



# **Udržitelné rychle rostoucí dřeviny**

***Příručka***



- Autoři: Ioannis Dimitriou & Dominik Rutz
- Český překlad: Ing. Blanka Mikulová
- Příspěvatelé: Rita Mergner, Stefan Hinterreiter, Laurie Scrimgeour, Ioannis Eleftheriadis, Ilze Dzene, Željka Fištrek, Tomáš Perutka, Dagnija Lazdina, Gordana Toskovska, Linda Drukmane
- Editor: Dominik Rutz
- ISBN: 978-3-936338-38-6
- Překlady: Originálním jazykem příručky je angličtina. Příručka je k dispozici také v chorvatštině, češtině, francouzštině, němčině, řečtině, lotyštině a makedonštině
- Publikováno: © 2015 Energetická agentura Zlínského kraje, o.p.s., Česká republika
- Kontakt: WIP Renewable Energies, Sylvensteinstr. 2, 81369 Munich, Germany  
Dominik.Rutz@wip-munich.de, Tel.: +49 89 720 12 739  
[www.wip-munich.de](http://www.wip-munich.de)
- Český kontakt: Energetická agentura Zlínského kraje, o.p.s., Tř. Tomáše Bati 21, 76190 Zlín, [miroslava.knotkova@eazk.cz](mailto:miroslava.knotkova@eazk.cz), tel. 577043940, [www.eazk.cz](http://www.eazk.cz)
- Web: [www.srcplus.eu](http://www.srcplus.eu)
- Copyright: Všechna práva vyhrazena. Žádná část této knihy nesmí být reprodukována v jakékoli formě nebo jakýmikoli prostředky, které by mohly být použity ke komerčním účelům bez písemného svolení vydavatele. Vydavatel nezaručuje správnost a/nebo úplnost informací a údajů obsažených nebo popsanych v této příručce.
- Odvolání: Výhradní odpovědnost za obsah této příručky nesou autoři. Příručka nemusí nutně odrážet stanovisko Evropské unie. Ani EASME, ani Evropská komise není zodpovědná za jakékoli využití informací obsažených v této příručce.

## ***Poděkování***

Tato příručka byla zpracována v rámci projektu SRCplus (IEE/13/574) a podpořena Evropskou komisí prostřednictvím Programu Inteligentní energie pro Evropu (IEE), programu vedeného Výkonnou agenturou pro malé a střední podniky (EASME). Autoři by rádi poděkovali Evropské komisi za podporu SRCplus projektu, jakož i recenzentům a SRCplus partnerům za jejich přínos této příručce. Děkujeme Anderson Group (Biobaler) a Wald21, stejně jako našim kolegům z WIP a SLU za svolení k použití obrázků.

## Partneři projektu SRCplus



**WIP Renewable Energies**, Germany (Project coordinator)

Dominik Rutz [Dominik.Rutz@wip-munich.de]

Rita Mergner [Rita.Mergner@wip-munich.de]



**Biomassehof Achenal**, Germany

Stefan Hinterreiter [s.hinterreiter@biomassehof-achenal.de]



**Community of Communes of Trièves**, France

Laurie Scrimgeour [l.scrimgeour@cdctrieves.fr]



**Centre for Renewable Energy Sources and Saving**, Greece

Ioannis Eleftheriadis (joel@cres.gr)



**Ekodoma**, Latvia

Ilze Dzene [ilze@ekodoma.lv]

Linda Drukmane [linda.drukmane@ekodoma.lv]



**Energy Institute Hrvoje Požar**, Croatia

Zeljka Fistrek [zfistrek@eihp.hr]



**Energetická Agentura Zlínského kraje**, Česká republika

Tomas Perutka [Tomas.Perutka@eazk.cz]



**Latvian State Forest Research Institute Silava**, Latvia

Dagnija Lazdina [dagnija.lazdina@silava.lv]



**Secondary School Car Samoil – Resen**, Macedonia

Gordana Toskovska [gtoskovska@gmail.com]



**Swedish University of Agricultural Sciences**, Sweden

Ioannis Dimitriou [ioannis.dimitriou@slu.se]

## Obsah

<b>Poděkování</b> .....	<b>2</b>
<b>Partneři projektu SRCplus</b> .....	<b>3</b>
<b>Předmluva</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Výběr místa</b> .....	<b>8</b>
2.1 Výběr místa .....	8
2.2 Klima .....	14
2.3 Rozvržení plantáže .....	14
2.4 Legislativa .....	17
2.5 Udržitelnost vzhledem k umístění .....	17
<b>3 Druhy stromů a klony</b> .....	<b>20</b>
3.1 Vrby .....	20
3.2 Topoly .....	23
3.3 Trnovník akát .....	24
3.4 Eukalyptus .....	25
3.5 Olše .....	26
3.6 Další druhy .....	27
<b>4 Pěstování RRD</b> .....	<b>27</b>
4.1 Příprava místa .....	27
4.2 Sadební materiál .....	30
4.3 Výsadba .....	32
4.4 Údržba plantáže .....	36
<b>5 Sklizeň RRD</b> .....	<b>39</b>
5.1 Výnosy .....	40
5.2 Sklízecí cykly .....	42
5.3 Vlastnosti sklizeného materiálu .....	43
5.4 Metody sklizně .....	43
5.5 Sušení a skladování štěpky .....	48
<b>6 Logistika a transport</b> .....	<b>52</b>
<b>7 Odstranění plantáže RRD</b> .....	<b>53</b>
<b>8 Využití produktů z RRD</b> .....	<b>54</b>
8.1 Kvalita štěpky .....	54
8.2 Možnosti využití dřevní štěpky .....	57

8.3	Spalování štěpky a pelet .....	59
<b>9</b>	<b>Vliv RRD na životní prostředí .....</b>	<b>64</b>
9.1	Fytodiverzita.....	64
9.2	Zoodiverzita.....	67
9.3	Půda .....	72
9.4	Voda .....	74
9.5	Využití popela a kalů z ČOV jako hnojiva .....	75
9.6	Agrolesnické systémy.....	76
<b>10</b>	<b>Ekonomika RRD .....</b>	<b>77</b>
10.1	Příklad 1: Vrbová plantáž v Grästorpe, Švédsko .....	77
10.2	Příklad 2: Vrbová plantáž v SIA ECOMARK, Lotyšsko .....	79
10.3	Příklad 3: Topoly v Göttingen, Německo .....	80
10.4	Příklad 4: Vrbová plantáž v Bretani, Francie.....	82
10.5	Příklad 5: Vrbová plantáž v Enköping, Švédsko .....	85
	<b>Slovník a seznam zkratk .....</b>	<b>87</b>
	<b>Latinské a běžné názvy rostlin .....</b>	<b>90</b>
	<b>Převody jednotek .....</b>	<b>92</b>
	<b>Literatura.....</b>	<b>95</b>

## **Předmluva**

Biomasa hraje mezi obnovitelnými zdroji energie (dále jen OZE) klíčovou roli. Představuje téměř 70 % evropských obnovitelných zdrojů a nadále vykazuje stabilní růst. V budoucnu se očekává, že poptávka po dřevě, jako palivu pro vytápění a přípravu elektrické energie, a jako přírodním stavebním materiálu, ještě prudce vzroste. Tento nárůst bude řízen především tržní silou a bude podporován jako cíl národní a evropské energetické politiky. Pevná biomasa z rychle rostoucích dřevin (dále jen RRD) se může významně podílet na dosažení evropských cílů pro rok 2020.

Mezi evropské země, které disponují v současné době největšími plantážemi RRD pro energetické využití, patří Švédsko, Velká Británie a Polsko. V jiných evropských zemích je produkce RRD omezená a probíhá ve velmi malém měřítku. Ale i v těchto státech existují plány a politická vůle, aby se jejich podíl v blízké budoucnosti zvýšil. Proto je třeba zavést opatření spouštějící a provázející zavádění místních dodavatelských řetězců RRD v jiných Evropských zemích. Cílem projektu SRCPlus je založení plantáží a tvorba místních dodavatelských řetězců od výroby až po využití tepla.

Projekt SRCplus propaguje udržitelnou produkci RRD v sedmi evropských zemích. Cílovými regiony projektu SRCplus jsou:

- Region Achantal (Německo)
- Východní Chorvatsko (Chorvatsko)
- Region Vidzeme (Lotyšsko)
- Rhone-Alps (Francie)
- Zlínský kraj (Česká republika)
- Kentriki-Makedonia (Řecko)
- Region Prespa (Makedonie)

Celkovým cílem projektu SRCplus je podpořit a zrychlit rozvoj místních dodavatelských řetězců RRD pomocí zavádění různých opatření na budování kapacit a regionálních opatření, které přispějí k mobilizaci klíčových aktérů v místních dodavatelských řetězcích.

Projekt SRCplus byl zahájen v březnu 2014 a bude probíhat 3 roky. Je podpořen z Programu Intelligent Energy for Europe Program of the European Union (Contract No IEE/13/574). SRCplus konzorcium zahrnuje deset projektových partnerů ze sedmi zemí Evropy. Jednotlivé akce projektu jsou koordinovány partnerem WIP Renewable Energies z Německa.

Publikace poskytuje klíčové informace důležitým cílovým skupinám, jako jsou např. zemědělci, majitelé půd, majitelé malých kogeneračních jednotek, obchodníci se štěpkou a jiné zainteresované osoby. Příručka přináší informace o rozdílné zemědělské praxi v Evropě a ukazuje, jak se mohou, především kvůli klimatickým podmínkám, způsoby pěstování lišit. Přidaná hodnota příručky se nachází především v zaměření na udržitelné dodavatelské řetězce a výhody RRD, které nejsou často klíčovými aktéry známy. Příručka byla vytvořena v angličtině a byla přeložena do jazyků jednotlivých partnerů.



# 1 Úvod

RRD jsou rychle rostoucí druhy dřevin, které jsou pěstovány za účelem vysoké produkce biomasy v krátkém časovém horizontu, jež může být využita jako palivo k energetickým účelům. Často se v literatuře označují také jako rychle rostoucí plantáže, rychle rostoucí mláží, atd.

## Blok 1: Co je mláží?

“**Mláží**” (Obrázek 1) neboli mlazina, je charakterizována regenerační schopností vybraných dřevin, která umožňuje po jejich seříznutí opakované sklizení bez potřeby založení nového porostu – dřeviny vytváří z pařezů nové výhony – výmladky/mláží.



Obrázek 1: „Tradiční mláží“ - takto byly vrby často pěstovány v minulosti (vpředu) a „moderní mláží“ – plantáž rychle rostoucích topolů (v pozadí). (Zdroj: Rutz D.)

Vytrvalé RRD jsou dřeviny jako olše, jasan, pabuk, bříza, eukalyptus, topol, vrba, akát, moruše, platan listnatý a další. V Evropě se nejčastěji používají druhy topolů a vrb, jimž se věnuje také tato příručka.

RRD jsou skvělou alternativou k jednoletým energetickým plodinám a mohou být bez problému zařazeny do stávajícího zemědělského systému. Obecně lze říci, že pěstování RRD patří ze své podstaty mezi extenzivní zemědělské praxe. Díky omezené aplikaci chemických látek při něm vzniká jen velmi malé množství skleníkových plynů, dřeviny jsou pěstovány po několik let, což vede k omezenému počtu zásahů z hlediska údržby plantáže. Použití pesticidů je zanedbatelné a ve většině případů se neprovádí. Není to způsobeno absencí onemocnění nebo hmyzích škůdců, ale z důvodu relativně nízké ekonomické hodnoty dřevin v porovnání s konvenčními zemědělskými plodinami (vzhledem k jejich energetickému využití). V porovnání s tradičními plodinami je spotřeba hnojiv malá, jejich

aplikace není běžnou praxí. RRD rostou na plantáži po řadu let a využívají recyklované živiny z opadanych listů a odumřelých kořenů. V případě, že je doporučeno hnojení dusíkem, jako je tomu např. u vrb, bývá množství použitého hnojiva v porovnání s ostatními zemědělskými plodinami výrazně nižší. Vzhledem k technickým omezením a z fyziologických důvodů (např. výška stromů) navíc nelze provádět hnojení každoročně (velká hustota plantáže nedovolí přístup potřebné zemědělské technice, běžné např. u vrb a topolů). Orba se rovněž provádí pouze jednou v průběhu životnosti plantáže, a žádná jiná úprava půdy neprobíhá, dokud není plantáž sklizena a ukončena, což je obvykle několik desítek let.

Oproti standardním plodinám má využití RRD pro energetické účely mnoho dalších výhod – RRD zlepšují kvalitu podzemní vody, zvyšují biodiverzitu, rozšiřují využití ekosystému (lov, včelařství, zásoba vody, ochrana před požáry), zmírňují přenosy nemocí zvířat mezi farmami, zabraňují erozi, snižují množství cizorodých látek v půdě (hnojiv, pesticidů) a zmírňují klimatické změny díky ukládání uhlíku. Tyto výhody je potřeba propagovat a podnítit tak trvale udržitelnou produkci štěpky z RRD, spojenou s posílením pozitivních dopadů RRD na životní prostředí. Je třeba vzít v úvahu aspekty udržitelnosti: RRD mají pozitivní vliv na okrajové plochy, zejména jako strukturální prvky v krajině mohou lemovat např. pole, silnice, elektrické vedení atd. Trvalá udržitelnost dodavatelských řetězců je jedním z cílů projektu SRCplus (Dimitriou a kol. 2014a, Dimitriou & Rutz 2014, Dimitriou & Fistrek 2014).

## 2 Výběr místa

Výběr vhodného místa je pro založení plantáže RRD z rámci úspěšné realizace nezbytný. Tato kapitola je rozdělena podle faktorů, které jsou z hlediska správného výběru lokality rozhodující – např. půdní vlastnosti, klima, dispozice plantáže a další.

### 2.1 Výběr místa

Vhodné místo k pěstování RRD by mělo splňovat několik základních podmínek. Důležitým faktorem je umístění pole, ale také stávající půdní podmínky a vodní poměry lokality, které jsou přímo spojené s výnosem a příjmy z plantáže RRD. Požadavky týkající se půdy a vody se mohou u jednotlivých druhů lišit. Proto hraje výběr správného druhu (kterému se věnuje kapitola 3) důležitou roli z hlediska specifických požadavků na lokalitu.

**Půda:** RRD obvykle nejsou z hlediska požadavků na kvalitu zemědělské půdy náročné, větší výnosy však přirozeně dosahují na kvalitních půdách. Rostou na široké škále typů zemědělských půd, jejich výtěžnost je dána úrodností pole, teplotou, dostupností vody a světla stejně, jako jiné zemědělské plodiny. Pěstování RRD na půdách s pH 5,0 - 7,5 přináší uspokojivé výsledky, ale výzkumy ukázaly, že je k dispozici i sadební materiál (vrba, topol), který toleruje pH půdy mimo tento rozsah (Caslin a kol., 2010). V sušších oblastech se budou lehké písčité půdy pravděpodobně potýkat s nedostatkem vody, a takovým lokalitám je lepší se vyhnout. To samé platí pro mělké půdy, které poskytují jen malé výnosy. Důležitým faktorem je také počáteční údržba z hlediska odstraňování plevelů, která může být na některých půdách problematická, zvláště pokud se jedná o humusové nebo rašelinné půdy. Střední až těžké jílovité hlíny s dobrou aerací a zadržováním vláhy jsou pro kultivaci RRD ideální, a to zejména pokud umožňují výsadbu s minimální hloubkou kultivace 200 - 250 mm (dovolí využití mechanizace). Je potřeba pečlivě zvážit případné pěstování RRD v zátopových nebo mokřadních oblastech (Obrázek 2 a Obrázek 3), protože zde může být výsadba a sklizeň těžkou technikou velmi náročná. Těžká technika by mohla mít na zamokřené půdy negativní dopad a způsobit jejich zhutnění. V případě, že je půda trvale zamokřená, je vhodné využívat mechanizaci v průběhu suchých období, nebo v zimě, kdy je půda zmrzlá.



**Obrázek 2: Vrby na rašelinné půdě v Bělorusku. Půda obsahuje velké množství organické hmoty. (Zdroj: Dimitriou I.)**



**Obrázek 3: Vrby na vlhkých půdách ve Švédsku. Navzdory podmínkám se RRD uchytily i zde. (Zdroj: Dimitriou I.)**

**Dostupnost vody:** Spotřeba vody je u RRD obvykle vyšší, než u běžných zemědělských plodin pěstovaných ve stejné oblasti. Z tohoto důvodu by měly být pro jejich pěstování voleny oblasti s možností snadného zavlažování (vodní plochy, čistírny odpadních vod – dále jen ČOV; Obrázek 4) či s větším ročním úhrnem srážek. Některé druhy RRD jsou dobře známé pro svou toleranci k anoxickým podmínkám (bez přístupu kyslíku), kdy je voda v půdě v nadbytku, ale i v případě výběru vhodného druhu dřeviny, je v tomto případě nutné při výběru plantáže zvážit její dostupnost pro těžkou techniku.

Spotřeba vody se liší v závislosti na vybraném druhu RRD, značné rozdíly se ale mohou objevit dokonce i mezi jednotlivými kultivary jednoho druhu. Pěstitelé sadebního materiálu by měli zemědělcům poradit s výběrem druhu RRD, vhodného do daných podmínek. Zejména během počáteční výsadby řízků, kdy ještě nejsou kořeny vyvinuté, je vláha z hlediska úspěšného založení plantáže rozhodující. Z tohoto důvodu je potřeba dobře načasovat počáteční výsadbu, protože se stává, že při výsadbě v průběhu velmi suchých období dojde k významným ztrátám.

V suchých oblastech může mít pěstování RRD velký dopad na množství podzemní vody. Především v místech, kde je omezená dostupnost vody, a kde jsou využívány druhy adaptované na teplejší klima (jako např. eukalyptus), musí být dopad na množství podzemní vody zvážen. Zvýšenou pozornost tomuto tématu je potřeba věnovat v případě, že by bylo pro zásobování RRD využito podstatné procento vody ze spádové oblasti. Takto vážný dopad na množství podzemní vody ale nebyl v Evropě zatím prokázán, v evropských podmínkách byly doposud RRD pěstovány na menších částech povodí. Vzhledem k široké škále rozdílného využití půdy, které je v evropském zemědělství běžné, se předpokládá malý dopad RRD na množství podzemní vody.

Na druhou stranu, vyšší spotřeby vody lze využít jako benefitu, např. v oblastech s intenzivní zemědělskou výrobou, kde mohou RRD sloužit jako tzv. ochranné zóny. Ty fungují jako účinný mechanismus pro zadržení nadměrného množství živin a omezení jejich úniku do přilehlých vodních útvarů a podzemních vod.

Kořeny RRD mohou růst hlouběji, než je zvykem u běžných plodin, aby zajistily dostatečné množství potřebné vody. Hlubší zakořenění vzbuzovalo u zemědělců obavy, z důvodu potenciálního poškození drenážního systému. Avšak na plantážích, kde se používá drenážní potrubí, se neočekává hlubšího zakořenění RRD, vzhledem k tomu, že je potřebná voda dostupná u povrchu. Zde zůstávají kořeny obvykle v horních 40 - 50 cm u povrchu. V případě, že je zavlažovací systém nový, bude možná pěstitel RRD raději volit jinou lokalitu, aby minimalizoval potenciální rizika. V potaz by mělo být bráno také stáří drenážního systému v porovnání s předpokládanou životností plantáže – pole se starým nebo

poničeným drenážním systémem by mohlo být pro pěstování RRD vhodné, protože nebude potřeba drenážní systém obnovovat.



**Obrázek 4:** Plantáž topolů v jižním Španělsku, která je zavlažována odpadní vodou. Navzdory suchým podmínkám rostou RRD uspokojivě i bez zavlažování. Díky zavlažování odpadní vodou lze však dosáhnout lepších výsledků. (Zdroj: Dimitriou I.)



**Obrázek 5:** Vrbová plantáž umístěná podél venkovské cesty s širokými okraji, což umožňuje lepší dosah techniky a jednodušší management. (Zdroj: Nordh N-E.)

**Přístup:** Aby bylo možné k údržbě a sklizni RRD využít techniku, měly by být plantáže dobře přístupné ze zemědělských/venkovských cest (Obrázek 5). Obecně lze říci, že lokality se sklonem větším než 10 % nejsou pro větší plantáže s automatizovaným sázením a sklizením vhodné, zvláště ve vlhkých podmínkách. Pro menší plantáže s moto-manuálním sázením a sklizením lze využít i kolmější svahy. Při sklizni, která probíhá v zimních měsících, je pak potřeba umožnit těžké technice přístup na plantáž. Vzhledem k vysoké hmotnosti nákladu sklizeného dřeva je žádoucí, aby byla plantáž co nejbližší zpevněným cestám (anebo alespoň lehce přístupná).

**Velikost:** Velikost plantáže má značný vliv na její management, stejně tak jako na dopravu a s ní spojené náklady. Obecně se náklady odvíjejí od státu a účelu plantáže, ale aby bylo pěstování ekonomicky rentabilní, měla by být její velikost alespoň 2 - 5 ha. RRD lze samozřejmě pěstovat také na menších plochách (Obrázek 6), a to v případě, že jsou v blízkosti další plantáže, aby bylo možné využít synergií (např. sklizně koordinovaně, ve stejné době, za účelem snížení nákladů). Také v případě, že se pěstitel rozhodne pro pěstování RRD pouze za účelem uspokojení vlastních energetických potřeb a zvládne většinu práce spojené s plantáží manuálně, lze samozřejmě zvolit menší velikost plantáže.



**Obrázek 6:** Malá plantáž vrb uprostřed zemědělské krajiny (asi 2 ha), v jejíž blízkosti se nachází další plantáže RRD. Díky jejich umístění je možné jejich management řešit společně. (Zdroj: Nordh N-E.)

Volba tvaru plantáže RRD může hrát důležitou roli při její údržbě a může mít dopad na její ekonomiku (jednoduchost údržby, čas potřebný pro údržbu).

Delší a obdélníková pole se při sázení a sklizni snadněji obdělávají (především pokud se při sklizni využívá přímé štěpkování), a zároveň oplocují proti savcům (například králíci, srnčí zvěř, atd.). Nicméně, v praxi se jednoleté plodiny často sází na pole pravidelného tvaru, proto jsou pro plantáže RRD často vybírány právě malá pole nestejnomyšerného tvaru – navíc u RRD není potřeba tak častá údržba, hnojení a aplikace postřiku, jako u jednoletých plodin, vstup s technikou na plantáž tedy není tak častý (JTI, 2014).

**Umístění v krajině:** Pěstování RRD má více společného s pěstováním jednoletých plodin, než s lesnictvím. Nicméně několik vizuálních vlastností RRD, jako je výška stromů (mohou dosahovat až 8 metrů po 3 – 4 letech, v závislosti na druhu a podmínkách), stejně tak jako pěstování v řádcích, dávají zemědělské krajině nové rysy. RRD vytvářejí nový vizuální 3D prvek v krajině, v porovnání s jednoletými plodinami, které nechávají krajinu obecně spíše otevřenou. Z tohoto pohledu mohou mít RRD na otevřenou krajinu negativní vliv, ale v případě že jsou plantáže dobře navrženy, mohou naopak lokálně přinést vizuální zlepšení.

Nezávisle na legislativních rámcových podmínkách pro RRD, které mohou vyžadovat svolení k pěstování RRD od vlastníků sousedních pozemků, by mělo být dobrým zvykem, vždy se domluvit se sousedy, aby se předešlo konfliktům, zvýšilo se jejich povědomí a zájem.

Dále je třeba vzít v úvahu, že by RRD neměly být vysazovány na nebo v blízkosti míst historického významu, v případě, že by měla mít výška dřevin negativní dopad. Navíc je třeba věnovat zvláštní pozornost ochraně přírody a krajiny a chráněným územím, kde musí být dodržena příslušná legislativa. Plantáže RRD umístěné pod elektrickým vedením by měly dovolovat přístup techniky ke správě el. sítě. Dokonce nejnižší plantáže RRD (například mlází) mohou dosahovat před sklizní výšky až 8 m, přičemž musí být zamezeno kontaktu s elektrickým vedením.

Pokud jsou RRD pěstovány k produkci biomasy za účelem zásobování velké elektrárny (Obrázek 9) a jsou koncentrovány v jejím blízkém okolí, přičemž je k zásobování skutečně potřeba mnoho plantáží, je nutné pečlivě zvážit případnou změnu charakteru krajiny. V tomto případě má na krajinný ráz také vliv druh zvolené dřeviny a hustota výsadby.

Nicméně, v případě produkce v menším měřítku se tyto dopady nepředpokládají – viz krátký výpočet: v případě 2 MW kontinuální výroby energie bude zapotřebí přibližně 15 - 20 tisíc tun suché dřevní biomasy. Ta může pocházet z 1,5 – 2 tisíc ha RRD (v případě výtěžnosti 10 t sušiny/ha/rok). V tomto případě by plantáže zaujímaly cca 1,5 % povrchu území o poloměru 20 km (což je ekonomicky odůvodnitelný poloměr pro hypotetického koncového uživatele). Tudíž v tomto případě nemůže být očekávaný dopad na krajinu považován za podstatný.

RRD lze hladce začlenit do stávající krajiny s minimálním rušivým efektem, pokud se v ní již vyskytují remízky a lesní plochy (krátké pohledové linie). Když jsou linie dlouhé, nebo je plantáž zakládána v rovinném terénu, měly by potenciální plantáže poskytovat propojovací bloky s přírodě blízkými (raději než geometrickými) tvary, za účelem dosažení větší harmonie s okolní krajinou. V této krajině by měly být plantáže raději velké a spojené se stávající lesní půdou (Obrázek 7), aby lahodily oku a zároveň poskytovaly environmentální benefity. Nicméně opadavý charakter plodin, který je tvořen směsí odrůd (např. různých klonů lišících se tvary a barvami), a systém sklizně, dodávají zemědělské krajině dynamické rysy (JTI 2014).



**Obrázek 7: Menší obdélníková vrbová plantáž založená v zemědělské oblasti, ale v blízkosti stávajícího lesa, umožňuje přirozený přechod mezi polem a lesem. (Zdroj: Nordh N-E.)**

Následující seznam uvádí řadu faktorů, které musí majitel plantáže zvážit, aby se vyhnul rušivému vlivu RRD v krajině a vzal v úvahu potenciální dopady na životní prostředí. Každá plantáž má svá místní specifika, kterými je třeba se zabývat podrobněji (Dimitriou a kol., 2014):

- Výsadba RRD v zemědělských oblastech v blízkosti lesních porostů dává pocit přirozené kontinuity v krajině, proto by měla mít přednost. Nicméně, je třeba se vyhnout výsadbě ve výhradně lesních oblastech, protože by se pak krajina mohla zdát „přelesněná“.
- Sklizeň různých částí plantáže v různých cyklech jejího růstu dělá krajinu více rozmanitou a vytváří dynamický ráz krajiny.
- Výsadba RRD v blízkosti významných kulturních památek může mít negativní vizuální dopad.
- Výsadba různých klonů s různým vzhledem (stavba, velikost a tvar listů, barva) zvyšuje vizuální rozmanitost. Široké mezery mezi plantážemi mohou poskytovat dostatek příležitostí k rekreaci (např. pro procházky).
- RRD jsou velmi vhodné k pěstování podél silnic s hustým provozem, protože nejsou tyto plochy často využívány. Je však třeba vzít v úvahu, že by na dané silnici neměla být snížena bezpečnost. V zatáčkách a na křižovatkách je potřeba zajistit řidičům dobrý výhled. Okraje plantáží musí být tedy v tomto případě širší (Obrázek 8, Obrázek 10, Obrázek 11).
- Vhodná je také výsadba RRD v okolí silnic s menším provozem (např. venkovské silnice), dopad plantáží na dopravu je poměrně malý, nicméně šířka okraje plantáže stále musí dovolovat snadný management (otáčení strojů při sklizni).
- Velké elektrárny na biomasu z RRD se často nachází v průmyslových zónách, kde by mohlo být zřízení plantáže řešením, jak takovéto oblasti „ozelenit“.
- Do otevřené krajiny a oblastí, kde se pěstují jednoleté zemědělské plodiny, může přinést pěstování RRD změnu.
- Obecně by měly být RRD vysazovány v oblastech s méně viditelným dopadem na krajinu (např. v blízkosti lesa, v kopcovitých oblastech, vzdálených od kulturně významných památek), a takovým způsobem, který přirozeně zapadne do okolí (např. menší plochy v lesních oblastech, větší plantáže v otevřených zemědělských oblastech, upravit je podle kopcovitosti terénu v hornatých oblastech).

**Tabulka 1: Přehled faktorů určujících výběr místa pro pěstování RRD k energetickým účelům**

Místní přírodní a geografické podmínky	Infrastrukturální a technické aspekty
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>mikroklima</b></li> <li>• <b>půda</b></li> <li>• <b>citlivost na přírodní rizika</b></li> <li>• <b>citlivost na pesticidy, nemoci a poškození zvěří</b></li> <li>• <b>problémy s biodiverzitou</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vzdálenost od zákazníka</li> <li>• dostupnost plantáže od silnice (sázení a management)</li> <li>• křížení plantáže s elektrickým vedením</li> <li>• dostupnost vhodné techniky k sázení a sklizni</li> </ul>



**Obrázek 8: Plantáž RRD v blízkosti větší silnice. Široké okraje poskytují řidičům dobrý výhled. (Zdroj: Nordh N-E.)**



**Obrázek 9: Sklizeň vysokých vrb v blízkosti zdroje - kombinované výroby elektřiny a tepla, (dále jen KVET), který zpracovává štěpku (komín zdroje v levé horní části obrázku). Cena za přepravu je díky lokálnímu odběrateli minimalizována. (Zdroj: Dimitriou I.)**



**Obrázek 10: Plantáž topolů podél silnice v Německu: viditelnost na silnici není ovlivněna. (Zdroj: Rutz D.)**



**Obrázek 11: Vrbová plantáž podél silnice ve Švédsku: viditelnost na silnici není ovlivněna. (Zdroj: Rutz D.)**

## 2.2 Klima

Vzhledem k tomu, že existuje mnoho různých druhů RRD k produkci biomasy, může být k jejich pěstování v Evropě vhodná široká škála klimatických podmínek.

V současné době jsou nejčastějšími druhy používanými v Evropě, vrba a topol, které pocházejí ze severního mírného pásma. Tyto dřeviny tolerují širokou škálu klimatických podmínek a jsou odolné vůči chladu. Pěstování v oblastech s nízkou půdní vlhkostí by pravděpodobně nepřineslo uspokojivé výsledky, měly by být tedy preferovány odrůdy či klony/kultivary s vysokou účinností využití dostupné vody.

V jižní Evropě mohou být využívány dřeviny citlivé na nízké teploty, často je ale při výběru druhu a odrůdy důležitější vlastností tolerance k suchu. Zvláštní pozornost je třeba věnovat zejména dostupnosti vody v průběhu prvního roku po výsadbě, protože řízky ještě nemají vyvinutý kořenový systém.

Kromě toho, rostlinný materiál, který bude použit pro výsadbu plantáže, by měl být testován v místních podmínkách a v případě úspěchu empiricky uveden na trh. V průběhu šlechtitelských programů bylo vyvinuto množství klonů/odrůd, které se ukázaly jako velmi vhodné v určitých zeměpisných šířkách, ale nevhodné v jiných – vykazovaly nízké výnosy nebo ztráty. Proto je vhodné použít rostlinný materiál, který poskytují místní školky, a který byl testován v praxi v dané oblasti.

## 2.3 Rozvržení plantáže

V rámci plánování umístění plantáže na určité lokalitě by mělo být kromě maximalizace výnosů zvaženo několik dalších otázek. Ty jsou spojeny s praktickými problémy při údržbě plantáže a sklizni, ale také se zvýšením pozitivního dopadu RRD na životní prostředí.

Z pohledu správy plantáže jsou ideální rovná pole, nebo pole se sklonem menším než 10 %. Nicméně, často jsou plantáže RRD zakládány na strmějších svazích, protože pomáhají snížit erozi půdy. Plantáž však musí být navržena tak, aby byl umožněn přístup strojů používaných při jejím zakládání a sklizení.

Dále je důležité, aby byla úvrať dostatečně široká, aby umožňovala otáčení sklízecí techniky (harvestor a/nebo doprovodné traktory k ukládání štěpky, pokud je potřeba). Vzhledem k tomu, že nejsou úvrať osázeny RRD, je možné v těchto místech zvýšit biodiverzitu – mohou být osázeny původními rostlinami. V případě, že bude využíváno speciální sklízecí zařízení na vrbové či topolové mláží, je potřeba, aby byla délka úvratí alespoň 6 až 7 metrů. Tato plocha by měla být zároveň dostatečně velká pro manipulaci a dlouhodobější uskladnění sklizené štěpky (Obrázek 12) nebo dřevních polen.



**Obrázek 12:** Harvestor dočasně ukládá sklizenou dřevní štěpku na široké okraje pole. Předtím, než bude štěpka dodána koncovému uživateli, proschne, a sníží svou vlhkost. (Zdroj: Dimitriou I.)



Plantáž by měla být navržena tak, aby měly její řádky maximální možnou délku a minimalizoval se tak počet nutného otáčení strojů. Ideálně by pak měla délka řádku odpovídat množství jednoho až dvou přívěsů sklizené štěpky, než se musí harvestor otočit (JTI 2014).

Zakládání nových plantáží RRD by nemělo bránit ani blokovat stávající veřejný přístup. To platí zejména v rekreačních oblastech, např. v oblastech blízko měst. Konfliktům lze předejít konzultováním celé problematiky s příslušnými skupinami a zainteresovanými stranami. Široké průchody mezi jednotlivými bloky plantáží zvýší veřejný přístup a jejich rekreační hodnotu. Takovéto koridory a široké okraje, stejně jako dlouhé řádky, zvyšují výhody s ohledem na fytodiverzitu a zoodiverzitu.

Návrh plantáže by měl do okolní krajiny zapadat co nejvíce (jak je uvedeno výše), a proto je ideální plánovat založení plantáže přiléhající či umístěné blízko lesa (např. v blízkosti remízků či lesíků). Okraje plantáže jsou důležitým krajinným prvkem, proto by měly vypadat co nejpřirozeněji - tvořit stupně a různé pestré přechody, dále mohou být vysázeny živé ploty, které musí být každoročně upravovány. Alternativou k živým plotům mohou být jednoleté plodiny.

Pro hlavní část plantáže mohou být připraveny různé návrhy, zohledňující použitý druh dřeviny a sklízecí cyklus (Tabulka 2, Obrázek 13). Typické výmladkové vrbové či topolové plantáže jsou obvykle sázeny velmi hustě, a to v množství 5 000 až 20 000 řízků na hektar. U tohoto typu plantáží se doporučuje vysazovat řízky v jedno či dvouřádkovém systému, aby byl umožněn snazší provoz mechanizace při výsadbě, hnojení a sklizení.

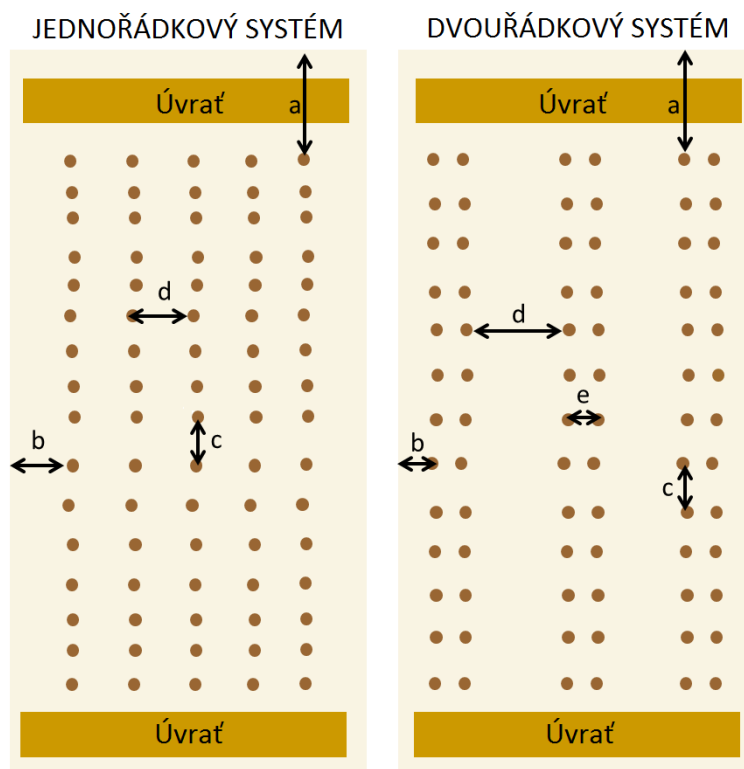
**Tabulka 2: Návrh vrbové a topolové plantáže v Německu (Zdroj: Wald 21)**

	<b>Krátké obmýetí (3-5 let)</b>	<b>Střední obmýetí (6-8 let)</b>	<b>Dlouhé obmýetí (&gt; 10 let)</b>
<b>Vrby</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13 000 řízků/ha</li> <li>• dvojitě řádkování: 2 m * 0,75 m</li> <li>• rozestup: 55 cm v řádku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• v praxi se nepoužívá</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• v praxi se nepoužívá</li> </ul>
<b>Topoly</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 300 - 11 000 řízků/ha</li> <li>• jednoduché řádkování: 2 m</li> <li>• rozestup: ~ 45 - 60 cm v řádku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 000 řízků/ha</li> <li>• jednoduché řádkování: 2 m</li> <li>• rozestup: ~ 1m v řádku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 500 - 3 333 řízků/ha</li> <li>• jednoduché řádkování: 2m</li> <li>• rozestup: ~ 1,5 – 2 m v řádku</li> </ul>

Topoly se obvykle sází v jednořádkovém systému (ale byl realizován také dvouřádkový). Vzdálenost mezi řádky by měla být 2 m a interval mezi jednotlivými řízků v řádcích by se měl pohybovat od 0,45 do 2 m, v závislosti na typu sklízecího cyklu.

Využití dvouřádkového systému umožňuje rychlejší a tím také levnější údržbu, zejména u vrbových plantáží s mnoha tenkými výhony a krátkým sklízecím cyklem. Běžně jsou při výsadbě vrbových plantáží využívány míry: 1,5 m mezi řádky a 0,75 m v rámci dvouřádků, přičemž vzdálenost jednotlivých řízků v řádku se pohybuje v intervalu od 0,5 m do 0,8 m (v závislosti na lokalitě a použitých klonech či druzích RRD).

Změna sponu může mít vliv na konečný sklizený produkt, především na jeho délku a průměr stonků. Včasná konzultace s potenciálními koncovými uživateli již ve fázi plánování je pro splnění jejich požadavků při sklizni nezbytná.



Obrázek 13: Ukázka zjednodušeného návrhu jedno a dvouřádkového systému výsadby (obrázek není v měřítku): a = délka úvratě (8 m); b = okraj plantáže, vzdálenost dřevin od okraje pole (2 m); c = vzdálenost mezi řízky v řádku (0,45 - 2 m); d = vzdálenost mezi řádky (2 m); e = vzdálenost jednotlivých řádků v dvouřádkovém systému (0,75 m). (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 14: Vrbové plantáže různého stáří, osázené odlišnými klony diverzifikují krajinu – k tomuto faktu přispívá také různá výška a barva dřevin. Sousedící pozemky jsou snadno dostupné díky širokým okrajům plantáží. (Zdroj: Nordh N-E.)

## 2.4 Legislativa

Při výběru místa pro plantáž nelze opomenout právní aspekty, které platí na různých úrovních – státní, krajské a místní. Obvykle nová plantáž nahrazuje dřívější využití půdy, a zakládá se např. na orné půdě, loukách a pastvinách, lesní půdě nebo opuštěných pozemcích.

V mnoha zemích se nedoporučuje, a legislativa dokonce zakazuje, zakládání nových plantáží RRD na lesní půdě. Pouze v několika zemích jsou plantáže RRD zařazeny mezi lesní pozemky. V některých zemích, nebo regionech, jako například v Bavorsku (Německo), je zakázáno zakládat plantáže na trvalých travních porostech (dále jen TTP). RRD jsou na stejné úrovni s jednoletými plodinami pěstovanými na orné půdě, pokud jsou za určitou dobu sklizeny (např. v Německu je to 20 let).

Vedle těchto obecných pravidel pro zavedení plantáží RRD, které se v zemích EU liší, je nutné brát zřetel na územní ochranu (např. CHKO, národní přírodní rezervace atd.). Neznamená však, že jsou RRD z takového území okamžitě a automaticky vyloučeny. Záleží především na typu ochrany území – může být rozdíl v ochraně krajiny, ochraně přírody nebo ochraně lokalit spadajících pod Natura 2000. Dále je potřeba vzít na vědomí legislativní pravidla týkající se povodí, záplavových oblastí nebo citlivých oblastí podzemních vod.

Legislativa má také vliv na výběr schválených odrůd a klonů, někdy jsou dokonce předepsány.

V některých případech je dokonce regulována vzdálenost od sousedních pozemků a je vyžadováno např. 2 m široké volné pásmo.

## 2.5 Udržitelnost vzhledem k umístění

S rostoucí poptávkou po biomase pro energetické účely a jako materiálu, se otázky týkající se udržitelnosti stávají stále důležitější. Zavedení pěstování a využívání RRD může být opatřením ke zvýšení celkové udržitelnosti, avšak pouze v případě, že jsou zváženy všechny aspekty. Podrobný popis těchto aspektů je k dispozici ve zprávě projektu SRCplus s názvem "Kritéria udržitelnosti a doporučení pro RRD" (Dimitriou & Rutz 2014).

Vzhledem k faktu, jak je udržitelnost důležitá, ve smyslu dopadu pěstování RRD na životní prostředí, klade následující popis důraz na dopady týkající se změn ve využívání krajiny. Ty se dělí na přímé (dLUC) a nepřímé (iLUC) a patří mezi nejkritičtější dopady v rámci bioenergetického řetězce hodnot založeného na pěstování plodin, vzhledem k tomu, že bude konkurence v rámci využití půdy v budoucnu stále více limitující pro jakoukoliv komoditu. S cílem vyvinout doporučení k udržitelnému pěstování RRD bylo zjištěno, že dřívější využití půdy je z hlediska pozitivního a negativního vlivu rozhodující. Rozlišujeme, zda je založení budoucí plantáže uvažováno na:

- **stávající zemědělské půdě:** různé typy zemědělských půd (orná půda), závisí na kvalitě půdy a dostupnosti vody,
- **stávajícím TTP:** je třeba rozlišovat mezi intenzivně a extenzivně obhospodařovaným travním porostem,
- **stávající lesní půdě:** v mnoha zemích by neměly být RRD pěstovány na půdě, která je klasifikována jako lesní (jak z právního hlediska, tak kvůli problémům v oblasti životního prostředí),
- **marginální půdě:** existují různé definice termínu marginální půda. Některé půdy, které jsou ekonomicky klasifikovány jako "marginální", mají vysokou ekologickou hodnotou. RRD se výborně hodí pro pěstování na strmých svazích (brání erozi), v záplavových oblastech, pod elektrickým vedením atd.,

- **chráněné půdě:** závisí na způsobu ochrany a jejích cílech.

Pro dosažení efektivního využívání zdrojů při produkci biomasy RRD je nevhodnější pěstovat RRD na vysoce úrodné zemědělské půdě, která poskytuje nejvyšší výnosy biomasy na jednotku plochy a zároveň největší zisk pro zemědělce (při správném nakládání s půdou). Jak je uvedeno výše a rozvedeno níže, pěstování RRD v těchto oblastech může mít pozitivní vliv na kvalitu vody, půdy a biodiverzitu, ve srovnání s běžnými zemědělskými plodinami, které jsou obvykle na těchto úrodných půdách pěstovány.

Vzhledem k aktuálním tržním cenám dřeva a energií jsou RRD v mnoha regionech méně konkurenceschopné ve srovnání s osevními postupy na orné půdě, a tudíž mají zemědělci často zájem o pěstování RRD především na opuštěné zemědělské půdě nebo TTP. Ale právě změna ve využívání půdy, při přechodu z TTP na plantáže RRD, může být hodnocena sporně. Evropské zemědělství totiž usiluje o ochranu a zabránění zmenšování ekosystémů zpracovávajících CO<sub>2</sub> a ekosystémů s vysokou hodnotou biologické rozmanitosti, jako jsou např. TTP. Na druhou stranu, pěstování RRD se svým managementem (minimální spotřeba pesticidů, vytrvalé plodiny) spíše blíží pěstování TTP, než pěstování běžných zemědělských plodin. Pokud se tedy jedná o následné dopady na půdu a kvalitu vody, nejsou očekávány velké rozdíly. Je potřeba analyzovat příslušná srovnání, protože změna ve využití půdy musí být pečlivě provedená a musí být zajištěn soulad s ochranou životního prostředí.

Obecně lze říci, že pěstování RRD na lesních pozemcích má spíše negativní dopad. Proto byly mnoha státy vypracovány právní předpisy, které by měly pěstování RRD na lesní půdě zabránit.

Management všechny tří typů využití území (zemědělská půda, TTP, lesní půda) může být veden různými způsoby. V závislosti na těchto postupech hospodaření, stejně jako na půdních a klimatických podmínkách, lze pojem „marginální půda“ využít pro všechny tři typy území. Proto existují různé definice pro pojem marginální půda, které se liší pohledem na ekonomické problémy, rizika, úrodnost atd.

Marginální půdou by mohla být např. středně nebo vysoce kontaminovaná půda, záplavová oblast, půda nacházející se pod elektrickým vedením, půda podél železniční tratě a oblastí náchylné k sesuvu. Tyto typy pozemků lze vnímat jako příležitost pro pěstování RRD, protože RRD mohou tyto nepříznivé podmínky eliminovat (půdy kontaminované těžkými kovy, anaerobní podmínky, méně úrodné pozemky, zaplavené plochy). Obvykle není moc dalších plodin, které snesou popsané podmínky a poskytují příjmy. V případě pěstování RRD na těchto půdách se předpokládá spíše nižší produkce biomasy a účinnosti na daném typu využití půdy, ale i přesto může být o tyto pozemky z hlediska pěstování RRD zájem, vzhledem k tomu, že RRD zde nekonkurují ostatním plodinám a poskytují několik environmentálních výhod (v případě optimálního managementu). Nicméně pro některé lokality, např. marginální půdy s vysokou biodiverzitou, by mohlo pěstování RRD znamenat určitá rizika a dopady na životní prostředí.

Všechny tři zmíněné typy využití území mohou spadat také do územní ochrany, podle různých lokální, národní a celoevropské klasifikační úrovně. V případě, že se ochrana vztahuje na určité ekosystémy, stanoviště a chráněné druhy, má pěstování RRD spíše negativní dopad. V chráněných oblastech, jejichž ochrana se týká krajiny, může mít pěstování RRD jak pozitivní, tak negativní vliv. Obecně lze říci, že musí být identifikovány specifické cíle místní ochrany a posouzen dopad pěstování RRD na splnění těchto cílů.

Přehled různých vlivů pěstování RRD na třech typech využití půdy je uvedeno v Tabulce 3.

**Tabulka 3: Vliv pěstování RRD na zemědělskou půdu, TTP a lesní půdu (Adaptováno z BUND 2010; Dimitriou & Rutz 2014)**

Kritérium	Plantáž RRD v porovnání se zemědělskou půdou	Plantáž RRD v porovnání s TTP	Plantáž RRD v porovnání s lesním ekosystémem
<b>Použití pesticidů</b>	během přípravné fáze a fáze odstraňování plantáže je stejné jako u běžného zemědělského využití území; během růstu není potřeba	během přípravné fáze a fáze odstraňování plantáže je stejné jako u běžných TTP; během růstu není potřeba	vyšší
<b>Použití hnojiv</b>	podstatně nižší než v konvenčním zemědělství	podstatně nižší než u intenzivně spravovaných TTP	vyšší
<b>Půdní eroze</b>	podstatně nižší	Během přípravné fáze a fáze odstraňování plantáže je vyšší než u TTP; Během růstu je stejná jako u TTP	mírně vyšší
<b>Biodiverzita</b>	obvykle mnohem vyšší než na intenzivně využívané zemědělské půdě; na extenzivně využívané zemědělské půdě může být jak vyšší tak nižší	závisí na intenzitě využití TTP, stejně jako na druhovém složení	závisí na typu lesa a návrhu plantáže RRD; ve srovnání s přirozenými lesy je biodiverzita u RRD spíše nižší
<b>Klima a voda</b>	vyšší odpařování, vyšší zadržování vody; větší ochrana proti větru a výkyvům teplot, snížení množství prachu a škodlivin	vyšší odpařování, větší ochrana proti větru a výkyvům teplot	spíše negativní vliv
<b>Ukládání CO<sub>2</sub></b>	podstatně vyšší	vyšší nebo rovno, závisí na postupech hospodaření	podstatně nižší, ale roční uložení je vyšší

Důležitým faktorem, který na využití půdy ovlivňuje udržitelnost, na které se hospodaří, je energetická produkce z 1 ha plantáže RRD, v porovnání s ostatními plodinami. Takto je ovlivněn také potenciál, který může přispět ke zmírnění klimatických změn. Ačkoliv se hodnoty odvíjejí od konkrétní lokality, v Tabulce 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty, a v Tabulce 5 je znázorněna energetická bilance.

**Tabulka 4: Roční energetický výstup (produkce) RRD, olejin a lesů v kWh/ha**

RRD	Kukuřice (bioplyn)	Řepka (bionafta)	Les
16 000 – 60 000	37 000 – 55 000	11 000 – 21 000	10 000 – 27 000

Tabulka 5: Energetická bilance jako vstup/výstup vybraných plodin

RRD (vrby)	RRD (topoly)	Kukuřice (celá rostlina)	Řepka (celá rostlina)	Pšenice (včetně stvolu)
1:24*	1:16 to 1:26**	1:11*	1:9*	1:11*

Zdroje: \*Börjesson &amp; Tufvesson 2011; \*\*Burger 2011

Jak bylo popsáno výše, změny ve využívání půdy jsou jen jedním aspektem při hodnocení udržitelnosti. Jak bylo již zmíněno, dopady na rozmanitost rostlinných a živočišných druhů, půdu, vodu a změnu krajiny jsou podrobněji popsány ve zprávě: "Kritéria udržitelnosti a doporučení pro pěstování RRD " (Dimitriou & Rutz 2014).

### 3 Druhy stromů a klony

V Evropě je pro energetické účely používáno několik druhů rychle rostoucích dřevin. Tato příručka se věnuje především pěstování vrb a topolů, protože se jedná o nejzajímavější druhy pro Evropu, navíc jim byla věnována většina výzkumů, a proto je dostupné velké množství výsledků. Nicméně, výsledky výzkumu a informace týkající se jiných druhů, jako je například akát a eukalyptus, ale také olše, jasan a bříza, které jsou pěstovány jako RRD, jsou v příručce také uvedeny.

#### 3.1 Vrby

Rod *Salix* (Obrázek 15, Obrázek 16) zahrnuje asi 400 druhů listnatých stromů a keřů. V přírodě se vyskytuje především na vlhkých půdách v chladných a mírných oblastech severní polokoule. Vrba je nejčastěji pěstovaným druhem RRD k produkci energie v Evropě. Je pěstována díky celé řadě vhodných vlastností, jako je rychlý růst, vysoká výtěžnost, schopnost dobrého růstu na různých půdách (v ideálním případě při pH 5 - 7,5, ale také mimo tento rozsah) a v různých podmínkách (od těžkých jílu až po lehčí půdy). Má dobrou schopnost znovuvytvářet mláží (takže není po sklizni nutná nová výsadba), její kořeny snesou vysoce anoxické podmínky (proto může být sázena i do zamokřených lokalit), snese vyšší množství živin a vyšší koncentraci těžkých kovů (může být využita i v nepříznivých podmínkách, např. k fytořemediaci). Dalším důvodem, proč je nejčastěji pěstovanou RRD pro energetické účely, je její široká genetická variabilita - mnoho rozdílných druhů nabízí různé fyziologické vlastnosti.

Programy genetického šlechtění vrb ve Švédsku a Velké Británii učinily významný pokrok ve šlechtění vrb pěstovaných jako RRD pro energetické účely. K rozšíření produkce je potřeba používat kultivary, které jsou vhodné pro širokou škálu evropských podmínek prostředí a budoucí klima, a byly vyvinuty v průběhu posledních let. Primárním cílem uvedených šlechtitelských programů bylo vytvořit odrůdy s vysokým výnosem, odolné proti škůdcům a nemocím, s rozměry usnadňujícími mechanickou sklizeň. Většina kříženců vytvořených švédským šlechtitelským programem ve Svalöf-Weibullova AB (SW) zahrnuje druhy *S. viminalis*, *S. dasyclados* a *S. schwerinii*. Původní mateční materiál byl vybrán ze švédských a evropských sbírek, a později doplněn materiálem z expedice do středního Ruska a Sibiře. V rámci britského šlechtitelského programu založeného IACR-Long Ashton (financovaného z prostředků EWBP- Evropské společenství pro šlechtění vrb), bylo zpracováno přes dvacet různých druhů vrb z Britské národní sbírky vrb. Jsou mezi nimi také jejich exotické ekvivalenty *S. viminalis* a *S. caprea*, *S. rehderiana*, *S. udensis*, *S. schwerinii*, *S. discolor* a *S. aegyptica*. Všechny nové vrbové plantáže nyní zahrnují čerstvě vyšlechtěné

variety/klony, které jsou produktivnější a mají větší odolnost vůči škůdcům a nemocím, což přináší stabilnější výnosy.



**Obrázek 15:** Listy vrby (*Salix viminalis*), která se v severní části Evropy běžně pěstuje jako RRD. (Zdroj: Aronsson P.)



**Obrázek 16:** Květy vrby časně z jara. (Zdroj: Rutz D.)

Výběr variet/klonů závisí na konkrétních potřebách pěstitele a klimatických podmínkách lokality. Zároveň záleží na dostupnosti řízků. Jejich producenti potřebují alespoň jeden rok, aby byli schopní zajistit dostatečné množství řízků od každé odrůdy. Jakmile je známo, jaká odrůda je vyžadována, mohou RRD na plantáži zkrátit a získat jednoleté výhony k produkci řízků v nadcházejícím zimním období.

V současné době je v EU k dispozici kolem 25 certifikovaných odrůd, z nichž je nyní asi deset běžně komerčně využívaných. Ročně se vyšlechtí přibližně jedna nebo dvě nové odrůdy. Seznam běžně používaných klonů, vytvořených v rámci dvou výše zmíněných šlechtitelských programů, je uveden na další stránce v Tabulce 6. Další informace o specifických vlastnostech a vhodnosti vrbových klonů by měli poskytnout konkrétní producenti.

**Tabulka 6: Seznam běžně používaných klonů vrb vytvořených Evropským společenstvím pro šlechtění vrb (European Willow Breeding Partnership) ve Velké Británii a Svalöf-Weibull AB ve Švédsku (Castlinet *al.*, 2012).**

Klon	Druh	Pohlaví	Charakteristika	Pěstitelský program
<b>Beagle</b>	<i>S. viminalis</i>	Samičí	vyšší než průměrný obsah sušiny při sklizni	EWBP
<b>Endeavour</b>	<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>	Samičí	špatně snáší slanější podmínky	EWBP
<b>Gudrun</b>	<i>S. dasyclados</i>	Samičí	náchylný ke rzi na listech, pomalý růst v prvním roce	SW
<b>Inger</b>	<i>S. triandra</i> x <i>S. viminalis</i>	Samičí	dobrá produktivita v suchých půdách, vysoký obsah sušiny, nízká výhřevnost	SW
<b>Jorr</b>	<i>S. viminalis</i>	Samčí	relativně citlivý na mráz	SW
<b>Olof</b>	<i>S. viminalis</i> x ( <i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i> )	Samčí	náchylný ke rzi, vyšší obsah vlhkosti ve štěpce	SW
<b>Resolution</b>	( <i>S. viminalis</i> x ( <i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i> )) x ( <i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i> )	Samičí	vysoké výnosy při první sklizni, dobrý růst v suchých oblastech, štěpka s nízkou objemovou hmotností a výhřevností	EWBP
<b>Sven</b>	<i>S. viminalis</i> x ( <i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i> )	Samčí	vysoké výnosy při první sklizni, rez na listech málo četná, štěpka s nízkou objemovou hmotností, ale vysokou výhřevností	SW
<b>Terra Nova</b>	( <i>S. triandra</i> x <i>S. viminalis</i> ) x <i>S. miyabeana</i>	Samičí	relativně nízké výnosy, ale dobrá produktivita v nepříznivých podmínkách (nadmořských výškách, suchých půdách)	EWBP
<b>Tora</b>	<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>	Samičí	vysoké výnosy, rez na listech málo četná, vysoké výnosy při druhé sklizni, vhodné pro téměř všechna prostředí	SW
<b>Tordis</b>	( <i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i> ) x <i>S. viminalis</i>	Samičí	vysoké výnosy, vhodný do suchých půd, rez na listech málo četná, nízká objemová hmotnost, vysoká výhřevnost, malý obsah sušiny	SW
<b>Torhild</b>	( <i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i> ) x <i>S. viminalis</i>	Samičí	relativně nízké výnosy, malý obsah sušiny	SW



### 3.2 Topoly

Topol (Obrázek 17, Obrázek 18) patří do rodu *Populus* čeledi *Salicaceae* a společně s vrbami jsou nejrozšířenějšími druhy RRD pěstovanými pro energetické využití v Evropě.

Topoly se přirozeně vyskytují v celém subtropickém, mírném a boreálním pásmu severní polokoule. Druhy rodu *Populus* jsou opadavé listnaté nebo (zřídka) napůl stálezelené stromy, rozdělené do šesti kategorií: *Abaso* (topol mexický), *Aigeiros* (topol černý), *Leucoides* (topol bažinatý), *Populus* (topol bílý a topol osika), *Tacamahaca* (topol balzámový) a *Turanga* (suchý tropický topol).



Obrázek 17: Plantáž topolů na zemědělské půdě. (Zdroj: Nordh N-E.)

Obrázek 18: Listy topolu (klon Max 3) v letním období, Německo. (Zdroj: Rutz D.)

Obvykle se kříží druhy *Populus trichocarpa*, *Populus maximowiczii*, *Populus deltoides*, *Populus tremula*, *Populus nigra*, *Populus koreana*, a *Populus tremuloides*.

Mezi hlavní klony, které se v minulosti používaly na plantážích RRD patří 'Max 1', 'Max 3', 'Max 4', 'Hybride 275', 'Muhle Larsen' a 'Androscoggin', viz Tabulka 7. Dalšími klony RRD, které byly využívány, jsou 'Rochester', 'Weser 6', 'Beaupré', 'Münden', 'Monviso', 'Pegaso' a 'AF2'.

Topoly jsou dvoudomé rostliny (tj. jednotlivé stromy jsou buď samčí, nebo samičí). Různé druhy tohoto rodu byly hojně vysazovány po celém světě, a to jak v oblastech jejich přirozeného výskytu, tak i mimo ně. Větší stromy z dospělých topolových porostů jsou v Evropě komerčně používány jako řezivo, slouží pro výrobu dýh a výrobků ze dřeva, ale i pro výrobu buničiny. V průběhu posledních let vzrostl zájem o založení plantáží topolů pro výrobu bioenergie a palivového dříví. V některých zemích severní Evropy (například ve Švédsku), střední Evropy (například v Německu, Francii, Belgii a dalších) a jižní Evropy (například v Itálii a dalších) vypěstovali sadební materiál vhodný pro pěstování na plantážích jako RRD. Na trhu je k dispozici několik odrůd (klonů) a pěstitel se musí poradit s jejich producenty, které druhy jsou vhodné jako sadební materiál na základě podmínek na dané lokalitě.

Ve srovnání s vrbami, jsou topoly pěstované v Evropě k energetickým účelům určené především pro pěstování v oblastech: i) s mírnějšími klimatickými podmínkami na rozdíl od vrb (vyšší poptávka je ve střední a jižní Evropě, ale v oblastech severní Evropy dosahují plantáže také uspokojivých výnosů); ii) na písčitých a sušších půdách v porovnání s vrbami (to je spojeno především s nižší potřebou vody u topolů, než u vrb, ačkoliv topoly mohou růst a poskytovat uspokojivé výnosy i na jílovitých půdách); iii) plantáže topolů mají obecně menší hustotu porostu než vrby (např. vzdálenost 2 - 3 metrů mezi stromy a sklizeň v delších intervalech > 10 - 15 roků), ačkoliv existují plantáže topolů vysazených stejně jako vrby, které mají stejnou hustotu a obecně i management (příklady jsou popsány v následujících kapitolách); iv) s menší rozlohou plantáží, neboť systémy pěstování topolů nejsou tak intenzivní jako vrbové RRD a nepotřebují speciální zařízení k sázení a sklizni, v případě

delších intervalů mezi sklizněmi – v těchto případech je potřeba ke sklizni lesní technika, nebo je možné ji provádět manuálně.

Navzdory těmto potenciálním rozdílům mezi dvěma dominantními druhy RRD v Evropě, existují i případy, kdy rostly vrby a topoly stejně dobře ve stejných oblastech. Je to díky velmi široké škále dostupného rostlinného materiálu těchto druhů (k dispozici jsou různé klony a odrůdy, které jsou vhodné pro konkrétní regiony/klimatické podmínky), a různě zvolené pěstební strategie zemědělců (kratší doba obmýtí ve srovnání s delším cyklem sklizně, intenzivní údržba ve srovnání s méně intenzivní správou atd.). Tyto způsoby jsou popsány dále v této příručce.

**Tabulka 7: Seznam běžně pěstovaných klonů topolů. (převzato z Sailer Baumschulen GmbH)**

Klon	Druh	Pohlaví	Charakteristika
Max 1	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	samičí	vysoká produkce štěpky
Max 3	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	samičí	
Max 4	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	samičí	
Matrix	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>		střední produkce biomasy na všech půdách; Hybrid a Matrix má vyšší přírůstky, zejména v chladnějších a vlhčích oblastech
Androscoggin	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	samčí	
Hybrid 275	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>		
Muhle Larsen	<i>P. trichocarpa</i>	samičí	střední produkce biomasy na všech půdách
Fritzi Pauley	<i>P. trichocarpa</i>	samičí	
Trichobel	<i>P. trichocarpa</i>		
Koreana	<i>P. trichocarpa</i> x <i>P. koreana</i> x <i>P. maximowiczii</i>		vysoká produkce biomasy při druhé sklizni, v Německu není schválena

### 3.3 Trnovník akát

Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* L., Obrázek 19) patří na evropském kontinentu mezi nepůvodní druhy. Do Evropy byl dovezen v průběhu 17. století z východu Spojených států. Poté došlo k jeho rychlému rozšíření po Evropě - nejprve byl vysazován jako okrasná dřevina, později byly založeny rozsáhlé plantáže k produkci dřeva, zároveň se šířil také přirozenou cestou. V dnešní době akát pokrývá velké oblasti ve střední a jihovýchodní Evropě. Tento druh je poměrně odolný vůči suchu a váže vzdušný dusík. Je proto vhodnou dřevinou pro regeneraci půdy a rekultivaci bývalých těžebních lokalit. Trnovník akát je schopný růst na půdách bez pokryvu a v extrémních podmínkách, má dobrou schopnost obnovy po sklizni, a jeho dřevo má vysokou hustotu. Z tohoto důvodu se ukázal být vhodný jako RRD pro výrobu bioenergie. Velké plochy lesních porostů akátu byly založeny ve střední

Evropě (především v Maďarsku, ale i v dalších zemích, např. v Itálii a Polsku). Zájem o pěstování akátu na zemědělské půdě ale v poslední době roste, a to zejména v oblastech, kde je cílem rekultivace půdy. Je však třeba upozornit, že je akát v některých případech považován za invazivní druh, a je tedy potřeba jeho pěstování kontrolovat.

Co se týče jeho produkce na zemědělské půdě, akát roste na široké škále půd, ve srovnání s jinými druhy RRD, vyjma velmi suchých nebo těžkých půd. Preferuje půdy s volnou půdní strukturou, zejména prachovité a písčité hlíny, a je odolný vůči nepříznivým přírodním podmínkám, jako je sucho, nízké a vysoké teploty a znečištěné ovzduší. K dobrému růstu potřebuje akát provzdušněnou půdu a dobrý vodní režim.

Množení rostliny je možné pomocí kořenových řízků, řízků z výhonů, sazenic nebo pomocí mikropropagace (množení z tkáňových kultur, např. z pupenů). Množení pomocí kořenových řízků a řízků z výhonů poskytuje garantovanou kvalitu, ale je dražší než množení z osiva. Pokud jde o sklizeň, na rozdíl od jiných rychle rostoucích dřevin, jako jsou například vrby nebo topoly, má akát trny, proto je s ním manipulace obtížnější a z tohoto důvodu je vhodnější provádět jeho štěpkování přímo na poli. Trnovník akát může ohrážet také z kořenů, takže se po třetí nebo čtvrté sklizni objevují výhony také mezi řádky (může být obtížné pro průjezd techniky, která je navržena většinou speciálně pro vrbové plantáže). Kromě toho má akát tvrdší dřevo než ostatní RRD, a proto musí být harvestory pro sklizeň odolnější a silnější než ty, které se používají běžně.

Ačkoliv pěstování trnovníku poskytuje řádu výhod, jako je vázání dusíku, lepší kvalitu dřeva s vyšší hustotou a vyšší výhřevností v porovnání s topoly a vrbami, je údržba plantáží problematická. Na trnovníkových plantážích jsou jednoleté semenáčky vysazovány na husto (cca 10,000 semenáčků), ve srovnání s levnějšími vrbovými a topolovými řízků. Jak je popsáno výše, sklizeň může být problematická, výnosy mohou být stejně vysoké jako u vrb nebo topolů, ale značně závisí na managementu a umístění plantáže. Mráz a polámané výhony a větve od větru mohou ohrozit výnosy, a to zejména v počátečních fázích růstu.



Obrázek 19: Akát pěstovaný pro energetické účely, Maďarsko. (Zdroj: Simon L.)

### 3.4 Eukalyptus

Eukalyptus, známý také jako blahovičnick (Obrázek 20, Obrázek 21), je rod RRD pocházející z Austrálie, který se používal již před mnoha lety v jižní Evropě pro výrobu buničiny a papíru. V posledních letech se objevuje zájem o využití dřevní biomasy z eukalyptu nejen v jižní Evropě, ale i ve vyšších zeměpisných šířkách (například ve Velké Británii a Irsku). Rod Eukalyptus zahrnuje více než 700 druhů a mezi nejčastější druhy používané k produkci

biomasy na velkých plantážích jižní Evropy patří *E. globulus* a *E. camaldulensis*, na severu Evropy jsou to *E. gunnii* a *E. nitens*, které více tolerují chladnější klima.

Eukalyptová plantáž se tradičně vysazuje v systému: jeden kmen do sponu 3 x 3 m (nebo podobně), a pro výrobu buničiny se sklízí po 7 - 12 letech. V závislosti na poptávce na trhu se využívá také k energetickým účelům. Díky testování a zavedení intenzivnějších výrobních systémů v poslední době roste také zájem o pěstování eukalyptu pro výrobu bioenergie. Systémy pěstování eukalyptů se podobají systémům pěstování vrb pro energetické účely s velmi krátkým obmětím (od dvou do čtyř let) a způsobem údržby plantáží blízcím se spíše zemědělství než lesnictví.

Na rozdíl od ostatních částí světa (např. Brazílie, Austrálie), kde se eukalypty pěstují ve větším měřítku, je v Evropě většina z těchto zemědělských systémů pěstování zatím ve fázi testování. Vysazují se obvykle sazenice s kořeny, které jsou zpravidla výsledkem hybridizace druhů vybraných jako vhodné pro klima, do kterého jsou vysazovány. Hnojení, především dusíkem, je předpokladem pro dosažení vysokých výnosů, ale i přes vysoké výnosy, kterých lze dosáhnout v různých klimatických podmínkách Evropy, je eukalyptus z hlediska ochrany životního prostředí kontroverzním druhem. Obavy se týkají zpravidla negativních dopadů na kvalitu půdy, hladinu podzemní vody, biodiverzitu a lesní požáry. Tyto obavy místních zúčastněných stran by měly být brány v úvahu při návrhu eukalyptové plantáže RRD. Ve většině případů výsledky výzkumu ukázaly, že jsou obavy přehnané, a že jsou dopady na životní prostředí podobné jakémukoliv jinému intenzivnímu zemědělskému hospodaření.



Obrázek 20: Plantáž eukalyptu k energetickým účelům po šesti letech růstu, Nový Zéland. (Zdroj: Dimitriou I.)



Obrázek 21: Plantáž eukalyptu s delším obmětím, Argentina. (Zdroj: Rutz D.)

### 3.5 Olše

Olše (Obrázek 22) patří do rodu *Alnus* a čeledi *Betulaceae* (břízovité). Rod zahrnuje asi 30 druhů jednodomých stromů a keřů. Jsou rozšířené po celém severním mírném pásmu, některé druhy se vyskytují i na území Střední Ameriky a severních And.

Zkušenosti s pěstováním olše, jako rychle rostoucí dřeviny, jsou stále (právě bylo založeno několik pokusných plantáží). Dřevina potřebuje hodně světla, živin a vody, toleruje dočasné zamokření. Olše šedá (*Alnus incana*) roste až do nadmořské výšky 1 500 m. n. m. a preferuje vápencové půdy a mírné studené klima. Olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) preferuje vlhká místa s dobrou dostupností vody a mírné klima.



Obrázek 22: Plantáž olší s ochranným plotem proti zvěři, Německo (vlevo) a listy olše (vpravo). (Zdroj: Rutz D.)

### 3.6 Další druhy

Existuje velké množství jiných dřevin, které byly v Evropě navrhovány pro pěstování k energetickým účelům, jako je například Akácie modrolistá (*Acacia saligna*), Jilm (*Ulmus sp.*), Platan (*Platanus sp.*), Javor (*Acer sp.*), Líska obecná (*Corylus avellana*), Paulownia (*Paulownia sp.*), a další. Některé z nich jsou exotické a/nebo invazivní druhy, nebyly důkladně testovány, a z hlediska jejich invazivnosti panují stále obavy, zatímco jiné se zdají být přizpůsobeny lépe odlišným klimatickým podmínkám.

#### Blok 2: Proč bychom měli pěstovat jiné druhy?

Obecně platí, že pro zemědělce není příliš obtížné nebo riskantní sbírat zkušenosti a vyzkoušet jiné druhy RRD, než je vrba a topol. Dokonce se doporučuje osadit těmito druhy malou část plantáže. Dojde tím ke zvýšení diverzity a také akceptovatelnosti veřejnosti. Biomasa pak může být sklizena ve stejnou dobu a stejným zařízením, které je používáno pro sklizeň hlavní plantáže. Nicméně je velmi pravděpodobné, že z této části plantáže budou výnosy nižší, než z hlavní plantáže.

## 4 Pěstování RRD

Tato kapitola se věnuje různým způsobům pěstování RRD, spojeným se založením plantáže (příprava místa, sázení) a problémům s pěstováním až po sklizeň (zaměřuje se na topol a vrbu).

### 4.1 Příprava místa

Pro pěstování RRD na zemědělské půdě je ještě před výsadbou potřeba velmi dobrá počáteční příprava půdy, stejně jako u běžných zemědělských plodin. Odplevelení je jedním z nejdůležitějších faktorů pro úspěch, pokud jde o výnosy plantáže v průběhu celé doby její životnosti, z tohoto důvodu se provádí několik kroků, jejichž cílem je zabránit růstu plevelů (Obrázek 23).



**Obrázek 23:** Rostlinky vrby (v červeném kruhu) obklopené pleveli na plantáži, kde bylo zanedbáno odplevelování. Přesto, že vrby v průběhu příštích let plevelů vytlačí, bude produkce nižší, než se očekávalo. Proto je odplevelování vysoce důležité a pravidla, která se ho týkají, by měla být dodržována. (Zdroj: Dimitriou I.)

Množství a intenzita růstu plevelů závisí na dřívějším využití půdy a množství semen v ní obsažených. Zejména u půdy, která byla delší dobu neobdělávaná, je riziko přítomnosti velkého množství semen plevelů v půdě poměrně vysoké (Gustafsson a kol., 2007). Příprava pozemku rok před výsadbou je pro odstranění vytrvalých plevelů velmi důležitá.

Obecně nejjednodušším způsobem regulace plevelů je použití herbicidů, nebo lze provádět také mechanické odstranění, ale to může být riskantní a náročný způsob. Hubení plevelů je obvykle nutné pouze v prvním roce založení plantáže. S ohledem na délku pěstování RRD (obvykle delší než 20 let), je počáteční dopad na životní prostředí při použití herbicidů v prvním roce poměrně malý.

**Blok 3: Minimalizace využití chemických látek je důležitým faktorem ke zvýšení pozitivního vnímání veřejnosti**

Potřeba aplikace chemických látek (herbicidů, pesticidů) závisí na různých faktorech. Hlavním faktorem je velikost plantáže - ruční plení velkých plantáží je velmi náročné.

Nicméně aplikaci chemických látek by se měl pěstitel vyhnout buď úplně, nebo ji alespoň minimalizovat, pokud je to možné.

Pole může být na dobu jednoho roku vyňato z produkce, přičemž v létě může být provedeno odstranění vytrvalých plevelů glyfosátem. Pokud jsou na orné půdě, plánované pro využití RRD, pěstovány v průběhu roku před výsadbou jiné plodiny, může být odplevelení provedeno po sklizni, také pomocí glyfosátu. V případě nadměrného růstu plevelů by měla být zvážena možnost odstranění vegetace, aby bylo usnadněno efektivní hubení plevelů a

aktivní příjem herbicidu. V případě problémů s hmyzími škůdci je možné ve fázi před orbou aplikovat organofosátové pesticidy. V případě, že je v pozdním létě na poli stále mnoho vytrvalých plevelů, měl by být proveden další postřik glyfosátem, co nejpozději před výsadbou, jak je to jen možné. Aby byl postřik účinný, je potřeba aby měly plevelů alespoň 3-4 listy. Při aplikaci tohoto pozdního postřiku je důležité, aby nebyla půda před postřikem obdělána (Gustafsson a kol., 2007).

V případě ekologického zemědělství není aplikace herbicidů tolerována. Obvykle je nutné odstranit plevely manuálně, nebo s použitím lehké techniky. Velikost plantáže hraje při mechanickém odstraňování plevelů důležitou roli, na velkých pozemcích může být využití mechanizace obtížné. V minulosti byly v rámci eliminace plevelů testovány také černé (mulčovací) fólie, které zakrývají půdu a brání klíčení plevelů.

V případě, že se očekává tuhá zima, nebo jde o ztuhlou půdu, musí být na podzim pole zoráno. V případě, že v lokalitě problém se ztuhnutím půdy není, může být orba provedena před výsadbou časně z jara. Po aplikaci herbicidů je potřeba vyčkat 10 dní, než může být pole zoráno. Jedná-li se o těžkou jílovitou půdu, je doporučována mělká orba, jejíž hloubka by měla být po vláčení 6 - 10 cm. U ostatních typů půd je pro snadnější výsadbu nutná orba do hloubky minimálně 20 - 25 cm, a to zejména v případě, že jsou výsadbovým materiálem řízky. Z pole by měly být odstraněny velké kameny, které mohou mechanicky poškodit sázecí a sklízecí stroje.



**Obrázek 24: Nově vysázená plantáž vrb na odpleveleném poli. (Zdroj: Aronsson P.)**

Nově založené plantáže mohou být poškozeny zvěří (Obrázek 26) a to např. králíky, zajíci, srnčí zvěří nebo hlodavci, nicméně výstavbu oplocení nejde z hlediska vysokých nákladů doporučit. Lze ji zvážit v oblastech vysokého rizika tohoto poškození a v případě, že je možné využít dotace, které pokryjí alespoň část nákladů. Oplocení by však mělo být dočasné, a pouze v průběhu prvních let, kdy jsou RRD citlivější. V lokalitách, kde hrozí

poškození plantáže zvěří (např. velkými savci jako je srnčí zvěř; nebo krtky), lze použít pachové odpuzovače (Obrázek 25). To však zvyšuje počáteční náklady a opatření je možné provádět pouze v případě jednořádkových plantáží v oblastech s vysokým rizikem zmíněných škodných událostí (Caslin a kol., 2012).



**Obrázek 25:** Umístění odpuzovače srnčí zvěře, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



**Obrázek 26:** Topol poškozený srnčí zvěří, Německo. Poškozeny jsou často okrajové části plantáže. (Zdroj: Rutz D.)

## 4.2 Sadební materiál

Výběr sadebního materiálu se odvíjí od vybraného druhu RRD a sadebního plánu. Výběr určitého druhu RRD závisí na několika faktorech, které jsou spojeny se specifickými podmínkami plantáže, vhodností druhu, ale také s dostupností kvalitního garantovaného sadebního materiálu, především pokud je ho potřeba velké množství. V případě RRD pěstovaných k produkci biomasy pro energetické účely je převládajícím typem pěstování v hustých plantážích výmladkovým způsobem (po sklizni RRD znovu obrazí bez nutnosti opětovného vysazování) – nejběžnější je vysazování řízků (Obrázek 27, Obrázek 28), kde jsou náklady podstatně nižší, ve srovnání s výsadbou sazenic. Méně často jsou RRD k energetickým účelům vysazovány jako jednořádkové, s nižší hustotou porostu – v tomto případě se často využívají sazenice.





**Obrázek 27:** Pro výsadbu se často používají řízky dlouhé 25 cm. Na obrázku je klon topolu Max3. (Zdroj: Rutz D.)



**Obrázek 28:** Vrbový řízek s délkou 20 cm používaný pro výsadbu vrbových plantáží RRD (jeho velikost v porovnání s běžnou tužkou). (Zdroj: Aronsson P.)

Výsadbovým materiálem vrb a topolů jsou jednoleté pruty, které se nařezou na cca 25 cm dlouhé řízky. Materiál pro řízkování se obvykle sklízí v zimě, kdy jsou pupeny v plné dormanci (spící, nečinné). Až do výsadby jsou uskladněny při teplotě  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , než jsou několik dní předem dodány v boxech na pole. Je důležité, aby byly boxy na poli skladovány ve stínu a chladu (Gustafsson a kol., 2007). Jak bylo již zmíněno, komerčně dostupný rostlinný materiál se skládá z vylepšených klonů/odrůd, a mnoho z těchto vyšlechtěných odrůd je chráněno evropskou ochrannou známkou. To znamená, že je obvykle nezákonné produkovat reprodukční materiál bez povolení. Proto jsou řízky vyráběny specializovanými pěstiteli ve školkách na základě smluv a licencí od mateřských společností, které dodávají rostlinný materiál jako jednoleté pruty nebo řízky, jež se využívají k mechanické výsadbě. To se týká jak vrb, tak topolů. Zemědělci nebo projektanti by se měli proto obrátit na licencované společnosti vyrábějící a dodávající rostlinný materiál (Obrázek 29) s dostatečným předstihem před výsadbou. Ve většině případů poskytují tyto společnosti záruku na minimální produkci dané odrůdy.

Úspěšná produkce závisí na dobré kvalitě řízků. Z tohoto důvodu by měly být řízky připravovány z jednoletých výhonů, které mají odstraněnou vrchní nezralou část. Při sázení by měly mít řízky délku minimálně 15 cm a minimální průměr 0,8 cm, aby byla zajištěna rezerva karbohydrátů vyživujících řízek, než dojde k uchycení rostliny. Další charakteristikou kvalitního sadebního materiálu je dostatečná lignifikace řízků (zdřevnatění), aby se předešlo deformování řízků při vkládání do půdy, dále by měl být povrch řízků bez odbarvených skvrn nebo vrásnění, což ukazuje na dehydrataci a tedy špatné skladovací podmínky, které mohou vést k horšímu růstu.



**Obrázek 29:** Jednoleté pruty, které budou použity k výsadbě plantáže RRD. Pruty dodala soukromá Švédská společnost vyrábějící sadební materiál. Jeho kvalita je důležitá pro správný vývoj plantáže RRD a měla by být garantována a poskytována autorizovanou firmou. (Zdroj: Dimitriou I.)

Sazenice využívané pro jednořádkové plantáže různých druhů musí být dodány autorizovanými prodejci nebo školkami, které by měly také poskytnout veškeré informace o specifických charakteristikách různých druhů nebo odrůd. Tyto informace jsou velmi důležité, neboť v případě výběru nevhodného sadebního materiálu a nutnosti nahrazení jiným druhem budou pěstitele stát čas a další peníze. V případě, že si pěstitel vybere určitý druh RRD je doporučováno vyzkoušet sadební materiál několika různých odrůd, což umožní diverzifikaci z hlediska citlivosti na různé škůdce a choroby a sníží obecné riziko neúspěchu při budoucím založení plantáže.

### 4.3 Výsadba

Existují různé způsoby výsadby, které mohou být upraveny v závislosti na zvoleném druhu dřeviny, dostupné sázecí technice, mzdových nákladech, plánech sklizně atd. Všechny tyto faktory budou analyzovány dále v této kapitole. Je třeba poznamenat, že je kapitola zaměřena na výsadbu řízků a pěstování ve výmladkových plantážích, vzhledem k tomu, že je tento způsob nejpoužívanější. V případě výsadby sazenic se sázecí postupy podobají lesní praxi, a proto zde nejsou detailně rozebírány.

Je důležité pečlivě naplánovat proces výsadby, aby byla následná údržba a sklizeň prováděna racionálně a bylo dosaženo co nejefektivnějšího využití prostoru na plantáži. Výsadba v řádcích je nejvhodnější metodou výsadby RRD, přičemž řádky by měly být co nejdelší, a v ideálním případě by na konci měla být přístupová cesta. Na konci řádku musí zůstat prostor o velikosti 8 - 10 metrů pro otáčení techniky, tzv. úvrať (v případě, že jsou tam hluboké příkopy, je potřeba 10 m, jinak stačí 8 m). Na zbylých okrajích by měly být ponechány 2 až 3 metrové okrajové zóny bez RRD.

**Sázení se obvykle provádí na jaře**, v severní Evropě v dubnu až květnu, v jižní Evropě o něco dříve (podmínky umožňují dřívější přípravu půdy). Sázení řízků je možné i v pozdějším období (květen nebo červen), vzhledem k tomu, že se sadební materiál uchovává při nízké teplotě. Dřívější sázení však poskytuje možnost prodloužení pěstební sezóny - ačkoliv řízky zakoření až v případě, že mají dostatečné množství vody a pokud je půda dost teplá. Klíčovým faktorem úspěchu je dostupnost vody, protože příliš dlouhá suchá období zabraňují rozvoji kořenového systému a řízky usychají. Souhrnně lze říci, že je dostatek vody

důležitějším faktorem, než dřívější nebo pozdější sázení v jarním období. Průběh počasí na jaře a jeho předpověď jsou velmi důležité pro správné načasování doby výsadby.

V některých případech se v praxi v průběhu prvního roku využívá tzv. seřezávání nových výhonů. Tato technika se u jednoletých řízků (především vrb) používá pro podporu růstu, zvýšení počtu výhonů, a k lepšímu zakořenění v průběhu druhého roku. Využití tohoto opatření však neprokázalo vyšší produkci biomasy v průběhu životnosti plantáže, a proto nemůže být doporučeno jako povinný pěstební postup. V případě, že se pěstitel pro tento postup rozhodne, může seříznutí provést pomocí sekačky, sekacího nože nebo určitým typem kosy. Přidaná hodnota seřezávání plantáže po prvním roce růstu je však stále diskutabilní.

Byl proveden důkladný výzkum týkající se ideální hustoty a návrhu plantáží. Konečné rozhodnutí zemědělce by mělo být spojeno s druhem vybrané dřeviny a dostupnou mechanizací ke sklizni. Pokud je plánováno provádět sklizeň speciálně navrženými stroji pro RRD, dává se přednost dvouřádkovému systému výsadby (viz Kapitola 2.3). Mechanizaci musí být umožněn vjezd na plantáž po 3 – 4 letech růstu, aniž by stroj dřeviny poškodil. Proto je doporučována vzdálenost 1,5 mezi řádky a 0,75 m v rámci dvouřádků a vzdálenost řízků v řádcích mezi 0,5 a 0,8 m (v závislosti na umístění plantáže a použitých druhů/klonech). Tento systém vyžaduje 5 000 - 20 000 řízků na hektar, v závislosti na druhu. Obvykle jsou vrby sázeny hustěji než topoly.

Výsadba může být provedena různými způsoby. Jedním z nich je využití speciálních mechanických sázecích strojů, které jako sadební materiál využívají jednoleté pruty (Obrázek 30). Stroje automaticky řežou z prutů řízků a sázejí je současně do dvouřádků (mohou sázet současně dva nebo tři dvouřádky). Rychlost sázení se pohybuje kolem jednoho hektaru za hodinu. Další možností je využití stroje, který sází pouze předem připravené řízků (Obrázek 31).



**Obrázek 30: Sázeční stroj pro výsadbu vrb. Ty jsou vysazovány do tří dvouřádků, přičemž stroj obsluhují 4 osoby a řidič. (Zdroj: Nordh N-E.)**



Obrázek 31: Sázecí stroj pro automatické vysazování topolů. (Zdroj: Wald 21)



Obrázek 32: Manuálně sázená jednořádková topolová plantáž s 50 cm řízků. (Zdroj: Dimitriou I.)

**Manuální sázení** přichází na řadu v případě, že není k dispozici mechanizace, anebo se nachází tak daleko, že by nebyl její dovoz finančně efektivní (Obrázek 32, Obrázek 33, Obrázek 34). Ruční výsadba se volí také, pokud jsou mzdové náklady nižší, než pronájem zařízení, anebo se jedná o nevelké pozemky (obvykle do 1 ha). V tomto případě je důležité, aby byly řádky rovnoběžné, a byla dodržena stejná vzdálenost mezi rostlinami v řádcích, aby se zabránilo jejich vzájemnému konkurování. V praxi se k zajištění správné vzdálenosti používají „vodící linky“.



**Obrázek 33:** Zatláčení řízku do země: pupen musí vždy směřovat vzhůru! (Zdroj: Rutz D.)



**Obrázek 34:** Při zatláčení řízků do země si můžeme pomoci nohou, pokud je půda příliš pevná. (Zdroj: Rutz D.)

Aby bylo dosaženo vyšší produkce, byly pro pěstování vrb a topolů testovány i jiné sázeční systémy, nahrazující dominantní dvouřádkový systém. Jedním z nich je horizontální metoda výsadby (Obrázek 35) vrbových prýtů. Místo sázení řízků vertikálně, se do půdy pokládají celé kořeny nebo řízky horizontálně. Tento způsob výsadby je hodně využíván za účelem stabilizace svahů, při obnovách pozemků a jako ochrana říčních břehů. Výsledky testování ukázaly, že může být produkce biomasy při tomto typu sázení srovnatelně vysoká s dvouřádkovým systémem, ale následná údržba (sklizeň) může být náročnější. Navíc v případě, že je zapotřebí zaplatit licenční poplatek, může být tento způsob sázení dražší, protože je spotřeba rostlinného materiálu větší, než při výsadbě řízků v dvouřádkovém systému.

**Po výsadbě** může být povrch uválcován, aby se zpevnil a vytvořily se nejlepší možné podmínky pro aplikaci případných reziduálních herbicidů. Nicméně nutnost jejich aplikace závisí na půdních podmínkách a množství plevelů. V případě, že se k sázení používají sázeční stroje, je půda automaticky paralelně válcována.



Obrázek 35: Horizontálně položený vrbový prýt, který musí být ještě zasypan zeminou. (Zdroj: Rutz D.)

#### 4.4 Údržba plantáže

V této části příručky jsou v chronologickém pořadí popsány různé způsoby údržby plantáže RRD, které se týkají především pěstování topolů a vrb na výmladkových plantážích (u RRD pěstovaných pro produkci polen nebo kulatiny je management obdobný jako u běžných lesních dřevin).

**Odplevelování po výsadbě:** Jak bylo již zmíněno dříve, odstraňování plevelů je nesmírně důležité především v průběhu zakládání plantáže. Tato opatření zahrnují odplevelování před výsadbou, ale také v průběhu první fáze růstu v prvním roce od založení plantáže. Plevel konkuruje mladým rostlinkám v přístupu ke světlu, k vodě a živinám. Proto budou RRD rostoucí na zaplevelené plantáži slabší a budou růst pomaleji. Jednou z možností je aplikace vhodného herbicidu, který zabraňuje klíčení semen plevelů. Aplikace by měla proběhnout co nejdříve po zasazení, ještě předtím, než začnou řízky tvořit kořeny (Gustafsson a kol., 2007). V případě menších plantáží je možné odstraňovat plevel manuálně, viz Kapitola 4.1.

Později v sezóně, jakmile účinek herbicidu vyprchá, je třeba plantáž pravidelně kontrolovat, aby bylo možné včas rozhodnout o dalším odplevelení. Během tohoto období mohou být nutné další mechanické zásahy (Obrázek 36), aby se udrželo množství plevelů na únosné hranici. Pokud se provádí odplevelování pomocí kultivátoru, je doporučeno ho opakovat celkem třikrát během sezóny. V případě použití metody vláčení bude pravděpodobně nutné opakovat opatření vícekrát (např. 6 - 8 krát v závislosti na lokalitě). Kterou metodu nebo náčiní pěstitel zvolí, není tak důležité. Zásadní je však zahájit kroky k odstranění plevelů, když se na plantáži objeví. Načasování při odstraňování plevelů je nanejvýš důležité pro potenciální úspěch plantáže. Při pěstování vrb platí obecné pravidlo, že je potřeba provést mechanické odstranění plevelů, pokud jsou dva až tři druhy plevelů vyšší než cca 8 cm. Pokud je odstranění plevelů provedeno podle doporučení, nebude v průběhu dalších let třeba žádná další likvidace plevelů, protože stromy po druhém roce růstu plevel zastíní.

**Opatření proti škůdcům:** V případě problémů se škůdci na určité lokalitě může být aplikován insekticid, a to současně s herbicidem (hmyz bude ještě v larvální fázi a proto bude snadnější mu čelit). Přednost se dává velkoobjemovým aplikacím (raději než koncentrovaným nízkoobjemovým), protože ty umožňují herbicidům dobře pokrýt povrch a insekticidům zase dostatečně proniknout. Vždy je však třeba použití chemikálií zvážit a v případě, že je to možné, se jim úplně vyhnout. Obvykle není aplikace insekticidu nutná.



**Obrázek 36: Jednoletá plantáž vrb, na které dominuje plevel. Pole může být ošetřeno pouze mechanicky, protože na vrbách již začaly rašit listy (z obrázku není patrné). (Zdroj: Dimitriou I.)**

**Seřezávání po prvním roce:** Jak bylo již zmíněno, toto opatření se provádí v průběhu zimního období (po opadání listů) u jednoletých rostlin, za účelem podpory růstu, zvýšení počtu výhonů a lepšího zakořenění v průběhu druhého roku. V průběhu první sezóny vyraší na řízcích jeden až tři výhonky (v závislosti na klonu) s maximální výškou 2 - 3 m. Seřiznutí by mělo být provedeno co nejbližší u země, pomocí speciální vratné sekačky, která by měla provádět čistý řez. Jiné typy sekaček mohou způsobit nadměrné poškození.

I přesto, že bylo seřezávání praktikováno už od počátku, kdy se teprve začaly vyvíjet systémy na pěstování RRD (90. léta 20. století), je tato technika stále velmi kontroverzní. A ačkoliv je pomocí tohoto opatření dosaženo většího množství prýtů a lepšího vyvinutí kořenového systému, nebyla zatím prokázána vyšší produkce biomasy. Z tohoto důvodu nemůže být seřezávání jednoletých rostlin doporučeno jako povinný postup. Nicméně pokud je po zasazení řízků potřeba další aplikace herbicidů (např. v oblastech, kde se očekává hojný růst plevelů), dává seřiznutí rostlinek možnost aplikaci herbicidů.

Někteří pěstitelé doporučují na topolových plantážích seřiznutí všech výhonů, až na ten největší (Obrázek 37). Tento postup by měl podpořit rozvoj a růst jediného kmene. Nicméně, zkušenosti ukázaly, že při tomto opatření je úsilí příliš vysoké ve srovnání se zanedbatelnými přínosy.



**Obrázek 37:** Na snímku je vidět hlavní jednoletý výhon topolu a zbytek po sekundárním výhonu, který byl odříznut pro zlepšení růstu primárního (hlavního) výhonu, Německo. (Zdroj: Rutz D.)

**Hnojení:** Stejně jako ostatní zemědělské plodiny pěstované na zemědělské půdě, pěstované za účelem co největší produkce, potřebují RRD dodat živiny, které jsou odebírány při sklizni.

V případě RRD, které patří mezi vytrvalé rostliny, a doplňují živiny v rámci plantáže pomocí tlení opadaných listů, ale také z odumřelých kořenů a kořínků, je potřeba případné hnojení zvážit a posoudit i z hlediska množství živin v půdě ještě před založením plantáže. Co se týče množství a frekvence hnojení plantáže byl proveden rozsáhlý výzkum, zaměřený na hlavní druhy RRD (vrby a topoly), při kterém bylo zjištěno, že není možné stanovit konkrétní doporučení, protože je ve většině případů nutnost hnojení pro různá místa specifická.

Aplikace hnojiv není během prvního roku doporučena, protože rostlinky nemají ještě v této době vyvinutý kořenový systém a tím pádem by nebyl příjem hnojiva rostlinou efektivní, naopak by byl hnojivem podpořen růst plevelů. O aplikaci hnojiva je možné uvažovat až v době, kdy je plantáž stabilizovaná. Některé experimenty ukázaly, že na středních až úrodných půdách, nemá hnojení žádný pozitivní vliv na růst, a to zejména v počátečních fázích. Na lokalitách přirozeně chudých na živiny, ale může být časná aplikace hnojiv k udržení produktivity potřeba. Obvykle se jedná o dusík, který může být potřeba dodat v počátečních fázích (může být použito anorganické dusíkaté hnojivo), vzhledem k tomu, že jsou půdy obvykle dobře zásobeny fosforem a draslíkem (Aronsson a kol., 2014).

K hnojení může být také použit kal z místních ČOV (tato možnost bude rozvedena v příručce později), ten by ale měl být navíc doplněn o další dusík. Potřeba dusíku se mění v závislosti na stáří plantáže a vývoji prýtů. Na starších plantážích bude dusík uvolňován z vrstvy opadaných listů, což znamená nižší potřebu hnojiva. V zásadě se jedná o množství dusíku, které je obsažen v prýtech odstraněných při sklizni, a musí být nahrazen hnojením.



Množství odebraných živin se u sklizených vrb liší, pohybuje se ale mezi 150 - 400 kg dusíku/ha, 180 - 250 kg draslíku/ha a 24 - 40 kg fosforu/ha za tříleté obmýtlí, založené na produkci přibližně 8 t sušiny/ha/rok (Švédsko). Pro srovnání, intenzivně obhospodařovaná tráva by v průběhu tří let vyžadovala okolo 900 kg dusíku/ha, což dokládá nízké požadavky na množství dusíku v porovnání s jinými plodinami. Do výpočtu množství dusíku, který by byl potřebný ke hnojení, by měla být zahrnuta účinnost jeho využití, protože značný díl živin využije půdní mikroflóra, část odejde do atmosféry, kořenů a listů (ačkoliv kořeny a listy budou později rozloženy a znovu využity).

Obvykle není nutné na plantáži fosfor a draslík doplňovat. Ke zvýšení fosforu v půdě je potřeba několikaletých opakovaných aplikací, přičemž u RRD, které mají na fosfor nízké požadavky, nejsou takové aplikace odůvodnitelné. Draslík je v půdě relativně stabilní, a proto není pro rostlinu jednoduše dostupný. Vracení popela zpět na plantáž (více informací bude uvedeno dále v příručce) může vyrovnat většinu sklizní odebraného draslíku.

Podle hrubého odhadu týkajícího se doporučení pro hnojení vrb, který bere v úvahu veškeré výše zmíněné parametry, potenciální analýzy půdy a očekávané výnosy, by neměla aplikace hnojiv přesáhnout ekvivalent 120 – 150 kg dusíku, 15 - 40 kg fosforu a 40 kg draslíku ha/rok - spíše je doporučeno držet se nižších hodnot (Gustafsson a kol., 2007). Podobné postupy výpočtu by měly být použity i u ostatních druhů RRD. Potenciální pěstitel RRD by měl vzít v úvahu, že hnojivo je technicky možné aplikovat v průběhu prvního a eventuálně druhého roku růstu, nikoliv však ve třetím či čtvrtém roce, kvůli výšce dřevin, která nedovoluje vjezd mechanizace na pozemek bez vysokého rizika poškození.

Nedávný výzkum hnojení plantáží RRD s nově vyšlechtěné klony ukázal, že odezva na hnojení je u nově vyšlechtěných odrůd zřetelnější, než u těch starších (Aronsson a kol., 2014). Toto zjištění poskytuje pravděpodobně odpověď na otázku, zda by měl pěstitel využívat hnojení či nikoliv. Plantáže s nově vyšlechtěným pěstebním materiálem budou pravděpodobně vyžadovat menší množství dusíku, než bylo odhadováno výše (samozřejmě pokud nedochází k vyplavování, což se nezdá být tento případ). Nicméně odpověď na otázku, zda je potřeba, aby pěstitel hnojił plantáž, závisí na aktuální ceně hnojiva (nebo ceny za 1 kg dusíku) a očekávaném zvýšení výnosu.

## 5 Sklizeň RRD

Sklizeň je velmi důležitou částí životního cyklu RRD, protože zahrnuje 50 až 80 % celkových výrobních nákladů (Liebhard 2007) a tím také výrazně ovlivňuje ekonomiku celého projektu.

Sklizeň se provádí v zimě po opadání listů, předtím, než vyrazí pupeny a v ideálním případě, když je půda zmrzlá. V závislosti na účelu konečného produktu se sklizeň RRD provádí ve dvouletých až dvacetiletých intervalech. Pro sklizení jsou k dispozici různé postupy, technika a vybavení, které závisí na následujících faktorech:

- **druh plodiny a odrůdy:** množství a průměr kmenů/výhonů,
- **požadovaný koncový produkt:** dřevní štěpka, pelety, polena,
- **kvalita koncového produktu:** tvar dřevní štěpky, obsah vlhkosti,
- **dostupnost techniky:** vlastní stroje nebo spolupráce s dodavatelem,
- **druh pěstování:** jednořádkový či dvouřádkový systém, vzdálenost mezi řádky,
- **velikost a tvar plantáže:** velká nebo malá pole, svažité terén,
- **množství vytěženého dřeva:** požadavky na logistiku, interval sklizení,
- **půdní vlhkost:** podmínky pro využití techniky.

Obecně platí, že by měly být kmeny/prýty seřezávány při první sklizni blízko země, a při každé další sklizni o 1 – 2 cm výše, než při předchozí. Řez by měl být ostrý (bez rozštěpení) a horizontální, aby byla plocha řezu co nejmenší.

## 5.1 Výnosy

Výnosy RRD velmi závisí na umístění plantáže, která je většinou charakterizována klimatem (teplota a dostupnost vody) a typem půdy. Aby bylo možné maximalizovat výnosy, musí být druhy, odrůdy a klony RRD pečlivě vybrány pro každou lokalitu zvláště. V severní Evropě je hlavním kritériem pro výběr odolnost vůči chladu (mrazu), zatímco v jižní Evropě, to může být odolnost vůči suchu. Vzhledem k velkým rozdílům v rámci Evropy jsou v Tabulce 8 uvedeny některé klíčové charakteristiky a výnosy pro vrbu, topol a akát.

Kromě abiotických faktorů výnosy také značně ovlivňuje lidský faktor: postupy údržby, výběr druhu a odrůdy RRD, celkové hospodaření, ochrana plantáže proti škůdcům a plevelu, hnojení.

Cyklus/interval sklizně závisí na druhu konečného produktu. Zpravidla se pohybuje v intervalu 1 - 7 let, ale může být také prodloužen na 20 let. Obvykle se plantáž po 20 – 30 letech přesází, anebo nahradí jinou plodinou.

Realizovatelné roční výnosy se v Evropě pohybují v rozmezí 5 - 18 t/ha suché štěpky (sušina o 0% vlhkosti). Celkové množství biomasy připadající na jednu sklizeň se vypočítá jako roční výnos, doba kultivace (počet let) a obsah vody, který se pohybuje u čerstvě vytěženého dřeva kolem 55 %. Například: v případě, že je roční výnos 10 t/ha suché štěpky, čtyřletý těžební cyklus a obsah vody 50 %, je celkové množství sklizené mokré biomasy kolem 80 t/ha, množství suché štěpky je 40 t/ha.

Obvykle jsou výnosy první sklizně nižší, než výnosy druhé a třetí sklizně. Poté se mohou výnosy na několik sklizní stabilizovat (v závislosti na podmínkách), a následně se opět snížit, kvůli na stárnutí plantáže. Obecná doporučení k maximalizaci výnosů jsou uvedena v Bloku 4.

Tabulka 8: Přehled hlavních charakteristik RRD (Zdroj: modifikace po Dallemand kol. 2007)

Druhy	Vrba	Topol	Akát
Část Evropy	severní, střední a západní Evropa	střední a jižní Evropa	středomoří, Maďarsko, Polsko
Hustota dřevin prýty/ha	12 500 – 15 000	8 000 – 12 000	8 000 – 12 000
Obmýtí (rok)	1 - 4	1 – 6	2 - 4
Průměr kmene při sklizni (mm)	15 - 40	20 – 80	20 - 40
Průměrná výška při sklizni (m)	3,5 – 5,0	2,5 – 7,5	2,0 – 5,0
Množství sklizené biomasy (čerstvý materiál t/ha)	30 - 60	20 – 45	15 - 40
Množství vody ve dřevě (% hmotnosti)	45 - 62	50 – 55	40 - 45

#### Blok 4: Jak maximalizovat výnosy RRD? (modifikováno z Lindegaard 2013)

**Plánujte včas:** Je dobré začít promýšlet návrh plantáže RRD v předstihu, nejlépe již rok před výsadbou. Tento krok poskytne dostatek času pro podání žádosti o podporu a na přípravu půdy podle osvědčených postupů. V pozdním létě/brzy na podzim je také možné začít s odplevelováním a orbou pole.

**Poznejte svoji půdu:** Stejně jako jiným plodinám, se RRD nejvíce daří na půdě, která je pro ně nejvhodnější. Proto je nutné znát klíčové parametry pole: půdní podmínky a dostupnost vody. V případě, že pěstujete plodiny na té nejhorší půdě, kterou máte k dispozici, nemůžete získat pozitivní výnosy. Např. vrbám se nejvíce daří na úrodné orné půdě s pH mezi 5,5 a 8,0. Dobře roste také na těžké hnědozemí s vysokým obsahem jílu, zatímco pěstování na prachovitých a lehkých písčitých půdách by se měl zemědělec vyhnout. Vrba vyžaduje roční úhrn srážek mezi 600 – 1000 mm. Menší nebo neobvykle tvarovaná pole prodlužují čas údržby i sklizeň a zvyšují náklady.

**Odstraňujte plevely:** RRD rostou velmi rychle, ale na poli by si měly s plevelem co nejméně konkurovat. Odplevelování začíná s podzimní přípravou půdy a pokračuje v průběhu prvního roku po založení plantáže. Plantáž by měla být ošetřována proti plevelům manuálně či s použitím techniky (bez herbicidů), kdykoliv je to možné (to závisí však na druhu RRD, velikosti pozemku, druzích plevelů atd.).

**Vyberte nejlepší klony:** RRD by měly být důkladně testovány a schváleny, než se začnou používat - mají pak mnohem vyšší výnosy než nevyšlechtěné odrůdy. Preferovány jsou odrůdy, které byly vyšlechtěny a jsou pěstovány v místě (pokud je to možné). Nejlepší je využít kříženců různých odrůd, které zajistí vysoké výnosy a širokou genetickou základnu, a ochrání je proti nemocem a škůdcům. Výběr správné odrůdy je zásadním krokem k úspěšnému pěstování a metodou, jak se vyhnout nebo snížit množství nemocí a škůdců.

**Spolupracujte se svým dodavatelem:** V mnoha případech si pěstitelé nesází plantáž sami, ale domluví se s dodavatelem. obraťte se na dodavatele v dostatečném předstihu a požádejte ho o reference. Zeptejte se také ostatních pěstitelů, na jejich zkušenosti s daným dodavatelem. Prázdná místa v plantáži, kde řízky neobrazily, jsou často spojená s chybami při výsadbě. V případě, že trvá výsadba déle, ale je dosaženo většího úspěchu a nižšího množství prázdných míst, tak se vyplatí. Zapamatujte si: kvalita výsadby je důležitější než nízká cena.

**Zaplňte prázdná místa:** Ačkoliv je sám pěstitel i jeho dodavatel při výsadbě pečlivý, vždy se stane, že vzniknou na plantáži prázdná místa (řízek se na místo nedodá, nebo se neujme). Když budete plantáž seřezávat, budete mít k dispozici plno dostupného materiálu k zaplnění prázdných míst. Po první sklizni můžete také do prázdných míst zasadit 1 metr dlouhé pruty, nebo řízky. To záleží na použité technice.

**Omezte škody způsobené zvěří:** Divoká zvířata, jako zajíci, hlodavci a vysoká zvěř, mohou na nových plantážích způsobit vážné škody (zejména na malých polích a v případě, že je v lokalitě vysoký počet divokých zvířat). Spolupracujte s místními myslivci a podporujte je ve stavbě posedů, které pomohou kontrolovat a plašit zvěř. Odradit ji můžete také pomocí hořkého nátěru kmenů. Dále je možné postavit ploty proti králíkům/zajícům a nebo vysoké zvěři. Toto opatření je velmi nákladné, ale v dlouhodobém horizontu se může vyplatit. Vysoké výnosy v průběhu 20 letého pěstování budou záviset na (z toho pohledu) kritických prvních pár měsících pěstování.

**Hnojte organickým odpadem:** RRD se daří, pokud mají dostatek živin. Měli byste zkusit na plantáž aplikovat organická hnojiva, jako je kejda, zpracovaný čistírenský kal, hnůj nebo digestát z bioplynových stanic. Nejvhodnější čas pro aplikaci těchto hnojiv je po sklizni. Obvykle je hnojení tím potřebnější, čím starší plantáž je. Nezapomeňte se držet předpisů, legislativy a podmínek žádostí o podporu, které mohou být pro hnojení konkrétního pozemku důležité.

**Maximalizujte výnosy:** Když přijde na sklizeň, chce mít pěstitel jistotu, že budou sklizeny

všechny RRD. V mnoha případech pěstitel sjedná na sklizeň profesionální firmu. Firmu je důležité pečlivě vybrat, aby se při sklizni minimalizovaly chyby při obsluze strojů a nedocházelo ke ztrátám úrody z přeplněných přívěsů. Dále je důležité, aby byly nože kombajnu správně nastaveny, aby byl veden řez co nejnižší, v místě, kde je kmen nejtlustší a má nejvíce dřevní hmoty. Kromě toho, pro lepší opětovný růst je důležité, aby byl řez ostrý a nerozštěpený. Kvalita štěpky je také vyšší, když se používají velmi ostré nože.

**Minimalizujte ztráty způsobené skladováním:** Po sklizni se snažte minimalizovat ztráty způsobené skladováním. Způsob skladování a následné zpracování (sušení) štěpky závisí na způsobu sklizně, délce sušení a požadovaných vlastnostech dřevní štěpky (vlhkost). Musíte proto zjistit, která metoda je nejvhodnější ke snížení ztrát a zároveň nejméně nákladná.

## 5.2 Sklízecí cykly

Typický interval mezi sklizněmi (tzv. obmýtlí) se pohybuje v rozpětí 1 až 7 let, ale může být prodloužen až na 20 let – nejsou stanovena žádná striktní pravidla, pěstitel by se měl rozhodovat na základě rámcových podmínek a podmínek na plantáži (Tubby & Armstrong 2002). Obvykle se po 20 až 30 letech pěstování ukončí a plantáž se buď znovu osadí RRD, nebo je nahradí jiná plodina. O termínu sklizně rozhoduje provozovatel plantáže, který stanoví dobu sklizně podle následujících faktorů:

- **RRD druhy:** nejlepší načasování pro opětovný růst a maximalizaci výnosů,
- **stav plantáže:** pokud mají dřeviny na plantáži společnou uzavřenou a celistvou korunu, zachycují nejvíce slunečního světla a jsou na vrcholu produktivity; správné načasování pak záleží na druhu dřeviny, od něhož se odvíjí ideální čas sklizně,
- **požadovaný konečný produkt:** dřevní štěpka, polena, kvalita materiálu,
- **dostupnost těžební techniky:** sklizeň je nutné naplánovat s dostatečným předstihem, protože ve chvíli, kdy sklizeň vrcholí, by mohly být těžební firmy/dodavatelé techniky plně obsazeni,
- **stav půdy:** dává se přednost sklizni na suché a/nebo zmrzlé půdě; když nejsou půdní podmínky vyhovující, je v některých letech či oblastech lepší sklizeň odložit, protože by mohla být poškozena půda a dřeviny,
- **požadované cash-flow:** záleží na celkových managementových cílech provozovatele,
- **cena štěpky:** provozovatelé mohou počkat na vyšší výkupní ceny dřeva, aby dosáhli vyšších příjmů při prodeji štěpky; ceny však nelze předvídat, závisí na různých spekulacích,
- **vlastní spotřeba pro vytápění:** pokud se dřevní štěpka používá pro vlastní vytápění, měla by být k dispozici každý rok,
- **další výhody:** načasování vedoucí ke zvýšení biologické rozmanitosti a ochraně zvěře.

Délka obmýtlí má obrovský dopad na logistiku při sklizni. Čím delší je interval mezi sklizněmi, tím větší je množství sklizené biomasy, které je násobkem počtu let v obmýtlí a přírůstkem za jeden rok. Někteří provozovatelé nemusí mít potřebnou kapacitu skladovacích prostor, kamionů a pracovní síly, aby se vypořádali s velkým množstvím biomasy při sklizni při delším obmýtlí. V tomto případě je možné sklizeň na různých pozemcích prostřídat tak, aby každý rok proběhla jedna menší sklizeň, namísto jedné velké sklizně za delší dobu (snížení objemu práce a rizik).

Od délky obmýtlí se navíc odvíjí také sklízecí technika – čím jsou dřeviny starší, tím tlustší mají kmene (pruty), a tím těžší musí být použitá sklízecí technika. Obecně také platí, že průměr kmene (prutu) dřevin rostoucích u hranic plantáže, je větší, protože dřeviny získávají více světla a vody, než dřeviny uvnitř plantáže.

### 5.3 Vlastnosti sklizeného materiálu

Obvykle je konečným produktem štěpka, která se ve spalovacích systémech používá nejčastěji. Dřevní materiál může být dále použit pro výrobu celulózy, papíru, anebo dalších produktů. V Německu např. plánovali produkovat velké množství štěpky k výrobě biopaliv (BtL - tekutá biomasa) (Rutz a kol., 2008).

V závislosti na způsobu sklizně jsou vyráběny různé meziprodukty, které ovlivňují vlastnosti dřevní štěpky, zejména velikost, tvar a obsah vody. Meziprodukty mohou být rozděleny do následujících kategorií (DEFRA 2014):

- **pruty:** sklizené kmínky délky až 8 m,
- **svazky:** pruty svázané do svazků,
- **špalíky:** materiál nařezaný na délku 5 – 15 cm,
- **štěpka:** materiál nařezaný na velikost 5 x 5 x 5 cm.

Metody sklizně, kde vznikají zmíněné meziprodukty, jsou označovány jako „sklizeň celých prutů/prýtů“, „sklizeň na štěpku“, „sklizeň a štěpkování“ (Kofman 2012).

Čerstvě sklizené dřevo má běžně vlhkost mezi 40 a 60 %. Mnoho spotřebitelů, zejména těch, kteří mají kotel malého objemu, vyžadují vlhkost pod 30 %. Čím je vlhkost nižší, tím je vyšší kvalita štěpky a lepší skladovatelnost.

Volné pruty (Obrázek 46) a svazky mohou být skladovány na úvrati pole nebo v zemědělském podniku/farmě, přičemž během 4 - 6 měsíců sníží svou vlhkost na 30 %. Střední cestou mezi pruty a štěpkou jsou špalíky, které mohou být skladovány na hromadách. Mezi špalíky se nachází mezery, díky nimž hromada přirozeně ventiluje, což napomáhá vysychání, navíc v porovnání se štěpkou odpadá složitější skladování (Kapitola 5.5).

Ačkoliv má produkce prutů, svazků a špalíků tu výhodu, že dřevo vysychá relativně jednoduše, štěpkování suchého materiálu má obvykle negativní následky na kvalitu štěpky (řez čerstvého materiálu je ostřejší, než u suché biomasy). Při štěpkování suchého materiálu vzniká více částic (dřevo se láme na třísky), navíc má štěpka nehomogenní velikost.

### 5.4 Metody sklizně

Pěstitel si může vybrat hned z několika metod sklizně RRD. Dřeviny lze sklízet a ihned štěpkovat (probíhá v rámci jednoho kroku), nebo je sklídit (ve formě prutů či předzpracovaných špalíků) a nechat vyschnout na poli, zatímco štěpkování je prováděno jako samostatný krok v pozdější fázi.

Existuje také několik sklízecích technologií, které lze využít při sklizni, a které mohou být navzájem kombinovány. Dělí se podle úrovně automatizace a typu stroje, viz Tabulka 9. Stroje pro sklizení RRD se neustále vyvíjejí. Následující stroje mohou být využity pro mechanizovanou sklizeň:

- **harvestor:** ke sklizni je možné využít harvestory, běžně využívané v lesnictví. Vzhledem k tomu, že jsou určeny k těžbě dřevin, jejichž kmen má větší průměr než RRD, měly by být ke sklizni RRD využívány spíše menší a lehčí harvestory. Obvykle však nedisponují štěpkovacím zařízením, takže je potřeba další stroj. Někdy lze hlavici harvestoru namontovat přímo na bagr (Obrázek 41),

- **zařízení připojené na traktor:** existuje několik variant zařízení, která jsou připevněná přímo na traktor. Zařízení mohou být připevněná na stávající traktor, přičemž zařízení může zahrnovat „kácení/sekání“ a štěpkování, nebo zařízení pouze pro kácení či pouze pro štěpkování. V případě kombinovaného zařízení může zařízení pruty kácet a následně štěpkovat, přičemž jsou pruty podávány horizontálně do štěpkovacího zařízení, či pruty kácet a ihned štěpkovat ve vzpřímené poloze (Ehlert a kol. 2013),
- **stroj s vlastním pohonem:** stroje s vlastním pohonem jsou jednoúčelové harvestory (Obrázek 39, Obrázek 40) nebo modifikované sklízecí řezačky (Obrázek 38), které úrodu sklízí a zároveň štěpkují (příp. sekají na špalíky). Jsou podobné např. kombajnu pro sklízění celých rostlin kukuřice, určených k siláži. Několik dodavatelů již tyto stroje nabízí.

Stroje s vlastním pohonem a zařízení připojená na traktor, která materiál sekají a štěpkují v rámci jednoho kroku, jsou vyvinuty ze sklízecích řezaček a řezaček na cukrovou třtinu. Několik výrobců nabízí harvestory, které mohou být vybaveny speciální hlavicí pro sklizeň RRD – např. Claas (Jaguar; Obrázek 38), Austoft (7700), New Holland (Obrázek 39, 40).

Na obrázcích níže lze vidět spojení dvou strojů Claas - Jaguar (Obrázek 38), Austoft (7700) a New Holland (Obrázek 39, Obrázek 40). S rozvojem pěstování RRD v průběhu dalších let je očekáván také rozvoj těžební a zpracovatelské techniky.



Obrázek 38: Harvester Claas (Jaguar) s vlastním pohonem. (Zdroj: Dimitriou I.)



Obrázek 39: Harvester New Holland s vlastním pohonem a přívěsem na štěpku. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 40: Hlavice harvestoru New Holland. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 41: Úchopová hlavice harvestoru pro sklizení topolů, umístěná na bagru, Rakousko. (Zdroj: Mergner R.)

Velmi tenké pruty (např. vrbové) lze skladovat také ve formě balíků, podobných balíkům slámy nebo sena. Tato technologie je na trhu dostupná pod názvem „Biobaler“ (Obrázek 42), např. od firmy Andersons, Kanada (Caslin a kol. 2010). Balíkovač lisuje z prutů o průměru 2,5 cm kulaté zpevněné balíky o velikosti 120 cm, které jsou připravené k průmyslovému využití.



Obrázek 42: „Biobaler” od firmy Andersons, Kanada. (Zdroj: Anderson Group)

Stroje pro samostatné štěpkování (Obrázek 44) jsou snadno dostupné, např. od firmem Jenz, Komptech, Husman, Jensen, Pezzolato, Spapperi, Heizomat, Vogt, a dalších. Na trhu jsou jak mobilní, tak stacionární typy, připevněné k přívěsu či přímo na traktoru, nebo s vlastním pohonem. Často jsou vybaveny jeřábem, který slouží k podávání dřevního materiálu do štěpkovače. V případě, že není stroj vybaven vlastním jeřábem, může být využit přídatný.

Co se týče štěpkovacího procesu, jsou k dispozici tři rozdílné typy technologií:

- **bubnový štěpkovač:** bubnový štěpkovač je složen z velkého rotujícího ocelového bubnu, na kterém je umístěno až 20 nožů. Buben se točí směrem k výstupnímu žlabu a zároveň slouží jako podavač (když štěpkuje, vtahuje dovnitř materiál). Štěpkovače tohoto typu jsou velmi hlučné a při manipulaci s nimi je potřeba dodržovat speciální bezpečnostní opatření (obsluha může být vtažena dovnitř bubnu i s materiálem, který se má štěpkovat). Rozměry štěpky mohou být větší, a naopak velmi tenký materiál může být rozsekán spíše na úlomky, než na štěpku. Moderní bubnové štěpkovače jsou obvykle schopné zpracovat stromy o dřevním průměru 15 – 50 cm.
- **diskový štěpkovač:** u diskového štěpkovače je štěpkovacím mechanismem ocelový disk s 2 - 4 noži. Otočná hydraulicky poháněná kola posouvají materiál z násypky směrem k disku, který je umístěn svisle ke vstupnímu materiálu. Jak se disk otáčí, nože štěpkují materiál, který je vyhazován žlebem ven obrubami bubnu. Tento typ není tak energeticky efektivní, jako bubnový štěpkovač, ale produkuje štěpku s jednodušším tvarem a velikostí. Diskové štěpkovače pro běžné spotřebitele dokáží běžně zpracovávat kmeny o dřevním průměru 15 – 46 cm, zatímco ty průmyslové jsou k dispozici s diskem o průměru 4,1 m.
- **šroubový štěpkovač:** vnitřek štěpkovače se skládá z napínajícího se kónického šroubovitého nože. Tento dlouhý spirálový nůž má hrany naostřené pro řezání dřeva. Otáčení čepele štěpkovače je nastaveno na směr rovnoběžný s odpadním otvorem, takže je dřevo vtažováno dovnitř spirálovým pohybem nože.

Jednoúčelové harvestory používané v lesnictví jsou těžké lesní stoje využívané při kácení, odvětvování a řezání vzrostlých lesních dřevin. Obvykle jsou spojené s vyvážecí soupravou, která dopraví klády k cestě. Harvestory jsou vyráběny mnoha firmami, jako např. John Deere, Caterpillar, Hyundai, Valmet, Rottne, Dorfmeister a další.



Tabulka 9: Metody sklizně, jejich popis a charakteristika (Zdroj: LWF 2011, Kofman 2012)

Popis	Charakteristika
<b>Manuální a moto-manuální sklizeň, při které se využívá mačeta, motorová pila, křovinořez a podobné nástroje</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• řezání a kácení prutů pomocí mačety, motorové pily, křovinořezu apod.,</li> <li>• ruční sběr prutů, příp. pomocí traktoru,</li> <li>• uskladnění celých prutů pro sušení nebo jejich přímé štěpkování,</li> <li>• ruční podávání prutů do malého štěpkovače, příp. za použití jeřábu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• možný osobní přínos,</li> <li>• náročná a nebezpečná práce,</li> <li>• nízká produktivita,</li> <li>• snížení nákladů – jednoduše může být použito stávající vybavení,</li> <li>• vhodné pro malé pozemky o velikosti do 5 ha, pro vlastní potřebu příp. pro komunální kotelnu,</li> <li>• práce je vhodná pro minimálně 2 osoby, které se v činnostech střídají.</li> </ul>
<b>Mechanická sklizeň pomocí harvestoru</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sklizeň větších stromů pomocí harvestorů využívaných v lesnictví,</li> <li>• sběr stromů nebo svazků traktorem nebo vyvážecí soupravou,</li> <li>• skladování celých stromů/svazků pro sušení nebo jejich přímé štěpkování,</li> <li>• využití jeřábu pro podávání materiálu do štěpkovače.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• méně ergonomicky náročné aktivity pro pracovníky, vzhledem k vysoké automatizaci,</li> <li>• možné sušení stromů/svazků na poli,</li> <li>• vysoké náklady na sklizeň – službu provádí obvykle firma,</li> <li>• ekonomicky vhodné pouze pro větší plochy,</li> <li>• vhodné pro všechny druhy kotlů na štěpku.</li> </ul>
<b>Mechanická sklizeň pomocí zařízení napojených na traktor a zařízení s vlastním pohonem</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sklizeň pomocí zařízení napojených na traktor nebo zařízení s vlastním pohonem (sklízecí rezačky s upravenou hlavou pro přímé štěpkování),</li> <li>• sklizeň a štěpkování se provádí současně,</li> <li>• přívěsy pro převoz štěpky z pole musí být v době sklizně k dispozici,</li> <li>• štěpka je k přímému využití, skladování či sušení.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• méně ergonomicky náročné aktivity pro pracovníky, vzhledem k vysoké automatizaci,</li> <li>• ekonomicky výhodné pro středně velké až velké plantáže,</li> <li>• vhodné zejména pro větší kotelny na štěpku a zařízení pro KVET,</li> <li>• sušení štěpky je náročné a může být nákladné,</li> <li>• mimo obsahu vody se jedná o vysoce kvalitní štěpku, protože při sekání čerstvého dřeva vzniká čistá a homogenní štěpka.</li> </ul>



Obrázek 43: Vyzázeční souprava, která z pole sbírá kmeny/pruty, Rakousko. (Zdroj: Mergner R.)



Obrázek 44: Štěpkovač umístěný na traktoru, Rakousko. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 45: Sklizená vrbová plantáž v zimě, Švédsko. Na obrázku je patrný dvouřádkový systém. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 46: Uskladněná úroda vrb uložená na kraji plantáže, Švédsko. (Zdroj: Rutz D.)

## 5.5 Sušení a skladování štěpky

Poté, co je biomasa RRD sklizena, je obvykle potřeba ji před využitím (pro svou potřebu nebo k prodeji) uskladnit. Dřevní štěpka, celé pruty, kmeny či špalíky mohou být uskladněny přímo na úvrati plantáže, anebo převezeny na místo jejich následného využití.

Velmi důležitým ukazatelem kvality je obsah vody (Tabulka 10) nebo vlhkosti dřeva (rozdíl mezi pojmy je popsán v Bloku 5). Vysušením štěpky na vzduchu se může snížit vlhkost během několika měsíců z 50 – 55 % přibližně na 30 %.

Tabulka 10: Obsah vody ve dřevě rozdělen do čtyř kategorií

Kategorie	w (obsah vody)
Úplně suché dřevo	0%
Vzduchem sušené dřevo	15%-20%
Skladované dřevo	< 30-35%
Čerstvé dřevo	> 50%

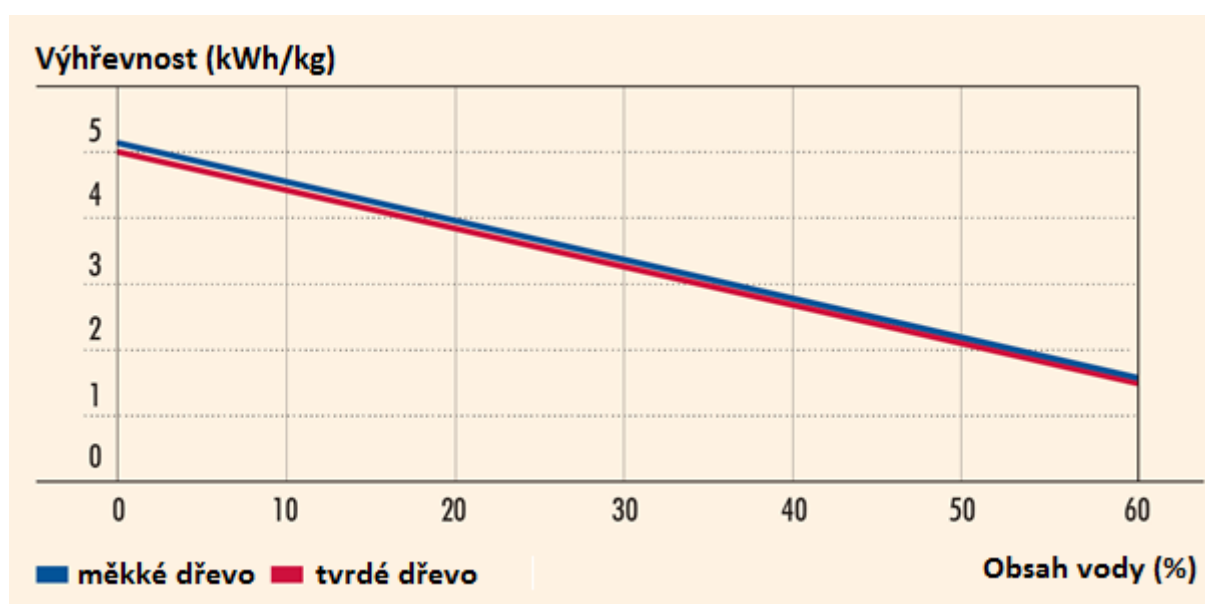
Uskladnění čerstvé štěpky na delší dobu je velmi náročné a je spojené s následujícími riziky (Zdroj: LWF 2012):

- **ztráta biomasy:** ztráta 2 - 4 % biomasy za měsíc vzhledem k probíhajícím biologickým a rozkladným procesům,
- **zdravotní rizika:** vznik houbových spor, která mají negativní dopad na lidské zdraví,
- **kvalita:** zvýšení obsahu vody v nechráněných hromadách kvůli srážkám a opětovnému naakumulování zkondenzované vody z vršku hromady,
- **risk poškození techniky:** zmrzlá štěpka tvoří shluky, se kterými se obtížně manipuluje, navíc může obsahovat kamínky, které mohou techniku poškodit,
- **spontánní vznícení:** mikrobiální činnost zvyšuje teplotu v hromadě, což může vést k samovznícení,
- **environmentální vlivy:** zápach může obtěžovat sousedy a výluhy mohou znečistit vodní tělesa.

Nicméně, vzduchem sušená štěpka s vlhkostí 30%, může být relativně jednoduše a bezpečně skladována na otevřených hromadách. Zakrytí hromad, či uskladnění štěpky pod střechu zabraňuje zvýšení obsahu vody kvůli srážkové činnosti. Čerstvá štěpka může být také skladována pod střechou a dále vysušena na 30 % obsahu vody, ale je vhodné zajistit dobrou ventilaci a eventuálně promíchávání štěpky pomocí nakladače, aby nedošlo k samovznícení.

Obsah vody ve štěpce by měl být v ideálním případě snížen pod 20 %. Evropské normy rozdělují štěpku do 5 kategorií podle obsahu vody (vlhkosti v čerstvé hmotě): M20, M30, M40, M55, M65 (Rutz a kol., 2012). Pokud je obsah vody příliš vysoký, je štěpka vzhledem k velikosti částic citlivá na mikrobiální činnost. Zvýšená mikrobiální aktivita vede k nárůstu teploty materiálu, což může dokonce způsobit jeho samovznícení ve skladovacích zařízeních.

Čím vyšší je obsah vody (viz Blok 5), tím nižší je energetická účinnost spalování (viz kapitola 8.3), protože část energie odchází při odpařování. Výhřevnost dřeva je mnohem vyšší v případě, že je dřevo suché (4,3 kWh/kg), v porovnání s čerstvým nebo mokřým dřevem (1,5 kWh/kg) (Liebhard 2007). Vztah výhřevnosti dřeva vztaženého na obsah vody je znázorněn na Obrázku 47. Čím vyšší je obsah vody, tím nižší je hodnota výhřevnosti.



Obrázek 47: Výhřevnost dřeva v závislosti na obsahu vody. (Zdroj: FNR 2012)

## Blok 5: Jaký je rozdíl mezi vlhkostí a obsahem vody?

Důležitou informací o kvalitě paliva je množství vody v něm obsažené. Abychom mohli vypočítat a porovnat obsah vody, musíme použít oba fyzikální parametry měření - obsah vody ( $w$ ), také nazývaný jako "vlhkost v čerstvém stavu" a vlhkost paliva ( $u$ ), také nazývaný jako "vlhkost v suchém stavu".

Obsah vody ( $w$ ) odpovídá hmotnosti vody  $m_W$  vázané v čerstvé biomase ( $m_d + m_W$ ), zatímco vlhkost paliva odpovídá hmotnosti vody  $m_W$  v suché biomase ( $m_d$ ).

$$w = m_W / (m_d + m_W)$$

$$u = m_W / m_d$$

Hodnota vlhkosti paliva může být převedena na hodnotu obsahu vody. Například, 50% obsah vody odpovídá 100% vlhkosti paliva. Hodnota vlhkosti může být dokonce vyšší, než 100%. Termín „vlhkost“ se běžně používá v lesnictví a dřevařském průmyslu. V odvětví energetiky se používá označení "obsah vody" nebo "vlhkost čerstvého materiálu".

Pro sušení existují různé jednoduché a sofistikované technologie (Tabulka 11). Dřevní štěpka se často suší v **kontejnerových sušárnách**, které mohou být kontejnerovými přívěsy, anebo skladovacím zařízením, skrz které je hnán horký vzduch (Obrázek 48 až Obrázek 53).

Kontejnery nebo přívěsy mají obvykle dvojité dno s roštovou podlahou nebo potrubím, skrz které je foukán horký vzduch. Často se jedná o přizpůsobené zemědělské přívěsy, což je výrazně levnější řešení. Dřevní štěpka se v těchto kontejnerech/přívěsech obvykle nemíchá, což vede k nerovnoměrnému a nekontrolovanému sušení.

Sofistikovanější jsou **rotační sušárny**. Horký vzduch je vháněn přes dvojité mřížkované dno a mobilní lopatkový mechanismus mísí a přesouvá štěpku po celou dobu sušení. Lopatkové kolo se pohybuje napříč sušičkou v průběhu celého procesu sušení. Směr se mění koncovými spínači a příslušným automatickým ovládacím systémem. Otáčecí sušička může být provozována v dávkovém nebo kontinuálním režimu.

V **pásové sušárně** je štěpka kontinuálně a rovnoměrně přiváděna přes vstupní komoru na perforovaný pás. Pás, který se pohybuje převážně ve vodorovné poloze, posouvá štěpku přes oblast sušení, která může být rozdělena do několika buněk. V těchto buňkách vane skrze nebo nad vlhkým materiálem vysoušecí plyn a suší ho. Každá buňka může být vybavena ventilátorem a výměníkem tepla, a tím přizpůsobena různým požadovaným podmínkám.

Ideálním a levným zdrojem tepla pro sušení je odpadní teplo, např. z průmyslových procesů nebo bioplynových stanic (Rutz a kol., 2012).

Tabulka 11: Technologie sušení a jejich hlavní charakteristika (Zdroj: Rutz a kol. 2012)

Typ sušárny	Charakteristika
<b>Kontejnerová sušárna</b>	Horký vzduch proudí materiálem v horizontálním nebo vertikálním zásobníku, a to buď v pevných silech, kamionech nebo kontejnerech. Je to jedna z nejjednodušších sušáren, vzhledem k tomu, že není materiál aktivně promícháván. Tento druh sušárny je velmi levný a vhodný pro sušení malého množství materiálu.
<b>Otáčecí sušárna</b>	Horký vzduch je hnán materiálem skrze dvojité (mřížované) dno. Míchací zařízení (lopatky apod.) zároveň materiál mísí.
<b>Pásová sušárna</b>	Horký vzduch suší materiál, který je pomalu posouván na pásu. Investiční náklady jsou poměrně vysoké.



Obrázek 48: Kontejner se vzduchovým potrubím pro sušení dřevní štěpky pomocí odpadního tepla z bioplynové stanice v Mnichově, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



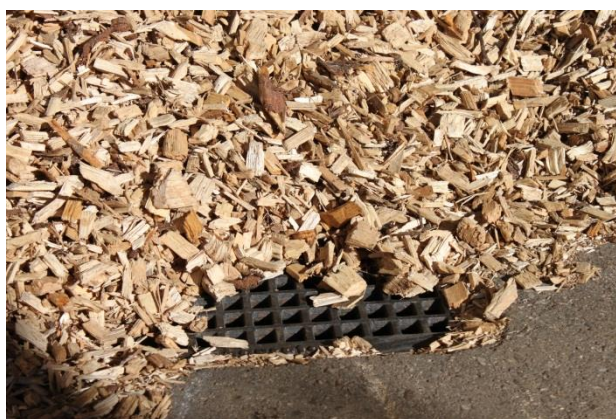
Obrázek 49: Kontejner na sušení dřevní štěpky, Mnichov, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 50: Kontejnerová sušárna na přívěsu. Sušárna využívá odpadního tepla z bioplynové stanice, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 51: Rotační sušárna dřevní štěpky v bioplynové stanici, Německo. (Zdroj: Rutz D.)

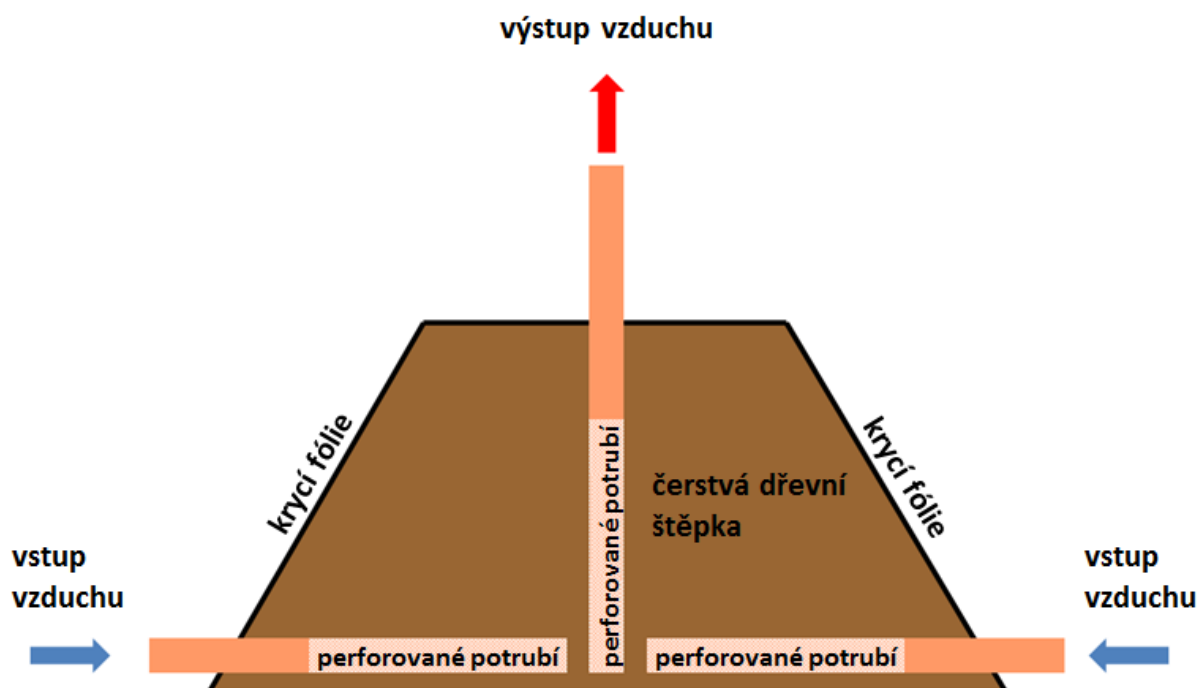


Obrázek 52: Ventilace umístěná v podlaze Obchodního centra pro biomasu v Achental, Německo (více na Obrázku 53). (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 53: Ideální skladovací prostory pro dřevní štěpku v Obchodním centru pro biomasu v Achental, Německo. (Zdroj: Rutz D.)

Technickou univerzitou v Drážďanech (Německo) byla vyvinuta a patentována (PCT/EP2005/009241) specializovaná metoda sušení štěpky z RRD. Systém je založen na principu samozahřívání hromady čerstvé vlhké štěpky. Perforované trubky usnadňují přístup vzduchu do hromady a výstupní potrubí funguje jako komín a odvádí teplý vzduch, který se ohřívá kvůli zvýšené mikrobiální aktivitě štěpky. Tento ventilační proces funguje jako efektivní metoda sušení dřevní štěpky bez vnějšího vstupu energie. Při jejím použití je možné snížit obsah vody na 30 % v průběhu tří měsíců (Grosse a kol., 2008). Hromada štěpky může být umístěna přímo na úvrati plantáže, anebo v místě budoucí spotřeby štěpky.



Obrázek 54: Schéma sušení hromady dřevní štěpky pomocí perforovaného potrubí, kterým je přiváděn a odváděn vzduch. (Zdroj: Rutz D.)

## 6 Logistika a transport

Ještě před zahájením projektu pěstování RRD by měl budoucí pěstitel pečlivě zvážit náklady na dopravu a vzdálenost k potenciálním zákazníkům. Převážná vzdálenost by měla být co nejmenší, vzhledem k tomu, že příliš velké přepravní vzdálenosti mají negativní dopad na bilanci emisí skleníkových plynů a ekonomiku výrobního řetězce. Maximální doporučená vzdálenost a vhodný typ dopravy pro dřevní štěpku závisí na místních poměrech, může být však shrnut následovně:

- **0 - 40 km:** vlastní traktory
- **30 - 90 km:** těžká nákladní vozidla s kapacitou 70 - 95 m<sup>3</sup>
- **> 70 km:** vlaky

Již ve fázi plánování je důležité vzít v úvahu přístup k plantáži ze silnice, protože je vyžívána těžká technika a těžké náklady. Dále je nutné respektovat maximální povolenou hmotnosti na silnicích a zejména na mostech.

Hmotnost dřevní štěpky na jednotku objemu závisí na obsahu vody, druhu, velikosti a tvaru štěpky, stejně jako na poměru kůra/dřevo. Jedna tuna zcela suché štěpky má objem přibližně

6,5 - 7,0 m<sup>3</sup>. Tabulka 12 ukazuje hmotnost štěpky několika druhů RRD a dalších druhů v m<sup>3</sup> ve vztahu k obsahu vody.

Tabulka 12: Hmotnost dřevní štěpky na jednotku objemu (m<sup>3</sup>) u RRD a dalších druhů (průměrné/běžné hodnoty; reálné hodnoty závisí na mnoha faktorech)

Obsah vody [%]	0	15	20	30	50
<b>Hmotnost [kg]</b>					
<b>Topol</b> (hustota 353 kg sušiny/pevný m <sup>3</sup> )	164	145-174***	181**	203** 167-200***	284**
<b>Vrba</b> (hustota 420 kg/pevný m <sup>3</sup> )	168*	181-217***	181**	208-250***	-
<b>Olše</b> (hustota 530 kg/pevný m <sup>3</sup> )	-	177-212***	-	204-245***	-
<b>Akát</b> (hustota 750 kg/pevný m <sup>3</sup> )	-	264-317***	-	304-365***	-
<b>Smrk (není RRD)</b> (hustota 379 kg/pevný m <sup>3</sup> )	151	178	189	216	302
<b>Buk</b> (hustota 558 kg/pevný m <sup>3</sup> )	222	261	278	317	444

(Zdroj CARMEN 2014, \* SLL n.d., \*\* Biomasseverband OÖ n.d., \*\*\* ETA Heiztechnik GmbH n.d. (první hodnota pro 50% a druhá pro 30 %), jiné zdroje)

Na začátku a na konci plantáže by se měla nacházet plocha (úvrať), která není osazená

RRD, ale např. kvetoucími bylinami, které zvyšují environmentální hodnotu. Úvrať poskytuje dostatek prostoru k manévrování sklízecí techniky a strojů zajišťujících údržbu, zároveň na nich může být uskladněn sklizený materiál (pokud není přímo odvezen na místo, kde bude později využit).

## 7 Odstranění plantáže RRD

K rozhodnutí o ukončení a zrušení plantáže RRD po několika letech růstu mohou vést různé důvody. Pěstitel se může rozhodnout, že převede půdu zpět na TTP nebo ornou půdu, případně že nahradí starou plantáž RRD novou odrůdou. Pro mnoho farmářů, kteří nikdy dříve RRD nepěstovali, je otázka odstranění plantáže zásadní a je hlavní překážkou pro pěstování RRD. Možnost navrátit půdu do původního stavu by měla zůstat otevřená. K této otázce měli farmáři výhrady, ale se zvyšujícím se povědomím a díky předávání znalostí se podařilo tento problém překonat. Odstranění plantáže RRD není technicky komplikované, vzhledem k tomu, že jsou kořeny relativně mělce uloženy, i přesto, že byly na plantáži pěstovány po několik let.

Existuje několik metod a kroků, které je třeba při ukončení a odstranění plantáže RRD vzít v úvahu. Daná metoda by měla být zvolena podle požadovaného budoucího využití pozemku. Pro přechod na TTP by mělo být dostačující jednoduché zformování a osetí trávou. Pro uvedení (rekultivaci) půdy do zoraného stavu by měl být tento postup také dostačující. Kapacita frézy (kultivátoru), která seká dřevní zbytky v zemi na malé kousky, ovlivňuje rozhodnutí, zda je nutná další úprava (Obrázek 55, Obrázek 56).

Důslednější metodou je kombinace mechanických a chemických opatření. Po poslední sklizni by měly pařezy zůstat na místě, přičemž v průběhu jara budou vytvářet nové výhony. Poté, co výhony dosáhnou výšky 30 - 40 cm, může být na celou plantáž použit herbicid. Vzhledem k vysoké citlivosti vrby a topolů k herbicidům, odumřou jejich aktivně rostoucí části. Plantáž by pak měla zůstat nejméně dva týdny po postřiku bez dalších zásahů, aby byla umožněna plná absorpce a příjem herbicidu dřevinou. Jakmile výhony odumřou, mohou být kořeny a pařezy mulčovány pomocí těžké techniky – kultivátoru, do hloubky 5 – 10 cm vrchní vrstvy půdy. Poté, co pařezy kompletně odumřou, může být půda podél řádků upravena pomocí těžkého disku o velkém průměru, který seká pařezy a zbylé kořeny v hloubce bez toho, aby je vytahoval na povrch.



Obrázek 55: Kultivátor zpracovávající zbytky pařezů, Rakousko. (Zdroj: Mergner R.)



Obrázek 56: Rekultivovaná půda, Rakousko. (Zdroj: Mergner R.)

## 8 Využití produktů z RRD

Již ve fázi plánování a během zakládání plantáže musí být definován sklízecí cyklus, protože různé cykly vyžadují různé rozestupy mezi dřevinami. V případě, že je obmýtí krátké a sklízecí cyklus je 2 - 8 let, bude sklizený materiál vhodný pouze pro štěpkování. Pokud jsou sklízecí cykly delší, může být dřevo využito stejně jako dřevo pocházející z lesnictví. V závislosti na kvalitě produktu existují různé způsoby využití (platí především pro topol nebo eukalyptus). Rychle rostoucí vrby například nelze použít k produkci kusového dřeva, protože netvoří dostatečně silné kmeny. Tato příručka se nezabývá pěstováním dřeva, zaměřuje se pouze na energetické využití štěpky.

### 8.1 Kvalita štěpky

Pro různé způsoby využití dřevní štěpky jsou potřeba rozdílné vlastnosti materiálu (Obrázek 57, Obrázek 58). Štěpku lze specifikovat následujícími klíčovými parametry kvality:

- **vlhkost/obsah vody:** čím nižší je obsah vody, tím vyšší je výhřevnost,



- **homogenita a velikost štěpky:** rozměry by měly být vhodné pro spalovací zařízení a pro celý systém manipulace s palivem,
- **obsah jemných částic:** jemné částice (prach) jsou zdraví škodlivé,
- **tvár štěpky:** hrany štěpky by měly být ostré (neměly by se třepit), aby byla objemová hmotnost co nejvyšší a bylo zajištěno snadné podávání (přikládání) štěpky do systému,
- **původ:** udržitelnost pěstování a management; čím blíže ke koncovému uživateli je štěpka pěstována, tím kratší je dopravní vzdálenost a nižší emise CO<sub>2</sub> z dopravy,
- **obsah popela:** čím nižší je obsah popelovin, tím vyšší je výstupní energie a nižší množství popela, který musí být odstraňován,
- **nečistoty:** dřevní štěpka by neměla obsahovat žádné nečistoty (hlína, kameny),
- **složení:** čím větší je množství dřeva vůči množství kůry, listů a malých větví, tím vyšší je kvalita paliva.

Hlavním kritériem pro kvalitu štěpky je obsah vody, který byl popsán již v Kapitole 5.3 a 5.5. U štěpky pocházející z RRD je obsah vody ovlivněn především metodou sklizně, logistikou a postupy sušení.

Homogenitu a velikost dřevní štěpky, obsah jemných částic a tvar štěpky určuje především zařízení využitá při sklizni a technologie. Také výskyt nečistot je ovlivněn technologií sklizně, ale navíc ještě způsobem skladování. Pokud je štěpka skladována na poli, je riziko zvýšeného obsahu nečistot vyšší. Složení a obsah popela určuje především metoda pěstování a druh dřeviny. Obecně platí, že štěpka z RRD má vyšší obsah popela, protože podíl kůry a malých větví je vzhledem k dřevní hmotě mnohem vyšší, vzhledem k malým průměrům prýtů (kmenů) a větví.



**Obrázek 57: Dřevní štěpka vysoké (vlevo) a nízké kvality (uprostřed a vpravo, nepochází z RRD), Německo. (Zdroj: Rutz D.)**

Ke stanovení kvality štěpky se používají standardy vyvinuté Evropským výborem pro normalizaci (CEN). Ten vytvořil standardy pro vlastnosti dřevní štěpky, briket, palivového dříví a pelet, ale také zkušební metody, pravidla konverze a zajištění kvality. Tyto normy (standardy) byly pozměněny v roce 2014 a dále rozšířeny jako mezinárodní normy ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci). Následující standardy platí pro tuhá biopaliva:

- ISO 17225-1:2014-09 (dříve EN 14961-1:2010) Specifikace a třídy paliv - Část 1: Obecné požadavky
- ISO 17225-2:2014-09 (dříve EN 14961-2:2011) Specifikace a třídy paliv - Část 2: Tříděné dřevní pelety
- ISO 17225-3:2014-09 (dříve EN 14961-3:2011) Specifikace a třídy paliv - Část 3: Tříděné dřevní brikety
- ISO 17225-4:2014-09 (dříve EN 14961-4:2011) Specifikace a třídy paliv - Část 4: Tříděná dřevní štěpka
- ISO 17225-5:2014-09 (dříve EN 14961-4:2011) Specifikace a třídy paliv - Část 5: Tříděné palivové dřevo



**Obrázek 58: Čerstvá dřevní štěpka pocházející z vrbové plantáže RRD, Švédsko. (Zdroj: Rutz D.)**

Cílem norem řady ISO 17225 je poskytnout jednoznačné a jasné klasifikační principy tuhých biopaliv; slouží jako nástroj umožňující efektivní obchodování s biopalivy a snadné porozumění mezi prodávajícím a kupujícím, či jako nástroj pro komunikaci s výrobcí zařízení. Zároveň zjednodušuje získávání povolení úředních orgánů a hlášení (ISO 2014).

Příklad technického listu ke dřevní štěpce poskytl Alakangas (2009) v Tabulce 13, kde jsou specifikovány (podle EN 14961-1) normativní rozměrové parametry (P), vlhkost v čerstvém materiálu (M), množství popela (A), stejně jako informativní parametry: objemová hmotnost (BD), výhřevnost (Q), množství síry (S), dusíku (N) a chloru (Cl).

Tabulka 13: Příklad technického listu pro štěpku (Zdroj: Alakangas 2009, upraveno)

EN 14961-1		
<b>Obecné údaje</b>	Výrobce	EAA Biofuels
	Umístění	Jyväskylä, Finsko
	Původ	1.1.1.1 and 1.1.1.2 (celý strom)
	Forma	dřevní štěpka
	Množství (t)	4,00
<b>Normativní</b>	Rozměry	P45A
	Vlhkost, w-%	M35
	Popel, w-% suchý	A1.5
<b>Informativní</b>	Objemová hmotnost, kg/m <sup>3</sup>	BD250
	Čistá výhřevnost při předání, MJ/kg	Q11.5
	Síra, w-% v sušině	0.05
	Dusík, w-% v sušině	N0.3
	Chlór, w-% v sušině	Cl0.03

Jak již bylo zmíněno, normy ISO jsou potřeba především při obchodování s dřevní štěpkou, jejich účelem je informovat zákazníka o kvalitě produktu - ta ovlivňuje cenu.

Nicméně, podrobnosti pocházející z normy mohou být zajímavé také pro majitele plantáže, který sám štěpku spotřebovává, neboť mu poskytnou informace o tom, jak kvalitu štěpky zvýšit.

## 8.2 Možnosti využití dřevní štěpky

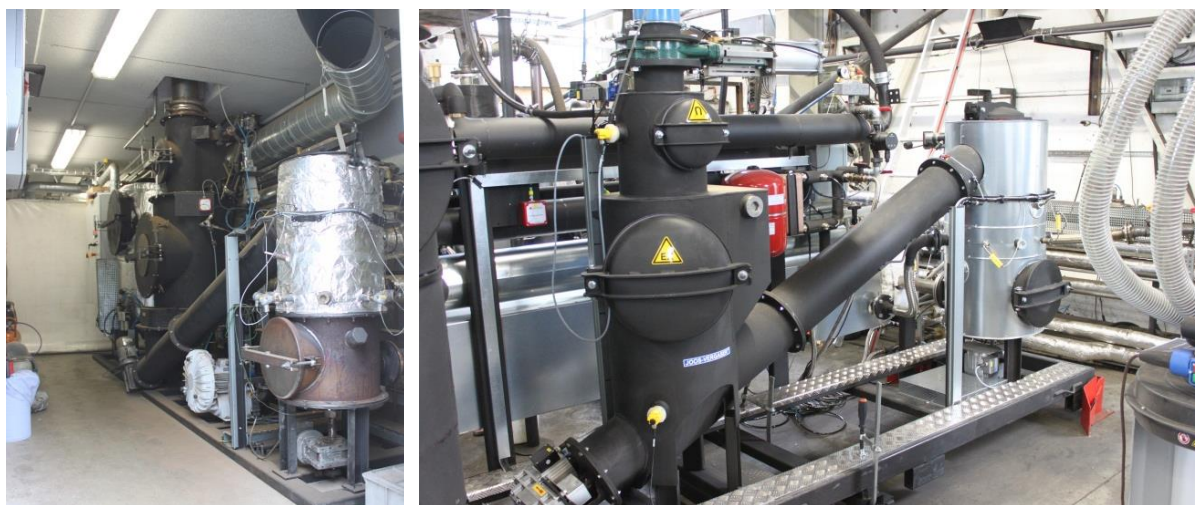
Následující seznam znázorňuje možnosti využití dřevní štěpky:

- malé spalovací a topné systémy (pro farmu nebo pro několik domácností).
- **větší spalovací a topné systémy** (menší sítě dálkového vytápění pro několik připojených domácností). Ve Zlínském kraji je to CZT Brumov - Bylnice, Slavičín, Hostětín;
- **KVET** s využitím štěpky (Organický Rankinův Cyklus, parní turbíny). Např. teplárna v Třebíči;
- **zplyňování** štěpky pro výrobu elektrické energie, např. pila Martinák ve Starém Městě;
- **spoluspalování** štěpky ve velkých elektrárnách (založených na spalování fosilních paliv);
- využití jako materiálu pro **biorafinerie** (např. pyrolýza, zplyňování, pražení, biochemické konverze etanolu, bioplasty);
- pro další zpracování do **pelet** k různým účelům;
- další vhodné využití: mulčovací materiál při údržbě zahrad a krajiny, podestýlka pro chov zvířat (např. koní), substrát pro pěstování hub, strukturální materiál biofiltrů (v ČOV/bioplynových stanicích) nebo povrch pro dětská hřiště.

V současné době se v Evropě dřevní štěpka nejvíce používá k vytápění, pro KVVET a spalování. V kapitole 8.3 jsou uvedeny podrobnosti týkající se spalování dřevní štěpky a pelet. V budoucnu možná dojde ke zvýšení poptávky po štěpce jako surovině pro biorafinerie. Plantáže RRD jsou již nyní založené pro produkci tzv. biopaliv druhé generace. Paliva vznikající z kapalnění biomasy (biomass to liquid-BtL) jsou zatím stále ve vývoji. Při tomto procesu je lignocelulóza (jako např. dřevní štěpka z RRD) převáděna na syntetická biopaliva pomocí termochemické konverze. O něco pokročilejší je technologie biochemické přeměny, kde je lignocelulóza biologicky převedena na cukry a dále fermentována na etanol (Obrázek 60). Etanol je náhradou za benzín. Několik evropských a mezinárodních pilotních zařízení v rámci tohoto procesu stále více testuje a prověřuje využití dřevní štěpky, přičemž doposud se zaměřovala především na využití bylinné biomasy (sláma, tráva atd.). V případě konceptu integrované biorafinerie je možné uvažovat také o výrobě dalších produktů, jako např. lignin, elektrický proud, teplo, bioplasty, které lze vyrobit biochemickou cestou. Tato výroba vytváří budoucí trh pro dřevní štěpku z RRD.

V menším měřítku lze štěpku pomocí termochemické konverze přeměnit na pyrolýzní olej, který může nahradit např. topný olej, nebo může být dále zpracován. V současné době je také často využíváno zplyňování štěpky a následné využití vyrobeného plynu v generátoru elektrické energie (Obrázek 59) – vhodné dokonce pro jednotlivé zemědělce.

V počátcích se pelety vyráběly pouze z pilin, které vznikaly na dřezozpracujících pilách a které byly považovány za odpadní produkt (Obrázek 61). V současné době jsou pelety vyráběny také ze dřeva (dřevní štěpky) k tomu určenému, např. z plantáží RRD. V zájmu zachování standardu kvality pelet, a vzhledem k tomu, že dřevní štěpka z RRD obsahuje poněkud více kůry v porovnání se štěpkou z lesnictví, by mělo být doporučeno využívat štěpku pouze z plantáží s delším obmýtím (snižuje se poměr kůra/dřevo).



**Obrázek 59:** Malé zplyňovací zařízení umístěné v kontejneru (vlevo) a v průběhu výroby (vpravo) ve společnosti „SpannerRE<sup>2</sup>“. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 6059: Druhá generace závodu na výrobu etanolu ABENGOA, Španělsko. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 60: Lis na pelety (vlevo) a vysoce kvalitní pelety (vpravo). (Zdroj: Rutz D.)

### 8.3 Spalování štěrky a pelet

Hlavním využitím dřevní štěrky a pelet je jejich spalování pro výrobu tepla a využívání udržitelného zdroje energie (viz Blok 6). Tato kapitola poskytuje základní informace o spalovacím procesu, podrobnější informace jsou k dispozici např. v Hiegl a kol. (2011), nebo Rutz a kol. (2006).

Rostlinná biomasa je složena především z uhlíku (C), vodíku (H) a kyslíku (O). Podíl uhlíku určuje množství energie uvolněné při spalování (oxidace). Vodík, obsažený v pevné

biomase, uvolňuje při spalování také energii. Společně s množstvím uhlíku určují výhřevnost suchého paliva. Kyslík celý spalovací proces pouze podporuje, nemá však žádný vliv na energetickou hodnotu paliva.

Dřevní paliva mají vysoký podíl uhlíku, a to 47 - 50 %. Obsah kyslíku se pohybuje mezi 40 a 45 %, a obsah vodíku mezi 5 a 7 %. Vedle těchto tří prvků obsahuje palivo i další složky, které mohou mít i přes své malé množství velký vliv na emise plynů vznikajících při spalování. Síra, chlor, a dusík patří mezi prvky, které mají největší vliv na znečištění těchto emisí. Paliva mohou být z části rozlišována v závislosti na obsahu prvků významných z hlediska znečištění.

Množství energie na jednotku hmotnosti paliva je vyjádřeno pomocí spalného tepla a výhřevnosti (viz Blok 7), jak je uvedeno v Tabulce 14. Pro dřevní štěpku se často vyjadřuje množství energie na jednotku objemu - krychlový metr (příklad je uveden v Tabulce 15). V závislosti na typu dřeva, velikosti štěpky a její vlhkosti, se hmotnost metru krychlového dřevní štěpky pohybuje mezi cca 200 - 300 kg.

Běžně se kotle na štěpku (Obrázek 62, Obrázek 63) používají pro topné systémy od přibližně 20 kW, zatímco kotle na pelety se používají také pro menší topné systémy. Vytápění štěpkou se obvykle vyplatí pouze u větších domácností, farem, spojení několika domácností, nebo dokonce u menších obcí.

Technologie pro vytápění štěpkou a peletami je vyspělá, a poskytovaná mnoha výrobci. Systém se skládá ze zásobníku, dávkovacího zařízení, kotle na biomasu, výfukového systému a systému rozvodů tepla (často zahrnuje vyrovnávací nádrže).

Investice do kotle na pelety či štěpku je obvykle vyšší, než do kotle na tuhá fosilní paliva. Pelety či štěpka jsou však v současné době v některých zemích daleko levnější a v dlouhodobém horizontu tak je kotel na štěpku či pelety ekonomičtější, než kotel na fosilní paliva.

#### **Blok 6: Proč je biomasa obnovitelným zdrojem energie?**

Hlavním skleníkovým plynem, který vzniká při spalovacích procesech, je oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), který je nejvíce odpovědný za celosvětové zvýšení teploty. Uvolňuje se při spalování fosilních paliv (např. hnědého uhlí, černého uhlí, ropy, zemního plynu), ale také biomasy. Rozdíl mezi těmito dvěma typy paliv je však v tom, že biomasa během svého růstu (pomocí fotosyntézy) oxid uhličitý z atmosféry odebírá a zpracovává ho. Také u plantáží RRD odstraňují stromy oxid uhličitý z atmosféry po celou dobu svého růstu, což je cca 4 - 6 let, než jsou sklizeny a např. spáleny v kotli na štěpku. Díky tomuto krátkému uzavřenému cyklu je biomasa z RRD obnovitelná a přispívá k ochraně klimatu.

Prozatím však není biomasa, jako zdroj energie, zcela " $\text{CO}_2$  neutrální", vzhledem k tomu, že jsou k její přípravě a zpracování stále využívány fosilní energetické zdroje (např. ke sklizni, transportu atd.). U nových plantáží RRD musí být navíc zvážen dopad na změnu využití krajiny, která může mít pozitivní či negativní vliv na uvolňování či hromadění uhlíku v půdě. Na plantážích RRD je ve srovnání s jednoletými plodinami akumulace uhlíku v půdě obvykle vyšší, a proto lze mluvit o dalším pozitivním vlivu na zmírňování změny klimatu.

**Blok 7: Jaký je rozdíl mezi spalným teplem a výhřevností?**

Důležité informace týkající se vlastností paliva udává výhřevnost a spalné teplo.

**Spalné teplo** udává množství tepla uvolněného dokonalým spálením jednotkového množství paliva. Vzniklá voda zkondenzuje (uvolní své výparné teplo) a nachází se v kapalném stavu.

**Výhřevnost** udává množství tepla uvolněného za stejných podmínek jako spalné teplo, ale vzniklá voda je ve formě páry. Výhřevnost je tedy nižší než spalné teplo o výparné teplo vody. Proto hodnota výhřevnosti se stoupajícím obsahem vody v biomase klesá.

U biomasy je spalné teplo v průměru o 6 % (kůra), 7% (dřevo) nebo 7,5 % (zemědělská produkce) vyšší než výhřevnost (viz Tabulka 14). Nicméně toto pravidlo platí pouze pro tuhá paliva v naprosto suchém stavu bez obsahu vody. U vlhké biomasy se tento rozdíl zvyšuje. Tabulka 15 zobrazuje parametry typické pro RRD jako vrba a topol, v porovnání s ostatními palivy.

**Tabulka 14: Spalovací charakteristika pevných paliv (Hiegl a kol. 2011) (průměrné/typické hodnoty; reálné hodnoty závisí na mnoha faktorech)**

Typ paliva	Výhřevnost [MJ/kg]	Spalné teplo [MJ/kg]	Obsah popela [%]	Teplota měknutí popela [°C]
<b>Topol</b>	18,5	19,8	1,8	1 335
<b>Vrba</b>	18,4	19,7	2,0	1 283
<b>Buk</b>	18,4	19,7	0,5	-
<b>Smrk</b>	18,8	20,2	0,6	1 426
<b>Kůra jehličnanů</b>	19,2	20,4	3,8	1 440
<b>Pšenice (sláma)</b>	17,2	18,5	5,7	998
<b>Pšenice (zrno)</b>	17,0	18,4	2,7	687
<b>Černé uhlí</b>	29,7	-	8,3	1 250
<b>Hnědé uhlí</b>	20,6	-	5,1	1 050

**Tabulka 15: Přehled energetického obsahu RRD a štěpky pocházející z jiných dřevin v závislosti na obsahu vody (průměrné/běžné hodnoty; reálné hodnoty záleží na několika faktorech.**

Obsah vody [%]		0	15	20	30	50
	<b>Jednotka</b>	<b>Výhřevnost [kWh]</b>				
	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
<b>Topol (hustota 353 kg/m<sup>3</sup>-plnometr)</b>	skládání m <sup>3</sup>	1765	1723	1705	1662	1525
	volně sypaný m <sup>3</sup>	706	689	681	666	610
	kg	4,54*	3,76*	nedostupné	2,97*	nedostupné
<b>Vrba (hustota 420 kg/m<sup>3</sup>-plnometr)</b>	skládání m <sup>3</sup>	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné
	volně sypaný m <sup>3</sup>	nedostupné	680-810**	nedostupné	620-740**	nedostupné
	kg	nedostupné	4,06*	nedostupné	3,23*	nedostupné
<b>Oiše (hustota 530 kg/m<sup>3</sup>- plnometr)</b>	skládání m <sup>3</sup>	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné
	volně sypaný m <sup>3</sup>	nedostupné	720-860**	nedostupné	660-790**	nedostupné
	kg	nedostupné	4,11*	nedostupné	3,27*	nedostupné
<b>Akát (hustota 750 kg/m<sup>3</sup>-plnometr)</b>	skládání m <sup>3</sup>	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné
	volně sypaný m <sup>3</sup>	nedostupné	1090- 1300**	nedostupné	990-1190**	nedostupné
	kg	5,20	4,32	4,02	3,44	2,26
<b>Jedle (hustota 379 kg/m<sup>3</sup>-plnometr)</b>	skládání m <sup>3</sup>	1970	1930	1900	1860	1710
	volně sypaný m <sup>3</sup>	788	770	762	745	685
	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
<b>Buk (hustota 558 kg/m<sup>3</sup>-plnometr)</b>	skládání m <sup>3</sup>	2790	2720	2700	2630	2410
	volně sypaný m <sup>3</sup>	1116	1090	1077	1052	964

Zdroj: CARMEN 2014, \*Verscheure 1998, \*\* ETA Heiztechnik GmbH n.d. (první hodnota volně sypaného m<sup>3</sup> je pro 50 %, druhá pro 30 %; jiné zdroje).





Obrázek 61: Malý systém vytápění na pelety (výkon 24-50 kW) s kotlem (vlevo), dávkovací zařízení (uprostřed) a zásobník na štěpku (vpravo) od firmy Fröling. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 62: Středně velký systém vytápění na štěpku (výkon 3 000 kW) s kotlem (vpravo) a akumulací nádrží (vlevo) v Biomassehof Achental, Německo. (Zdroj: Rutz D.)

U větších spalovacích zařízení může být pro výrobu elektřiny využit ORC cyklus (Organický Rankinův Cyklus). ORC je termodynamický děj, který pohání generátor na výrobu elektřiny. Ve srovnání s jinými systémy KVET, jako je zplyňování (Obrázek 64), je ORC systém obvykle instalován v mnohem větším měřítku.

V ještě větší míře jsou průmyslové pelety či dřevní štěrka spalovány ve velkých, často uhelných elektrárnách, které obvykle vyrábějí elektřinu prostřednictvím parní turbíny. V ideálním případě dodávají tyto elektrárny také teplo do sítě dálkového vytápění. Spalování štěrky se v Evropě provádí převážně v Nizozemí, Velké Británii nebo Belgii, ale i v České republice.



Obrázek 63: ORC systém (1520 kW<sub>el</sub>) v Grünfütterungstrocknungsgenossenschaft Kirchdorf a.H. eG, Německo. (Zdroj: Rutz D.)

## 9 Vliv RRD na životní prostředí

Obecně platí, že díky svým nízkým požadavkům (v porovnání s jednoletými plodinami) přináší pěstování RRD mnoho pozitivních vlivů na životní prostředí. Naopak riziko negativních dopadů je obecně velmi nízké. Některé dopady na životní prostředí již byly popsány v kapitole 2.5 a dalších, v následujících kapitolách jsou některé konkrétní dopady popsány podrobněji, jak byly popsány ve zprávě SRCplus "Kritéria udržitelnosti a doporučení pro RRD" (Dimitriou & Rutz 2014).

### 9.1 Fytodiverzita

Fytodiverzita je rozmanitost, množství rostlin a jejich rostlinných společenstev. Ve Švédsku, Německu, ale i dalších zemích, byly na plantážích RRD provedeny série experimentů, které byly zaměřeny na stanovení, kvantifikaci a vyhodnocení rozdílů mezi plantážemi RRD a alternativními způsoby využití půdy, jako je produkce obilovin a trávy na zemědělské půdě,

ale také rozdíly, mezi plantážemi RRD a lesní půdou (Dimitriou a kol., 2012a). Přehled poznatků je uveden níže:

- Plantáž RRD může zvýšit fytodiverzitu v zemědělské krajině - jako dodatečný konstrukční krajinný prvek.
- RRD vytváří stanoviště pro odlišnou druhovou skladbu rostlin, než která se nachází na okolních typech využití území a mohou proto zvýšit rozmanitost rostlinných druhů, zvláště v místech, kde převládají orné půdy a jehličnaté lesy.
- Druhovou skladbou plantáží je směs druhů lesní, travní a rumištní vegetace (rostliny, které jako první osidlují zničená či narušená stanoviště), zatímco na orné půdě se vyskytují převážně rumištní druhy a druhy rostlin rostoucích na orné půdě.
- U plantáží RRD bylo zjištěno, že jsou až třikrát bohatší na počet rostlinných druhů než orná půda, a v některých případech bylo prokázáno, že jsou druhově bohatší než jehličnaté a smíšené lesy.



Obrázek 64: Jarní vegetace na tříleté topolové plantáži RRD, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 65: Podzimní vegetace na topolové plantáži RRD, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 66: Jarní vegetace na vrbové plantáži RRD, Švédsko. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 67: Vrbová plantáž osázená dvěma různými klony může přinést zvýšení počtu jiných rostlinných druhů na plantáži. (Zdroj: Weih M.)

• Podíl RRD na zvýšení druhové rozmanitosti v zemědělské krajině se v průběhu času mění. Se snížením intenzity světla, které dopadá na přízemní vegetaci, se zvyšuje procento lesních druhů. Druh vysázené dřeviny, hustota porostu, stáří plantáže a délka obmýtí tedy ovlivňuje druhovou skladbu.

• Pro podporu lesních druhů a společenstev jsou vhodnější vrbové plantáže RRD v porovnání s topolovými. Topolové plantáže jsou z hlediska slunečního záření prostupnější a poskytují tedy lepší podmínky světlomilnějším druhům rostlin.

Vliv nových plantáží RRD na krajinu závisí vždy na různých faktorech a měl by být pečlivě zvážen. Jednoduché a cenově efektivní metody ke zvýšení fyto-diverzity lze snadno realizovat – např. vysázením plantáže složené z různých klonů a druhů dřevin, zasazením kvetoucích rostlin na úvrati plantáže, výsadbou původních keřů na hranicích a mezi plantážemi, záměrným ponecháním mezer v plantáži, ve kterých mohou spontánně klíčit rostliny, apod.

Následující body lze vnímat jako doporučení pro předcházení negativním dopadům a zvýšení fyto-diverzity v dané oblasti (Dimitriou a kol., 2012a):

• Je třeba vyvarovat se založení plantáže RRD v oblastech, které se nachází ve velmi dobrém ekologickém stavu (např. chráněné oblasti, oblasti s výskytem vzácných druhů, mokřady, rašeliniště, močály).

• Vysoká strukturální diverzita dává za vznik stanovišti s různými požadavky pro rostlinné druhy, a tím zvyšuje lokální rozmanitost. Vysoké strukturální rozmanitosti lze dosáhnout (1) výsadbou různých druhů a klonů dřevin na jedné plantáži a dále (2) sklízením plantáže v různých intervalech tak, aby měly v rámci jedné plantáže dřeviny různé obmýtí.

• Okraje plantáží disponují vysokou druhovou rozmanitostí; je doporučeno vysadit raději několik malých plantáží na místo jedné velké - malé plantáže mají poměrově delší hrany, na rozdíl od těch velkých (poměr velikosti k délce hrany). V případě, že toto řešení není možné, se doporučuje vysadit dlouhou obdélníkovou plantáž, která poskytne v rámci zvyšování fyto-diverzity více výhod.

• Zvýšení počtu lesních druhů lze dosáhnout snížením slunečního záření dopadajícího na přízemní vegetaci pomocí delšího sklízecího cyklu, vysokou hustotou porostu a výsadbou vrb místo topolů. Další možností je vysázení řádků ve směru od východu k západu, za účelem snížení množství dopadajícího slunečního záření (dřeviny zastíňují pozemní vegetaci).

• Okraje a úvrat' plantáže umožňující snadnější sklizeň by měly být co nejširší – poskytnou např. místo k vysázení původních druhů kvetoucích rostlin, které budou přitahovat hmyz. Sečení úvratí by mělo být přizpůsobeno vzhledem k maximalizaci environmentálních benefitů.

• Skladba rostlinných druhů je na plantáži RRD ovlivněna intenzitou slunečního záření (viz výše) a půdními vlastnostmi. Vysoce kvalitní humus a dobrá dostupnost živin podporuje druhy indikující vyšší množství dusíku v půdě. Zvyšující se kyselost půdy zvýhodňuje naopak druhy indikující kyselou půdní reakci.

• Druhové složení rostlin na plantážích RRD je vyšší a různorodější, než na orné půdě.

• Čím vyšší je počet typů biotopů, tím vyšší je celková druhová rozmanitost v krajině (gama diverzita), tím nižší je druhový podíl plantáží RRD na gama diverzitu.

• Druhové složení půdní semenné banky má malý vliv na aktuální porost RRD, a tento vliv klesá se zvyšující se životností plantáže RRD.



**Obrázek 68:** Okraj vrbové plantáže sousedící s polem ozimé pšenice. Z obrázku je patrná zvýšená fyto-diverzita. (Zdroj: Nordh N-E.)

## 9.2 Zoodiverzita

Zoodiverzita je druhová rozmanitost či množství druhů zvířat a jejich společenství. Stejně jako pro fyto-diverzitu jsou pro zoodiverzitu shromažďována a analyzována podobná data.

Ve Švédsku je obecně známo, že jsou vrbové plantáže atraktivní pro divokou zvěř (např. srnčí) a proto bylo mnoho plantáží založeno pro účely myslivosti. Navíc bylo zjištěno, že se v zemědělské krajině usídlila divoká prasata, což svědčí o zvyšujícím se počtu savců. Výskyt jelenů, zajíců a králíků na plantáži může činit problémy, a někdy může jejich zvýšený počet způsobit plantáži ztráty. Na druhou stranu, pokud by se výsadba plantáží více rozšířila, není vyloučeno, že by počty zajíců nezačaly klesat, protože tyto druhy dávají přednost smíšené zemědělské půdě a je nepravděpodobné, že by se jim dařilo v hustě vysázených porostech mlází.

Ohledně možného zvýšení počtu ptáků v krajinách, kde jsou vysázeny plantáže, RRD proběhlo několik diskuzí. Podrobný přehled nejdůležitějších poznatků z výzkumu, který na toto téma probíhal, je uveden níže (Dimitriou et al., 2012a):

- Plantáže RRD jsou z hlediska druhové rozmanitosti ptačích druhů a jejich počtu v porovnání s jinou ornou půdou obecně bohatší, na druhou stranu se na nich jen málo vyskytují speciální hnízdící druhy ptáků.
- Pravidelně hnízdící druhy ptáků jsou na plantážích RRD nejběžnější a proto nejsou ohrožené.

- V malém měřítku se na plantážích vykytují ohrožené hnízdící druhy ptáků, které se omezují převážně na mladé RRD nebo na okraje plantáží.
- O tom, zda je stanoviště – plantáž - pro hnízdění ptáků vhodné obecně silně závisí na věku a struktuře pěstovaných vrb/topolů. Různé ptačí druhy preferují různé věkové třídy RRD.
- Jak plantáž stárne a zvyšuje se výška dřevin, mění se i složení hnízdících druhů ptáků - z druhů, pro které je přirozené hnízdění v otevřené krajině na druhy, které hnízdí v křovinách a nakonec až na druhy původně obývajících lesní biotopy.
- Druhově nejbohatší a nejhojnější ptačí společenstva se nacházela na 2 - 5 letých plantážích.
- Rozmanitost a četnost ptačích druhů je spojena také s hustotou výsadby a zvýšeným množstvím plevelů.
- Různé počty hnízdících ptačích druhů na plantážích jsou způsobeny mnoha dalšími faktory, např. různými rozměry stanovišť, intenzitou údržby plantáží, umístěním lokality v kontextu s krajinou a místním zastoupením ptačích druhů. Umístění lokality v kontextu s krajinou je rozhodující z hlediska vlivu plantáže RRD na rozmanitost hnízdících druhů ptactva v zemědělské krajině.
- Jaký bude celkový vliv na zoodiverzitu záleží do značné míry na typu pozemku, kde jsou RRD pěstovány a typu okolní krajiny.

V případě, že by byla podstatná část homogenní a intenzivně obhospodařované krajiny (např. 20%) nahrazena porosty RRD, zvýšil by se počet (Dimitriou a kol., 2012a):

- hnízdících druhů ptáků – plantáže RRD vytvářejí nové biotopy;
- hnízdících druhů lesních ptáků – v případě, že v některých lokalitách dorostou RRD do výšky podobné běžným stromům – (výška topolů/vrb > cca 8 m);
- hnízdících druhů ptáků, které vyhledávají křovinatá stanoviště – v případě, že budou RRD v některých lokalitách ve stadiu podobném křovinám s velkým nárůstem výšky vegetace a hustoty porostu (výška topolů / vrb > 1 m);
- bez kvantitativního rozdílu u orné půdy a ptáků, kteří vyžadují pro hnízdění a shánění potravy otevřené biotopy;
- hnízdících druhů ptáků, kteří preferují ekotony (přechodové zóny mezi biotopy, např. stromy/keři a otevřenou krajinou) a profitují z okrajového efektu zvyšujícího se u malých a obdélníkových plantáží RRD;
- hnízdících druhů ptáků, které vyhledávají malé lokality s neobhospodařovanými TTP, nesečenou vysokou trávou a bylinami na okraji plantáže;
- ohrožených druhů (o něco málo), díky stanovištím, jejichž vznik je s plantážemi RRD spojen (např. bylinná vegetace, ekotony), či spíše se zvýšením strukturální bohatosti.

Další pozitivní vliv mají plantáže RRD na rozmanitost bezobratlých živočichů, jako jsou žížaly, pavouci, brouci a motýli, kteří se vyskytují jak v nadzemní biomase, tak v půdě. Na plantážích byl po řadu let zaznamenán zvýšený počet žížal (ve srovnání s ornou půdou). Nicméně navzdory zvýšenému počtu jedinců některých druhů na plantážích, intenzivně obhospodařované plantáže jen těžko poskytnou botanicky bohatá stanoviště a zároveň je nepravděpodobné, že by měly stanoviště velkou hodnotu pro ohrožené bezobratlé druhy, které obývají přízemní vrstvy. Výskyt bezobratlých lze při pěstování RRD podpořit také co nejmenším používáním pesticidů.



**Obrázek 69: Zajíc uprostřed vrbové plantáže - v některých oblastech mohou různé druhy savců způsobit rozsáhlé škody. Oplocení se však běžně nevyužívá, protože jsou s jeho výstavbou spojené vysoké investiční náklady. (Zdroj: Dimitriou I.)**



**Obrázek 70: Srnec vstupující na vrbovou plantáž. Je známo, že plantáže RRD přitahují savce vyskytující se v dané oblasti, poskytují jim totiž útočiště a potravu. (Zdroj: Nordh N-E.)**



**Obrázek 71: Posed umístěný na okraji vrbové plantáže - některé druhy ptáků vyhledávají především právě okraje plantáží. (Zdroj: Dimitriou I.)**



**Obrázek 72: Opylování vrbových květů. (Zdroj: Nordh N-E., Rutz D.)**

Při kvetení poskytují RRD dostatek pylu pro včely (včely medonosné či divoké), jsou tak velmi vhodným prostředím pro jejich chov. Plantáže skýtají následující výhody:

- Při pěstování RRD se v porovnání s běžnými plodinami používá jen velmi malé množství pesticidů, což včelám, které jsou na agrochemikálie citlivé, vyhovuje.
- Zejména vrby kvetou brzy z jara a poskytují tak časný jarní pyl včelám po období zimování.
- Pryskyřice z topolu a pupeny olše jsou důležitým zdrojem propolisu. Propolis je pryskyřičná směs, kterou včely sbírají z pupenů stromů, mízy a dalších rostlinných zdrojů. Včely ji



používají jako antiseptický materiál k udržení hygieny a jako těsnění nežádoucích otvorů v úle.

- Doprovodná přízemní vegetace plantáže je důležitým zdrojem nektaru.
- Květy trnovníku produkují velké množství nektaru, a slouží tedy jako cenný zdroj potravy pro včely.
- Na většině plantáží se nachází úvratě (volné plochy bez RRD), které poskytují dostatek místa pro manipulaci s technikou. Ty mohou být osázeny původní divokou květenou, která poskytne dostatek potravy včelám a dalšímu hmyzu.



**Obrázek 73: Široké okraje plantáží umožňují růst jiných rostlinných druhů (podporují biodiverzitu) a vytváří přirozené koridory pro divokou zvěř. (Zdroj: Nordh N-E.)**

Následující doporučení se týkají založení nové plantáže RRD ve specifické lokalitě, měla by pomoci předcházet negativním dopadům a naopak zvýšit pozitivní vliv pěstování RRD na zoodiverzitu (Dimitriou a kol, 2012a.):

- Pokud je to možné, měla by být plantáž RRD navržena s větším poměrem okrajových částí vzhledem k vnitřní osázené ploše.
- K osázení plantáže by měla být použita kombinace odrůd a klonů.
- Pěstitel by měl dávat přednost sklizni jednotlivých bloků plantáže v různém časovém intervalu.
- Velké bloky RRD by měly být vzájemně odděleny, např. cestou nebo živým plotem.
- Pokud je to možné, při pěstování vrb vysazovat vrbové hybridy (*Salix* sp.) s různou škálou doby kvetení.

- Obecně by se měl pěstitel vyhýbat používání pesticidů; riziko škůdců lze zmírnit pomocí biologických opatření.
- Procentuální podíl plochy plantáže RRD by měl být vyhrazen pro malá stanoviště, jako jsou pásy trávy a stupňovité meze.
- Nové plantáže RRD by neměly být zakládány v oblastech, které mají pro volně žijící živočichy velký význam, jako jsou např. mokřady, mokré louky, půda povinně uvedená do klidu (ladem), polopřírodní TTP.

### 9.3 Půda

Již v předchozích kapitolách byla zmíněna největší výhoda pěstování RRD na zemědělské půdě, a to jejich pozitivní vliv na kvalitu půdy. Níže je uveden detailní seznam výhod RRD, v případě jejich pěstování na zemědělské půdě po několik let (např. více než 15 let) (Dimitriou a kol., 2012b):

- Ukládání uhlíku (C) do půdní organické hmoty je u RRD vyšší než u běžných zemědělských plodin, jako jsou obiloviny nebo intenzivně obhospodařované travní plochy.
- Půdní organická hmota je u RRD stabilnější, než u běžných zemědělských plodin a podporuje ukládání uhlíku v půdě.
- Eroze půdy je na plantáži RRD nižší, než při pěstování běžných zemědělských plodin.
- Celkové množství dusíku v půdě je u RRD vyšší a proporcionální dostupnost dusíku je nižší, z důvodu zvýšeného podílu C/N v půdní organické hmotě u RRD v porovnání s běžnými zemědělskými plodinami.
- Dostupnost fosforu (P) pro rostliny je u RRD nižší, než u běžných zemědělských plodin.
- Objemová hmotnost je mírně vyšší u RRD než u běžných zemědělských plodin.
- pH půdy může být u RRD mírně nižší (kyselejší), než u běžných zemědělských plodin.
- Mikrobiální aktivita je mírně nižší do doby, než dojde k vytvoření nové biomasy (listy, kořeny) – to přispívá k akumulaci organické půdní hmoty v porovnání s půdami využívanými ke konvenčnímu zemědělskému hospodaření.
- Koncentrace kadmia (Cd) v půdě je na plantážích RRD nižší, než u konvenčních zemědělských plodin.

Navíc obecně platí, že zhutnění půdy může být na plantáži RRD nižší, v porovnání s jinými zemědělskými plodinami, protože sklizeň RRD neprobíhá tak často. Kromě toho se lze zhutnění půdy vyhnout v případě, že je sklizeň prováděna v zimě, kdy je půda zmrzlá (a kdy je také největší poptávka po dřevě pro energetické účely). Zvyšuje se také podíl mykorrhizy (obvykle mezi houbou a kořeny rostliny - ektomykorrhiza) u rychle rostoucích druhů topolu, vrby, břízy a eukalyptu, v porovnání se sousední ornou půdou, což je prospěšné pro koloběh živin.

Na závěr je třeba zmínit možnost využití RRD k fytořemediaci kontaminované půdy. Pojem fytořemediace znamená odstranění znečišťujících látek (např. těžkých kovů, pesticidů, rozpouštědel) pomocí rostlin, bez nutnosti vytěžení kontaminovaného materiálu (půdy), odvozu a uložení na jiné místo. Především některé druhy vrb mají schopnost absorbovat těžké kovy.



**Obrázek 74: Kmen tři roky starého topolu klonu Max 3, březen, Německo - opadané listy z předchozí sezóny stále pokrývají půdu. (Zdroj: Rutz D.)**



**Obrázek 75: Vrbová plantáž (v pozadí) vedle obdělávané orné půdy (foto bylo pořízeno na podzim). V případě, že jsou na poli pěstovány RRD, není půda rozrušována a množství uhlíku v půdě je vyšší, než u běžných zemědělských plodin. (Zdroj: Nordh N-E)**

Následující doporučení se týkají navrhování a plánování nové plantáže RRD; měla by pomoci předcházet negativním dopadům a naopak zvýšit pozitivní vliv na kvalitu půdy:

- RRD mohou být pěstovány na půdách s nízkým počátečním množstvím půdní organické hmoty, protože její množství zvyšují a s tím se zvyšuje úrodnost a ukládání uhlíku v půdě.
- RRD by měly být pěstovány především v oblastech s vysokým rizikem eroze (větrné nebo půdní), například pro snížení ztrát úrodné ornice a živin způsobených vodou či větrem.
- Využití čistírenských kalů a podobných komunálních odpadů na plantážích RRD je podporováno za účelem znovuvyužití živin – RRD pomáhají zabraňovat únikům živin a efektivně extrahují (odstraňují) těžké kovy.
- RRD by měly být pěstovány za účelem sanace půd se zvýšenou koncentrací kadmia, způsobenou např. dlouhodobým používáním fosforečných hnojiv obsahujících kadmium, či jinými zdroji znečištění.
- Aby bylo dosaženo zlepšení kvality půdy zahrnující ukládání uhlíku a odstraňování kadmia, měly by být RRD na stejném místě pěstovány po dobu nejméně tří sklízecích cyklů.
- Sklizeň RRD by měla probíhat v zimě, kdy je půda zmrzlá, aby nedocházelo ke zhutnění půd.

#### 9.4 Voda

Při zkoumání dopadu pěstování RRD na vodu se výzkum zaměřil na problémy s její kvalitou, přičemž očekávaný vliv je většinou hodnocen pozitivně. Je nutné posoudit dopady na vodu prosakující do spodních vod, na samotnou hladinu podzemní vody a na blízká vodní tělesa – zvláště v oblastech, kde je v létě nedostatek vody. Níže jsou uvedeny podrobné výsledky pokusů provedených na plantážích RRD, které porovnávají RRD s jiným zemědělským využitím, a to z hlediska kvality a množství vody (Dimitriou a kol. (2012c).:

- Vyplavování dusičnanů ( $N-NO_3$ ) do podzemních vod je u RRD podstatně nižší, než u běžných zemědělských plodin.
- Vyplavování fosforečnanů ( $P-PO_4$ ) do podzemních vod je téměř stejné, nebo v některých případech u RRD nepatrně vyšší, než u zemědělských plodin.
- Mírně zvýšené vyplavování fosforečnanů ( $P-PO_4$ ) do podzemních vod s aplikací kalů z ČOV na plantáž RRD nesouviselo.
- RRD vysázené jako větrolamy prokazatelně snižují difuzní znečištění pesticidy.
- Vrbová plantáž odčerpává v porovnání s TTP podstatně méně spodní vody, ale v případě, že by bylo toto pozorování přeneseno na spádovou oblast, která je z 20 % osázena RRD, může být sledován mírný negativní vliv na hladinu podzemní vody
- Sklizeň vrbové plantáže vede k vyššímu doplnění zásob podzemní vody v prvním roce opětovného růstu, protože jsou sníženy ztráty vody způsobené transpirací (výpar z rostlin) a intercepcí (zadržování srážek korunami stromů a jejich následný výpar z povrchu vegetace).

Následující doporučení se týkají výběru lokality a plánování rozvržení nové plantáže RRD; měla by pomoci předcházet negativním dopadům a naopak zvýšit pozitivní vliv na kvalitu a množství podzemní vody:

- RRD mohou být pěstovány na polích nacházejících se v blízkosti zdrojů dusíku (např. farem s živočišnou produkcí, ČOV, zranitelných oblastech z hlediska dusíku apod.)

- RRD by měly být pěstovány v oblastech, kde se předpokládá vysoká hladina podzemní vody (potenciální záplavové oblasti a lokality v blízkosti vodních ploch, které se mohou při zvýšení hladiny podzemní vody vylít z břehů).
- Vzhledem k tomu, že čistírenské kaly a podobné pevné komunální odpady neovlivňují kvalitu podzemní vody, je jejich aplikace podporována, a to za účelem opětovného využití živin.
- Častější frekvence sklizní vedou k vyššímu průměrnému doplnění zásob podzemní vody v lokalitě, a proto by měl být tento postup podporován s cílem zmírnění možných negativních dopadů, při kterých je doplňování podzemní vody sníženo.

### **9.5 Využití popela a kalů z ČOV jako hnojiva**

RRD nepatří mezi potraviny ani krmiva a z toho důvodu lze uvažovat o využití kalů z ČOV na zemědělské půdě, vzhledem k tomu, že je nebezpečí přímé kontaminace potravinového řetězce minimální. V Evropě je tato metoda v souladu s politickými rozhodnutími, která podporují recyklaci fosforu (jako konečného zdroje) a dusíku v zemědělství. Navíc přispívá ke zvýšení obsahu uhlíku v zemědělských půdách. Nicméně po aplikaci kalů na půdu je nutné kontrolovat množství těžkých kovů, které se do půdy takto dostávají. Dále by měl být regulován jejich tok v systému rostlina – půda tak, aby nedocházelo k akumulaci kovů v půdě a zvýšení obsahu těžkých kovů v následně pěstovaných plodinách určených pro výživu lidí či zvířat. Ve všech evropských zemích jsou vymezeny předpisy stanovující maximální celkové množství kalu aplikovaného na půdu a povolené koncentrace těžkých kovů v půdě po předchozí aplikaci kalů. Tyto předpisy se v jednotlivých zemích mění, a proto je nutné aplikaci konzultovat s místními orgány ochrany životního prostředí.

Čistírenský kal není ve smyslu rostlinné výživy vyvážené hnojivo, obsahuje určité množství dusíku (především organicky vázaného), velké množství fosforu, ale jen velmi málo draslíku - z tohoto důvodu je výhodné na plantáž aplikovat směs kalů a dřevního popela (Dimitriou a kol., 2006). Dřevní popel totiž obsahuje velké množství draslíku, jen velmi málo fosforu a žádný dusík. Tato směs může nahradit konvenční anorganické hnojivo RRD, ačkoliv v některých případech lze ještě dodatečně aplikovat dusík, aby byly celkově splněny nároky RRD na množství živin. Akumulace nebezpečných těžkých kovů a fosforu by měla být minimalizována jejich příjmem dřevinami. Při sklizni jsou pak části prýtů obsahujících těžké kovy ze systému odstraněny a spáleny. Popel ze spalování zahrnuje škváru s nízkým obsahem těžkých kovů a popílek, který naopak obsahuje jejich vysoké koncentrace. Na plantáž je pak aplikována pouze škvára, popílek je uložen na skládku a tím odstraněn z cyklu.

Směs kalu a popela se aplikuje na plantáž RRD ve fázi jejího zakládání a dále po každé sklizni - jinými slovy jednou za tři až pět let – s cílem doplnit živiny odebírané při sklizni. V praxi je množství použité směsi přizpůsobeno maximálnímu povolenému množství fosforu (obvykle je omezené, např. ve Švédsku se pohybuje mezi 22 až 35 kg fosforu na hektar za rok).



Obrázek 76: Aplikace směsi čistírenských kalů a popela je ve Švédsku běžnou praxí. (Zdroj: Dimitriou I.)

Kadmium je považováno za jeden z nejnebezpečnějších kovů pro lidské zdraví. Především vrby jsou schopné přijmout vysoká množství kadmia (Dimitriou a Aronsson, 2005). Po spálení biomasy zůstane kadmium a další těžké kovy v různých frakcích popela. To umožňuje jejich oddělení od popela, který je používán ke hnojení. Tento postup se však nevyplácí a tak je často veškerý popel i s živinami uložen na skládku.

## 9.6 Agrolesnické systémy

Agrolesnictví je systém využití půdy, ve kterém jsou stromy, v tomto případě druhy RRD, pěstovány okolo nebo mezi plodinami či pastvinami. Tato praxe kombinuje zemědělskou a lesnickou technologii k tvorbě rozmanitějšího, produktivnějšího, ziskovějšího, zdravějšího a udržitelného systému využívání půdy.

Vynikající příležitostí pro využití agrolesnických systémů jsou především velmi velká pole s velkým rizikem půdní eroze. Podle studií mají plantáže RRD pozitivní vliv na mikroklima, a dokonce i zvýšené zastínění v létě má pozitivní vliv na výnosy pšenice a řepky sousedící s plantážemi RRD (Obrázek 78).

Mimoto lze najít příklady, kdy byl do agrolesnického systému s RRD zahrnut chov zvířat, např. drůbeže. Zejména v tropickém pásmu byl prokázán pozitivní vliv agrolesnického systému na zlepšení kvality půdy, a zajištění potravin a výživy u drobných zemědělců (Kaufmann a kol., Nd).



**Obrázek 77: Agrolesnický systém na 40 ha poli v Dornburgu, Německo: pásy topolů působí jako přirozená ochrana před větrem a na takto velkém poli mají pozitivní vliv na mikroklima. Dříve zde byla pouze monokultura jednoletých plodin. (Zdroj: Rutz D.)**

## 10 Ekonomika RRD

Ekonomické výpočty, týkající se RRD, se od sebe mohou značně lišit. V praxi existuje mnoho příkladů, kdy se pěstování RRD stalo pro zemědělce dobrým byznysem, objevily se však také případy, kdy ziskovost nedosahovala předpokládaných hodnot. Rozdíly v ekonomice jsou způsobeny její závislostí na několika faktorech, které se odvíjejí od místních podmínek na plantáži. Tyto faktory zahrnují jak náklady na management plantáže RRD, které se mohou lišit mezi státy, nebo mezi lokalitami v jedné zemi, či dokonce mezi jednotlivými farmami v jednom státě (pokud je např. již v místě dostupná technika, nebo je naopak technika pro údržbu a sklizeň RRD vzdálená), tak také zisk, vzhledem k tomu, že se mohou prodejní ceny dřevní biomasy lišit od místa k místu a samozřejmě také mezi jednotlivými státy.

Především prodejní cena dřeva závisí na cenách jiných zdrojů energie v rámci státu či území, a může se lišit v čase, v závislosti na ročním období. Proto, když mluvíme o ekonomice RRD, je obtížné a riskantní všechny tyto faktory zobecnit. Tato část příručky se tedy zaměřuje na několik konkrétních příkladů praxe, z různých částí Evropy, a s různým způsobem hospodaření, včetně detailů týkajících se ekonomiky, namísto obecných výpočtů (Dimitriou a kol., 2014b). Takto lze snadněji provést srovnání a porovnání skutečných faktů. Aby bylo možné získat na jednotlivé příklady ucelený pohled, jsou v každé podkapitole popsány postupy, management, a poskytnuty další s tím spojené informace ještě dříve, než jsou uvedeny obecné ekonomické výpočty s náklady a zisky.

### 10.1 Příklad 1: Vrbová plantáž v Grästorpe, Švédsko

První příklad představuje pěstování vrby na zemědělské půdě. Štěpka z vrbové plantáže, se spolu se dřevem z dalších zdrojů, využívá k výrobě bioenergie v místní teplárně. Na farmě Puckgården (o celkové rozloze 50 ha) jsou na 21 ha pěstovány vrby určené k produkci biomasy pro výrobu energie. Na zbytku půdy je pěstován oves, pšenice, hrách a řepka. Puckgården je členem místního sdružení 12 zemědělců, kteří pěstují vrby na území o

celkové rozloze cca 100 ha. Členové sdružení spolupracují na všech aspektech týkajících se managementu plantáže RRD: asociace objednává provedení sklizně u místních podnikatelů (kteří jsou však placeni zvláště od každého člena, na základě délky pracovní doby), dopravuje a prodává štěpku do místní teplárny.

Na farmě Puckgården je zároveň štěpkována další biomasa, která je také následně prodávána do místní teplárny. Teplárna platí farmářům za m<sup>3</sup> dřevní štěpky, což je pro ně výhodné především proto, že výkupní cena zůstává stejná a neodvívá se od proměnlivé kvality štěpky.

Jednotlivé vrbové plantáže byly založeny v letech 1991, 1992 a 1993, kdy byla dotace pro vysazení RRD ve výši 10 000 SEK (přibližně 1 110 €, 1 € = 9 SEK) a pokrývala v té době veškeré náklady na výsadbu. Co se týče hnojení, bylo na plantáž aplikováno přibližně 100 kg dusíku na ha každý druhý rok po sklizni, a dále odpadní voda z okolních farem. Množství živin v půdě na 1 ha je však malé a aplikace odpadní vody jsou spíše využívány k doplnění vody v letním období.

Vrby se sklízí každým čtvrtým rokem časně z jara (březen), kdy je půda ještě stále zmrzlá. Sklizeň zajišťuje místní podnikatel, který využívá sklízecí stoj Claas Jaguar, který biomasu přímo štěpkuje. Její produkce se pohybovala v rozmezí 8 a 10,7 t sušiny na 1 ha za rok. Štěpka se skladuje v hromadách podél plantáže po dobu cca jednoho měsíce (aby proschla), a následně je dopravena do místní teplárny v Grästorp. Teplárna má výkon 3,5 MW a je vlastněna ze 40 % městem a ze 60 % zemědělským družstvem Lantmännen, které je vlastněno převážnou většinou aktivních švédských zemědělců. Teplárna zásobuje teplem městské budovy ve městě Grästorp (přibližně 5 641 obyvatel) a soukromé byty v této lokalitě. 6 měsíců v roce spaluje kotel teplárny pouze vrbovou štěpku, po zbytek roku je vrbová štěpka spoluspalována s lesní štěpkou.

Níže jsou uvedeny propočty výrobních nákladů a zisků v €/ha/rok pro cenovou úroveň v roce 2011. Nejsou zde zahrnuty platby jednotlivých farem. Náklady na výsadbu (tj. sázecí a sklízecí technika, mzdové náklady) se pohybovaly kolem 1 110 €/ha a jsou uvedeny v Tabulce 16. V tabulce je zahrnuta také poskytnutá dotace ve výši 1 110 €/ha.

**Tabulka 16: Výrobní náklady, výnosy a zisk v €/ha/rok z vrbové plantáže v Puckgården**

Náklady (€/ha/rok)	
Hnojení	38
Kontrola/údržba	22
Sklizeň	139
Doprava	105
Režijní náklady	55
Úrok	11
<b>Celkem</b>	<b>370</b>



Výnosy (€/ha/rok)	
Štěpka	864
<b>Celkem</b>	<b>864</b>

Zisk (€/ha/rok)	
	494

\* pro výpočet byl použit měnový kurz 1 € = 9 SEK a 5 sklízecích cyklů při čtyřletém obmýtí (vrby byly sklizeny vždy po 4 letech, celkem 5x)

\*\* byly zahrnuty všechny náklady s výjimkou nákladů spojených s vlastnictvím půdy

\*\*\* náklady spojené s administrativou, náklady na telefon a dopravu byly zahrnuty do „režijních nákladů“

V Tabulce 17 je uvedena kalkulace včetně vyšších nákladů a nižší produkce při počátečním sklízecím cyklu.

**Tabulka 17: Výpočet zisku vrbové plantáže v Puckgården při 5 čtyřletých sklízecích cyklech, v případě, že jsou brány v potaz všechny sklizně (včetně první, méně produktivní, sklizně).**

	Produkce biomasy (t/ha/rok)	Cena štěpky (€/t sušiny)	Výrobní náklady (€/t sušiny)	Dotace na výsadbu (€/ha/rok)	Zisk (€/ha/rok)
<b>5. sklizeň</b>	9,5	91	38,5		<b>494</b>
<b>veškeré sklizně</b>	8,8	91	52	50,5	<b>392</b>

\* pro výpočet byl použit měnový kurz 1 € = 9 SEK a 5 sklízecích cyklů při čtyřletém obmýtí (vrby byly sklizeny vždy po 4 letech, celkem 5x)

\*\* byly zahrnuty všechny náklady s výjimkou nákladů na koupi půdy

## 10.2 Příklad 2: Vrbová plantáž v SIA ECOMARK, Lotyšsko

V tomto případě je dřevní štěpka produkována z vrbové plantáže, která byla založena na opuštěné půdě, a z dalšího dostupného zdroje dřeva v Lotyšsku. V Lotyšsku se stále zvyšuje poptávka po kvalitní štěpce, briketách a peletách, určených pro výrobu tepla a/nebo elektřiny, ale i po dřevním materiálu pro stavebnictví. Tyto důvody stály za rozvojem lotyšských firem pěstujících vrbové plantáže na zemědělských půdách. Hlavním cílem těchto společností je produkovat obnovitelný zdroj energie a prodávat surovinu pro výrobu elektřiny a tepla z RRD pěstovaných na opuštěné zemědělské půdě a zároveň ji převést na produktivní plantáže RRD. Společnost Sia Ecomarc uzavřela dohodu se švédskou společností AB Salixenergy, a získala povolení k produkci a prodeji sadebního materiálu z nově založených plantáží RRD v Lotyšsku. Od roku 2012 má společnost dvě sázecí zařízení pro dvouřádkovou výsadbu (stala se více nezávislou na poskytovatelích služeb).

Původně začínala firma na malé vrbové plantáži, která byla zasázena na ukázkou a zároveň pro výuku pěstování vrb na zemědělských půdách. Počáteční plantáž byla založena s tehdejšími nejlepšími dostupnými vrbovými klony, jmenovitě Tora a Torhild (švédské klony), ale také se sadebním materiálem z Litvy a Maďarska. Maďarské klony Salix alba

mohou v podmínkách Litvy přežít, ale jejich prýty trpí od roku 2008 na poškození způsobená mrazem. Původní nápad pěstovat stromy ve formě mlází pro produkci energie a jako zemědělskou plodinu přišel ze Švédska. V té době byla zemědělská půda poměrně levným a ekonomicky výhodným zdrojem (500 - 700 €/ha). V posledních letech se cena půdy zvýšila a nyní se dokonce i opuštěná pole prodávají až za 1 000 €/ha. Firma se také zabývá opatřeními, která vedou ke zlepšení krajiny – např. odstraňováním listnatých a smíšených lesů, které vznikly z náletových dřevin, a které jsou po odstranění využívány k produkci štěpky. Během posledního čtvrtletí roku 2012 začala SIA Ecomark vyrábět dřevní štěpku.

SIA Ecomarc plánuje využívat průmyslové štěpkovače a vyrábět přibližně 7 000 m<sup>3</sup> štěpky měsíčně. Štěpka se vyrábí z různých materiálů dostupných na trhu: zemědělských a lesních zbytků, pil na dřevo, palivového dřeva, keřů a drobných porostů z opuštěných zemědělských pozemků. Zákazníci mohou také využít služby spojené se štěpkováním, které tato firma nabízí. Vrbové plantáže založené na jaře roku 2012 byly sklizeny v zimě 2014 – 2015.

Reálné náklady (pro rok 2013) na jednotlivé managementové kroky této případové studie jsou uvedeny níže. Firma sice již vrbové plantáže sklízela, data však dosud nejsou k dispozici a proto zde nejsou v této souvislosti uvedena.

- cena licencovaného sadebního materiálu: 0,065 €/řízek nebo 0,325 €/m (náklady se rovnají 780 - 975 €/ha),
- náklady na přípravu půdy: 230 - 360 €/ha (včetně chemického postřiku, orby, odstraňování kořenů stromů a kamenů, diskování nebo vláčení před výsadbou),
- výsadba: 215 €/ha,
- mechanické odstraňování plevelů (vláčení pruhů mezi dvouřádky): 55 €/ha (bylo prováděno jednou),
- odstranění plevelů pomocí herbicidů (Stomp CS): 80 €/ha.

### **10.3 Příklad 3: Topoly v Göttingen, Německo**

Německý výrobce kotlů a topných systémů Viessmann zahájil před pár lety svůj program „Efficiency plus“. Cílem programu bylo zahájit zásobování firemních průmyslových budov teplem vyrobeným z dřevní biomasy, a to především z RRD – topolů. Kotel na biomasu spaluje dřevní štěpku z RRD, které jsou pěstovány na 180 ha zemědělské půdy.

Za účelem shromáždění dostatečného množství dřevní štěpky pro zásobování kotle založila firma Viessmann testovací společnost, která měla za úkol pronajmout či zakoupit okolní zemědělskou půdu, aby na ní mohly být zasazeny RRD. Jejich vlastní registrovaná plantáž byla sklizena v roce 2007 a v květnu roku 2008 byl materiál použit k výsadbě prvních 130 ha topolové plantáže. Kromě toho byly na dalších malých plantážích vysázeny jiné druhy RRD, jako například Paulownia, Igniscum, Salix a další.

Plantáže byly poprvé sklizeny v zimě 2009 - 2010, a vzniklá štěpka byla použita k vytápění továrny Viessmann.

Plantáže společnosti Viessmann se z následujících důvodů staly jedním z nejlepších příkladů dobré praxe v Německu:

- Už v počátečním stádiu byli do projektu zapojeni všichni zmínění partneři: orgány ochrany přírody, vodohospodářský úřad, místní úřady a obce, zemědělská správa, místní sdružení zemědělců a místní myslivecké sdružení.
- V lokalitě Allendorfu a na příslušných plantážích bylo provedeno několik výzkumných projektů (některé stále probíhají), např. “ELKE”, “ProLoc II” a “Naturschutzfachliche Anforderungen an KUP”. Ty zajišťují aspekty udržitelnosti související s plantážemi RRD v Německu.
- Projekt obdržel několik ocenění, jako např. Cena německé udržitelnosti (2009, 2011), Cenu energetické účinnosti 2010 a cenu Energy Globe World Award 2012.

První sazenice byly vysazeny v roce 2008, bohužel však nejsou dostupná žádná data týkající se hustoty výsadby (např. počet sazenic na ha) a množství sazenic – možná z důvodu, že byl pro každou jednotlivou plantáž vyvinut vlastní sadební plán. Níže jsou uvedena vybraná klimatická data oblasti Allendorf:

- nadmořská výška: 250 - 708 m. n. m.,
- půda: písčitá,
- průměrná roční teplota: 6,5 - 8,5 °C.

Vezmeme-li v úvahu, že firma Viessmann vyrábí topné systémy, jako jsou např. kotle na dřevo, plantáže RRD do bioenergetického řetězce v Allendorf dokonale zapadají. Navíc se využití biomasy RRD zdá být ve stávajícím bioenergetickém řetězci ideální, protože snižuje tlak na těžbu dřeva v lesích, které hrají spíše roli rekreační. Nicméně, je potřeba zlepšit nové technologie, zejména co se týče sklizně a kvality produkované štěpky.

Dle sklízecích postupů v Allendorf byl proveden výpočet nákladů a výnosů, jeho výsledky jsou uvedeny v Tabulce 18 spolu s dalšími předpoklady.

**Tabulka 18: Přehled nákladů a výnosů z plantáží RRD v Allendorf (Zdroj: von Harling a Viessmann, 2009)**

Náklady/výnosy	Náklady €	Výnosy € *	Komentář
Řízky	1 650		11 000 řízků na ha cena/řízek: 0,08-0,23 €/ks (0,15 €/ks)
Řízky (vlastní výroba)	0		
Podzimní aplikace herbicidu (chemická ochrana)	20		aplikace chemické ochrany (podzim): 5 l/ha
Aplikace chemické ochrany	22		
Podzimní orba	94		
Jarní aplikace herbicidu	12		použití chemické ochrany (jaro): 3 l/ha
Aplikace chemické ochrany	22		
Vláčení, jaro	47		
Náklady na výsadbu	1 100		
Mulčování, začátek léta	33		
Náklady na sklizeň	7 500		sklizeň 15 €/t doprava 10 €/t
Účetní výkazy a daně	2 071		
Sociální odvody	1 036		
Konzultace	31		

Náklady/výnosy	Náklady €	Výnosy € *	Komentář
Personální náklady Viessmann	3 000		
Rekonverze (1 000 €/ha)	1 000		
Prodej dřevní štěpky firmě Viessmann		19 500	prodejní cena (dřevní štěpka): 65 € /t absolutní sušiny
Dotace		571	
Příjmy z majetku (pronájem luk a pastvin)		166	
Bonus (energetické plodiny)		300	
Příjmy z prodeje řízků z vlastní produkce		0	
<b>Zůstatek</b>	<b>- 4 000</b>	<b>6 899</b>	<b>2,899</b>

\*předpokladem je životnost plantáže v délce 30 let (sklizeň každý 3. rok)

#### 10.4 Příklad 4: Vrbová plantáž v Bretani, Francie

V letech 2004 - 2007 bylo v Bretani vysazeno 100 ha vrbových plantáží k výrobě tepelné energie, jako součást výzkumného projektu „EU Life Environment“. Cílem projektu bylo pěstování RRD v regionu a demonstrace jejich využitelnost při čištění odpadních vod. Zvláštní pozornost byla kladena na správné nastavení projektu ve smyslu ekonomické životaschopnosti, nalezení nejlepších postupů v dané oblasti a rozvinutí místního řetězce výroby tepla. Bylo provedeno několik různých studií s cílem nastavit kritéria a analyzovat výsledky, aby mohly být závěry projektu přeneseny do dalších zájmových oblastí. Níže jsou uvedeny výsledky projektu „Wilwater“, na základě tří různých modelů, v souladu s hlavním cílem projektu:

- cíl 1: produkce dřevní štěpky pro výrobu tepla,
- cíl 2: ochrana životního prostředí, zavlažování plantáží upravenou odpadní vodou nebo ochrana pitné vody ve spádových oblastech,
- cíl 3: aplikace kalů z ČOV.

Projekt Wilwater byl zahájen s cílem nalézt vhodný přístup k pěstování RRD v rámci mnoha kritérií, aby bylo možné překonat ekonomické problémy spojené s jejich pěstováním ve Francii. Vzhledem k tomu, že se RRD pěstované pro výrobu tepelné energie ve Francii svou rozlohou stále pohybují pouze v malém měřítku a jejich politická podpora je okrajová, bylo potřeba najít pro jejich pěstování nové cesty. Všichni aktéři zapojení do projektu zdůrazňovali, že mají více než jen ekonomickou motivaci:

- motivace k větší autonomii (výroba vlastní energie, vytvoření trvalého systému aplikace kalů z ČOV, vytvoření místních dodavatelských řetězců),
- motivace k vytvoření nových regionálních a místních partnerství (budování vztahů mezi zúčastněnými stranami),
- motivace ve smyslu image (komunikace v rámci inovativních aktivit).

Mezi místními obcemi, které provozují lokální jednotky pro výrobu tepla a ČOV, a farmáři a místními energetickými společnostmi byla zahájena partnerská spolupráce. V rámci projektu bylo vytvořeno několik pilotních plantáží s konkrétní obchodní strategií pro každou z nich. Níže je uvedena obchodní strategie jedné plantáže založené v rámci projektu WilWater v obci Pleyber-Christ.

Pleyber-Christ je obec s 2 800 obyvateli. Na místní vrbové plantáže se aplikuje odpadní voda v množství 100 m<sup>3</sup>/ha v průběhu 3 let, dále jsou pak dřeviny zpracovány na štěpku a použity k vytápění obecních budov (150 kW). Roční energetická spotřeba je odhadována na 217 MWh, ekvivalentem je 110 t dřevní štěpky s vlhkostí 25 %. RRD byly vysázeny na veřejné půdě zemědělským podnikem využívajícím stroj STEP (náklady činí 2 800 €/ha včetně přípravy půdy). V prvním a druhém roce růstu aplikují místní farmáři (členové družstva CUMA de Pleyber-Christ) na plantáž kal z ČOV. Třetí rok jsou již vrby pro tento typ využívaného stroje příliš vysoké. Sklizeň začíná ve třetím roce a opakuje se každý třetí rok. Provádí ji servisní služba regionálního zemědělského družstva (CUMA Breizh Energie), která investovala do stroje STEAMSTER. Družstvo místních zemědělců má na starosti přepravu štěpky do sušící jednotky, která je provozována družstevním podnikem (Société Cooperative d'Intérêt Collectif), který byl za tímto účelem vytvořen. Projekt získal několik dotací (např. z regionálních fondů obdržel dotaci ve výši 50% na vytvoření topného systému). Odhaduje se, že nahrazením energie z fosilních zdrojů RRD ušetří obec přibližně 20 000 €/rok.

Od roku 1998 do roku 2001 bylo v Bretani v deseti různých oblastech vysazeno celkem 13 ha RRD, s cílem prověřit ekonomickou a technickou proveditelnost plantáží.

V letech 2002 až 2006 bylo s cílem testování aplikace kalů z ČOV vysazeno v obci dalších 5 ha RRD. Projekt byl spojen také s výstavbou obecní teplárny.

Partnerem těchto projektů byla asociace The Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement (AILE), která zahájila projekt Wilwater, aby umožnila navázání na předchozí experimenty.

Zaměřit projekt na využití kalů z ČOV bylo možné až po změně zákona, kdy již zemědělci nesmí aplikovat odpadní vodu a kaly na svá pole s plodinami určenými pro výživu lidí či zvířat, takže musí najít jiná místa, kam kal či odpadní vodu umístit. Obce zahájily partnerství s farmáři a místním průmyslovým odvětvím s cílem najít inovativní cesty, jak tuto změnu překonat.

Pomocí speciální sazečky byly vysázeny 4 různé odrůdy vrb, zvolené vzhledem k jejich produktivitě a odolnosti vůči plísni (Björn, Tora, Torhild a Olof). Vzniklá plantáž má hustotu 16 000 dřevin na ha, na půdu byly aplikovány prostředky proti klíčení plevelů a rozložitelná plastová plachta. Byl vyvinut zemědělský stroj, který umožňuje mechanické odstraňování plevelů mezi řádky, a speciální stroj pro aplikaci kalu na plantáž v druhém a třetím roce.

S cílem přizpůsobit se klimatickým podmínkám v Bretani byla sklizeň rozdělena na dvě fáze: sklizeň a produkce vrbové štěpky, když je dřevo vyschlé a jsou opadané listy. Sklízecím strojem STEMSTER, který vlastní Služby regionálního zemědělského družstva (CUMA Breizh Energie), lze sklídit až 250 ha RRD za zimu: stihne tedy pokrýt sklizně na všech plantážích v oblasti.

Využití štěpky pro místní výrobu tepla je pro splnění ekonomické rovnováhy projektu nezbytné. Zdá se, že nutnou podmínkou pro úspěšné splnění projektu je fakt, že je štěpka využívána v malé vzdálenosti od plantáže v místním kolektivním systému výroby tepla, nebo přímo farmářem pro jeho osobní potřebu. Obce v Bretani již mají místní systém výroby tepla zavedený, anebo byly zrovna ve stádiu investování do nových instalací. Plantáže byly proto částečným odrazem vývoje místního bioenergetického řetězce bioenergie. Níže jsou uvedeny příklady místního využití dřevní štěpky.

- místní farmář vyrobí teplo pro 3 domy,
- výroba tepla pro obecní školu,
- výroba tepla pro administrativní budovy v obci.

Níže jsou uvedeny výpočty výrobních nákladů a výnosů v €/ha/rok pro cenovou úroveň roku 2007 (Tabulka 19, Tabulka 20, Tabulka 21).

**Tabulka 19: Výrobní náklady, rok výsadby**

<i>Náklady (€/ha/rok)</i>	
<b>Příprava půdy</b>	250
<b>Hnojení</b>	100
<b>Ošetření proti parazitům</b>	90
<b>Ošetření proti klíčení plevelů</b>	305
<b>Výsadba</b>	1 800
<b>Údržba (mechanické odplevelování)</b>	85
<b>Pletí (jiné)</b>	210
<b>Prořezávání</b>	60
<i>Celkem</i>	<b>2 900</b>

\* náklady spojené s vlastnictvím půdy nebyly zahrnuty

**Tabulka 20: Výrobní náklady, sklizeň**

<i>Náklady (€)</i>	Nízký odhad	Vysoký odhad
<b>Výsadba (více nad Tabulkou 19)</b>	2 300 €/ha	2 800 €/ha
<b>Hnojení (aplikace kalů) – 1x nebo 2x za tříletý cyklus</b>	180 €	480 €
<b>Sklizeň každé tři roky s využitím zařízení STEAMSTER, štěpkování a doprava</b>	850 €/ha	1 800 €/ha
<b>Roční náklady v případě životnosti plantáže po dobu 20 let</b>		
• v případě aplikace kalů	424 €/ha/rok	824 €/ha/rok
• bez aplikace kalů	370 €/ha/rok	680 €/ha/rok
<b>Skladování štěpky (25% vlhkost)</b>	6 €/t	36 €/t
<b>Výnos (odhad) pro 25% vlhkost</b>	10,7 t/ha/rok	13,3 t/ha/rok

Investicí do sklízecího stroje STEAMSTER může být optimalizována roční sklizeň na 200 ha.

**Tabulka 21: Zisk z plantáže RRD (náklady na výsadbu a sklizeň jsou sníženy, protože je provádí zemědělec sám, nikoli subdodavatel)**

Zisk (€/ha/rok)	Maximální sklizeň (200 ha)	dnes
Bez aplikace kalů, prodej bez vysušení	38	-250
Bez aplikace kalů, využito na farmě	406	118
Včetně aplikace kalů, prodej bez vysušení	-43	-331
Včetně aplikace kalů, využito na farmě	325	37

### 10.5 Příklad 5: Vrbová plantáž v Enköping, Švédsko

Tento projekt znázorňuje vrbovou plantáž o rozloze 76 ha, která je zavlažována odpadní vodou z ČOV. Vzniklá biomasa je využívána k výrobě energie v místní elektrárně (KVET).

Farma Nynäs Gård spolupracuje s firmou ENA-Energii (KVET) a místní ČOV. Vrbová plantáž je zavlažována cca 200 000 m<sup>3</sup> směsí upravené a neupravené odpadní vody (20 000 m<sup>3</sup> neupravené odpadní vody bohaté na živiny). Mezi ČOV a farmářem byla uzavřena smlouva na 15 let, která zavazuje farmáře odebírat odpadní vodu pro svou vrbovou plantáž. Smlouva navíc uvádí, že ENA-Energii bude od Nynäs Gård vykupovat dřevní štěpku za tržní cenu. Na začátku zajišťovala sklizeň firma ENA-Energii, nyní si však farmář najímá místní podnikatele.

Vrbová plantáž byla vysázena v letech 1998 – 2000. Její plocha je rozdělena na několik částí, z nichž největší má rozlohu cca 30 ha a velikost ostatních se pohybuje mezi 6 a 15 ha. Dotace na výsadbu se v té době pohybovaly ve výši 5 000 SEK (asi 550 eur) na ha a pokrývaly přibližně polovinu nákladů na založení plantáže. Půda byla před výsadbou ošetřena glyfosátem (proti pýru), byla zorána a uvláčena z důvodu mechanického odstranění plevelů před výsadbou. Mechanické odplevelování bylo provedeno dokonce jeden rok po výsadbě. 76 hektarová plocha je osázena různými vrbovými klony v 15 dvouřádcích (0,75 a 1,25 m uvnitř a mezi řádky, resp. vzdálenost cca 0,5 m mezi dřevinami v řádku). RRD jsou v průběhu vegetačního období, po dobu cca 100 dní, zavlažovány odpadní vodou.

Plantáž se sklízí každé tři roky speciálně navrženým harvestorem, který vrby přímo štěpkuje. Štěpka nemusí být z důvodu vysušení skladována, naopak ji lze okamžitě dopravit do zařízení KVET, které se nachází přibližně 2 km od plantáže. Kotel má tepelný instalovaný výkon 55 MW a elektrický instalovaný výkon 24 MW. Vrbová štěpka se spaluje ve směsi s další dřevní biomasou, a slouží pro výrobu elektřiny a tepla.

Níže jsou uvedeny výrobní náklady a výnosy v €/ha/rok pro cenovou úroveň roku 2011. Samostatné platby zemědělců nejsou do kalkulace zahrnuty. Náklady na výsadbu (např. sázecí zařízení, náklady na nákup řízků a mzdové náklady) se pohybovaly kolem 1 222 €/ha a byly zahrnuty do Tabulky 22. Výše dotace na výsadbu činila 555 €/ha.

Tabulka 22: Výrobní náklady, výnosy a zisk v €/ha/rok pro vrbovou plantáž v Nynäs Gård

Náklady (€/ha/rok)	
Údržba	22
Sklizeň	238
Doprava	148
Režijní náklady	55
Úrok	15
<b>Celkem</b>	<b>478</b>
Výnosy (€/ha/rok)	
Štěpka	896
Kompensace za využití odpadní vody	219
<b>Celkem</b>	<b>1115</b>
Zisk (€/ha/rok)	
	<b>637</b>

\* pro výpočet byl použit měnový kurz 1 € = 9 SEK a 3 sklízecí cykly při čtyřletém obmýtí (vrby byly sklizeny vždy po 4 letech, celkem 3x)

\*\* byly zahrnuty všechny náklady s výjimkou nákladů spojených s vlastnictvím půdy

\*\*\* náklady spojené s administrativou, náklady na telefon a dopravu byly zahrnuty do „režijních nákladů“

V Tabulce 23 je uvedena kalkulace pro vrbovou plantáž v Nynäs Gård včetně vyšších nákladů a nižší produkce při počátečním sklízecím cyklu.

Tabulka 23: Výpočet zisku z vrbových plantáží zavlažovaných odpadní vodou v Nynäs Gård, v průběhu třetího čtyřletého sklízecího cyklu, pro porovnání jsou uvedeny výpočty pro všechny 3 sklízecí cykly dohromady (včetně méně produktivního prvního sklízecího cyklu).

	Produkce biomasy (t/ha/rok)	Cena štěpky (€/t sušiny)	Výrobní náklady (€/t sušiny)	Dotace na výsadbu (€/ha/rok)	Kompensace za využití odpadní vody	Zisk (€/ha/rok)
<b>3. cyklus sklizně</b>	9	99,5	53		219	<b>637</b>
<b>Všechny cykly sklizně</b>	8,3	99,5	65	227	219	<b>529</b>

\* pro výpočet byl použit měnový kurz 1 € = 9 SEK a 3 sklízecí cykly při čtyřletém obmýtí (vrby byly sklizeny vždy po 4 letech, celkem 3x)

\*\* byly zahrnuty všechny náklady s výjimkou nákladů spojených s vlastnictvím půdy



## Slovník a seznam zkratek

**Poznámka:** Slovník a seznam zkratek popisuje a definuje různé specifické nebo běžné výrazy, pojmy a slova, která jsou použita v této příručce.

**Bezobratlí:** velká skupina živočichů, kteří nemají vyvinutou páteř. Představují asi 95 % všech živočišných druhů. Nejpočetnější skupinou jsou členovci (korýši, pavoukovci, hmyz), dalšími skupinami jsou měkkýši (plži, mlži) a kroužkovci (žížaly, pijavky, a další).

**Centrální zásobování chladem:** systém dodávek chladu, kdy se chlad vyrábí centrálně ve vzdáleném zdroji a následně je rozváděn teplotními sítěmi odběratelům do větších územních celků, městských čtvrtí, sídlišť, nebo průmyslových zón.

**Centrální zásobování teplem:** systém dodávek tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, kdy je teplo vyráběno centrálně ve vzdáleném zdroji a následně rozváděno teplotními sítěmi odběratelům do větších územních celků, městských čtvrtí, sídlišť, nebo průmyslových zón.

**CO<sub>2</sub>:** viz oxid uhličitý.

**CZT:** viz centrální zásobování teplem.

**Fosilní paliva:** fosilní paliva se tvořila miliony let přírodními procesy, jako je anaerobní rozklad mrtvých organismů.

**Gama diverzita:** termín začal využívat R. H. Whittaker společně s termíny alfa a beta diverzita ( $\alpha$ -diversita,  $\beta$ -diversita). Dle Whittakera je celková druhová rozmanitost v krajině určena dvěma parametry, a to průměrnou druhovou rozmanitostí na stanovištích nebo biotopech na lokální úrovni ( $\alpha$ ) a rozdílností těchto biotopů nebo stanovišť ( $\beta$ ). Dle této úvahy představují alfa a beta diverzita nezávislé složky gama diverzity:  $\gamma = \alpha * \beta$

**Globální oteplování:** výraz globální oteplování, resp. změna klimatu, je používán především pro poslední celosvětové oteplování, které započalo na začátku 20. století a projevuje se jednoznačným a pokračujícím růstem průměrné teploty klimatického systému Země, a které je, dle názoru většiny vědců, silně ovlivněno aktivitami člověka. K většině oteplování (90 %) od roku 1971 došlo v oceánech. Přestože oceány hrají dominantní roli v akumulaci energie, je termín "globální oteplování" také používán pro zvyšování průměrné teploty vzduchu a povrchových vod. Od počátku 20. století došlo k nárůstu teploty vzduchu a povrchových vod o 0,8 °C, z toho asi dvě třetiny nárůstu nastaly od roku 1980.

**Instalovaný výkon:** je celkový elektrický nebo tepelný výkon zdroje.

**Joule (J):** jednotka práce a energie. Jeden joule je taková práce, která je vykonána silou o velikosti jednoho newtonu působící po dráze jednoho metru. 1 joule (J) = 0,239 kalorie; 1 kalorie (cal) = 4,187 J

**Výkon:** množství práce vykonané za jednotku času. Rozlišuje se průměrný výkon, který se vztahuje k určitému časovému intervalu, a okamžitý výkon, který se vztahuje k určitému časovému okamžiku. Obecně se vyjadřuje v kilowattech nebo megawattech.

**Kogenerační jednotka:** vysoce sofistikované technologické zařízení určené ke společné výrobě elektřiny a tepla. Jedná se o spojení spalovacího motoru, generátoru, soustavy tepelných výměníků a řídicího systému.

**Kilowatt (kW):** jednotka výkonu rovna 1 000 wattům.

**Kilowatthodina (kWh):** jedna watthodina odpovídá práci stroje s příkonem jeden watt po dobu jedné hodiny, neboli 3600 joulům. Kilowatthodina je tedy rovna 3 600 000 joulům, neboli 3,6 megajoulům.

**Kogenerace:** (kombinovaná výroba elektřiny a tepla) je společná výroba elektřiny a tepla. Umožňuje zvýšení účinnosti využití energie paliv.

**Kogenerační jednotka:** Kogenerační jednotky jsou vysoce sofistikovaná technologická zařízení určená ke společné výrobě elektřiny a tepla. Jedná se spojení spalovacího motoru, generátoru, soustavy tepelných výměníků a řídicího systému.

**Kondenzační kotel:** kotel s vysokou účinností (obvykle vyšší než 90 %). Při běžném spalování paliva v kotli vzniká chemickou reakcí určité množství vody v podobě vodní páry. Ta spolu s oxidem uhličitým a dalšími produkty hoření tvoří spaliny, a je odváděna z kotle komínem do ovzduší. Kondenzační kotel dokáže využít i kondenzační teplo této páry. Je to umožněno jeho pracovní teplotou, která je nižší, než teplota varu vody za běžného tlaku. Kondenzační kotel má smysl jen při spalování uhlovodíků (zemní plyn, topný olej, biopaliva). Při spalování uhlí, které obsahuje jen velmi málo vody, je účinek kondenzace zanedbatelný.

**KVET:** kombinovaná výroba elektřiny a tepla, viz kogenerace.

**kW<sub>el</sub>:** kilowatt, jednotka elektrického výkonu.

**kWh:** viz kilowatthodina.

**kW<sub>t</sub>:** kilowatt, jednotka tepelného výkonu.

**Mláží, výmladkové plantáže:** regenerační schopnost vybraných dřevin, která umožňuje jejich opakované sklizení bez potřeby založení nového porostu – dřeviny vytváří z pařezů nové výhony – výmladky/mláží.

**ORC:** viz Organický Rankinův cyklus.

**Organický Rankinův Cyklus:** zařízení, které pomocí kogeneračního procesu vyrábí z biomasy (např. dřevní štěpky) elektrickou energii a teplo. Biomasa je spalována v kotli. Horké plyny předávají ve výměníku teplo do olejového oběhu (termoolej). Zbývající teplo je dále redukováno ve vodním výměníku (ekonomizér), odpadní plyny jsou po vyčištění ve filtru odváděny do okolního prostředí komínem. Okruh termooleje tvoří zdroj energie pro výrobu elektrického proudu v zařízení ORC. Je jím zásobován uzavřený oběh, ve kterém je odpařováním silikonového oleje poháněn blok turbogenerátoru. Poté pára kondenzuje, uvolněná tepelná energie je formou teplé vody odváděna zpět do tepelné sítě. Ve vodním výměníku (ekonomizéru) kotle na biomasu je vodní okruh dále ohříván na požadovanou hodnotu.

**Oxid uhličitý:** přirozeně se vyskytující plynná sloučenina složená ze dvou atomů kyslíku kovalentně vázaných na jeden atom uhlíku. Je běžnou součástí zemské atmosféry, přičemž jeho koncentrace (průměrně 0,04 % v roce 2015) v ovzduší kolísá v závislosti na místních podmínkách, na výšce nad povrchem a relativní vlhkosti vzduchu v ovzduší.

**pH:** hodnota, která vyjadřuje, zda vodný roztok reaguje kysele či naopak zásaditě (alkalicky). Jedná se o stupnici s rozsahem hodnot od 0 do 14, kyselé roztoky nabývají hodnot menších než 7, zásadité mají pH vyšší než 7. Voda má při standardních podmínkách pH rovno 7 – neutrální.

**Špalíky:** pruty RRD nařezané na délku 5 – 15 cm (velké třísky)

**Pruty:** sklizené kmeny RRD v délce až 8 m.

**RRD:** rychle rostoucí dřeviny

**Řízky:** 25 cm dlouhé kusy nařezané z jednoletých prutů, které slouží jako sadební materiál.

**Skleníkové plyny (GHG):** plyny, vyskytující se v atmosféře Země, které nejvíce přispívají k tzv. skleníkovému efektu. Nejvýznamnější skleníkové plyny přirozeného původu jsou vodní pára, oxid uhličitý, metan a oxid dusný.

**Spalné teplo:** množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství paliva (1 kg). Předpokládá se, že voda, uvolněná spalováním, z kondenzuje, a energii chemické reakce není třeba redukovat o její skupenské teplo.

**Svazky:** pruty RRD svázané do svazku

**Štěpka:** strojově nasekaná a nadrcená dřevní hmota o velikosti 5 x 5 x 5 cm

**TTP:** trvalé travní porosty – travní společenstvo starší více než 6 let.

**Tuna ropného ekvivalentu:** ton of oil equivalent (toe), je konvenční standardizovaná jednotka energie, která je definována na základě výhřevnosti jedné tuny ropy ve výši 41 868 kJ, neboli přibližně 42 GJ. Tato jednotka se v Evropě používá při porovnávání různých druhů paliv tam, kde jsou zapotřebí velké veličiny. 1 toe = 11,630 MWh.

**Úvrat:** část zoraného pole, která je zorána kolmo na převládající směr orby. Jde o místo, kde se při orbě obrací pluh. Podle zvyku bývá 2 až 10 metrů široká.

**Vlhkost:** základní vlastnost vzduchu. Vlhkost vzduchu udává, jaké množství vody v plynném stavu (vodní páry) obsahuje dané množství vzduchu.

**Výhony:** jsou letorosty rostliny, mladá, dřevnatá nebo teprve vyzárající, obvykle jednoletá větev. Výhony se na rostlině tvoří z pupenů. Výhony lze nalézt na keřích i stromech. Rašící stonky bylin ze země jsou obvykle nazývány výhonky.

**Výhřevnost:** udává, kolik využitelné energie se uvolní úplným spálením jedné jednotky (obvykle 1 kg) paliva.

**Watt (W):** jednotka výkonu. 1 watt je výkon, při němž se vykoná práce 1 joulu za 1 sekundu.

## Latinské a běžné názvy rostlin

**Poznámka:** Tyto druhy jsou využívány buď přímo k pěstování jako RRD, nebo ke křížení klonů, či byly zmíněny jako vhodné pro pěstování na plantážích jako RRD. U některých druhů jsou zkušenosti týkající se vhodnosti omezené. Běžné české názvy jsou široce rozšířené, nemusí být však přesné.

Názvy klonů jsou uvedené v Kapitole 3.

<b><u>Botanický název</u></b>	<b><u>Běžný český název</u></b>
<i>Alnus spp.</i>	Olše
<i>Alnus glutinosa</i>	Olše lepkavá
<i>Alnus incana</i>	Olše šedá
<i>Amorpha fruticosa</i>	Netvařec křovitý
<i>Acacia melanoxylon</i>	Akácie černodřevá
<i>Acacia saligna</i>	Akácie modrolistá
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Javor klen
<i>Betula spp.</i>	Bříza
<i>Broussonetia papyrifera</i>	Papírovník čínský
<i>Corylus avellana</i>	Líska obecná
<i>Cynara cardunculus</i>	Artyčok kardový
<i>Eucalyptus spp.</i>	Blahovičník
<i>Eucalyptus globulus</i>	Blahovičník kulatoplodý
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Blahovičník pobřežní
<i>Eucalyptus gunnii</i>	Blahovičník Gunnův
<i>Eucalyptus nitens</i>	Blahovičník nící
<i>Fraxinus excelsior</i>	Jasan ztepilý
<i>Morus papyrifera</i>	Banis papírodajný
<i>Nothofagus</i>	Pabuk
<i>Paulownia</i>	Paulovnie
<i>Platanus occidentalis</i>	Platan západní
<i>Populus spp.</i>	Topol
<i>Populus deltoides</i>	Topol americký
<i>Populus koreana</i>	Topol korejský
<i>Populus maximowiczii</i>	Topol Maximovičův
<i>Populus nigra</i>	Topol černý
<i>Populus tremula</i>	Topol osika
<i>Populus tremuloides</i>	Topol osika
<i>Populus trichocarpa</i>	Topol chlupatoplodý

---

<i>Robinia pseudoaccacia</i>	Trnovník akát
<i>Salix spp.</i>	Vrba
<i>Salix aegyptiaca</i>	<i>Vrba egyptská</i>
<i>Salix caprea</i>	<i>Vrba jíva</i>
<i>Salix dasyclados</i>	Vrba drsnovětvá/drsnokvětá/drsná
<i>Salix discolor</i>	Vrba pestrá
<i>Salix rehderiana</i>	Vrba Rehderova
<i>Salix schwerinii</i>	Vrba Schwerinova
<i>Salix triandra</i>	Vrba trojmužná
<i>Salix udensis</i>	Vrba sachalinská
<i>Salix viminalis</i>	Vrba košíkářská
<i>Ulmus spp.</i>	Jilm

## Převody jednotek

Tabulka 24: Předpony energetických jednotek

Předpona	Zkratka	Faktor	Kvantita
deka	d	10	deset
hekto	h	10 <sup>2</sup>	sto
kilo	k	10 <sup>3</sup>	tisíc
mega	M	10 <sup>6</sup>	milión
giga	G	10 <sup>9</sup>	miliarda
tera	T	10 <sup>12</sup>	bilión
peta	P	10 <sup>15</sup>	biliarda
exa	E	10 <sup>18</sup>	trilión

Tabulka 25: Převody jednotek energie (kilojoule, kilokalorie, kilowatthodina, tuna uhelného ekvivalentu, m<sup>3</sup> zemního plynu, tuna ropného ekvivalentu, barel, britská tepelná jednotka)

	kJ	kcal	kWh	TCE	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	toe	barel
1 kJ	1	0,2388	0,000278	3,4 10 <sup>-8</sup>	0,000032	2,4 10 <sup>-8</sup>	1,76·10 <sup>-7</sup>
1 kcal	4,1868	1	0,001163	14,3 10 <sup>-8</sup>	0,00013	1·10 <sup>-7</sup>	7,35·10 <sup>-7</sup>
1 kWh	3,600	860	1	0,000123	0,113	0,000086	0,000063
1 TCE	29.308.000	7.000.000	8.140	1	924	0,70	52
1 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	31.736	7.580	8,816	0,001082	1	0,000758	0,0056
1 toe	41.868.000	10.000.000	11.630	1,428	1319	1	7,4
1 barel	5694,048	1360,000	1582	0,19421	179,42	0,136	1
1 BTU	1,055						

Tabulka 26: Terminologie týkající se objemu různých typů dřevní biomasy v různých jazycích

Jazyk	Terminologie		
<b>Angličtina</b>	Solid cubic meter <b>Solid m<sup>3</sup></b>	Bulk cubic meter <b>Bulk m<sup>3</sup></b>	Stacked cubic meter <b>Stacked m<sup>3</sup></b>
<b>Chorvatština</b>	Puni kubni metar <b>m<sup>3</sup></b>	Nasipni metar <b>Nasipni m<sup>3</sup></b>	Prostorni metar <b>Prostorni m<sup>3</sup></b>
<b>Čeština</b>	Plnometr-pevný metr <b>(plm) [m3]</b>	Sypný metr <b>(prms) [m3]</b>	Prostorový metr-rovnaný <b>(prm) [m3]</b>
<b>Francouzština</b>	Mètre cube de bois plein <b>m<sup>3</sup></b>	Mètre cube apparent plaquette <b>MAP</b>	Stère <b>stère</b>
<b>Němčina</b>	Festmeter <b>Fm</b>	Schüttraummeter <b>Srm</b>	Schichtraum. (ster) <b>rm</b>
<b>Řečtina</b>	Συμπαγές κυβικό μέτρο <b>κ.μ. ή m<sup>3</sup></b>	Χωρικό κυβικό μέτρο χύδην <b>χ.κ.μ. χύδην</b>	Χωρικό κυβικό μέτρο στοιβαχτού <b>χ.κ.μ. στοιβαχτού</b>
<b>Italština</b>	Metro cubo <b>m<sup>3</sup></b>	Metro stero riversato <b>msr</b>	Metro stero accastato <b>msa</b>
<b>Lotyština</b>	Kubikmetrs (cieškubikmetrs) <b>m<sup>3</sup></b>	Berkubikmetrs <b>m<sup>3</sup><sub>ber</sub></b>	Kraujmetrs vai sters <b>m<sup>3</sup><sub>kr</sub></b>
<b>Makedonština</b>	poln kuben metar	nasipen kuben metar	prostoren kuben meatr
<b>Polština</b>	metr sześcienny <b>m<sup>3</sup></b>	metr nasypowy <b>mn</b>	metr przestrzenny <b>mp</b>
<b>Slovinština</b>	Kubični meter <b>m<sup>3</sup></b>	Prostrni meter <b>prm</b>	Nasut kubični meter <b>Nm<sup>3</sup></b>

Tabulka 25: Převody jednotek výkonu (kilokalorie za sekundu, kilowat, koňská síla, Pferdestärke = koňská síla)

	kcal/s	kW	hp (mechanická koňská síla)	PS (metrická koňská síla)
<b>1 kcal/s</b>	1	4,1868	5,614	5,692
<b>1 kW</b>	0,238846	1	1,34102	1,35962
<b>1 hp</b>	0,17811	0,745700	1	1,01387
<b>1 PS</b>	0,1757	0,735499	0,98632	1

**Tabulka 26: Převody jednotek teploty**

	Jednotky	Celsius	Kelvin	Fahrenheit
<b>Celsius</b>	°C	-	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 1,8$
<b>Kelvin</b>	K	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$	-	$\text{K} = (^{\circ}\text{F} + 459,67) \times 1,8$
<b>Fahrenheit</b>	°F	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$	$^{\circ}\text{F} = \text{K} \times 1,8 - 459,67$	-

**Tabulka 27: Převody jednotek tlaku (pascal, bar, technická atmosféra, standardní atmosféra, torr, libra na čtvereční palec)**

	Pa	bar	at	atm	Torr	psi
<b>1 Pa</b>		0,00001	0,000010197	$9,8692 \times 10^{-6}$	0,0075006	0,0001450377
<b>1 bar</b>	100.000		1,0197	0,98692	750,06	14,50377
<b>1 at</b>	98066,5	0,980665		0,9678411	735,5592	14,22334
<b>1 atm</b>	101.325	1,01325	1,0332		760	14,69595
<b>1 Torr</b>	133,3224	0,001333224	0,001359551	0,001315789		0,01933678
<b>1 psi</b>	6894,8	0,068948	0,0703069	0,068046	51,71493	



## Literatura

- Alakangas (tabulce 2009) Fuel specification and classes, multipart standard. - [http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05\\_Workshops\\_Training\\_Event\\_s/Taining\\_materials/english/D19\\_2\\_EN\\_Fuel\\_specification.pdf](http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05_Workshops_Training_Event_s/Taining_materials/english/D19_2_EN_Fuel_specification.pdf) [accessed: 29.08.2014]
- Anderson Group ([www.grpanderson.com/de/resources/photos](http://www.grpanderson.com/de/resources/photos)) [accessed: 09.09.2014]
- Aronsson, P., Rosenqvist, H., Dimitriou, I., 2014. Impact of nitrogen fertilization to short-rotation willow coppice plantations grown in Sweden on yield and economy. *Bioenergy Research*, 7: 993-1001.
- Bärwolff M., Hansen H., Hofmann M., Setzer F. (2012) *Energieholz aus der landwirtschaft.* – FNR, Gülzow-Prüzen, Germany
- Burger F. (2011) Energiebilanz klar positive: Kurzumtriebsplantagen. - 13/2011 AFZ-DerWald; [http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/afz\\_der\\_wald\\_nr\\_13.pdf](http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/afz_der_wald_nr_13.pdf) [accessed: 18.05.2015]
- Biomasseverband OÖ (no date) >Masse und Energiegehalt von Hackgut in Abhängigkeit vom Wassergehalt. - Biomasseverband OÖ, Austria, [http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Umrechnungstabellen\\_Brennstoff\\_Holz-BMV-OOe.pdf](http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Umrechnungstabellen_Brennstoff_Holz-BMV-OOe.pdf) [accessed: 09.09.2014]
- CARMEN (2014) Heizwert , Wassergehalt und Gewicht. <http://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/brennstoffe/hackschnitzel/579-heizwert-wassergehalt-und-gewicht>[accessed: 09.09.2014]
- Caslin B, Finnan J, Mc Cracken A (eds) (2012) *Willow Varietal Identification Guide.* ISBN: 10 1-84170-590-X.
- Caslin B., J. Finnan, Mc Cracken A. (eds.) (2010) *Short Rotation Coppice; Willow Best Practice Guidelines.* - [http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow\\_Best\\_Practice\\_Guide\\_2010.pdf](http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow_Best_Practice_Guide_2010.pdf) [accessed: 21.07.2014]
- Dallemand J. F., Petersen J.E., Karp A. (eds.) (2007) *Short Rotation Forestry, Short Rotation Coppice and perennial grasses in the European Union: Agro-environmental aspects, present use and perspectives.* - JRC; Proceedings of the Expert Consultation; 17 and 18 October 2007, Harpenden, United Kingdom
- DEFRA (2004) *Growing Short Rotation Coppice; Best Practice Guidelines For Applicants to Defra's Energy Crops Scheme.* - [http://www.naturalengland.org.uk/Images/short-rotation-coppice\\_tcm6-4262.pdf](http://www.naturalengland.org.uk/Images/short-rotation-coppice_tcm6-4262.pdf) [accessed: 21.07.2014]
- Dimitriou I., Rutz D. (2014) *Sustainability criteria and recommendations for short rotation woody crops.* – WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Report elaborated in the framework of the IEE project SRCplus (Contract No. IEE/13/574)
- Dimitriou I., Fištrek Z., Mergner R., Rutz D., Scrimgeour L., Eleftheriadis I., Dzebne I., Perutka T., Lazdina D., Toskovska G., Hinterreiter S. (2014a) *Optimising the Environmental Sustainability of Short Rotation Coppice Biomass Production for Energy.* – Proceedings Natural Resources, Green Technology & Sustainable Development; 26-28 November 2014, Zagreb, Croatia; Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Croatia; ISBN 978 953 6893 04 1; pp. 117-123
- Dimitriou I., Fištrek Z. (2014) *Optimising the Environmental Sustainability of Short Rotation Coppice Biomass Production for Energy.* *South-east Eur for* 5 (2): 81-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.15177/seefor.14-15>

- Dimitriou I., Mergner R., Rutz D. (2014b). Best practice examples on sustainable local supply chains of SRC. WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Report elaborated in the framework of the IEE project SRCplus (Contract No. IEE/13/574)
- Dimitriou, I., Baum, C., Baum, S., Busch, G., Schulz, U., Köhn, J., Lamersdorf, N., Walter-Schmidt, P., Leinweber, P., Aronsson, P., Weih, M., Berndes, G., Englund, O., Bolte, A. 2012a. RATING-SRC Final Report. ERA-NET Bioenergy Internal Report.
- Dimitriou, I., Mola-Yudego, B., Aronsson, P., Eriksson, J., 2012b. Changes in organic carbon and trace elements in the soil of willow short-rotation coppice plantations. *Bioenergy Research* 5(3) 563-572.
- Dimitriou, I., Mola-Yudego, B., Aronsson, P., 2012c. Impact of willow Short Rotation Coppice on water quality. *Bioenergy Research* 5(3) 537-545.
- Dimitriou, I., Eriksson, J., Adler, A., Aronsson, P., Verwijst, T., 2006. Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice. *Environmental Pollution* 142 (1), 160-169.
- Dimitriou, I., Aronsson, P., 2005. Willows for energy and phytoremediation in Sweden. *Unasylva* 221 (56); 46-50.
- Ehlert, D.; Pecenka, R.; Wiehe, J.(2012): Harvesters for Short Rotation Coppices: Current Status and New Solutions. In: Proceedings. International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng 2012. Valencia, p. 1-6. Online: [http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla\\_137\\_C0365.pdf](http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla_137_C0365.pdf)
- ETA Heiztechnik GmbH n.d.Brennstoffdaten – Scheitholz, Hackgut, Pellets. - [http://www.bad-klein.de/pdf/Broschuere\\_Brennstoffdaten\\_dt\\_01.pdf](http://www.bad-klein.de/pdf/Broschuere_Brennstoffdaten_dt_01.pdf) [accessed: 09.09.2014]
- FNR (2012) Bioenergy in Germany: Facts and Figures. – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR); Gülzow, Germany; [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_484-basisdaten\\_engl\\_web\\_neu.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_484-basisdaten_engl_web_neu.pdf) [10.07.2012]
- Grosse W., Landgraf D., Scholz V., Brummack J. (2008) Ernte und Aufbereitung von Plantagenholz. - *Schweiz Z Forstwes* 159 (2008) 6: 114–119
- Gustafsson, J., Larsson, S. & Nordh, N. (2007). Manual för salixodlare. Available from: <http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/406.pdf>
- von Harling H.M., Viessmann F. (2009) Die Holzfelder der Fa. Viessmann – 3 Jahre KUP-Praxis. Proceeding of „The Institute for Applied Material Flow Management (IfaS)“, [http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/bilder/Veranstaltungen/Biomasse/Harling\\_KUP\\_Praxis\\_Biom-Tag\\_Birkenfeld\\_5-11-09-1.pdf](http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/bilder/Veranstaltungen/Biomasse/Harling_KUP_Praxis_Biom-Tag_Birkenfeld_5-11-09-1.pdf).
- Hiegl W., Rutz D., Janssen R. (2011) Information Material Module Biomass. - Training material of the Install+RES Project, Updated Version 2011; WIP Renewable Energies; <http://www.resinstaller.eu/en/training-material>
- ISO (2014): ISO 17225-4:2014(en) Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 4: Graded woodchips <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17225:-4:ed-1:v1:en> [accessed: 29.08.2014]
- JTI (2014) Inför plantering av energiskog Lokalisering, samråd och investeringsstöd JTI:s skriftserie 2014:1 (in Swedish).
- Kofman P.D. (2012) Harvesting short rotation coppice willow. – CONFORD; Harvesting / Transport No. 2; Dublin, Ireland; [http://www.woodenergy.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/HAR29\\_LR.PDF](http://www.woodenergy.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/HAR29_LR.PDF) [accessed: 21.07.2014]
- Kaufmann F., Lamond G., Lange M., Schaub J., Siebert C., Sprenger T. (no date) Benwood – Short Rotation Forestry in CDM Countries and Europe. -

- Landgraf D., Setzer F. (2012) Kurzumtriebsplantagen: Holz vom Acker - So geht's. – DLG Verlag, Frankfurt am Main, Germany
- Liebhard P. (2007) Energieholz im Kurzumtrieb: Rohstoff der Zukunft. - Leopold Stocker Verlag, Graz, Austria
- Lindegaard K. (2013) 10 ways to maximise yield from your short rotation coppice (SRC) crop
- LWF (2012) Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. – Merkblatt 10 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany
- LWF (2011a) Anbau von Energiewäldern. – Merkblatt 19 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany
- LWF (2011b) Der Energieinhalt von Holz. – Merkblatt 12 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany
- Rutz D., Janssen R., Letsch H. (2006) Installateurs-Handbuch Biomasseheizanlagen. - EU-IEE EARTH Project; 241p; WIP Renewable Energies, Munich, Germany; [http://www.wip-munich.de/images/stories/6\\_publications/books/installateurs\\_handbuch.pdf](http://www.wip-munich.de/images/stories/6_publications/books/installateurs_handbuch.pdf)
- Rutz D., Mergner R., Janssen R. (2012) Sustainable Heat Use of Biogas Plants – A Handbook. WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Handbook elaborated in the framework of the BiogasHeat Project; ISBN 978-3-936338-29-4; translated in 9 languages; [www.biogasheat.org](http://www.biogasheat.org)
- Rutz D., Janssen R., Hofer A., Helm P., Rogat J., Hodes G., Borch K., Mittelbach M., Schober S., Vos J., Frederiks B., Ballesteros M., Manzanares P., St James C., Coelho S.T., Guardabassi P., Aroca G., Riegelhaupt E., Maser O., Junquera M., Nadal G., Bouille D. (2008) Biofuels Assessment on Technical Opportunities and Research Needs for Latin America. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition; pp. 2661-2669; ISBN 978-88-89407-58-1
- Sailer Baumschulen GmbH (no date) Ratgeber Energiewald. - <http://www.sailer-baumschulen.de/RatgeberEnergiewald.pdf> [accessed: 13.05.2015]
- SLL (no date) Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten. – Fachmaterial Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft; [http://www.schnepf-pro-lignum.de/uploads/pdf/Anbauempfehlungen\\_f%C3%BCr\\_schnellwachsende\\_Baumarten.pdf](http://www.schnepf-pro-lignum.de/uploads/pdf/Anbauempfehlungen_f%C3%BCr_schnellwachsende_Baumarten.pdf) [accessed: 09.09.2014]
- Wald21 (2015) <http://www.wald21.com/energiewald/anbaupraxis.html> [accessed: 30.03.2015]
- Wickham J., Rice B., Finnan J., McConnon R. (2010) A review of past and current research on short rotation coppice in Ireland and abroad. - COFORD, National Council for Forest Research and Development; <http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/SRC.pdf> [accessed: 21.07.2014]
- Verscheure (1998) Energiegehalt von Hackschnitzeln – Überblick und Anleitung zur Bestimmung. - FVA, <http://192.168.0.121:9091/servlet/com.trend.iwss.user.servlet.sendFile?downloadfile=IRES-648385774-E63F29C8-4677-4647-7> [accessed: 09.09.2014]



