovým systémem. Hlavní částí keře je kořenový kmen (Braun et Vaněk, 1990). Z kmene vyrůstají vedlejší kořeny – středové a patní. Velikost a hloubka kořenového systému závisí na několika faktorech. Záleží na vlastnostech půdy a v jaké hloubce se nachází spodní voda. V některých případech mohou kořeny dosáhnout i několikametrové hloubky. Kořenový kmen pokračuje nadzemní dřevnatou částí (Kraus et al., 2005). List révy je tří až pětilaločný a po obvodu pilovitý. Skládá se z listové čepele a žilnatiny. V úžlabí listů vyrůstají postranní výhonky, označované jako fazochy. Ty se v okolí hroznů odstraňují, aby se zabránilo nadměrnému zahuštění. Dle tvaru listů je možné vzájemně odlišit jednotlivé odrůdy. Listy plní důležitou vyživovací funkci, probíhá v nich fotosyntéza, která je stěžejní pro kvalitu hroznů. Květenství révy vinné se nazývá lata a počet květů závisí na odrůdě. Nacházejí se na letorostech a tvoří 1-3 květenství se 100 až 300 květy (Pavloušek, 2011). Květ révy je pětičetný, malý a nazelenalé barvy. Je složen z květní stopky, kde je umístěno květní lůžko a na něm ostatní části – kalich a korunní lístky (Kraus et al., 2005). K iniciaci květenství dochází při teplotě vyšší než 20°C. Květy révy vinné jsou většinou oboupohlavní a samosprašné. K opylení dochází převážně větrem, popřípadě hmyzem. Pupeny neboli očka se rozdělují na zimní, spící a zálistkové (Pavloušek, 2011). Z vyrašeného očka vyrůstá letorost, na němž se vytvoří listy a úponky, plodem révy je hrozen (Kraus et al., 2005).

Podle Pavlouška (2011) je jedním ze stěžejních abiotických faktorů pro růst révy vinné teplota. Ovlivňuje především nástup a průběh fenologických fází a výskyt a vývoj houbových onemocnění. Optimální teplota během vegetačního období je 20–35 °C. Při teplotě nižší než 8 °C se růst zastaví. V zeměpisné poloze ČR vinicím každoročně hrozí nebezpečí v podobě jarních mrazíků. K tomu dochází v případě, že teplota klesne pod -0,1 °C. Toto nebezpečí obvykle platí až do druhé poloviny května. Značné škody jsou zapříčiněny hlavně rozsáhlými výkyvy teplot (Krůtil, 1986).

Réva vinná spotřebuje během roku velké množství vody. Konkrétní spotřeba je dána především růstovou fází, ve které se rostlina nachází. Pro pěstování jsou ideální podmínky, kdy je množství vypařené vody (z rostliny i půdy) je přibližně stejně velké, jako množství vody srážkové. Minimální roční úhrn srážek, při kterém dokáže rostlina révy vinné růst, činí přibližně 300 mm za rok (Musil et Menšík, 1963).

Dalším abiotickým faktorem, významným pro pěstování révy, je podle Pavlouška (2011) světlo. Sluneční záření má vliv na důležité děje probíhající v rostlině a réva vinná je na něj výrazně orientována. Optimální roční doba slunečního záření se pohybuje v rozmezí 1700–2000 hodin. Nedostatek světla může zapříčinit prodloužení a ztenčení letorostů a snížení počtu zakládaného květenství. Proto by réva neměla být pěstována v zastínění jiných rostlin. Snaha o osvětlení by měla být maximální.

Pro pěstování vinné révy bývají nejúživnější půdy hlinité, vždy ale záleží na jejich struktuře. Mohou být těžké a uléhavé nebo naopak hlinitopísčité. Takové půdy se hodí spíše pro velkoprodukcí hroznů s menší kvalitou. Nejtypičtější pro pěstování jsou půdy kamenité. Dobře propouští vodu, svahy nejsou postiženy erozí a jsou záhřevné. Kameny přes den pohlcují sluneční záření a v noci vyzařují teplo, čímž dochází k tvorbě vhodného přízemního mikroklimatu. Kamenité půdy jsou však také typické nedostatkem živin a je třeba počítat s nižším výnosem, to však nemusí mít vliv na kvalitu hroznů. Půdy štěrkovité zpravidla obsahují více živin a svými vlastnostmi se podobají půdám kamenitým. Hodí se především pro bujné odrůdy, vhodné pro výrobu vín střední jakosti (Musil et Menšík, 1963).



Obrázek 10: Réva vinná – růstová stádia, zdroj: Kraus et al., 2005

Na růst a kvalitu hroznů révy vinné má značný vliv chemické složení půdy a obsah živin. Pro pěstování kvalitních bílých odrůd je vhodné zvolit půdy bohaté na draslík a fosfor, pro červené odrůdy jsou zase vhodné půdy bohaté na vápník. Z hlediska kyselosti půdy se révě vinné daří nejlépe na slabě kyselých půdách (pH 6 - 6,6). Chemické složení půdy je z velké části ovlivněno původem matečné horniny. Velice úrodné, bohaté na draslík, záhřevné a dobře propustné půdy vznikaly erozí žuly a ruly. Pro vinařskou produkci je vhodná také břidličná půda. Ta je tmavá, propustná, velmi živná a úrodná. Výborné podloží pro pěstování révy představují půdy bohaté na vápenec. Jsou dobře záhřevné a světlé (Musil et Menšík, 1963).

5 Výsledky

5.1 Zdravotní stav sazenic

Během letních kontrol na lokalitě bylo postupně zjištěno uhynutí naprosté většiny mladých sazenic. Už během první kontroly (13.7.) došlo k poznatku, že zdravotní stav nových sazenic není dobrý. Pomrzly celé tři čtvrtiny jedinců.

Stav sazenice	Datum kontroly				Rozdíl
	13.7.		5.8.		
	n	%	n	%	n
Žijící	78	15,7	15	3,0	-63
Poškozená	46	9,2	14	2,8	-32
Mrtvá	370	74,3	465	93,4	95
Nenalezeno	4	0,8	4	0,8	0
Celkem	498	100	498	100	X

Tabulka 1: Vývoj stavu sazenic během letních kontrol na vinici

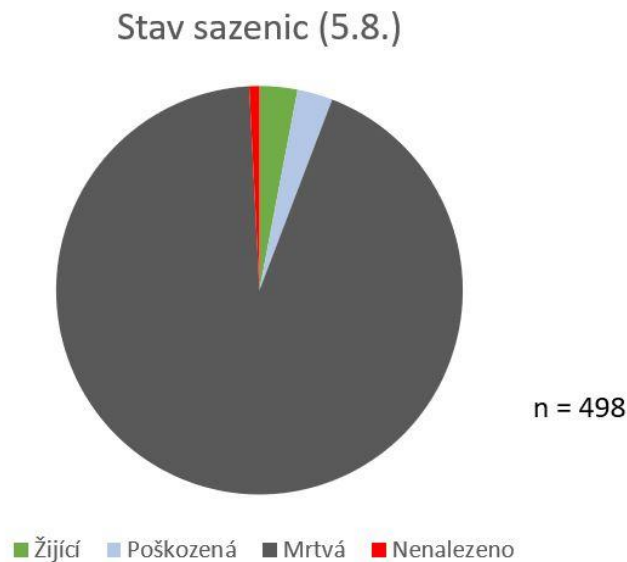
Z celkového počtu 498 prokazatelně prosperovalo pouze 76 kusů, 46 kusů jevílo známky poškození a 4 sazenice nebyly nalezeny vůbec.



Graf 3: Stav sazenic při první kontrole na vinici (13.7.2020)

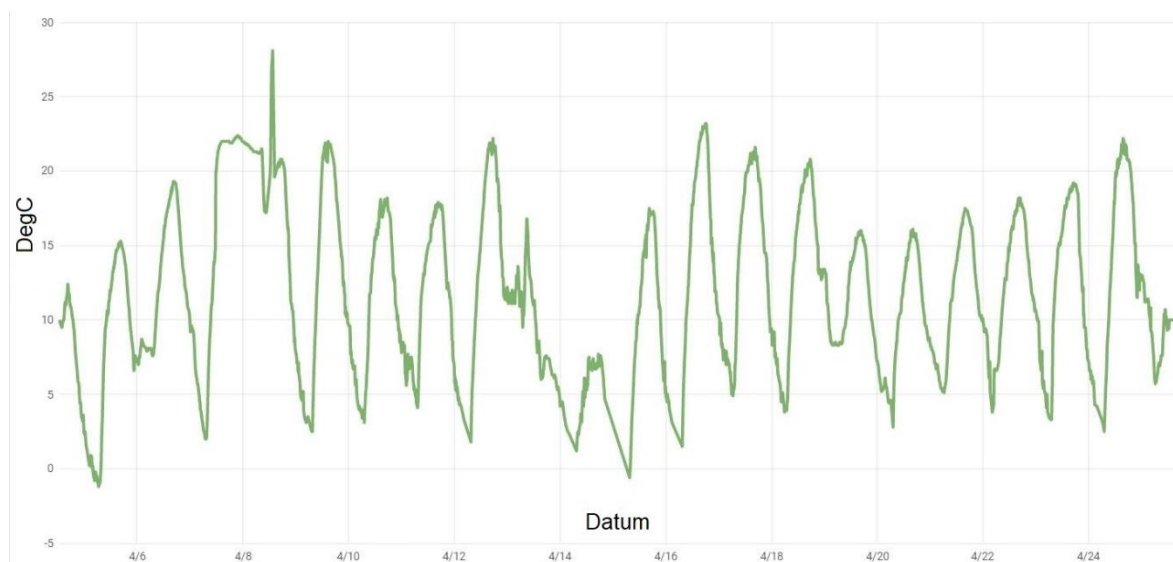
Při druhé kontrole (5.8.) byla situace ještě horší, podíl uhynulých kusů převýšil 90 % a počet živých se snížil na 15 kusů, tedy pouhých 3 % z původní výsadby (Tabulka 1).

Postupný zdravotní stav sazenic od vysazení po letní kontroly je graficky zachycen v přílohách 1, 2 a 3.



Graf 4: Stav sazenic při druhé kontrole na vinici (5.8.2020)

Výsadba sice byla provedena v době, kdy denní teploty již převyšovaly 10 °C. Některé dubnové noci se teplota pohybovala kolem kritické hranice 0 °C, což mělo za následek takto masivní úhyn sazenic (Graf 5).



Graf 5: Teplota vzduchu na vinici během dubna 2020 (Vlastní zpracování)

Nízké teploty způsobily umrznutí prvních zelených výhonů rašících sazenic. Bylo předpokládáno, že sazenice znovu obrazí z dalších oček, tak se ale ve většině případů nestalo. Původní plán, podle kterého měla být účinnost biouhlu ověřována přímo podle prosperity jednotlivých rostlin tak musel být omezen pouze na půdní rozbory, vertifikaci živin a porovnání fyzikálních vlastností naměřených půdními sondami.

5.2 Chemické vlastnosti půdy

Výsledky analýzy půdních vzorků (Tabulka 2) ze substrátů přidávaných do jamek prokázaly, že obě frakce biouhlu (jemný i hrubý) mají pozitivní efekt na koncentraci uhlíku a síry. Větší koncentrace vykazovala hrubší frakce (> 2 mm), přičemž substrát obsahující pouze kompost měl příznivější výsledky v obsahu dusíku a vodíku než jemnější frakce biouhlu (< 2 mm). Všechny přidané substráty jednoznačně prokázaly vyšší obsah prvků než originální viniční půda bez příměsi.

Vzorek	Obsah prvků v substrátu (%)			
	N	C	H	S
Originální půda vinice	0,1	1,7	0,5	< 0,1
Kompost + Biouhel < 2 mm	1	25,3	1,9	0,2
Kompost + Biouhel > 2 mm	1,6	24,1	2,4	0,2
Kompost (kontrola)	1,6	19,7	2,3	0,1

Tabulka 2: Obsah N, C, H a S v půdních vzorcích

Půdní reakce neboli kyselost půdy je důležitým ukazatelem stavu půdního prostředí a je jednou z nejvýznamnějších vlastností podílejících se na úrodnosti půdy a příjmu živin. Nepřímo vytváří vhodné či nevhodné životní podmínky pro růst rostlin a následně množství a kvalitu produkce. Půdní reakce odebraných vzorků se lišila v závislosti na jednotlivých substrátech. Alkalicky nejslabší reakce byla zjištěna u původní viniční zeminy, kompost s hodnotou pH 7,5 a směs biouhlu s kompostem s 7,63 pH byly vyhodnoceny jako alkalické (Tabulka 3). Optimální pH pro pěstování révy vinné je v rozmezí 6,0 – 7,3. Z tohoto hlediska by byla jediným vyhovujícím substrátem původní zemina. Je však třeba brát v potaz, že vzorky substrátu byly odebrány těsně po výsadbě, jejich vlastnosti se s postupem času v důsledku přirozených geochemických procesů budou měnit a hodnoty pH se sníží na optimum. Specifická vodivost určuje stav zasolení půdy. Nejvyšší hodnotu 1 425 $\mu\text{S/m}$ vykazuje směs s biouhlem, u kompostu bylo naměřeno 1 164,67 $\mu\text{S/m}$ a u původní zeminy

o přibližně tisíc $\mu\text{S}/\text{m}$ méně. Všechny tři substráty však lze hodnotit jako nezasolené, tedy vyhovující.

Parametr	Substrát		
	Původní zemina	Kompost	Kompost + Biouhel
pH (-)	7,33	7,50	7,63
Vodivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	173,63	1 164,67	1 425,00

Tabulka 3: *Půdní reakce a vodivost půdní vody*

Obsah dostupných živin určený pomocí metody Mehlich III se opět liší v závislosti na hodnoceném substrátu. Množství jednotlivých prvků bylo porovnáváno s doporučenými kritérii agrochemických rozborů půd pro vinice, uváděnými ve Smatanová et Sušil (2018). Některé přijatelné prvky se v kompostu a směsi s biouhlem vyskytují v enormně vyšší koncentraci než v původní zemině a jejich obsah je dle normy hodnocen jako velmi vysoký. Tento jev byl zjištěn zejména u tří prvků – fosforu, magnézia a draslíku. U původní zeminy byl stav druhých dvou jmenovaných určen jako dobrý, zatímco u fosforu jako nízký a bylo by třeba zvážit jeho dosycení. Příznivější výsledek pro původní zeminu vyplývá z hodnocení poměru dostupnosti draslíku oproti magnéziu. Hodnotu nižší než 1,6 lze interpretovat jako dobrou a nelze předpokládat problémy s výživou hořčíkem. Zato u zbylých dvou substrátů je koncentrace draslíku vůči magnéziu příliš vysoká a hodnocena jako nevyhovující. Přijatelný obsah mědi je nápadně vyšší u směsi s biouhlem a společně s kompostem je hodnocen jako vysoký, u původní zeminy jako dobrý. Za dobrý lze také považovat dostupný obsah železa u všech tří substrátů. Množství naměřené dostupné síry je nejvyšší u kompostu a společně s biouhlem je hodnoceno jako vysoké, u původní zeminy nízké. Přijatelný obsah manganu je u původní zeminy a kompostu hodnocen jako dobrý, u směsi s biouhlem vysoký (Tabulka 4).

Obecně lze konstatovat, že dostupný obsah živin je v obou přidaných substrátech výrazně vyšší než v původní půdě, v některých případech enormně. U kompostu byl ve většině případů zjištěn lehce vyšší obsah přístupných živin než ve směsi s biouhlem. Stejně jako u půdní reakce a elektrické vodivosti však lze předpokládat, že časem se jejich obsah vlivem přirozených geochemických procesů výrazně sníží.

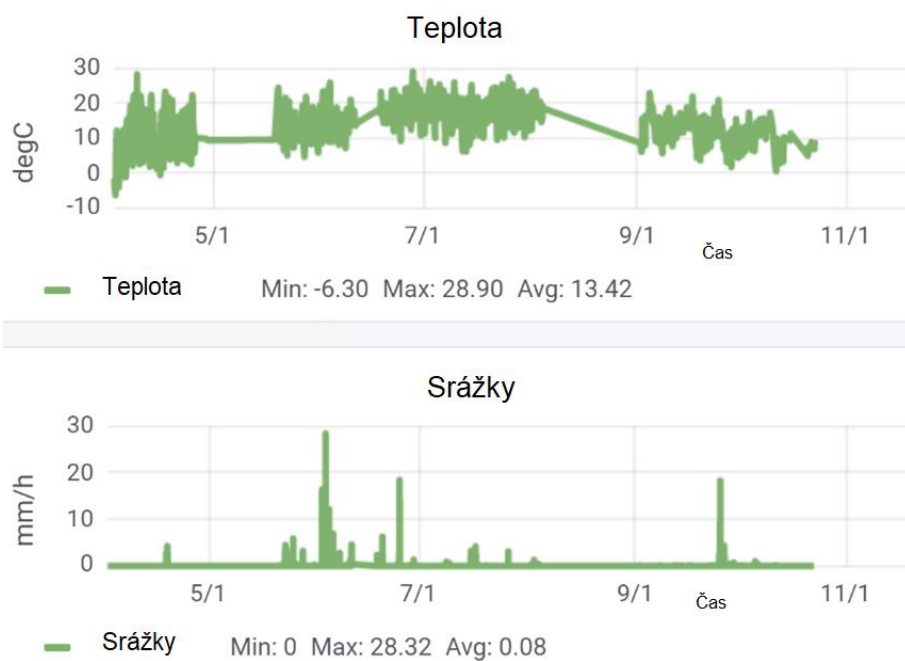
Živiny (mg/kg)	Substrát		
	Původní zemina	Kompost	Kompost + Biouhel
Ca	4 191,74	10 572,15	8 860,09
Cu	3,66	7,02	18,47
Fe	94,60	403,25	376,73
K	278,63	5 294,75	4 562,70
Mg	245,84	1 541,07	1 314,83
K:Mg	1,13	3,44	3,47
Mn	110,02	186,47	207,76
P	31,64	919,01	802,94
S	13,22	360,97	278,51

Tabulka 4: Koncentrace dostupných živin (Mehlich III, mg/kg)

5.3 Potenciál půdní vody

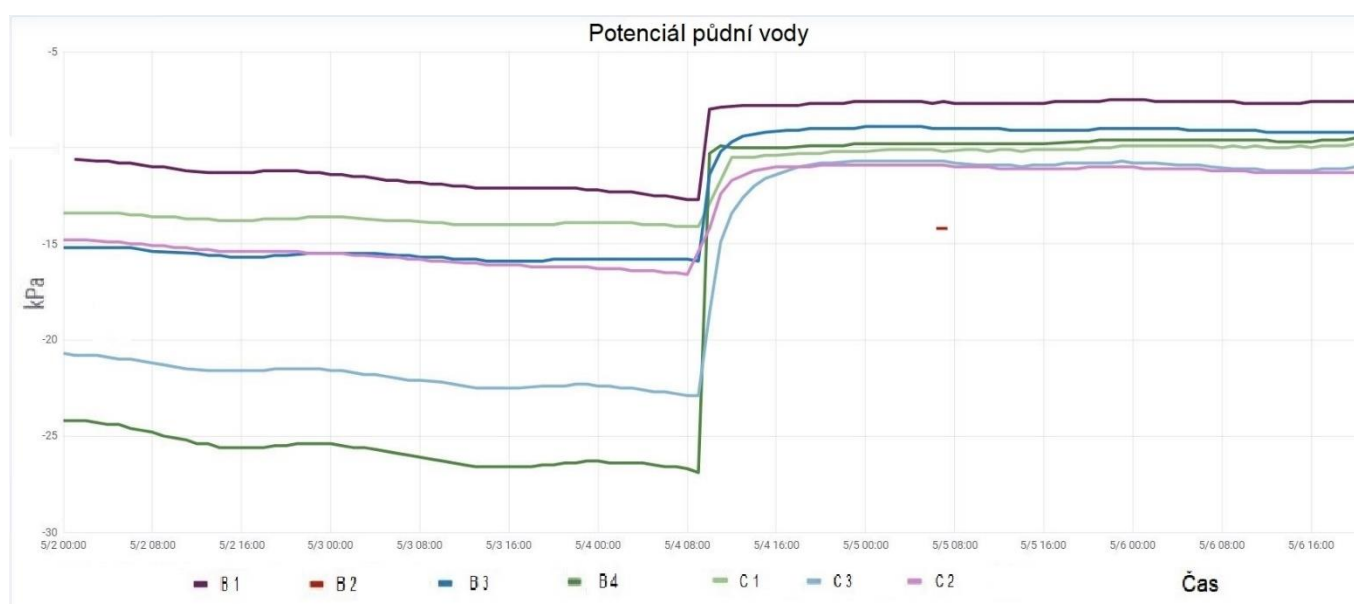
Z hlediska množství srážek lze vegetační sezonu na Čepirožské výsypce, ve srovnání s předchozími sezonami, považovat za neextrémní. Na srážky byl nejbohatší červen a červenec. Naopak duben, srpen a září byly na srážky chudší. Po suchém konci léta přišla větší změna až během října (Graf 6).

Co se týče teploty, nedosahovaly letní dny tak vysokých hodnot, jako předešlé sezony.



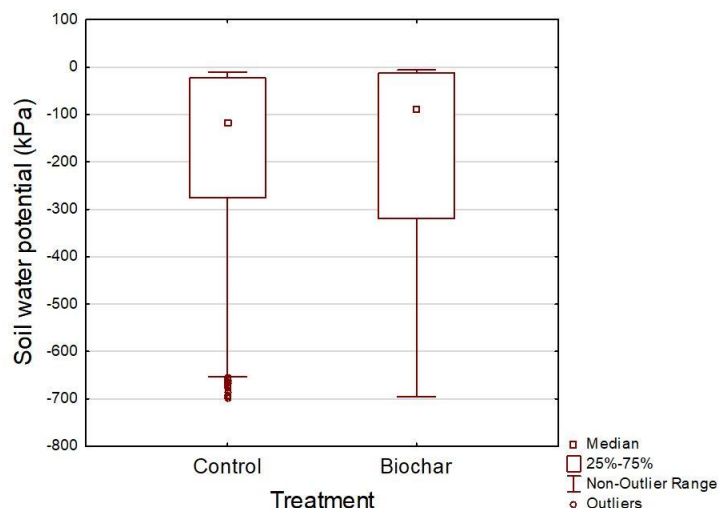
Graf 6: Teplota a srážky na vinici během vegetační sezony 2020

Bezprostředně po výsadbě a pak po měsíci byla provedena dostatečná závlivka, která se ihned projevila na skokovém zvýšení půdní vlhkosti, respektive zvýšení hodnot potenciálu půdní vody (Graf 7). Z grafu je také patrné, že zachycuje pouze záznamy ze sedmi půdních sond, z toho jednu pouze v krátkém intervalu. Funkčnost sond během celé vegetační sezony byla poměrně variabilní a měření provázely občasné výpadky. Pro statistické zpracování musela být data vytríděna tak, aby se co nejvíce předešlo zkreslení konečných výsledků výzkumu. Na grafu č. 7 je však dobře vidět, že všechny jamky se substrátem obohaceným o biouhel vykazují po závlivce vyšší hodnoty potenciálu půdní vody než jamky s obyčejným kompostem.



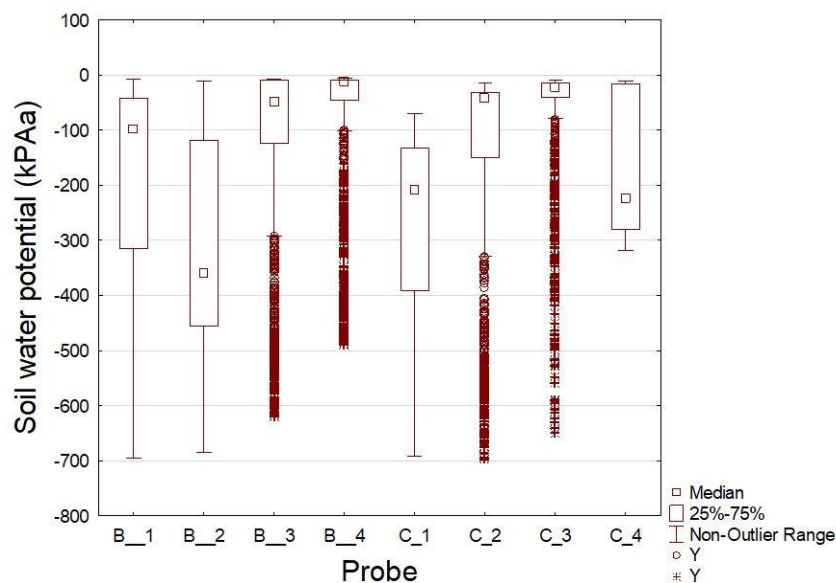
Graf 7: Efekt závlahy na potenciál půdní vody

Potenciál půdní vody se na studijní lokalitě pohyboval v rozmezí stovek kPa. Naměřené maximum představovalo -6 kPa, některé minimální hodnoty klesaly na téměř -700 kPa. Takto extrémní hodnoty však byly zapříčiněny chybným měřením sond a z výpočtů musely být vyloučeny. Analyzována byla data ze všech osmi měrných sond z období sledované vegetační sezóny (7.4. – 15.11. 2020). Po ověření normálního rozdělení byla data vyhodnocena pomocí párového *t*-testu. Test s 95 %-ní spolehlivostí prokázal statisticky významný rozdíl mezi potenciálem půdní vody obou přidávaných substrátů. Z agregovaných hodnot (Graf 8) je patrné, že potenciál půdní vody u biouhlu vykazoval větší rozptyl než u kompostu. Podstatná však je rozdílná mediánová hodnota. Zatímco u kontrolního substrátu představovala -118 kPa, u biouhlu lehce převýšila -90 kPa, z čehož vyplývá, že jamky obohacené o biouhel disponovaly vyšší půdní vlhkostí.



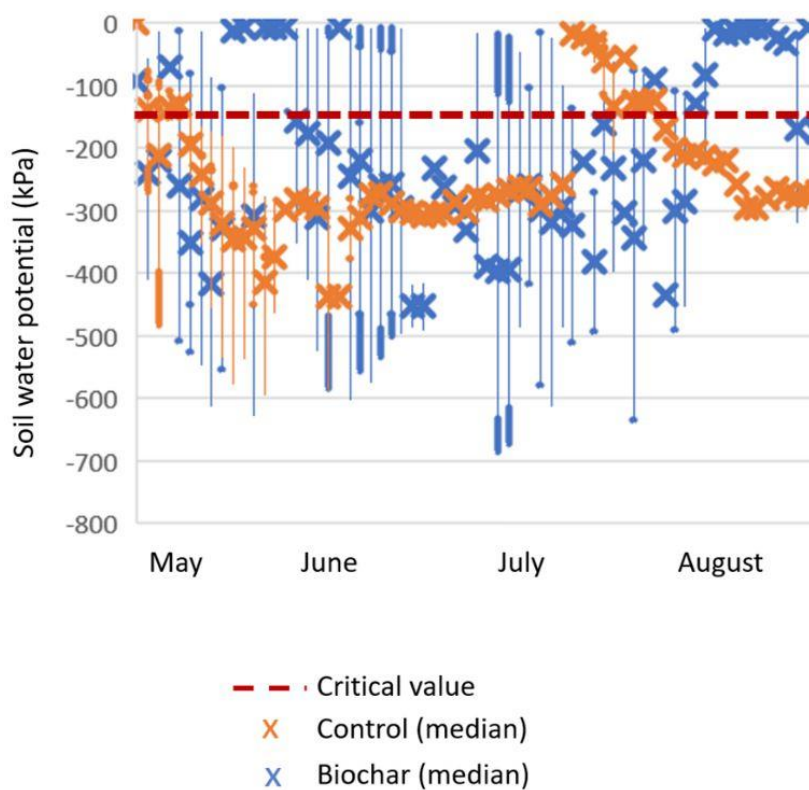
Graf 8: Potenciál půdní vody v jamkách s biouhlem oproti kontrolním jamkám (kompost)

Z pozorování potenciálu půdní vody jednotlivých jamek je patrná vysoká variabilita napříč oběma substráty. Zde je nutné vzít v potaz, že sondy byly umístěny vždy k sazenicím po párech. Při hodnocení rozdílů je tedy třeba porovnávat vždy jednotlivé páry, umístěné ve stejné lokalitě vinice, B1-C1 atd. Z párového srovnání jasně vyplývá, že vlhčí podmínky ne vždy převládají v jamkách s biouhlem. Patrné je to zejména u páru B2-C2, kde je medián u kontrolního substrátu vyšší o přibližně 150 kPa. U páru B4-C4 byly naopak naměřeny enormně příznivější výsledky u biouhlu. Rozdíly u zbylých dvou párů nebyly příliš vysoké. Nebyl také shledán žádný efekt umístění sondy v prostoru vinice, tedy v dolní či horní části svahu.



Graf 9: Variabilita potenciálu půdní vody měřená v jamkách s biouhlem (B_1 – B_4) a u kontrolních sazenic (C_1 - C_4)

Potenciál půdní vody se během sledovaného období měnil především v závislosti na dvou faktorech – teplotě a srážkách. Během hlavní sezony již nebyla prováděna zálivka, což se logicky projevilo poklesem hodnot potenciálu půdní vody. Střední hodnoty se během letních měsíců pohybovaly pod kritickou úrovní, jak v jamkách s biouhlem, tak s kompostem. Výrazný rozdíl mezi oběma substráty bylo možné pozorovat v srpnu, kdy vlivem srážek došlo ke zvýšení sacího tlaku ve všech sledovaných jamkách. U obyčejného kompostu však v následujících dnech došlo k opětovnému poklesu, zatímco směs s biouhlem prokazatelně dokázala udržet půdní vlhkost po delší dobu (Graf 10).



Graf 10: Potenciál půdní vody na vinici během nejteplejších měsíců v roce

6 Diskuse

6.1 Úhyn sazenic

Mezi původními cíli této práce byla experimentální dosadba 498 ks sazenic révy vinné na výsypkové vinici v Mostě – Čepirozích. Výsadba proběhla začátkem dubna (7. – 9.) roku 2020. Ačkoliv už se zdálo, že doba pro výsadbu je příhodná (denní teploty již zdaleka převyšovaly 10 °C), došlo k ochlazení. Noční teploty na vinici se pohybovaly kolem bodu mrazu, v důsledku čehož došlo ke zmrznutí zelených výhonů naprosté většiny mladých sazenic. Podle Krůtila (1986) taková situace v našich zeměpisných šířkách není nikterak výjimečná a k poškození vinic jarními mrazíky dochází téměř každý rok. Toto ohrožení většinou trvá až do druhé poloviny května. K plošnému poškození mrazem dochází většinou v důsledku vpádu studeného arktického vzduchu nad konkrétní oblasti. Právě v období jarních mrazíků se na keřících začínají objevovat kratší letorosty, které jsou velmi citlivé na nízké teploty a často dochází k jejich poškození. Mráz poškozuje rovněž první lístečky a laty.

Nevyzpytatelnost jarních teplot dokládá mnoho případů pomrzlých vinic i ovocných sadů. Podobným případem se zabývá studie Střalkové et Mílové (2016) provedené na vinici v Karlštejně. V dubnu roku 2016 zde vlivem nízkých teplot došlo k úhynu 30 % a poškození 10–20 % sledovaných rostlin révy vinné. Kritický čas pro rašící pupeny révy vinné byl od 22:00 hod večerní do 7:00 hodiny ranní.

Existují způsoby, jak se proti mrazům na vinicích bránit. Dami et Smith (2020) z The Ohio State University v článku „*Spring Frost Events and Protection Measures*“ představují 3 hlavní typy technologií, s jejichž pomocí lze poškození rostlin vlivem mrazu zabránit:

- Ohřívače vzduchu
- Rozprašovače vody
- Ventilátory vzduchu

Všechny tyto technologie jsou však nákladné jak na pořízení, tak na provoz. Je otázkou, zda by jejich použití v případě čepirožské vinice bylo ekonomicky rentabilní.

6.2 Půdní chemismus

Chemické složení půdy a obsah živin významně ovlivňují růst rostlin a kvalitu vyprodukovaných hroznů révy vinné. Pro pěstování kvalitních bílých odrůd jsou nejvhodnější půdy bohaté na fosfor a draslík, pro červené odrůdy se zase hodí spíše půdy vápenité (Musil et Menšík, 1963).

Smatanová et Sušil (2018) ve studii agrochemického zkoušení zemědělských půd pro Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský zjišťovali vybrané parametry půdní úrodnosti. Studie je v pravidelných šestiletých cyklech prováděna jak pro ornou půdu a trvalé travní porosty, tak i pro speciální druhy pozemků včetně vinic. Konkrétně vinice byly v této studii hodnoceny ve čtyřech krajích včetně Ústeckého. Obsah rostlinám přístupných živin a půdní reakce byly stanoveny, stejně jako v této práci, pomocí výluhové metody Mehlich 3. Základním chemickým rozbohem byl stanoven obsah přístupného fosforu (P), draslíku (K), hořčíku (Mg) a vápníku (Ca). Taktéž byla zjišťována půdní reakce a poměr K:Mg.

Za optimální hodnotu pH není obecně považována hodnota neutrální (pH 7,0), ale měla by být kompromisem mezi rozdílnými optimálními hodnotami pH pro dostupnost jednotlivých nutrientů a rozdílnými nároky rostlin na jednotlivé nutrienty. Ideální hodnota půdní reakce je předpokladem pro efektivní využití živin a hnojiv v půdě. V případě, že půda nedosáhne žádoucí hodnoty či intervalu žádoucího pH, mohou stěžejní živiny zůstat bez účinku (Richter et Hlušek, 1999). U minerálních půd je optimální hodnota, při které je zajištěn přiměřený příjem většiny nutrientů a vyhovuje většině rostlin, rovna 6,5 (Vaněk et al., 2012). Do tohoto intervalu spadá i optimum pro révu vinnou, které se nejlépe daří na slabě kyselých půdách s pH v intervalu 6 – 6,6 (Musil et Menšík, 1963).

Průměrná hodnota pH pro celou ČR byla ve výzkumu Smatanové a Sušila (2018) stanovena na 6,1. Pro Ústecký kraj, kde se Čepirožská výsypka nachází byla průměrná hodnota pH 6,6. Jedná se o kraj s druhým nejvyšším průměrným pH v ČR. Půdní reakce se lišila napříč jednotlivými pozemky dle využití, přičemž nejvyšší průměrné pH (7,2) bylo zjištěno právě u vinic. Tato hodnota se téměř shoduje s pH původní viniční půdy zjištěné vlastním výzkumem. Lze tedy konstatovat, že půdní reakce na čepirožské vinici odpovídá lehkému nadprůměru na vinicích v ČR.

Obsah přijatelného **fosforu** v půdě na čepirožské vinici byl zjištěn na 31,64 mg/kg. Podle výzkumu Smatanové a Sušila (2018) je průměrná hodnota zemědělských půd v ČR 90 mg/kg, na vinicích 93 mg/kg. Průměrná hodnota v zemědělských půdách Ústeckého kraje je dokonce 101 mg/kg. Je patrné, že zjištěný obsah přijatelného fosforu na vinici je oproti českému průměru nízký. Kraus et al. (2005) jako optimální obsah přijatelného fosforu na vinicích uvádí 100 mg/kg ve středních půdách a 120 mg /kg v těžších půdách. Hodnoty na čepirožské vinici by tedy měly být více než trojnásobné, aby dosáhly optima.

Fosfor ovlivňuje fyziologii révového keře, růst kořenů, květy a semena. Zásadní vliv má také na plodnost. Je stěžejním zdrojem energie pro fotosyntézu a přeměnu cukrů na škrob v rámci procesu dýchání. V půdě podporuje rozvoj půdních bakterií, které mají pozitivní dopad na půdní strukturu. Nedostatek fosforu lze odvodit z tmavozelené barvy listů, kde se hromadí škrob, jenž nemůže být odváděn. Větší nedostatek se může projevit menší velikostí listů, slabšími kořeny a špatným vyzráváním dřeva. Poznamenána je taktéž plodnost, dochází k hráškovatění bobulí a sprchávání květenství (Hubáček et Kraus., 1982).

Průměr rostlinám dostupného obsahu **draslíku** v zemědělských půdách v Ústeckém kraji je, podle výzkumu Smatanové a Sušila (2018), roven 429 mg/kg, což vysoce vybočuje z průměru celorepublikového (252 mg/kg). Průměr na českých vinicích je 294 mg/kg. Obsah přijatelného draslíku na čepirožské vinici byl stanoven na 278,63 mg/kg, to je oproti českému normálu lehký podprůměr. Příznivý obsah, jež stačí u viničních půd udržovat nahrazovacím hnojením je pro střední půdy stanoven v rozsahu 251–400 mg/kg. Podle tohoto kritéria je čepirožská vinice z hlediska přijatelného obsahu draslíku v dobrém stavu. Draslík v révovém keři ovlivňuje enzymatické změny nebo také kvalitu a zrání hroznů. Podílí se na změnách kyselin, zejména kyseliny vinné a hodnoty pH ve vyprodukovaných bobulích. Jeho nedostatek je možné poznat podle charakteristických hnědých skvrn na okrajích listů ohýbajících se směrem dolů a postupně usychajících. Nejprve lze nedostatek draslíku pozorovat většinou u starších listů v zóně hroznů. Projevuje se zvýšenou pravděpodobností napadení listů oidiem, nedostatečným vyzráváním réví a také sníženou odolností vůči zimním mrazům (Pavloušek, 2011). Naopak, v případě nadbytku draslíku dochází k poškození listů, sníženému obsahu kyselin a zvýšení pH a abiotickému odumírání trápiny hroznů (Hubáček et al., 1982).

Průměrný obsah přístupného **hořčíku** na zemědělských půdách v ČR je, dle výzkumu Smatanové a Sušila (2018), roven 196 mg/kg. V Ústeckém kraji činil průměrný přijatelný

obsah dokonce 300 mg/kg. Na českých vinicích byl průměrný přístupný obsah hořčíku oproti ostatním zemědělským půdám značně vyšší (342 mg/kg). Obsah v půdě na čepirožské vinici vycházel na 245,84 mg/kg, což je oproti průměru ČR výrazně méně. Příznivý přístupný obsah, jež stačí u viničních půd udržovat nahrazovacím hnojením je pro střední půdy stanoven v rozsahu 226–365 mg/kg. Podle tohoto kritéria je čepirožská vinice z hlediska přijatelného obsahu hořčíku v dobrém stavu.

Hořčík ovlivňuje fotosyntézu, uplatňuje se jako stavební část chlorofylu. Podílí se také na tvorbě aminokyselin, v rostlině pomáhá transportu asimilátů a má pozitivní vliv na zdravotní stav hroznů. Závisí na něm také příjem fosforu. Příjem hořčíku rostlinou je výrazně ovlivňován vnějšími podmínkami, zejména pH půdy a složením půdního roztoku. Nedostatek hořčíku se projevuje na starších listech v zóně hroznů, které se zejména u bílých odrůd na okrajích listů barví do žluta. Žluté zbarvení postupuje od spodních listů k vrchním a bývá nazýváno interkostální žloutenkou (Pavloušek, 2011).

U draslíku a hořčíku je podstatný jejich poměr v půdě. Ten by se měl pohybovat v intervalu 1,7:1–5:1 (K:Mg), přičemž optimum je dle Pavlouška (2011) 2:1. Pokud dojde k vyššímu poměru než 5:1, projevuje se u révy vinné nedostatek hořčíku. Poměr těchto živin na čepirožské vinici je poměrně vyvážený (1,17:1) a dle metodiky ÚKZÚZ nelze očekávat problémy s výživou hořčíkem. U vinic v ČR byl v rámci výzkumu Smatanové a Sušila (2018) zjištěn průměrný poměr 0,86:1. Tento výsledek je však značně zkreslen průměrnou hodnotou Jihomoravského kraje (0,81:1), kde se nachází většina území studovaných vinic. Například průměrný poměr K:Mg na vinicích v Ústeckém kraji vycházel na 1,47:1.

Průměrný dostupný obsah **vápníku** v zemědělských půdách ČR je roven 2 965 mg/kg, přičemž nejvyšší průměrnou hodnotu podle krajů má právě Ústecký (5 589 mg/kg). U vinic ČR je průměrný dostupný obsah vápníku v půdě 9 006 mg/kg. Takto vysoká hodnota je zkreslena průměrem Jihomoravského kraje, kde se nachází většina výměry hodnocených vinic, které jsou zde situovány převážně na vápenitých půdách. Je tedy logické, že v prostředí, kde se tento prvek přirozeně vyskytuje v takové míře, je jeho obsah vyšší než na výsypkové vinici. Přesto je obsah přijatelného vápníku v půdě čepirožské vinice hodnocen jako vysoký. Není tedy třeba jej na přechodnou dobu doplňovat, než jeho obsah poklesne do intervalu 2 001 – 3 300 mg/kg.

Dostatek vápníku má v půdě velký význam z hlediska chemických, fyzikálních i biologických procesů (eliminace iontů H^+ , Al^{3+} , Mn^{2+} , sycení sorpčního komplexu, výskyt

a aktivita mikroorganismů, koagulace koloidů atd.). Velká část vápníku v půdách se nachází v těžko rozpustných sloučeninách, hlavně uhličitanech, křemičitanech, hlinitokřemičitanech a síranech. Rozpustnost uhličitanů je závislá na pH půdy – vyšší rozpustnost nastává v kyseljším prostředí. Značný vliv na rozpustnost uhličitanů má obsah CO₂, jehož produkce je závislá na biologické aktivitě půdy (Prášková et Němec, 2016). Nadbytek vápníku se projevuje žloutnutím listů. Nejprve se na vrcholku letorostů obarvují listy mladé, pak žloutnutí postupuje dále dolů k listům starším. V dalším stádiu se vytvoří nekrotické skvrny a dochází k odpadávání listů, po několika letech mohou odumřít celé keře (Kraus et al., 2005).

Dostupná **síra** byla v půdě čepirožské vinice zjištěna v obsahu 13,22 mg/kg. Průměrný obsah na zemědělských půdách v ČR je podle výzkumu Smatanové a Sušila (2018) 15,5 mg/kg. Oproti celorepublikovému průměru na vinicích (11,7 mg/kg) je obsah dostupné síry na té čepirožské o trochu vyšší. Přesto je podle kategorizace ÚKZÚZ stále nízký a vyhovující hodnota se nachází až v intervalu 21–30 mg/kg. Smatanová et Sušil (2018) však uvádějí, že síra se v půdách vyskytuje převážně v síranové vazbě (SO₄⁻) a je ovlivněna typem a druhem půdy a průběhem klimatických podmínek (hlavně srážek) v průběhu roku. Z tohoto důvodu je třeba si uvědomit, že naměřená hodnota poskytuje aktuální informaci, jenž se může v čase poměrně rychle měnit. Nízký obsah síry na vinicích je přesto překvapující, protože jsou zde většinou hojně využívány přípravky na ochranu rostlin právě na bázi síry.

Výzkum Smatanové a Sušila (2018) prokázal průměrnou koncentraci přijatelné **mědi** na zemědělských půdách ČR ve výši 5,33 mg/kg pro střední půdy. Průměrný obsah dostupné mědi na viničních středních půdách pak byl stanoven na 15,86 mg/kg. Vysoce nadprůměrná hodnota je právě u vinic nejspíše zapříčiněna používanými přípravky na ochranu rostlin. Obsah dostupné mědi na vinici v Čepirozích byl naopak několikrát nižší (3,66 mg/kg). Podle metodiky ÚKZÚZ je však tato hodnota v normě. Naopak, obsah mědi nad 4,5 mg/kg je hodnocen jako příliš vysoký. Podle Pavlouška (2011) při vysokém obsahu mědi dochází k nedostatku železa a manganu. Měď v rostlině ovlivňuje biochemické reakce a podílí se na tvorbě chlorofylu. Má také význam pro tvorbu sacharidů a tím i pro vyžrávání jednoletého dřeva.

Průměrná hodnota dostupného obsahu **železa** na středních zemědělských půdách ČR je podle výzkumu Smatanové a Sušila (2018) rovna 329,3 mg/kg, přičemž průměr u vinic činí 147,2 mg/kg. Oproti tomu je obsah dostupného železa v půdě čepirožské vinice ještě menší

(94,6 mg/kg). Obsah v intervalu 60–420 mg/kg je však hodnocen jako dobrý a nelze očekávat projevy nedostatku.

Železo má v chemismu půdy důležitou roli. Významně ovlivňuje chemické i fyzikální vlastnosti půdy a tím i přijatelnost a rozpustnost živin. Rozpustnost sloučenin Fe značně závisí na pH. V kyselých a periodicky zavlažovaných půdách je Fe značně mobilní a může na rostliny působit i toxicky (Smatanová et Sušil, 2018). Význam má železo také při tvorbě chlorofylu. Nedostatek železa u révy vinné ohrožuje celistvost buněčných membrán, projevuje se chlorózami na mladých listech a letorosty vykazují světle zelené listy (Pavloušek, 2011).

Průměrná hodnota přijatelného obsahu **manganu** na středních zemědělských půdách ČR činí 132,6 mg/kg. Obsah dostupného manganu na čepirožské vinici byl stanoven na 110,02 mg/kg, což je oproti průměru střední půdy (164,6 mg/kg) na vinicích ČR hodnota téměř o třetinu nižší.

Mangan je významný pro fotosyntézu. U révového keře také ovlivňuje jeho enzymatické činnosti (Pavloušek, 2011). Nedostatek Mn se projevuje na suchých stanovištích, neutrálních až alkalických půdách s pH nad 7 (Smatanová et Sušil, 2018). To však není případ čepirožské vinice, kde je sice obsah Mn nižší a hodnota pH naopak vyšší oproti průměru ČR. Zjištěný obsah je však dle kritérií ÚKZÚZ hodnocen jako dobrý a nedostatek tohoto prvku by se neměl projevit.

Z půdního rozboru vyplývá, že většina hodnocených živin by pro rostliny vinné révy měla být dostačující. Jako nedostačující se však projevil obsah fosforu a síry. V tomto ohledu se dá po aplikaci biouhlu očekávat pozitivní efekt. Výsledky rozboru ukazují na vyšší obsah těchto živin v kompostu. Čerstvě připravený biouhel je však schopen uvolňovat velké množství dusíku a fosforu (Mukherjee et Zimmerman, 2013). Další výhodou biouhlu je, že dokáže měnit mikrobiální a nutriční stav půdy kolem kořene rostliny změnou fyzikálních vlastností půdy (např. objemová hmotnost, pórovitost a rozměr distribuce částic). Zlepšení vlastností půdy výrazně přispívá ke zvýšení účinnosti využití vody, živin a produktivity plodin (Yuan et al., 2011).

6.3 Půdní voda

Z mnoha studií vyplývá, že přidáním biouhlu do půdy je možné navýšit její kapacitu zadržování vody. Platí to především v písčitých půdách trpících nízkou retenční kapacitou a

vysokým výluhem živin (Uzoma et al., 2011). Biouhel může být prostředkem k dlouhodobému zlepšení úrodnosti půdy. Jednou z klíčových vlastností je vysoká pórovitost, díky které dokáže zadržet nebo vstřebat jiné látky. Půdy obohacené o biouhel by měly být schopné zadržet více vody (Basso et al., 2013). Tuto hypotézu měl také ověřit experiment na Čepirožské výsypce.

Vegetační sezóna v Čepirožích v roce 2020 netrpěla nedostatkem srážek. Zálivka se skokově projevila na vzrůstu potenciálu půdní vody. Z naměřených dat byl prokázán zřetelný rozdíl v potenciálu půdní vody v jamkách obsahujících směs s biouhlem a s pouhým kompostem. Během léta také bylo možné pozorovat, že půda obohacená o biouhel prokazatelně lépe zadržovala vodu, na rozdíl od kontrolního vzorku, kde potenciál půdní vody poměrně rychle klesal. Podobné výsledky přinesl i výzkum Liu et al. (2012) uskutečněný poblíž Frankfurtu nad Mohanem, v jedné z nejsušších oblastí Německa. Do půdy na kukuřičném poli byla aplikována směs biouhel/kompost a obyčejný kompost. Po dobu čtyř měsíců byly sledovány změny ve vlastnostech půdy. Během prvních dvou měsíců nebyl zaznamenán žádný výrazný rozdíl v obsahu půdní vody mezi sledovanými substráty. Signifikantní rozdíl se projevil právě až po uplynutí dvou měsíců. Po skončení experimentu bylo zjištěno, že nejlepší obsah půdní vody vykazoval substrát obohacený o biouhel, půda s kompostem vykazovala o něco horší výsledky a nejhorší hodnoty vykazovala ničím neobohacená půda.

Výsledky mnoha studií zabývajících se aplikací biouhlu do půdy se často liší v závislosti na typu plodiny, množství aplikovaného substrátu, klimatických podmínkách a půdních vlastnostech. Ve většině prací se, stejně jako v této, projevil spíše pozitivní vliv biouhlu. Existuje však i množství studií, které pozitivní vlastnosti (zejména hydrologické) půdy obohacené o biouhel neprokázaly. Například studie, kterou provedl Hardie et al. (2013) v Tasmanii v rámci nového osazování jablečného sadu neprokázala u biouhlu lepší retenční schopnost. Do země byl aplikován biouhel ze zbytků akácie, jako kontrolní vzorek byl, stejně jako v této práci, použit kompost. Sběr dat probíhal po dobu třiceti měsíců. Vyhodnocení dat neprokázalo signifikantní rozdíl v půdní vlhkosti mezi půdou obohacenou biouhlem a kontrolním vzorkem. Nicméně půda obohacená o biouhel vykazovala lepší hydraulickou vodivost a nižší objemovou hmotnost.

Krátkodobý pokus provedený v jižním Finsku (Kaarhu et al., 2011) prokázal opak. Biouhel byl aplikován na pole a po dobu 1,5 měsíce byl měřen obsah půdní vody. Ten se měnil v závislosti na srážkách a z vyhodnocených dat, stejně jako v této práci vyplývá, že půda

obohacená o biouhel držela více vody než půda kontrolní. Obsah vody v obohacené půdě byl také vyšší i v období chudším na srážky. Výzkum aplikace biouhlu na pěstovanou kukuřici v Brazílii porovnával účinek dvou různých frakcí (0,5 – 2 mm a <0,5 mm). Kromě rozdílné objemové hmotnosti a mikroporozity se u půd obohacených rozdílnými frakcemi neprojevil žádný rozdíl. Zvýšená schopnost držet vodu se prokázala u obou frakcí a nejspíše nezávisí na její velikosti (Tanure, 2019).

V rámci experimentu na vinici v Toskánsku byl po dobu čtyř let zkoumán efekt aplikace biouhlu vyrobeného ze štěpky z ovocných stromů. Bylo prokázáno, že biouhel měl vliv na fyzikální vlastnosti půdy. Půda obohacená o biouhel vykazovala nižší objemovou hmotnost a vyšší obsah vody (od 16 % do 66 %) nežli vzorky kontrolní půdy. Rostliny v obohacené půdě měly všechny čtyři roky prokazatelně vyšší výnos (až o 46 %), přičemž zároveň nedošlo k ovlivnění kvality vyprodukovaných hroznů (Gensio et al., 2015). Podobné výsledky vykazuje další experiment uskutečněný také v Toskánsku, kde se obsah vody v obohacené půdě pohyboval v hodnotách vyšších až o 45 % oproti kontrolním vzorkům (Baronti et al., 2014). Výsledky studie, kterou provedl Razzaghi et al. (2020) na základě metadat 84 různých výzkumů zabývajících se zlepšením vlastností půdy na základě aplikace biouhlu, také ukazují, že obohacená půda vykazovala lepší dostupnost vody pro rostliny a nižší objemovou hmotnost. Bylo zjištěno, že obsah vody v půdě závisí zejména na typu půdy. U středně strukturovaných půd byly zaznamenány příznivější výsledky u vzorků obohacených o biouhel, naopak u jemně strukturovaných půd se žádná změna neprokázala.

7 Závěr

Začlenit území postižené povrchovou těžbou zpět do krajiny tak, aby se stalo její plnohodnotnou součástí není vůbec jednoduchou záležitostí. Je k tomu třeba propojení specifických vědomostí z různých vědeckých oborů a dobrá znalost místních podmínek. Nakonec ani to nezaručuje úspěšný výsledek a mnohé z těchto ploch se stále potýkají se závažnými problémy jako je nedostatek živin, nízká retenční schopnost či geologická nestabilita. Komplikace tohoto charakteru se po delší dobu projevují i na výsypkové vinici v Mostě – Čepirozích, která byla předmětem řešení této diplomové práce. Cílem bylo během experimentální dosadby aplikovat do půdy substrát obohacený o biouhel a během následující vegetační sezóny sledovat jeho účinky. Původním záměrem bylo, mimo jiné, pozorování účinků rozdílných substrátů přímo na rostlinách. Vlivem nízkých teplot, které na vinici nedlouho po výsadbě panovaly však došlo k pomrznutí valné většiny sazenic a veškeré hodnocení muselo být omezeno víceméně na půdní podmínky. Z rozboru původní viniční půdy provedené metodou Mehlich 3 byl zjištěn nízký obsah přijatelného fosforu a síry. Dostupnost ostatních živin byla shledána jako dostatečná. Rozborem obou přidávaných substrátů bylo také zjištěno, že samotný kompost je na většinu živin nepatrně bohatší než směs kompostu a biouhlu. Ze dvou aplikovaných příměsí biouhlu byl vyšší obsah dostupných živin indikován v hrubší frakci. Oba substráty (biouhel i kompost) však vykazovaly vysoký obsah přijatelných živin (fosforu a síry), na které je původní viniční půda chudá. Je předpokládáno, že biouhel by měl dokázat důležité živiny udržet v delším časovém horizontu, stejně jako vodu. Předpoklad na retenci vody byl prokázán statistickým vyhodnocením dat potenciálu půdní vody. Jamky vyplněné substrátem s biouhlem vykazovaly lepší hodnoty. Výraznější rozdíly se začaly projevovat až během druhé poloviny léta. Přesto z konečných výsledků zřetelně vyplývá, že biouhel má na půdní vlhkost pozitivní dopad. Vliv na koncentrace přijatelných živin bude možné posoudit až později. Předpokládá se, že u kompostu dojde k jejich dřívějšímu vyplavení, zatímco biouhel je v kořenovém systému podrží a bude je pro rostliny uvolňovat pomaleji a déle.

Bude zajímavé sledovat vývoj situace na vinici v následujících letech, ale to již není předmětem této práce. Po zhodnocení zjištěných výsledků za uplynulou vegetační sezónu (2020) však lze konstatovat, že biouhel je efektivním prostředkem ke zlepšení kvality půdních vlastností. Jeho aplikace do zemědělské půdy, zejména v lokalitách trpících suchem

a nedostatkem živin, může přinést pozitivní efekt. Jsem přesvědčený, že na takto postižených lokalitách by se využití biouhlu v budoucnu mohlo stát běžnou praxí.

8 Reference

- 1) BARONTI S., VACCARI F.P., MIGLIETTA F., CALZOLARI C., LUGATO E., ORLANDINI S., PINI R., ZULIAN C., GENESIO L., 2014: Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L.). *European Journal of Agronomy*.
- 2) BASSO A.S., MIQUEZ F.E., LAIRD D.A., HORTON R., WESTGATE M., 2013: Assessing potential of biochar for increasing waterholding capacity of sandy soils. *Global change biology: Bioenergy* 5 (2):132-143.
- 3) BEJČEK V., CIBULKA J., FALEŠNÍK M., KURFIRŠT J., MACHOLDOVÁ E., NÁPRSTEK J., NOVÁK J., ONDÁŠEK V., ŘEHOŘ M., SIXTA J., SUCHÝ B., SVOBODA I., ŠTÁDREL P., ŠŤASTNÝ K., ŠTÝS S., ŠVEJDA J., 2003: *Obnova krajiny na Bílinsku a Tušimicku. Severočeské doly a.s. Litvínov, 237 s., ISBN 80-213-1574-1*
- 4) BERANOVÁ M., KUBAČÁK A., 2010: *Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě. Libri. Praha. 430 s., ISBN 9788072771134*
- 5) BLACKWELL P., COLLINS M., RIETHMULLER G., 2009: Biochar application to soil. In: BLACKWELL P., RIETHMULLER G.: *Biochar for environmental management – Science and Technology. Gateshead. United Kingdom, 438 s., ISBN 978-1-84407-658-1*
- 6) BLIGHT G., 2011: Mine waste, a brief overview of origins, quantities, and methods of storage, In: LETCHER T. et VALLERO D. (eds.). *Waste: A Handbook for Management. Academic Press. 604 s., ISBN: 9780123814753*
- 7) BRACKMORT K., 2010: *Biochar: Examination of an emerging concept to mitigate climate change, Congressional Research Service*
- 8) BRADSHAW A., 1997: *Restoration of mined lands—using natural processes. Ecological Engineering 8. ISSN 0925-8574*
- 9) BAUN J., VANEK G., 1990: *Pěstujeme révu vinnou. Státní zemědělské nakladatelství v Praze. Praha, ISBN 80-209-0100-0*
- 10) ČERMÁK P., KOHEL J., DEDERA F., 2002: *Rekultivace ploch devastovaných těžbou nerostných surovin v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru: metodika. Praha. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 88 s.*

- 11) CIMO G., 2014: Characterization of chemical and physical properties of biochar for energy purposes and environmental restoration
- 12) COUFAL L., HOUŠKA V., REITSCHLÄGER J. D., VALTER J., VRÁBLÍK T., 2004: Fenologický atlas. Český hydrometeorologický ústav. Praha. 263 s., ISBN 80-86690-21-0
- 13) CRISTESCU B., STENHOUSE G.B., BOYCE M.S., 2016: Large Omnivore Movements in Response to Surface Mining and Mine Reclamation. *Sci Rep* 6
- 14) CSORBA P., 2010: Anthropogenic Geomorphology and Landscape Ecology. *Anthropogenic Geomorphology*. 298 s., ISBN 978-90-481-3057-3
- 15) CULEK M., GRULICH V., LAŠTŮVKA Z., DIVÍŠEK J., 2013: Biogeografické regiony České republiky. Masarykova univerzita. Brno. 450 s., ISBN 978-80-210-6693-9
- 16) CZERNIK S., BRIDGWATER A.V., 2004: Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil. *Energy Fuels* 18 (2)
- 17) ČTVRTLÍKOVÁ M., KUČEROVÁ A., RYCHTECKÝ P., BLABOLIL P., BOROVEC J., 2018: Hydrobotanický průzkum umělých jezer Medard, Most a Milada. Zpravodaj Hnědé uhlí 4
- 18) DAMI I., SMITH M., 2020: OGEN Special Issue: Spring Frost Events and Protection Measures. The Ohio State University. Department of Horticulture and Crop Science
- 19) DEMEK J., MACKOVČIN P., 2006: Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno, 582 s., ISBN 978-80-86064-99-9
- 20) DIMITROVSKÝ K., 2001: Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. Sokolovská uhelná. Sokolov. 191 s.
- 21) DIMITROVSKÝ K., 2012: Taxonomické a ekonomické zhodnocení lesnických rekultivací včetně kvalitativní stránky dřevní hmoty. Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská. Praha. 80 s., Dep. Podnikový archiv Sokolovská uhelná
- 22) DOWNIE A., CROSKY A., MUNROE P., 2009: Physical Properties of Biochar. In: LEHMANN J., JOSEPH S.: *Biochar for environmental management – Science and Technology*. MapSet Ltd, Gateshead. United Kingdom, 438 s., ISBN 978-1-84407-658-1

- 23) DUMROESE R., PINTO J., HEISKANEN J., TERVAHAUTA A., MCBURNEY K., DUMROESE D., ENGLUND K., 2018: Biochar Can Be a Suitable Replacement for Sphagnum Peat in Nursery Production of *Pinus ponderosa* Seedlings. *Forests*. 9.
- 24) FROUZ J., PÖPERL J., PŘIKRYL I., ŠTRŮDL J., 2007: Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. Sokolovská uhelná, právní nástupce a. s. Sokolov.
- 25) GENESIO L., MIGLIETTA F., BARONTI S., VACCARI F.P., 2015: Biochar increases vineyard productivity without affecting grape quality: Results from a four years field experiment in Tuscany. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- 26) GREMLICA T., CÍLEK V., VRABEC V., ZAVADIL V., LEPŠOVÁ A., 2011: Využívání přirozené a usměrňované ekologické sukcese při rekultivacích území dotčených těžbou nerostných surovin. Ústav pro ekopolitiku, o. p. s. Praha. 108 s.
- 27) GREMLICA T., VRABEC V., CÍLEK V., ZAVADIL V., LEPŠOVÁ A., VOLF O., 2013: Industriální krajina a její přirozená obnova: Právní východiska a rekultivační metodika oblastí narušených těžbou. *Novela bohemika*. Praha. 110 s., ISBN 978-80-87683-10-1
- 28) GREMLICA T., VRABEC V., CÍLEK V., ZAVADIL V., LEPŠOVÁ A., 2015: Rekultivační metodika oblastí narušených těžbou = Reclamation methodology of post-mining area. ERA 21 15/3
- 29) GRUNWALD C., IVERSON L. R., SZAFONI D. B., 1988: Abandoned mines in Illinois and North Dakota: toward an understanding of revegetation problems. *Rehabilitating Damaged Ecosystems* 1
- 30) HÁLOVÁ E., 2011: Aktuální stav krajiny v oblasti Most – Souš. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita. Fakulta životního prostředí. Praha
- 31) HARDIE M., CLOTHIER B., BOUND S., OLIVER G., CLOSE D., 2014: Does biochar influence soil physical properties and soil water availability?. *Plant and Soil*.
- 32) HUBÁČEK V., KRAUS V., 1982: Hrozny a víno z vinice a zahrádky. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 304 s., ISBN 07-040-82
- 33) CHEN B., DANDAN Z., LIZHONG Z., 2008: Transitional Adsorption and Partition of Nonpolar and Polar Aromatic Contaminants by Bio-chars of Pine Needles with Different Pyrolytic Temperatures. Department of Environmental Science. Zhejiang University. China.

- 34) CHUMAN T., 2015: Restoration Practices Used on Post Mining Sites and Industrial Deposits in the Czech Republic with an Example of Natural Restoration of Granodiorite Quarries and Spoil Heaps. *Journal of Landscape Ecology* 8
- 35) KABRNA M., 2013: Sborník konference Jezera a mokřady ve zbytkových jamách po těžbě nerostů: Voda jako nástroj obnovy krajiny po povrchové těžbě hnědého uhlí. ENKI, Most. 232 s.
- 36) KAMMANN C., SCHMIDT H., MESSERSCHMIDT N., LINSEL S., MÜLLER CH., KOYRO H., CONTE P., JOSEPH S., 2015: Erratum: Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar. *Scientific Reports* 5
- 37) KARHU K., MATILLA T., BERGSTÖM I., REGINA K., 2011: Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – Results from a short-term pilot field study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 140 (1-2)
- 38) KLOŠ J., 2009: Historie lomu Ležáky – Most, jezero Most. Palivový kombinát Ústí. Ústí nad Labem
- 39) KRAUS V., FOFFOVÁ Z., VURM B., KRAUSOVÁ D., 2005: Encyklopedie českého a moravského vína 1. díl. Praga Mystica. Praha. ISBN 80-86767-00-0
- 40) KRŮTIL R., 1986: Jarní mrazíky a škody na révě vinné, Vinohrad, Pôdohospodárske vydavateľstvo. Bratislava. Roč. 24 (5)
- 41) KRYL V., FRÖHLICH E., SIXTA J., 2002: Zahlazení hornické činnosti a rekultivace. VŠB – technická Univerzita Ostrava. ISBN 80-248-0111-6
- 42) KUNC K., 2002: Fyzickogeografické regiony Ústeckého kraje. In: KUNC K. (ed.): *Miscellanea geographica* 9. ZČÚ v Plzni. ISBN 80–7082–805–6
- 43) LAIRD D., FLEMING P., WANG B., HORTON R., KARLEN D., 2010: Biochar Impact on Nutrient Leaching from a Midwestern Agricultural Soil. *Geoderma*
- 44) LIU J., SCHULZ H., BRANDL S., MIEHTKE H., HUWE B., GLASER B., 2012: Short-term effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*.
- 45) LYLE E S., 1987: Surface mine reclamation manual. Elsevier. New York. 268 s., ISBN 0-444-01014-9

- 46) MAKARIUS R., 1999: České horní právo, díl 1. Montanex a.s. Ostrava. 246 s., ISBN 80-7225-033-7
- 47) MOORE H. M., FOX H. R., ELLIOTT S., 2003: Land Reclamation - Extending Boundaries. CRC Press. 404 s.
- 48) MUKHERJEE A., ZIMMERMAN A., 2013: Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar–soil mixtures. Geoderma.
- 49) MUSIL S., MENŠÍK J., 1963: Vinařství, Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 408 s.
- 50) NOVOTNÁ H., 1986: Severočeský hnědouhelný revír, nositel Řádu Klementa Gottwalda a Řádu Vítězného února. Generální ředitelství koncernu SHD Most s krajským výborem Odborového svazu PHE. Most
- 51) OGAWA M., OKIMORI Y., 2010: Pioneering works in biochar research. Japan. Soil Research 48
- 52) PAVLOUŠEK P., 2011: Pěstování révy vinné: moderní vinohradnictví. Grada. Praha. 333 s., ISBN 9788024733142
- 53) PECHAROVÁ E., SVOBODA I., VVRBOVÁ M., 2011: Obnova jezerní krajiny pod Krušnými horami. Lesnická práce. Kostelec nad Černými lesy. 108 s.
- 54) POHOŘELÝ M., SEDMIHRADSKÁ A., TRAKAL L., JEVIČ P., 2019: Biochar – výroba, vlastnosti, certifikace, použití. In: Waste forum. No. 3. Praha. ISSN 1804-0195
- 55) PRACH K., ŘEHOUNEK J., ŘEHOUNKOVÁ K., 2010: Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla. České Budějovice. ISBN 978-80-87267-09-7
- 56) PRÁŠKOVÁ L. NĚMEC P., 2016: Bazální monitoring zemědělských půd půdní reakce a obsah živin. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno. 66 s.
- 57) QAMBRANI N. A., RAHMAN M. M., WON S., SHIM S., RA C., 2017: Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 31. Issue 7. ISSN 1364-0321
- 58) QUITT E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Studia Geographica. ČSAV. Brno. 73 s.

- 59) RAWAT J., SAXENA J., SANWAL P., 2019: Biochar: A Sustainable Approach for Improving Plant Growth and Soil Properties. Kumaun University. Department of Biotechnology. Bhimtal Campus. Nainital. India
- 60) RAZZAGHI F., OBOUR P. B., ARTHUR E., 2020: Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. Geoderma.
- 61) RICHTER R., HLUŠEK J., 1999: Výživa a hnojení rostlin. I. obecná část. MZLU v Brně. 177 s., ISBN 80-7157-138-5
- 62) ROCHA-NICOLEITE E., OVERBECK G.E., MÜLLER S.C., 2017: Degradation by coal mining should be priority in restoration planning. Perspectives in Ecology and Conservation. ISSN 2530-0644
- 63) ŘEHOUNEK J., 2010: Obnova těžebních prostorů může být ekologická i ekonomická. Ekologie a společnost 3/10
- 64) SÁŇKA M., VÁCHA R., POLÁKOVÁ Š., FIALA P., 2018: Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd. MŽP. Praha. 99 s., ISBN 978-80-7212-627-9
- 65) SKLENIČKA P., 2003: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková. Praha. 321 s., ISBN 80-903206-1-9
- 66) SMATANOVÁ M., SUŠIL A., 2018: Výsledky agrochemického zkoušení půd za období 2012–2017. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno. 38 s., ISBN 978-80-7401-162-7
- 67) SMOLOVÁ I., 2006: Těžební tvary, významná biocentra a zvláště chráněná území. Minerální suroviny 3
- 68) STŘALKOVÁ R., MÝLOVÁ P., 2016: Průběh počasí v Karlštejně v roce 2016 s důrazem na poškození révy vinné jarními mrazy. In Mezinárodní projekty a aktivity účastníků Národního programu rostlin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha – Ruzyně. ISBN 978-80-7427-243-1
- 69) STUPAVSKÝ V., 2008: Kapalná biopaliva – cíle a perspektivy. Biom.cz. ISSN 1801–2655
- 70) ŠTÝS S., KOSTRUCH J., NEUBERG Š., PAŘÍZEK J., PATEJDL C., SMOLÍK D., ŠPIŘÍK F., THIELE V., TOBĚRNÁ V., VESECKÝ J., 1981: Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. SNTL. Praha

- 71) ŠTÝS S., 1990: Rekultivace území devastovaných těžbou nerostů, Informační publikace č.3/1990. Praha. 192 s.
- 72) ŠTÝS S., HELEŠICOVÁ L., 1992: Proměny měsíční krajiny. Nakladatelství Bílý slon. Praha. ISBN 80-901291-0-2
- 73) ŠTÝS S., 2011: Management rekultivační obnovy dotčeného uhelnou těžbou v České republice. Minerální suroviny. ISBN 978-80-250-2556-7
- 74) ŠTÝS S., 2013: Proměny Mostecka. Most. Statutární město Most, 67 s., ISBN 978-80-260-5411-5
- 75) ŠTÝS S., BÍZKOVÁ R., RITSCHELOVÁ I., 2014: Proměny severozápadu. Český statistický úřad. Praha. 181 s., ISBN 978-80-250-2556-7
- 76) SVATOŠOVÁ L., KÁBA B., 2007: Statistické metody I. Česká zemědělská univerzita v Praze. Provozně ekonomická fakulta. 132 s., ISBN 978-80-213-1672-0
- 77) TANURE M., COSTA L., RUIZ H., FERNANDES R., CECON P., JUNIOR J., LUZ J., 2019: Soil water retention, physiological characteristics, and growth of maize plants in response to biochar application to soil. *Soil and Tillage Research*.
- 78) UZOMA M.I., ANDRY H., ZAHOOR A., NISHIHARA E., 2011: Influence of biochar application on sandy soil hydraulic properties and nutrient retention. *Journal of Food Agriculture and Environment* 9 (3):1137–1143.
- 79) VALÁŠEK V., CHYTKA L., 2009: Velká kronika o hnědém uhlí: Minulost, současnost a budoucnost těžby hnědého uhlí v severozápadních Čechách. G2 studio. Plzeň, 379 s., ISBN 978-80-903893-4-2
- 80) VANĚK V., KOLÁŘ L., ŠTÍPEK K., JAKL M., 2001: Úloha síry v rostlinách a její potřeba. In: Sborník z konference „Racionální použití hnojiv“. Česká zemědělská univerzita. Praha.
- 81) VANĚK V., 2012: Výživa zahradních rostlin. Academia Praha. 568 s., ISBN 978-80-200-2147-2.
- 82) VERHEIJEN F., JEFFERY S., BASTOS A., VELDE M., DIAFAS I., 2010: Biochar Application to Soils – A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN. 978-92-79-14293-2

- 83) VOLNÝ S., 1985: Deteriorizace a rekultivace krajiny. Vysoká škola zemědělská v Brně. Brno. 187 s.
- 84) VRÁBLÍKOVÁ J., SEJÁK J., VRÁBLÍK P., 2010: Metodika revitalizace krajiny v postižených regionech Podkrušnohoří. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. Fakulta životního prostředí. Ústí nad Labem. 76 s., ISBN 978-80-7414-195-9
- 85) WAGNEROVÁ E., 2006: Rekultivace z pohledu projektanta. Minerální suroviny 3
- 86) WALKER L. R., del MORAL R., 2003: Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation. Cambridge University Press. Cambridge. ISBN 978-0521529549
- 87) YUAN J., XU R., ZHANG H., 2011: The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. Bioresource Technology
- 88) ZAHÁLKA J., 1995: Minulost, současnost a budoucnost Podkrušnohorského regionu. Národní hospodářství 7
- 89) ŽIŽKA L., FULTNER J., 2003: Lokalita Hrabák-vinice. Projekt sanace a rekultivace sesuvného území Čepirožské výsypky: Průvodní zpráva. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. Most

Legislativní zdroje

- 1) Zákon č. 334/1992 Sb. - Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu
- 2) Zákon č. 44/1988 Sb., O ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)
- 3) Zákon č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- 4) Zákon č. 289/1995 Sb., Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon)
- 5) Zákon č. 114/1992 Sb., Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny
- 6) Zákon č. 61/1988 Sb., Zákon České národní rady o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě
- 7) Zákon č. 183/2006 Sb., Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- 8) Zákon č. 168/1993 Sb., Zákon, kterým se mění a doplňuje zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění zákona České národní rady č. 541/1991 Sb. a zákona České národní rady č. 10/1993 Sb.

- 9) Zákon č. 169/1993 Sb., Zákon, kterým se doplňuje zákon České národní rady č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění zákona České národní rady č. 425/1990 Sb. a zákona České národní rady č. 542/1991 Sb.

Internetové zdroje

- 1) AOPK: Územní ochrana. [online]. [cit. 2021.02.04]. Dostupné z: <<https://www.ochranaprirody.cz/>>
- 2) BŘENDOVÁ K, TLUSTOŠ P, SZÁKOVÁ J, BOHUNĚK M., 2015: Využití biouhlí (biocharu) k úpravě půdních vlastností. [online]. [cit. 2021.01.17]. Dostupné z: <<https://www.biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biouhlibiocharu-k-uprave-pudnich-vlastnosti>>
- 3) České vinařství Chrámce: Vinice Most – Čepirohy. [online]. [cit. 2021.02.05]. Dostupné z: <<http://www.ceske-vinarstvi.cz/cz/o-vinarstvi/nase-vinice/vinice-most-cepirohy/>>
- 4) EBC (2012) 'European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.' European Biochar Foundation (EBC). [online]. Arbaz. Switzerland. Version 8.2E of 1st September 2019. [cit. 2021.01.17], Dostupné z: <<http://www.europeanbiochar.org/en/download>>
- 5) Ekologické centrum Most: Čepirožská výsypka. [online]. [cit. 2021.02.05]. Dostupné z: <https://www.ecmost.cz/rekultivace.php?page=pruvodce_cepirohy>
- 6) Geomorfologie Československa. [online]. [cit. 2021.01.30]. Dostupné z: <<http://www.geomorfologicka-ceskoslovenska.bluefile.cz>>
- 7) HAYES J., 2015: Returning mined land productivity through reclamation. [online]. [cit. 2020.11.12]. Dostupné z: <<https://www.worldcoal.org/returning-mined-land-productivity-through-reclamation>>
- 8) Hydrosystémy s.r.o., 2011: Přeměna biomasy v biochar. Energetická a materiálová přeměna biomasy. [online]. [cit. 2021.02.22]. Dostupné z: <<http://www.hydrosystemy.cz/produkty/53-nakladani-s-kaly/55-zpracovani-kalu-pyrolyzou/67-pyrolyzni-modul-pyreg>>
- 9) International Biochar Initiative: About biochar. [online]. [cit. 2021.01.16]. Dostupné z: <<https://www.biochar-international.org/>>

- 10) Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2021: Těžba hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi (Mostecké pánvi). [online]. [cit. 2021.22.03]. Dostupné z: <<https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/ministerstvo/aplikace-zakona-c-106-1999-sb/informace-zverejnovane-podle-paragrafu-5-odstavec-3-zakona/-tezba-hnedeho-uhli-v-severoceske-hnedouhelne-panvi-mostecke-panvi--259932/>>
- 11) Palivový kombinát Ústí s.p.: Jezero Most. [online]. [cit. 2021.02.03]. Dostupné z: <<https://www.pku.cz/cs/aktuality-jezera-most-52/>>
- 12) PRŮCHA J., 2015: Historické milníky horního práva. [online]. [cit. 2020.11.23]. Dostupné z: <<https://www.iuhli.cz/historicke-milniky-horniho-prava>>
- 13) Rekultivace a management nepřírodních biotopů v České republice., 2011: Praha: Ministerstvo životního prostředí. [online]. [cit. 2020.08.23]. Dostupné z: <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/rekultivace_neprirodnich_biotopu/\\$FILE/OOOPK-Zaverecna_zprava_2007-20150119.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/rekultivace_neprirodnich_biotopu/$FILE/OOOPK-Zaverecna_zprava_2007-20150119.pdf)>
- 14) SMOLÍK D., DIRNER V., VAVRO M., ROLNÍČKOVÁ M., 2006: M. Modul 7: Význam rekultivace jako proces obnovy narušené biosféry. [online]. [cit.2021.01.07]. Dostupné z: <<https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/546/.content/galerie-souboru/Studijni-materialy/EV-modul7.pdf>>
- 15) ŠANDA V., 2007: Odstraňování následků hornické činnosti. [online]. [cit. 2020.11.30.]. Dostupné z: <<http://www.mpo.cz>>
- 16) ŠTÝS S.: Historie rekultivací na Mostecku. [online]. [cit.2020.12.8]. Dostupné z: <http://www.ecmost.cz/rekultivace.php?page=historie_predvalecna>
- 17) VRÁBLÍKOVÁ J., 2010: Rekultivace území po těžbě uhlí na příkladu severních Čech. [online]. [cit.2021.10.19]. Dostupné z: <http://147.213.211.222/sites/default/files/2010_1_024_029_vrablikova.pdf>

9 Přílohy

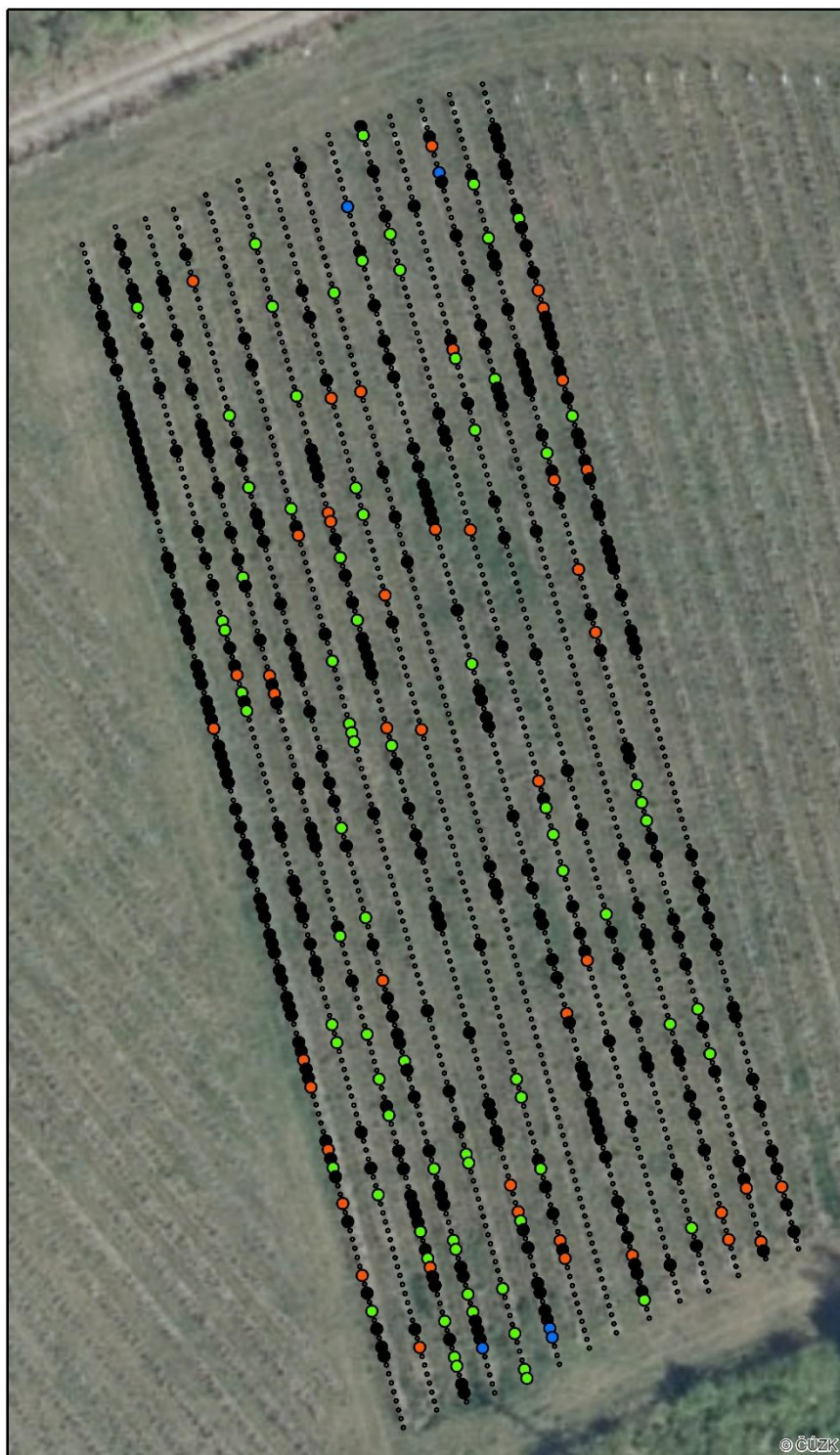
Vinice na Čepirožské výsypce po výsadbě (duben 2020)



Příloha 1: Mapové zobrazení stavu sazenic na vinici po výsadbě (duben, 2020)

Vinice na Čepirožské výsypce

Kontrola č. 1 (13.7.2020)



Stav rostlin:

-  Živá sazenice
-  Poškozená sazenice
-  Mrtvá sazenice
-  Nenalezená sazenice
-  Stará rostlina

1:500

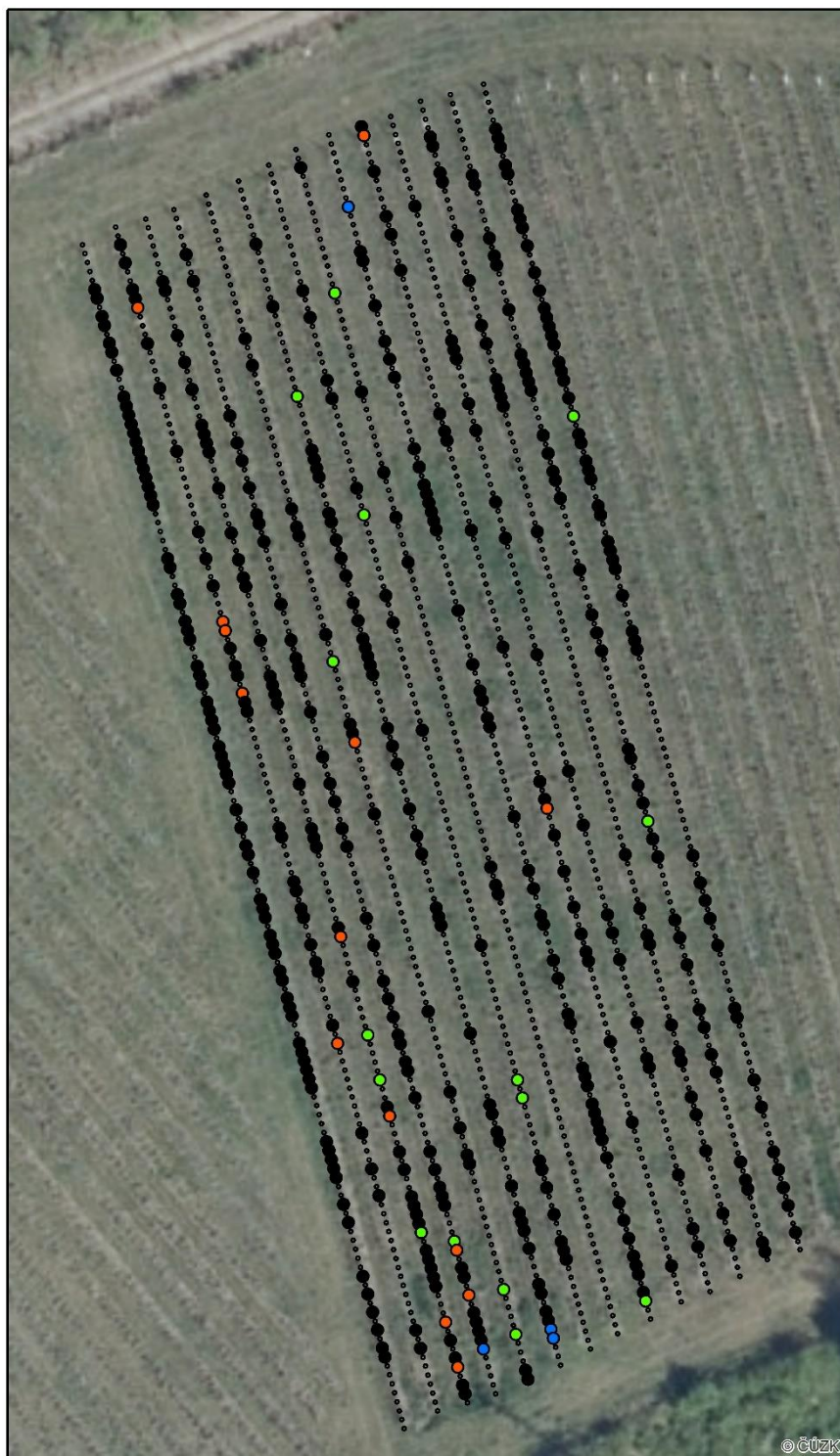
Autor: Mikuláš ČAPLA
Česká zemědělská univerzita, FŽP
Software: Arcgis 10.7
Souřadnicový systém:
S-JTSK Křivák, East-North
Datum: 28.2.2021
Zdroj dat: Ortofoto ČR[online],
ČUZK, Cit [28.2.2021],
<https://cuzk.cz/CZ-00025712>
-CUZK_ORTOFOTO

© ČUZK

Příloha 2: Mapové zobrazení stavu sazenic na vinici po první kontrole (červenec, 2020)

Vinice na Čepirožské výsypce

Kontrola č. 2 (5.8.2020)



Stav rostlin:

- Živá sazenice
- Poškozená sazenice
- Mrtvá sazenice
- Nenalezená sazenice
- Stará rostlina

1:500

Autor: Mikuláš ČAPLA
Česká zemědělská univerzita, FŽP
Software: Arcgis 10.7
Souřadnicový systém:
S-JTSK Křivák, East-North
Datum: 28.2.2021
Zdroj dat: Ortofoto ČR[online],
ČUZK, Cit [28.2.2021].
<https://cuzk.cz/CZ-00025712>
-CUZK_ORTOFOTO

Příloha 3: Mapové zobrazení stavu sazenic na vinici po druhé kontrole (srpen, 2020)



Příloha 4: *Dosadba na čepirožské výsypce (Duben, 2020), autor: Mikuláš Čapla*



Příloha 5: *Směs biouhlu a kompostu ořípavená k aplikaci do půdy, autor: Mikuláš Čapla*



Příloha 6: Odběr vzorků půdy z vinice, autor: Ing. Markéta Hendrychová Ph.D.



Příloha 7: Připravené vzorky půdy, autor: Mikuláš Čapla



Příloha 8: *Původní viniční půda (vlevo) a směs biouhel/kompost (vpravo), autor: Mikuláš Čapla*



Příloha 9: *Závlaha sazenic, autor: Mikuláš Čapla*



Příloha 10: *Pohled na vinici zdola – první kontrola (13.7.2020), autor: Mikuláš Čapla*



Příloha 11: *Zdravá přeživší sazenice (13.7.2020), autor: Mikuláš Čapla*



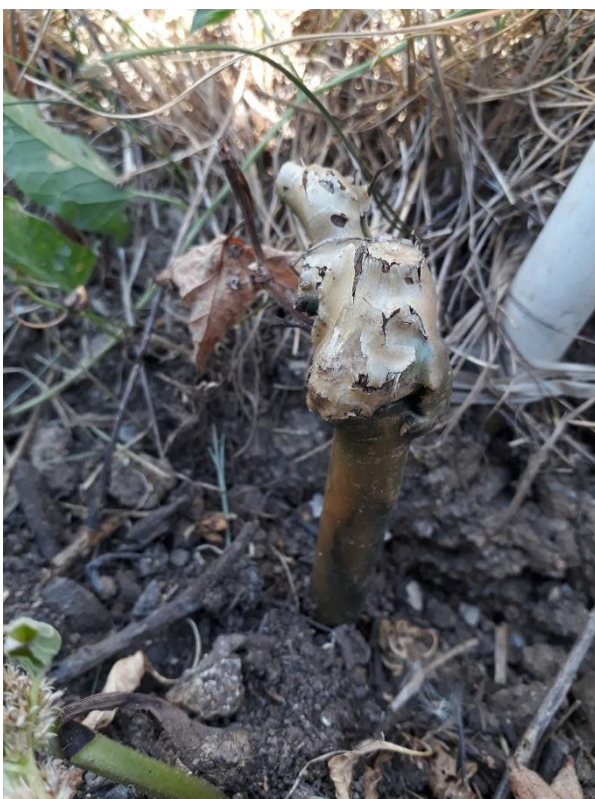
Příloha 12: *Mrtvá sazenice (13.7.2020), autor: Mikuláš Čapla*



Příloha 13: *Pohled na vinici zdola – první kontrola (5.8.2020), autor: Mikuláš Čapla*



Příloha 14: *Zdravá přeživší sazenice (5.8.2020), autor: Mikuláš Čapla*



Příloha 15: *Mrtvá sazenice (5.8.2020), autor: Mikuláš Čapla*