



**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

**60/2
2018**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Vedecký redaktor / Executive editor:
doc. Dr. Mgr. Jaroslav Ďurkovič

Výkonný redaktor / Managing editor:
Ing. Martin Lieskovský, PhD.

Predsedajúci redakčnej rady / Editor in Chief:
prof. Dr. Ing. Viliam Pichler

Redakčná rada / Editorial board:
doc. Ing. Marek Fabrika, PhD.
prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.
prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
doc. Ing. Karol Ujházy, PhD.
prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN 60 2/2018

Vydala Technická univerzita, T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen, IČO 00397440

Vydanie I. – december 2018

Rozsah 50 strán, AH, VH

Náklad 100 výtlačkov

Tlač a grafická úprava: Vydavateľstvo TU vo Zvolene

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou

Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 30. 1. 2018, číslo EP
27/2018

Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori a recenzenti. Periodikum s periodicitou dvakrát ročne. Evidenčné číslo 3861/09

© Technická univerzita vo Zvolene
ISSN 0231-5785

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Zuzana Ježková: <i>Argyresthia conjugella</i> ZELL. A její vliv na klíčivost apomiktických jeřábů	7
Radka Broumová: Vliv herbivorie na reprodukční fitness orchis pallens a orchis purpurea na geografickém gradientu v ČR Impact of herbivory to reproduction fitness orchis pallens and orchis purpurea of geographic gradient in Czech Republic.....	19
Michal Hudák – Martin Lieskovský – Miloš Gejdoš: Analýza hrúbkového prírastku rýchlorastúcich drevín pri použití alternatívnych spôsobov hnojenia	29
Samuel Šimo-Svrček, Hubert Paluš, Ján Parobek, Martin Moravčík, Miroslav Kovalčík, Michal Dzian: Využívanie surového dreva v kontexte princípov bioekonomiky.....	41

***ARGYRESTHIA CONJUGELLA ZELL.* A JEJÍ VLIV NA KLÍČIVOST APOMIKTICKÝCH JEŘÁBŮ**

Zuzana JEŽKOVÁ (rod. Havránková)

JEŽKOVÁ Z.: *Argyresthia conjugella* Zell. a její vliv na klíčivost apomiktických jeřábů.
Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

Předmětem studie je výzkum apomiktických druhů jeřábů (*Sorbus*) z agregátu *Sorbus latifolia* agg. Tyto druhy jsou v České republice řazeny do kategorie kriticky ohrožených taxonů. Vznikají hybridičací, která je spojena s polyploidizací. Díky jejich specifickému způsobu rozmnožování vznikají semena samovolně, bez opylení. Klíčivost semen apomiktických druhů jeřábů byla dále zkoumána, aby byla kvantifikována míra této klíčivosti, a dále aby byl zjištěn vliv vnějších podmínek k úspěšnému klíčení, neboť v přírodních podmínkách je jejich přirozená obnova dosud málo úspěšná. Práce se zabývá rovněž hmyzím škůdcem *Argyresthia conjugella* Zell. z řádu *Lepidoptera*. Tento je znám především jako škůdec rodu *Malus*. Ve starší literatuře byl popsán jeho výskyt na jeřábech, konkrétně na druzích *Sorbus aucuparia* (L.) a výjimečně na *Sorbus intermedia* (Ehr.) Pers. Výsledky této práce přináší nové poznatky z ekologie rodu *Sorbus* a možnosti pro zachování přírodních populací.

Klíčová slova: apomixie, *Sorbus*, Rosaceae, *Argyresthia conjugella*, klíčivost

1. ÚVOD A CÍLE

Jeřáby patří do rodu *Sorbus*, čeledi Rosaceae a podčeledi Maloideae. V širším smyslu se jedná o rod opadavých stromů a keřů s jednoduchými nebo zpeřenými listy. S květenstvím bílým nebo růžovým. Plodem jsou malvice převážně červené barvy a jejich odstínů (ALDASORO ET AL. 2004, RICH ET AL. 2010). Jsou důležitými dřevinami z hlediska biodiverzity temperátních lesů. V rámci české květeny je tento rod svým rozšířením nejbohatší endemickou skupinou cévnatých rostlin. Přibližně tvoří $\frac{1}{4}$ všech endemických taxonů (VÍT 2006).

V České republice existuje několik endemitů hybridogenního původu, kde hlavním ovlivňujícím druhem je jeřáb muk (*Sorbus aria* (L.) Crantz) a jeho příbuzní, např. *Sorbus danubialis* (Jáv.) Prodan. Většina z těchto druhů byla popsána v 80. až 90. letech 20. století, další jsou nově popsány v současné době. Nadále je pravděpodobné, že další druhy jeřábů budou ještě objeveny nebo vyjdou na svět při revizích již existujících druhů.

Rod je omezen na severní polokouli, přičemž nejvyšší rozmanitost jeřábů je v Evropě a ve východní Asii. Okrajově se vyskytují v severní Africe (ALDASORO ET AL. 2004,

McALLISTER 2005). Převážná většina druhů v rodě *Sorbus* jsou světlomilné dlouhověké dřeviny. Zastínění tlumí kvetení i růst (RICH ET AL. 2010). Nejvíce druhů, včetně hybridogenních se nalézají v oblastech, kde je členitý terén, hluboce zaříznutá říční údolí či jejich skalní výstupy, čedičové skály, sutě, izolované kopce nebo vyšší horské polohy, které jsou těžko přístupné. Dalším podporujícím činitelem je geologická pestrost podkladu, jak dokládají jeřáb džbánský (*Sorbus gemella*) (Kovanda)).

Druhy rostou jak v acidofilních dubových lesích, v šipákových doubravách, na strmých skalách či sutích, tak na lesních okrajích, suchých lesních lemech, v xerotermních skalnatých stráních nebo na ledovcových karech. Na rozdíl od *Sorbus chamaemespilus* (L.) Crantz., který roste nejblíže od nás na Slovensku, a objevuje se ve světlých porostech kosodřevin, na skalách a vápnitých či písčito-hlinitých půdách (DÍTĚ 2011).

Jeřáby jsou cennou dřevinou, rostoucí často v takových půdních podmínkách, které by žádné jiné dřeviny nevyhovovaly kromě borovice lesní, která taktéž snáší extrémní stanoviště (Poleno et al. 2009). Jsou to heliofyty. Výjimkou je *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, který roste přirozeně v lesním společenstvu. Některé druhy jsou tolerantní k zástinu, např. *Sorbus albensis* (M. Lepší, K. Boublík, P. Lepší et P. Vít), který i při mírném zástinu dorůstá výšky 12 m, avšak nekvete a tudíž neplodí (RICH ET AL. 2010). Ve střední Evropě se jeřáby vyskytují společně s jinými druhy teplomilných rostlin např. na strmých stráních, skalních výchozech či v dubových lesích a křovinách (KUTZELNIGG 1994).

Obecně je u jeřábů přirozená obnova velmi slabá, u hybridogenních druhů téměř nulová. V přírodních podmínkách je přirozená obnova doposud málo úspěšná, neboť na stanovištích podléhají často konkurenčním druhům. Dalšími negativními faktory jsou vysoké počty zvěře, hmyzí škůdci, kteří konzumují mladá pletiva květů i listů včetně semen, patogeny či přílišná expanze jiných dřevin (LEPŠÍ ET AL. 2008). Možnou příčinou jsou i globální ekologické změny, které mohou vést k urychlenému stárnutí a odumírání starších jedinců, čímž může dojít k postupnému snížení věkového průměru jedinců a prořídnutí populací (BUSINSKÝ 2009). Negativní působení se projevuje téměř úplnou absencí přirozeného zmlazování populací na mnoha lokalitách, což vede k homogenní věkové struktuře na dané lokalitě (VÍT & SUDA 2006).

Populace apomiktických jeřábů jsou tvořeny často pouze několika málo desítkami exemplářů. Jsou považovány za velmi vzácné dřeviny. Všechny hybridogenní druhy jeřábů patří mezi vzácné a ohrožené prvky české květeny, které si zasluhují cílenou ochranu. (Sub)-endemické druhy jsou bez výjimky zařazeny v Červeném seznamu ohrožené květeny ČR, kde spadají do dvou kategorií – kriticky a silně ohrožený druh (GRULICH 2012). Ve vyhlášce č. 395/1992 Sb., v platném znění, pak figurují *Sorbus bohemica* (Kovanda) a *Sorbus sudetica* (Tausch) Bluff, Nees et Schauer (VÍT & SUDA 2006).

V současné době jsou již tak malé populace jeřábů ohroženy hmyzem škůdcem *Argyresthia conjugella* Zell., jež je zařazena do řádu motýlů (*Lepidoptera*), do čeledi molovkovitých (*Argyresthiidae*) KARSHOLT & NIEUKERKEN 2013). Rozzpětí křídel tohoto

motýla je 10–25 mm. Má jednoduchá tykadla a vyvinutý sosák. Křídla jsou užší, protáhlá. Přední i zadní křídla jsou stejně široká. Na předních křidlech je znatelná tmavší skvrna a bílá kresba, nebo naopak určitý jedinec může být celý bílý. Má obvykle jednu generaci za rok. Motýli létají za soumraku a večer. Napadají jak ovocné druhy dřevin, tak okrasné a. lesní (OBENBERGER 1952, KŘÍSTEK & URBAN 2004)

Samičky kladou vajíčka do raných (nezralých) plodů jeřabin či jabloní v blízkosti zasychajících kališních lístků. Housenky se zavrtávají po vylíhnutí do plodu, kde v případě jabloní vyžírají různě velké chodbičky. V plodu jabloní může být až 25 housenek. U jeřábů se nachází pouze jediná (MILLER 1956, AGASSIZ 1996).

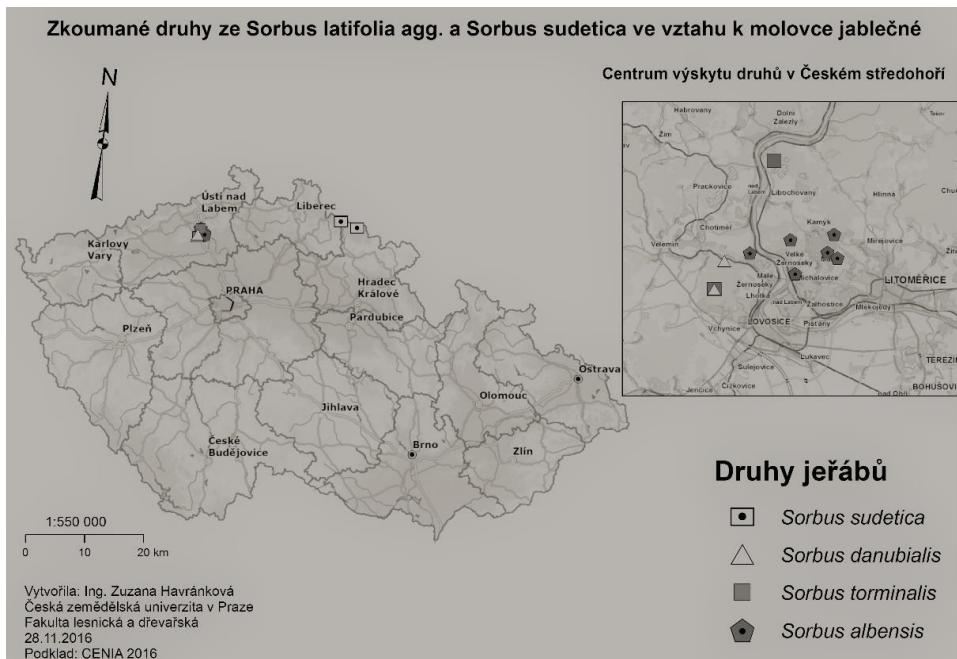
Molovka jablečná poškozuje kromě plodů jabloní a jeřábů také jejich květní pupeny. Jedná se o poměrně hojný druh škůdce v závislosti na porostech živné dřeviny (ZÁRYBNICKÝ & ZOHORNA 2012). Z hlediska ochrany jeřábů a dlouhodobého udržení populací je jednou z naléhavých otázek problematika reprodukce. Ta je sama o sobě velmi specifická, neboť se jedná převážně o apomiktické druhy.

Cílem tohoto výzkumu je zjistit míru klíčnosti u apomiktických druhů jeřábů a vliv škůdců na klíčnost. Úkolem je také nalézt vhodnou metodiku pro podporu klíčení těchto jeřábů. Vytvořit genobanku, aby v případě zániku některého endemitu druhu volně přírodě mohla být jeho populace obnovena. Druhým cílem je zjišťování ekologických nároků u daných druhů a nastavení vhodného managementu na daných stanovištích.

2. MATERIÁL A METODY

2.1 Druhy dřevin

Pro studii byly vybrány tři druhy, jež se rozmnožují agamospermicky, a to *S. danubialis*, *Sorbus sudetica*, a *S. albensis* a dále *S. torminalis*, který se rozmnožuje sexuálně, viz Obr. 1. Plody z těchto druhů byly sbírány ze čtyř lokalit. *S. danubialis* – Bílá Stráň u Pokratic (50°33'32.068"N, 14°7'59.256"E), *S. albensis* v Bídnici, okres Litoměřice (50°33'1.918"N, 14°5'51.694"E), *S. sudetica* z Krkonošského národního parku z genobanky (50°37.59992>N, 15°36.40627>E). *S. torminalis* v Litoměřicích, v okolí Bídnice (50°32.86178>N, 14°5.74165>E). Malvice těchto druhů byly sbírány v plné zralosti, a to v době od konce srpna do poloviny září.



Obr. 1 Zkoumané druhy ze *S. latifolia* agg. a *S. sudeetica* ve vztahu k molovce jablečné

Fig. 1 Examined species of *S. latifolia* agg. and *S. sudeetica* in relation to *Argyresthia conjugella*

2.2 Luštění

Sesbírané malvice byly uloženy do vyluštění v uzavíratelných sáčcích v chladící komoře při teplotě 5 °C. Luštění semen bylo prováděno ručně pomocí nože a preparační jehly. Semena byla zbavena dokonale a co nejdříve zbytků dužiny, aby bylo zabráněno působení inhibitorů. Při luštění byla od sebe oddělena již na první pohled nevyvinutá semena (svraskalá, poškozená) a semena potenciálně vyvinutá. Za ta jsou považována taková, která jsou lesklá, tvrdá a odpovídají běžným rozměrům pro daný druh a nejeví žádné známky poškození. Dále semena byla namočena na dvě hodiny do destilované vody. Poté bylo přistoupeno k ruční preparaci embrya za pomocí pinzety a preparační jehly. Tento postup umožnil oddělit napadená semena parazitem od plně vyvinutých embryí, jež byla bez známek poškození. Náhodně bylo vybráno 100 embryí *S. danubialis* (vyloučena byla ta, která byla mírně poškozena preparační jehlou) pro test životnosti. Test proběhl následným postupem: 100 vypreparovaných embryí bylo vloženo do kádinky s destilovanou vodou. Máčení trvalo 4 dny. Poté byl připraven 1% roztok 2,3,5-trifenyltetrazolia chloridu s pH od 6,5 do 7,5. Roztok byl připraven rozpuštěním 10 g tetrazolia v 1 000 ml pufračního roztoku. Příprava pufračního roztoku: 1. roztok

9,078 g KH_2PO_4 bylo rozpuštěno v 1 000 ml destilované vody a 2. roztok 9,472 g Na_2HPO_4 v 1000 ml destilované vody. Poté 400 ml roztoku 1 a 600 ml roztoku 2 bylo smícháno. V takto získaném pufráčním roztoku bylo rozpuštěno 10 g tetrazolia. Voda z kádinky, kde byla embrya namočena, byla vylita a na embrya byl nalit 1% roztok 2,3,5 trifenyltetrazolia chloridu tak, aby všechna embrya byla ponořena. Poté se na 18 hodin při teplotě 30°C kádinka s embryi vložila do biologického termostatu. Po uplynutí doby byla kádinka se semeny vyjmuta a tetrazolium chloridu bylo zcezeno. Embrya byla vložena na kontrastní bílý papír a ještě jednou byla vizuálně kontrolována (každé semeno hodnoceno zvlášť pod lupou). Čím tmavší barva embrya byla, tím větší životnost embryo mělo.

2.3 Klíčení

Vypreparovaná embrya byla vkládána po 20 ks do krabiček s vlhkým krepovým filtračním papírem a vložena do klimatizované komory, kde je po 8 hodin udržováno světlo a konstantní teplota 30 °C a 16 hodin tma při 20 °C. Po sedmi dnech byly odečítány výsledky energie klíčení a po 21 dnech pak klíčivost (procentický poměr vyklíčených semen v zaklíčovaném vzorku), resp. počet vyklíčených a nevyklíčených semen, případně semen napadených plísní. Za vyklíčená semena byla považována ta, jejichž klíček byl alespoň dvakrát delší, než byl původní rozměr nevyklíčeného semena.

3. VÝSLEDKY

Přes malou plodnost jeřábů, která byla způsobena vlivem přírodních podmínek, bylo zjištěno, že se na nich vyskytuje hmyzí škůdce z řádu *Lepidoptera*. Jedná se o molovku jablečnou, *Argyresthia conjugella* Zell. (Obr. 2), která napadá v ČR především rod *Malus*. V roce 2016 a 2017 bylo prokázáno, že *Argyresthia conjugella* se vyskytuje i na apomiktických druzích vč. *Sorbus sudeetica*, který je znám v České republice pouze z Krkonošského národního parku. Je pravděpodobné, že výskyt *Argyresthia conjugella* je vázán právě na úrodnost jablek v daném roce. Toto dokazují výsledky např. u *Sorbus danubialis*, kdy za rok 2016, kdy byla úrodnost jablek vysoká, bylo napadeno malé množství malvic. Naopak v roce 2017, kdy byla špatná úroda jablek, bylo napadeno molovkou až 60 % malvic *Sorbus danubialis*. U *Sorbus sudeetica* bylo rovněž prokázáno napadení *Argyresthia conjugella*, přestože jeho populace se nachází v horských oblastech na ledovcových karech (Obr. 4).

Při porovnání výše zmíněných testovaných druhů bylo zjištěno, že molovka jablečná nejvíce poškodila semena *Sorbus albensis* (Obr. 4), který je řazen do kategorie C2 r – vzácné ohrožené taxony s malou populací. Přičemž v roce 2017 bylo molovkou jablečnou napadeno 56 % potenciálně vyvinutých semen. Druhým nejvíce postihnutým taxonem byl *S. danubialis*, kde bylo napadeno 51 % potenciálně vyvinutých semen. Výrazně menší napadení bylo zaznamenáno u *S. sudeetica* a to v počtu 21 %. U *S. terminalis* bylo napadeno pouhých 13 % potenciálně vyvinutých semen. Výsledky ukazuje obr. 6.

Argyresthia conjugella napadá jeřáby v období května, června až července, kdy se teprve plody vyvíjí. Její larvy byly nalezeny v semeně, přičemž oplodí bylo zcela neporušeno

(Obr. 3). Na malvici rovněž nebyly patrné žádné známky poškození. *Argyresthia conjugella* u jeřábů poškozuje embryo, což vede ke snížené schopnosti klíčení daného druhu jeřábu nebo může způsobit jeho nevyklíčení. Bylo zjištěno, že pokud u embrya není poškozen klíček, tak může zárodek vyklíčit, avšak budou na něm patrný defekty způsobené larvou.

U testu životnosti semen bylo ze 100 náhodně vybraných embryí 24 ks poškozeno, z toho 11 bylo napadeno molovkou. Zbylých 70 semen, se ukázalo jako vhodných pro klíčení.



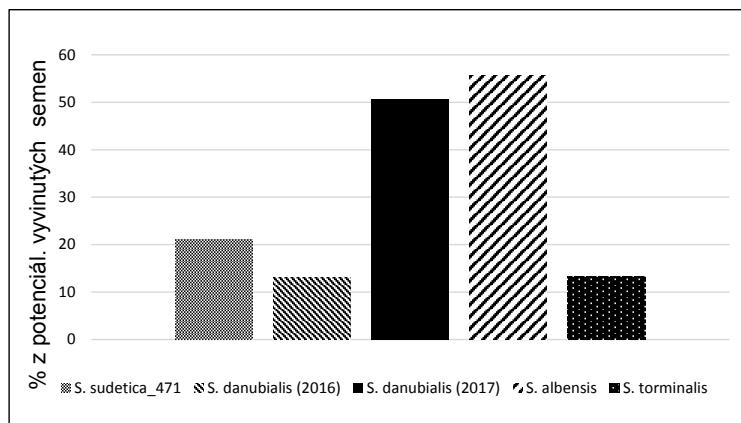
Obr. 2 *Argyresthia conjugella* Zell. nalezená v malvici, délka 16 mm

Fig. 2 *Argyresthia conjugella* Zell. found in pome lenght 16 mm

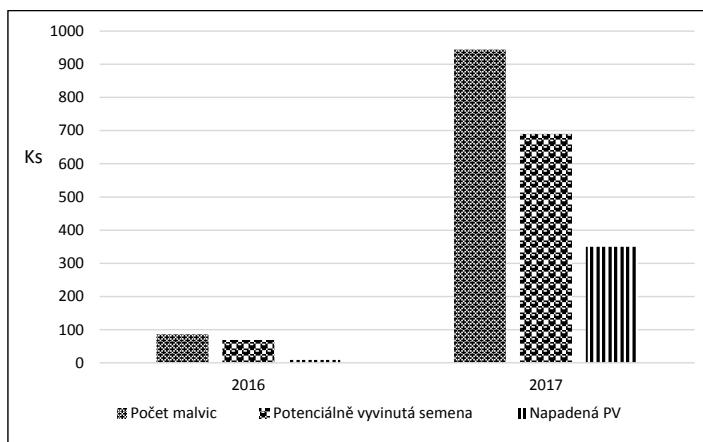


Obr. 3 V horní části obrázku neporušený obal semena *S. albensis* (9,5x5 mm), vlevo dole larva molovky (8 mm), vpravo dole poškozené embryo molovkou a pro srovnání nepoškozené embryo vpravo nahoře (9 mm).

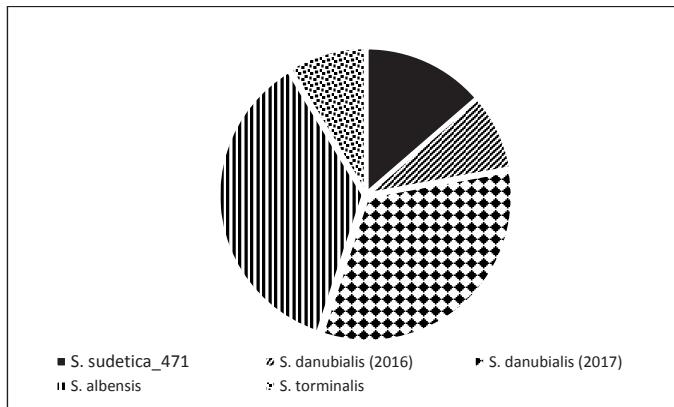
Fig. 3 In the upper part of the picture the intact shell of the *S. albensis* seed (9,5x5 mm, left molar molva down (8 mm), the bottom-left embryo damaged by moth, and for comparison the undamaged embryo (9 mm) at the top right.



Obr. 4 Napadení *Argyresthia conjugella* u 4 druhů jeřábů za období 2016–2017
Fig. 4 Infestation of moth *Argyresthia conjugella* in 4 types of cranes for the period 2016–2017

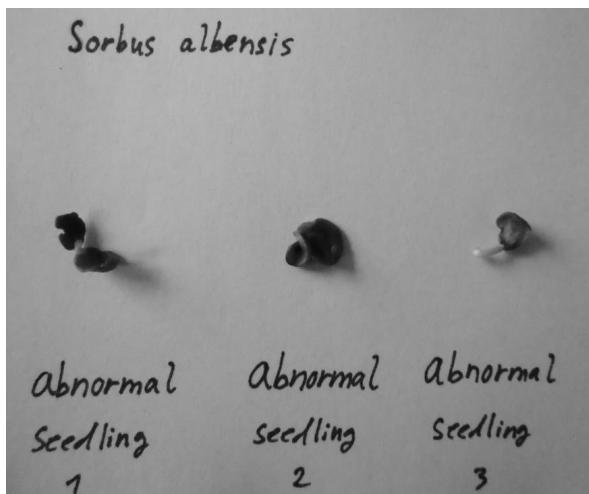


Obr. 5 Vývoj napadení *Argyresthia conjugella* u *S. danubialis* za 2 roky
Obr. 5 The development of the moth *Argyresthia conjugella* attack on *Sorbus danubialis* over a period of 2 years



Obr. 6 Napadení potenciálně vyvinutých semen u 4 druhů jeřábů v % za období 2016-2017

Fig. 6 Contamination of potentially developed seeds in 4 types of cranes in percent (2016-2017)



Obr. 7 Abnormální klíčivost po napadení *Argyresthia conjugella*

Fig. 7 Abnormal germination after infestation with moth *Argyresthia conjugella*

4. DISKUZE

Apomiktické druhy jeřábů mají v České republice omezené areály výskytu. Jedná se o endemické druhy dřevin. Jsou řazeny dle Červeného seznamu cévnatých rostlin do kategorie kriticky či silně ohrožených druhů. Jejich malé populace, se pohybují ve veli-

kostech od deseti do stovky jedinců. Hrozbou je *Argyresthia conjugella*- molovka jablečná, která napadá semena a poškozuje embryo. AHLBERG (1927) objevil molovku jablečnou ve Švédsku na *Sorbus aucuparia* a výjimečně na *Sorbus intermedia*, kde jako hostitelskou dřevinu označil *Sorbus aucuparia*. Toto nelze potvrdit ani vyvrátit. V České republice je molovka jablečná známá především jako škůdce rodu *Malus*, tedy jabloní. Na apomiktických druzích jeřábů byla zaznamenána v roce 2016, kde byla nalezena při preparaci embrya vybraných druhů jeřábů. Osemení u semen nebylo porušeno, avšak uvnitř semena se nacházela larva molovky. Lze říci, že v případě napadení malvic jeřábů se vyvine méně larev než při napadení jablka. V případě jablek bylo zaznamenáno, že se v jednom plodu může nacházet až 25 larev (FURENHED 2006).

Lze potvrdit, že molovka jablečná jako dospělý jedinec napadá jeřáby v období od května do června, kdy klade vajíčka do nezralých plodů, krátce po opadu okvětních lístků (Kobro et al. 2003).

Koncem července až srpna se v malvicích jeřábů – v semenech vyvíjejí larvy, které ničí embrya. Na konci září vzniká kukla, která hibernuje pod zemí cca 6–8 měsíců (FURENHED S. 2006). Výsledky ukazují, že napadení jeřábů molovkou jablečnou je vázáno v České republice na úrodu či neúrodu jablek. V sezóně 2016 byla úroda jablek 126 434 t, kdy ve vztahu k jeřábům bylo napadení molovkou jablečnou v malvicích minimální, cca 13 %, oproti roku 2017, kdy úroda jablek čítala 96 657 t (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský 2017) a procento napadení molovkou jablečnou na jeřábech se pohybovalo kolem 50 %. Překvapivě byla nalezena molovka jablečná také u *S. sudeetica*, který se nachází v ČR přirozeně na ledovcových karech, avšak malvice byly sbírány z genofondové zahrádky ve Vrchlabí, kde rostou v nadmořské výšce 525 m n. m., což výškově populaci molovky jablečné neomezuje. Otázkou zůstává, zda by na přirozených lokalitách byla rovněž nalezena.

Co se týče klíčivosti apomiktických druhů jeřábů po napadení *Argyresthia conjugella*, tak bylo prokázáno, že apomiktické druhy jeřábů lze klíčit i bez stratifikace. Ukázalo se, že např. u *S. sudeetica* se klíčivost pohybovala od 20 do 40 %, což vyvrací fakt nutné stratifikace, kterou uvádí ZAHRADNÍKOVÁ & HARČARIKOVÁ (2013). V jimi analyzovaném materiálu se v případě provedené stratifikace pohybovala klíčivost v rozmezí od 14 do 85 %, přičemž semena byla získána z genofondové zahrady i přírodních lokalit v Krkonoších.

Ostatní apomiktické druhy jeřábů měly rovněž 40% klíčivost. Vliv molovky jablečné na klíčení semen se projevovalo tak, že pokud bylo poškozeno embryo, ale ne klíček, vyvinuly se poškozené děložní lístky, avšak klíček se mohl vyvijet dál. Nebo embryo bylo roztríštěné, a proto se vyvinulo několik děložních lístků, avšak bez kořínku. Vznikly tak různé varianty poškození a abnormálního klíčení. Navzdory poškození embrya lze konstatovat, že pokud embryo není poškozené z více jak 5 %, semeno je schopné vyklíčit.

5. ZÁVĚR

Přes malou plodnost jeřábů, která byla způsobena vlivem přírodních podmínek, bylo zjištěno, že apomiktické jeřáby z aggregátu *Sorbus latifolia* agg. a *Sorbus sudeetica*

lze klíčit i bez stratifikace. Klíčivost je cca 40%. Dále bylo zjištěno, že se na jeřábech vyskytuje hmyzí škůdce z řádu *Lepidoptera*. Jedná se o *Argyresthia conjugella* Zell., která napadá především rod *Malus*. AHLBERG (1927) zmiňuje napadení molovkou jablečnou u *Sorbus aucuparia* výjimečně na *Sorbus intermedia*. V roce 2016 a 2017 bylo prokázáno, že *Argyresthia conjugella* se vyskytuje i na apomiktických druzích včetně taxonu *Sorbus sudeatica*. Je pravděpodobné, že výskyt *Argyresthia conjugella* je vázán právě na úrodnost jablek v daném roce. Toto dokazují výsledky např. u *Sorbus danubialis*, kdy za rok 2016, kdy byla úrodnost jablek vysoká, bylo napadeno malé množství malvic. Naopak v roce 2017, kdy byla špatná úroda jablek, bylo napadeno molovkou až 60% malvic *Sorbus danubialis*. U založených kultur *Sorbus sudeatica* bylo rovněž prokázáno napadení *Argyresthia conjugella* Zell., přestože se populace tohoto jeřábu přirozeně nachází v horských oblastech na ledovcových karech.

Argyresthia conjugella napadá pravděpodobně jeřáby v období června až července, kdy se teprve plody vyvíjejí. Její larvy byly nalezeny v semení, přičemž oplodí bylo zcela neporušeno. Na malvici rovněž nebyly patrné žádné známky poškození. *Argyresthia conjugella* u jeřábů poškozuje embryo, což může zhoršovat průběh klíčení daného druhu jeřábu nebo může způsobit jeho nevykličení. Bylo prokázáno, že pokud u embrya není poškozen klíček, tak může zárodek vyklíčit, avšak budou na něm patrný defekty způsobené molovkou jablečnou.

6. POUŽITÁ LITERATURA:

- AGASSIZ D. J. L. (1996): Yponomeutidae, In: Emmet A. M. (ed.), The moths and butterflies of Great Britain and Ireland. Vol. III. Harley Books. Colchester, 452.
- AHLBERG O. (1927): Rönnbärsmalen, *Argyresthia conjugella* Zell. En redogörelse för undersökningarna åren 1921-1926. Meddel Nr 324 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Lantbruksentomologiska avdelningen, Stockholm.
- ALDASORO J.J., AEDO C., GARMENDIA F.M., DE LA HOZ F.P. AND NAVARRO C. (2004): Revision of *Sorbus* subgenera *Aria* and *Torminaria* (Rosaceae-Maloideae). Systematic Botany Monographs 69: 1148.
- BUSINSKÝ R. (2009): Endemické jeřáby České republiky (rod *Sorbus*, čeleď Rosaceae). Acta Pruhoniciana, 93: 37–46.
- DÍTĚ D. (2011): *Sorbus chamaemespilus*. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/sorbuschamaemespilus/> [Cit. 15.8.2017].
- FURENGED S. (2006): Ground-living predators of the apple fruit moth *Argyresthia conjugella* (Zell.). Examen-sarbete i entomology, Sweden 5:25-45.
- GRULICH V. (2012): Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. Preslia 84: 631–645.
- KARSHOLT O. & NIEUKERKEN E. J. van (eds) (2013): Lepidoptera. Fauna Europaea, vers. 2.6.1. Databáze online [cit. 2013-06-13]. Dostupné na: www.faunaeur.org/
- KOBRO, S., SØREIDE, L., DJØNNE, E., RAFOSS, T., JAASTAD, G., WITZGALL, P. (2003): Masting of rowan *Sorbus aucuparia* L. and consequences for the apple fruit moth *Argyresthia conjugella* Zeller. Popular Ecology Springer-Verlag Tokyo. 45:25-30.
- KŘÍSTEK J. & URBAN J. (2004): Lesnická entomologie. Academia, Praha, 445 s.
- KUTZELNIGG H. (1994): *Sorbus* L., In: H. J. Conert, U. Hamann, W. Schultze-Motel, and G. Wagenitz [eds.], Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band IV, Teil 2B, 249-448. Parey, Hamburg.
- LEPŠÍ M., VÍT P., LEPŠÍ P., BOUBLÍK K., SUDA J. (2008): *Sorbus milensis*, a new hybridogenous species from northwestern Bohemica. Preslia, 80: 229-244.
- MCALLISTER H. (2005): The Genus *Sorbus*: Mountain Ash and Other Rowans. 1st edition. Kew: Royal Botanic Gardens, 252 s.

- MILLER F. (1956): Zemědělská entomologie. Československá akademie věd, Praha, 1056 s.
- OBENBERGER J. (1952): Entomologie I. Přírodovědecké vydavatelství, Praha, 869 s.
- POLENO Z. a kol. (2009): pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Lesnická práce. Kostelec nad Černými lesy.
- ÚKZÚZ (2017): Vývoj sklizně jádrovin v intenzivních sadech v Česku. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/trvale-kultury/statisticke-vystupy/> [cit. 2018-01-22].
- RICH, T.C., HOUSTON G., L., ROBERTSON A., PROCTOR M.C.F. (2010): Whitebeams, Rowans and Service Trees of Britain and Ireland. A monograph of British and Irish Sorbus L. B.S.B.I. Handbook No. 14. Botanical Society of the British Isles, London.
- VÍT P. (2006): Variabilita endemických zástupců rodu Sorbus L. v ČR: morfometrické, karyologické a molekulární zhodnocení. Praha: Univerzita Karlova. Diplomová práce, depon. in: Knih. Kat. Bot. PřF UK, Praha
- VÍT P. & SUDA J. (2006): Endemické jeřáby – perly mezi českými dřevinami. Živa, 6: 251-255.
- ZÁRYBNICKÝ J. & ZOHORNA J. (2012): Portál informačního systému ochrany přírody. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Databáze online [cit. 2013-06-22]. Dostupné na: www.ochranaprirody.cz/
- ZAHRADNÍKOVÁ J. & HARČARIKOVÁ L. (2013): Banka semen ohrožených druhů rostlin Krkonoš – kličivost a hmotnost semen, část 2. Opera Concortica, 50: 119-142.

The moth *Argyresthia conjugella* Zell. and it's effect on germination of apomictic rowans
Příspěvek byl financován z grantu IGA 2017, který byl přidělen pro projekt A_11_17 s názvem Generativní množení vzácných druhů jeřábů (*Sorbus latifolia* agg. a *Sorbus sudeetica*) rostoucích na území ČR. Za korekturu a spolupráci bych chtěla poděkovat Ing. Tomášovi Černému, Ph.D.

Adresa autora:

Ing. Zuzana Havranková - Katedra ekologie lesa, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol, Česká republika, e-mail: havrankovaz@fld.czu.cz

Summary

Despite the small fertility of cranes caused by natural conditions, it was found that apomictic cranes from *Sorbus latifolia* agg. and *Sorbus sudeetica*, can be germinated without stratification. Germination is about 40% successful. It has also been found that insect pests of the *Lepidoptera* family are found on cranes. It is *Argyresthia conjugella* Zell., Which is mainly attacked by the genus *Malus*. Older articles order refer to the *Sorbus aucuparia* attack on the *Sorbus intermedia* exceptionally. In 2016 and 2017 it was proved that *Argyresthia conjugella* is also found on apomictic species and *Sorbus sudeetica*. It is likely that the occurrence of *Argyresthia conjugella* is linked to the fruit set of apples in that year. This is evidenced by the results of, for example, *Sorbus danubialis*, when a small number of pomes were attacked in 2016 when the fertility of apples was high. On the contrary, in 2017, when the poor harvest of apples was attacked by moths up to 60% of *Sorbus danubialis*. *Sorbus sudeetica* has also been shown to be infected by *Argyresthia conjugella*. Although its population is found in mountain areas on glacier slopes.

Argyresthia conjugella Zell. Probably attacks the cranes from June to July, when only the fruit develops. Her larvae were found in the seed, and the endocarp was completely intact. There were also no signs of damage on the pomes. *Argyresthia conjugella* in cranes damages the embryo, which can lead to a reduced ability to germinate the crane or cause it to become non-germinable. It has been shown that if the embryo does not damage the germ, the germ can germinate, but there will be evidence of malformations caused by apple moths.

VLIV HERBIVORIE NA REPRODUKČNÍ FITNESS ORCHIS PALLENS A ORCHIS PURPUREA NA GEO- GRAFICKÉM GRADIENTNU V ČR

IMPACT OF HERBIVORY TO REPRODUCTION FIT- NESS ORCHIS PALLENS AND ORCHIS PURPUREA OF GEOGRAPHIC GRADIENT IN CZECH REPUBLIC

Radka BROUMOVÁ

Abstract

Dizertační práce je zaměřena na studium populací *Orchis pallens* a *Orchis purpurea*, jejichž výskyt je vázán na lesní porosty i bezlesí a tím vytváří vhodný model pro ekologickou komparaci. Vybrané druhy jsou aktuálně zařazeny mezi silně ohrožené taxony v ČR. Cílem práce je studovat podobnost či rozdílnost ekologických podmínek na stanovištích, konkrétně jsou zjišťovány půdní poměry, (mikro)klimatické charakteristiky (vlhkost, teploty) a intenzita zastínění v populacích. Unikátnost výzkumu spočívá ve studiu dynamiky populací na klimatickém gradientu v ČR. V populačně biologických aspektech je porovnávána velikost rostlin ve vztahu ke světelným podmínkám. Vzhledem k již pozorované výraznější herbivorii u obou druhů na několika lokalitách, je předmětem zkoumání i vliv intenzity požeru listů na počet květů na rostlině, procento opylení a dormanci či sterilitu další rok(y).

PhD research is focused to *Orchis pallens* and *Orchis purpurea*, which occur in woodlands and also in grasslands. Selected species can serve as a good model for ecological comparison. *Orchis pallens* and *Orchis purpurea* are classified as strongly endangered species in the Czech Republic. Research aim is to study similarity and differences in ecological conditions in selected sites, especially soil pH, microclimatic conditions (moisture, temperature) and shade intensity. The uniqueness of this research is to study the whole climatic gradient within the Czech Republic. Comparison of size of individual plants in relation to light conditions will be performed, employing hemispherical images. Further, we will study effects of herbivory on flower numbers, proportion of pollination and induced dormancy/sterility of individuals in next years.

Klíčová slova: vstavače, *Orchis*, herbivorie, mikroklimatické charakteristiky, světelné podmínky

1 ÚVOD

Orchideje tvoří velmi zajímavou skupinu taxonů s velmi specifickými nároky pro svůj výskyt. Již pro samotné klíčení vyžadují přítomnost vhodného symbionta, zpravidla různé druhy stopkovýtrusných hub (Dykyjová 2003), což jejich výskyt a rozšíření výrazně limituje. Jejich vzájemná vazba pak u některých druhů přetrvává po celý život daného jedince. Pro úspěšné dlouhodobé setrvání populací druhu na lokalitě je však nutné vytvořit

i dostatečné množství semen (potomstva), které zvýší pravděpodobnost dalšího výskytu. Úspěšnost populace závisí nejen na její velikosti, ale i na její reprodukční schopnosti.

Na velikost populace jednotlivých druhů mají rozhodující vliv jak biotické, tak i abiotické podmínky. Pokud se nám tedy podaří lépe pochopit specifické nároky studovaných druhů, budeme schopni efektivně navrhovat managementová opatření a vytvořit podmínky pro růst těchto orchidejí.

Z dostupné literatury uvádí Jacquemyn et al. (2010) na příkladu *Orchis purpurea*, že je důležitá pro lesní orchideje i míra zastínění. Na dvou různě zastíněných místech pomocí metody LTRE (Life Table Response Experiment) výsledky jasně ukázaly vliv světla na produkci semen, která byla 2× větší na místech s větší prostupností světla. Potvrdilo se tedy, že světlo je důležitým faktorem efektivní populační dynamiky. Vliv světelých podmínek na výšku a procento kvetoucích ramet a na procento semenáčku v estonských populacích zkoumala také T. Kull (1994). Autorka zjistila, že u vyšší intenzity prošlého záření bylo i výrazně vyšší procento semenáčků *Cypripedium calceolus*.

Změny klimatu negativně ovlivní více atributů v ontogenickém vývoji orchidejí, což může mít za následek klesající počty jedinců a i možný konečný zánik populací (Kindlmann et al. 2015). Mnoho orchidejí závisí na konkrétních opylovačích a změna klimatu je velkou hrozbou pro ně samotné a potažmo pro efektivitu opylování.

Klimatické podmínky jsou výrazným faktorem ovlivňujícím populační dynamiku. Při studiu dvou různých druhů orchidejí *Listera ovata* a *Orchis purpurea* byla zjištěována produkce semen u malých a velkých populací (Jacquemyn et al. 2009). U obou orchidejí jak v malých tak i velkých populacích byla vysledována velmi nízká produkce v roce 2004 a to vlivem chladnější průměrné teploty a tím i menší aktivitou opylovačů v daném roce.

Na velikost populace do určité míry závisí také výnos semen. Velké nebo hustější populace mohou přilákat snáze větší počet opylovačů a proto jsou lépe chráněny před kolísáním klimatických podmínek než malé populace (Jacquemyn et al 2007), kde je efektivita opylovačů více nepředvídatelná.

Herbivorie je jeden z podstatných faktorů, který působí na rostliny, na jejich růst, vývoj a má samozřejmě důsledky na populační dynamiku, ovlivňuje početnost druhu a jeho přežití na lokalitě. Potlačení růstových parametrů v důsledku herbivorie může výrazně ovlivnit kvetení rostlinných druhů v aktuální sezóně, ale také přináší nižší náklady na přežití, růst a reprodukci v příštím vegetačním období. Je např. dokázáno, že pravděpodobnost kvetení a přežití u *Primula veris* v příštím roce byla pro všechny rostliny výrazně nižší, pokud byly zkoumané lokality paseny, než když byly koseny. Celkově rostliny na přepásaných místech byly významně menší, než rostliny, které byly koseny (Brys et al 2011). Herbivorie způsobuje změny v alokaci energie probíhající v rostlině. Prvotně poškozený jedinec investuje do obnovy základních životních procesů, poté vkládá energii do vegetativního růstu a až poté do generativní produkce.

Hodnocení důsledků herbivorie je obtížné, neboť poškození bývá různorodé a vliv se liší podle toho, na které části rostliny působí (okusy listů, květů, semen, minování různých částí rostliny, tvorba hálek apod.). Defoliace např. zvyšuje rychlosť fotosyntézy

u zbývajících listů, ale odstranění dozrávajících plodů zase vede naopak ke snížení rychlosti fotosyntézy (Crawley 1983). Rostliny i z tohoto důvodu vyvinuly v průběhu evoluce různé druhy obranných mechanismů. At' už anatomické a morfologické adaptace, tvorbu obranných látek nebo kompenzační růst ztracených částí rostlin (pletiv). Některé druhy překonfigurují svůj metabolismus a produkují toxiccké, nestravitelné sloučeniny (Wu, Baldwin 2009). Jedna ze strategií pro přežití je i tolerance herbivorie, což je schopnost rostliny udržet svou kondici díky růstu a reprodukci po poškození herbivory (Rosenthal et Kotanen, 1994).

Nejjednodušším opatřením jak zabránit herbivorii je zamezení kontaktu rostliny s herbivorem. Může se jednat o oplocení v případě větších herbivorů nebo použití chemických látek v případě menších herbivorů (insekticidy, detergenty).

Škody na populacích rostlin bývají maximálně vysoké, pokud se aktivita herbivorů shoduje s fází životního cyklu rostliny. Časovými aspekty interakcí se zabývala studie na *Silene dioica*, kde byla zjištěna nejvyšší aktivita měkkýšů během první části vegetačního období (Westerbergh et Nyberg, 1995). Slimáci jsou známí preferencí mladých listů nejen pro větší obsah bílkovin a menší obsah těžko stravitelných pletiv, ale také pro nízkou úroveň odrazujících látek.

Fenologické rozdíly mezi rostlinami jsou obecně důležité v interakcích s rostlinnými herbivory. Očekává se, že globální oteplování změní fenologické vztahy, zejména v horských a subalpských společenstvech (Price, Waser 1998), a proto ovlivní interakce mezi rostlinami a herbivory. Např. zvýšené množství poškození u *Arnica montana* od plzáka španělského (Bruelheide, Schneidel, 2001) naznačilo rozdílný dopad na efektivitu herbivora v různých nadmořských výškách. Množství slizu na sledovaných lokalitách bylo negativně korelováno s nadmořskou výškou. Očekáváme-li změny v herbivorními poškození rostlin vlivem fenologických posunů jak u rostlin samotných, tak u herbivorů, je nutné s těmito změnami počítat i na geografických gradientech.

Vliv pastvy jako určitého druhu herbivorie na populaci orchidejí také pravděpodobně závisí na jeho načasování a intenzitě. Požerky od velkých savců (ovce) mohou mít odrazující účinek na populaci orchidejí a mohou mít zásadní vliv na její kvetení, na druhé straně dobré pastevní hospodaření může udržet prosperující populaci orchidejí (Wells in Balounová et Kindlmann, 2001).

2 HYPOTÉZY

- Vyšší zástin = nižší míra kvetení (populace, jedinec).
- Vyšší herbivorie = nižší fitness.
- Struktura okolních biotopů ovlivňuje:
 - A) bohatost vegetace ve snímcích;
 - B) fitness orchidejí;
 - C) míru herbivorie.

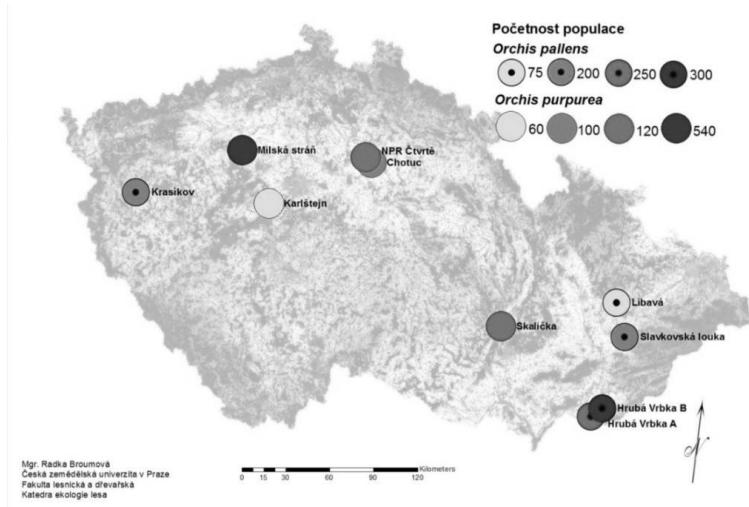
3 MATERIÁLA METODY

3.1 Výběr lokalit

Unikátností výzkumu je studium populací rozložených na klimatickém gradientu v rámci celé České republiky, kde západní část tohoto gradientu charakterizují suboceánické podmínky a východní část pak spíše subkontinentální podmínky. Smyslem tohoto schématu je podchytit význam klimatických podmínek, které velmi pravděpodobně významně ovlivňují nejenom vlastní životní projevy jedinců v populacích orchidejí, ale také rozvoj jejich herbivorů, které pak zpětně snižují svojí aktivitou parametry fitness orchidejí, patřících dnes mezi silně ohrožené druhy C2b (Grulich 2012).

Pro vstavač bledý (*Orchis pallens*) byly vybrány následující lokality: (a) PP Krasíkov ležící v západních Čechách, jedná se o početnou populaci rostoucí pod převážně lískovým porostem v dolní J až Z části vrchu Krasíkov, v blízkém okolí se nachází extenzivně využívané sady a TTP; v časných jarních měsících zde byly pozorovány požery zejména od plzáka španělského; Jedná se o nejzápadněji vyskytující se lokalitu daného druhu v rámci České republiky. (b) Hrubá Vrbka A, představující karpatskou dubohabřinu stáří cca 70 let, s velmi početnou populací roztroušeně rostoucí v celém komplexu; byla zde pozorována slabší intenzita herbivorie; (c) Hrubá Vrbka B, kde se v mladé lesní vegetaci s převládajícím jasanem ztepilým a lípou srdčitou stáří do dvaceti let vyskytuje početná populace navazující na předchozí lokalitu; v blízkém okolí se nachází extenzivně využívané sady a louky s bohatou orchidejovou flórou a dále TTP (d) Libavá (zpřístupněná část Vojenského újezdu Libavá), hostící populaci s více jak 50 kvetoucími jedinci v jasenině na strmém velmi skeletovitém svahu nad potokem Trnávka, která v horní části svahu přechází do dubohabřiny; lokalita je součástí velkého lesního komplexu v jižní části Oderských vrchů; herbivorie květů zde byla pozorována ojediněle, na poškozených listech dosud nebyl herbivor určen.

Vstavač nachový (*Orchis purpurea*) byl studován na těchto lokalitách: (a) PP Chotuc, reprezentující populaci čítající přes sto jedinců v převážně luční vegetaci xerotermního typu s aktivním managementem; výrazným herbivorem zde byla můra osenice polní; (b) NPR Čtvrtě, hostící populaci s více jak 100 kvetoucími jedinci v lesních porostech teplomilných bazifilních doubrav; z herbivorů byla zaznamenána zejména můra kovolesklec gama; (c) NPR Karlštejn, rozvolněná subtermofilní doubrava s populací kolem 60 jedinců; herbivorie zde není příliš intenzivní, převládají požerky květů; (d) PR Milská Stráň, kde se nachází mozaika travinných porostů, teplomilných křovin a opukových sutí; roste zde největší populace druhu v celé České republice; byl zde pozorován vyšší počet vytvořených tobolek, zřejmě díky vyšší frekvenci opylovalců v otevřeném biotopu; jako výrazný komplexní herbivor byla identifikována můra kovolesklec gama; (e) Skalička, kde roste více jak 100 jedinců v dubohabřině a bylo zde nalezeno poškození listů hlemýždem zahradním.



Mapa 1: Distribuce studovaných populací *Orchis pallens* a *Orchis purpurea* v ČR s odhadem jejich velikostí

Map 1: Distribution of monitoring *Orchis pallens* and *Orchis purpurea* populations in Czech Republic with abundance estimation

3.2 Míra herbivorie na jednotlivých lokalitách

Na každé lokalitě bylo náhodně vybráno 30 jedinců na počátku vegetační sezóny 2017 (*Orchis pallens* – duben, *Orchis purpurea* – květen). Rostliny byly označeny dřevěnými značkovači s čísly.

V případě jedinců poškozených herbivorií bylo zjišťováno procento herbivorních květů a výskyt herbivorie listů v podobě binární proměnné (ANO/NE).

U každého jedince se měřila míra herbivorie u listové části na škále 1–5 (1 – 0–20%, 2 – 21%–40%, 3 – 41%–60%, 4 – 61%–80%, 5 – 81%–100%), počet květů, počet tobolek.

4 VÝSLEDKY

Herbivorií postižení jedinci nevykazovaly intenzitu vyšší než 2. Grafické porovnávání je rozdělené na herbivorní a neherbivorní jedince zvlášť pro každý druh. U *Orchis purpurea* bylo srovnáváno 40 jedinců herbivorních se stejným počtem náhodně vybraných jedinců neherbivorních s dodržením dílčích počtů dle jednotlivých lokalit. Do statistických srovnání u herbivorných jedinců nebyly zařazeny rostliny zasažené herbivorií květů, kde je vliv na kvetení a počet tobolek přímočará.

U *Orchis pallens* pak bylo srovnáváno pouze 25 jedinců, a to kvůli nižší herbivorii celkově u tohoto taxonu a výpadku měřených rostlin z lokality Slavkovská louka, kde došlo za minulou sezonu k vandalskému odstranění značkovačů na turisticky frekventovaném místě.

Tabulka č.1: Počty a procenta poškozených rostlin *Orchis pallens* v náhodně vybraných skupinách po 30 jedincích. N_{TOT} = počet sledovaných jedinců

Tab. 1: Numbers and proportion of damaged plants of *Orchis pallens* in random selected groups totaling 30 individuals. N_{TOT} = number of monitoring individuals.

Lokalita	N _{TOT}	N poškozených	% poškozených
Hrubá Vrbka A	30	6	20
Hrubá Vrbka B	30	5	16,67
Krasíkov	30	7	23,33
Libavá	30	7	23,33

Tabulka č.2: Počty a procenta poškozených rostlin *Orchis purpurea* v náhodně vybraných skupinách po 30 jedincích

Tab 2: Numbers and proportion of damaged plants of *Orchis purpurea* in random selected groups totaling 30 individuals. N_{TOT} = number of monitoring individuals.

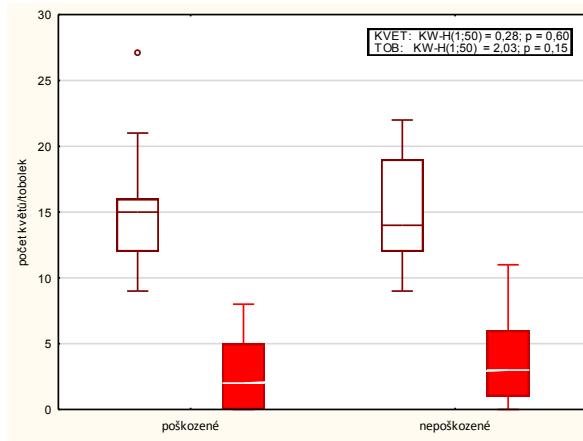
Lokalita	N _{TOT}	N poškozených	% poškozených
Čtvrtě	30	10	33,33
Chotuc	30	3	10
Karlštejn	30	8	26,67
Milská stráň	30	10	33,33
Skalička	30	9	30

Výsledky Kruskal-Wallisova testu potvrdily nesignifikantní rozdíl mezi herbivorii poškozených a nepoškozených jedinců.

Orchis pallens – Kruskal-Wallis test u květů $p = 0,60$, u tobolek $p = 0,15$ (viz graf č. 1).

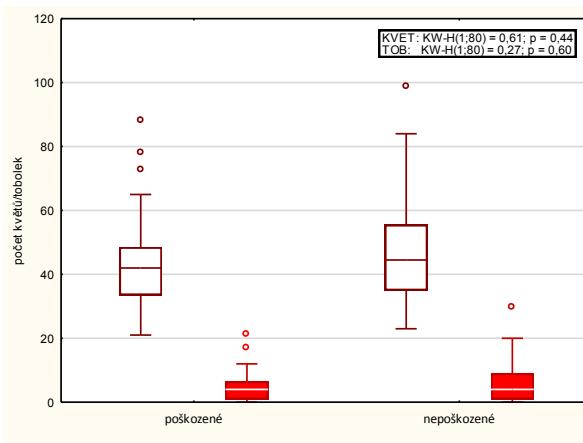
Orchis purpurea – Kruskal-Wallis test u květů $p = 0,44$, u tobolek $p = 0,60$ (viz graf č. 2).

Můžeme tedy říci, že i přes poškození listových částí herbivory při intenzitě do 30% (vyšší míra na lokalitách nebyla u listové části zaznamenána) nemá herbivorie vliv na tvorbu počtu květů a tobolek u obou sledovaných druhů.



Graf. č. 1 *Orchis pallens* ($n = 25$ jedinců/skupina): parametry fitness (počet květů – bílé boxy, počet tobolek – červené boxy) ve skupině dle přítomnosti herbivorní poškození

Figure 1: *Orchis pallens* ($n = 25$ individuals/group): fitness parameters (flowers numbers – white boxes, capsules numbers – red boxes) in groups according to herbivory damage.



Graf. č. 2 *Orchis purpurea* ($n = 40$ jedinců/skupina): parametry fitness (počet květů – bílé boxy, počet tobolek červené boxy) ve skupině dle přítomnosti herbivorní poškození

Figure 2: *Orchis purpurea* ($n = 40$ individuals/group): fitness parameters (flowers numbers – white boxes, capsules numbers – red boxes) in groups according to herbivory damage.

5 DISKUSE

Herbivorii u terestrických orchidejí můžeme rozdělit podle charakteristiky, na kterých částech je rostlina poškozená. Vyskytuje se v nadzemních částech tak i v podzemních (hlízy). U nadzemních orgánů jsou hlavními škůdci plži, hmyz (Light et MacConaill, 2011), totálními herbivory jsou pak hlavně býložravci. Hlízy vyhledávají a vyrýpavají prasata (Dykyjová 2003), která je požírájí. V nedávné minulosti významně ovlivňoval populace i člověk, který získával a sušil tyto podzemní orgány pro údajné afrodiziakální účinky a v některých zemích Blízkého východu se používají dodnes.

Rozdělit herbivorii můžeme i podle druhů herbivorů. Mezi nejvíce poškozující patří býložravci, kteří jsou schopni velkých požerů u listů a často ukousnou celou lodyhu i s květy. V Kentu u *Orchis purpurea* byly zjištěny herbivorní ožery od jelenů (Gay 2013), jako nejpravděpodobnější byli uváděni zejména zavlečení muntžaci (*Muntiacus reevesi*), kteří oblasti hojně přecházejí.

Na zkoumaných lokalitách jsem determinovala prozatím herbivory hmyzí a slimáky. Slimáci představují velký problém jako herbivoři nejen v České Republice. Nejběžnějším je plzák španělský (*Arion lusitanicus*), který byl zaznamenán na lokalitě Krasíkov, kde výrazněji poškozoval listy u *Orchis pallens*. Z lokality Skalička na jihu Moravy byl objeven hlemýžď zahradní *Helix pomatia* na *Orchis purpurea*. Plže už zmiňuje Kendrick (1994) ve své práci, kdy při introdukcí sazeniček u *Dactylorhiza praetermissa* vypěstovaných v laboratorních podmínkách zaznamenal herbivorii na několika lokalitách a snažil se jí zabránit oplocením. Oplocení zabralo proti větším herbivorům (býložravcům, bažantům), ovšem selhalo při ochraně před slimáky.

Velmi málo publikovaných materiálů se detailněji zabývá studiem vlivu hmyzí herbivorie. V práci Light a MacConaill (2011, 2014) se věnovali dlouhodobě studím v Gatineau parku v Quebecu (Kanada) identifikacím hmyzích herbivorů na zástupcích rodu *Cypripedium parviflorum* var. *pubescens* a *Epipactis helleborine*. U těchto druhů byla pozorována ztráta semen a dokonce i vyschnutí rostlin napadených herbivory při výraznějších požercích. V roce 2014 pak identifikovali jako jednoho z hmyzích herbivorů vosičku *Parallelomma vitatum*, jež klade do listů vajíčka a tím dochází k poškození jejimi larvami. Na sledovaných lokalitách byly nalezeny z hmyzích herbivorů zejména housenky můry kovolesklece gama (*Autographa gamma*) a osenice jarní (*Agrotis segetum*).

U dlouhodobého sledování druhu *Orchis simia* (Willemse et Bik, 1991) v Nizozemí bylo zjištěno, že dopad herbivorie má vliv zejména na kvetení v příštím roce. Zatímco

u kvetoucích nepoškozených rostlin je procento reflorescence v příštím roce 65%, tak při výraznějším poškození listových částí mnohdy klesne na nulu. Z toho důvodu jsou na lokalitě i po dobu zimy vedeni herbivorní jedinci, aby v příští sezoně mohla být tato skutečnost ověřena.

Rozdíly mezi lokalitami jsou tak patrné i v herbivorech, kteří byli nalezeni. Zatímco na lokalitách, v jejichž okolí se nevyskytují pole, převládají spíše slimáci nebo hlemýžď (Skalička, Krasíkov). Na lokalitách v blízkosti intenzivně obhospodařovaných polí se nachází housenky můr (Čtvrtě, Milská stráň, Chotuc). Přítomnost housenek od hmyzích herbivorů pouze na zástupcích druhu *Orchis purpurea* přičítám pozdější době kvetení tohoto taxonu. Ze současných dat prozatím nelze vyčíst geografický gradient.

6 ZÁVĚR

Lze tedy říci, že přes poškození listových částí herbivorii při intenzitě do 30% nemá herbivorie vliv na počet květů i tobolek u *Orchis pallens* a *Orchis purpurea* na zkoumaných lokalitách v daném roce. Požery na listech od housenek nejsou tak výrazné jako u slimáků, ale dokáží silněji ozrát květy na lodyhách (v některých případech až z 50%) a tím významně snížit celkovou generativní reprodukci orchidejí. Herbivorní jedinci budou dále sledováni kvůli zjištění možné sterility či dormance v následujících letech.

7 PODĚKOVÁNÍ

Tato práce by nevznikla bez odborného vedení, cenných rad a podpory Mgr. Tomáše Černého, PhD., který je zároveň i mým konzultantem.

Výzkum byl podpořen ze zdrojů Interní grantové agentury České zemědělské univerzity v Praze z grantu č. A 04/17.

8 LITERATURA

- BRUELHEIDE H., SCHEIDEL U., 1999: Slug herbivory as a limiting factor for the geographical range of *Arnica Montana*. Journal of Ecology 87, 839-848 p.
- BRYŠ R., JACQUEMYN H., ENEDELS P., BLUST G., HERMY M. 2004: The effects of grassland management on plant performance and demography in the perennial herb *Primula veris*. Journal of Applied Ecology 41, 1080-1091 p.
- CRAWLEY M. 1983: Herbivory – The dynamics of animal-plant interactions. Blackwell Scientific Publications.
- DYKYJOVÁ D. (2003): Ekologie středoevropských orchidejí. - Kopp, České Budějovice.
- GAY A. (2013): Further Notes on *Orchis purpurea* Herbivory and Conservation. – Journal of the Hardy Orchid Society, Vol. 10 NO. 1 (67) p. 12-16.
- GRULICH V. (2012): Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. - Preslia, Praha, p. 631-645.

- JACQUEMYN H. [eds.] (2007): Fitness variation and genetic diversity in small, remnant population of the food deceptive orchid *Orchis purpurea*. Biological Conservation, Vol. 139, Issues 1-2, p. 203-210.
- JACQUEMYN H., BRYS R., JONGEJANS E. (2010): Size-dependent flowering and costs of reproduction affect population dynamics in a tuberous perennial woodland orchid. - Journal of Ecology, p. 1204-1215.
- JACQUEMYN H., BRYS R., HONNAY O. (2009): Large population sizes mitigate negative effects of variable weather condition on fruit set in two spring woodland orchids. - Biology Letters 5, p. 495-498.
- MCKENDRICK (2004): The effects of herbivory and vegetation on laboratory raised *Dactylorhiza praetermissa* (*Orchidaceae*) planted into grassland in Southern England. – Biological Conservation 73, p. 215-220
- KINDLMANN P, TRAXMANDLOVÁ I, ŠTÍPKOVÁ Z. (2015): Effect of global change on orchid diversity: A metaanalysis. - Global Change & Ecosystems, Vol. 1: Predictions on terrestrial ecosystems, p. 176-185.
- KINDLMANN P., BALOUNOVÁ Z. 2001: Irregular flowering patterns in terrestrial orchids: theories vs. empirical data. Web Ecol., 2, 75-82.
- KULL T. (1994): Orchid ecology and protection in Estonia. - Estonian Fund for Natur, Tartu, p. 35-42.
- LIGHT M.H.S, MACCONAILL M. (2011): Potential impact of insect herbivores on orchid conservation. - European Journal of Environmental Sciences, Vol. 1, No. 2, p. 115-124.
- LIGT M.H.S, MACCONAILL M. (2014): In plain sight discovering insect herbivores of orchids. – The Native Orchid Conference Journal 11 (2), p. 13-19.
- WILLEMS J.H., BIK L. (1991): Long-term dynamics in a population of *Orchis simia*. Population ecology of terrestrial orchids, e. T.C.E. Wells J.H. Willems. SPB Academic, The Hague, p. 33-45.
- PRICE M.V., WASER N.M. 1998: Effect of experimental warming on plant reproductive phenology in a subalpine meadow. Ecology 79(4), 1261-1271 p.
- ROSENTHAL J.P., KOTANEN P.M. 2009: Review Terrestrial plant tolerance to herbivory. Cell Press, Vol. 9, Issue 4, 145-148 p.
- WESTERBERGH A., NYBERRG A.B. 1995: Selective grazing of hairless *Silene dioica* plants by land gastropods. OIKOS 73, 289-298 p.
- WU J., BALDWIN I.T., 2009: Herbivory-induced signalling in plants: perception and action. Plant, Cell & Environment 32, 1161-1174 p.

Kontaktní údaje

Mgr. Radka Broumová
Katedra ekologie lesa
Fakulta lesnická a dřevařská
Česká zemědělská univerzita v Praze
Kamýcká 129
165 00 Praha 6 – Suchdol
Česká republika
broumovar@fld.czu.cz

ANALÝZA HRÚBKOVÉHO PRÍRASTKU RÝCHLORASTÚCICH DREVÍN PRI POUŽITÍ ALTERNATÍVNYCH SPÔSOBOV HNOJENIA

Michal HUDÁK – Martin LIESKOVSKÝ – Miloš GEJDOS

HUDÁK, M. – LIESKOVSKÝ, M. – GEJDOS, M. - Analýza hrúbkového prírastku rýchlorastúcich drevín pri použití alternatívnych spôsobov hnojenia. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen.

Cieľom práce je zhodnotenie produkcie rýchlorastúcich drevín (RRD) pri využití alternatívnych spôsobov hnojenia. Práca je zameraná na produkciu rýchlorastúcich vráb, z ktorých bol vybraný klon *Tordis*. V práci je opísaná plocha, na ktorej bol aplikovaný výskum, použitá metodika zisťovania produkcie RRD, ako aj použitý postup hnojenia alternatívnymi hnojivami. Na plantáži bola analyzovaná produkcia počas dvoch vegetačných období. Na dvoch plochách boli použité dva alternatívne spôsoby hnojenia. Tretia referenčná plocha bola ponechaná bez hnojenia, aby mohol byť kvantifikovaný rozdiel v prírastku. Po skončení meraní bol vykonaný zber a stanovenie hmotnosti produkcie podľa spôsobu hnojenia. Ako alternatívne hnojivá boli použité kaly z čističky odpadových vôd a drevný popol. V závere práce sú vyhodnotené výsledky a ich prínosy pre pestovanie RRD na Slovensku. Taktiež sú uvedené získané skúsenosti s použitím alternatívnych hnojív a analýza výsledkov, ktoré sa môžu aplikovať pri ďalších nadväzujúcich výskumoch a praxi.

Kľúčové slová: rýchlorastúce dreviny, alternatívne hnojivo, dendromasa, kal z čističky odpadových vôd, drevný popol

1. ÚVOD A CIEL

Dopyt po využívaní obnoviteľných zdrojov energie z biomasy naráža na prirodzené produkčné možnosti dendromasy v rámci lesného hospodárstva. A preto sa ako riešenie ponúkajú rýchlorastúce dreviny, ktoré počas krátkej rubnej doby sú schopné vyprodukovať veľké množstvo dendromasy. Môžu byť pestované na plantážach, čo minimalizuje výrobné náklady a maximálne využíva disponibilný priestor. Zakladajú sa na poľnohospodárskych pôdach s nízkou bonitou, ktoré nie sú klúčové pre produkciu potravín. Zmysluplné využijú túto pôdu, ktorá by inak nebola využitá a takto môže byť zdrojom príjmov pre vlastníkov a obhospodarovateľov pôdy.

Pri intenzívnom pestovaní RRD sa pôda ochudobňuje o živiny, ktoré boli potrebné pre ich rast a nahromadili sa v dreve, kôre a asimilačných orgánoch a pri ťažbe boli odobrané, a rovnováha živín na plochách bola narušená. Preto je potrebné aby tieto pôdy nedegradovali a keďže sú prirodzene nižšej bonity je potrebné ich prihnojiť. Vhodným hnojivom, ktoré by bolo alternatívou k priemyselne vyrábaním hnojivám sa ukazuje drev-

ný popol, ktorý obsahuje živiny z pôdy, ktoré sa počas rastu nahromadili v dendromase. V súčasnosti je drevný popol definovaný ako odpad a uskladnený na skládkach. Pritom by mohol byť používaný ako lacné hnojivo a zároveň by sa zmenšil objem odpadu deponovaného na skládkach.

Ďalšou lacnou a jednoducho dostupnou alternatívou pre hnojenie plantáží RRD sú kaly z čistiarní odpadových vôd (ČOV). Kaly z ČOV tiež obsahujú živiny, ktoré podporujú rast rastlín a na rozdiel od popola obsahujú aj dusík, ktorý výrazne zvyšuje produkciu biomasy. Je potrebné zamerať sa aj na využitie alternatívnych hnojív, overiť ich vlastnosti a vplyv na rast a produkciu RRD ako aj pôdne vlastnosti a v prípade pozitívnych výsledkov a dobrých skúseností v praxi a nakladaní s nimi, ich zaradiť do bežného používania. Tým by sa dosiahlo ušetrenie nákladov na ich nakladanie a taktiež obmedzenie výroby priemyselných hnojív, ktoré sú záťažou pre životné prostredie.

Hlavným cieľom práce bolo na základe meraní analyzovať hrúbkový prírastok a zhodnotiť produkciu RRD na demonštračnom objekte Technickej univerzity vo Zvolene pri využití alternatívnych spôsobov hnojenia. Porovnanie prírastkov ovplyvnených hnojením a posúdenie účinnosti hnojenia na rast zlepší objektivitu rozhodovania pre prípadných záujemcov o výsadbu RRD.

2 METODIKA

2.1 Lokalita

Výskumná plocha Technickej univerzity vo Zvolene sa nachádza v katastrálnom území obce Budča v jeho severnej časti, blízko pri hranici s katastrom obce Turová, v nadmorskej výške 312 m n. m. Expozícia plochy je orientovaná na juhozápad. Výskumná plocha bola založená za účelom pestovania rýchlorastúcich vŕb v roku 2007 na ploche 0.21 ha pre výskum a ako demonštračný objekt pre študentov Lesníckej fakulty.

Klimatické pomery na ploche podľa klimatického atlasu Slovenského hydrometeorologického ústavu spadajú podľa Končekovej klasifikácie do teplej, mierne vlhkej oblasti s miernou zimou. Klimatický ukazovateľ zavlaženia pre mesiace VI – VII 150-100mm zrážok. Ročný úhrn zrážok v priemere dosahuje 750 mm. Priemerná januárová teplota dosahuje -3 až -5 °C a priemerná teplota počas vegetačného obdobia 14-15°C. (Klimatický atlas SHMÚ, 2018)

Pôdne pomery na ploche podľa portálu podnemapy.sk, ktorá je vedená výskumným ústavom pôdoznalectva a ochrany pôdy, je daná lokalita vhodná na pestovanie RRD. Pôda na ploche má bonitu 8 a kód BPEJ je 0514062. Pôdný typ nachádzajúci sa na ploche je fluvizem, čo je podmienené polohou plochy, ktorá je na terase blízkeho potoka. Taktiež môžeme predpokladať, že hladina spodnej vody je dostatočne vysoká pre pestovanie rýchlorastúcich vŕb. (Portál Vúpop, 2018)

2.2 Založenie plochy

Daná lokalita bola poľnohospodársky obhospodarovaná pred niekoľkými rokmi. Pred založením plantáže bolo nevyhnutné vykonať agrotechnické úkony. Plocha bola celoplošne zoraná plytkou orbou a prevzdušnená rotavátorom, tým sa dosiahlo aj narušenie koreňových systémov rastlín (burín). Na takto upravenej ploche prebehla výsadba rezkov, ktoré boli vysádzané v radoch vo vzdialosti 90 cm, a vzdialosť medzi rezkami bola 70cm. Rezky boli vysádzané po kontrole, ktorá sa zamerala na počet živých očiek, tiež dĺžka jednotlivých rezkov musela dosahovať dĺžku 20 cm. Výsadba rezkov klonov vŕb *Tordis* a *Sven* prebiehala ručne. Jednotlivé rezky boli vysádzané v danom spone a boli zapichnuté v celej dĺžke do vopred pripravenej pôdy. V prvých deviatich radoch bol použitý klon *Tordis* a v desiatom rade od polovice klon *Sven*. Plocha demonštračného objektu je oplotená pred raticovou zverom pletivom na dubových koloch. Klon *Sven* dosiahol o sedem percent nižšiu ujatosť ako klon *Tordis*. Ujatosť rezkov dosiahla na ploche 83,5% pre klon *Tordis*. (Bobák, 2008 in Lenik, 2014)

2.3 Postup aplikácie alternatívnych hnojív

Produkcia na výskumnej ploche bola zistovaná len v rámci klonu *Tordis*, aby tým bola zabezpečená objektivita meraní, keďže na výskumnej ploche je vysadený aj klon *Sven*.

Táto práca pokračuje vo výskume, ktorý začal Greschner, za účelom získania produkcie rýchloraštúcich drevín s použitím alternatívnych hnojív. Zistovanie produkcie a vplyvu použitých hnojív bolo realizované pomocou hrúbkového prírastku. Jeho meranie na plantáži je vzhľadom na veľký počet prútov ľahko a presne realizovateľné. Merania prebiehali tri vegetačné obdobia za sebou, pričom po prvom meraní, ktoré bolo vykonané 18 – 19. 03. 2016 boli aplikované alternatívne hnojivá. Druhé meranie bolo uskutočnené 29.10.2016 a tretie záverečné meranie 13–14. 3. 2018, po tomto meraní bol vykonaný aj zber RRD.

Drevný popol aplikácia

Drevný popol, ktorý bol aplikovaný 18. 03. 2016 bol výhradne rošťový popol. Rošťový popol je vhodnejší na aplikáciu do pôdy ako popol filtrový. Popol bol aplikovaný len v tesnej blízkosti trsu, resp. jeho okolí. Nebol celoplošne aplikovaný na pôdu. Pred aplikáciou popola sa vegetačný kryt okolo trsu odstránil, aby bol dosiahnutý lepší kontakt s pôdou, do ktorej bol zapracovaný. Ku každému trsu bolo aplikovaných 1300 ml popola, čo približne predstavuje 750 gramov.

Kaly z ČOV

Kaly boli aplikované do pôdy 16.04.2016 a pochádzali z ČOV vo Zvolene. Aplikácia bola podobná ako pri popole. Odstránenie burín okolo trsov vŕb, zapracovanie do pôdy, rozbitie hrúd na menšie kúsky. Množstvo kalu, ktoré bolo aplikované k jednému trsu predstavovalo cca 4kg.

2.4 Postup merania

Výskumná plocha bola rozdelená na tri časti. Prvá časť bola prihnojená dreveným popolom. Druhú časť tvorili trsy vŕb prihnojené čistiarenskými kalmi a tretia plocha bola ako referenčná plocha bez hnojenia, ktorá slúžila na porovnanie výsledkov a vplyvov hnojenia.

Kategórie a ich jednotlivé trsy boli kvôli rozpoznatelnosti označené farebnými štítkami s poradovými číslami, aby bola zabezpečená prehladnosť a kontinuita v meraniach. V rámci trsu boli jednotlivé prúty merané v prsnej výške (1,3 m). Požiadavkou na meranie bola minimálna hrúbka prútu pol centimetra. Pri meraní boli posudzované prúty, či sú životoschopné, nezlomené, nepoškodené hubovými ochoreniami alebo raticovou zverou (lúpanie). Pomocou elektronického posuvného meradla kolmo na os kmeňa bolo vykonané meranie s presnosťou na 0,01 mm v mieste poradového čísla prútu v rámci trsu, tým sa dosiahlo meranie na rovnakom mieste počas troch meraní.

2.5 Metodika spracovania nameraných údajov

Namerané údaje v teréne boli zapísané do hárkov excelu, kde boli spracované podľa trsov, prútov a spôsobu hnojenia. Merania prebiehali počas troch vegetačných období. Na ploche bolo meraných z kategórie bez použitia hnojiva 485 prútov v rámci 100 trsov. V kategórií, kde bol použitý roštový popol bolo meraných 519 prútov v 92 trsoch. V poslednej kategórií s použitím čistiarenských kalov bolo meraných 490 prútov v 82 trsoch.

Po nameraní priemerov (mm) vo výške $d_{1,3m}$ bola vypočítaná kruhová základňa (g) jednotliovo pre každý odmeraný prút v rámci trsu. Vzorec na výpočet kruhovej základne:

$$g = \frac{\pi}{4} * d^2 \quad (\text{mm}^2) \quad (1)$$

Po vypočítaní plôch kruhových základní nasledoval výpočet relatívneho prírastku na kruhovej základni (ig%). Výpočet relatívneho prírastku na kruhovej základni predstavuje rozdiel v prírastkoch medzi vegetačnými obdobiami, vydelený prírastkom v prvom vegetačnom období a následne vynásobený 100. Vzorec pre výpočet relatívneho kruhového prírastku.

$$ig\% = \frac{g_2 - g_1}{g_1} * 100 \quad (\%) \quad (2)$$

Po vypočítaní relatívnych prírastkov boli vytvorené histogramy prírastkov počas vegačných období v jednotlivých kategóriách podľa hnojenia. Z vytvorených histogramov prírastkov sme mohli usudzovať, že namerané údaje a zmeny na kruhovej základni nebudú spadať do normálneho rozdelenia. Preto nasledovalo potvrdenie alebo vyvrátenie tejto hypotézy pomocou testu na overenie normality. Test na overenie normality bol zvolený Shapiro-Wilkov W test.

Shapiro-Wilkov W test

V štatistike sa používa na testovanie hypotézy, že náhodný výber x_1, \dots, x_n pochádza z normálneho rozdelenia. V teste sa vypočíta štatistika W, ktorá sa porovnáva s kritickými hodnotami. Test zamietá hypotézu normálneho rozdelenia, ak hodnota p je menšia alebo rovná sa 0,05. Zamietnutie normálneho rozdelenia, môžeme potvrdiť s 95% pravdepodobnosťou, že údaje nepochádzajú z normálneho rozdelenia. Ak je hodnota p väčšia ako hladina významnosti testu, potvrdí že neboli nájdený významný odklon od normálneho rozdelenia. (<http://www.variation.com/da/help/hs141.htm> 7/4/2018)

Po vykonaní testu a potvrdení, že údaje nepochádzajú z normálneho rozdelenia, musel byť použitý neparametrický test, ktorý nepotrebuje normálne rozdelenie. Zvolený bol neparametrický Mann-Whitney U test, tiež známy ako Wilcoxon rank-sum test.

Mann-Whitneyho U

Mann-Whitneyho U test sa používa na hodnotenie nepárových pokusov. Pri hodnotení sa porovnávajú dva rôzne výberové súbory. Pri porovnávaní/testovaní týchto dvoch súborov A, B usudzujeme, že veličina X patrí súboru A a veličina Y súboru B a majú rovnaké rozdelenie pravdepodobností. Ale veličiny X a Y nemusia odpovedať Gaussoviemu normálnemu rozdeleniu, no musí platiť predpoklad, že sú spojité. (<https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn4/MannWhit.htm>, 10/4/20178)

Princíp Mann-Whitneyho testu

Stanoví sa nulová hypotéza, že náhodne vybratá hodnota z jedného súboru bude väčšia alebo menšia ako náhodne vybraná hodnota z druhého súboru. Na posúdenie sa používa kritická hodnota na základe hladiny významnosti. V teste sú údaje zoradené od najmenšieho po najväčší a sú pre ne priradené poradové čísla, ktoré sa pre oba súbory scítajú. Zo súčtu poradových čísel vypočítame testovaciu štatistiku a tá, ktorá je menšia, je zvolená za testovacie kritérium a je porovnaná s kritickou hodnotou, na základe hladiny významnosti (α) a rozsahu zvolených porovnávaných súborov (n_1 a n_2). V prípade ak hodnota pre testovacie kritérium je menšia ako kritická hodnota, neplatí nulová hypotéza o zhodnosti rozdelení oboch veličín. Nulová hypotéza v prípade aplikácie alternatívnych hnojív na ploche a plochy bez použitia je definovaná tak, že nastane zhodnosť alebo kritická hodnota je väčšia pri rozdelení veličín medzi plochou bez hnojenia oproti ploche

s hnojením. Zamietnutie nulovej hypotézy a prijatie alternatívnej hypotézy nastáva, ak je hodnota testovacieho kritéria menšia ako kritická hodnota pri určenej hladine významnosti a tak môžeme potvrdiť, že vplyv použitých hnojív na produkciu bol štatisticky významný. Vyhodnocovanie bolo uskutočnené pomocou štatistického programu STATISTICA.

Následne sa pristúpilo k štatistickej analýze pomocou štatistického programu STATISTICA 13.0., kde namenané hodnoty relatívnych prírastkov boli znázornené pomocou krabicových diagramov (box plots).

Ďalšou analýzou údajov bolo porovnanie absolútnych prírastkov na kruhovej základni (i_g) podľa použitej kategórie hnojenia. Výsledok absolútneho prírastku bol vypočítaný ako rozdiel medzi sumou prírastkov v prvom (druhom) vegetačnom období v porovnaní so sumou prírastkov v nasledujúcom vegetačnom období.

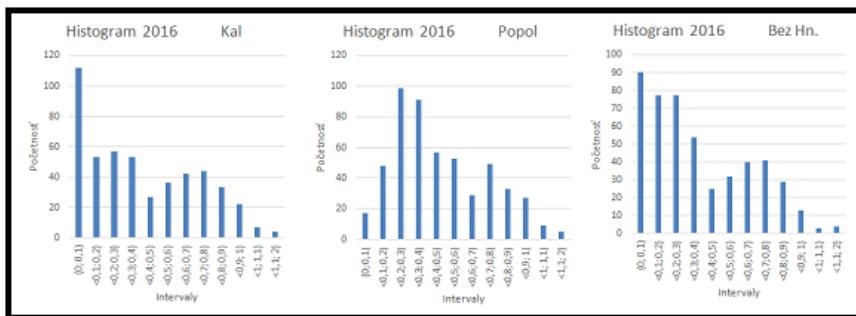
$$i_g = g_1 - g_2 \quad (\text{mm}^2) \quad (3)$$

3 VÝSLEDKY

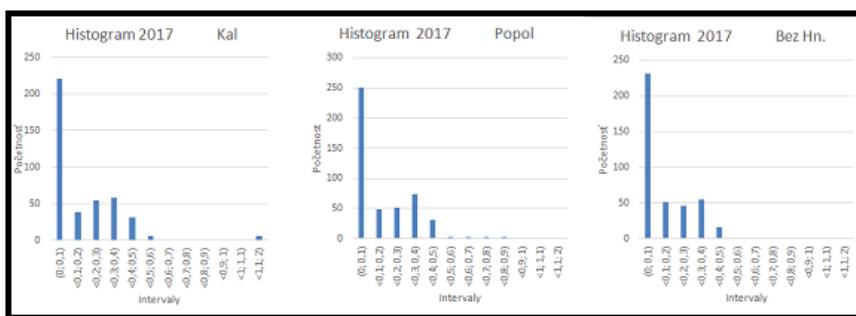
Hlavným cieľom práce bolo analyzovať produkciu RRD pri využití alternatívnych spôsobov hnojenia. Na výskumnej ploche boli použité ako alternatívne hnojivá drevený popol a čistiarensky kal. Obidva alternatívne hnojivá na výskumnej ploche dosiahli väčšiu produkciu ako tie trsy vŕb, ktoré neboli prihnojené. Môžeme konštatovať, že hnojenie dosiahalo pozitívny výsledok, pričom sa mohol prejavíť aj negatívny výsledok, lebo mohla nastať zmena pH pôdy, na ktorú sú vŕby citlivé. Na priložených histogramoch môžeme vidieť vyjadrené prírastky na kruhovej základni ($i_g\%$) podľa ich početnosti, pri spôsobe hnojenia v prvom vegetačnom období a následne na ďalšej skupine histogramov počas druhého vegetačného obdobia ako aj histogram celkových prírastkov počas dvoch vegetačných období v rámci jednotlivých kategórií. Štatistická významnosť bola testovaná na relatívnych prírastkoch. Na základe zistených kritických hodnôt bola prijatá alebo zamietnutá nulová hypotéza. V prípade keď kritická hodnota bola menšia ako 0,05 bola prijatá alternatívna hypotéza, čiže bol potvrdený štatisticky významný rozdiel v produkcií.

Tab. 1. Analýza relatívnych prírastkov na kruhovej základni

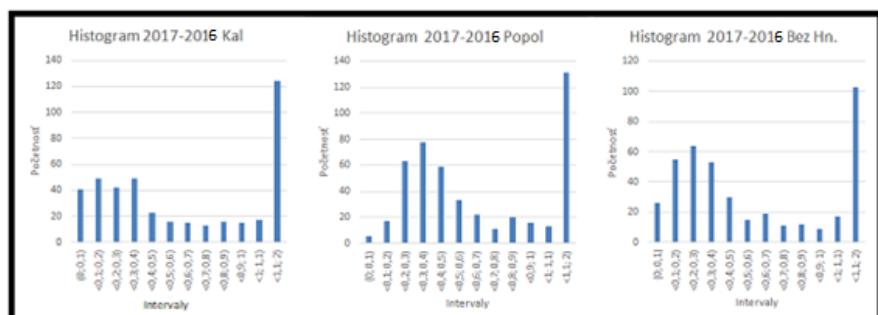
Spôsob hnojenia	2016		2017		2016-2017	
	Prírastok v %	Rozdiel oproti ploche bez hnojenia	Prírastok %	Rozdiel oproti ploche bez hnojenia	Prírastok %	Rozdiel oproti ploche bez hnojenia
Bez hnojenia	43.2		14.0		66.4	
Popol	50.4	16.8	16.0	14.2	77.4	16.5
Kaly	45.6	5.7	18.3	29.9	75.5	13.6



Obr. 1 Histogram relatívnych prírastkov po prvom vegetačnom období



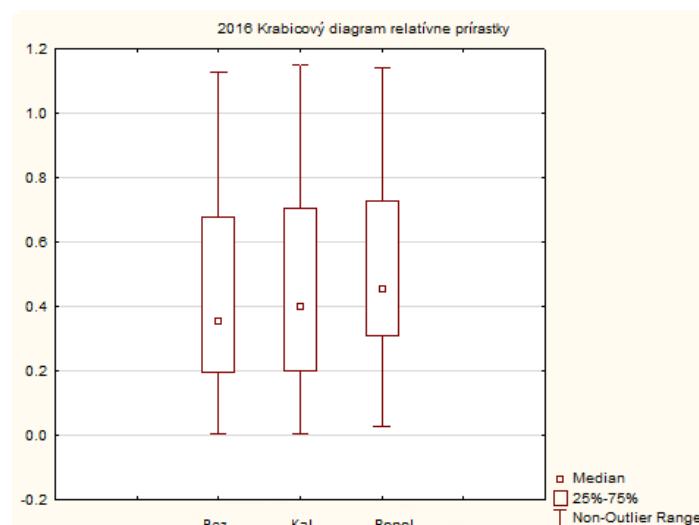
Obr. 2 Histogram relatívnych prírastkov po druhom vegetačnom období



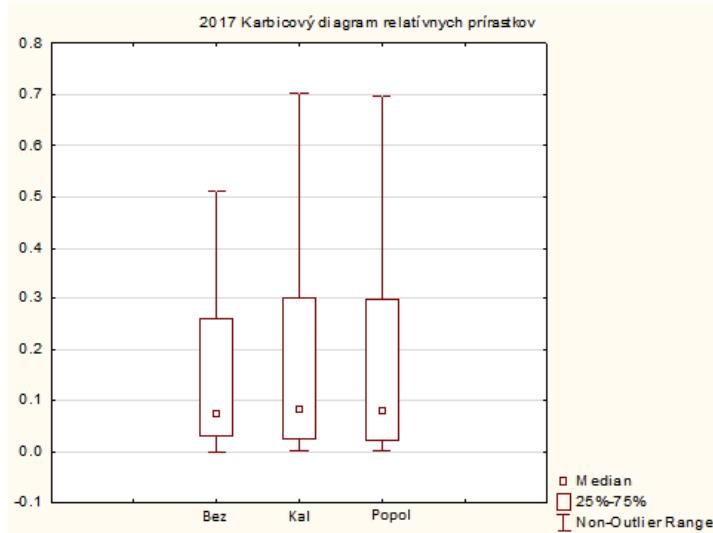
Obr. 3 Histogram relatívnych prírastkov za dve vegetačné obdobia

Analýza prírastkov mala overiť, či použité alternatívne hnojivo malo vplyv na produkcii a či výsledný rozdiel v produkcii bol aj štatisticky významný na základe Mann-Whitneyho U testu. Analýza porovnávala relatívne prírastky. Počas prvého vegetačného obdobia 2016 bol prírastok s použitím drevného popola (50.4 %) oproti prírastku bez použitia hnojiva (43.2 %) štatisticky významný ($p < 0.00001$). Rozdiel medzi relatívnym prírastkom na kruhovej základni pri použití kalov (45.6%) a bez použitia hnojiva (43.2%) štatisticky významný neboli ($p = 0.1494$), avšak rozdiel medzi hnojením kalom a popolom v prírastkoch na kruhovej základni dosiahol štatisticky významný rozdiel ($p = 0.008$).

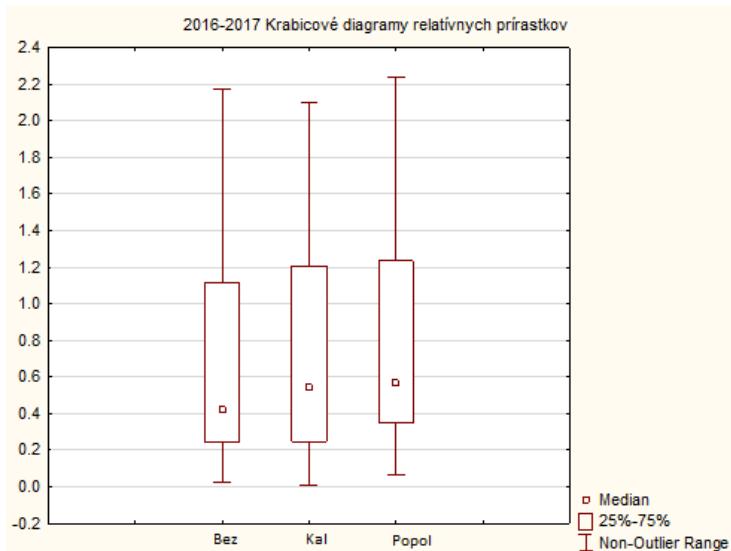
Analýza prírastkov počas druhého vegetačného obdobia 2017 ukázala, že pri použití drevného popola v predchádzajúcom vegetačnom období na produkciu nemá štatisticky významný vplyv. Priemerný prírastok na kruhovej základni dosiahol pri drenom popole (16 %), a bez použitia hnojiva (14%) rozdiel neboli štatisticky významný ($p = 0.2653$). Taktiež pri použití kalu (18%) neboli dokázaný štatisticky významný rozdiel ($p = 0.3078$) rovnako ako ani medzi kalom a popolom $p = (0.6019)$. Pri porovnaní priemerných prírastkov na kruhovej základni počas dvoch vegetačných období sa vplyv popola (77.4 %) oproti ploche bez hnojenia (66.4%) potvrdil, a je štatisticky významný ($p < 0.00001$) rovnako ako aj to, že vplyv popola je štatisticky významný oproti kalu ($p = 0.0044$). Rozdiel medzi plochou bez hnojenia a plochou, kde bol aplikovaný kal, sa prejavil tak, že štatisticky nie je významný ($p = 0.1068$).



Obr. 4. Zobrazenie relatívnych prírastkov na kruhovej základni (ig %) pomocou boxplotov počas prvého vegetačného obdobia 2016



Obr. 5. Zobrazenie relatiívnych prírastkov na kruhovej základni (ig %) pomocou boxplotov počas druhého vegetačného obdobia 2017



Obr. 6. Zobrazenie relatiívnych prírastkov na kruhovej základni (ig %) pomocou boxplotov počas dvoch vegetačných období 2016-2017

Po analýze a vyhodnotení relatívnych prírastkov, tiež boli vypočítané absolútne prírastky na kruhovej základni (ig).

Tab. 2. Analýza absolútnych prírastkov na kruhovej základni

Analýza absolútnych prírastkov na kruhových základniach								
Spôsob hnojenia	1. meranie mm ²	2. meranie mm ²	3. meranie mm ²	1. prírastok mm ²	2. prírastok mm ²	zmena %	zmena %	Zmena celkom
POPOL	323.9	519.6	640.8	195.7	121.2	8.7	14.4	92.7
KAL	339.8	533.6	671.1	193.8	137.5	7.7	29.7	101.9
BEZ	332.5	512.5	618.4	180.0	106.0			

Z údajov absolútnych prírastkov na kruhovej základni vyplýva, že na ploche, kde bol aplikovaný drevený popol počas prvého vegetačného obdobia, bol nameraný najväčší prírastok a to o 8.7% väčší ako pri ploche bez hnojenia. Ale počas druhého vegetačného obdobia bol najväčší prírastok nameraný na ploche, kde bol aplikovaný čistiarenský kal. Prírastok bol o 29.7% väčší ako na ploche bez hnojenia.

Počas prvého vegetačného obdobia bol pozorovaný nižší prírastok na ploche kde sa použil čistiarenský kal, ako na ploche, kde bol použitý drevený popol. Jeden z dôvodov tohto rozdielu však môže byť aj mesačné oneskorenie, s ktorým bol aplikovaný do pôdy. Avšak počas druhého vegetačného obdobia sa efekt aplikácie kalu prejavil, rovnako ako aplikácia dreveného popola. Podľa Černého (2010) sa však jednorazová aplikácia kalov prejavuje iba krátkodobo a má malý vplyv na výnos. Preto je možné predpokladať, že opakovaná aplikácia by mala vyšší vplyv na produkciu RRD.

4 ZÁVER

Cieľom práce bola analýza produkcie plantáže RRD pri využití alternatívnych spôsobov hnojenia. Analýza bola vykonávaná na Vysokoškolskom lesníckom podniku v Budči na demonštračnej ploche RRD. Ako alternatívne hnojivo bol použitý drevný popol a čistiarenský kal. Sledovaný bol ich vplyv po aplikácii do pôdy počas dvoch vegetačných období a stanovená bola aj hmotnostná produkcia sušiny na hektár. Hypotéza, že aplikácia drevného popola a čistiarenského kalu zvýši produkciu, bola potvrdená. Pri použití drevného popola počas dvoch vegetačných období dosiahli relatívne prírastky o 16% väčšiu produkciu ako referenčná plocha bez hnojenia a tento rozdiel bol v štatistickej analýze vyhodnotený ako štatisticky významný. Rovnako aj produkcia s použitím čistiarenského kalu dosiahla väčší prírastok ako plocha bez hnojenia, ale nebol vyhodnotený ako štatisticky významný a mohol byť náhodného charakteru.

Sledovanou bola aj mortalita prútov, ktorá počas prvého vegetačného obdobia bola na plochách s aplikovaným hnojivom menšia, ale počas druhého vegetačného obdobia neboli zistené rozdiely v mortalite významné.

Vzhľadom na obmedzené množstvo údajov o problematike využívania kalov z ČOV a drevného popola z plantáží RRD na Slovensku, aj táto práca prispieva k rozšíreniu ve-

domostí a skúseností, ktoré môžu byť v budúcnosti použité pri cielenom pestovaní drevín s cieľom zabezpečiť dostatok obnoviteľných zdrojov.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol na základe výsledkov výskumu riešeného v projektoch: KEGA 013TU Z-4/2017 E-learningové vzdelávacie moduly zamerané na plantáže rýchloraštúcich drevín.

5 LITERATÚRA

- KLIMATICKÝ ATLAS SHMÚ. [online]. Dostupné na internete: <http://klimat.shmu.sk/kas/>
- ATLAS KRAJINY. [online]. Dostupné na internete: <https://geo.enviroportal.sk/atlassr/>
- LENIK, D. 2014. Analýza produkčných možností rýchloraštúcich drevín na demonštračnom objekte VŠLP TU vo Zvolene. Vedúci práce Martin Lieskovský. Zvolen, 2014. LF-5775-10544. Diplomová práca, TU Zvolen, LF KLTM. Elektronický zdroj. Dostupné na internete: <http://opac.crzp.sk/openURL?crzpl-D=21662&crzpSigla=tuzvolen>
- MESSINGEROVÁ, V., LIESKOVSKÝ, M., GEJDOŠ, M., SLUGEŇ, J., MOKROŠ, M., TOMAŠTÍK, J., 2016, Technika a technologické postupy pri produkcií biomasy a jej energetickom zhodnotení. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2016. 101 s. ISBN 978-80-28-2934-2
- SHAPIRO-WILKOV TEST. [online]. Dostupné na internete: <http://www.variation.com/da/help/hs141.htm>
- MANN-WHITNEYU TEST.[online].Dostupné na internete:<https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn4/MannWhit.htm>

Summary

Diameter increment analysis of the fast growing tree species with the usage of alternative fertilization methods.

The aim of this thesis is the evaluation of fast growing tree species with alternative ways of fertilization. This thesis focuses on production of fast growing willows, from which was selected the clone Tordis. In this thesis site is described where the research was applied, methodology of production analysis for fast growing tree species with use of the alternative fertilizers. On the plantations, production was analyzed on three sites during two vegetation periods. On two sites, there were two alternative ways of fertilization used. Third site was left as reference site without fertilization, so the quantification of difference on increments between sites would be possible. After the measurements, the harvesting was performed and then calculations were made to assess dry weight of willow produced on the sites under different way of fertilization. As alternative fertilizers were used sewage sludge from the waste water treatment plant and wood ash. At the end of this thesis are evaluated the results and their benefits for growth of fast growing willows. Also gained experience with the use of alternative fertilizers and the analysis of the results are listed, so they can be applied in further follow-up research and practice.

VYUŽÍVANIE SUROVÉHO DREVA V KONTEXTE PRINCÍPOV BIOEKONOMIKY

Samuel ŠIMO-SVRČEK^{1a*}, Hubert PALUŠ^{1b}, Ján PAROBEK^{1c},
Martin MORAVČÍK^{2d}, Miroslav KOVALČÍK^{2e}, Michal DZIAN^{1f}

Abstract

Wood as a versatile, multipurpose natural material due to its properties and wide application in various fields of the wood-processing industry is also usable in other downstream industries such as energy sector or construction. Efficiency of wood use can be increased without further burdening of ecosystems and nature through the rational use of forest resources as well as woodworking waste. The aim of this paper is to evaluate the contributions of forestry and wood-processing industry to bioeconomy as well as to quantify the cascade use of wood in Slovakia. One of the newly discussed innovative ways of using wood in bioeconomy is applying the cascading approach. Cascade use is important for optimizing and more efficient use of wood as a material and waste throughout the processing chain. On the basis of the available data for the material flow analysis in the wood processing industry, the specific cascade coefficients for the reference year 2016 were quantified. In that year, the cascade coefficient reached 1.47 for the entire woodworking sector, but the individual values of the coefficients in the different woodworking industries point to significant differences in utilisation of wood.

Key words: bioeconomy, roundwood, material flows, cascading

1. ÚVOD

V posledných rokoch sa s pribúdajúcim množstvom dôkazov o globálnych problémoch spôsobujúcich znižovanie kvality životného prostredia zvyšujú obavy o udržateľnú úroveň obnoviteľných surovín vrátane dreva. Z dôvodu obmedzenosti zdrojov je dôležité zaobchádzať s obnoviteľnými zdrojmi takým spôsobom, ktorý vykazuje najvyššiu možnú mieru efektivity. Efektívnosť využívania dreva je možné zvýšiť bez ďalšieho zaťaženia prírody prostredníctvom racionálneho využívania lesných zdrojov ako aj odpadu v procese jeho spracovania. Je nutné vziať do úvahy skutočnosť, že drevospracujúci priemysel produkuje značné množstvo odpadu na báze dreva vo forme odrezkov, pilín, hoblín a pod., pričom tento odpad pri niektorých technológiách tvorí viac ako 50% z objemu spracovaného dreva a môže nahradíť primárne zdroje z lesa. Odpad je pritom možné použiť buď tak ako vstupnú surovinu pre následné priemyselné spracovanie alebo pre energetické účely.

Slovensko patrí medzi najviac zalesnené krajiny v Európe s lesnatostou 41,1 %. Podľa národnej štatistiky (MPRV SR, 2017) bola ročná tăžba dreva v roku 2016 viac ako 9,32 mil. m³. Z celkového objemu tăžby predstavuje 55 % ihličnaté drevo a 45% listnaté

drevo. Objem náhodnej (kalamitnej) ťažby bol 4,69 mil. m³, t. j. 50,3% z celkovej ťažby dreva. Avšak z celkovej ťažby ihličnatých drevín bol podiel náhodnej ťažby až 85 %. Na Slovensku v roku 2016 sa odhadla celková spotreba dendromasy z lesa (palivové drevo, štiepky, jemnozrnné a kusové zvyšky po spracovaní a manipulácii dreva) na hodnotu 2,95 mil. ton. Objem domácej spotreby významne ovplyvňuje zahraničný obchod v rámci ktorého sa vyviezlo 2,45 mil. m³ a dovezlo 576 tis. m³ surového dreva.

Jednou z alternatívnych foriem efektívnejšieho využívania dreva prinášajú princípy bioekonomiky. Bioekonomika je súčasťou zelenej ekonomiky. Podľa Programu OSN pre životné prostredie UNEP (2011) je zelená ekonomika definovaná ako ekonomika, ktorá má za následok zlepšenie ľudského blahobytu, sociálnej spravodlivosti a zároveň výrazne znížuje riziká pre životné prostredie. OECD (2011) definuje zelenú ekonomiku ako efektívnejšie využívanie obnoviteľných zdrojov, výraznejšie šetrenie energiami, využívanie environmentálne priaznivých technológií vo výrobe produktov spracovateľského priemyslu, ktoré nepoškodzujú životné prostredie. Zelená ekonomika predstavuje nástroj na dosiahnutie trvalo udržateľného rozvoja, avšak nie je náhrada zaň (JONES, 2011) a jej zavádzanie do praxe so sebou prinesie množstvo komparatívnych výhod (JACOBS, 1991). Jej podstata vyplýva z efektívnej výroby a využívania biologických zdrojov, inovatívnych biologických procesov a princípov s cieľom udržateľne zabezpečovať tovary a služby vo všetkých hospodárskych odvetviach (OSN, 2012). Podľa OECD (2009) je bioekonomika definovaná ako súbor ekonomických činností, ktoré súvisia s výrobou výrobkov ekologickými spôsobmi. Bioekonomika sa zameriava na znova použitie tokov biomasy a vytvorenie produktov s vysokou pridanou hodnotou. Bioekonomika sa vo všeobecnosti spája s globálnym rastom a technologickým rozvojom (D'AMATO et al., 2017). Podľa HODGEHO et al. (2017) je bioekonomika založená na využití výskumu a inovácií v oblasti biologických vied a na vytvorenie ekonomickej aktivity a verejného blaha. Koncepcia bioekonomiky je charakterizovaná dvoma perspektívami, a to substitúciou zdrojov a inovačnou činnosťou v oblasti biotechnológií. Základnou úlohou bioekonomiky je zabezpečiť (BECOTEPS, 2011):

- trvalo udržateľné riadenie prírodných zdrojov,
- trvalo udržateľnú výrobu,
- zlepšovanie verejného zdravia,
- zmierňovanie klímy,
- integráciu vyváženie sociálneho vývoja,
- globálny trvalo udržateľný rozvoj.

1.1 Prínosy LH a DSP k zelenej ekonomike

Podľa UNECE (2009) lesné hospodárstvo v zelenej ekonomike zohráva významnú úlohu pri znižovaní objemu voľného uhlíka v ovzduší. Najdôležitejšou myšlienkou je zachovanie lesov pre budúce generácie, v snahe o minimálny úbytok

plochy, v prevažnej miere z dôvodu nelegálnej ťažby. Medzi najväčšie prínosy lesného hospodárstva (LH) a drevo spracujúceho priemyslu (DSP) k zelenej ekonomike zaraďujeme zabezpečenie trvalej udržateľnosti, zmierňovanie klimatických zmien, znižovanie závislostí na neobnoviteľných zdrojoch energie, efektívne využívanie obnoviteľných zdrojov energie, ukladanie uhlíka vo výrobkoch z dreva a zvyšovanie konkurencie schopnosti (WINKEL, 2017). Trvalá udržateľnosť je jedným z najdôležitejších prínosov LH a DSP voči zelenej ekonomike. Táto zabezpečuje zanechanie prírodného bohatstva pre budúce generácie s cieľom uspokojiť aktuálne potreby, so sekundárnym efektom znižovania obsahu skleníkových plynov v atmosfére (MARTÍN-FERNÁNDEZ et al., 2018). Zmierňovanie klimatických zmien je významným prínosom k znižovaniu ekologických rizík a zvyšovaniu odolnosti prostredia a to za pomocí dodržiavania rôznych dohôd a protokolov týkajúcich sa zmeny klímy (KLAPWIJK et al., 2018, KNAUF et al., 2015). Efektívnejším využívaním obnoviteľných zdrojov energie, akým drevo je, sa zvyšuje prínos LH a DSP voči zelenej ekonomike. Ak sa dopyt po dreve a výrobkoch z dreva zvyšuje, prínos oboch odvetví k zelenej ekonomike tak rastie a je väčší (PALUŠ et al., 2017). Jedným z najdôležitejších významov lesov je ukladanie a spracovávanie uhlíka v dreve a vo výrobkoch z dreva. Z pohľadu ukladania uhlíka v dreve a vo výrobkoch má drevo významný potenciál znižovať obsah skleníkových plynov v atmosfére a redukovať tak problémy s globálnym otepľovaním. S efektívnym využívaním obnoviteľných zdrojov energie úzko súvisí aj kaskádové využívanie dreva (HAROLD et al., 2015, HUSGAFVEL et al., 2018, SATHRE et al., 2006, MANTAU, 2015). Pozitívnym prínosom v oblasti znižovania závislosti na neobnoviteľných zdrojoch energie je substitúcia materiálu vo fáze výroby a substitúcia fosílnych palív v energetike (KNAUF et al., 2015). Prechodom na technológie, ktoré nezaťažujú životné prostredie a zabezpečujú tvorbu produktov ekologickým spôsobom, zabezpečuje sektor spracovania dreva zvyšovanie konkurencieschopnosti podnikov. Zvyšujúci sa technologický pokrok nútí podniky vynakladať väčšie množstvo finančných prostriedkov do výskumu a vývoja nových ekologických technológií. Následným efektom je tvorba nových pracovných miest, tzv. „greenjobs“.

1.2 Kaskádové využívanie dreva

Vychádzajúc z vyššie uvedených princípov bioekonomiky sa v oblasti spracovania dreva čím ďalej viac prikladá dôraz na kaskádové využívanie dreva. Potreba uprednostňovať medzi rôznymi potenciálnymi využitiami lesných produktov v hodnotovom reťazci je súčasťou konceptu „kaskád“. Kaskádový princíp znamená, že v zmysle zásady uprednostnenia využitia drevného materiálu spôsobom, ktorý prináša vyššiu pridanú hodnotu, by drevná surovina z lesa mala byť prioritne použitá v stavebnictve, na výrobu nábytku alebo iných produktov s čo možno najdlhším životným cyklom, pričom energia by mala byť primárne generovaná z materiálu, ktorý je na to určený, napr. drevný odpad, zvyšky alebo recyklované produkty, ktoré nie je možné znova využiť na tvorbu nových produktov. Využitie dreva na energetické účely (po tom, ako sú vyčerpané ostatné možnosti zhodnotenia) je v takom zmysle pokladané za najmenej hodnotnú možnosť

využitia dreva (PAROBEK a PALUŠ, 2016, MAIR a STERN, 2017, HOEGLMEIERA et al., 2013, KEEGAN et al., 2013, HOEGLMEIERA et al., 2017).

Z dôvodu obmedzenosti zdrojov je dôležité zaobchádzať s obnoviteľnými zdrojmi energie a ich využívaním takým spôsobom, ktorý vykazuje najvyššiu možnú mieru efektivity. Koncepcia kaskádovania môže napomôcť optimalizovať využívanie dreva v celom spracovateľskom reťazci, kde dochádza k jeho spracovaniu a využitiu. Pozitívnym efektom je šetrenie primárnych zdrojov. Úloha kaskádového využitia dreva z pohľadu bioekonomiky spočíva vo vytvorení trvalo udržateľného systému, v ktorom je dendromasa účinne a efektívne využívaná, a v ktorom sú možnosti kaskádovania optimálne implementované. Pre efektívnejšie využívanie obnoviteľných zdrojov energie existuje päť základných pravidiel ako maximalizovať tento účinok a to prostredníctvom šetrenia, recyklácie, substitúcie, obmedzenia spôsobu uspokojenia a stanovenia hodnoty zdrojov (Eu, 2011).

Kaskádové využívanie dreva so sebou prináša aj množstvo prínosov, ako je efektívne využívanie disponibilnej štruktúry surového dreva, ukladanie uhlíka vo výrobkoch z dreva, predĺžovanie životného cyklu výrobkov, šetrenie uhlíka substitúciou za fosílné produkty vo fáze výroby a používania ako i opäťovným použitím finálnych produktov a konečným spaľovaním namiesto fosílnych palív (EP, 2013). Aby bolo kaskádové využívanie dreva udržateľné, je potrebné zabezpečiť udržateľnú produkciu biomasy, jej efektívnu produkciu a spracovanie, opakované materiálové a účinné energetické využitie (ARNOLD et al., 2009).

Cieľom príspevku je zhodnotenie využívania surového dreva v kontexte princípov bioekonomiky prostredníctvom analýzy kaskádového využívania dreva. Analýza je zameraná na kľúčové prínosy odvetvia spracovania dreva z pohľadu bioekonomiky. Následne sa príspevok zameral na kvantifikovanie využitia dreva v rôznych procesoch jeho spracovania stanovením kaskádových koeficientov.

2. METODIKA

Výsledky práce popisujú analýzu kaskádového využitia dreva, ktorá vychádza z analýzy materiálových tokov dreva a výrobkov z dreva vychádzajúc z princípov biokenomomiky. Celkové stanovenie koeficientov závisí priamo od kvality a dostupnosti údajov o výrobe a použití dreva v jednotlivých sektورoch. Empirický výskum a odborné odhady založené na dostupných výrobných údajoch doplňajú oficiálnu štatistiku za účelom získania chýbajúcich údajov. Za súčasných podmienok je nutné údaje zostaviť ako zmes oficiálne zverejnených a empiricky zhromaždených údajov (PAROBEK et al., 2014, LOUČANOVÁ a KALAMÁROVÁ 2014).

Príspevok sa zameriava na sektor primárneho spracovania dreva ako jedného z kľúčových producentov drevného odpadu, ktorý sa vracia do rôznych úrovní spracovania dreva a do energetiky. Kaskádová analýza vychádza z opisu tokov dreva a zameriava sa na identifikáciu a kvantifikáciu využitia odpadu a vedľajších výrobkov z dreva. Na základe dostupných údajov oficiálnych štatistik sa samostatne identifikovali toky dreva ako

suroviny z lesa a toky odpadu z procesu výroby drevených výrobkov. Toky odpadu v procese spracovania boli doplnené recyklovaným drevom a papierom po finálnych spotrebiteľoch. Sortimenty surového dreva ako základného vstupu pochádzali z domácich zdrojov (lesov) a dovozu, boli kumulované a analyzované v zjednodušenej štruktúre zodpovedajúcej hlavným spôsobom využitia a to guľatina, vláknina a energetické drevo. Tak ako už bolo uvedené jednotlivé sortimenty sa očistili o zahraničný obchod čím sa odhadla domáca spotreba potrebná pre stanovenie kaskádového využívania dreva, ktoré je definované ako viacnásobné využívanie dreva z lesa a vedľajších produktov spracovanie dreva. Čím viac sa produkuje odpadu na báze dreva a vedľajších produktov v procese priemyselného spracovania dreva, ktoré sa následne znova využívajú, tým viac sa kaskádový efekt zvyšuje. Odpad je možné využiť priamo v procese spracovania dreva ako aj mimo drevospracujúceho priemyslu, a to na výrobu energie (MANTAU, et al., 2010). Pri stanovení kaskádových koeficientov sme postupovali na základe vzorca (BAIS-MOLEMAN et al., 2018):

$$K = RW + IR$$

kde:

K – kaskáda

RW – recyklované drevo (papier, starý nábytok)

IR – priemyselné zvyšky

$$KF = 1 + \frac{K}{WR_{lesy}}$$

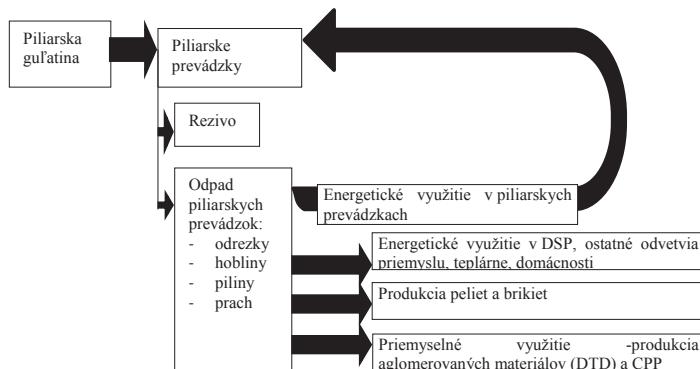
kde:

KF – kaskádový koeficient

WR_{lesy} – primárne zdroje z lesa (priemyselné drevo)

3. VÝSLEDKY

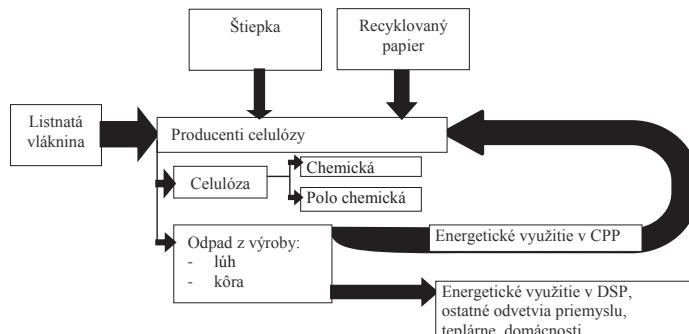
Hlavným vstupným sortimentom surového dreva pre piliarsky priemysel je ihličnatá guľatina. Guľatina predstavuje viac ako tri štvrtiny z celkovej produkcie surového dreva v SR. V roku 2016 celkový objem vyprodukowanej ihličnejatej a listnejatej piliarskej guľatiny bol 4,4 mil. m³, avšak po zohľadnení exportu sa na Slovensku spracovalo niečo vyše 3,8 mil. m³. Pri jej spracovaní vzniká vysoký podiel (cca. 40%) vedľajších produktov ako sú piliny, odrezky, prach a pod. Schematicky je tok dreva, odpadu a vedľajších produktov pri spracovaní guľatiny v piliarskych prevádzkach zobrazený na obr. 1, pričom sa predpokladá minimálny rozdiel medzi tokmi pri spracovaní ihličnejatej a listnejatej guľatiny.



Obrázok 1. Diagram procesu spracovania guľatiny

Figure 1. Flow diagram of sawlogs processing

Celulózo-papierensky priemysel a produkcia aglomerovaných materiálov predstavujú najvýznamnejšieho spotrebiteľa vlákninového dreva (V triedy akostí), ktorí v roku 2016 spotrebovali približne 3,2 mil. m³. Tieto sektory sa v prevažnej miere zameriavajú na listnaté dreviny. Na obr. 2 je znázornený tok vlákninového dreva ako aj odpadu, ktorý vzniká pri jeho spracovaní na Slovensku.



Obrázok 2. Diagram procesu spracovania vlákniny

Figure 2. Flow diagram of pulpwood processing

Pri spracovaní dreva vyšej kvality (guľatina) vznikajú sekundárne produkty a odpady, ktoré môžu byť dôležitým zdrojom pre ďalšie spracovanie. Toky drevného odpadu zahŕňajú rôzne druhy odpadu vznikajúce pri ťažbe dreva (napr. zvyšky dreva), ako aj odpad vzniknutý pri primárnom mechanickom a chemickom spracovaní dreva (piliny, štiepky, lúh atď.). Takéto sekundárne zdroje môžu byť použité pri priemyselnom spracovaní dreva alebo na výrobu energie.

Okrem základných sortimentov surového dreva z lesa sú ďalším dôležitými zdrojmi dreva pre domácu spotrebu drevo z nelesných pôd (najmä poľnohospodárskej pôdy), ktorého súčasná produkcia sa odhaduje na viac ako 580 tis. m³ a dendromasa z lesa na energetické využitie vo forme štiepk v objeme 968 tis. m³.

V tab. 1 sú stanovené objemy vstupov do jednotlivých odvetví ako aj kvantifikované kaskádové koeficienty, ktoré boli samostatne vypočítané pre každé odvetvie priemyselného spracovania dreva a energetiky, ako aj pre toku drevného odpadu. V súčasnosti na Slovensku neexistujú oficiálne štatistické údaje o objeme a tokoch drevného odpadu z piliarskeho priemyslu, avšak empirický výskum (PAROBEK et al., 2014) odhaduje objem odpadu v drevospracujúcim priemysle na úrovni približne 1 milión m³, ktorý je ďalej spracovaný v tomto sektore. Podľa celkového objemu ťažby (viac ako 9,32 mil. m³) bola domáca spotreba odhadnutá na základe zahraničnej bilancie dreva takmer na 7,4 mil. m³ (objem ťažby znížený o export a navýšený o import). Celková suma vstupov na báze dreva do procesu spracovania dreva vrátane odpadov, vedľajších produktov a recyklovaného materiálu sa stanovila na hodnotu 10,8 mil. m³. Na základe týchto vstupných údajov, bol stanovený celkový kaskádový koeficient využitia dreva na Slovensku, ktorý dosiahol dodnotu 1,47. Koeficient udáva, že pri danej spotrebe dreva na Slovensku sa do drevospracujúceho priemyslu, pre producentov energie alebo do iných odvetví, vráti približne 3,4 mil. m³ materiálu vo forme odpadu alebo vedľajších produktov na báze dreva. Na druhej strane, keďže pri spracovaní recyklovaného papiera nedochádza k tvorbe vedľajších produktov, ktoré sa vracajú do ďalšej výroby, je hodnota koeficientu kaskádového využitia rovná 1. Iná je situácia v odvetví energetiky, kde je hodnota koeficientu výrazne vyššia (1,42) ako v sektoroch priemyselného spracovania dreva (1,13), čo naznačuje, že v energeticke sa umiestňuje výrazne viac drevného odpadu.

Tabuľka 1. Kaskádové koeficienty pre rozdielne spôsoby spracovania dreva

Table 1. Cascade factors for the different way of wood utilisation

Toky dreva	m ³	Koeficient kaskádového využitia dreva
spotreba surového dreva v SR	7 394 160	
zdroje dendromasy z lesa na energetické využitie	967 986	1,13
recyklované materiály (papier)	1 268	1,00
drevospracujúci priemysel	979560	1,13
energetické využitie dreva	3386 000	1,42
celkový proces spracovania dreva	10836106	1,47

Efektívnejšie využívanie surového dreva v drevospracujúcim priemysle je možné zabezpečiť prostredníctvom koncepcie kaskádového využívania dreva. Výsledky analýzy naznačujú, že možné inovatívne možnosti dokážu pomôcť zvýšiť účinnosť kaskád pri spracovaní drevného odpadu.

4. ZÁVER

Príspevok sa zaoberal problematikou využívania surového dreva a jeho prínomosom pre bioekonomiku. Hlavný princíp využívania materiálu na báze dreva je zameraný na využitie spôsobom, ktorý prináša vyššiu pridanú hodnotu v produktoch s čo možno najdlhším životným cyklom, pričom energia by mala byť primárne generovaná z drevného odpadu, zvyškov alebo recyklovaných produktov, ktoré nie je možné súčasnými technológiami využiť na priemyselné spracovanie. Hlavnou úlohou je vytvorenie trvalo udržateľného systému, v ktorom je dendromasa účinne a čo možno najefektívnejšie využívaná, a v ktorom sú možnosti kaskádového využívania dreva optimálne implementované do odvetvia spracovania dreva. Možnosti súvisiace s podporou trvalou udržateľnej produkcie dendromasy, s efektívnejšou konverziou, s optimálnym zužitkovávaním odpadov a vedľajších produktov, by mali byť využívané tak, aby drevo pochádzajúce z lesa malo maximálnu pridanú ekonomickú, sociálnu a environmentálnu hodnotu.

Poděkovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu APVV-14-0869 Výskum využívania dreva ako obnoviteľnej suroviny v kontexte zelenej ekonomiky a VEGA 1/0473/16 Dynamika a determinnty trhu s výrobkami na báze dreva v Slovenskej republike.

Literatúra

- [1] ARNOLD, K., VONGEIBLER, J., BIENGE, K., STACHURA, C., BORBONUS, S., KRISTOF, K. (2009). Kaskadennutzung von nachwachsen den Rohstoffen: Ein Konzeptzur Verbersserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Land nutzung. Wuppertal Papers, Nr. 180, august ISNN 0949-5266. Dostupné online: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/29721/1/609939297.pdf>
- [2] BAIS-MOLEMAN, A. L., SIKKEMA, R., VIS, M., REUMERMAN, P., C.THEURL, M., HEINZERB, K. (2018). Assessing wood use efficiency and greenhouse gas emissions of wood product cascading in the European Union. Vol. 172. Pp. 3942-3954
- [3] BECOTEPS. (2011). The Bio-Economy Technology Platforms. The European Bioeconomy in 2030: Delivering Sustainable Growth by Addressing the Grand Societal Challenges. Dostupné online: <http://www.epsoweb.org/file/560>
- [4] D'AMATO, D., DROSTE, N., CHAN, S. and HOFER, A. (2017). The greenconomy: pragmatism or revolution? Perceptions of young researchers on social ecological transformation, Environmental Values, vol. 26, no. 4, pp. 413-435
- [5] EP. Európsky parlament (č. 529/2013). Rozhodnutie Európskeho parlamentu o pravidlach započítavania pre emisie a záchyty skleníkových plynov vyplývajúce z činností súvisiacich s využívaním pôdy, so zmenami vo využívaní pôdy a s lesným hospodárstvom a o informáciach týkajúcich sa opatrení súvisiacich s týmito činnosťami. Dostupné online: <https://publications.europa.eu/sk/publication-detail/-/publication/5327fa89-e78d-41bd-9465-2974d473a1a5/language-sk>
- [6] EU. EURÓPSKA ÚNIA (2011). Dostupné online: http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/factsheet_sk.pdf
- [7] HAROLD. S. J. ZALD., SPIES. T. A., HARMON. M. E., TWERY. M. J. (2015). Forest Carbon Calculators: A Review for Managers, Policymakers and Educators. J. For. 114(2):134-143
- [8] HODGE, D., BRUKAS, V., GIURAC, A. (2017). Forests in a bioeconomy: bridge, boundary or divide? Scandinavian journal of forest research. vol. 32, pp. 582-587
- [9] HOEGLMEIER, K., WEBER-BLASCHKE, G., KLAUS, R. (2013). Potentials for cascading of recovered wood from building deconstruction-A case study forsouth-east Germany,Resources, Conservation and Recycling, vol. 78, pp. 81-91

- [10] HOEGLMEIER, K., WEBER-BLASCHKE, G., KLAUS, R. (2017). Potentials for cascading of recovered wood from building deconstruction-Acase study for south-east Germany. 117, 304-314
- [11] HUSGAFVEL, R., LINKOSALMI, L., HUGHES, M., KANERVA, J., DAHL, O. (2018). Forest sector circular economy development in Finland: A regional study on sustainability driven competitive advantage and an assessment of the potential for cascading recovered solid wood. vol. 181. pp. 483-497
- [12] JACOBS, M. (1991). The greenconomy – environment, sustainable development and the politics of the future, Pluto Press, U.K.: London
- [13] JONES, V. (2011). Zelená ekonomika, Vyšehrad, Česká republika: Praha
- [14] KEEGAN, D., KRETSCHMER, B., ELBERSEN, B. and PANOUTSOU, C. (2013). Cascadinguse: A systematicapproach to biomassbeyondtheenergysector, Biofuels, Bioproducts and Biorefining, vol. 7, no. 2, pp. 193-206
- [15] Klapwijk, M.J., Boberg, J., Bergh, J., Bishop, K., Bjorkman, C., Ellison, D., Felton, A., Lidskog, R., Lundmark, T., Keskitalo, E.C.H., Sonesson, J., Nordin, A., Nordstrom, E.-M., Stenlid, J., Mårald, E. (2018). Capturing complexity: Forests, decision-making and climate change mitigation action. Vol. 52. Pp. 238-247.
- [16] KNAUF, M., KOHL, M., MUES, V., OLSCHOFSKY, K., FRUHWALD, A. (2015). Modeling the CO₂-effects of forest management and woodusage on a regionalbasis. CarbonBalanceManag. 2015. PMCID: PMC4464641. PMID: 26097501. Dostupné online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4464641/>
- [17] LOUČANOVÁ, E., KALAMÁROVÁ, M. (2014). Postupy a nástroje na riadenie inovačných projektov. In: Trendy a inovatívne prístupy v podnikových procesoch: 17. Medzinárodná vedecká konferencia.-Košice: Technická univerzita v Košiciach. Slovakia. December, 2014. 1-8
- [18] MAIR, C. a STERN, T. (August 2017). Cascading Utilization of Wood: a Matter of Circular Economy? Current Forestry Reports. Pp. 15 Dostupné online: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs40725-017-0067-y.pdf>
- [19] MANTAU, U. et al. (2010). EU wood Real potential for changes in growth and use of EU forests. Metodology report. Pp. 165 Dostupné online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy>
- [20] MANTAU, U. (2015). Wood flow analysis: Quantification of resourcepotentials, cascades and carboneffects. Biomass and Bioenergy. Vol. 79. Pp 28-38
- [21] MARTIN-FERNANDEZ, S., MARTINEZ-FALERO, E. (2018). Sustainability assessment in forest management based on individualpreferences. Journal of Environmental Management. Vol. 206. Pp. 482-489
- [22] MPRV SR. (2017). Zelená správa. Dostupné online: <http://www.mprv.sk/index.php?navID=123&id=12392>
- [23] OECD. (2009). The Bioeconomy to 2030 – Designing a Policy Agenda. Dostupné online:<https://www.oecd.org/futures/longtermtechnologicalsocietalchallenges/42837897.pdf>
- [24] OECD. (2011). TowardsGreenGrowth: Monitoring progress. Paris: OECD Publishing, [Online]. 141 pp. Available:<http://www.oecd.org/greengrowth/48224539.pdf>
- [25] OSN. (2012). Thefuturebewant. Resolutionadopted by the General Assembly United NationsSixthSession 22 September 2012 A/Res/66/288. Dostupné online: http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_66_288.pdf
- [26] PALUŠ, H., PAROBEK, J., ŠIMO-SVRČEK, S. (2017). Uplatnenie princípov zelenej ekonomiky v lesnícko-drevárskom komplexe. Aktuálne otázky ekonomiky a politiky lesného hospodárstva Slovenskej republiky: zborník z odbornej konferencie NLC Zvolen. pp. 40-49. ISBN 978-80-8093-237-4
- [27] PAROBEK, J., PALUŠ, H., ŠUPÍN, M., KAPUTA, V. (2014). Ananalysis of wood flows in Slovakia. BioResources 9 (4): pp. 6453-6462
- [28] PAROBEK, J. a Paluš, H. (2016). The concept of cascaded use of wood in Slovakia.Pathforwardforwoodproducts: A globalperspective, proceedingsofscientificpapers.Baton Rouge, Louisiana, USA, pp. 101-106
- [29] SATHRE, R. and GUSTAVSSON, L. (2006). Energy and carbon balances of wood cascade chains, Resources, Conservation and Recycling, vol. 47, no. 4, pp. 332-355
- [30] UNECE. (2009). Forestsand wood are significant for climate change mitigation. Dostupnéonline:<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/unece/unpan035010.pdf>
- [31] UNEP. (2011). Towards a GreenEconomy: Pathway to SustainableDevelopment andPovertyreduction. Nairobi. UNEP. Pp. 52. Dostupnéonline: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf
- [32] WINKEL, G. (2017). Towards a sustainable European forest-based bioeconomy-assessment and the way forward. What Science Can Tell Us 8. Pp. 162. ISBN 978-952-5980-41-7

The utilisation of roundwood in the context of bioeconomy principles

Summary

This paper was focused on the assessment of the benefits of forestry and forestry industry to a green economy, which aims to reduce carbon footprint in the atmosphere, ensure sustainability, mitigate climate change and reduce dependence on non-renewable energy sources as well as the efficient use of renewable resources. The analysis confirms that if the demand for wood and wood products increases, the contribution of the wood processing industry to the green economy is growing. An effective use of renewable energy sources is also closely related to the cascade use of wood.

In its second part the paper focused on the assessment of the cascade use of wood in Slovakia. The results of the analysis show that the total cascade coefficient in the wood processing sector in Slovakia was 1.47. Wood waste is primarily used for industrial processing and energy production. The cascade coefficient for energy use of wood was quantified at 1.42. The cascade coefficient for the industrial use of wood waste is significantly lower and reached 1.13. This value confirms the more efficient use of wood in industrial processing, where the minimum amount of waste on the basis of wood is produced in the production of agglomerated materials and cellulose. The results also show that wood-based by-products and waste should be used primarily to produce industrial products with the highest added value and the longest life cycle.

The findings can contribute to the creation of policy measures in the areas related to the utilisation of wood waste and provide suggestions for optimizing and more efficient use of wood in Slovakia.

Adresy autorov:

Ing. Samuel Šimo-Svrček^{*1}; doc. Ing. Hubert Paluš, PhD.¹; doc. Ing. Ján Parobek, PhD.¹;

Ing. Martin Moravčík, CSc.²; Ing. Miroslav Kovalčík, PhD.²; Ing. Michal Dzian, PhD¹

1 Department of Marketing, Trade and World Forestry; Faculty of Wood Sciences and Technology;
Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovakia

2 National Forest Centre – Forest Research Institute, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovakia

* Corresponding author: simosvrccek@gmail.com