

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Téma bakalářská práce:
Technologie pěstování rychle rostoucích rostlin a jejich
vliv na biodiverzitu

Vedoucí práce:
doc. RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.

Autor:
Jan Rektorys

2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan REKTORYS**
Osobní číslo: **Z10399**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Technologie pěstování rychle rostoucích rostlin a jejich vliv na biodiverzitu**
Zadávající katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracovat rešerši k technologii pěstování rychle rostoucích rostlin.
2. Na základě literárních údajů popsat význam rychle rostoucích rostlin v kulturní krajině zejména z hlediska stavu biodiverzity.
3. Seznámit se s základními metodami sledování biodiverzity v porostech energetických rostlin.
4. Seznámit se s statistickými metodami hodnocení vzorků.
5. Vytypování indikátorů biodiverzity porostů rychle rostoucích rostlin pro energetické účely s ohledem na jejich druh (klon) a použitou technologii.
6. Shrnout výsledky se zaměřením na význam rychle rostoucích rostlin ve středoevropské krajině.

Rozsah grafických prací: tabulky a grafy, fotografická příloha
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran včetně příloh
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- Boháč J., 2008: Biodiverzita na plantážích rychle rostoucích rostlin pro energetické účely. In: Havlíčková K., Boháč J., Hutla P., Knápek J., Stražil Z., Kajan M., 2008: Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ, Průhonice, pp. 30-37.
- Boháč J., Celjak I., Moudrý J., Kohout P., Wotavová K., 2007: Communities of beetles in plantations of fast growing plant species for energetic purposes. Entomol. Rom., 12:137-145.
- Boháč J., Kohout P., 2011: Metody studia biodiverzity v porostech energetických rostlin - půdní a epigeičtí brouci. Acta Pruhoniana 97: 85-96.
- Jahnová Z., Boháč J., 2011: Společenstva epigeických brouků (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) v porostech bylin pro energetické účely. Acta Mus. Beskid., 3:133-143.
- Kohout P., Celjak I., Boháč J., 2010: Rychle rostoucí topoly a vrby. JČU v Českých Budějovicích, ZF, 106 s.
- Kohout P., Jahnová Z., Boháč J., 2010: Non-food utilization of biomass in the energy sector of EU and its effect on biodiversity (Case study from the Czech republic). Herald of the International Academy of Sciences (Russian Section), special issue 2010:99-100.
- Kohout P., Boháč J., Pavelcová L., Celjak I., 2011: Potenciální škůdci energetických dřevin: fytofágní druhy hmyzu (Insecta) na vybraných plantážích v jižních Čechách. Acta Pruhoniana 97:77-83.

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.
Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání bakalářské práce: 29. února 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013



Ing. Karel Suchý, Ph.D.
proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice



prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 29. února 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

11. dubna 2013

.....
Jan Rektorys

Poděkování

Zde bych rád poděkoval doc. RNDr. Jaroslavu Boháčovi, DrSc., za cenné rady, poskytnuté materiály, čas a trpělivost. Dále bych rád poděkoval rodičům za podporu nejen při studiu.

Abstrakt

Byla provedena rešerše týkající se energetických zdrojů dneška. Byly posouzeny výhody i nevýhody využití různých druhů rychle rostoucích bylin i dřevin z hlediska náročnosti na stanoviště a množství biomasy. Byly určeny indikátory antropogenního ovlivnění jednotlivých kultur s využitím bezobratlých živočichů. Jako perspektivní bioindikátory se ukázaly druhy a společenstva epigeických brouků. Celkově bylo zjištěno, že největší biomasy dosahuje klon vrby S-705 (15 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí) a z bylin invazní křídlatka sachalinská (až 60 t sušiny ha/rok). Nejméně náročná na pěstování je lebeda rozkladitá a merlík bílý.

Klíčová slova: biomasa, energetické rostliny, střevlíkovití, drabčíkovití

Abstract

A research regarding the today's energy sources has been conducted. Different kinds of fast growing herbs and timber were evaluated, considering their advantages and disadvantages, respectively, in terms of their habitat and the volume of biomass. The indicators of anthropogenic influence over particular cultures were defined with the help of invertebrate animals. Epigeic beetles were indicated as perspective indicators of human impact. As a result of the study, it appears that the biggest volume of biomass can be found in a willow clone S – 705 (15 tons of dry matter ha/year in the first rotation period) and speaking of herbs, that is in invasive Giant Knotweed (60 tons of dry matter ha/year). The least demanding, in terms of growing, are Spear Saltbush and goosefoot.

Key words: biomass, energetic plants, ground beetles, rove beetles

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod..... | 10 |
| 2. Metodika | 11 |
| 3. Literární přehled..... | 12 |
| 3.1 Zdroje energie v současném světě a technologie získání energie | 12 |
| 3.1.1 Fosilní paliva..... | 13 |
| 3.1.1.1 Uhelné elektrárny | 13 |
| 3.1.1.2 Ostatní elektrárny na fosilní paliva | 13 |
| 3.1.2 Jaderné elektrárny | 14 |
| 3.1.3 Obnovitelné zdroje..... | 14 |
| 3.1.3.1 Solární energie | 14 |
| 3.1.3.2 Větrná energie a energie mořských proudů | 15 |
| 3.1.3.3 Vodní energie | 17 |
| 3.1.3.4 Geotermální energie | 18 |
| 3.1.3.5 Biomasa..... | 19 |
| 3.1.4 Alternativní paliva | 20 |
| 3.1.5 Shrnutí..... | 20 |
| 3.2 Technologie pěstování energetických rostlin | 21 |
| 3.2.1 Druhy | 21 |
| 3.2.1.1 Dřeviny..... | 21 |
| 3.2.1.2 Byliny | 25 |
| 3.2.1.2.1 Jednoleté byliny..... | 25 |
| 3.2.1.2.2 Dvouleté byliny | 25 |
| 3.2.1.2.3 Víceleté a vytrvalé byliny (dvouděložné) | 26 |
| 3.2.1.2.4 Víceleté a vytrvalé trávy (jednoděložné)..... | 28 |
| 3.2.1.2.5 Obiloviny | 30 |
| 3.2.1.2.6 Pícniny (bobovité, dvouděložné)..... | 32 |
| 3.2.1.2.7 Olejniny | 33 |
| 3.2.1.3 Shrnutí | 35 |
| 3.2.2 Agrotechnika rychle rostoucích dřevin..... | 35 |
| 3.2.2.1 Příprava půdy | 35 |
| 3.2.2.2 Výsadba..... | 36 |

| | |
|--|----|
| 3.2.2.3 Způsob pěstování | 37 |
| 3.2.2.3.1 Velmi krátké obmýtí..... | 37 |
| 3.2.2.3.2 Lignikultury | 37 |
| 3.2.2.3.3 Silvikultury | 38 |
| 3.2.2.4 Údržba plantáže..... | 38 |
| 3.2.2.5 Izolační pásy..... | 38 |
| 3.2.2.6 Sklizeň..... | 38 |
| 3.2.2.7 Likvidace plantáže | 39 |
| 3.2.3 Agrotechnika rychle rostoucích bylin..... | 39 |
| 3.2.4 Shrnutí..... | 39 |
| 3.3 Mimoprodukční funkce rychle rostoucích rostlin | 39 |
| 3.3.1 Ovzduší | 39 |
| 3.3.2 Voda..... | 40 |
| 3.3.3 Hluk | 40 |
| 3.3.4 Biodiverzita..... | 41 |
| 3.3.5 Ostatní | 44 |
| 3.3.6 Shrnutí..... | 45 |
| 3.4 Metody sledování biodiverzity v porostech energetických rostlin..... | 45 |
| 3.4.1 Střevlíkovití | 45 |
| 3.4.2 Drabčíkovití | 47 |
| 3.4.3 Shrnutí střevlíkovitých a drabčíkovitých..... | 49 |
| 3.4.4 Statistické metody..... | 49 |
| 3.4.4.1 Shluková analýza | 49 |
| 3.4.4.2 Analýza variance (ANOVA)..... | 50 |
| 3.4.4.3 Mnoharozměrné metody | 50 |
| 3.4.4.4 Indexy diverzity | 51 |
| 3.4.4.5 Index antropogenního ovlivnění | 51 |
| 3.4.4.6 Shrnutí statistických metod..... | 52 |
| 3.4.5 Vytypování bioindikátorů v porostech rychle rostoucích rostlin pro energetické účely podle jejich ekologických nároků..... | 52 |
| 3.4.5.1 Dřeviny..... | 52 |
| 3.4.5.2. Byliny | 54 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4. Závěr | 56 |
| 5. Seznam použité literatury..... | 57 |

1. Úvod

Se stoupající populací se zvyšuje i spotřeba energie, ale ne lineárně, nýbrž progresivně. Od roku 1990 do roku 2010 stoupla dokonce čtyřnásobně. Vystává zde otázka, jakým způsobem nasytit hlad po energiích. Bohužel se to řeší především spalováním fosilních paliv, což přispívá k zhoršení ovzduší a ke klimatickým změnám. V roce 1860 byly emise CO₂ 0,7 miliardy tun, poté poměrně lineárně vzrůstaly až do roku 1960 (9 miliard tun CO₂), kdy došlo k prudkému nárůstu (1980 – 19 miliard tun CO₂), který se pomalu začíná zpomalovat (2000 – 25,3 miliard tun CO₂) na 33 miliard tun CO₂ v roce 2010, přičemž tendence je i nadále vzrůstající (Nuclear Engineering International, 1991; Olivier, Janssens-Maenhout, Peters, Wilson, 2011). Východiskem můžou být obnovitelné zdroje. Jako první nás asi napadnou u nás kontroverzní solární elektrárny, dále větrné a vodní. Už se ale mnohdy zapomíná na další „zelenou“ energii – biomasu.

Získávání rostlinné biomasy pro energetické účely se dá rozdělit do tří skupin: lesní, zbytkovou a zemědělskou. Poslední jmenovanou dále na cíleně pěstovanou biomasu, biomasu obilovin, olejnin a přadných rostlin, trvalé travní porosty, rychle rostoucí dřeviny pěstované na orné půdě a rostlinné zbytky ze zemědělství prvovýroby a údržby krajiny. Rád bych se ve své práci zaměřil na rychle rostoucí dřeviny a to s důrazem na jejich vliv na biodiverzitu hmyzu.

Cílem mé práce bylo:

1. Vypracovat rešerši k technologii pěstování rychle rostoucích rostlin.
2. Na základě literárních údajů popsat význam rychle rostoucích rostlin v kulturní krajině zejména z hlediska stavu biodiverzity.
3. Seznámit se se základními metodami sledování biodiverzity v porostech energetických rostlin.
4. Seznámit se se statistickými metodami hodnocení vzorků.
5. Vytypování indikátorů biodiverzity porostů rychle rostoucích rostlin pro energetické účely s ohledem na jejich druh (klon) a použitou technologii.
6. Shrnout výsledky se zaměřením na význam rychle rostoucích rostlin ve středoevropské krajině.

2. Metodika

Tato práce byla zpracována formou literární rešerše. Pro lepší přehled počtu použitých titulů (tab. č.1). Celkem bylo prostudováno 69 zdrojů, na samotnou rešerši bylo použito 68, z nichž bylo 10 cizojazyčných. Z příložených tabulek je zřejmé, že nejvíce literárních zdrojů se mi podařilo získat pro kapitoly týkající se technologií pěstování energetických rostlin. Poměrně hodně jsem excerpoval práce týkající se biodiverzity v porostech energetických rostlin. Kapitola „zdroje energie v současném světě a technologie získání energie“ byla zastoupena jen 13 tituly. Literatura týkající se této problematiky je velmi rozsáhlá a proto jsem excerpoval jen některé základní literární zdroje. Nejméně dat se mi podařilo získat o mimoprodukčních funkcích rychle rostoucích rostlin.

Tab. č.1: Počet použitých titulů v jednotlivých kapitolách rešerše (některé tituly byly použity ve více kapitolách).

| Název kapitoly | Počet titulů |
|---|--------------|
| Zdroje energie v současném světě a technologie získání energie | 13 |
| Technologie pěstování energetických rostlin | 29 |
| Mimoprodukční funkce rychle rostoucích rostlin | 11 |
| Metody sledování biodiverzity v porostech energetických rostlin | 21 |

Jednotlivé práce v kapitolách (tab. č.1) byly analyzovány a byla provedena syntéza, respektive byl vyvozen závěr.

3. Literární přehled

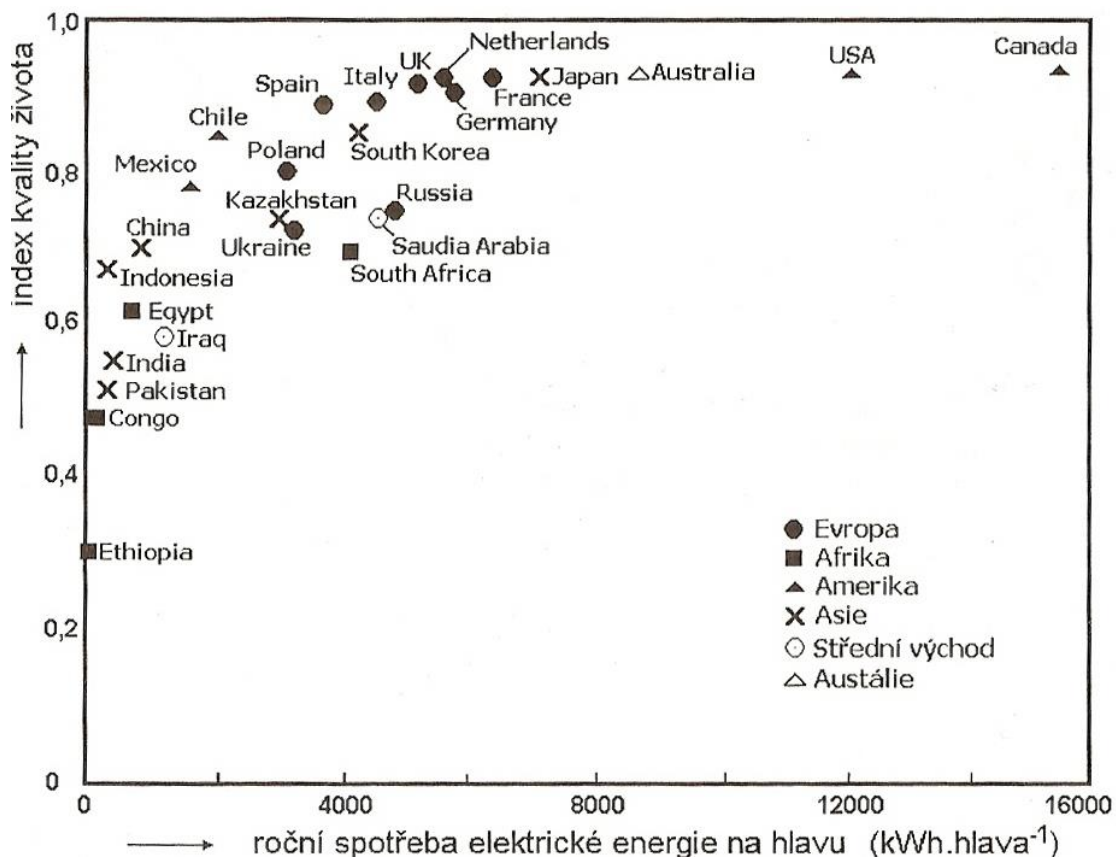
Literární přehled je rozdělen do několika hlavních částí (tab. č. 1). Tyto části na sebe navazují v logickém řetězci od současných technologií získávání energie, významu obnovitelných zdrojů zejména biomasy, technologie pěstování rostlin poskytujících biomasu k biodiverzitě v porostech energetických rostlin a jejich mimoprodukčním funkcím.

3.1 Zdroje energie v současném světě a technologie získání energie

Nerovnoměrnost spotřeby energie je globální problém – 80% světové výroby energie spotřebuje 20% lidí ve vyspělých státech. Jaderné zdroje dnes tvoří 17% světové výroby energie, obnovitelné 17% (Libra, Poulek, 2007).

Na obrázku č.1 je Index kvality života. Ten zahrnuje průměrný věk, úroveň vzdělání a HDP a je uveden v souvislosti se spotřebou elektrické energie na hlavu v jednotlivých státech. Je vidět, že od určité hodnoty spotřeby energie na hlavu se už tento index nezvyšuje. Z toho vyplývá, že v nejvyspělejších státech se energií plýtvá (Libra, Poulek, 2007).

Obr. č.1: Index kvality života v závislosti na roční spotřebě elektrické energie na hlavu v některých státech (Libra, Poulek, 2007)



3.1.1 Fosilní paliva

V přírodě vznikají organické látky zejména v zelených částech rostlin z vody a oxidu uhličitého za přispění energie slunečního záření. Pokud se biomasa geologickými pochody dostane do hlubin, kde bez přístupu vzduchu byla vystavena vysokým teplotám a tlakům, tak se z ní vytvoří během mnoha miliónů let fosilní paliva. Fosilních paliva jsou tedy několikrát přeměněná a akumulovaná sluneční energie. Dělíme je dle skupenství na pevná (uhlí), kapalná (mazut, topné oleje) a plynná (zemní plyn) (Libra, Poulek, 2007). 75 % člověkem vyrobených emisí oxidu uhličitého spadá na spalování fosilních paliv (Otčenášek, 2006).

3.1.1.1 Uhelné elektrárny

Při spalování uhlí se uvolňuje tepelná energie, kterou lze přeměnit na jiný druh energie, například na energii elektrickou. Odpadní teplo se může používat na vytápění (Libra, Poulek, 2007). 57% z hrubé výroby elektřiny v ČR je získáváno spalováním uhlí (Energetický regulační úřad, 2011). Účinnost se pohybuje nejčastěji od 38% do 43%. Uhelná elektrárna najíždí na plný výkon několik hodin, mnohdy i půl dne (Libra, Poulek, 2007). Zásoby uhlí jsou odhadovány v ČR až na 300 let (Otčenášek, 2006).

Spálením 1 toe (1 tuna olejového ekvivalentu = 1,48 tuny) uhlí vznikne 4,8 t CO₂, 6 kg SO₂ a 11 kg NO₂ (15. Kongres Světové energetické rady). Spaliny se čistí, zbavují se oxidů síry a popílku. Ten se odlučuje ve dvou stupních. Odsíření se provádí mnoha způsoby, všechny ale končí výrobou kyseliny sírové nebo sádrovce (Libra, Poulek, 2007; Friess, 2007). Současnými moderními technologiemi se dá zachytit až 99% popílku, 97% oxidů síry a 90% oxidů dusíku. Příliš se nemluví o tom, že v tuně našeho uhlí je 4-9 gramů uranu a tudíž je popílek mírně radioaktivní a skládka pochopitelně také (Libra, Poulek, 2007).

3.1.1.2 Ostatní elektrárny na fosilní paliva

Země, které mají dostatek zemního plynu a ropy, využívají elektrárny na kapalná či plynná paliva (Libra, Poulek, 2007).

Mazut se nejprve musí prohřát párou, aby měl nižší viskozitu. Ten se dále přivádí do spalovacích komor ve formě kapiček rozstříkovaných spolu s primárním vzduchem. Optimalizovaným spalováním a zlepšenou konstrukcí se podařilo snížit emise oxidů dusíku o 90% oproti dřívějším hodnotám (Libra, Poulek, 2007).

Při obnově parku elektráren bude nejspíš nezbytné využít i plynové elektrárny. Jejich zřejmou výhodou je kromě snadné regulovatelnosti také krátká doba výstavby a vysoká účinnost přeměny energie paliva na elektřinu. Jejich provoz

je šetrnější z hlediska emisí skleníkových plynů v porovnání s uhelnými elektrárnami (Otčenášek, 2006).

3.1.2 Jaderné elektrárny

Princip jaderné elektrárny je stejný jako u uhelné elektrárny, jen s tím rozdílem, že se tepelná energie neuvolňuje spalováním uhlí, ale uvolňuje se štěpením těžkých jader v jaderném reaktoru. Jaderné energie by mohlo být i více, ale brání tomu odmítavý postoj veřejnosti a politizování problémů. Dukovany, naše první jaderná elektrárna, má za sebou více než 25 let bezpečného provozu. Kdybychom neměli jadernou elektrárnu Temelín, tak bychom už museli energii dovážet. Za předpokladu, že se nepostaví další jaderná elektrárna, tak už po roce 2015 budeme muset energii dovážet. Výstavba jaderných elektráren je investičně náročnější než jiné elektrárny, ale poté je levnější provoz. Až několik týdnů trvá, než jaderná elektrárna najede na plný výkon (Libra, Poulek, 2007). Ekonomicky a technicky těžitelné zásoby uranu a thoria ve světě by stačili v současných typech reaktoru až na stovky let, při použití v rychlých reaktorech dokonce na tisíce let (Otčenášek, 2006).

Největší pozornosti se dostává radioaktivnímu odpadu. Blok 1000 MW jaderné elektrárny neprodukuje žádné exhalace, ale zbyde ročně asi 35 tun radioaktivního odpadu, z toho přibližně 3% radioizotopů, které po přepracování zabírají asi 3 m³. Běžnými technologiemi dokážeme využít jen 4% energie obsažené v jaderném palivu. Pokusně již ale pracují reaktory nové generace s urychlovačem svazku protonů, které jsou efektivnější a navíc by měly zvýšit bezpečnost provozu. Z toho plyne, že „vyhořelé“ palivo uložené v meziskladech vlastně není žádný odpad, ale ještě použitelné palivo. Proto trvalé uložení pozbývají smyslu a upouští se od nich, jelikož bychom znemožnili příštím generacím tuto energii využít. Díky rostoucím cenám přírodního uranu se blíží doba, kdy se vyplatí vyrábět nové palivové články z „vyhořelého“ paliva. Technologie jsou již známé, ale pořád příliš drahé (Libra, Poulek, 2007).

3.1.3 Obnovitelné zdroje

Obnovitelné zdroje jsou takové zdroje, které jsou v dlouhodobém horizontu nevyčerpatelné. Radíme mezi ně solární energii, větrnou, vodní, energii mořských proudů, geotermální a energii akumulovanou v biomase (Libra, Poulek, 2007).

3.1.3.1 Solární energie

Z hlediska životního prostředí je nejčistším a nejšetrnějším způsobem výroby energie přeměna přímo ze slunečního záření (Bařínka, Klimek, 2007). Energii využíváme nejčastěji dvojitým způsobem - fotovoltaickými a fototermickými systémy. Prvně jmenovanými přeměňujeme sluneční energii na energii elektrickou,

fototermickými systémy na tepelnou energii, která se používá především k vytápění domů a ohřevu vody (Libra, Poulek, 2007).

Technická řešení pro využití sluneční energie k přeměně na elektrickou energii jsou již v uspokojivé podobě používány. Zatímco při dodávce elektrické energie do sítě je energie z fotovoltaických systémů stále ještě dražší než z klasických zdrojů, v mnoha aplikacích na odlehlých místech bez připojení k elektrorozvodné síti je fotovoltaika technicky i ekonomicky výhodnější řešení (Bařinka, Klimek, 2007).

Zásadní je u fotovoltaických systémů místo, na kterém jsou instalovány. Energetický výnos fotovoltaického systému v Tibetu je vyšší než energetický výnos stejného systému v rovníkové Africe, přesto že intenzita solárního záření v rovníkové Africe je vyšší. V Tibetu, v nadmořské výšce kolem 5000 m, je nízká vlhkost vzduchu a vysoká jasnost při nízké průměrné teplotě, což jsou ideální podmínky pro fotovoltaiku, protože účinnost panelů za teplot 60-70°C klesá. Další ideální místa jsou v horských oblastech v Chile, Bolívii a Argentině. Ve srovnání s Brněnským krajem je teoretický energetický výnos v Tibetu 2,5 krát vyšší (Libra, Poulek, 2007).

Výroba křemíku a další polovodičové technologie jsou energeticky hodně náročné a kolektory musí pracovat několik let, než vyrobí energii, která byla spotřebována při své výrobě. Životnost panelů bývá 20-30 let, tudíž celkově je zde významný zisk energie. Pokud budou panely s nominálním výkonem 1 kW instalovány s hřebenovým koncentrátorem záření na pohyblivý stojan s automatickým natáčením v místě s ideálními slunečními podmínkami, vyrobí energii 5600 kWh, která byla spotřebována při výrobě, při jejich využitelnost cca 30%, už za 2 roky. Při instalaci panelů na pevný stojan bez koncentrátoru záření se tento čas přibližně zdvojnásobí. Minimální údržba v průběhu životnosti je velká výhodou fotovoltaických systémů (Libra, Poulek, 2007).

3.1.3.2 Větrná energie a energie mořských proudů

Energie větru jsme nejdříve využívali k pohonu plachetnic, později k pohonu větrných mlýnů a dnes k pohonu větrných turbín. Používají se dvě konstrukce - s horizontální nebo vertikální osou. Motory s horizontální osou mají účinnost až 48%, s vertikální osou mají nižší účinnost, a to do 38%, ale nejsou závislé na směru větru (Libra, Poulek, 2007).

Klimatologický potenciál větrné energie je určen hustotou vzduchu a rychlostí větru (hustota výkonu větru). Rozumné je vyjadřovat hustotu výkonu větru ve výškách 30–40 m nad zemským povrchem, kde se již nejvýznamnější účinky drsnosti zemského povrchu na plynulé proudění vzduchu neprojevují, nebo ve výšce 80 m, což je nejčastější výška os turbín (Štekl, 2007).

V současné době se na našem území za mezní hodnotu průměrné roční rychlosti větru ve výšce 30 m bere hodnota $5,25 \text{ m.s}^{-1}$ (Štekl, 2007). Využit se dají větry o rychlosti $3-26 \text{ m.s}^{-1}$ (Libra, Poulek, 2007). Odhaduje se, že nad jihozápadními Čechami ve výšce kolem 780 m.n.m. je díky alpskému masivu zeslabena průměrná roční rychlost větru zhruba o 1 m.s^{-1} (Štekl, 2007).

Hustota vzduchu závisí na nadmořské výšce. Přibližné hodnoty jsou uvedené v tabulce č.2 (Štekl, 2007).

Tab. č.2: Závislost výkonu větru na hustotě vzduchu vlivem nadmořské výšky (Štekl, 2007).

| Nadmořská výška (v m.n.m.) | 0 | 500 | 800 | 1200 |
|----------------------------|-----|-----|-----|------|
| Výkon větru (v %) | 100 | 95 | 93 | 89 |

V ČR je málo rentabilních míst a většina leží v chráněných oblastech na hřebenech hor (Libra, Poulek, 2007).

Přeměna energie větru na elektrickou energii pomocí větrných elektráren má minimální negativní vliv na životní prostředí při porovnání s využíváním neobnovitelných zdrojů. Větrné elektrárny nezatěžují při svém provozu okolní prostředí žádnými odpady, ty vznikají pouze při výrobě a likvidaci. Samotná stavba je hotová většinou do dvou měsíců, demontáž proběhne za 1-2 dny (Štekl, 2007).

Jelikož je výroba elektrické energie z větrných elektráren závislá na rychlosti větru, který nebývá stálý, dochází k časové nestabilitě. Musí být tedy záložní zdroje (Štekl, 2007).

Hluk vydávaný větrnými elektrárnami a jeho vliv na okolní prostředí bývá v mnoha případech ochránci životního prostředí nadhodnocován. Větrná elektrárna produkuje dva druhy hluku. V první řadě jde o mechanický hluk, který vzniká samotnou strojovnou (generátor, ventilátor, převodovka, natáčecí mechanismy), v druhé řadě jde o aerodynamický hluk, který vzniká při styku povrchu listů rotoru s proudícím vzduchem a následným vznikem turbulencí za hranou listů. Aerodynamický hluk se dá snížit modernějšími konstrukcemi listů vrtule nebo variantností typů rotorů, kdy se ale musí očekávat mírné snížení výkonu generátoru. Hluk pozadí je poměr mezi intenzitou hluku vyvolaného sledovaným objektem a intenzitou ostatních hluků. To, že hluk, který je vyvolán vazkým a turbulentním třením vzduchu o drsný zemský povrch, může dosáhnout, především v horských podmínkách, velkých hodnot, je všeobecně známo. Důkazem toho je, že při vichřici na horách člověk neslyší krom vzduchu skoro nic. Byly prováděny zkoušky na Dlouhé Louce v Krušných horách, kde se zjišťoval hluk pozadí při různých rychlostech větru (tab. č.3) (Štekl, 2007).

Tab. č.3: Intenzita hluku pozadí v závislosti na rychlosti větru (Štekl, 2007)

| Rychlost větru (v m.s ⁻¹) | 5 | 6 | 8 |
|---------------------------------------|-------|-------|---------|
| Intenzita hluku (v dB) | 30-40 | 33-47 | min. 45 |

Mimo jiné se proto v Německu staví větrné elektrárny přinejmenším 300 m od jednotlivého domu a více než 500 m od několika domů (Štekl, 2007).

Střídavé zakrývání Slunce listy rotoru dává vzniknout stroboskopickému efektu, který může na některé jedince nepříznivě působit. Toto nebezpečí vzniká ale pouze při Slunci nevysoko nad horizontem, kdy se prodlužují stíny. Proto je součástí posudku také posouzení vlivu stroboskopického efektu (Štekl, 2007).

Vliv na avifaunu je minimální. Dá se říci, že ptáci větrné elektrárny oblétaávají či nadlétaávají, někdy i prolétaávají. Problém nastává za zhoršených viditelnostních podmínek. Ptáci pocítují existenci turbulencí za rotory větrných elektráren do vzdálenosti až několika málo set metrů, turbulence jsou nejsilnější na obvodu rotorů. Ze statistik ale vyplývá, že počet mrtvých ptáků díky větrným elektrárnám se dá přirovnat k počtu zabitých ptáků střetem s automobily na stejně dlouhém úseku frekventované silnice jako je větrný park a je mnohem menší než počet mrtvých ptáků na taktéž dlouhém vedení vysokého napětí (Štekl, 2007).

Větrné elektrárny mění krajinný ráz, narušují vzhled krajiny. Proti tomu není obrany (Štekl, 2007; Libra, Poulek, 2007).

V principu stejná jako větrná turbína je turbína na mořský. Takováto turbína je například v Itálii v Messinské úžině (Libra, Poulek, 2007).

3.1.3.3 Vodní energie

Nejběžnější způsob využívání vodní energie v současné době je přeměna energie vodního toku v energii elektrickou. Získávání elektrické energie tímto způsobem se jeví jako ekonomicky nejvýhodnější, přičemž způsob její výroby je bez jakýchkoli emisí. V minulém století byla postavená velká vodní díla, která nevratně změnily tvář země, navíc jejich realizace nebyla vždy nutná. Dnes již víme, že potenciál mají u nás jen malá vodní díla, která celkově mají velký energetický potenciál a mohou tak nahradit alespoň část přeměny elektrické energie z fosilních paliv, které nejsou tak šetrné k životnímu prostředí (Šamánek, 2010).

Vodní energii můžeme využívat několika způsoby. Průtočné elektrárny (říční) leží přímo ve vodním tokem. Jsou buď břehové, nebo pilířové vždy jsou ale v kontaktu s tělesem jezu. Pokud elektrárna leží na uměle vytvořeném kanálu, nazývá se derivační. Voda se po určitém úseku vrátí zpět do původního toku. Dále jsou přehradové, přečerpávací a slapové (Šamánek, 2010; Libra, Poulek, 2007).

Množství vyrobené energie závislý na průtočném množství vody, spádu a účinnosti. Trubín je několik typů, nejběžnější je Peltonova, Francisova, Bánkiho a Kaplanova (v ČR nejpoužívanější). Účinnost dosahuje i více než 90% (Šamánek, 2010; Libra, Poulek, 2007).

Nevýhoda vodních děl je v kolísání výroby elektrické energie v průběhu roku změnou ročních období (Šamánek, 2010).

Negativní vlivy na životní prostředí jsou především u velkých děl. Velké přehradby zatopují půdu, mění ekosystémy, slapové elektrárny ničí často unikátní pobřeží s výskytem vzácných organismů. Jakékoli přehrazení vodního toku zabraňuje migraci vodních živočichů (Šamánek, 2010; Libra, Poulek, 2007).

3.1.3.4 Geotermální energie

Teplo získávané z nitra Země nazýváme geotermální energie. Ta se může využívat buď přímo ve formě tepla, nebo se v geotermálních elektrárnách přeměňuje na elektrickou energii. Mezi výhody geotermální energie patří vysoké výkonové parametry, dostupnost, nízké emise a nezávislost na klimatických podmínkách. Díky tomuto má geotermální energie nejlepší potenciál z obnovitelných zdrojů energie (Motlík, 2010).

Geotermální energetické zdroje jsou místa, kde je ekonomicky výhodné čerpat tepelnou energii. Nejideálnější zdroje se nacházejí na rozhraních litosférických desek. Geotermální teplotní gradient vyjadřuje nárůst teploty s hloubkou pod zemským povrchem, tudíž vyjadřuje potenciál daného místa jakožto zdroje geotermální energie (Motlík, 2010).

Hydrotermální systémy, používané už více než 100 let, jsou nejčastější zařízení k přeměně na elektrickou energii. Tyto systémy ale potřebují výborný geotermální teplotní gradient a tudíž se u nás bohužel nemohou použít. V našich podmínkách se proto využívá systému teplých suchých hornin (HDR) (Motlík, 2010).

Klasické geotermální rezervoáry obsahují vodu nebo páru, které fungují jako médium. Takových míst ale není mnoho, daleko častější je rezervoár, který je pouze z neprostupné horniny. Proto se takovéto horniny uměle rozbíjejí a tím získáme jejich prostupnost. Dále se do nich zavedou tekutiny vhodné pro přenos tepla. Takto lze přeměnit jakoukoli teplou suchou horninu na umělý rezervoár. Někdy ale stačí pouze obnovit prostupnost. Princip spočívá v tom, že jedním vrtem je voda zaváděna do země, poté putuje přes rezervoár, který se chová jako tepelný výměník, a druhým vrtem se vrací zpět nahoru. Vrty končí od sebe několik set metrů. V našich podmínkách se počítá s hloubkami vrtů 5km a teplotním gradientem 30 K/km, z čehož vyplývá, že médium bude ohřáto na 150°C. K vytápění se dá bez problémů využít, ale pokud bychom chtěli vyrábět elektřinu, tak musíme použít jiné metody

než klasický parní Rankinův cyklus, například organický Rankinův cyklus nebo Kalinův cyklus, které používají sekundární pracovní médium s nízkým bodem varu (Motlík, 2010).

3.1.3.5 Biomasa

Organické látky v rostlinách vznikají z oxidu uhličitého a vody za přispění solární energie. Z toho plyne, že v biomase je přeměněná energie Slunce. Odhaduje se, že 15% celosvětové spotřeby energie připadá na biomasu. Jde především o oblasti, kde je pálení dřeva jediný zdroj energie, nebo kde není dostatečné pokrytí elektrického vedení a tam se využívá především bioplyn (Libra, Poulek, 2007).

Značná výhoda pěstování energetických rostlin je i v pěstování v horských, podhorských a jiných oblastech, které nejsou příznivé pro klasické zemědělství. Těchto oblastí, které nejsou dostatečně úrodné nebo jsou nevhodné z klimatických podmínek, je u nás kolem 40% (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

Technologií zpracování biomasy je mnoho, dají se rozdělit například tak, jak je uvedeno v tab. č.4. (Kolektiv autorů ÚPEI FSI VUT Brno, 2010).

Tab. č.4: Technologie zpracování biomasy (Kolektiv autorů ÚPEI FSI VUT Brno, 2010).

| | |
|------------------------------|--|
| Suché procesy | spalování, zplyňování, pyrolýza |
| Mokrý procesy | alkoholové a metanové kvašení |
| Fyzikální a chemické přeměny | štípání, drcení, peletování, esterifikace,.. |
| Využití odpadního tepla | z kompostování, ČOV, .. |

V poslední době se používají plantáže rychle rostoucích dřevin. Dřevní hmota se sklízí v několikaletých cyklech. Kmeny nestačí za tu dobu dostatečně zesílit, což může usnadnit sklizení, ale jsou pak použitelné jen na štěpku. Ta se dá spalovat spolu s uhlím, nebo dále zpracovat, nejčastěji na pelety či brikety. Lze ji ale zpracovat i jinak, například na kapalná biopaliva, ale také se dá použít jako surovina v papírnách nebo při výrobě stavebních hmot. Životnost plantáže se pohybuje okolo 25-30 let (Libra, Poulek, 2007).

Při spalování biomasy se dostane do ovzduší tolik CO₂, kolik uhlíku se při fotosyntéze uložilo na stavbu těla rostlin, SO₂ je 70x méně než při spalování uhlí a NO₂ přibližně 3,5x méně (Nuclear Engineering International, 1991). Spalováním biomasy se zvyšuje riziko vzniku škodlivin, včetně persistentních organických látek (polycyklické aromatické uhlovodíky a polychlorované bifenyly, dioxiny). Jedná se o toxické a karcinogenní látky, které biomasa neobsahuje, ale vznikají až při spalování. Ukazuje se, že množství těchto škodlivin závisí nejen na pracovních podmínkách spalování, ale i na konstrukčních parametrech spalovacího zařízení (Kolektiv autorů ÚPEI FSI VUT Brno, 2010).

Bioplyn je směs plynů (především metan a oxid uhličitý), který vzniká v bioplynových stanicích mikrobiálním rozkladem organické hmoty za nepřístupu vzduchu. Důležité je vytvořit vhodné podmínky pro organismy (Zachová, 2011).

3.1.4 Alternativní paliva

Bylo zkoušeno mnoho různých alternativních paliv, která jsou šetrnější k životnímu prostředí než fosilní paliva, ale mnohdy jsou podstatně dražší nebo jinak nevyhovující. Jedno z mála perspektivních alternativních paliv je vodík. Jeho velká výhoda je krom nejedovatosti to, že se dá vyrobit z mnoha sloučenin, ať už jde o uhlí, zemní plyn, biomasu nebo třeba vodu (Libra, Poulek, 2007).

Vodík může být spalován, ale tento způsob využití není příliš perspektivní, přestože hořením vzniká jen vodní pára a malé množství oxidů dusíku. Lepším řešením zdá se být výroba elektrické energie oxidací vodíku elektrochemickou reakcí v palivových článcích (Libra, Poulek, 2007).

Jisté problémy jsou krom skladovatelnosti stlačeného dusíku, kde jsou vyšší nároky na tlakové láhve než je běžné, i na bezpečnost, respektive na možnost hoření. Vodík totiž při úniku tvoří se vzduchem výbušnou směs, a pokud hoří, plamen není za světla skoro vidět. Dá se to ale řešit jistými technologiemi, například infračervenými detektory nebo na teplo citlivé nátěry vodíkových nádrží a rozvodů (Libra, Poulek, 2007).

3.1.5 Shrnutí

Neobnovitelné zdroje:

Při používání uhlí narážíme na několik problémů. Jde o těžbu (vyvlastňování pozemků), emise vypouštěné do ovzduší a o mírně radioaktivní popílek v případě uhlí z Čech. Proto si myslím, že bychom měli využívání uhelných elektráren postupně omezovat.

Jaderné elektrárny mají u nás pravděpodobně potenciál, přírodních hrozeb u nás příliš nehrozí, tudíž se nás týká v podstatě „jen“ vyřešení problému s vyhořelým palivem. Pokud technologie pokročí a zlevní a budeme schopni ekonomicky výhodně použít to, co dnes považujeme za odpad z jaderných elektráren, může se stát, že tato technologie bude u nás ta hlavní. Mám ale jisté pochybnosti, že vývoj tak daleko vůbec dospěje, protože mnoho zemí od jaderných elektráren opouští a dojde tím i k pomalejšímu rozvoji nových technologií.

Obnovitelné zdroje:

Na základě provedené analýzy můžeme udělat následující závěry:

- Jde o zdroje, které nebudou nikdy vyčerpány.
- Možnost decentralizace zdrojů energie.
- Fotovoltaické systémy mají hlavní smysl na střechách budov. Není rozumné stavět tuto technologii na zemědělských pozemcích.
- Geotermální elektrárny jako jsou na Islandu tu nejsou možné, ale pro vytápění budov je tento zdroj dostatečně účinný i v našich podmínkách. Navíc mohou být efektivně doplněny fototermickými systémy.
- Malá vodní díla by mohla mít v našich podmínkách širší uplatnění.
- Větrné elektrárny, pro které máme vhodné podmínky jen na několika lokalitách, by měly být v těchto lokalitách vystavěny.
- Spalování biomasy je výhodné pouze jako náhrada za spalování uhlí i části uhlí. Při spalování může dojít k vyprodukování škodlivých látek. Zatím nevíme přesně jak tomu zabránit.
- Smysl rychle rostoucích rostlin v energetice spatřuji v použití jejich biomasy pro bioplynové stanice.
- Rychlý růst a rychlé získání velké biomasy s malými ekonomickými náklady.

3.2 Technologie pěstování energetických rostlin

Pojmem energetické rostliny míníme dřeviny a byliny, které jsou záměrně pěstovány pro energetické využití, což jsou pevná, kapalná a plynná biopaliva (Libra, Poulek, 2007). Ve světě se pěstují mnohé rychle rostoucí rostliny. V Evropských podmínkách se nejvíce využívají rychle rostoucí topoly a vrby a některé byliny (Celjak, Boháč, Kohout, 2008). Aby bylo jejich pěstování co nejefektivnější, je třeba dodržet různá pravidla, zejména technologie pěstování, sklizně, využití (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.2.1 Druhy

Pěstují se pro energetické účely buď dřeviny, nebo byliny. Nejdříve musíme vybrat ideální druh rostliny, který nám zajistí vysoký nárůst biomasy v daných podmínkách (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.2.1.1 Dřeviny

Nejčastěji využívané dřeviny pro energetické účely jsou topoly a vrby, které jsou řazeny do čeledi vrbovítých. Díky vzájemnému samovolnému a řízenému křížení dochází k vytvoření mnoha poddruhů, odrůd a kultivarů (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010). Spalné teplo sušiny se pohybuje okolo $19,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$ u topolů, vrby mívají přibližně o $\frac{1}{2} \text{ MJ.kg}^{-1}$ méně (Celjak, Boháč, Kohout, 2008;

Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010). Přehled nejen vrbovitéch, ale všech perspektivních druhů dřevin pro pěstování u nás jsou uvedeny v tabulce č.5.

Tab. č.5: Druhy dřevin (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010; kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, 2011, rok neuveden; Celjak, Boháč, Kohout, 2008; Havlíčková, Boháč, Hutla, Knápek, Stražil, Kajan, 2008)

| Druh | Předpokládané využití | Výnosový potenciál (3 leté obmýtí) | Požadavky na stanoviště | Poznámky |
|--|---|---------------------------------------|---|--------------|
| Topol černý (<i>Populus nigra</i> L.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | Vysoké nároky na proudící vodu, ideální jsou aluviální náplavy s lehčími písčitými půdami kvůli provzdušnění, světlomilný, neutrální či slabě kyselá půdní reakce | Původní druh |
| Topol osika (<i>Populus tremula</i> L.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | Původní druh |
| Topol bavlíkovitý (<i>Populus trichocarpa</i> Torr. et Gray) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | Nižší nároky na světlo než u ostatních topolů, náročný na vlhko | |
| Topol (<i>Populus balsamifera</i> L. II. x <i>P. tremula</i> L.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | |
| Topol (<i>Populus maximowiczii</i> Henry x <i>P.x berolinensis</i> K. Koch „Oxford“) P-494 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | 7-8,7 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí | Suché i vodou dobře zásobené půdy, i chladnější oblasti | |
| Topol (<i>Populus maximowiczii</i> Henry x <i>P.x berolinensis</i>) P-466 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | |
| Topol (<i>Populus nigra</i> L. x <i>P. maximowiczii</i> Henry „Maxvier“/“Maxfünf“) J-104 (Max-4), J-105 (Max-5) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | 9-11 t sušiny ha/rok v druhém obmýtí | 350-500 m.n.m., nejsou vhodné do podmáčených lokalit, tolerantní k sušším pozemkům | |

| | | | | |
|--|---|--|---|-------------------------|
| Topol (<i>Populus nigra</i> L. x <i>simonii</i> Carriere) P-410, P-412 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | Při 6 letém obmýtí 5,9-7,3 t sušiny ha/rok | Sušší a teplejší stanoviště | |
| Topol (<i>Populus trichocarpa</i> Torr. et Gray x <i>P. koreana</i> Rehder) P-468 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | 6,5-7,5 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí | Teplejší nevysychavá stanoviště s vysokou hladinou podzemní vody | |
| Topol (<i>Populus</i> x <i>euroamericana</i> = <i>P.</i> <i>x canadensis</i> Mönch) P-264 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | Invasní druh |
| Vrba bílá (<i>Salix alba</i> L.) S-117, S-204, S-456, S-457, S-469, S-494, S-639 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | Polohy do 400 m n.m., hluboké živné půdy, snese trvalejší záplavy a slabší zastínění | |
| Vrba lýkocová (<i>Salix daphnoides</i> Vill.) S-077, S-234, S-588 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | Roste od nížin do hor, vyžaduje propustné podloží a proudící vodu | Původní druh včelařství |
| Vrba košíkářská (<i>Salix viminalis</i> L.) S-264, S-310, S-336, S-337, S-339, S-699, S-519 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | Vyžaduje teplejší polohy, hluboká, na živiny bohatá půda, náročná na vlhko, snese záplavy | Původní druh |
| Vrba křehká (<i>Salix fragilis</i> L.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | |
| Vrba (<i>Salix</i> x <i>rubens</i> Schrank (<i>Salix alba</i> x <i>fragilis</i>)) S-195, S-391 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | 6,5-7,2 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí | Náročná na vláhu, spíše teplejší oblasti | |

| | | | | |
|---|--|---|---|--------------|
| Vrba (<i>Salix x smithiana</i> Willd. (<i>Salix caprea</i> <i>x viminalis</i>) S-206, S-218, S-383, S-417 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | Až 13 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí | Snáší i extrémní stanoviště – výsyvky, zaplevelené loka- lity, stanoviště trpící v průběhu vegetace přebyt- kem nebo nedostatkem vody | Původní druh |
| Vrba (<i>Salix alba</i> L. x wind) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | Do 10 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí | Teplejší lokality s dostatkem vody či zaplavované oblasti | |
| Vrba (<i>Salix caprea</i> x wind) S-705 | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | Až 15 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí | Ideální jsou půdy dobře zásobené vodou, ale toleruje i sušší stanoviště, nivní louky v teplejších oblastech | |
| Vrba (<i>Salix viminalis</i> x <i>viminalis</i> (schwerinii)) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | Do 9 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí | Teplejší a vlhčí lokality, ale snáší i sušší půdy | |
| Růže (podnožové typy) (<i>rosa</i> sp.) (včetně kříženců) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | |
| Olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i> L.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | |
| Pajasan žláznatý (<i>Ailanthus altissima</i> Mill.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | Invazní druh |
| Líska (kříženci) (<i>Corylus</i> sp.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | |
| Jilm horský (<i>Ulmus Montana</i> Stok.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | |
| Trnovník akát (<i>Robinia</i> <i>pseudoacacia</i> L.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití | | | Invazní druh |

| | | | | |
|---|---|--|--|--|
| Blahovčník (více druhů) (<i>Eucalyptus</i> sp.) | Štěpka pro energetické a průmyslové využití, vláknina | | | |
|---|---|--|--|--|

Nejvyšší výnosy se dají očekávat od klonu vrby S-705 s až 15 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí, z topolů jsou nejproduktivnější klony J-104 a J-105 (9-11 t sušiny ha/rok v druhém obmýtí). Naopak nejméně vyprodukované sušiny se dá očekávat u klonů S-195, S-391 (6,5-7,2 t ha/rok v prvním obmýtí) a P-410, P-412 (při 6 letém obmýtí 5,9-7,3 t sušiny ha/rok).

3.2.1.2 Byliny

Dvě podkapitoly se zabývají kulturními plodinami (zemědělsky pěstované plodiny), jednak volně rostoucími trávami (některé luční druhy) a ostatní nekulturními rostlinami (plevele, atd.). Některé zde uvedené byliny se využívají především k jiným než energetickým účelům (potravinářský a farmaceutický průmysl).

3.2.1.2.1 Jednoleté byliny

Jedná se o nekulturní (plevelné) rostliny na ladem ležících pozemcích. Jejich výhoda je v minimální náročnosti na agrotechniku (Ust'ak 2000). Jde především o lebedu rozkladitou (*Atriplex patula* L.) a merlík bílý (*Chenopodium album* L.). Bohužel se jejich využití příliš nezkoumá, pravděpodobně by šlo o výrobu bioplynu (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden). Výnosový potenciál lebedy rozkladité je 16,4 tun z hektaru, spalné teplo 17,5 MJ.kg⁻¹ (Ust'ak, 2000).

3.2.1.2.2 Dvouleté byliny

Přehled nejperspektivnějších energetických dvouletých bylin je v tab. č.6. Velice perspektivní se zdá být topolovka růžová (*Alcea rosea* L.), dávající výnos sušiny až 14,2 tun z hektaru, spalné teplo dosahuje 17,6 MJ.kg⁻¹. Slézy (rod *Malva*) by měly problémy s ekonomickou rentabilitou (malý výnos). Výnos divizny velkokvěté (*Verbascum densiflorum* Bertol.) se mi nepodařilo zjistit.

Tab. č.6: Druhy dvouletých bylin (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden; Ust'ak, 2000)

| Druh | Předpokládání využití | Spalné teplo, sušina (MJ.kg ⁻¹) | Výnosový potenciál sušiny (t.ha ⁻¹) |
|--|---|---|---|
| Topolovka růžová (<i>Alcea rosea</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | 17,6 | 14,2 |
| Divizna velkokvětá (<i>Verbascum densiflorum</i> Bertol.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn), farmaceutické využití | | |
| Sléz meljuka (<i>Malva meluca</i> Graebn.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | 17,5 | 8,5 |
| Sléz kadeřavý (<i>Malva crispa</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | 17,6 | 8,8 |

3.2.1.2.3 Víceleté a vytrvalé byliny (dvouděložné)

Výnos u Křídlatky uvádí Ust'ak (2000) 34,4 tuny, Moudrý a Stražil (1996) 20,43 tuny. Ani v jednom zdroji není uvedené, o jaký druh křídlatky se jedná (Ust'ak, 2000, Moudrý, Stražil, 1996). Bohužel jsou to invazní druhy (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden). Nejvyšší výnos sušiny z neinvazních druhů dává Mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum* L.) (17,3 t.ha⁻¹ sušiny, spalné teplo 18,9 MJ.kg⁻¹). Přehled nejperspektivnějších víceletých a vytrvalých bylin pro energetické účely je v tab. č.7.

Tab. č.7: Druhy víceletých a vytrvalých bylin (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden; Ust'ak, 2000)

| Druh | Předpokládání využití | Spalné teplo, sušina (MJ.kg ⁻¹) | Výnosový potenciál sušiny (t.ha ⁻¹) | Poznámky |
|--|---|---|---|--------------|
| Mužák prorostlý (<i>Silphium perfoliatum</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | 18,9 | 17,3 | |
| Křídlatka japonská (<i>Reynoutria japonica</i> Houtt.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn), farmaceutické využití | přibližně 19 | | Invazní druh |
| Křídlatka sachalinská (<i>Reynoutria sachalinensis</i> (F. Schmidt Petropolit) Nakai) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn), farmaceutické využití | přibližně 19 | 25-40, v dobrých podmínkách až 60 | Invazní druh |

| | | | | |
|--|---|--------------|------|--------------|
| Křídlatka česká (<i>Reynoutria x Bohemica</i> Chrtok a Chrtková (<i>R. sachalinensis x japonica</i>)) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn), farmaceutické využití | přibližně 19 | | Invazní druh |
| Vratič obecný (<i>Tanacetum vulgare</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | 18,1 | 12,9 | |
| Bělotrn modrý (<i>Echinops ritro</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | 19,6 | 14,8 | |
| Karda (<i>Cynara cardunculus</i>) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | | |
| Zlatobýl kanadský (<i>Solidago canadensis</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | | |
| Vrbka úzkolistá (<i>Chameiron angustifolium</i> (L.) Holub) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | | |
| Toužebník jilmový (<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | | |
| Konopí seté (<i>Cannabis sativa</i> L.) | Zbytky pro zpracování textilních polotovarů (např. pazdeří) | 18,1 | 11,5 | |
| Pelyněk černobýl (<i>Artemisia vulgaris</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | 17,6 | 15,4 | |
| Kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn), farmaceutické využití | | | |
| Oman pravý (<i>Inula helenium</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn), kořen na farmaceutické využití | | | |
| Sida vytrvalá (<i>Sida hermaphrodyta</i> Rusby) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn), kořen na farmaceutické využití | | | |

| | | | | |
|--|---|------|------|--|
| Šťovík krmný „Uteuša“ (<i>Rumex tianshanicus x R. patientia</i>) | Štěpka nebo řezanka (spalování), krmivářské účely | 18,3 | 15,5 | |
|--|---|------|------|--|

3.2.1.2.4 Víceleté a vytrvalé trávy (jednoděložné)

Moudrý se Strašilem (1996) uvádějí, že ozdobnice má výnos 15 tun z hektaru a spalné teplo dosahuje $17,887 \text{ MJ.kg}^{-1}$, ale neuvádějí, o jaký druh přesně jde (Moudrý, Strašil, 1996).

Celkově má z travin ozdobnice čínská (*Miscantus sinensis* Anders.) od třetího roku největší nárůst sušiny ($20\text{-}25 \text{ t.ha}^{-1}$) i největší spalné teplo ($19,669 \text{ MJ.kg}^{-1}$) (Moudrý, Strašil 1996).

Jediný invazní druh v této skupině je ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* L.) (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden).

Přehled nejperspektivnějších víceletých a vytrvalých trav pro energetické účely je uvedený v následující tabulce (tab. č.8).

Tab. č.8: Druhy víceletých a vytrvalých trav (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden; Ust'ak, 2000; Petříková a kol., 2006; Regal, 1953; Římovský, Hrabě, Vítek, 1989; Havlíčková, Boháč, Hutla, Knápek, Strašil, Kajan, 2008; Koprna, Škeřík, 2007; Kovářová, Abrham, Jevič, Šedivá, Kocánová, 2002; Frydrieh, Andert, Juchelková, 2012)

| Druh | Předpokládání využití | Spalné teplo, sušina (MJ.kg^{-1}) | Výnosový potenciál sušiny (t.ha^{-1}) | Požadavky na stanoviště | Poznámky |
|--|--|--|--|---|----------|
| Ozdobnice čínská (<i>Miscantus sinensis</i> Anders.) | Štěpka nebo řezanka (spalování) a průmyslové využití | 19,669 | V druhém roce 10, v následujících letech 20-25 | Lehčí půdy, teplejší oblasti, náročná na vodu | |
| Ozdobnice cukrolistá (<i>Miscantus sacchariflorum</i> (Maxim.) Franch.) | Štěpka nebo řezanka (spalování) a průmyslové využití | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--------|------|--|--|
| Ozdobnice „Gigantheus“ (<i>Miscanthus x giganteus</i>) | Štěpka nebo řezanka (spalování) a průmyslové využití | | | | |
| Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i> (Canv.) Trin ex. steudel) | Štěpka nebo řezanka (spalování) a průmyslové využití | 17,7 | 13,2 | Podmáčené lesy, vlhké louky, bažiny, prameniště | |
| Orobinec úzkolistý (<i>Typha angustifolia</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování) a průmyslové využití | | | | |
| Třeš' (<i>Arundo donax</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování) a průmyslové využití | | | | |
| Lesknice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i> (L.) Rauschert) | Štěpka nebo řezanka (spalování) a průmyslové využití | 18,1 | 7-15 | Náročná na vodu a živiny, těžší půdy, pH 4-7,5, snáší i mrazy | |
| Spartina (<i>Spartina spp.</i>) | Štěpka nebo řezanka (spalování) | | | | |
| Třtina křovištní (<i>Calamagrostis epigeios</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování) | 18,895 | | | |
| Třtina rákosovitá (<i>Calamagrostis arundinacea</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování) | | | | |
| Kostráva rákosovitá (<i>Festuca arundinacea</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | | 11 | Vlhké, výživné, těžké půdy s neutrální až zásaditou půdní reakcí | |

| | | | | | |
|--|--|--------|---------|--|--------------|
| Psárka luční (<i>Alopecurus pratensis</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | | | Vlhké a výživné půdy, dává přednost těžkým půdám. | |
| Srha laločnatá (<i>Dactilis glomerata</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | | 10-13 | Středně vlhké stanoviště, ale je poměrně přizpůsobivá. Na živiny náročná až středně náročná. Vyskytuje se i v horách, snáší zastínění. 4-7,5pH | |
| Psineček veliký (<i>Agrostis gigantea</i> Roth) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | 19,27 | | Roste od nížin do hor, vyžaduje vlhká stanoviště | |
| Ovsík vyvýšený (<i>Arrhenatherum elatius</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | 17,596 | | Snáší i sušší stanoviště, jelikož pomocí bohatého kořenového systému se dokáže dobře zásobovat půdní vláhou. Teplé, kypré, živinami bohaté hluboké půdy s dostatkem vápna. Nesnáší sešlapávání | Invazní druh |
| Bojínek luční (<i>Phleum pratense</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | | Do 13,5 | Na stanoviště nenáročný, vyhovují mu vlhké, výživné, těžší půdy | |

3.2.1.2.5 Obiloviny

V tabulce č.9 jsou uvedené klasické kulturní plodiny, z kterých se používá především sláma (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden).

Nejvyšších výnosů (21 t.ha⁻¹) dosahuje kukuřice setá (*Zea Mays* L.), kde se často používá celá rostlina, nejen sláma, ale má relativně malé spalné teplo (15 MJ.kg⁻¹) (Moudrý, Stražil, 1996). Má vysoké nároky na světlo, teplo (nejen celkový úhrn teplot, ale i rozložení), vodu (ale díky bohatému kořenovému systému zvládá i

krátké přisušky), ale nedostatek vzduchu způsobuje světlé zbarvení listů a tvorbu zakrnělých palic, a živiny (Vrzal, Novák, 1995).

Tab. č.9: Druhy obilovin (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden; Moudrý, Stražil, 1996; Ust'ak, 2000; Pulkrábek a kol., 2003; Petr, 2007; Křen, 1998; Dvořák, 2008; Havlíčková, Boháč, Hutla, Knápek, Stražil, Kajan, 2008)

| Druh | Předpokládání využití | Spalné teplo, sušina (MJ.kg ⁻¹) | Výnosový potenciál sušiny (t.ha ⁻¹) |
|---|---|---|---|
| Pšenice setá (<i>Triticum aestivum</i> L.) | Reziduální sláma nebo celá rostlina na energetické využití (spalování, bioplyn) | | |
| Žito seté (<i>Secale cereale</i>) | Reziduální sláma nebo celá rostlina na energetické využití (spalování, bioplyn) | | |
| Tritikale (<i>Triticale</i> Wittm., <i>Triticosecale</i>) | Celá rostlina na energetické využití (sláma, pelety) | | 13,48 (celá rostlina), 8,87 (sláma) |
| Kukuřice setá (<i>Zea Mays</i> L.) | Reziduální sláma, zrno nebo celá rostlina na energetické využití (spalování, bioplyn) | 15 | 21 |
| Čirok cukrový (<i>Sorghum sacharatum</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | 17,8 | 10,2 (Ust'ak) 11,48 (Moudrý, Stražil) |
| Čirok „Hyso“ (<i>Sorghum „Hyso“</i>) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | 17,7 | 10,66 (Moudrý, Stražil) 16,6 (Ust'ak) |
| Čirok súdánská tráva (<i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Stapf in Prain L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | | |
| Čirok dvoubarevný (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | |
| Proso prutnaté (<i>Panicum virgatum</i> L.) | Sláma nebo řezanka na přímé spalování, destilace ethanolu | | |
| Laskavec ocasatý (<i>Amaranthus chlorostachys</i> L.) | Dříve reziduální sláma na spalování, dnes spíše na bioplyn | | |

3.2.1.2.6 Pícniny (bobovité, dvouděložné)

Velká výhoda bobovitých je v obohacování půdy o dusík. Jejich přehled je v tabulce č.10. Jsou zde uvedené i tři invazní druhy – komonice lékařská a bílá (*Melilotus officinalis* (L.) Pallas. a *Melilotus albus* Medik.) a vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphylus* Lindl.). Pouze u komonice bílé (*Melilotus albus* Medik.) a komonice lékařské (*Melilotus officinalis* (L.) Pallas.) se mi podařilo zjistit spalné teplo (19,9 respektive 19,89 MJ.kg⁻¹) (Ust'ak, 2000; Peterka 1999).

Tab. č.10: Druhy pícnin (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden; Ust'ak, 2000; Peterka, 1999; Lang, rok neuveden)

| Druh | Předpokládání využití | Výnosový potenciál sušiny (t.ha ⁻¹) | Poznámky |
|---|--|---|--------------|
| Komonice lékařská (<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pallas.) | Štěpka nebo řezanka (především bioplyn) | 20,1 | Invazní druh |
| Komonice bílá (<i>Melilotus albus</i> Medik.) | Štěpka nebo řezanka (především bioplyn) | 14,6 | Invazní druh |
| Vojtěška setá (<i>Medicago sativa</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | 17,37 - 21,76 | |
| Jestřabina východní (<i>Galega orientalis</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (především bioplyn) | | |
| Vičinec setý (<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | |
| Vlčí bob mnoholistý (<i>Lupinus polyphylus</i> Lindl.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | Invazní druh |
| Jehlice rolní (<i>Ononis arvensis</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | |
| Sveřep bezbranný (<i>Bromus inermis</i> Leyss.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | | |
| Sveřep samužníkovitý (<i>Bromus catharticus</i> Vahl.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a krmné využití | | |
| Janovec metlatý (<i>Sarothammus scoparius</i> (L.) Wimm ex koch) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | |

3.2.1.2.7 Olejníny

V následující tabulce (tab. č.11) jsou uvedeny potencionálně pěstované olejníny pro energetické využití. Z olejin se dá využít jak sláma na spalování či bioplyn, tak plody k výrobě kapalných biopaliv (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden). Transesterifikací rostlinných olejů získáváme bionaftu (Moudrý, Stražil, 1996). Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus*) a pupalka dvouletá patří mezi invazní druhy (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden).

Tab. č.11: Druhy olejin (kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden; Moudrý, Stražil, 1996; Potměšilová, 2010; Koprna, Škeřík, 2007; Kovářová, Abrham, Jevič, Šedivá, Kocánová, 2002)

| Druh | Předpokládání využití | Spalné teplo, sušina (MJ.kg ⁻¹) | Výnosový potenciál sušiny (t.ha ⁻¹) | Požadavky na stanoviště | Poznámky |
|---|---|---|---|--|----------|
| Řepka olejka (<i>Brassica napus</i> L.) | Štěpka, řezanka ze stonků (spalování, spíše na bioplyn) a plody na olej k výrobě kapalných biopaliv | 17,48 (sláma) | 4,74 (sláma) | Náročná na agrotechniku a vláhu především v době zakládání porostů, náročná na živiny. | |
| Ředkev olejná (<i>Raphanus sativus</i> L.) | Štěpka, řezanka ze stonků (spalování, spíše na bioplyn) a plody na olej k výrobě kapalných biopaliv | | | | |
| Řepice ozimá (<i>Brassica rapa</i> L.) | Štěpka, řezanka ze stonků (spalování, spíše na bioplyn) a plody na olej k výrobě kapalných biopaliv | | | | |

| | | | | | |
|--|---|-------|--|--|--------------|
| Brukev (<i>Brassica carinata</i> A. Braun) | Štěpka, řezanka ze stonků (spalování, spíše na bioplyn) a plody na olej k výrobě kapalných biopaliv | | | | |
| Hořčice bílá (<i>Sinapsis alba</i> L.) | Reziduální štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | | Nejvhodnější předplodinou jsou okopaniny a luskoviny. Těžší úrodné půdy | |
| Katrán habešský (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) | | | | |
| Lnička setá (<i>Camelina sativa</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a plody na olej k výrobě kapalných biopaliv | 18,84 | 3,2 (Ust'ak) 4,71 (Moudrý, Stražil) | Nenáročná, krátká vegetační doba, vhodná pro téměř všechna stanoviště | |
| Světlice barvířská (<i>Carthamnus tinctorius</i> L.) | Štěpka nebo řezanka (spalování, bioplyn) a průmyslové využití | | | Suché a teplé oblasti, náročná na vláhu pouze při vzházení a před kvetením | |
| Slunečnice rolní (<i>Helianthus annuus</i> L.) | Štěpka nebo řezanka ze stonků a slupky plodů na spalování, bioplyn | 16,7 | 8,31 | Teplejší a vláhově jistější oblasti | |
| Topinambur hlíznatý (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) | Štěpka nebo řezanka ze stonků (spalování, bioplyn) a hlízy na krmné a průmyslové využití (lív) | | | Nenáročný na stanoviště, vyžaduje chladnější klima | Invazní druh |
| Pryšec skočcový (<i>Euphorbia lathyris</i> L.) | Semena na olej pro energetické využití | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--------------|
| Pryšec (<i>Euphorbia lagascae</i> Sprengel) | Semena na olej pro energetické využití | | | | |
| Pupalka dvouletá (<i>Oenothera biennis</i> L.) | Štěpka nebo řezanka ze stonků (spalování, bioplyn) a plody na olej k výrobě kapalných biopaliv a léčiv | | | | Invazní druh |

3.2.1.3 Shrnutí

Při pěstování energetických rostlin je především důležité rozhodnutí, zda dáme přednost dřevinám, nebo bylinám. Záleží na výsledném produktu i na rozdílném způsobu pěstování a délce životnosti plantáže. Následně je zapotřebí zvolit druh, který bude vhodný do daných klimatických a půdních podmínek a bude ekonomicky rentabilní. Důležité je množství vyprodukované biomasy. Z dřevin mají nejvyšší výnos sušiny klon vrby S-705 (15 t ha/rok v prvním obmýtí) a z bylin křídlatka sachalinská (do 60 t ha/rok). Tato rostlina však patří mezi invazní druhy a její pěstování je limitováno požadavky ochrany přírody. Z neinvazních druhů má nejvyšší výnosy ozdobnice čínská (20-25 t ha/rok) a kukuřice setá (21 t ha/rok). Největší spalné teplo má invazní komonice bílá – 19,9 MJ.kg⁻¹.

3.2.2 Agrotechnika rychle rostoucích dřevin

Agrotechnika se skládá z přípravy půdy, výsadby, způsobu pěstování (dělení podle délky cyklu obmýtí a sklizeného produktu), údržby plantáže, způsob sklizně a likvidace plantáže. Patří sem i izolační pásy (bariéra mezi plantáží a okolím). Jednotlivé části agrotechniky jsou v následujících podkapitolách popsány.

3.2.2.1 Příprava půdy

Ideální je vysazovat plantáž na orné půdě nebo TTP s dobrým vstupem pro techniku. Samotná příprava půdy začíná již rok před samotnou výsadbou, jelikož je třeba omezit růst plevelů, protože růst řízků je relativně pomalý a tudíž málo konkurenceschopný, navíc také vzniká kořenová konkurence, kdy kořeny plevelů odebírají z půdy živiny. Dosahuje se toho především mechanickým odplevelováním spolu s pěstováním vhodné plodiny, v případě TTP častého kosení nebo spásání. Nejproblémovější bývá pýr plazivý, smetánka lékařská, srha říznačka, šťovík kyselý, lopuchy a další. Mechanickými zákroky se také snažíme o dobré prokypření půdy a zabránění nežádoucího výparu (Celjak, Boháč, Kohout, 2007).

Na podzim by měla být orba provedena tak, aby se na jaře již nemuselo orat, ideální je již pouze ošetření kultivátorem a urovnání pozemku. Orbou totiž dojde k proschnutí vrchní vrstvy a tím možnému nedostatku vláhy, která pak při vzcházení a růstu řízků schází (Weger, Havlíčková, 2002). Pokud je jarní orba nutná, provádí se co nejdříve (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.2.2.2 Výsadba

Sázet se začíná hned, jak půdní vlhkost dovolí přístup na pozemek, což bývá nejčastěji od poloviny března do dubna, někdy až do poloviny května (Weger, Havlíčková, 2002).

Možné je také použít podzimní termín, ale u nás se až na zkušební plochy nepoužívá. Nejčastěji se v tomto případě využívá říjnu a listopadu k výsadbě. Jarní termín je vhodnější z důvodu lepších podmínek pro rozvoj kořenového systému (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

Sázejí se řízky z tzv. matečních porostů, což jsou stromy pěstované pouze pro tento účel. Matečnice by neměla být příliš stará, protože řízky ze starších stromů podstatně hůře zakořeňují. Uvádí se hraniční věk kolem 10 let. Používají se řízky z jednoletých až dvouletých výhonů. Každý řízek by měl mít 3-5 pupenů, délku 18-22 cm a průměr 0,5-2,5 cm. Je možné sázet i celé výhony, tak že se vodorovně položí do rýhy 5-10 cm hluboké, ale tato metoda se u nás používá prakticky jen na zkušebních pozemcích. Výhody této metody jsou nižší náklady a menší vysychání prýtlů ve srovnání s řízkem. Skoro 100% vzcháživost sazenic můžeme dosáhnout sázením jednoletých sazenic, ale je to mnohonásobně dražší než ostatní metody (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010; Kohout, Celjak, Boháč, 2010).

Samotné sázení se provádí buď ručně, nebo sázecím strojem (Weger, Havlíčková, 2002).

Ruční sázení se provádí tak, že se zapichují řízky rovně nebo mírně pod úhlem do půdy. Pokud je půda příliš utužená, připravíme si nejdříve díry a do nich poté dáváme řízky, aby bylo vyloučeno poškození řízků. Vrcholový pupen by měl být v úrovni půdy, což odpovídá vyčnívání řízku maximálně 3 cm nad úroveň půdy, pouze na těžkých půdách se doporučuje nechat řízky vyčnívat 3-5 cm. Důležité je utužení půdy okolo řízku, například sešlápnutím, ale nesmí se řízek tímto jakkoli poškodit (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

Mechanizovaná výsadba probíhá dle typu sazeče. Zásady ohledně vyčnívání řízků a utužení půdy jsou shodné s ručním sázením (Weger, Havlíčková, 2002). Mechanizovaný způsob se vyplatí spíše pro plochy nad 5 ha (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.2.2.3 Způsob pěstování

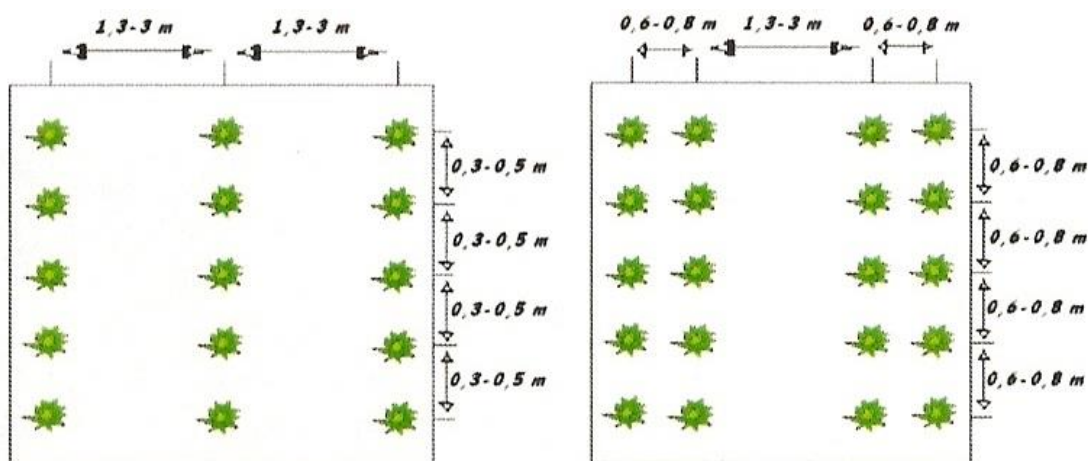
Způsoby pěstování se dělí podle délky cyklu obmýetí a sklizeného produktu (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.2.2.3.1 Velmi krátké obmýetí

Sklizeň se provádí po 4-6(8) letech s tím, že převládá 5 letý způsob obmýetí, v méně příznivých 8 let, produktem je štěpka (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

Používá se dvou schémat - jednořádky a dvouřádky. Dvouřádky jsou vhodné pro mechanizovanou údržbu plantáže, snižují náklady. Problém vzniká na zaplevelených stanovištích, protože je problém odplevelovat uvnitř dvouřádku. V takových případech je lepší použít jednořádku, stejně tak pro zakládání matečnic, protože ty většinou narůstají do větších rozměrů, navíc je lepší přístup k výhonům. Nejčastěji se používá sponu 0,3-0,5 m a 1,3-3 m mezi řádky pro jednořádky, u dvouřádků 0,6-0,8 m x 0,6-0,8 m a 1,3-3 m mezi řádky, jak je uvedeno na obrázku č.2. Vzdálenost mezi řádky se volí taková, aby bylo zajištěno projetí techniky (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010; Weger, Havlíčková, 2002).

Obr. č.2: Dvě základní schémata výsadby RRD při velmi krátkém obmýetí. Vzdálenost řádků je upravena pro průjezd různě velkých strojů (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010)



3.2.2.3.2 Lignikultury

Využívá se euroamerických topolů, při použití celoplošné kultivace se porost těží ve věku 20 let, produkty jsou nejčastěji dýhárenské a pilařské výřezy, zbytek je zpracován na paletové přířezy a štěpku. Spon se používá 6x6, v teplých oblastech až 8x8 metrů, porost se zakládá 2-3 roky starými odrostky. V prvních 5-7 letech lze využívat polaření, dokud nedojde k přílišnému zastínění (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.2.2.3.3 Silvikultury

Silvikultura je varianta lignikultury, rozdíl je v tom, že silvikultura je prováděna na lesní půdě. Je podstatně rozšířenější než lignikultura (Weger, 2009). Porost se těží po 20-30 letech, používá se topolů, okrajově osik, cílem pěstování je samotné dřevo. Používá se u nás hustých sponů – 3x3 - 5x5 metrů, což má za následek nutnost probírky. U osik se používá sponu 1x1 – 1x2 metrů (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.2.2.4 Údržba plantáže

Největší problém je rok až dva roky po založení plantáže růst plevelů, které mechanicky omezujeme, příliš se nepoužívá chemická ochrana z důvodu citlivosti topolů a vrb. Zákrok by měl být proveden až 6x v prvním roce, ve druhém stačí menší četnost, ve třetím nemusí být nutný ani jednou. Již 3 týdny po založení plantáže se může porost plevel uzavřít nad řízky a ty následně hynou (Weger, Havlíčková, 2002; Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

Hnojení průmyslovými hnojivy nebývá nutné, protože orné půdy bývají dostatečně zásobená živinami. Vyplatí se rozumně přihnojit organickým hnojivem pouze topoly na chudých stanovištích (Weger, Havlíčková, 2002).

3.2.2.5 Izolační pásy

Izolační pásy tvoří bariéru mezi plantážemi a okolím. Vysazuje se z důvodu zabránění šíření reprodukčních orgánů nepůvodních druhů nebo šíření rzi a podobně. Pro izolační pás se může použít v podstatě všech druhů našich dřevin, smysluplnější je ale použití druhů, který lze pěstovat od řízků a snáší obmýti, například původní druhy topolů a vrb (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.2.2.6 Sklizeň

Pro zpracování na energetické účely se sklízí od prosince do března, protože v zimě je obsah vody v pletivech nejnižší. Je vhodné využít mrazu, kdy se může mechanizace bez problémů pohybovat (Weger, Havlíčková, 2002; Kohout, Celjak, Boháč, 2010).

Sklízet je možno sklízecí řezačkou, musí se ale dodržet maximální doba obmýti přibližně 3 roky, jinak je kmen již příliš silný (Šinkora, 2008). Při delších dobách obmýti je nutné použít jiné technologie – pořezání a snopkování, nebo pořezání a štěpkování (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

Požezání a snopkování spočívá v tom, že se podřežou v dané výšce prýty a spojují se do snopů. Ty se nechají vyschnout a poté jsou štěpkovány. Řeže se buď speciálním sklízecím strojem, nebo přídatným zařízením, které se připojí za traktor (Weger, Havlíčková, 2002).

Požezání a štěpkování se liší tím, že se štěpka vyrábí přímo na poli. K tomu slouží speciální sklízecí stroj (Weger, 2009). Ten se dá nahradit tak, že se za jeden traktor připojí přívěs, za druhý traktor přívěs a štěpkovač, poslední nutnou položkou je motorová pila. Postup je následující: Pilař nařeže stromy a s pomocníkem je položí tak, aby byly všechny ve stejném směru a do cesty. Poté se stromky vkládají do štěpkovače (Celjak, Boháč, Kohout, 2007). Nevýhoda takto vyrobené štěpky je ve vyšší vlhkosti a nutnosti ji spalovat v topeništích s výkonem kolem 1MW a více (Weger, Havlíčková, 2002).

3.2.2.7 Likvidace plantáže

K rušení dochází v době, kdy plantáž přestává být hospodárná, k tomu dochází po 15-25 letech. Nejdříve přicházejí na řadu speciální frézy, kterými se odstraní pařízky i část kořenového systému. Dále se hlubokou orbou vyorají zbytky kořenů, je možné použít i rotavátor. Pokud není narušena živinová rovnováha půdy, je možno na jaře zasít plodinu, pokud k narušení došlo, doporučuje se dohnojit nebo zasít např. jetelotravní směsku (Weger, Havlíčková, 2002).

3.2.3 Agrotechnika rychle rostoucích bylin

Založení porostu rychle rostoucích bylin bývá levnější než u dřevin už z toho důvodu, že se byliny sejí. Výhodnější se zdají být víceleté a vytrvalé rostliny, kde odpadá nutnost každoročního setí a s tím spojené další náklady (Petříková, 2003). Samotná agrotechnika bylin je příliš rozmanitá, skoro každý druh má jiné požadavky. Z tohoto důvodu nebudu tuto problematiku dále rozvíjet.

3.2.4 Shrnutí

Přestože nebývá agrotechnika rychle rostoucích rostlin příliš náročná, mají nedostatky vliv nejen na snížení výnosu, ale mohou zapříčinit i takové ztráty, že bude výhodnější plantáž úplně zrušit. Proto je důležité tuto část nepodcenit. Platí, že nejzranitelnější jsou stromky první a druhý rok od výsadby.

3.3 Mimoprodukční funkce rychle rostoucích rostlin

Rychle rostoucí rostliny mají velký ekologický význam a plní tak mnohé mimoprodukční funkce (Ust'ak, 2002). Jsou to zejména: kvalita ovzduší, vody, ochrana před hlukem, pozitivní vliv na biodiverzitu.

3.3.1 Ovzduší

Veškerá biomasa je tvořena z CO₂ vázaného ze vzduchu a vody za přispění sluneční energie. Při fotosyntéze vzniká krom glukózy a vody také poměrně značné

množství kyslíku. Přibližně 55-60% takto vyprodukovaného kyslíku spotřebují samotné rostliny, ale i tak se odhaduje, že jeden hektar topolů při výnosu 12,2 tun sušiny za rok vyprodukuje 7 tun kyslíku za rok (Celjak, Boháč, Kohout, 2008).

Rychle rostoucí rostliny mají vliv i na mikroklima. K snižování teploty vzduchu dochází vlivem částečného odrazu slunečního záření zpět do atmosféry, ve spotřebování části slunečního záření pro fotosyntézu, ve spotřebě energie pro intercepci, transpiraci a výpar vody z povrchu rostlin a v patrovitosti vegetačního povrchu, díky čemuž dochází k přeměně slunečního záření na teplo v mnoha rovinách. Dále RRR ovlivňují vzdušnou vlhkost, a to evapotranspirací a odparem rosy, popřípadě dešťových kapek (Celjak, Boháč, Kohout, 2008).

Především dřeviny mají schopnost zachycovat prach a tím snižovat prašnost prostředí. Účinnost závisí na absolutním povrchu listů, jejich lepkavosti, sklonu a pohyblivosti (Celjak, Boháč, Kohout, 2008).

Rychle rostoucí dřeviny mohou sloužit i jako větrolam, především proti větrné erozi. Nejefektivnější jsou polopropustné zábrany. U nepropustných dochází sice k výraznému zpomalení větru, ale tvoří se nežádoucí turbulence. Protierozní efekt dosahuje do 10-20 násobku výšky stromů (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.3.2 Voda

Je velmi důležité, aby byly půda s vegetací na ní rostoucí schopné zachytit co nejvíce atmosférických srážek po co nejdelší dobu. Povrchový odtok vody je podstatně rychlejší na holé zemi než ve vegetaci, kde navíc dochází k převodu na půdní odtok. Zachycování srážek korunami stromů (intercepce) také přispívá k retenčnímu účinku. Evapotranspirace představuje v zalesněné ploše dominantní ztrátovou položku vodního režimu půdy, přesto je hydrologická role lesa kladná. Další rozklad odtoku vody dochází v zimě, kdy se v lese udržuje sníh delší dobu a odtává pomaleji než na holé zemi. Kořenový systém některých stromů váže půdu proti posunu a odsunu vodou. Tyto vlastnosti mají za následek ochranu proti povodním i proti vodní erozi (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.3.3 Hluk

Biologické prostředky sloužící jako bariéra proti hluku jsou levnější než technické prostředky, ale potřebují více prostoru. Hluk nezachycují pouze stromy, ale veškerá zeleň. Účinnost závisí především na olistění. I stromy bez listů mají jistý protihlukový účinek, ale není velký. Nejúčinnější jsou listnaté stromy s rozvětvením co nejniž, větvě pravidelné, doba olistění co nejdelší, velké listy, chlupaté, na povrchu zdrsňené, borka co nejvrásčitější (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010).

3.3.4 Biodiverzita

Biodiverzitu definujeme jako různorodost života (Šrámek; 2001). Biodiverzita má tři úrovně. Druhovú zahrnuje veškeré druhy počínaje mikroorganismy a konče největšími savci. Další úroveň je genová v rámci druhu, poslední úroveň je různorodost ve společenstvech a vzájemné ovlivňování mezi těmito úrovněmi (Primack, Kindlmann, Jersáková, 2001).

Vlivem činnosti člověka došlo ke změně biodiverzity. Druhů s úzkou ekologickou valencí ubylo a naopak došlo k rozšíření populací jiných druhů. Zemědělství a následně jeho intenzifikace má negativní vliv na biodiverzitu. U nás došlo za minulého režimu k největšímu negativnímu vlivu na biodiverzitu nejen používáním pesticidů, ale i rozoráním remízků, mezí a dalších ploch, která jsou pro život mnoha druhů nezbytná. Další problém je nevhodný osevní postup, který ještě zlepšuje podmínky pro škodlivé druhy (Celjak, Boháč, Kohout, 2008; Kohout, Jahnová, Boháč, 2010).

Plantáže rychle rostoucích dřevin fungují jako další ekosystém, ve kterém probíhají některé ekosystémové služby tak, jak je známe z přírodních ekosystémů. (Celjak, Boháč, Kohout, 2008). Zhoršení biodiverzity může mít vliv na zmenšení kvantity ekologických služeb, které nám poskytuje krajina, jako je například čistá voda (Jackson, Bawa, Pascual, Perrings, 2005). Liniové plantáže mohou fungovat i jako biokoridor a sloužit tak pro migraci živočichů. Pro zemědělce je hlavní přínos v potencionálním úkrytu přirozených nepřátel „škůdců“, čímž se mohou snížit škody na úrodě a tím snížit dávku pesticidů (Celjak, Boháč, Kohout, 2008).

Dauber, Jones a Stout shrnuli informace z 47 publikací a 9 zpráv z mezinárodních konferencí, které se zabývaly biodiverzitou v rychle rostoucích plodinách (Dauber, Jones, Stout, 2010).

Hlavní výhody pěstování rychle rostoucích rostlin ke stavu biodiverzity oproti pěstování klasických polních plodin: (Dauber, Jones, Stout, 2010)

- delší rotační perioda
- sklizeň probíhající v zimě, nebo je možné ji posunout až na termín po hnízdění ptáků
- použití méně hnojiv a pesticidů
- málo vstupů na plantáž
- lépe chrání půdu

Dále pro zvýšení biodiverzity doporučují: (Dauber, Jones, Stout, 2010)

- pěstovat smíšené plantáže z původních druhů, které kvetou v různou dobu
- vybírat druhy, které nejsou náročné na živiny a omezit tak jejich hnojení
- umístit plantáže mezi pole a nepřekračovat 15 ha velikost, velké plantáže rozdělit na více částí s rozdílným stářím
- pokud je to možné, nebojovat proti plevelům, které zvyšují nejen rostlinnou biodiverzitu

Druhově nejpočetnější skupinou v porostech rychle rostoucích dřevin jsou s jasnou převahou bezobratlí živočichové, v našich podmínkách to bývá 100-150 druhů. Kromě hmyzu to jsou také například kroužkovci a další. Počet dravých druhů, které regulují „škodlivé“ druhy na polích, se pohybuje pravidelně okolo 40 (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010). Přehled průměrů vyskytujících se druhů v plantážích rychle rostoucích dřevin je v následující tabulce.

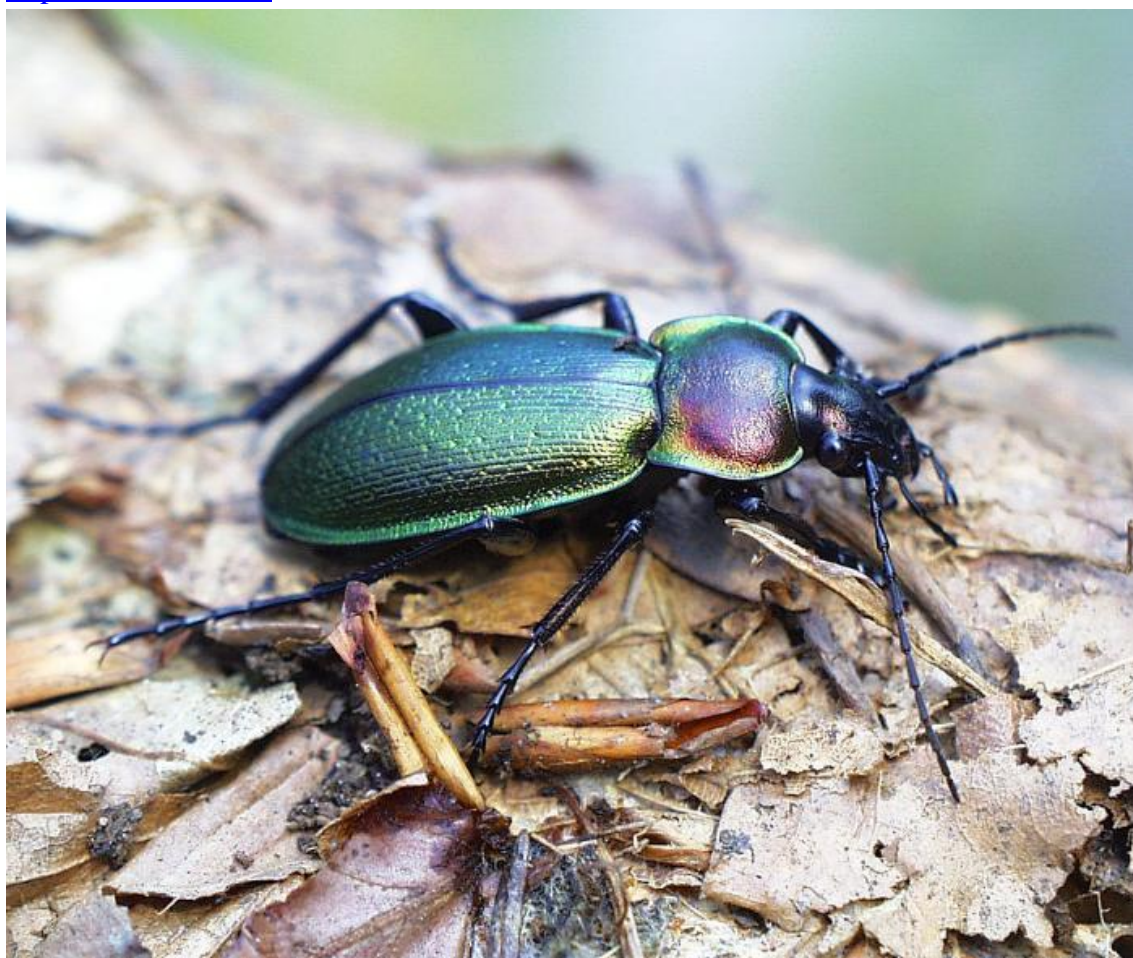
Tab. č.12: Počet druhů na plantážích energetických dřevin v ČR (Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010)

| Taxonomická skupina | Počet zjištěných druhů |
|--|-------------------------------|
| Topol (mladé plantáže 2-4 roky) Klony: P-494, J-105(Max4), J-104(Max5) | |
| Vyšší rostliny | 6-15 |
| Střevlíci | 14-25 |
| Drabčíci | 12-35 |
| Ostatní epigeičtí brouci | 6-17 |
| Hmyz na vegetaci (ploštice, dvoukřídlí, blanokřídlí, fytofágní brouci) | 20-40 |
| Ptáci | 5 |
| Savci | 5 |
| Topol (starší plantáže 8-11 let) | |
| Vyšší rostliny | 0-5 |
| Střevlíci | 29-42 |
| Drabčíci | 35-58 |
| Ostatní epigeičtí brouci | 10-20 |
| Hmyz na vegetaci (ploštice, dvoukřídlí, blanokřídlí, fytofágní brouci) | 20-40 |
| Ptáci | 5 |
| Savci | 5 |
| Vrby | |
| Vyšší rostliny | 10-20 |
| Střevlíci | 15-40 |
| Drabčíci | 35-56 |
| Ostatní epigeičtí brouci | 25-40 |
| Hmyz na vegetaci (ploštice, dvoukřídlí, blanokřídlí, fytofágní brouci) | 10-30 |
| Ptáci | 5 |
| Savci | 5 |

Jahnová a Boháč (2011) zkoumali biodiverzitu v rychle rostoucích bylinách. Zjistili, že druhové složení střevlíkovitých a drabčíkovitých je významné na okolním biotopu, největší vliv mají meziroční změny. Zkoumali i vliv antropogenního ovlivnění na společenstva brouků a ten je vysoký, přestože jsou jen minimální agrotechnické zásahy oproti polním plodinám (Jahnová, Boháč, 2011).

V některých plantážích můžeme nalézt i chráněné druhy, jako například střevlíka scheidlerova (*Carabus scheidleri* (Panzer, 1799), který je na obrázku č.3 (Boháč, Celjak, Moudrý, Kohout, Wotavová, 2007).

Obr. č.3: *Carabus scheidleri* (Panzer, 1799). Foto: Josef Dvořák, <http://www.biolib.cz>



Z hlediska možných škod a výskytu lokálních a invazních druhů na nepůvodních dřevinách je zajímavý výskyt fytofágního hmyzu (viz. tab. č.13) (Kohout, Boháč, Pavelcová, Celjak, 2011).

Tab. č.13: Výskyt druhů fytofágního hmyzu na klonech topolů a vrb pro energetické účely v jedné lokalitě (Kohout, Boháč, Pavelcová, Celjak, 2011)

| Druh | J-104 | J-105 | P-494 | P-468 | P-410 | P-466 | S-218 | S-337 | S-338 | S-457 | S-699 | S-705 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Chrysomela populi</i> (Linnaeus, 1758) | • | • | • | • | • | • | | | | | | |
| <i>Phratora vitellinae</i> (Linnaeus, 1758) | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| <i>Zeugophora flavicollis</i> (Marsham, 1802) | • | • | • | • | • | • | | | | | | |
| <i>Chrysolina fastuosa</i> (Scopoli 1763) | • | • | • | • | • | • | | • | | | • | |
| <i>Phyllopertha horticola</i> (Linnaeus, 1758) | | | | | | | • | • | • | • | • | • |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|---|
| <i>Galerucella lineola</i> (Fabricius, 1781) | | | | | | | • | • | • | • | • | • |
| <i>Crepidodera aurata</i> (Marsham, 1802) | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| <i>Oberea oculata</i> (Linnaeus, 1758) | | | | | | | • | • | • | • | • | • |
| <i>Byctiscus populi</i> (Linnaeus, 1758) | • | • | | | | | | | | | | |
| <i>Agrypnus murinus</i> (Linnaeus, 1758) | • | • | | | | | | | | | | |
| <i>Scoliopteryx libatrix</i> (Linnaeus, 1758) | • | • | | | | | • | • | • | • | • | • |
| <i>Biston betularius</i> (Linnaeus, 1758) | | | | | | | • | | • | | | |
| <i>Notodonta ziczac</i> (Linnaeus, 1758) | | | | | | | | | | | • | |
| <i>Acronicta auricoma</i> (Denis & Schiffermüller, 1775) | • | | | | | | | | | | | |
| <i>Geometridae</i> | | | | • | | | • | • | • | • | • | • |
| <i>Pristiphora conjugata</i> (Dahlbom, 1835) | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| <i>Cercopis sanguinolenta</i> (Scopoli, 1763) | | | | | | | | | | | • | |
| <i>Aphrophora alni</i> (Fallén, 1805) | | | | | | | • | • | • | • | • | • |
| Celkový počet zjištěných druhů | 10 | 9 | 6 | 7 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 9 | 12 | 9 |

Plantáže rychle rostoucích plodin nemusejí mít vždy jen pozitivní dopad, není dosud ověřeno, jestli v nich mohou žít invazní druhy živočichů a rostlin, popřípadě fytofágové škodící na kulturních plodinách (Celjak, Boháč, Kohout, 2008).

3.3.5 Ostatní

Plantáže rychle rostoucích dřevin mohou dále: (Celjak, Boháč, Kohout, 2008; Kohout, Celjak, Boháč, Pavelcová, 2010; Ust'ak, 2002)

- sloužit k včelařství
- chránit hospodářská zvířata před větrem, deštěm a sluncem
- sloužit jako tepelné izolace budov vlivem snížení rychlosti větru
- zlepšit estetický výraz krajiny
- zastiňovat vodní hladinu, což je nezbytné pro udržení potřebných vlastností vod
- odebírat z půdy a vod těžké kovy (vrby)
- zapříčinit vznik nových pracovních příležitostí
- mít přínos pro makroekonomiku

3.3.6 Shrnutí

Mimoprodukční funkce mohou hrát důležitější roli než je nárůst a následná sklizeň biomasy. To je v některých případech může uvést do role primární funkce (například při použití rychle rostoucích dřevin jako bariéry proti větrné erozi, kdy je několik řad stromů a postupně se těží jen určité řady, aby nedošlo k omezení funkce větrolamu). V ostatních případech si mnohé mimoprodukční funkce ani nemusíme uvědomovat, přesto mají často značný přínos.

3.4 Metody sledování biodiverzity v porostech energetických rostlin

Biologický monitoring ukazuje reakci přírody na činnost člověka (management) (Boháč, 1999). Při sledování biodiverzity je výhodné zkoumat pouze jejich bioindikátory, které nám dají komplexní informace o stavu biodiverzity (Brožová, 2004). Krom nižších nákladů je výhodné i to, že nemusíme zkoumat celou biotu (Rainio, Niemelä, 2003).

Bioindikátor by měl mít známou a prozkoumanou taxonomii a ekologii, žít v širokém geografickém areálu, být citlivý vůči vlastnostem prostředí a indikovat změnu (Rainio, Niemelä, 2003).

Na podkladě dlouhodobých bionomických pozorování lze určit bioindikátory v daném prostředí (Vačkář, 2005). Jako indikátory v plantážích rychle rostoucích rostlin ve střední Evropě nejčastěji slouží střevlíkovití a drabčíkovití (Boháč, 2005).

3.4.1 Střevlíkovití

Střevlíci (*Carabidae*) spadají do podřádu *Adephaga*, kam patří 36 000 druhů v 9 čeledích, 6 z nich žije ve vodě. Mají proměnu dokonalou. Ve středoevropských podmínkách dosahují zástupci velikosti 1,6-40 mm. Jsou dobří běžci se silnými, dlouhými nohama. Někteří pomocí předních nohou hrabou. Samci většiny druhů mají na spodní straně předních chodidel přichycovací brvy. Některé druhy ztratily schopnost letu (křídla jsou částečně nebo skoro úplně redukována). Velká část druhů má zadečkové, mnohdy silně páchnoucí, obranné žlázy (Hůrka, 2005). Povrch těla bývá dobře sklerotizován, jen výjimečně jsou převážně krovky tenké a měkké. Nejčastěji jsou střevlíkovití černí nebo tmavě hnědí, často u druhů s denní aktivitou se vyskytuje mosazný, měděný, zelený či modrý kovový lesk. Na hladkosti nebo strukturovitosti závisí lesk, popřípadě matnost povrchu. Spodní strana předohrudi má výběžek, který je taxonomicky využíván (Hůrka, 1992, 1996). Larvy jsou štíhlé s mohutnými kusadly bez kanálku, kuklí se většinou v komůrce v půdě (Hůrka, 2005). Ve většině případů je vývoj v našich podmínkách jednoletý, ale můžou někteří jedinci přežít zimu a na jaře vyprodukovat další generaci (Kromp, 1999).

Obývají mnohá stanoviště od pouštních po mokré, bažinaté či pobřežní. Podobný rozptyl lze nalézt i v toleranci na světlo, některé druhy vyžadují zastínění, některým nevadí přímé slunce. Nejčastěji jsou epigeičtí, často je lze nalézt

v hrabance nebo pod kameny, ale lze je spatřit i na bylinách či stromech, popřípadě pod kůrou např. *Tachyta nana* (Gyllenhal, 1810), obr. č.4. V našich podmínkách žijí nejčastěji druhy vlhkomilné s noční aktivitou (Hůrka, 1996). Skoro všechny druhy střevlíkovitých žijících na orných půdách nemají přímou vazbu na jednu plodinu. Společenstva se mění podle teploty, vlhkosti, pH půdy, zastínění apod. (Seják, Dejmal a kol, 2003).

Většina středoevropských druhů jsou aktivně lovící masožravci, ale i vyhledávají mršinu. Potravně jsou nespecializovaní, živí se jak bezobratlými, tak obratlovci. Jen některé druhy jsou specializovaní na housenky motýlů, chvostokoky apod. Poměrně často se setkáme s druhy všežravými, několik jich je i býložravých. Larvy druhů *Lebia* jsou ektoparazitoidi, k vývinu potřebují larvy a kukly různých mandelinkovitých (Hůrka 1992, 1996).

Hůrka, Veselý a Farkač (1996) rozdělili střevlíkovité na tři skupiny: R, A a E. Do první skupiny patří druhy s nejužší ekologickou tolerancí. Jsou zde především nejvzácnější druhy obývající málo narušené ekosystémy. Druhy s větší tolerancí, patřící do skupiny A, jsou schopné osidlovat i méně přirozená nebo přirozenému stavu blízká stanoviště jako jsou kulturní lesy, louky a podobně. Je zde největší zastoupení střevlíků. V poslední skupině E jsou zařazené eurytopní druhy, které mají velkou ekologickou valenci. Patří sem druhy obývající nestabilní stanoviště a poškozenou krajinu (Hůrka, Veselý, Farkač, 1996).

Obr. č.4: *Tachyta nana* (Gyllenhal, 1810). Foto: František Šaržík, <http://www.biolib.cz>



3.4.2 Drabčíkovití

Jedna z největších skupin brouků jsou drabčíkovití (*Staphylinidae*), kteří zahrnují celosvětově 48 000 druhů, z toho 1396 žijících v rámci České republiky (Balog, Markó, Imre, 2009; Boháč, Kohout 2011). Stejně jako střevlíkovití mají proměnu dokonalou. Velikost těla se pohybuje v rozmezí 0,5-60 mm. Od ostatních brouků se dají snadno poznat, protože mají zkrácené krovky, které sahají jen na část zadečku. Tělo je oválné nebo dlouze protáhlé. Bývá nažloutlé nebo tmavě hnědé či černé, ostatní zbarvení jsou vzácná (Boháč, Matějček, 2003). Skoro všechny druhy mají na konci zadečku minimálně jeden pár žláz, jejichž výměšky slouží k obraně (Hůrka, 2005). Vajíčka jsou oválné nebo kulatá a během vývoje poutají vodu a zvětšují se. Larvy lze snadno rozeznat pomocí přítomnosti páru článkovitých přívěsků na konci devátého zadečkového článku (Boháč, Matějček, 2003). Kuklení se odehrává nejčastěji v komůrce v půdě (Hůrka, 2005).

Drabčíkovité lze nalézt téměř ve všech suchozemských ekosystémech. Přibližně polovina druhů tvoří důležitou součást půdní fauny. Některé druhy jsou vázány na původní lesy a lesostepní a mokřadní biotopy (Boháč, Matějček, Rous, 1997). Část druhů žije v hnízdech sociálního hmyzu nebo savců a ptáků, kde se živí jinými bezobratlými, jako jsou blechy apod. Některé druhy se ale nalézají v hnízdech z důvodů vlhkosti, organického zbytku atd., nebo z důvodu prodělání larválního vývoje i následného žití dospělce (Boháč, Matějček, 2003, Boháč, Kohout, 2011).

Dospělci i larvy jsou z valné většiny dravci, hodně jich je vázáno na tlející organické látky. Někteří se ale živí částmi květů, hub a řas (Hůrka, 2005). Boháč (1999) navrhl rozdělení podle typu potravy (Boháč, 1999).

Rozdělení drabčíkovitých podle potravy (Boháč, 1999):

Třída: Zoofágové

Podtřída: Epigeobionti

Skupiny: běhající, velcí (typ *Staphylinus*)
běhající, malí (typ *Philonthus*)

Podtřída: Stratobionti

Skupiny: žijící na půdním povrchu a v opadu (typ *Othius*)
žijící v opadu (typ *Medon*)
žijící v opadu a pod kůrou (typ *Dinaraea*)
žijící v podzemních chodbách (typ *Quedius*)
žijící v jeskyních (typ *Apteranillus*)

Podtřídy: Geobionti

Skupiny: běhající a hrabající (typ *Phytosus*)
půdní (typ *Meotica*)

Podtřída: Psamokolimbeti

Skupiny: pobřežní (typ *Stenus*)
žijící na lehkých a písčitéch půdách (typ *Astenus*)

Podtřída: Petrobionti (typ *Lesteva*)

Podtřída: Torfobionti (typ *Pachnida*)

Třída: Fytofágové

Skupiny: dendrochortobionti (typ *Eusphalerum*)
pobřežní (typ *Bledius*)

Třída: Saprofágové

Skupiny: žijící v opadu (typ *Omalium*)
žijící na povrchu půdy, malých rozměrů (typ *Oxytelus*)
žijící v jeskyních (typ *Ochtheophilus*)

Třída: Mycetofágové (typ *Gyrophaena*)

Třída: Myrmekofilové a termitofilové

Skupiny: symfilové (typ *Atemeles*)
synechtí (typ *Lamprinodes*)
synoekenti (typ *Thiasophila*)

Aktivní bývají většinou během dne. Většinu druhů najdeme v zastíněných biotopech, kde žijí pod kameny, v dřevě, opadu apod. Jejich aktivita závisí na intenzitě světla (Boháč, Kohout, 2011).

Podobné rozdělení jako navrhli Hůrka a kolektiv pro střevlíkovité, navrhl Boháč (1999) pro drabčíkovité. Tentokrát se jedná o skupiny R1, R2 a E. Ve skupině R1 nalezneme druhy žijící na velmi málo narušených stanovištích. Skupina R2 zahrnuje druhy obývající středně narušená stanoviště a ve skupině E druhy žijící na silně narušených územích (Boháč, 1999).

Přestože jsou drabčiči citlivější ke změnám prostředí než střevlíci, používají se méně často jako bioindikátory, protože je obtížnější jejich determinace (Honěk, Kocian, 2003).

Na obrázku č.5. je příklad drabčička z podčeledi *Steninae*, *Stenus clavicornis* (Scopoli, 1763). Tento druh se často vyskytuje na porostech energetických vrb ve vlhčích biotopech. Jeho zvláštností jsou velké složené oči a prodloužený spodní pysk, který mohou vymrštit a uchvátit tak svou kořist (Boháč, Kohout, 2011).

Obr. č.5: *Stenus clavicornis* (Scopoli, 1763). Foto: Josef Dvořák, <http://www.biolib.cz>



3.4.3 Shrnutí střevlíkovitých a drabčikovitých

Drabčikovití a střevlíkovití jsou velice objemné skupiny brouků s přeměnou dokonalou. Jelikož známe poměrně dobře jejich taxonomii a ekologii a jsou citliví ke změnám prostředí, je vhodné je použít jako bioindikátory. Získaná data následně použijeme ve statistických metodách.

3.4.4 Statistické metody

Pro hodnocení společenstev střevlíků a drabčků se nejčastěji používá shlukové analýzy, dvoucestné analýzy variance a mnoharozměrných metod (Boháč, 2005).

3.4.4.1 Shluková analýza

Při použití shlukové analýzy se snažíme nalézt v celém souboru takové skupiny druhů (střevlíků, drabčků), které jsou si podobné, ale zároveň se liší od jiných skupin (Lepš, 1996). Tato metoda se nejčastěji používá pro klasifikaci společenstev brouků různých rostlinných společenstev nebo společenstev s různým antropogenním narušením (Boháč 2005). Lepš (1996) uvádí, že tato metoda by měla soužit k navrhnutí nějakých hypotéz (Lepš, 1996).

Shluky můžeme rozdělit do dvou kategorií: nehierarchické a hierarchické. Pokud je soubor rozdělen na několik shluků stejné úrovně, jedná se o nehierarchickou klasifikaci. Hierarchická klasifikace je tvořena shluky, které mají různé úrovně. Shluky nejvyšší úrovně obsahují shluky úrovně nižší (Lepš, 1996).

3.4.4.2 Analýza variance (ANOVA)

Analýza variance se používá při vyhodnocení dat, kdy sledujeme objekty klasifikované podle jednoho (jednocestná analýza variance) nebo více (dvoucestná analýza variance) faktorů různých hladin (Lepš, 1996).

Dále Lepš (1996) uvádí, že při použití jednocestné analýzy variance zkusíme nulovou hypotézu, kde se střední hodnoty mezi sebou neliší. Předpokladem této metody je rovnost variancí, proto za platnost nulové hypotézy se jedná o několik výběrů téhož souboru. Na základě variancí uvnitř jednotlivých skupin odhadneme varianci základního souboru a z ní jsme schopni předpovědět variabilitu mezi skupinami. Tuto předpověď následně porovnáváme se skutečnou variabilitou mezi skupinami. Za předpokladu, že je variabilita mezi skupinami nepravděpodobně velká, dojde k zamítnutí nulové hypotézy o rovnosti průměrů (Lepš, 1996).

Při použití dvoucestné analýzy variance testujeme všechny možné kombinace hladin faktorů (Lepš, 1996). V praxi se této metody používá na studování vlivu prostředí (reliéf, typ rostlinného pokryvu, textura, atd.) na společenstva druhů (Boháč, 2005).

3.4.4.3 Mnoharozměrné metody

Jsou čtyři ordinační techniky, založené na tom, zda je ordinace přímá či nepřímá, a na modelu druhové odpovědi, jak je znázorněno v tab. č.14 (Lepš, Šmilauer, 2000).

Tab. č.14: Rozdělení ordinačních technik (Lepš, Šmilauer, 2000)

| | Metody lineární | Metody váženého průměrování |
|----------------------------|----------------------------------|--|
| Neomezené (nepřímé) | Analýza hlavních komponent (PCA) | Korespondenční analýza (CA) |
| Omezené (přímé) | Redundanční analýza (RDA) | Kanonická korespondenční analýza (CCA) |

Přímé analýzy analyzují změny druhového složení podle známého a předem stanoveného jednoho nebo několika gradientů prostředí, například podle nadmožské výšky, vlastností půdy apod. Při této analýze se hledáme nejlepší vysvětlující proměnné. Ordinační osy jsou vážené charakteristiky prostředí. Nepřímé analýzy analyzují diverzitu druhového složení nezávisle na prostředí. Při této analýze hledáme jakoukoli proměnnou vysvětlující nejlépe druhové složení a tu poté použijeme jako ordinační osu. Lineární odpověď je nejjednodušším odhadem,

uvažujeme při ní pouze monotónní změnu. Unimodální odpověď nastává pouze když má druh na gradientu prostředí své optimum. Dále se předpokládám, že druh bude mít optimum na každé z ordinačních os a že jeho pravděpodobnost výskytu bude ve všech směrech od tohoto bodu symetricky klesat. Odhadnutá pozice optima druhu se zobrazí jako skóre druhu (bod). Optimum se počítá jako vážený průměr z pozic vzorku, kde váhami jsou relativní abundance druhu v jednotlivých vzorcích (Lepš, Šmilauer, 2000).

Výsledky ordinací jsou ordinační diagramy, kde jsou plochy (vzorky) zastoupeny body (symboly). V lineárních metodách jsou druhy zobrazené šipkou ve směru růstu abundance druhu a jako body v metodách váženého průměru. Kvantitativní charakteristiky prostředí jsou značené jako šipky ve směru růstu hodnot. Cílem klasifikace je získání skupiny objektu (vzorku, druhu) vnitřně stejnorodé, ale odlišné od jiných skupin. Pokud klasifikujeme druhy, znamená stejnorodost podobné ekologické chování, které se projevuje podobností distribuce druhu (Lepš, Šmilauer, 2000).

3.4.4.4 Indexy diverzity

K popisu druhové rozmanitosti se používají tři škály: alfa, gama a beta diverzita. Alfa diverzita, někdy označována jako druhová bohatost, vyjadřuje počet druhů nalezených ve společenstvu. Gama diverzita se používá pro větší oblasti s nejedním ekosystémem. Beta diverzita vyjadřuje změnu druhového složení mezi alfa a gama diverzitou (Primack, Kindlmann, Jersáková, 2011).

3.4.4.5 Index antropogenního ovlivnění

Na základě rozdělení drabčků a střevlíků byl vytvořen index antropogenního ovlivnění (ISD). Ten se vypočítá následovně: $ISD = 100 - (E + 0.5 R2)$. „E“ je frekvence jedinců skupiny E v procentech a „R2“ je frekvence jedinců skupiny R2 (podle Hürky, Veselého a Farkače (1996) pro střevlíky A) v procentech. Hodnota indexu se pohybuje od 0 do 100, kde nižší hodnota vypovídá o silném ovlivnění činností člověka, vyšší hodnota naopak (viz. tab. č.15) (Boháč, 1999).

Tab. č.15: Stupně antropogenního ovlivnění biotopů (Boháč, 1999)

| Stupeň | Hodnota indexu | Ekosystém, krajina, stabilita | Charakteristika |
|--------|----------------|---|---|
| I | 0-15 | Velmi silně ovlivněné, nestabilní, udržované managementem | Velkoplošné pozemky orných půd bez ekotonového zázemí, rumišť, městské skládky a ostatní nestabilní biotopy |

| | | | |
|-----|--------|--|---|
| II | 10-35 | Silně ovlivněné, nestabilní bez managementu člověka | Maloplošné pozemky orných půd s ekotonovým zázemím liniových formací agrárních teras, mezí a lesních okrajů. Kulturní louky, pastviny, zahrady a sady |
| III | 30-50 | Málo ovlivněné, středně stabilní s občasným managementem člověka | Hospodářské lesy všech typů, lesoparky, přirozená luční společenstva, břehy stojatých a běhutých vod |
| IV | 45-65 | Málo ovlivněné, stabilní, management nutný jen velmi zřídka při ohrožení daných ekosystémů | Polopřirozená až přirozená lesní společenstva především v chráněných územích, horské lesy, subalpínská luční společenstva, břehy horských potoků, rašeliniště |
| V | 50-100 | Neovlivněné, stabilní, management nutný jen velmi zřídka při ohrožení daných ekosystémů | Klimaxové horské lesy, kosodřevina, alpínské trávníky a sutě, okraje sněžných jam, horská vrchoviště, břehy horských ples a horských potoků |

3.4.4.6 Shrnutí statistických metod

Statistické metody nám slouží k hodnocení stavu biodiverzity. Na základě nich můžeme zjistit různé informace a z nich poté vyvodit důsledky, například jak moc jsou antropogenně ovlivněné plantáže rychle rostoucích rostlin a jak moc se liší od luk, popřípadě kulturních lesů.

3.4.5 Vytypování bioindikátorů v porostech rychle rostoucích rostlin pro energetické účely podle jejich ekologických nároků

Jako bioindikátory mohou sloužit jak jednotlivé druhy, které jsou různě citlivé k vlivům činnosti člověka, tak i celá společenstva, např. index antropogenního ovlivnění (Boháč, Kohout, 2011).

3.4.5.1 Dřeviny

Pro dřeviny se jako nejlepší bioindikátory hodí epigeičtí brouci (Boháč, Kohout, 2011). Bylo zjišťováno na šesti různých plantážích s různou skladbou topolů druhové zastoupení drabčíkovitých (Boháč, Celjak, Moudrý, Kohout, Wotavová, 2007). Popis klonů a dominantních nalezených druhů je uveden v tab. č.16.

Tab. č.16: Klony topolů a dominantní nalezené druhy drabčků (Boháč, Celjak, Moudrý, Kohout, Wotavová, 2007)

| Stanoviště, počet stromů, ovlivnění okolní krajiny člověkem | Klon topolu, věk plantáže | Druh drabčika | Typ |
|---|---------------------------------|--|-----|
| Lhenice 420 silně ovlivněné | J-104, J-105, P-494 8 let | <i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790) | R2 |
| | | <i>Carabus granulatus granulatus</i> (Linnaeus, 1758) | E |
| | | <i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787) | R2 |
| | | <i>Philonthus decorus</i> (Gravenhorst, 1802) | R2 |
| | | <i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull, 1790) | E |
| | | <i>Carabus hortensis hortensis</i> (Linnaeus, 1758) | R2 |
| Rankov 550 silně ovlivněné | P-494, P-466 8 let | <i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790) | R2 |
| | | <i>Carabus granulatus granulatus</i> (Linnaeus, 1758) | E |
| | | <i>Philonthus decorus</i> (Gravenhorst, 1802) | R2 |
| | | <i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798) | E |
| | | <i>Carabus hortensis hortensis</i> (Linnaeus, 1758) | R2 |
| | | <i>Carabus violaceus violaceus</i> (Linnaeus, 1758) | R2 |
| Čakov ₁ 500 málo ovlivněné | J-104 6 let | <i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798) | E |
| | | <i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824) | E |
| | | <i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758) | E |
| | | <i>Philonthus cognatus</i> (Stephens, 1832) | E |
| | | <i>Philonthus varians</i> (Paykull, 1789) | E |
| | | <i>Omalium caesum</i> (Gravenhorst, 1806) | E |
| Čakov ₂ 800 málo ovlivněné | J-104 2 roky | <i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798) | E |
| | | <i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824) | E |
| | | <i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758) | E |
| | | <i>Philonthus cognatus</i> (Stephens, 1832) | E |
| | | <i>Philonthus varians</i> (Paykull, 1789) | E |
| | | <i>Amara familiaris</i> (Duftschmid, 1812) | E |
| | | <i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774) | E |

| | | | |
|--|----------------------------------|--|----|
| Chlumská hora 3680 středně ovlivněné | J-104 4 roky | <i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790) | R2 |
| | | <i>Carabus granulatus granulatus</i> (Linnaeus, 1758) | E |
| | | <i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787) | R2 |
| | | <i>Philonthus decorus</i> (Gravenhorst, 1802) | R2 |
| | | <i>Carabus scheidleri</i> (Panzer, 1799) | R2 |
| | | <i>Omalium caesum</i> (Gravenhorst, 1806) | E |
| Krejčárka 10 000 středně ovlivněné | J-104, J-105, P-494 11 let | <i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790) | R2 |
| | | <i>Carabus granulatus granulatus</i> (Linnaeus, 1758) | E |
| | | <i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787) | R2 |
| | | <i>Philonthus decorus</i> (Gravenhorst, 1802) | R2 |
| | | <i>Carabus scheidleri</i> (Panzer, 1799) | R2 |
| | | <i>Paederus riparius</i> (Linnaeus, 1758) | R2 |
| | | <i>Quedius fuliginosus</i> (Gravenhorst, 1802) | R2 |
| | | <i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792) | E |

Na základě zjištěných výsledků se na druhové úrovni jeví jako bioindikátory menšího antropogenního vlivu zejména druhy adaptabilní (R2), které jsou náročnější ke kvalitě stanovišť. Mezi nimi je to např. chráněný druh střevlíka *Carabus scheidleri* (Panzer, 1799) (obr. č.3). Naopak v plantážích silně člověkem ovlivněných převládaly eurytopní druhy (skupina E).

U společenstev byla jako bioindikační charakteristika vytypována frekvence (procentuální zastoupení) ekologických skupin. Největší zastoupení eurytopních druhů (E) bylo na stanovištích Čakov₁ a Chlumská hora (přibližně 90%). Na plantáži Lhenice bylo objeveno nejvíce druhů adaptabilních (R2). Jejich procentuální zastoupení se pohybovalo okolo 55%. Na zbylých třech stanovištích bylo nalezeno mezi 50-70% eurytopních druhů (E).

3.4.5.2. Byliny

Jahnová a Boháč (2011) zkoumali biodiverzitu v porostech bylin pro energetické využití. Jako indikátory byli použiti střevlíci a drabčící. Zkoumána byla srha laločnatá (*Dactylis glomerata* L.), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl et C. Presl) a lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.). Pro porovnání byly použity plochy topinamburu hlíznatého (*Helianthus tuberosus* L.) a okolního uměle vysázeného trávníku s pravidelným managementem (tab. č.17) (Jahnová, Boháč, 2011).

Jako bioindikační charakteristika byla vytypována frekvence (procentuální zastoupení) ekologických skupin a index antropogenního ovlivnění. Během tříletého

výzkumu nebyl odchyten žádný z reliktních druhů (R1; R). Adaptabilních druhů (R2; A) bylo nalezeno na všech plochách méně než eurytopních (E). Celkově nejvyšší zastoupení eurytopních druhů (skupina E) bylo v porostu lesknice rákosovité (81-85%), nejmenší zastoupení v porostu ovsíku vyvýšeného (60-76%). Hodnoty ISD (index antropogenního ovlivnění) byly velice nízké (7,5-20). To indikuje silné antropogenní ovlivnění (Jahnová, Boháč, 2011).

Tab. č.17: Popis pokusných ploch (Jahnová, Boháč, 2011)

| Druh rostliny | Plocha (m ²) | Management |
|---|--------------------------|---|
| Srha laločnatá (<i>Dactylis glomerata</i> L.) | 360 | Odstranění plevelů, kosení: 22.5.2007 Aplikace herbicidu: 1.6.2007 Odstranění plevelů, kosení: 2.8.2007 Odstranění plevelů, kosení: 16.10.2007 Hnojení: 27.3.2008, 9.9.2009 |
| Ovsík vyvýšený (<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. Presl et C. Presl) | 360 | Odstranění plevelů, kosení: 23.5.2007 Aplikace herbicidu: 1.6.2007 Odstranění plevelů, kosení: 2.8.2007 Odstranění plevelů, kosení: 16.10.2007 Hnojení: 27.3.2008, 9.9.2009 |
| Lesknice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i> L.) | 360 | Odstranění plevelů, kosení: 23.5.2007 Aplikace herbicidu: 1.6.2007 Odstranění plevelů, kosení: 2.8.2007 Odstranění plevelů, kosení: 16.10.2007 Hnojení: 27.3.2008, 9.9.2009 |
| Topinambur hlíznatý (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) | - | Aplikace chemikálií, Mechanická orba proti plevelům |

4. Závěr

Byla provedena literární rešerše a analýza a syntéza literárních zdrojů týkajících se zdrojů energie v současném světě, technologií pěstování rychle rostoucích rostlin, mimoprodukčních funkcí a metod sledování biodiverzity v porostech energetických rostoucích rostlin.

Bylo zjištěno že:

- Při porovnání energetických zdrojů se nejeví spalování biomasy jako příliš rozumné, pouze pokud jde o náhradu za uhlí. Lépe se jeví využívání pro bioplyn. Důvodem je možnost vzniku škodlivých látek. Zatím nevíme, jak tomu zabránit.
- Nejvyšší výnosy z dřevin doporučených pro naše klimatické podmínky lze očekávat od klonu vrby S-705 (15 t sušiny ha/rok v prvním obmýtí), z topolů potom klony J-104 a J-105 (9-11 t sušiny ha/rok v druhém obmýtí). Nejproduktivnější doporučenou bylinou je invazní křídlatka sachalinská (až 60 t sušiny ha/rok), z neinvazních je to ozdobnice čínská (20-25 t sušiny ha/rok), popřípadě kukuřice setá (21 t sušiny ha/rok).
- Nejméně náročné na agrotechniku je lebeda rozkladitá a merlík bílý.
- Významným přínosem pěstování rychle rostoucích rostlin (a především dřevin) jsou mimoprodukční funkce (vázání CO₂ a produkce O₂, vliv na mikroklima, ochrana proti větrné a vodní erozi, vliv na biodiverzitu, omezení prašnosti a hluku apod.).
- Zvýšení biodiverzity má pozitivní vliv na stabilitu i okolních stanovišť. V plantážích rychle rostoucích rostlin se pravidelně objevuje kolem 40 druhů predátorů polních „škůdců“. To může zapříčinit úsporu financí za pesticidy.
- Pro některé druhy se stává liniový porost biokoridorem, který je velmi cenný v zemědělské krajině. V něm dochází k migraci a existenci živočichů.
- Je potřeba více výzkumů ohledně biodiverzity v plantážích energetických rostlin, protože ze zjištěných měření se zatím poměrně málo kdy dají dělat jednoznačné závěry.
- Fragmentární informace o možnostech plantáží hostit tzv. škodlivé druhy pro polní plodiny. Často se vysazují nepůvodní druhy. Nevíme, jaké druhy fytofágů jim mohou škodit a jakým způsobem se mohou šířit na další pozemky.
- Pro sledování biodiverzity je výhodné používat bioindikátory. V porostech rychle rostoucích rostlin se pro tyto účely využívá střevlíkovitých a drabčíkovitých a to jak na druhové úrovni (ekologická charakteristika) tak na úrovni společenstev (index antropogenního ovlivnění).

5. Seznam použité literatury

- BALOG, A., MARKÓ, V., IMRE, A., 2009: Farming systems nad habitat structure effects on rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) assembly in Central European apple nad pear orchards. *Biologia* 64/2: 343-349.
- BOHÁČ, J., CELJAK, I., MOUDRÝ, J., KOHOUT, P., WOTAVOVÁ, K., 2007: Communities of beetles in plantations of fast growing plant species for energetic purposes. *Entomol. Rom.*, 12: 137-145 s.
- BOHÁČ, J., KOHOUT, P., 2011: Metody studia biodiverzity v porostech energetických rostlin – půdní a epigeičtí brouci. *Acta Pruhoniana* 97: 85-96, Průhonice.
- BOHÁČ, J., MATĚJÍČEK, J., ROUS, R., 2007: Check-list of staphylinid Beetles (Coleoptera, Staphylinidae) of the Czech Republic and the division of species according to their ecological characteristics and sensitivity to human influence. *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*, 56: 227-276.
- BOHÁČ, J., MATĚJÍČEK, J., 2003: Katalog brouků Prahy: Drabčíkovití Staphylinidae. Praha: Clarion Production.
- BOHÁČ, J., 1999: Organismy jako bioindikátory měnícího se prostředí. *Životní prostředí*, vol. 33, no. 3.
- BROŽOVÁ, Jana (editor), 2004: Biologická rozmanitost v České republice. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR.
- CELJAK, I., BOHÁČ, J., KOHOUT, P., 2007: Rádce pro začínající pěstitele plantáží rychle rostoucích topolů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- CELJAK, I., BOHÁČ, J., KOHOUT, P., 2008: Význam cíleně pěstovaných rychle rostoucích topolových porostů v krajině. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- DAUBER, J., JONES M. B., STOUT J. C., 2010: The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity. *GCB Bioenergy* 2, 289-309.
- DVOŘÁK, A., 2008: Produkční schopnost a specifika pěstování vybraných energetických plodin. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- FRIESS, K., 2007: Nová „BAT“ odsířovací technologie NID pro energetiku. *Technický týdeník*, 55, 2007. 4-5 s.

- FRYDRYCH, J., ANDERT, D., JUCHELKOVÁ, D., 2012: Výzkum využití trav pro energetické účely. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyzkum-vyuziti-trav-pro-energeticke-ucely>
- HAVLÍČKOVÁ, K., BOHÁČ, J., HUTLA, P., KNÁPEK, J., STRAŠIL, Z., KAJAN, M., 2008: Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ, Průhonice.
- HONĚK, A., KOCIAN, M., 2003: Importance of woody and grassy areas as refugia for field Carabidae and Staphylinidae (Coleoptera). Acta Soc. Zool. Bohem. Czech Republic; 67:71-81
- HŮRKA, K., VESELÝ, P., FARKAČ, J., 1996: Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. Klapalekiana 32(1-2): 15-26.
- HŮRKA, K., 2005: Brouci České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín.
- HŮRKA, K., 1996: Carabidae České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín.
- HŮRKA, K., 1992: Střevlíkovití: Carabidae I. Praha: Academia.
- JAHNOVÁ, Z., BOHÁČ, J., 2011: Společenstva epigeických brouků (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) v porostech bylin pro energetické účely. Acta mus. Beskid., 3: 133-143.
- KOHOUT, P., BOHÁČ, J., PAVELCOVÁ, L., CELJAK, I., 2011: Potenciální škůdci energetických dřevin: fytofágní druhy hmyzu (Insecta) na vybraných plantážích v jižních Čechách. Acta Pruhoniana 97: 77-83 s.
- KOHOUT, P., CELJAK, I., BOHÁČ, J., PAVELCOVÁ, L., 2010: Rychle rostoucí dřeviny v energetice. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- KOHOUT, P., CELJAK, I., BOHÁČ, J., 2010: Rychle rostoucí topoly a vrby. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- KOHOUT, P., JAHNOVÁ, Z., BOHÁČ, J., 2010: Non-food utilization of biomass in the energy sector of EU and its effect on biodiversity (Case study from the Czech republic. Herald of the International Academy of Sciences (Russian Section), special issue, 99-100 s.
- KOPRNA, R., ŠKEŘÍK, J., 2007: Dobře založený porost, vysoký výnos, v Zemědělec 24/2007. http://www.agroweb.cz/Dobre-zalozeny-porost-vysoky-vynos_s84x28379.html
- KROMP, B., 1999: Carabids beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. Agriculture, Ecosystems and Environment, 74(1/3): 187-228

KŘEN, J., 1998: Metodika pěstování ozimých obilnin. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž a Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.

LEPŠ, J., ŠMILAUER, P., 2000: Mnohorozměrná analýza ekologických dat. České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

LEPŠ, J., 1996: Biostatistika. Jihočeská univerzita České Budějovice, České budějovice.

LIBRA, M., POULEK, V., 2007: Zdroje a využití energie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.

MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z., 1996: Alternativní plodiny. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

PETERKA, J., 1999: Energetické rostliny a limity krajiny. Alternativní energie č. 3. roč. II, 1999. str. 18.

PETR, J., 2007: Tritikale – opomíjená obilnina, v Zemědělec 27/2007. http://www.agroweb.cz/Tritikale-%E2%80%93-opomijena-obilnina__s87x28389.html

PETŘÍKOVÁ, V. a kol., 2006: Energetické plodiny. Praha: Profi Press, s.r.o.

POTMĚŠILOVÁ, J., 2010: Pěstování slunečnice a jeho ekonomika, v Zemědělec 1-2/2010. http://www.agroweb.cz/Pestovani-slunecnice-a-jeho-ekonomika__s489x35524.html

PRIMACK, R., KINDLMANN, P., JERSÁKOVÁ, J., 2001. Biologické principy ochrany přírody. Praha: Portál.

PRIMACK, R., KINDLMANN, P., JERSÁKOVÁ, J., 2011: Úvod do biologie ochrany přírody. Portál.

PULKRÁBEK, J. a kol., 2003: Speciální fyto technika. Praha: Česká zemědělská univerzita.

RAINIO, J., NIEMELÄ, J., 2003: Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. Biodiversity and Conservation, vol. 12, p. 487-506.

REGAL, V., 1953: Pícní a plevelné trávy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

ŘÍMOVSKÝ, K., HRABĚ, F., VÍTEK, L., 1989: Pícninářství: polní pícniny. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně.

SEJÁK, J., DEJMAL, I. a kol., 2003: Hodnocení a oceňování biotopů České republiky. Praha: Český ekologický ústav.

ŠANTRŮČEK, J. a kol., 2001: Základy pícninářství. Praha: Česká zemědělská univerzita.

ŠRÁMEK, P., 2001: Zvyšování biodiverzity travních porostů. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací.

USŤAK, S., 2000: Netradiční rostliny perspektivní pro bioenergetické účely. Energetické a průmyslové rostliny VI. Chomutov. Výzkumný ústav rostlinné výroby.

VAČKÁŘ, D. (editor), 2005: Ukazatele změn biodiverzity. Praha: Academia, 1.

VELICH, J. a kol., 1994: Pícninářství. Praha: Vysoká škola zemědělská.

VRZAL, J., NOVÁK, D., 1995: Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR.

ZACHOVÁ, J., 2011: Fermentační proces je pod kontrolou v Zemědělec 21/2011. http://www.agroweb.cz/Fermentacni-proces-je-pod-kontrolou_s1592x56213.html

Internetové zdroje:

15. Kongres Světové energetické rady (WEC), 1992. Madrid. [cit. 2012-11-10]. http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/emise_skodl.html

BAŘINKA, R., KLIMEK, P., 2007: Postupný rozvoj využití sluneční energie fotovoltaickou technologií. Obnovitelné Zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR. ČEZ, a.s. 131-146 s. [cit. 2012-12-18]. http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf

BOHÁČ, J., 2005: Využití epigeických bezobratlých pro sledování změn ekosystémů a krajiny v chráněných oblastech (case study). 2005. [cit. 2013-03-18]. <http://www.infodatasys.cz/vav2003/drabcikoviti.pdf>

Energetický regulační úřad, 2012: Roční zpráva o provozu ES ČR 2011. Oddělení statistik ERÚ, Praha. [cit. 2013-01-21]. http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocní_zprava/2011/Rocni_zprava_ES_CR_FINAL.pdf

FRYDRYCH, J., ANDERT, D., JUCHELKOVÁ, D., 2012: Výzkum využití trav pro energetické účely. [cit. 2013-03-21]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyzkum-vyuziti-trav-pro-energeticke-ucely>

JACKSON, L., BAWA, K., PASCUAL, U., PERRINGS, C., 2005: Agrobiodiversity: A new science agenda for biodiversity in support of sustainable agroecosystems, agrobiodiversity science plan and implementation strategy. DIVERSITAS Report n°4. [cit. 2013-03-10].

<http://www.diversitas-international.org/resources/publications/reports-1/agroBIODIVERSITY%20SP.pdf>

Kolektiv autorů ÚPEI FSI VUT Brno, 2007: Energetické využívání biomasy v Obnovitelné Zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR. [cit. 2013-02-10]. ČEZ, a.s.

http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf

Kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, rok neuveden: Pracovní seznam používaných a potenciálních energetických plodin. [cit. 2013-01-10]. http://www.vukoz.cz/sites/File/pracovni_seznam_plodin.pdf

Kolektiv oddělení fytoenergetiky VÚKOZ, 2011: Rostliny vhodné k pěstování za účelem využití biomasy pro energetické účely. [cit. 2013-01-10]. <http://www.vukoz.cz/sites/File/Seznam%20Eplodin%20aktualizace%202011%20XII.pdf>

KOVÁŘOVÁ, M., ABRHAM, Z., JEVIČ, P., ŠEDIVÁ, Z., KOCÁNOVÁ, V., 2002: Pěstování a využití energetických a průmyslových plodin. [cit. 2013-01-10]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-a-vyuziti-energetickych-a-prumyslovych-plodin>

MOTLÍK, J., 2007: Elektřina z geotermální energie v Obnovitelné Zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR. [cit. 2012-12-10]. ČEZ, a.s. 147-150 s.

http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf

OLIVIER, J., JANSSENS-MAENHOUT, G., PETERS, J., WILSON, J., 2011: Long-term trend in global CO₂ emission. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, European Union. [cit. 2012-11-09].

http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/CO2%20Mondiaal_%20webdef_19sept.pdf

OTČENÁŠEK, P., 2006: Elektroenergetika ve 21. století: Globální světové energetické hospodářství a jeho vliv na Českou republiku. [cit. 2012-11-11].

<http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/elektricka-energie-cr.pdf>

Nuclear Engineering International. 1991. [cit. 2012-11-10].

http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/emise_skodl.html

PETŘÍKOVÁ, V., 2003: Zkušenosti s pěstováním energetických rostlin v polních kulturách, 2003. [cit. 2013-02-06]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-pestovanim-energetickych-rostlin-v-polnich-kulturach>

LANG J., rok neuveden: Jetelotravní směsi jako stabilní pícninářský prvek v podmínkách měnícího se klimatu. [cit. 2013-02-07]. <http://www.cbks.cz/Rostliny2011/prispevky/Lang.pdf>

ŠAMÁNEK, L., 2007: Další rozvoj hydroenergetiky v Obnovitelné Zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR. [cit. 2012-11-10]. ČEZ, a.s. 43-78 s. <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne-zdoje-energie-a-moznosti-jejich-vyuziti-pro-cr.pdf>

ŠINKORA, M., 2008: Topoly a vrby pro energetiku. [cit. 2013-02-10]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vrby-pro-energetiku>

ŠTEKL, J., 2007: Větrná energie a její možnosti využití v ČR v Obnovitelné Zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR. [cit. 2012-11-10]. ČEZ, a.s. 79-110 s. <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne-zdoje-energie-a-moznosti-jejich-vyuziti-pro-cr.pdf>

UŠŤAK, S., 2002: Nedřevnaté technické plodiny perspektivní pro bioenergetické účely v podmínkách ČR. [cit. 2013-03-08]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nedrevnate-technicke-plodiny-perspektivni-pro-bioenergeticke-ucely-v-podminkach-cr>

WEGER, J., HAVLÍČKOVÁ, K., 2002: Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. [cit. 2013-03-08]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>

WEGER, J., 2009: Topoly a vrby k energetickému užití. [cit. 2013-02-10]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vrby-k-energetickemu-uziti>