

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

Bakalářská práce

Energetické využití rostlin pěstovaných
k rekultivaci

Using of plants grown for land rehabilitation in power engineering

Vedoucí práce:
Ing. Petr Jindra

Autor:
Lenka Fránová

2014

Anotace

Cílem této bakalářské práce je analýza potenciálu polních energetických plodin v oblasti rekultivace. První kapitola definuje pojem biomasa, druhá kapitola je zaměřena na povrchovou těžbu České republiky, její vliv na životní prostředí, zejména z pedologického hlediska, a možnosti rekultivace. Třetí kapitola se zabývá polními energetickými plodinami a možnostmi jejich využití v energetice, čtvrtá část stručně popisuje současnou těžbu v Plzeňském kraji a podrobněji se zabývá kaolinovým dolem v obci Kaznějov, jehož možnou rekultivaci pomocí energetických plodin řeší poslední část práce.

Abstract

The goal of this thesis is to analyse the energy crops and possibilities of their utilization for land rehabilitation. The first chapter defines biomass as a term, the second one is aimed at the surface mining in Czech republic, its environmental impact and the reclamation options. The third chapter deals with the energy crops and their possible utilization in power engineering, the fourth part shortly provides with the surface mining in the district of Pilsen and focuses in China-clay mine in the town of Kaznějov. The last chapter is devoted to the project of reclamation of this mine with the energy crops.

Klíčová slova

Biomasa, Obnovitelné zdroje energie, Rekultivace, Energetické plodiny, Spalování, Těžba, Kaolín, Pelety, Kaznějov

Keywords

Biomass, Renewable energy resources, Reclamation, Energy crops, Combustion, Mining, Pellets, China-clay, Kaznějov

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na základě studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

V Plzni dne

Lenka Fránová

Obsah

Seznam obrázků.....	6
Seznam použitých zkratk.....	7
Úvod.....	8
1 Biomasa.....	9
1.1 Definice.....	9
1.2 Rozdělení biomasy.....	9
1.3 Možnosti využití biomasy.....	10
1.4 Energetický potenciál biomasy.....	10
1.5 Cíleně pěstovaná biomasa.....	12
2 Rekultivace krajiny postižené erozí.....	13
2.1 Půda.....	13
2.2 Ohrožení půdy erozí.....	14
2.3 Ochrana půdy před erozí.....	15
2.4 Rekultivace.....	16
2.5 Těžba nerostných surovin v ČR.....	17
2.6 Rostliny vhodné k rekultivaci půdy.....	19
3 Energetické plodiny.....	20
3.1 Rostliny jednoleté a dvouleté.....	20
3.2 Rostliny víceleté.....	21
3.3 Energetický potenciál.....	26
3.4 Využití PEP v ČR.....	26
3.5 Možnosti spalování.....	27
4 Plzeňský kraj.....	32
4.1 Těžba nerostných surovin Plzeňského kraje.....	32
4.2 Kaolín.....	34
4.3 Lom Kaznějov.....	34
5 Návrh rekultivace vybraného území.....	39
5.1 Technická rekultivace.....	39
5.2 Biologická rekultivace.....	40
Závěr.....	45
Použitá literatura.....	47

Seznam obrázků

Obrázek 1: Dělení biomasy dle původu	10
Obrázek 2 Ukázka různých forem biomasy pro energetické účely, dřevní štěpka, kusové dřevo, pelety a brikety (Zdroj: vlastní)	11
Obrázek 3 Pedologická mapa ČR (5).....	13
Obrázek 4 Těžba nerostných surovin ČR (5).....	18
Obrázek 5 Výstava Biomasa v rámci veletrhu TechAgro v Brně (Zdroj: vlastní)	27
Obrázek 6 Různé druhy pelet (Zdroj: vlastní).....	28
Obrázek 7 Zařízení na spalování celých balíků biomasy (Zdroj: vlastní).....	30
Obrázek 8 Kotel na biomasu pro použití v domácnosti (Zdroj: vlastní)	31
Obrázek 9 Vnitřní část haldy Zbůch- vytěžený prostor (Zdroj: vlastní)	33
Obrázek 10 Vnější svahy haldy Zbůch porostlé vegetací (Zdroj: vlastní)	33
Obrázek 11 Kaolínový důl Kaznějov I (Zdroj: vlastní).....	34
Obrázek 12 Území stávajících i plánovaných DP v okolí obce Kaznějov (výřez z mapy 1:50 000) (14)	35
Obrázek 13 Již uzavřený a rekultivovaný DP Kaznějov(Zdroj: vlastní)	36
Obrázek 14 DP Kaznějov I (Zdroj: vlastní)	36
Obrázek 15 DP Kaznějov I (Zdroj: vlastní)	36
Obrázek 16 Plánovaná rekultivace v DP Kaznějov I (15)	37
Obrázek 17 Sklizeň energetického šťovíku (20).....	41
Obrázek 18 Agropelety vyrobené z energetického šťovíku (Zdroj: vlastní).....	42

Seznam použitých zkratk

BPS	Bioplynová stanice
DP	Dobývací prostor
ERÚ	Energetický regulační ústav
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PEP	Polní energetické plodiny
RRD	Rychle rostoucí dřeviny
SHP	Severočeská hnědouhelná pánev
VÚRV	Výzkumný ústav rostlinné výroby
ZHP	Západočeská hnědouhelná pánev

Úvod

Biomasa je v České republice významným obnovitelným zdrojem elektrické energie, a také tradičním zdrojem tepla. Roste obliba spalování biomasy a produktů z biomasy za účelem získání energie v elektrárnách a teplárnách, nebo vytápění průmyslových objektů i domácností, kde biomasa částečně nebo úplně nahrazuje fosilní paliva.

Dalším tématem, kterým se tato práce zabývá, je rekultivace povrchových dolů. Po ukončení těžby nerostných surovin zpravidla zbývají obrovské plochy zdevastované krajiny, nevhodné pro jakékoliv další využití bez patřičných zásahů (typickým příkladem jsou vytěžené hnědouhelné doly na Ústecku či Mostecku). V první polovině devadesátých let se začalo s výzkumem pěstování polních energetických plodin a jejich využití při rekultivacích. Během uplynulých dvaceti let bylo vyzkoušeno, a ve větší či menší míře i aplikováno několik desítek druhů těchto rostlin, které svými vlastnostmi umožňují vysazování a pěstování i ve velmi nehostinných podmínkách, navracejí do půdy živiny, urychlují proces rekultivace a připravují ji pro další (například zemědělské) využití. Krom malých nároků na životní prostředí vynikají tyto plodiny velmi rychlým růstem, a jsou tedy vhodné k použití při výrobě energie.

Na českých odborných internetových portálech, zabývajících se obnovitelnými zdroji energie, se stále objevují nové články o perspektivách těchto rostlin. Rozhodla jsem se proto prozkoumat jejich možnosti detailně, najít nějaké úspěšně realizované projekty a navrhnout možnou aplikaci na Plzeňsku.

1 Biomasa

1.1 Definice

Biomasa obecně je veškerá hmota biologického původu, tedy veškeré rostliny, dřeviny, živočichové a mikroorganismy včetně jejich uhynulých těl.

Biomasu lze dělit na několik druhů zahrnující dendromasu (dřevní biomasa), fytomasu (biomasa z bylin, včetně zemědělských plodin) a biomasu živočišného původu. Jedním z druhů biomasy jsou tak i biologicky rozložitelné odpady (čisté nebo vytríděné z ostatních složek). (1)

Tato práce je zaměřena zejména na biomasu rostlinného původu.

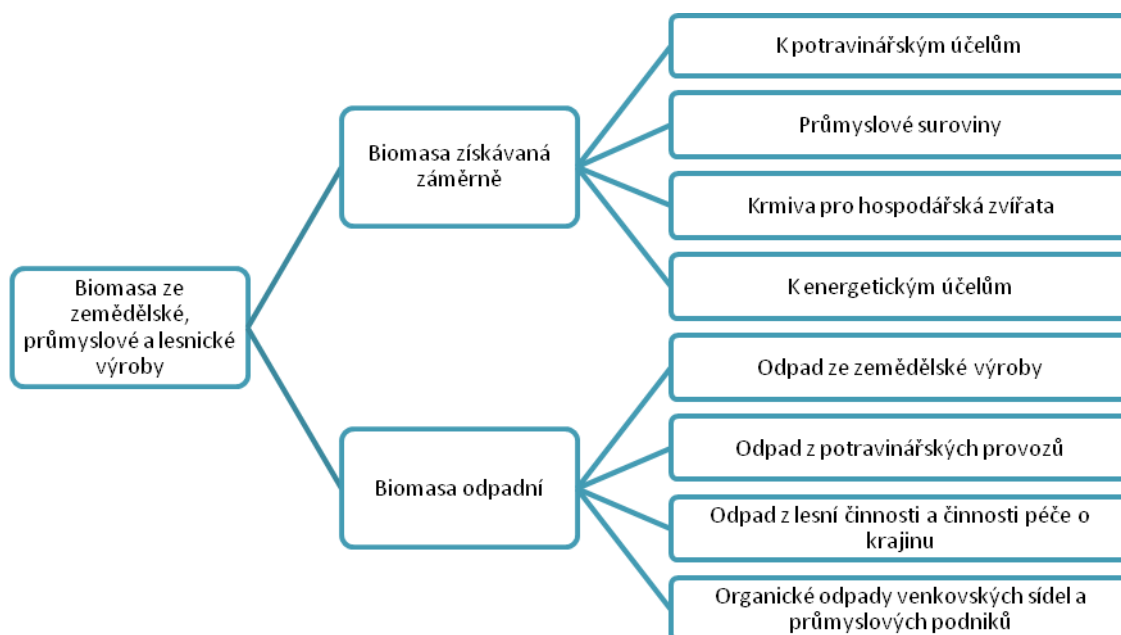
1.1.1 Vznik rostlinné biomasy

Výživa rostlin probíhá pomocí procesu zvaného fotosyntéza, během něhož rostliny odebírají z atmosféry oxid uhličitý a pomocí barviva chlorofylu a energie slunečního záření z něj vytvářejí glukózu a řadu organických látek nutných k jejich životu, za vzniku kyslíku. Uvolněný kyslík přitom nepochází ze zpracovávaného CO₂, nýbrž vody, která je přítomna ve všech probíhajících chemických reakcích rostlin. Sluneční energie využitá pro růst a výživu rostliny je tedy určitým způsobem „uložena“ a je ji možné využívat mimo jiné k získání energie.

1.2 Rozdělení biomasy

Biomasu lze dělit dle několika kritérií (původ, způsob zpracování, v energetice také vlhkost, výhřevnost nebo druh získané energie aj.).

Rozdělení dle původu, resp. účelu popisuje Obrázek 1.



Obrázek 1: Dělení biomasy dle původu

1.3 Možnosti využití biomasy

Nejstarším a stále ještě nejdůležitějším využitím biomasy je získávání potravy pro lidi i zvířata. Biomasa je dále velmi důležitou surovinou ve stavebnictví a průmyslu, v posledních letech stoupá její využití i v oblasti dopravy jako zdroje energie pro dopravní prostředky.

Další nezanedbatelnou a tradiční možností využití biomasy je výroba tepla a elektrické energie. Ve střední Evropě tvoří biomasa největší podíl OZE.

1.4 Energetický potenciál biomasy

Jak naznačuje Obrázek 1, biomasu využitelnou pro energetické účely rozeznáváme především jako zbytkovou (odpadní), např. dřevní odpady z lesního hospodářství a papírenského, dřevařského a nábytkářského průmyslu (zbytky po těžbě dřeva, odřezky, piliny, hobliny), vedlejší výrobky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (řepková, kukuřičná či obilná sláma, seno, zbytky krmiv), komunální bioodpad a odpady z potravinářského průmyslu (zbytky z pivovarů, cukrovarů, jatek, mlékáren); a cíleně pěstovanou biomasu- energetické byliny a rychle rostoucí dřeviny, na které se ve své práci zaměřuji.

Dostupný a ekonomicky využitelný potenciál biomasy pro energetické využití je, a zřejmě ještě dlouho bude, diskutovanou otázkou. Analýzy prováděné v posledních letech (většinou jako součást energetických koncepcí jednotlivých územních celků) se

od sebe liší použitou metodikou i výsledky. Energetický potenciál je totiž zejména pro větší územní celky špatně definovatelný, jako omezující faktory zde vystupují ekonomické a legislativní podmínky, energetická politika státu, investiční a provozní



Obrázek 2 Ukázka různých forem biomasy pro energetické účely, dřevní štěpka, kusové dřevo, pelety a brikety (Zdroj: vlastní)

náklady, mohou to ale být i další omezení, např. environmentální (chránění území, pásma hygienické ochrany)

Přestože biomasa pěstovaná pro energetické účely pochází z celé řady druhů rostlin a obsahuje široké spektrum chemických látek, její energetický potenciál je ve velké většině případů podobný, jednotlivé druhy se ale od sebe liší obsahem vody a objemem, který při dané hmotnosti zaujmají. Výhřevnost suché biomasy je zpravidla v rozmezí 15 MJ/kg - 19 MJ/kg. (2)

V této souvislosti je vhodné zmínit, že za obnovitelný zdroj energie nelze považovat fosilní paliva, ač před dávnou dobou z biomasy vznikla. Pod pojmem biomasa rozumíme pouze materiál vzniklý v geologicky současné době.

1.4.1 Potenciál biomasy v ČR

Z hlediska využitelného potenciálu je biomasa pro ČR velmi perspektivní obnovitelný zdroj elektrické energie a tepla. Její využití je dobře technicky zvládnutelné. Dále zde odpadají problémy se stabilitou dodávek, jako je tomu např. u energie sluneční, či větrné. Případné výkyvy dodávek lze navíc poměrně snadno kompenzovat kombinací biomasy a fosilních paliv. Převážná část výroby elektřiny z biomasy je v současné době zajišťována spoluspalováním biomasy s uhlím v teplárenských kotlích, rozšiřují se ale i domácí kotle na spalování biomasy.

Největším zdrojem biomasy v ČR jsou odpadní hmoty (sláma různých obilovin, zbytky řepky a kukuřice, dřevní štěpka,...), rozšiřuje se ale i cílené pěstování rostlin za účelem produkce biomasy k energetickému využití.

1.5 Cíleně pěstovaná biomasa

Termínem cíleně (záměrně) pěstovaná biomasa jsou označovány takové druhy dřevin, trvalek a bylin, jejich kultivary a odrůdy, přírodní a záměrní kříženci, jejichž růst a objemová produkce při intenzivním pěstování výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních plodin ve sledované oblasti. (3)

Teoreticky lze pro výrobu energie použít každou rostlinu, praktický význam mají ale pouze rostliny s určitými vlastnostmi. Kromě výše jmenovaných to jsou: vysoká výhřevnost, vysoký obsah sušiny (nízký obsah vody) v době sklizně, nenáročnost na vodu a živiny, odolnost vůči vlivům prostředí, chorobám a škůdcům.

Pro technické plodiny, pěstované za účelem získání energie, se vžil název energetické plodiny. Energetické plodiny lze rozdělit na dřevnaté a nedřevnaté.

Nedřevnaté rostliny, označované zkratkou PEP (polní energetické plodiny) dosahují velkých výnosů a lze je sklízet běžnou zemědělskou technikou. Jedná se o byliny jednoleté, víceleté i trvalé, např. šťovík, ozdobnice, křídlatka, srha laločnatá, lesknice rákosovitá, konopí seté, komonice bílá a další.

Mezi dřevnaté energetické plodiny vhodné pro pěstování v ČR patří zejména druhy topolů, vrb, jasanů, případně jilm horský. Popularita rychle rostoucích dřevin v posledních letech stoupá a roste počet plantáží s těmito dřevinami.

Hodnoty výhřevnosti, spalného tepla a výnosu energetických plodin jsou závislé na lokalitě, druhu a jakosti půdy, podnebí a dalších faktorech, při volbě konkrétního druhu pro danou oblast je třeba všechny tyto faktory zvážit. Podrobně se těmito rostlinami zabývá kapitola 3.

2 Rekultivace krajiny postižené erozí

2.1 Půda

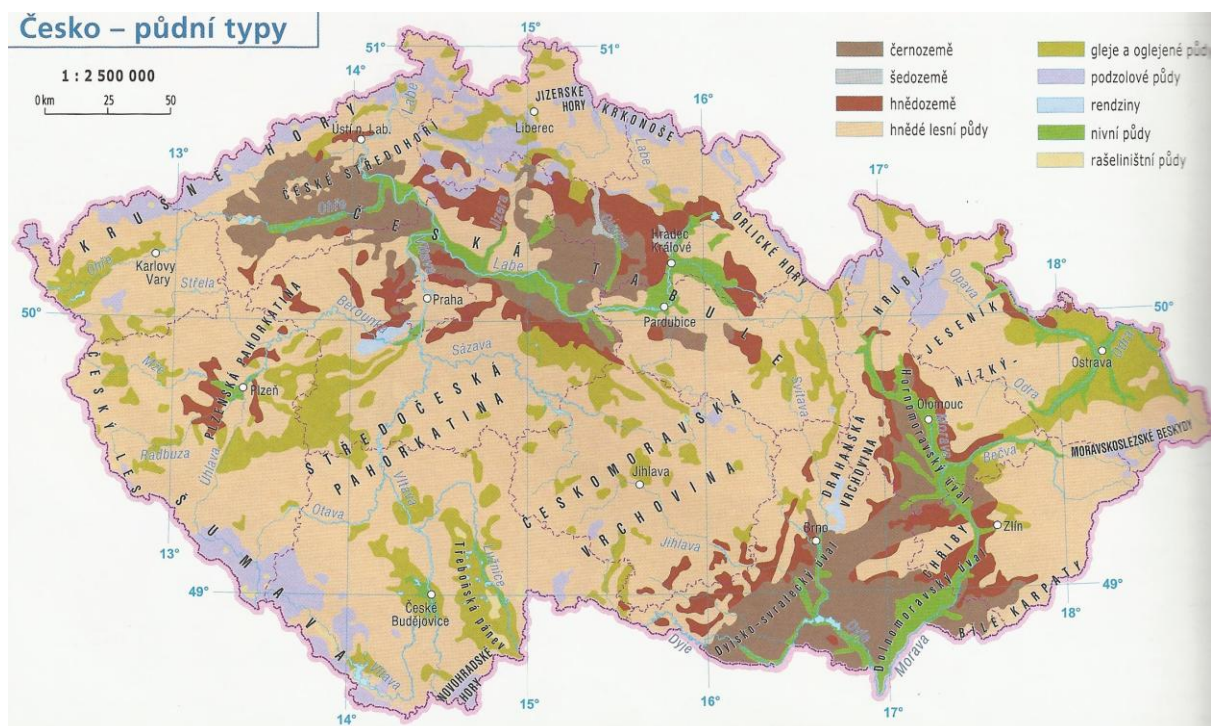
Půda je nejsvrchnější část zemské kůry. Je tvořena směsí minerálů, odumřelé organické hmoty a živých organismů. Je vertikálně členěná, propojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických sedimentů. (4)

Vědní obor zabývající se půdou se nazývá pedologie.

2.1.1 Klasifikace půd

Půdy lze klasifikovat podle několika kritérií, v závislosti na tom, k jakému účelu klasifikaci provádíme. V zásadě se ale vždy hodnotí nejdůležitější vlastnosti, tedy barva, zrnitost, kyselost, schopnost sorpce, obsah živin, humusu a karbonátů a dalších prvků.

Za účelem klasifikace půd v rámci určitých krajinných celků vznikají tzv. půdní mapy (viz Obrázek 3 Pedologická mapa ČR).



Obrázek 3 Pedologická mapa ČR (5)

2.1.2 Funkce půdy

Půda má svoji nezastupitelnou úlohu v krajinném ekosystému a plní zde mnoho důležitých funkcí, z nichž nejdůležitější jsou funkce:

- Produkční - půda je zdrojem rostlinné, a potažmo i živočišné produkce
- Prostorová - poskytuje základnu pro různé socioekonomické aktivity člověka
- Hydrologická a vodohospodářská – je infiltračním prostředím pro atmosférické srážky, zprostředkovává retenci (dočasné zadržování vody), akumulaci a drenáž (odvodňování) vody v přírodě, je také zásobárnou vody pro napájení vodních toků
- Ekologická – půda zabezpečuje život rostlinám a živočichům, je zásobárnou minerálních látek a živin nezbytných k životu
- Sanitární a hygienická – je prostředím pro látkovou a energetickou výměnu, má filtrační (oddělování a zadržování nežádoucích látek z vody) a samočisticí (zneškodňování nežádoucích látek) funkci
- Sociální a kulturní – půda je předmětem vlastnictví a zdrojem obživy lidí, je také svědectvím a výsledkem civilizačního vývoje a kulturním dědictvím

Tyto funkce jsou v různém rozsahu narušovány a omezovány erozí.

2.2 Ohrožení půdy erozí

Eroze je proces rozrušování zemského povrchu působením přírodních sil a transportu uvolněných částic. Vyskytuje se přirozeně u hornin, půdy, nebo např. v korytech vodních toků, a za normálních okolností probíhá tak pomalu, aby se půda zase přirozeným způsobem mohla dotvářet. Vlivem lidské činnosti je tento proces značně urychlen, a dochází tak k odnosu povrchových vrstev, jehož rychlost je vyšší než rychlost přirozené tvorby půdy.

2.2.1 Vodní eroze

Vodní eroze zemědělských půd ohrožuje produkční i mimoprodukční funkce půdy, čímž vznikají rozsáhlé škody způsobené povrchovým odtokem a smyvem půdy, čímž je půda připravována o svou nejurodnější část – ornici. Dále dochází ke snižování obsahu živin, humusu, ztrátě osiv a sadby, či hnojiv. Unášené látky (zejména hnojiva a prostředky na ochranu rostlin) dále znečišťují vodní toky a zanášejí akumulární nádrže.

2.2.2 Větrná eroze

Větrná eroze je narušování svrchních vrstev půdy mechanickým unášením jemných částic (klouzáním, válením nebo drobnými skoky na krátké vzdálenosti, v případě prашných bouří unášením i na vzdálenosti mnoha kilometrů) do míst sedimentů. Vyskytuje se na velkých, odkrytých plochách.

2.2.3 Eroze způsobená těžbou nerostů nebo jinou lidskou činností

Jde o devastaci rozsáhlých území těžbou nerostných surovin. Lokality bývalé povrchové těžby charakterizují četné jámy nebo lomy s rovinnými dny tvořenými zbytky vytěžených hornin ve formě různých výsypek a valů. Typické jsou také velmi strmé svahy po obvodu. Během teplých měsíců jsou tato místa extrémně vysušována, zároveň jsou velmi náchylná na zatopení a hromadění vody během období dlouhých dešťů.

Zbytková území po hlubinné těžbě charakterizují četné deformace povrchu terénu (tzv. pinky), šířící se na všechny strany, v závislosti na délce a uspořádání důlních šachet a okolních půdních podmínkách. V oblastech s nízkou nadmořskou výškou, zejména v blízkosti řek dochází k podmáčení půdy.

V těchto oblastech je pro další využití zpravidla nezbytná rekultivace, tedy technologická úprava, pomocí které jsou v krajině a půdě obnoveny přirozené funkce.

2.3 Ochrana půdy před erozí

Existuje několik opatření, kterými lze zamezit, nebo alespoň zpomalit vodní či větrnou erozi. Většina z nich vyžaduje dlouhodobé dodržování, často je třeba změnit způsob hospodaření na zemědělské půdě.

Mezi běžná protierozní opatření patří:

- Přerozdělení a lepší uspořádání tvarů pozemků
- Úprava pozemků sloužících k pěstování jednotlivých kultur - rozdělení na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice, ...
- Protierozní rozmístění plodin – využití přirozené ochrany plodin proti erozi při tradičním způsobu pěstování
- Ochranné zatravnění (aplikuje se např. na orné půdě větších sklonů) a zatravnění meziřadí (používá se u vinic, chmelnic a sadů)

- Vrstevnicové obdělávání – obdělávání po směru vrstevnic zlepšuje retenční schopnost půdy
- Použití vhodné zemědělské techniky – snaha zamezit utužování půdy
- Zalesňování – např. zalesňování obnažených svahů v horských oblastech
- Pásové střídání plodin – vložení pásu plodiny méně ohrožené erozí (travní porost, vojtěška,...) mezi pásy plodiny více ohrožené.
- Hrázkování, důlkování – vytvoření mechanických zábran (hrázek, mezí, příkopů, teras či cest) odtékající vodě a prostor k její retenci.

Jak bylo výše řečeno, tato opatření jsou vhodná pro zemědělské půdy postižené větrnou nebo vodní erozí, pro obnovu půdy zdevastované těžbou nerostných surovin však nejsou dostačující, zde je třeba přistoupit k rekultivaci. (6)

2.4 Rekultivace

Cílem rekultivace je odstranění ekologických následků těžby nerostných surovin a obnova krajiny, respektive snaha uvést ji co možná nejvíce do stejného stavu, v jakém se nacházela před zahájením těžby. Jedná se zejména o vytvoření a rozvoj podmínek pro samostatně životaschopnou krajinu, která může být dále využitelná k průmyslovým, rekreačním, zemědělským nebo jiným účelům.

Ne vždy je ale rekultivace nutná. Odborníci, kteří se výzkumem obnovy krajiny dlouhodobě zabývají, zastávají názor, že krajina sama o sobě má obrovský potenciál postupně se rekultivovat sama, a pokud nemáme pro danou lokalitu konkrétní využití, je možné využít spontánní sukcese k samovolné obnově (výjimku tvoří území kontaminovaná toxickými látkami, nebo nadměrně kyselé výsypky). Ta sice trvá déle, než umělá rekultivace (zatímco se doba rekultivace pohybuje v rozmezí 8-12 let, obnova krajiny přirozenou sukcesí trvá déle než 20 let), náklady jsou ovšem nesrovnatelně nižší. Jako vždy je tedy třeba zvážit všechny ekonomické a ekologické faktory. (7)

2.4.1 Metody rekultivace

Způsob rekultivace se volí s ohledem na danou lokalitu, tedy na umístění, technologii těžby, velikost lokality, rozsah devastace, dostupnost a také na intenzitu industrializace a urbanizace okolní krajiny. Zpravidla se však provádí ve dvou fázích, a to rekultivace technická, která je nezbytnou přípravou pro rekultivaci biologickou.

Při technické rekultivaci dochází k upravení povrchu do žádoucího tvaru zavezením a vhodným rozmístěním půdy, která byla odstraněna během těžby, a která se většinou ponechává poblíž místa těžby v podobě valů. Nejlepší efektivita je možno dosáhnout takovým způsobem těžby, který respektuje budoucí rekultivaci, takže dochází k minimálnímu poškození území při maximální výtěžnosti ložiska. Před zahájením těžby se provede pedologický průzkum, na základě čehož se potom odstraněné svrchní půdy selektují a ukládají tak, aby nedocházelo k jejich degradaci a bylo je po zahájení rekultivace možno rozvézt na určená místa. Po této úpravě povrchu lze přistoupit k biologické rekultivaci.

Biologická rekultivace se provádí vysazováním zeleně na upravených plochách. Podle způsobu budoucího využití krajiny ji lze rozdělit na zemědělskou, lesnickou, vodohospodářskou a ostatní.

Vodohospodářská rekultivace spočívá v řízeném zatápní zbytkových jam a vytváření jezer využitelných buď k rekreačním účelům, nebo jako rezervoáry vody. V současné době jsou takto zatopeny čtyři lomy v severozápadních Čechách, pracuje se na vytvoření dalších 8 jezer. (8)

Výsledkem tzv. ostatních rekultivací jsou plochy upravené nejčastěji jako rekreační zeleň, například parky, sady, stromořadí, příměstská zeleň, úprava okolí průmyslových objektů či sportovní plochy.

2.5 Těžba nerostných surovin v ČR

Na území ČR se těží množství nerostných surovin, mezi nejvýznamnější patří ložiska vápence (Barrandien, Jeseníky), žáruvzdorné jíly, bentonit, křemenec a písek, které se vedle hnědého uhlí těží v oblastech severočeské pánve, kaoliny (Plzeňsko, Podbořansko), lupek, sklářský písek (Česká křída), stavební a dekorační kámen, který se nachází na území celé republiky, a také ložiska rud, jako například pyrit a mangan (Železné hory), olovo, zinek a cín (Jeseníky) a uranu (Stráž pod Ralskem, Rožná) a také černé a hnědé uhlí. Více popisuje ložiska nerostných surovin Obrázek 4.



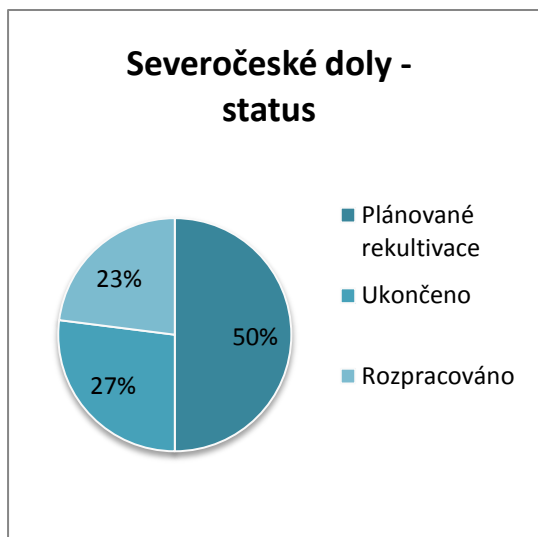
Obrázek 4 Těžba nerostných surovin ČR (5)

2.5.1 Povrchové uhelné doly

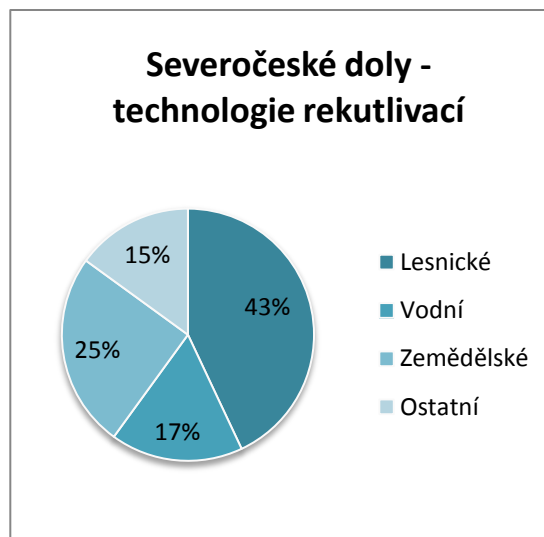
Nejrozsáhlejší území devastovaná povrchovou těžbou zůstávají po těžbě hnědého uhlí. Jejich většina se u nás nachází v Ústeckém kraji v oblasti severočeské hnědouhelné pánve (SHP) a západočeské hnědouhelné pánve (ZHP), kde jsou desetitisíce hektarů půdy pokryty výsypkami a odvaly hornin. Jedná se o oblasti v regionech Chomutov, Most, Teplice a Ústí nad Labem, v severozápadních Čechách potom oblast Sokolovska v Karlovarském kraji.

Podle odhadů obsahuje Severočeská hnědouhelná pánev zhruba 3 miliardy tun uhlí (z původních 9 mld) a celkem zaujímá prostor 26 500 ha, Západočeská hnědouhelná pánev obsahuje přibližně 1 mld t uhlí na cca 9300 ha půdy. (8) Mnoho dolů bylo již zavřeno a těžba v nich byla ukončena, pracuje se také na rekultivacích.

Stav rekultivací v oblasti SHP popisují grafy 1 a 2.

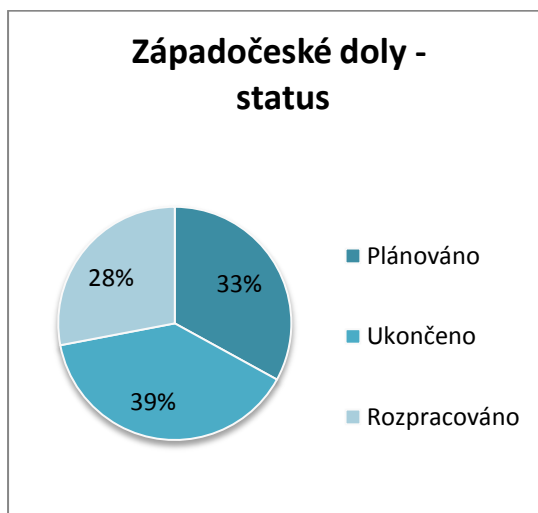


Graf 1 Rekultivace SHP -stav

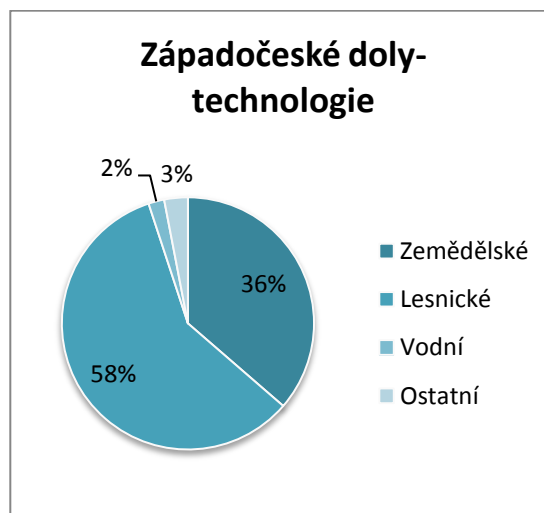


Graf 2 SHP technologie rekultivací

Podobně je tomu i v případě ZHP, jak ukazují grafy 3 a 4.



Graf 3 Rekultivace ZHP - stav



Graf 4 ZHP - technologie rekultivací

2.6 Rostliny vhodné k rekultivaci půdy

Pro biologickou rekultivaci se využívá různých druhů rostlin a stromů, buď přirozeně se vyskytujících, nebo za tímto účelem záměrně vyšlechtěných. Všechny tyto druhy jsou poměrně nenáročné, a lze je tedy vysazovat na místech se špatnými životními podmínkami a v půdách s nízkým obsahem živin. Některé snášejí silně zakyselené půdy, ve kterých by se jiným rostlinám nedařilo, jiným zase nevaří dlouhá období sucha střídaná náhlými lokálními povodněmi, či jiné nepřízně počasí.

Výběr vhodné plodiny se podřizuje konkrétním podmínkám v dané lokalitě a plánovanému využití rekultivovaného území v budoucnosti.

3 Energetické plodiny

Nedřevnatých rostlin pěstovaných pro energetické účely je celá řada. Vybrala jsem takové druhy, které vynikají vysokým výnosem a energetickým potenciálem při nízké náročnosti, a zároveň jsou vhodné k použití při rekultivaci krajiny po těžbě.

3.1 Rostliny jednoleté a dvouleté

3.1.1 Konopí seté

Konopí je jednoletá, dvoudomá rostlina, která dorůstá výšky až 4 metrů. U této odrůdy je minimální obsah psychoaktivních látek, přesto je její pěstování v mnoha státech přísně kontrolováno a v několika dokonce zakázáno. V České republice platí zákon č. 167/1998 Sb. o návykových látkách, který mimo jiné upravuje pěstování konopí a stanovuje maximální přípustný obsah látek ze skupiny THC (tetrahydrokanabinolů), a dále nařizuje ohlašovací povinnost osob pěstujících mák nebo konopí.

Využití konopí v průmyslu je široké, používá se ve farmakologii, kosmetice, textilním nebo chemickém průmyslu. Má také vysoký energetický potenciál.

Konopí je nenáročné na klimatické podmínky, vyžaduje však vysoký obsah živin v půdě, vyhovují mu úrodné hlinité nebo písčitohlinité půdy s vysokým obsahem živin, je také třeba jej hnojit. Je odolné vůči chorobám i škůdcům. Výhodou je, že po sobě zanechává čistou, dobře vyživenou půdu připravenou pro pěstování náročnějších plodin.

Při pěstování pro energetické účely se na podzim provede orba, setí probíhá v polovině dubna, lze použít nenáročné druhy okopanin jako předplodinu. Rostlina velmi rychle roste, čímž také účinně potlačuje plevel. Sklizeň probíhá na podzim, seká se celá nadzemní část rostliny, sláma se spaluje, nebo lisuje na pelety či brikety. Průměrný výnos se udává 8 t/ha. (9)

3.1.2 Komonice bílá

Dvouletá (občas jednoletá) rostlina z čeledi bobovitých, divoce žijící na území Evropy, Asie a severní Ameriky. Planě roste na méně úrodných půdách, rumišťích,

skládkách, důlních výsypkách a na okrajích lesů, polí a luk. Vyhledává slunná a suchá stanoviště, nesnáší zatopení.

V seznamu povolených odrůd ČR jsou v současné době zaregistrovány 3 odrůdy, dvě dvouleté a jedna jednoletá. Všechny tyto odrůdy vynikají vysokou výtěžností a nízkou náročností na klimatické a i půdní podmínky. Jejím rozšíření jako krmné plodiny brání vysoký obsah kumarinu, jehož specifická nahořklá vůně odrazuje hospodářská zvířata. Má však velký potenciál jako plodina energetická, meliorační a půdoochranná. Podobně jako jiné rostliny z čeledi bobovitých má bohatě vyvinutý kořenový systém, díky kterému má schopnost kypřit a provzdušňovat půdu, čerpat živiny z hloubky do horních vrstev. Po sklizni a zaorání jsou tyto kořeny také hodnotným materiálem pro tvorbu humusu. Velmi dobře se také ujímá jako iniciační plodina, tedy na pozemcích, na kterých dosud nebylo nic pěstováno. Z těchto důvodů je komonice obzvláště vhodná pro použití při rekultivaci.

Komonice se vysévá časně na jaře, těsně před setím se doporučuje použít iniciační dávku dusíkatého hnojiva. Klíčící rostliny rostou velmi pomalu a nerovnoměrně, po dobu prvních dvou měsíců je třeba o porost pečovat, odplevelovat jej a kypřit půdu. Napadení škůdci nebo plísněmi se vyskytuje velmi zřídka.

Sklízí se běžnou technikou používanou ke sklizni sena, zpravidla se sklízí ještě zelená a dosušuje. Výnosy dosahují průměrně 30 t/ha zelené hmoty, což odpovídá 6 – 8 t/ha suché fytomasy. Jednoletá odrůda poskytuje o 20 – 40 % nižší výnosy než dvouleté. (10)

3.2 Rostliny víceleté

3.2.1 Krmný šťovík

Krmný šťovík je vytrvalá samosprašná rostlina, která byla vyšlechtěna za účelem výroby krmiv, svoje uplatnění našla ale i ve farmakologii a především fytoenergetice. Dosahuje výšky 1,5 m - 2,5 m. Od druhého roku po vysetí dosahuje průměrného výnosu z celé rostliny 6,5 t/ha.

Rostlina byla vyšlechtěna křížením šťovíku zahradního a šťovíku t'janšanského, poprvé byla registrována v roce 2001 pod názvem Rumex OK 2.

V našich klimatických podmínkách je nejvhodnější energetickou plodinou, je nenáročný na půdně-ekologické podmínky a dá se vypěstovat na většině půd,

s výjimkou půd silně zakyselených s hodnotou pH pod 5,0. Při dodržení osevních postupů a zásad pro pěstování jej lze dlouhodobě udržovat i 8 let, přičemž zelenou hmotu je možno sklízet i třikrát ročně. V zeleném stavu je vhodný pro výrobu bioplynu, sušený šťovík lze stejně jako ostatní energetické rostliny lisovat do pelet nebo briket.

Porost se zakládá na jaře, při dobré vlhkosti půdy lze termín setí posunout až na červenec. Před vysazením je třeba pozemek zbavit plevelů, první rok je vhodné šťovík přihnojit dusíkem. Šťovík dobře přezimuje, na jaře druhého roku rychle obrůstá a brzy dosahuje výšky 2 metrů. Dozrává na začátku července, první sklizeň je třeba provést již před plným dozráním semen. Sklizeň se provádí buď silážní sekačkou, nebo je možné jej posekat a svázat do balíků. Po sklizni opět rychle obrůstá.

Pro zrušení porostu je třeba šťovík zaorat za současné likvidace chemickou cestou, tedy použitím herbicidů. (9)

3.2.2 Ozdobnice čínská (*Miscanthus*)

Tato travina dosahuje za příznivých podmínek poměrně vysokého vzrůstu. Do Evropy byla dovezena z východní Asie, v současné době je používána jako surovina pro výrobu buničiny a snadno likvidovatelných obalů a alternativní zdroj energie. Nejlépe roste na teplejších místech s vyšším množstvím srážek v písčitých půdách s vysokou hladinou podzemní vody. Existuje mnoho uměle vypěstovaných klonů s vysokými výnosy, které ale při běžném pěstování nejsou schopny samostatné reprodukce.

Ozdobnice se vysévá od poloviny května do poloviny července, sklizeň lze provádět samochodnými řezačkami, kterými se sklízí například kukuřice. Ze sklizené slámy je možno lisovat pelety, u pozdní sklizně je vzhledem k vysokému obsahu vody třeba sklizenou fytomasu dosušovat.

Porosty nejsou náchylné na nemoci ani škůdce, není tedy třeba ošetřovat je chemickými přípravky na ochranu rostlin. Ozdobnice je však poměrně citlivá na nízké teploty, což se ukázalo jako limitujícím faktorem pro naše podmínky, neboť při experimentálním pěstování v devadesátých letech značná část porostu vymrzla během jarních mrazíků.

Likvidace porostů se provádí na jaře použitím herbicidů na nově rašící výhonky. (9)

3.2.3 Chrastice (též lesknice) rákosovitá

Tato travina se v přirozeném prostředí vyskytuje v okolí vodních toků v téměř celé Evropě, Asii a severní Americe. Nejlépe se jí daří ve vlhkých, těžkých půdách bohatých na živiny. Je velmi odolná vůči drsnějším klimatickým podmínkám, dobře snáší mrazy, zastínění i krátkodobé zaplavení; ve vhodných podmínkách dává vysoké výnosy, je ale poněkud náročná na vlhkost a obsah živin v půdě.

Pro průmyslové využití se pěstují nové odrůdy, a to zejména v USA a Kanadě, v Evropě potom zejména v severských státech, Pobaltí, Německu, či Polsku. V podmínkách ČR je možné z této rostliny dosáhnout výnosu mezi 5 - 10 t/ha. Používá se pro výrobu krmiv (siláž, seno), buničiny, nebo energie.

Výsev je možno provádět na podzim nebo časně z jara. Vzhledem ke zvýšené potřebě živin je třeba chrastici přihnojovat, sklizeň pro energetické účely je nevhodnější po zimě, kdy mají porosty nízký obsah vody (12 – 20%), neboť ani koncem listopadu není sklizená fytomasa bez dosušování vhodná ke spalování z důvodu vysokého obsahu vody. V roce výsevu se obvykle nesklízí, dobře založené porosty vydrží až několik let.

Při sklizni lze využít běžnou agrotechniku, tedy řezačky, sklízecí mlátičky (pokud je zvláště sklízeno semeno), či žací stroje, rostlina se poseká na řádek a lisuje do balíků, briket nebo pelet. (9)

3.2.4 Psineček velký

Vytrvalá, středně vysoká kulturní tráva, která roste i na chudých půdách, kde by se jiné trávy jen těžko uchytily. Má mělký kořenový systém, takže špatně snáší sucho, velmi dobře však odolává silným mrazům. Ze skupiny kulturních trav dosahuje psineček velký nejvyšších výnosů sušiny a energetické hodnoty.

Setí se provádí na jaře, nejlépe do konce dubna, doporučuje se výsev společně s krycí rostlinou, semínka se vysévají do malé hloubky, jen asi 1 cm. Sklizeň se provádí tradičním způsobem, pro energetické účely se sklízí celá nadzemní část rostliny, sláma se lisuje do balíků a využívá k přímému spalování.

Pro ochranu porostu se doporučuje použití selektivních herbicidů za účelem odstranění nežádoucího plevelu. (9)

3.2.5 Ovsík vyvýšený

Trsnatá kulturní tráva dorůstající výšky přes 1,5 m. U nás je velmi častým volně rostoucím druhem trávy, roste v nížinách a podhůří na loukách, mezích a stráních. Je náročný na obsah živin, velmi dobře se ale přizpůsobuje kyselým půdám s pH až 4,5, nevadí mu ani zastínění nebo nedostatek vody.

Vzhledem k silnějšímu, statnému stéblu má dobré předpoklady k využití v energetice, buď pro přímé spalování, nebo pro výrobu bioplynu. Při pěstování pro energetické účely se uvádí výnos 5 – 9 t/ha (6,4 t suché fytomasy bez přihnojování, 8,8 t s přihnojováním), sklízí se celá nadzemní část rostliny.

Ovsík se vysévá zpravidla brzy na jaře, v prvním roce je třeba jej hnojit, v dalších letech je možné přihnojovat na základě obsahu živin v půdě. V případě potřeby se také provádí postřik proti nežádoucím plevelům, nebo chorobám.

Termín sklizně se doporučuje těsně před dozráním semen, aby se zamezilo jejich vypadávání z klasů a tedy i ztrátám biomasy. Pokud je biomasa při sklizni dostatečně suchá (kolem 20% vlhkosti), lze ji pouze posekat, slisovat do balíků a uskladnit, není-li dostatečně suchá, je třeba ji dodatečně dosušovat. (9)

3.2.6 Křídlatka

V Evropě nová bylina, která byla dovezena z východní Asie coby okrasná rostlina. Její použití jako energetické plodiny je poměrně kontroverzní, neboť se v našich podmínkách chová poněkud invazivně, což vyvolává značné obavy ekologů, na druhou stranu dosahuje obrovských výnosů, navíc má schopnost vstřebávat značné množství těžkých kovů z kontaminovaných půd, zejména kadmium a olovo, a byla by tedy vhodná k asanaci půd. Naše legislativa její pěstování zakazuje, pracuje se ale na vyšlechtění odrůdy, která by byla vhodná k pěstování v podmínkách ČR bez rizika nežádoucího rozšíření této rostliny.

Vyznačuje se velmi rychlým růstem, dosahuje výšky až 2,5 m. Z každého kořene vyrůstá ročně až dvacet hladkých stvolů, při zemi silných až 5 cm. Semena zpravidla nedozrávají, rozmnožování je zprostředkováváno oddenky kořene. Díky tomuto způsobu rozmnožování během několika let vytváří složitý propojený kořenový systém. Rostlina je velmi odolná vůči klimatickým vlivům, chorobám i škůdcům, během tří let vytěsňuje veškerý okolní porost. Je schopná žít v kyselých půdách s hodnotou pH až 4.

Ke svému růstu vyžaduje hlubší půdu s dostatkem živin, zejména dusičnanů, jejichž přísun si zajišťuje sama spadem listů. Jejím rozšiřování lze zamezit přerušováním kořenového systému likvidací oddenků rotavátorem.

Vysazování je poněkud složité a drahé, musí být použito kontejnerů k naklíčení, poté jsou rostlinky přesazeny do větších nádob a přesunuty do skleníku, na pozemek se přesazují až po několika týdnech, když dosahují výšky kolem 60 cm.

Nejvyšších výnosů dosahujeme až ve třetím roce po vysazení, pro energetické účely je nejlepší sklízet jedenkrát za rok pozdě na podzim, kdy listy již zasychají, ale ještě neodpadávají. Výnosy se v takovém případě pohybují okolo 30 t/ha. Pro sklizeň se obvykle agrotechnika používaná pro sklizeň kukuřice, mělo by se sklízet opatrně tak, aby nebyl narušen kořenový systém. Sklizená křídlatka se dále zpracovává na štěpku, která se dosušuje a rovnou spaluje, nebo dále zpracovává na brikety, pro delší uskladňování je možné ji řezat také nadlouho a svazovat do balíků.

V současné době roste křídlatka na našem území planě na několika tisících hektarech a je s velkými náklady likvidována (celostátně jdou náklady na likvidaci těchto nežádoucích porostů do mnoha milionů korun). Legislativně je stále považována za nežádoucí, invazivní rostlinu, její energetický potenciál je ale nezanedbatelný a v budoucnu se může stát významnou energetickou plodinou. (9)

3.2.7 Kostřava rákosovitá

Vysoká, hustě rostoucí tráva, která pochází z Evropy. Vyniká mimořádnou ekologickou přizpůsobivostí, snáší sucha i zaplavení, je tolerantní téměř ke všem půdním i klimatickým podmínkám, citlivá je pouze na kyselé půdy. K energetickým účelům se používá odrůda Kora, vyšlechtěná v České republice.

Výsev se provádí na jaře buď spolu s krycí plodinou, nebo samostatně, pokud je pozemek dobře odplevelen. Každý rok je třeba hnojit hnojivy obsahujícími dusík, fosfor a draslík, také je třeba rostliny pravidelně ošetřovat přípravky proti plevelům.

V současné době se kostřava rákosovitá pěstuje spíše ke krmivářským účelům, je však perspektivní plodinou i pro energetické účely. (9)

3.3 Energetický potenciál

Chceme-li jednotlivé rostliny hodnotit podle jejich energetického potenciálu, je třeba stanovit kritéria, podle kterých je mezi sebou lze srovnávat. Z dostupných pramenů máme k dispozici obvykle výtěžnost na hektar porostu a spalné teplo z 1 t suché fytomasy, respektive fytomasy s obsahem sušiny více než 85 %. Z toho lze vypočítat spalné teplo na hektar.

Hodnoty pro jednotlivé plodiny popisuje Tabulka 1

Tabulka 1 Energetický potenciál jednotlivých druhů PEP (CZ BIOM)

Rostlina	Výnos [t/ha]	Spalné teplo [MJ/kg]	Spalné teplo [GJ/ha]
Konopí seté	9,5	18,5	175,8
Komonice bílá	8	19,9	159,2
Rumex OK 2	10	19,7	197
Chrastice rákosovitá	17,5	17,6	308
Ozdobnice čínská	18	16,5	297
Psineček velký	16,8	12,0	201,6
Ovsík vyvýšený	15,1	8,77	132,4
Křídlatka	30	19,4	582
Kostřava rákosovitá	11	17,7	194,7

Udávané hodnoty jsou průměrné a vyplývají z experimentů VÚRV. Lze je považovat pouze za orientační, neboť se hodnoty výnosů i spalného tepla odlišují v závislosti na lokalitě, intenzitě pěstební technologie a dalších vlivech. Z tabulky je patrné, že se od sebe jednotlivé rostliny svým energetickým potenciálem příliš neliší, s výjimkou křídlatky, jejíž výnosy jsou sice nadprůměrné, ale jak je poukázáno v kapitole 3.2.6, její cílené pěstování v našich podmínkách může být nebezpečné.

3.4 Využití PEP v ČR

3.4.1 Historie

S výzkumem možného využití polních energetických plodin se začalo již v roce 1990. Z počátku byl doporučován *Miscanthus*, tato plodina ovšem nebyla pro naše podmínky vhodná, neboť v zimě vymrzala. V devadesátých letech bylo otestováno zhruba 50 druhů PEP, z nichž 22 bylo Ministerstvem zemědělství vybráno a zařazeno do programu „Uvádění půdy do klidu“, podle Nařízení vlády č. 86/2001, s podporou 5500 Kč/ha/rok. Tento příspěvek byl po vstupu do EU zrušen a nahrazen částkou 2000 Kč/ha/rok v r. 2004. Tato dotace byla v roce 2007 zvýšena na 3000 Kč/ha/rok, což vedlo ke zvýšenému zájmu zemědělců o tyto plodiny. PEP se v tomto roce pěstovaly

na 1858 ha půdy, přičemž zdaleka nejvíc byl zastoupen Krmný šťovík Rumex OK 2 (1363 ha), dále potom konopí, kostrava rákosovitá a některé trávy.

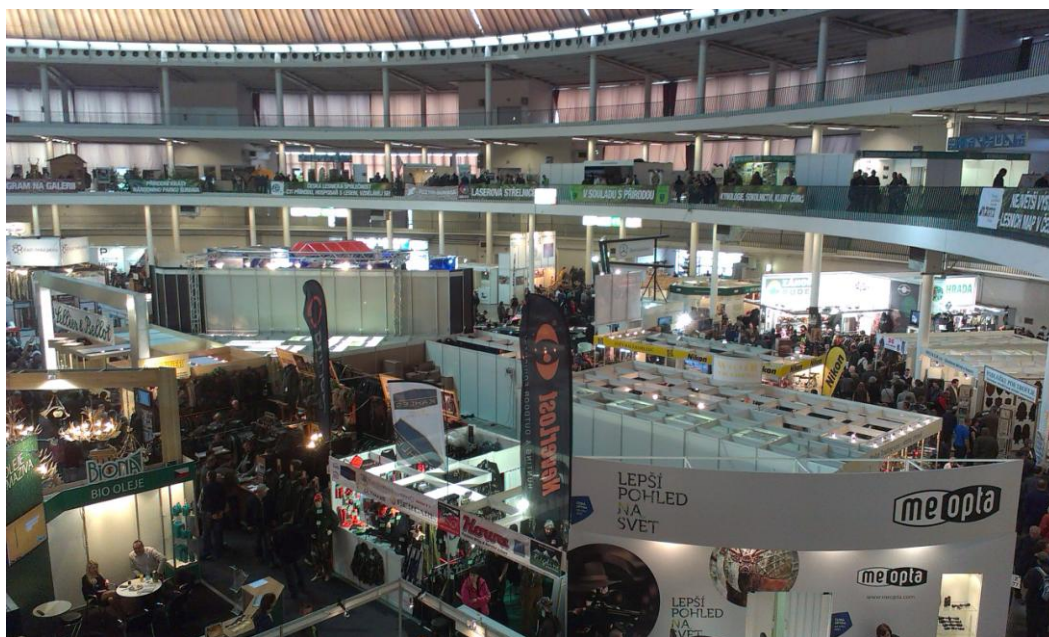
V roce 2008 byly podpory těchto rostlin zrušeny a zájem o ně opět opadl, což pochopitelně vedlo i k útlumu výzkumu těchto plodin, jehož podpora skončila v roce 2010. (11)

3.4.2 Současnost

Po zrušení poslední státní podpory výzkumu pěstování PEP nastal v tomto odvětví úpadek, který trvá dosud. Dochází ke zmenšování osevních ploch, z rostlin, které byly úspěšně odzkoušeny, se udržel pouze šťovík, který byl v roce 2013 pěstován pouze na 481 ha, z toho ovšem na 197 ha pro krmné účely, na 87 ha pro využití v BPS a na 197 ha na biomasu. (11)

Podle statistiky Energetického regulačního ústavu (ERÚ) bylo v roce 2013 z biomasy cíleně pěstovaných rostlin (do které je zahrnuta i biomasa z RRD) vyrobeno 331,6 GWh (brutto) elektrické energie, což odpovídá 8,78 % celkové výroby energie z biomasy a 0,38 % celkové elektrické energie vyrobené v ČR. Ještě o rok dříve bylo z biomasy cíleně pěstovaných rostlin vyrobeno 420,5 GWh.

3.5 Možnosti spalování



Obrázek 5 Výstava Biomasa v rámci veletrhu TechAgro v Brně (Zdroj: vlastní)

Biomasa dnes nabízí široké možnosti využití jak ve výrobě elektrické energie, tak v oblasti vytápění budov. Během tvorby této práce jsem navštívila veletrh TechAgro v Brně, jehož součástí byla i výstava Biomasa, kde se mimo jiné prezentovaly firmy zabývající se využitím biomasy v energetice. Několik zástupců těchto firem jsem oslovila a získala od nich aktuální informace o stavu trhu s peletami a rozličnými druhy kotlů na spalování biomasy. Všichni se shodli na tom, že při spalování i výrobě pelet je energetická bilance jednotlivých druhů biomasy v podstatě srovnatelná, nikdo z nich se ale v posledních letech nesetkal se zájmem o produkci a spalování polních energetických plodin, řada z nich ani neslyšela o jiných PEP, než energetický šťovík.

3.5.1 Peletizace

Výroba pelet je zejména v posledních letech stále oblíbenějším způsobem zpracování biomasy. V ČR funguje Kladr Česká peleta, složený z více než padesáti českých firem zabývajících se produkcí a využitím pelet a výrobou kotlů a kamen na spalování pelet. Toto společenství kontroluje český trh s peletami, spolupracuje se zahraničím, poskytuje a šíří informace o vytápění peletami a dřevem.

Výrobní linky na agropelety jsou schopny vyrábět pelety ze slámy, sena, slupek a plev obilnin, olejnin, luskovin, travin a energetických rostlin, vysušených zbytků z bioplynových stanic. Na jeden kilogram dřevních pelet je třeba necelých 0,9 kWh energie, u agropelet se energetická náročnost pohybuje mezi 0,4-0,9 kWh v závislosti na vstupní vlhkosti. (12) Běžně se vyrábějí linky s kapacitou 500 – 2000 kg/hod (tyto hodnoty se mohou lišit v závislosti na vlastnostech a složení vstupního materiálu), je vhodná například pro větší zemědělce jako spádová lokální výrobná.



Obrázek 6 Různé druhy pelet (Zdroj: vlastní)

Výhoda pelet spočívá v jejich snadné skladovatelnosti, možnosti využití v kotlích s automatizovaným provozem a řízeným spalováním, či spoluspalování s uhlím v běžných kotlích. Porovnání vlastností pelet s hnědým uhlím nabízí Tabulka 2.

Tabulka 2 Srovnání základních vlastností pelet a hnědého uhlí (13)

	Agropelety	Dřevěné pelety	Hnědé uhlí
Obsah síry [%]	0,12	0,07-0,15	0,5-3
Výhřevnost [MJ/kg]	12-18	18-20	12-17
Měrná hmotnost [kg/m³]	1300	1200	700
Obsah popelovin [%]	3-7	5	10-30
Cena [Kč/t]	3400	5000	3000

Tyto hodnoty mohou kolísat v závislosti na kvalitě vstupních surovin a způsobu zpracování. Cena je pouze orientační.

3.5.2 Přímé spalování

Další možností spalování biomasy je přímé spalování, kterým se dá ušetřit čas a energie potřebná k výrobě pelet, kotle však bývají větší, palivo vyžaduje větší skladovací prostory, hůř se s ním manipuluje, a je třeba dbát na jeho nízkou vlhkost (do 16 %). Novinkou na trhu jsou kotle pro spalování celých balíků bez potřeby rozduřování (vyrábí např. firma Step Trutnov, viz Obrázek 7) a umožňují přímo spalovat i takové suroviny, jako například len nebo kukuřičná sláma, které dříve nebylo možné v kotlích malých a středních výkonů (do 1000 kW) využívat z důvodu problematického dodržování emisních limitů. Tyto kotle umožňují spalovat slámu a seno v kulatých či hranatých balících, i kusové dřevo.

Nevýhodou těchto kotlů je potřeba ručního podávání paliva do kotle, nebo nutnost stavby složitějšího pásového dopravníku (který ale stejně musí být obsluhován minimálně jednou osobou a vysokozdvíhým zařízením) pro kotle vyšších výkonů. Kotel je také třeba ručně čistit a vybírat popeloviny. Jsou tedy vhodné spíše k vytápění větších, nejčastěji zemědělských, objektů.



Obrázek 7 Zařízení na spalování celých balíků biomasy (Zdroj: vlastní)

Výroba tepla

Běžně se vyrábějí kotle s výkonem v rozmezí 100 – 5000 kW v provedení teplovodním, horkovodním, nebo parním. Menší kotle (o výkonu 100 - 200 kW) nacházejí uplatnění při vytápění zemědělských usedlostí, hotelů a podobně, větší kotle jsou vhodné spíše pro obecní vytopny nebo průmyslové a zemědělské objekty. Tepelná účinnost je 85-90 %, u teplovodních kotlů je výstupní teplota do 110 °C při tlaku 6 bar.

Výroba elektřiny

Jedná se o jednu z možných variant využití biomasy a ekonomicky zajímavou technologii pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny a využití odpadního tepla. Tyto systémy zpravidla sestávají z parního kotle, parní turbíny a generátoru s možností využití zbytkové energie páry pomocí CC (condensing cyklus) bloku.

3.5.3 Využití v BPS

I v oblasti výroby bioplynu je nejlépe prověřenou plodinou šťovík Rumex OK 2. Díky svým vlastnostem se při použití v BPS dobře osvědčil, dosahuje vlastností podobných kukuřici, oproti které navíc vyniká svojí vytrvalostí při pěstování (porosty je možné udržovat i 10 let) a možností pěstování na svažitéch pozemcích a erodovaných půdách.

3.5.4 Vytápění budov

Pro vytápění budov se vyrábí značné množství poloautomatických i automatických kotlů na spalování biomasy buď v podobě pelet, nebo přímo, velmi často se také setkáváme se spoluspalováním fosilních paliv a pelet. Jako příklad uvádím kotle značky Ponast pro domácí využití (Obrázek 8), prezentované na veletrhu TechAgro Biomasa v Brně.

Svoje uplatnění nachází biomasa i v teplárnách, dobrým příkladem je plzeňská teplárna, která díky svému „zelenému“ energetickému bloku sestávajícímu z kotle na biomasu K7 a turbosoustrojí TG3 o jmenovitém výkonu generátoru 13 500 kW spálila v roce 2013 více než 260 000 tun biomasy a z OZE vyrobila více než 30 % z celkové produkce tepla a elektřiny (14)



Obrázek 8 Kotel na biomasu pro použití v domácnosti (Zdroj: vlastní)

4 Plzeňský kraj

4.1 Těžba nerostných surovin Plzeňského kraje

Těžba nerostů probíhala na Plzeňsku velmi intenzivně již od středověku, těžilo se zde zejména černé uhlí (plzeňská, radnická pánev), wolfram a zlato (Kašperské hory), uran (Tachovsko), stavební kámen a cihlářské suroviny. V současné době přetrvává ve významnější míře pouze těžba živců, keramických jílů a kaolínu, a v malém množství také stavebního kamene. Územně největším zásahem do přírody a krajiny je využívání ložisek kaolínů a jílů na Plzeňsku a území dotčených hlubinnou těžbou černého uhlí a uranu. (15)

Tabulka 3 Nerostné suroviny těžené na Plzeňsku (od r. 1993), počet ložisek a stav jejich využití. (15)

Typ ložiska	Surovina	Ložiska celkem	Ložiska těžená
Výhradní	Wolframová ruda	4	0
	Polymetalické rudy	1	0
	Zlatonosná ruda	1	0
	Kaolín	11	4
	Jíly	24	4
	Minerální barviva	3	0
	Bentonit	1	0
	Živcové suroviny	9	2
	Křemenné suroviny	7	0
	Wollastonit	2	0
	Vápenec	9	1
	Dolomit	1	0
	Dekorační kámen	17	7
	Stavební kámen	30	14
	Štěrkopísky	7	4
	Cihlářská surovina	12	2
Nevýhradní	Dekorační kámen	6	2
	Stavební kámen	12	3
	Štěrkopísky	13	6
	Cihlářská surovina	4	0

Při výběru modelového případu pro tuto práci jsem volila ze dvou lokalit, kaolínového dolu u Kaznějova a dvou odvalových hald v blízkosti uzavřeného černouhelného dolu u obce Zbůch.

4.1.1 Halda Zbůch

Obec Zbůch leží 7 km jihozápadním směrem od Plzně. Důlní činnost zde byla zahájena na konci 19. Století. V Masarykově jubilejním dole (před r. 1918 nesl název důl Austria) bylo těženo černé uhlí výjimečné kvality, používané k výrobě svítiplynu a koksu. Těžba byla ukončena roku 1977, převážná část důlních staveb byla zbořena hned po ukončení provozu, další likvidační práce pokračovaly až do devadesátých let minulého století. Významnou krajinnou dominantou se staly dvě odvalové haldy, větší u obce Zbůch, dosahující místy výšky přes 100 metrů a o něco menší poblíž vesničky Týnec. V současné době se pracuje na postupném odtěžení materiálu výsypek a jejich výška byla oproti maximu snížena na méně než polovinu. Jak lze také vidět na obrázcích (Obrázek 9 a Obrázek 10), haldy tvoří v podstatě již jen obvodové valy, zvenčí porostlé náletovými porosty (břízy, osiky, borovice a blíže nespecifikované traviny), které brání větrné erozi a tím snižují prašnost v okolí, se kterou se v minulosti potýkaly obce Zbůch, Líně, Týnec a Chotěšov. Vnitřek haldy je z velké části vytěžen a rozprodán jako lupek a jiné stavební materiály. V minulosti haldy sloužily i jako prostor pro cvičné odpalování a likvidaci různých hořlavých a výbušných látek pro hasičský záchranný sbor.



Obrázek 9 Vnitřní část haldy Zbůch- vytěžený prostor
(Zdroj: vlastní)



Obrázek 10 Vnější svahy haldy Zbůch porostlé vegetací
(Zdroj: vlastní)

Podle mého názoru je situace ve Zbůchu stabilizovaná, a zbytky po těžbě nemají nijak zásadní vliv na životní prostředí, čemuž odpovídají i výsledky měření prašnosti Zdravotního Ústavu se sídlem v Ústí nad Labem, regionální pracoviště Plzeň, oddělení faktorů prostředí. Proto jsem se rozhodla raději zaměřit na druhou vytipovanou lokalitu, a tedy kaolínový důl v Kaznějově.

4.2 Kaolín

Kaolín je světle zbarvená hornina obsahující velké množství jílových minerálů, dále křemen, slídu, živce a další. Používá se pro výrobu porcelánu a keramiky, jako plnidlo při výrobě papíru, plastu, gumy, kosmetiky, barev, a také v potravinářském a farmaceutickém průmyslu.

Nejvýznamnější ložiska u nás jsou na Karlovarsku, Plzeňsku, Kadaňsku, Znojemsku a Chebské pánvi. Kaolín těžený v Plzeňském kraji, zejména tedy v dolech poblíž Kaznějova se vyznačuje vysokou kvalitou a je nejvhodnější pro papírenský, méně potom i pro keramický průmysl.

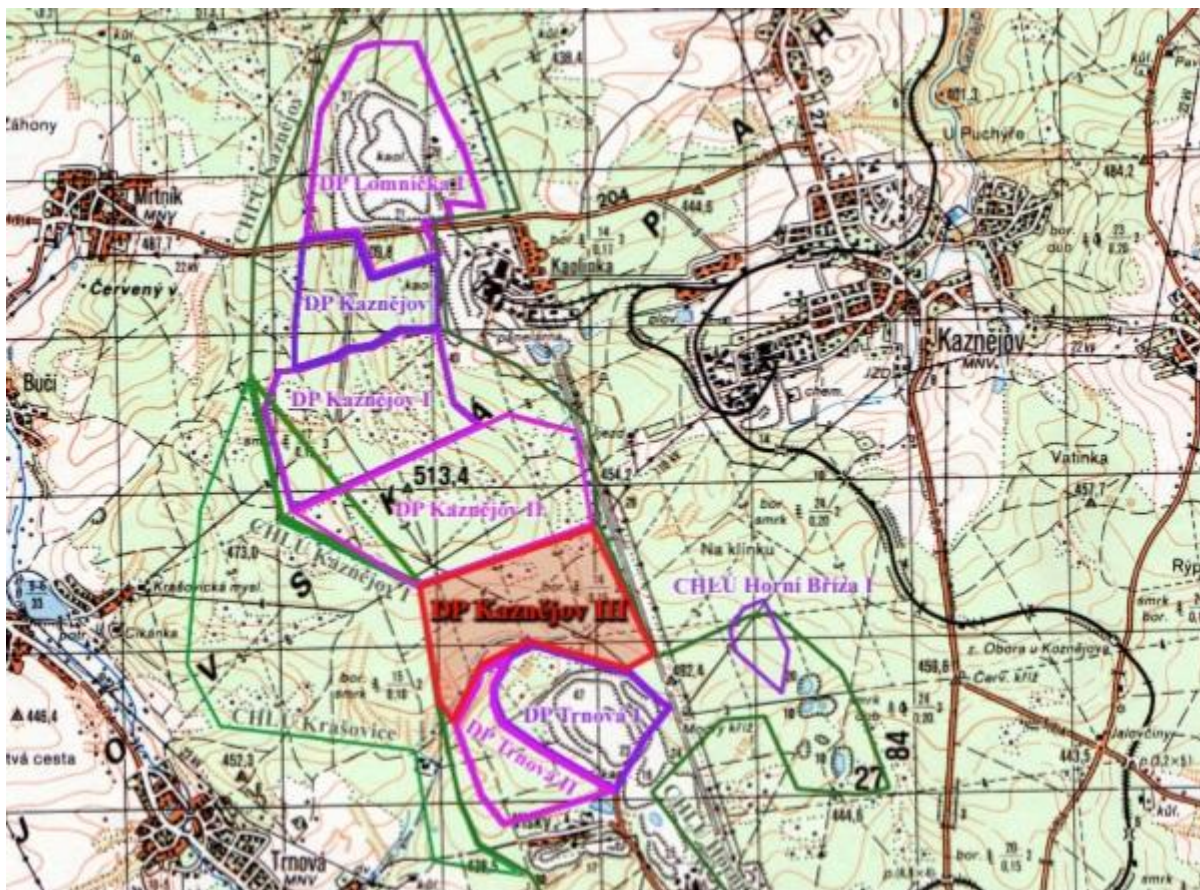
4.3 Lom Kaznějov

Těžba kaolínu byla v okolí obcí severně od Plzně zahájena již v roce 1877, a to v Horní Bříze, kde byla o několik let později založena továrna na výrobu hliněného, kaolínového a šamotového zboží. Kaznějovský lom byl založen v roce 1904 a kromě několikaleté uzavírky během druhé světové války a po ní funguje dodnes, a to na místech vzdálených od sebe několik kilometrů a označených jako Kaznějov, Lomnička I, Trnová I a II a nedávno otevřený Kaznějov I.



Obrázek 11 Kaolínový důl Kaznějov I (Zdroj: vlastní)

Zásoby kaolínu v těchto lomech se ovšem tenčí a společnost LB Minerals, s.r.o., které v současné době lomy patří, plánuje otevření nových lomů Kaznějov II (120 ha) a Kaznějov III (99 ha). Kaznějov III v letech 2015 až 2017 zahájí činnost, aby mohla být ve stávajících lomech těžba kaolínu postupně omezována a roku 2020 definitivně ukončena. Nové lomy budou tvořit jakýsi pás, jak lze vidět i na mapě (Obrázek 12) a budou zasahovat do katastrálních území obcí Horní bříza, Kaznějov, Krašovice a Trnová. V roce 2020 se plánuje také otevření lomu Kaznějov II.



Obrázek 12 Území stávajících i plánovaných DP v okolí obce Kaznějov (výřez z mapy 1:50 000) (16)

Společnost LB Minerals, s.r.o. jsem se pokoušela různými cestami kontaktovat, bohužel jsem se nesešla s ochotou poskytnout mi nějaké informace a byla jsem pouze odkázána na dokumenty dostupné na internetu týkající se plánované stavby nových lomů, lomů stávajících a jejich vlivu na životní prostředí. Tyto dokumenty byly vypracovány jako podklady k žádosti o udělení povolení k výstavbě nového důlního díla nebo rozšíření stávajícího.



Obrázek 13 Již uzavřený a rekultivovaný DP Kaznějov (Zdroj: vlastní)

4.3.1 Kaznějov I

Kaznějov I je dobývací prostor o rozloze 93 ha, který v době zahájení těžby (2007) obsahoval přibližně 48 834 tisíc tun papírenského kaolínu. Předpokládaný rok ukončení těžby je 2020. Na místě nynějšího DP se dříve nacházel běžný hospodářský les, převážně zde byl zastoupen smrk ztepilý, lokálně borovice lesní, ojediněle modřín opadavý, dub letní a dub zimní, bříza bělokorá, jeřáb obecný a topol osika, z keřů bez hroznatý a líska obecná. Z rostlin pak běžné druhy lesních a lučních bylin. Průzkumem provedeným před zahájením těžby nebyl zaznamenán výskyt druhů rostlin uvedených v seznamu druhů ohrožených a kriticky ohrožených v příloze vyhlášky MŽP č. 395/1992 Sb. (17)

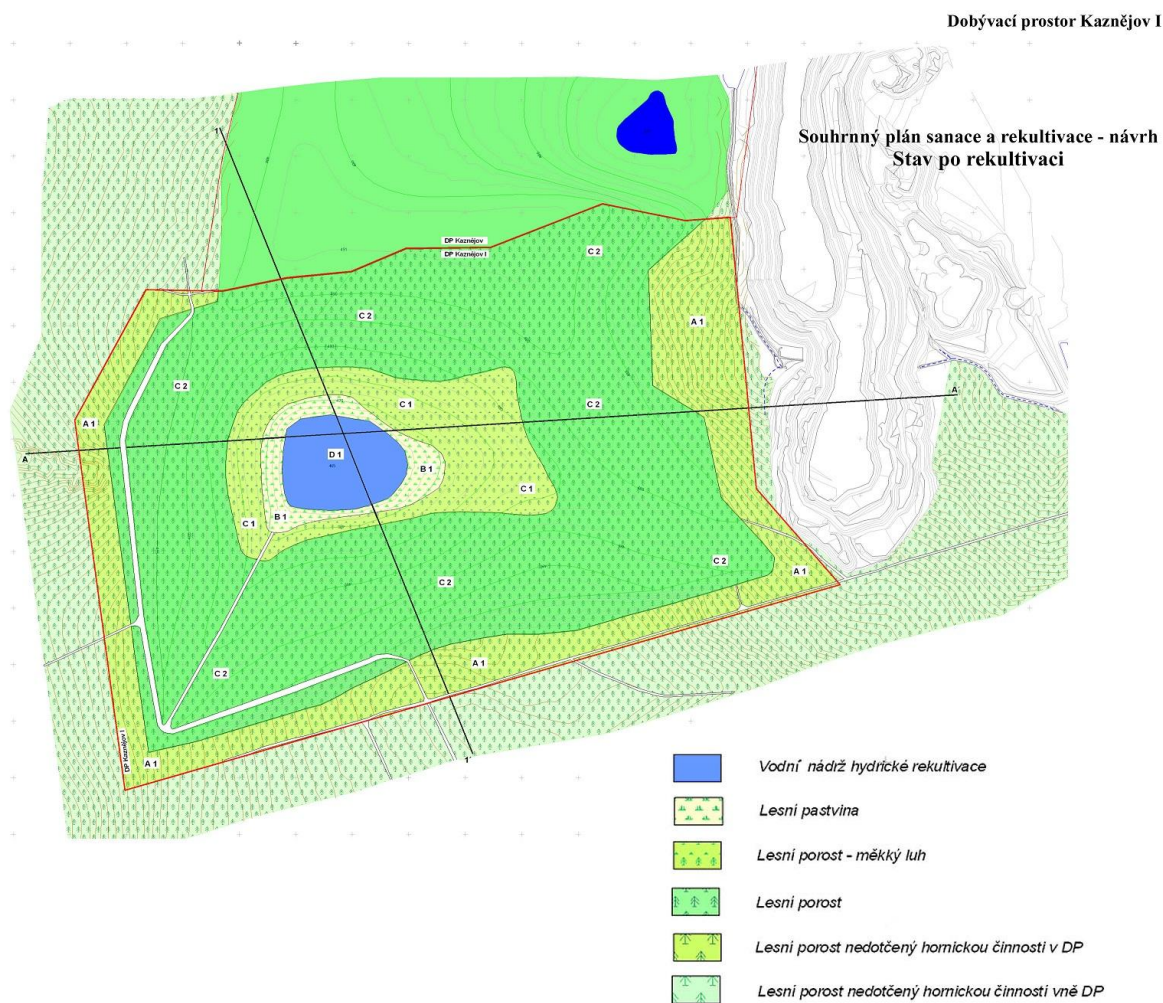


Obrázek 15 DP Kaznějov I (Zdroj: vlastní)



Obrázek 14 DP Kaznějov I (Zdroj: vlastní)

Z pedologického hlediska se jedná o lesní půdy jílovitohlinité a půdy jílovité různých subtypů. Tyto půdy jsou také poměrně silně kyselé. Z hlediska vodních poměrů se jedná o půdy s kolísavou vlhkostí s tendencí k vysýchání, hodnota půdy v tomto území tedy není příliš vysoká, nejhodnotnější je hlavně hrabanka, ta však dosahuje mocnosti pouze okolo 5 cm. Tato vrstva hrabanky byla před zahájením těžby selektivně odtěžena a uložena pro pozdější navrácení na původní místo, její kvalita však časem klesá a je zřejmé, že k plánované rekultivaci její množství zdaleka nebude stačit. (18)



Obrázek 16 Plánovaná rekultivace v DP Kaznějov I (17)

Ani z hlediska fauny se nejedná o nijak výjimečné území. V dané oblasti žijí běžné druhy živočichů bez specifických nároků na životní prostředí. Přirozené biokoridory byly činností člověka a z velké části i těžbou přerušeny a celá okolní krajina je výrazně postižena průmyslovou činností.

Těžební společnost LB Minerals s.r.o. se zavázala k provedení rekultivačních prací na vlastní náklady a k následné péči o rekultivovaná území po dobu alespoň 10 let. Plánuje se lesnická rekultivace, jejíž technická část začne probíhat ještě v době těžby, v letech 2015 - 2020, kdy bude těžba postupně ukončována a přesouvána do nově vzniklých DP Kaznějov II a III. Po definitivním ukončení těžby bude dokončena i technická část rekultivace, spočívající v částečném srovnání terénu a zavezení těžební jámy hlušinou. Těžba způsobí významný úbytek hmot, který ale nebude možné zcela nahradit hmotami skrývkovými. Vytěžený prostor proto nebude možné zaplnit na úroveň původního terénu, ponechají se tedy mírná vlnění, která také napomohou zachování přirozeného krajinného rázu (krajina v okolí má převážně charakter členité pahorkatiny). Poté se přistoupí k biologické rekultivaci, kterou naznačuje Obrázek 16.

4.3.2 Kaznějov II

Kaznějov II je plánovaný dobývací prostor o rozloze 120 ha, který by měl začít svoji činnost v roce 2020 s dobou trvání těžby cca 15 let. Ložisko bude otevřeno na severní straně ze stávajícího DP Kaznějov I. Hlušina a skrývka bude vytěžována postupně tak, aby ji bylo možno využít při zavážení rekultivovaného DP Kaznějov I, nebo uložit pro pozdější rekultivaci DP Kaznějov II. K tomuto účelu slouží již vybudované zařízení pro nakládání s odpady poblíž DP Lomnička I.

Při odstraňování vegetace bude brán ohled na organismy žijící v této oblasti tak, aby živočichům bylo umožněno postupné přecházení na neohrožená stanoviště, kácení dřevin a přípravu plochy pro těžbu bude možné provádět pouze mimo hnízdní období a mimo dobu zimování obojživelníků a plazů, doporučené období je srpen až říjen. (19)

Do plánu sanací a rekultivací byla zahrnuta opatření na kompenzaci lesních kaluží sloužících k retenci vody a rozmnožování některých druhů obojživelníků, a hnízdních příležitostí ptactva a drobných živočichů. Na jižní straně bude zachován nevytěžený ochranný val, který bude sloužit jako biokoridor. Těžební společnost LB Minerals, s.r.o. se také zavazuje k průběžné péči o rekultivované biotopy alespoň po dobu 10 let. (19)

4.3.3 Kaznějov III

Pro udržení stávající produkce kaolínu a zajištění dodávek pro úpravnu v Horní Bříze bude otevřen také DP Kaznějov III, jehož činnost má být zahájena v roce 2017 a bude kompenzovat produkci uzavřených okolních DP.

5 Návrh rekultivace vybraného území

Při návrhu rekultivace DP Kaznějov I se od samého počátku počítalo s rekultivací lesnickou a částečně také vodohospodářskou, dle mého názoru proto, že se jedná o nejjednodušší a nejběžnější řešení. Jak je patrné z kapitoly 4.2, krajina v okolí lomu je značně postižena celá desetiletí probíhající těžbou a vzhledem k další plánované těžbě se tento stav jen těžko zlepší. Navrhuji proto řešení rekultivace tohoto dolu pomocí polních energetických plodin, které by mohla obec Kaznějov využívat například k vytápění budov; a toto řešení následně porovnala s plánovaným postupem.

5.1 Technická rekultivace

Postup technické rekultivace bude v podstatě srovnatelný s postupem navrhovaným těžební společností LB Minerals, s.r.o..

Průměrná mocnost skrývky je 8 m (18), tento materiál byl odtěžen a bude vrácen při rekultivaci. Dalším materiálem použitým k zásypu a sanaci dolu budou zákonem povolené inertní materiály (Tabulka 4). Významným zdrojem zásypových hmot budou také nově vybudované DP Kaznějov II a III. Z důvodu napojování jednotlivých území budou rekultivační práce postupovat od severu k jihu. Technická část rekultivace bude realizována v následujících etapách:

- Sanační terénní úpravy
- Zabezpečení přístupových cest na pozemky
- Modelování reliéfu

Ukládání rekultivačních materiálů je třeba provádět tzv. sendvičovým způsobem, tedy střídáním více a méně kvalitních materiálů v pravidelných vrstvách. Na tyto vrstvy bude navezena tzv. podorniční vrstva, tvořená ze spraší a sprašové hlíny. Svrchní vrstvu bude tvořit vrstva úrodné zeminy o mocnosti nejméně 0,3 m a humózní (půda s vysokým obsahem humusu, např. kompost, rašelina) vrstva o mocnosti min. 0,2 m. Tato vrstva umožní pozdější biologickou rekultivaci.

Při zavážení je třeba počítat se zhutněním a stlačením povrchu, a to asi o 5 % (20)

Tabulka 4 Druhy odpadů (kategorie ostatní odpad) zařazené podle vyhlášky č. 381/2001 Sb., použitelné pro rekultivaci DP Kaznějov I (20)

Název odpadu
Odpady z těžby nerudných nerostů
Odpady jinak blíže neurčené (z úpravny)
Odpadní keramické hmoty před tepelným zpracováním
Odpadní keramické zboží, cihly, tašky, a staviva (po tep. zpracování)
Odpadní beton a betonový kal
Beton
Cihly
Tašky a keramické výrobky
Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků
Zemina a kameny

Terénní úpravy budou dokončeny v podzimním nebo zimním období, aby na jaře mohla být provedena biologická rekultivace.

Svahy ploch určených pro zemědělskou rekultivaci budou mít sklon max. 7°, který ještě umožňuje bezpečný pohyb zemědělských strojů. Svahy ploch určených k přirozené sukcesi budou mít sklon maximálně 30° a celkově bude terén zbaven ostrých hran a výstupků, aby nedocházelo k nepřiměřené erozi. (21)

5.2 Biologická rekultivace

Po provedení těchto terénních úprav navrhuji osetí energetickou plodinou. Jako nejvhodnější jsem vyhodnotila krmný šťovík Rumex OK 2, zejména díky tomu, že je ze všech PEP pěstovaných u nás nejlépe prověřen a osvědčen, a to z hlediska pěstování, sklizně i následného zpracování a energetického využití. Svými nároky také v podstatě odpovídá půdnímu typu řešené lokality, popsanému v kapitole 4.3.1. Mohl by nastat problém s kyselostí půdy, šťovík lze pěstovat pouze v půdách s hodnotou pH více než 5, se sanací a úpravou hodnoty pH v půdě již počítá technická část rekultivačních prací, popřípadě je na kyselých půdách s pH < 5,5 nutno před založením porostu šťovíku provést vápnění

Plochy určené k zemědělské rekultivaci budou tvořit přibližně 70 % celkové rozlohy lomu. Zbylé plochy jsou buď plochy při okrajích, která jsou již částečně zarostlá vegetací, nebo příliš svažité místa, zejména na jižní hranici, kde bude navazovat DP Kaznějov II. Tato místa zůstanou ponechána přirozené sukcesi.

5.2.1 Navržený rekultivační postup

V prvním roce bude třeba provést středně hlubokou nebo hlubokou orbu, pro co nejvyšší výnosy bude vhodné hnojení fosforem, draslíkem a organickými hnojivými, ideálně ihned po dokončení technické rekultivace. Pro snížení nákladů na hnojení je možno použít také kaly z ČOV v množství 5 t sušiny kalu na hektar rozmetáním tekutého kalu s obsahem sušiny do 18 %. Hnojení kalu je možné provést u trvalých porostů pouze při zakládání, neboť je potřeba hnojivo ihned po aplikaci zaorat. Tři až čtyři týdny před setím se pozemek mělce prokypří rotavátorem či kombinátorem, těsně před setím se uválí hladkými válci.

Jako optimální oseední množství pro energetické účely bylo zvoleno 5 -7 kg osiva/ha, hloubka setí 1-1,5 cm, šířka řádků 12,5-25 cm. (22)

V prvním roce po zasetí roste šťovík pomaleji a je náchylný na zaplevelení, tomu lze zabránit např. použitím chemických postřiků, nebo metodou šetrnější k životnímu prostředí, a to posečením, neboť rostlinky plevelů většinou výrazně převyšují rašící šťovík. V dalších letech již rostlina sama plevele potlačuje a další ochranu nepotřebuje.



Obrázek 17 Sklizeň energetického šťovíku (22)

Sklizeň pro energetické účely je možná již v létě na přelomu července a srpna, neboť tou dobou rostlina obsahuje méně než 25 % vlhkosti a nedochází ještě k výdrolu semen, která jsou také významným zdrojem energie. Po posečení se sláma lisuje do balíků a odváží. Rostlina znovu obrůstá, druhá seč se však nedoporučuje, neboť odstranění

zelených listů vede ke snížení zásobních látek v kořenech, nežádoucí je i obnažení terénu v zimních měsících.



Obrázek 18 Agropelety vyrobené z energetického šťovíku (Zdroj: vlastní)

Výhodou sklizně během letních měsíců je i to, že sklizeň probíhá ještě před žněmi.

5.2.2 Výnosový potenciál

Podle výzkumu VÚRV prováděného v letech 1993-2004 jsou průměrné výnosy 85% sušiny celkové nadzemní biomasy šťovíku 14,4 t/ha. Kromě prvních dvou let po výsevu a let 2003, kdy bylo extrémní sucho, které silně narušilo kořenový systém celého porostu a způsobilo neúrodu i v roce 2004, byly výnosy stabilní a pohybovaly se kolem 15 t/ha (22). Podmínky pěstování byly při experimentu optimální, a lze tedy očekávat, že v reálném prostředí budou výnosy nižší, do 10 t/ha.

Tabulka 5 Výnosy energetického šťovíku při experimentu VÚRV (22)

Rok	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Výnosy [t/ha]	1,7	9,7	15,0	16,3	15,5	14,4	14,9
Rok	2000	2001	2001	2002	2003	2004	
Výnosy [t/ha]	17,1	12,9	13,4	14,4	7,59	7,33	

Doba trvání porostu je stanovena na deset let. Po uplynutí této doby již nelze dosáhnout dobrých výnosů a je třeba porost zlikvidovat a znovu založit, nebo nahradit jiným.

5.2.3 Ekonomika pěstování

Lze předpokládat, že náklady na technickou rekultivaci budou stejné v případě rekultivace lesnické i zemědělské, následující srovnání se tedy bude týkat pouze biologické rekultivace.

V současnosti nejsou v ČR žádné dotace podporující pěstování RRD ani PEP. Pěstování energetických rostlin je podporováno pouze dotací na plochu orné půdy programem SAPS (Single Area Payment Scheme). (23) Celková roční výše dotací na plochu o velikosti 65 ha, tedy plochu určenou k zemědělské rekultivaci, je podle níže uvedeného vzorce vypočtena v tabulce 6:

$$3\,410 \times 65 = 221\,666 \text{ Kč}$$

Tabulka 6 výše dotace na pěstování šťovíku na území DP Kaznějov I (24)

Druh platby	Jednotková cena [Kč]	Plocha orné půdy [ha]	Celkem [Kč]
Základní platba SAPS	3410,26	65,00	221666

Sazba SAPS na jeden hektar orné půdy činí v letošním roce 3410 Kč (23).

Odhadované náklady a zisky z 1 ha porostu šťovíku Rumex OK 2 (uvažujeme pouze biologickou rekultivaci) při předpokládaném ročním výnosu 85% sušiny 10 t/ha popisuje Tabulka 7. Vzhledem k tomu, že se v jednotlivých letech budou náklady na provoz lišit, uvádím data přepočtená na dobu deseti let, tedy dobu trvání porostu šťovíku při současných cenách i dotačních sazbách.

Tabulka 7 Odhadované náklady a zisky z 1 ha porostu energetického šťovíku za deset let (22) (24)

Ukazatel	Náklady [Kč/ha]	Zisky [Kč/ha]
Mzdové náklady obsluhy (setí, hnojení)	5000	
Náklady na osivo	250	
Náklady na hnojivo	3250	
Náklady na stroje včetně nafty a pomocného materiálu	26000	
Pokos a lisování balíků slámy	32000	
Fixní náklady	48000	
Tržba za prodej balíků		114000
Dotace SAPS na 1 ha		34100
Součet	114500	148100
Hrubý zisk		33600

Fixní náklady jsou takové náklady, které nejsou vynaloženy na výrobu konkrétního produktu, ale i přesto je třeba s nimi počítat. Jedná se zejména o amortizaci vybavení, režijní náklady podniků a odpisy majetku. Jelikož výše této částky se pro každý podnik liší, byl použit průměrný odhad. Cena energetické slámy byla odhadnuta na 1200,- Kč/t včetně dopravy do 15 km (22).

V prvním roce pěstování předpokládám poloviční výnosy.

Hrubý zisk je počítán jako rozdíl mezi celkovými náklady a tržní produkcí.

5.2.4 Zhodnocení

Celkový výnos z 1 ha pole energetického šťovíku by tedy byl 33 600 Kč. Vynásobíme-li tuto částku 65, tedy počtem hektarů z celé předpokládané plochy, získáme částku 2 184 000 Kč za deset let. Přestože je tato suma vzhledem k časovému horizontu celého projektu relativně nízká, lze pěstování šťovíku v dané lokalitě považovat za rentabilní. Po likvidaci porostu bychom navíc získali kvalitní ornou půdu využitelnou pro pěstování dalších plodin.

Vyprodukovanou slámu lze po pořízení vhodného spalovacího zařízení využít například pro vytápění větších objektů, školy (obec Kaznějov provozuje školu o kapacitě 540 žáků), zdravotnického zařízení, nebo jiných obecních budov. Další z možností využití slámy ze šťovíku je výroba pelet. Za tímto účelem by bylo možné v Kaznějově vybudovat výrobní linku na agropelety, která by kromě šťovíku mohla zpracovávat i slámu a seno z okolních polí. Návrh takového zařízení a jeho využití v obci Kaznějov by mohl být zajímavým tématem studie, navazující na tuto bakalářskou práci.

Závěr

Zatímco biomasa je v současné době největším zdrojem energie z obnovitelných zdrojů u nás, obliba cíleně pěstované biomasy u nás klesá, což je způsobeno zejména zrušením dotací na pěstování polních energetických plodin a rychle rostoucích dřevin. V současné době nejsou v ČR žádné dotace podporující pěstování RRD ani PEP., pěstování energetických rostlin je tak podporováno pouze dotací na plochu orné půdy..

Význam biomasy získané pěstováním polních energetických plodin lze prokázat i v souvislosti s rekultivací území a obnově krajiny v oblastech zatížených těžbou nerostných surovin po ukončení těžební činnosti. Po technické rekultivaci území se provádí biologická rekultivace vysazováním zeleně na upravených plochách. V našich klimatických podmínkách je nejčastěji používanou energetickou plodinou krmný šťovík.

Pro praktický příklad zhodnocení energetického potenciálu polních energetických plodin v oblasti rekultivace jsem vybrala návrh rekultivace dobývacího prostoru Kaznějov I v Plzeňském kraji. Jedná se o kaolínový lom, který v letech 2015-2020 bude postupně ukončovat svoji činnost. Při návrhu rekultivace DP Kaznějov I se od samého počátku počítalo s rekultivací lesnickou a částečně také vodohospodářskou. Ve své práci navrhuji jiné řešení rekultivace tohoto dolu, a to rekultivaci pomocí polních energetických plodin namísto plánované lesnické rekultivace. Postup technické rekultivace bude srovnatelný s postupem navrhovaným těžební společností LB Minerals, s.r.o., liší se biologická rekultivace. Po provedení terénních úprav navrhuji osetí energetickou plodinou. Jako nejvhodnější jsem vyhodnotila krmný šťovík Rumex OK 2, zejména díky tomu, že je ze všech PEP pěstovaných u nás nejlépe prověřen a osvědčen, a to z hlediska pěstování, sklizně i následného zpracování a energetického využití. Svými nároky také odpovídá půdnímu typu řešené lokality. Navržený rekultivační postup hodnotí výnosový potenciál při době trvání porostu PEP 10 let.

Celkový výnos ze zemědělsky využitelné plochy rekultivovaného DP Kaznějov I, která činí 65 ha, by byl 2 184 000 Kč za deset let. Přestože je tato suma vzhledem k časovému horizontu celého projektu relativně nízká, lze pěstování šťovíku považovat za rentabilní, zejména ve srovnání s plánovanou lesnickou rekultivací, která počítá se zalesněním celé plochy. Po likvidaci porostu bychom navíc získali kvalitní ornou půdu využitelnou pro pěstování dalších plodin.

Vyprodukovanou biomasu lze po pořízení vhodného spalovacího zařízení využít například pro vytápění větších objektů, zdravotnického zařízení, nebo jiných obecních budov. Další z možností využití fytomasy ze šťovíku je například výroba pelet.

Tímto výzkumem nelze jednoznačně potvrdit, že rekultivace dané oblasti tímto způsobem je nejvhodnějším řešením, ale potvrdilo se, že je to jedna z možných cest, neboť je z environmentálního hlediska vyhovující, a je ekonomicky rentabilní. Navíc otevírá obci Kaznějov možnost ekologicky šetrného získávání energie.

Použitá literatura

1. **Vladimír Stupavský.** Víme, co se pod pojmem biopaliva ve skutečnosti skrývá? Mají biopaliva negativní vliv na rostoucí ceny potravin? *biom.cz*. [Online] CZ BIOM, 29. září 2008. [Citace: 10. leden 2014.] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vime-co-se-pod-pojmem-biopaliva-ve-skutecnosti-skrывa-maji-biopaliva-negativni-vliv-na-rostouci-ceny-potravin>.
2. **Murtinger, Karel a Berakovský, Jiří.** *Energie z biomasy*. Brno : ERA group s.r.o., 2006.
3. **Havlíčková, Kamila.** *Analýza potenciálu biomasy v ČR*. Průhonice : Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a zemědělství, v. v. i., Průhonice, 2010.
4. **Kolektiv autorů.** *Půda v České republice*. Praha : Consult Praha, 2009. 80-903482-4-6.
5. **SHOCart.** *Školní atlas Česká republika a Evropa*. Vizovice : SHOCart, spol. s.r.o., 2005. 80-7224-247-4.
6. *Eroze půdy a protierozní ochrana půdy. Zemědělský svaz ČR a Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s.* Praha : Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s., 2011. 978-80-87262-11-5.
7. **Stejskal, Jan.** Rekultivace, aneb jak vyhodit miliardy. *ekolist.cz*. [Online] 9. 3 2009. [Citace: 4. 3 2014.] ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/rekultivace-aneb-jak-vyhodit-miliardy.
8. *Nové poznatky ve výzkumu eroze, retence vody v krajině a rekultivaci. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i.* Praha : ČZU v Praze, 2010. 978-80-213-2083-3.
9. **BIOM.CZ.** Energetické byliny a traviny. *Biom.cz*. [Online] Biom.cz. [Citace: 14. 4 2014.] <http://biom.cz/cz-pestovani-biomasy/sekce/energeticke-byliny-a-traviny/o-energetickych-plodinach>.
10. **Sergej Ustak, Olga Mikanová.** *Pěstování a využití komonice bílé při biologické rekultivaci dulních výsypek*. Praha 6 - Ruzyně : Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., 2008. 978-80-87011-73-7.
11. **Petříková, Vlasta.** Pohled do historie pěstování energetických rostlin k vytápění budov. *Biom*. 2014, 01/2014.
12. **Lyčka, Zdeněk.** Energetická náročnost výroby pelet z biomasy. *Česká peleta*. [Online] Česká peleta, 2010. [Citace: 3. 6 2014.] <http://www.ceska-peleta.cz/zpravy-z-tisku/energeticka-narocnost-vyroby-pelet-z-biomasy/>.
13. **Pro Pelety.** O peletách. *propelety.cz*. [Online] [Citace: 6. 2 2017.] <http://propelety.cz/index.php?str=pelety>.
14. **Plzeňská teplárenská, a.s.** Zelená energie. *Plzeňská teplárenská*. [Online] [Citace: 22. 4 2014.] <http://www.pltep.cz/index.php?goto=text&sekce=Ar5bXRIQ&tid=V8TSTGNc&lng=cz>.

15. **Milan, Svoboda.** Regionální plán Plzeňského kraje- těžba surovin. *Portál Plzeňského kraje*. [Online] 2004. [Citace: 20. 5 2014.] <http://portal.kr-plzensky.cz/file.asp?name=1004102051007094350.pdf&folder=701>.

16. **Morvicová, RNDr. Ludmila.** Stanovení dobývacího prostoru Kaznějov III a dobývání další části výhradního ložiska kaolinů Kaznějov – jih 2 a části ložiska Horní Bříza Trnová. *Informační systém EIA*. [Online] 25. 7 2013. [Citace: 12. 5 2014.] http://portal.cenia.cz/eiasea/view/eia100_cr.MZP392.

17. —. Oznámení záměru pro řízení o stanovení dobývacího prostoru Kaznějov I. *Informační systém EIA*. [Online] 30. 11 2006. [Citace: 23. 5 2014.] Informační systém EIA. OV 3014a.

18. **Ing., Toniková Zuzana.** Stanovení dobývacího prostoru Kaznějov I a dobývání severní části výhradního ložiska kaolinu Kaznějov - jih 2. *Informační systém EIA*. [Online] 3. 5 2007. [Citace: 11. 5 2014.] http://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_OV3014.OV3014.

19. **Ministerstvo životního prostředí ČR .** Stanovení dobývacího prostoru Kaznějov II a dobývání další části výhradního ložiska kaolinů Kaznějov - jih 2. *Informační systém EIA*. [Online] 16. 2 2011. [Citace: 12. 5 2014.] http://portal.cenia.cz/eiasea/view/eia100_cr.MZP285.

20. **Krajský úřad Plzeňského kraje.** Plán sanace a rekultivace lomu v DP Kaznějov. *Informační systém EIA*. [Online] 29. 12 2011. [Citace: 11. 5 2014.] http://portal.cenia.cz/eiasea/view/eia100_cr.PLK1608.

21. **Kubíček, Jan.** *Rekultivace lokality po povrchové těžbě písku*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2008.

22. **Ust'ak, Sergej.** *Pěstování a využití šťovíku krmného v podmínkách České republiky*. místo neznámé : Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., 2007. 978-80-87011-26-3.

23. **Dotace z EU.** Rychlerostoucí dřeviny. *Dotace z EU*. [Online] [Citace: 2. 6 2014.] <http://www.dotacez.eu/dotace-na-japonske-topoly>.

24. **Státní zemědělský intervenční fond.** JEDNOTNÁ PLATBA NA PLOCHU (SAPS). [Online] Státní zemědělský intervenční fond, 7. 5 2014. [Citace: 2. 6 2014.] <https://www.szif.cz/irj/portal/szif/saps>.