



Demonstrační objekty nepasečného hospodaření Exemplary Forest Units of Uneven-aged Forestry

*sborník příspěvků ze semináře
workshop proceedings
2018*

Pavel Bednář (ed.)



VYDÁNO PŘI PŘÍLEŽITOSTI MEZINÁRODNÍHO ODBORNÉHO SEMINÁŘE:

*Demonstrační objekty nepasečného hospodaření v ČR
25 let přestavby stejnorodých a stejnověkých porostů smrku ztepilého a
uplatnění principů Pro Silva na LÚ Kocanda*

Fryšava pod Žakovou horou, 25. – 26. října 2018

Akce je pořádána pod záštitou ministra zemědělství Miroslava Tomana.

S mezinárodní podporou organizuje a pořádá:

Pro Silva Bohemica, pobočný spolek ČLS



za spoluúčasti a organizační podpory:

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.



Výzkumný ústav Silva Taroucy, v. v. i.



KINSKÝ Žďár, a.s.



Organizační garanti:

Jiří Bína; Ing. et Ing. Pavel Bednář, Ph.D.; Alexander Held, M.Sc.; Ing. Milan Hron

Odborní garanti:

doc. Dr. Ing. Tomáš Vrška; Ing. et Ing. Pavel Bednář, Ph.D.

Tisk této publikace byl možný díky finanční podpoře:

Stora Enso Wood Products Ždírec s. r. o.



ISSUED WITHIN THE INTERNATIONAL WORKSHOP:

Exemplary Forest Units of Uneven-aged Forestry

*The transformation of Norway spruce monocultures to continuous cover forestry:
results following the application of Pro Silva principles over 25 years
in Kocanda forest district*

Fryšava pod Žákovou horou, October 25th – 26th 2018

*The event is organized under the patronage of Miroslav Toman,
the Czech Minister of Agriculture.*

Supported and organized by:

Pro Silva Bohemica, a branch office of the Czech Forest Society



with a partnership and support from:

Forestry and Game Management Research Institute



The Silva Tarouca Research Institute



KINSKÝ Žďár, a.s.



Organizers:

Jiří Bína; Dr. Pavel Bednář; Alexander Held, M.Sc.; Ing. Milan Hron

Academic board:

Assoc. prof. Tomáš Vrška; Dr. Pavel Bednář

This publication was issued with the financial support from:

Stora Enso Wood Products Ždírec s. r. o.



Poděkování / Acknowledgement:

Sborník vznikl za podpory Ministerstva zemědělství,
institucionální podpora MZE-RO0118.

This publication was supported by the Czech Ministry of Agriculture,
institutional support MZE-RO0118.

Vydal: Pro Silva Bohemica, pobočný spolek ČLS
a
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

*Issued by: Pro Silva Bohemica, a branch office of the Czech Forest Society
and
Forestry and Game Management Research Institute*

Příspěvky prošly recenzním řízením. Editor rozhodnul o přijetí nebo zamítnutí.
The published papers were peer reviewed. The editor decided acceptance or rejection of the papers.

Editor: Ing. et Ing. Pavel Bednář, Ph.D.

Obálka / Cover design: Ing. Jan Krejza, Ph.D.

Fotografie / Photos: Jiří Bína

Formální úprava textu/
Formal text arrangement: Mgr. Jitka Součková

Náklad / Number of copies: 200 ks / units

Tisk / Press: Polypress s.r.o.

ISBN 978-80-7417-164-2

OBSAH – CONTENT

<i>Úvodní slovo, Milan Hron</i>	1
<i>Úvodní slovo, Constantin Kinský</i>	2
<i>Úvodní slovo, Alexander Held</i>	3
<i>Reakce stín snášejších druhů dřevin na světlo v přírodě blízkém lesnictví</i> Matjaž Čater	4
<i>Vláda rozvinula přístup k podpoře biodiverzity v lesích – co obsahuje švédská sada nástrojů?</i> Johanna Ehlin	8
<i>Tvorba dřeva jako indikátor vodního provozu dřevin stresovaných suchem</i> Petr Horáček et al.	12
<i>Prostorové vzory tloušťkového růstu buku lesního na cestě do hlavní porostní úrovně</i> David Janík et al.	18
<i>Trvale udržitelný tedy přírodě blízký koncept obnovy a tvorby lesa po disturbancích</i> Antonín Martiník	21
<i>Ochrana navzdory využití – koncept pro posílení biodiverzity v Ebrachu</i> Ulrich Mergner, Daniel Kraus	24
<i>Poučení z předchozích nezdarů při přeměnách a přestavbách lesních porostů</i> Jiří Souček	28
<i>Udržitelnost lesního hospodářství z hlediska bilance živin na příkladu Žďárských vrchů</i> Vít Šrámek et al.	31
<i>Přestavby monokultur smrku Sitka na přírodě bližší formy hospodaření v Irsku</i> Edward Wilson et al.	36
<i>Demonstrační objekty nepasečného hospodaření Pro Silva Bohemica</i> Jiří Zahradníček	41
<i>Prologue, Milan Hron</i>	44
<i>Prologue, Constantin Kinský</i>	45
<i>Prologue, Alexander Held</i>	46
<i>Light response of shade tolerant species in to close-to-nature silvicultural systems</i> Matjaž Čater	47
<i>Government enhanced management of biodiversity in the forest landscape in the Sweden</i> Johanna Ehlin	51
<i>Wood formation as an indicator of water transport in drought-stressed trees</i> Petr Horáček et al.	55
<i>The close-to nature forest regeneration after a large disturbance</i> Antonín Martiník	61
<i>Protection despite utilization – the biodiversity concept of the Ebrach State Forest Enterprise</i> Ulrich Mergner, Daniel Kraus	64
<i>An historical overview of difficulties of forest stand conversion and transformation</i> Jiří Souček	68
<i>Sustainability of forest management from the view of maintaining a nutrient balance</i> Vít Šrámek et al.	72
<i>Transforming Sitka spruce plantations to Continuous Cover Forestry in Ireland</i> Edward Wilson et al.	77
<i>Exemplary Forests Units of Uneven-aged Forestry, Pro Silva Bohemica</i> Jiří Zahradníček	81



Vážené dámy a pánové, vážení účastníci semináře,

pořadatelský spolek Pro Silva Bohemica se rozhodl nabídnout příspěvek do debat o řešení současné krize lesního hospodářství. Pozvali jsme široké spektrum všech zainteresovaných stran, samozřejmě počínaje samotnými lesními hospodáři a vlastníky lesů, přes lesnický výzkum (domácí i zahraniční) a školství, až po státní správu všech rozhodovacích úrovní. Předmětem semináře je skutečně samotné pěstění lesa a ukázky hmatatelných výsledků, nikoliv jen hypotetické diskuse. Netvrdíme, že pěstění bohatě strukturovaných různověkových lesů je všespásné, rychlé a snadné řešení. Naopak, přechod k němu znamená dlouhodobou, pečlivou a svědomitou práci. Přesto lze v relativně krátké době, alespoň v porovnání k produkčnímu věku lesa, dosáhnout významného posunu. Jsme navíc přesvědčeni, že se jedná o jedno z nejdůležitějších opatření proti opakování tak rozsáhlé kalamity, jako je ta současná.

I když se na první pohled zdá, že jde především o krizi smrku, není tomu tak. Se smrkem jsou „jen“ spojeny největší problémy vzhledem k jeho dosavadní dominanci v současné druhové skladbě českých lesů, která je až příliš rychle snižována jeho odumíráním v důsledku působení mnoha vlivů, nastartovaných suchem. Ukazuje se, že problém je podstatně hlubší. Rychle se měnící vnější podmínky nesvědčí naprosté většině klimaxových dřevin. Většina z nich má svého vážného protivníka z říše hmyzu nebo hub, kteří jsou dobře adaptováni na využití momentálního oslabení hostitelské dřeviny a většinou mají „kalamitní“ schopnosti v krátké době se prudce rozmnožit a ovládnout a zničit celé souvislé porosty dřevin. Proto je sázka na stejnorodé, nesmíšené porosty riskantní dnes, stejně jako to bude platit v budoucnu, dokonce možná ještě více než dnes. Vůči každému škodlivému činiteli jsou navíc, v rámci téhož vnímavého druhu, různě odolní jedinci rozličného ontogenetického vývoje – tedy různého stáří. I věková různorodost porostů tak riziko poškození či totálního rozvratu „rozměňuje“.

Nepřicházíme s žádnými objevy, přece je dávno známe: Lesní porosty se skládají z jedinců – stromů, z nichž každý je určitého taxonu a stupně rezistence a rezilience proti působení různých typů poškození. Předpoklad nejvyšší odolnosti lesa jako celku tedy dává soubor stromů co nejrůznějších kvalit – druhových, velikostních a dalších. Tedy porost maximálně nestejnorodý, smíšený, nestejnověký, pestrý, setrvalý, nepasečný... nepadne se to popisuje, lépe se to cítí. Tento typ lesa podporuje biodiverzitu a opačně. Nezaujatý pozorovatel by se tedy jistě ptal – proč tedy takové porosty nepěstujete? Odpověď by mohla třeba být: Ale pěstujeme, jen členové Pro Silva Bohemica takto ovlivňují 4 % lesů, mnoho dalších najdeme v ostatních, zejména soukromých a korporátních, ale i státních lesích.

Důvodů, proč jich není ještě víc, je několik. Namátkou zdánlivá složitost pěstění, obtížnost vytyčení a zejména udržení pěstební cíle přes několik generací lesníků, legislativa naprosto opomíjející potřeby pěstitelů a na ni vázaná (ne)podpora dotační, lákavá jednoduchost pěstování porostů stejnorodých...

Často se setkávám s námitkami, že vypěstovat takový les je v dnešní době skoro nemožné, trvá to příliš dlouho, výběrný les je nedosažitelnou ideou a podobně. Ano, souhlasím. Ale pokud si vytyčíme cíle bližší a ne tak ambiciózní, jako je výběrný les, a „spokojíme se“ s pěstěním lesa odolnějšího a produkčně výkonnějšího při využitím několika jednoduchých základních principů, můžeme začít hned. Potřebujeme k tomu jen vůli, možnost být skutečným tvůrcem lesa a potřebné znalosti. Rádi bychom to demonstrovali na příkladu pětadvacetileté práce lesníka, kterému byly tyto tři předpoklady dány. Lesníka na lesnickém úseku Kocanda, Jiřího Bíny. Spojením exkurze do porostů jako reálného výsledku jeho cílevědomé činnosti a zásadních poznatků vědy o stabilitě a produkci lesa bychom chtěli znovu vyvolat diskuzi o potřebnosti, účelnosti, možnostech rozšíření, legislativě a podpoře nepasečného hospodaření u nás.

Milan Hron, *předseda PSB*





Drazí přátelé,

naše lesy jsou lesy hospodářské. My máme tu možnost být správci tohoto unikátního přírodního, a to s těmito cíly: vytvářet životaschopné ekonomické hospodaření, kdy využíváme přírodu takovým způsobem, abychom měli zisk, ale také podpořili lidi, pro které jsou lesy důležitým zdrojem a abychom lesy předali dalším generacím v dobrém, nebo ještě lépe v lepším stavu, než jsme je převzali my.

Jinými slovy, našim společným cílem v rámci Pro Silva je prověřit a hodnotit naši základní hypotézu: udržitelnost v ekologickém a ekonomickém smyslu ve skutečnosti jsou dva aspekty totožného cíle a zájmu, spíše než dva protichůdné cíle.

Setkáváme se, abychom se něčemu přiučili, ne, abychom poučovali. Nevěříme v ideologii. Věříme ve fakta. Věříme v rozum. Věříme ve skromnost.

Věříme, že příroda je náš jediný učitel. Cesta k trvalé udržitelnosti je v učení se ze zkušeností, ale také ve vzájemném sdílení, které vede ke společnému růstu. Nikdo z nás nemá universální patent na pravdu. Nikdo nemá absolutní znalost matky přírody. Neexistuje dokonalý model hospodaření, natož model jediný. Dlouhodobým ověřováním různých forem hospodaření na experimentálních plochách, v rozmanitém prostředí, při sdílení a revizi našich výsledků, a to včetně jejich možných limitů a selhání, můžeme být schopni stanovit úspěšný hospodářský model, který bude kombinovat variabilitu, adaptabilitu a přírodní výběr, což jsou vše nástroje, kterými si sama matka příroda vytváří trvale udržitelné ekosystémy. Existuje tedy lepší učitel?

Nevěříme tomu, že lidé mohou zcela přesně předpovědět, jak se klima, natož planeta, budou v budoucnu vyvíjet. To, co jako etičtí lidé nazýváme "pokorou", příroda nazývá "rozmanitostí". Rozmanitost je v bohatství ekosystémů, ale také v rozmanitosti forem hospodaření. Obohatme portfolio hospodářských opatření, ze kterých si matka příroda sama zvolí tu správnou, svojí vlastní a preferovanou cestu. A ujistěme se, že zákony a předpisy respektují takové možnosti rozmanitosti a pokory.

Tzv. *Den, kdy lidské využívání přírody přesáhlo přirozeně-regenerační možnosti Země*, nebo též *Den ekologického dluhu* (Earth Overshoot Day) je každoročně dříve. Ozónová vrstva se ztenčuje. Ledy na pólech tají. Pařížská klimatická konference byla úspěšná a miliony lidí se denně snaží o zlepšení planety. Záhuba není náš osud. "Je příliš pozdě být pesimistický," jak řekl Yann Arthus-Bertrand.

Mezinárodní seminář Pro Silva 2018 ve Žďáru nad Sázavou je jednou z mnoha příležitostí, kde můžeme hledat, ověřovat a sdílet cesty založené na faktech a můžeme tak podporovat a chránit udržitelnost našich lesů. Nechme všechny naše ideologické předsudky na hranicích a vstupme do lesa s otevřenými očima, ušima, myslí i srdcem. A učme se společně.

„Lesu zdar!“

Constantin Kinský

majetek rodiny Kinských, Žďár nad Sázavou, říjen 2018





Dámy a pánové,

přeji Vám krásné dobré ráno a přijměte přivítání i ode mě, Alexandra Helda z projektu SURE Evropského lesnického institutu. SURE (SUstaining and Enhancing RESilience of European Forests – tj. Udržení a posílení odolnosti evropských lesů) je německý projekt, jehož cílem je vznik platformy pro Zvládnutí ohrožení evropských lesů (European Forest Risk Facility – FRISK).

Již část názvu patrný pojem – „riziko“ – napovídá, proč jsme zde, a proč podporujeme tuto důležitou, ne-li přímo historickou událost na Kocandě. Spolek Pro Silva Bohemica a jeho široké zapojení v rámci lesnického sektoru je již léta věrným a neuvěřitelně přínosným partnerem pro vize a cíle FRISK platformy, kterými jsou: zvýšit míru porozumění ohrožení hospodářských lesů, zvýšit odolnost lesů a snížit nechtěné účinky disturbancí. Při dosahování těchto cílů spolupracovat a sdílet zkušenosti napříč Evropou, i mimo ni.

Výzvy, kterým naše lesy (a my jako lesníci) čelí, jsou obrovské. Role lesů v našem měnícím se světě se zároveň stává ještě složitější a stále větší část naší společnosti vytváří požadavky na lesy a zároveň požadavky na výstupy z lesů.

Lesníci, vědci, politici i zástupci dřevařského průmyslu z několika zemí se dnes sešli na Kocandě. To je klíčový a důležitý krok. Jedině společnými silami se nám podaří čelit výzvám budoucnosti. Jedině společně máme sílu vytvářet lesy pro budoucích generací a ve prospěch všech. V jednotě je síla.

Dnešní událost představuje další slibný vývoj naší vzájemné spolupráce a podpory lesnického sektoru. Přeji nám tvůrčí a produktivní setkání, otevřenou mysl a příjemně prožité chvíle, abychom budovali vzájemnou důvěru ve sdílení a spolupráci.

Děkuji Vám, že jste tu s námi!

Alexander Held, *odborný pracovník EFI*



Connect – Collect - Exchange

Je mi opravdu velice líto, že na Kocandě nemohu být. Bohužel jiné povinnosti související s těžkým obdobím lesních požárů v Německu mi to pro tentokrát znemožňují.



Reakce stín snášejších druhů dřevin na světlo v přírodě blízkém lesnictví

Matjaž Čater

Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000, Ljubljana, Slovenia
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

Úvod

V oblasti Slovinska poznali lesníci už před stovkami let, že přírodě blízké hospodářství je klíčem jak k úspěšnému ekonomickému využívání lesů, tak i k zachování jejich rozmanitosti. Přírodě blízké lesní hospodářství se vyvinulo v různých částech Evropy – zvláště pak ve zranitelných alpských regionech a ve vysoko položeném Dinárském krasu, jedné z kolébek s nejdelší tradicí lesnického plánování a nejlepších slovinských přírodních lesních zdrojů. Rozhodujícím průlomem k nestrannému zhodnocení přírodě blízkého lesního hospodářství byla metoda kontroly, která podporovala udržitelné zlepšování postupů managementu.

Zavedené principy přírodě blízkého hospodářství představují průkopnické přístupy pro současné moderní pěstění lesů. Nicméně, takový způsob managementu byl často kritizován pro své nevědecké a neodborné metody kvůli nedostatku přírodních lesů a výzkumu, složitosti a udržitelnosti lesů nebo finančních zájmů, které podporují spíše konvenční správu lesů. Pěstitelé by se na druhou stranu měli kriticky zaměřit na koncept přirozenosti a adekvátně zhodnotit neúspěchy, které již zmizely z naší paměti i písemných zdrojů díky pomalému vývoji lesů (SCHÜTZ 1999). Několik současných studií se zabývalo problematikou adaptace lesního hospodářství na změnu klimatu a nejistotu v budoucnosti (BRANG ET AL. 2014), ale především jen na koncepční úrovni ve smyslu ekologické stability nebo adaptivní kapacity. Zlepšení adaptivní kapacity evropských lesů mírného pásma v měnícím se klimatu zahrnuje zachování druhové a strukturní rozmanitosti dřevin.

Oblast výzkumu

Horské porosty jedle bělokoré (Abies alba Mill.) a buku lesního (Fagus sylvatica L.) v dinárském regionu představují nejrozsáhlejší souvislý lesní porost ve střední Evropě (HORVAT ET AL. 1974). Většina těchto lesů byla postupně transformována z původních přírodních porostů a nikdy zde nebyla uplatněna holoseč a následná intenzivní výsadba (BONČINA ET AL. 2014). Od nástupu regulérního lesnictví byly tyto porosty vedeny jako lesy trvale tvořivé (continuous cover forests) a uplatňoval se v nich především výběrový a nepravidelný podrostní způsob hospodaření (MLINŠEK 1972). Tyto způsoby hospodaření jsou blízké přírodnímu režimu disturbance smíšeného přírodního porostu ve sledované oblasti, pro který je charakteristická malá a střední dynamika světlin.

V současné době jsou tyto lesy významnými chráněnými územími (např. národní park, Natura 2000) a poskytují útočiště endemickým a ohroženým druhům. Navzdory vysokému stupni přirozenosti lesů je ústup jedle bělokoré jedním z hlavních problémů celého regionu. Tento ústup byl sledován už ve třicátých a padesátých letech 20. století, kdy byl způsoben především extrémní klimatu a kůrovcovými kalamitami (ELLING ET AL. 2009). Později přispělo k dalšímu úbytku jedle i znečištění ovzduší (MLINŠEK 1969), zatímco její regenerace byla v částech regionu přehlížena. Také aktivity lesního hospodářství, které vedly ke změně klimatu lesa jako následek intenzivní těžby nebo výstavby lesní infrastruktury, jsou často uváděny jako příčiny ústupu jedle (MLINŠEK 1969). Intenzita ústupu jedle se lišila napříč regionem v důsledku různých kombinací těchto příčin (DIACI ET AL. 2011). Současná tloušťková struktura a regenerační charakteristiky poukazují, že jedle bude ustupovat i v následujících desetiletích.

Kvalita a zastoupení jedlovo-bukových porostů v současné době a budoucnosti je těsně spojena s naším porozuměním reakce stromů na různé světelné podmínky. Světlo je hlavním faktorem prostředí a řídí vztah mezi vývojem semenáčků a plevelů a také ovlivňuje druhovou skladbu dřevin a jejich zastoupení (SCHÜTZ 2004). Mladé stromky z podrostu se dostanou do vyšších pater za příznivých světelných podmínek (SCHÜTZ 2001). Konkurenceschopnost jedle je ve srovnání s bukem proto nižší; na mýtinách a světlinách se buk adaptuje na rychlé změny intenzity světla lépe a mnohem rychleji.

Hlavní pěstební prostředek pro nepřímou podporu jedle bělokoré je vytvoření světlin vhodné velikosti a jejich rozšiřování v čase a prostoru. Ačkoli existuje mnoho studií, které ukázaly převahu jedle v porostech s uzavřeným korunovým zápojem (STANCIOIU, O'HARA 2006; NAGEL ET AL. 2010), většina z nich



se soustředila na různé růstové vzorce a nebrala v úvahu související ekofyziologické procesy. Je navíc obtížné převést závěry těchto studií do praxe, neboť většina z nich nebrala v úvahu časoprostorovou dynamiku a heterogenitu světlin.

V oblasti, kde se různé faktory prostředí prolínají na relativně krátkém geografickém úseku 1000 km (BOHN ET AL. 2004), slouží sledovaná reakce stromů z jižních teplejších a sušších stanovišť pro predikci, jak se budou v budoucnu chovat druhy, které v současnosti rostou na stanovištích méně extrémních.

Pro optimalizaci budoucích kroků a zachování nestejnověké struktury studovaných porostů jsme zjišťovali reakci na světlo u mladých a dospělých jedinců jedle a buku:

- fyziologická a morfologická reakce na intenzitu světla mladých jedinců buku a jedle byla porovnána na stanovištích, na kterých byla provedena výběrná a clonná seč. Reakce obhospodařovaných lesních porostů byla porovnána s reakcí druhů rostoucích v přírodním porostu;
- byly testovány různé kategorie světla mikrostanoviště světlin, abychom zjistili, která mikrostanoviště jsou více příznivá pro daný druh; vhodná velikost světliny byla odvozena z reakce těchto dvou druhů;
- byly vyhodnoceny různé světelné podmínky mikrostanovišť v obou hospodářských systémech v různých nadmořských výškách (gradient nadmořské výšky). Důraz byl kladen na nadmořskou výšku nad 700 metrů, kde byly zjištěny největší problémy s regenerací jedle. Stav obou systémů hospodaření byl porovnán s přírodním porostem;
- reakce buku a jedle byly porovnány podél daného geografického gradientu, aby bylo možné zhodnotit, jak se liší reakce obou druhů mezi obhospodařovaným a přírodním porostem podél 1000 km gradientu za stejných světelných podmínek

Výsledky

- Jedle byla více tolerantní k zastínění a více efektivní ve stinných podmínkách než buk. Ten vykazoval ve stínu nižší výnos, který ale rostl se zvyšující se intenzitou světla. Fyziologické a morfologické reakce byly v souladu a byly nejvyšší u přírodního porostu a nejnižší u výběrného systému hospodaření. Zachování systému jednotlivě výběrné seče v daném regionu by napomohlo zachovat konkurenceschopnost jedle, zatímco systém clonné seče se ukázal jako účinnější z hlediska světla pro oba druhy (ČATER, LEVANIČ 2013).
- Efektivita jedle byla nejvyšší na mikrostanovištích, na kterých převažovalo difúzní světlo (menší světliny), a zmenšovala se u světlin větších. Reakce buku byla opačná, kdy byl výnos největší na mikrostanovištích s přímým světlem a rostl s velikostí světlin. Velikost světliny optimální pro oba druhy byla stanovena podle jejich naměřené reakce na světlo (ČATER ET AL. 2014).
- Výskyt různých mikrostanovišť se významně lišil mezi systémem clonné seče a systémem výběrné seče. Podíl světelných kategorií mikrostanovišť v nižších nadmořských výškách byl variabilní, zatímco v nejvyšších polohách (nad 700 m) byl podíl světelných kategorií mikrostanovišť téměř identický, což naznačuje, že skladba okraje lesního porostu je podobná bez ohledu způsob obhospodařování. V obhospodařovaném lese byly podíly srovnatelné s mikrostanovišti přírodního porostu, napodobujícími tak přírodní procesy a koncept maloplošného podrostního hospodářství (ČATER, KOBLER 2017).
- Efektivita buku narůstala od severozápadu, nejvyšších hodnot dosáhla uprostřed studovaného transektu a následně směrem na jihovýchod opět klesala. U jedle byla maximální efektivita sledována v severovýchodní čisti transektu a stejně jako hodnoty všech světelných kategorií klesala směrem na jih. Podél studovaného gradientu se měnila i tolerance ke stínu (ČATER, LEVANIČ 2018 v tisku)

Diskuze a závěr

Pěstování nestejnověkého lesa se týká různých hospodářských postupů, které zahrnují i systém jednotlivě a skupinovitě výběrné seče, clonné seče a volného hospodářství (BONČINA ET AL. 2011) s



volným výběrem těžebního režimu, známému také jako přírodě blízké pěstování lesů (SCHÜTZ ET AL. 2016). To je charakteristické poměrně nízkou intenzitou těžby na malých plochách z důvodu napodobení druhového složení a struktury přírodního lesa a přirozené disturbance při dolní hranici disturbanční škály na úrovni porostu (SCHÜTZ 2002; DIACI ET AL. 2011). Takovýto management obecně vede k tvorbě porostů s maloplošně heterogenní strukturou, u kterých se předpokládá resistance i resilience vůči narušení (SCHÜTZ 2001; O'HARA, RAMAGE 2013). Nevýhoda pěstování nestejnověkého lesa je závislost na stínomilných druzích, jejichž růst může být brzděn klimatickými podmínkami otevřených ploch, které vznikly po narušení korunové vrstvy.

Dobře zachovalý stav studovaných bukovo-jedlových lesů je výsledek nízké intenzity hospodaření v minulosti. Jejich stejnověká struktura je srovnatelná se strukturou přírodních lesů (ČATER, KOBLER 2017), kde klíčovým faktorem, který řídí mikroklima horských lesních porostů mírného pásma, je nadmořská výška (KÖRNER 2012).

Zpětný výzkum ADAMIČE ET AL. (2016) potvrdil, že dlouhodobá aplikace prostorově a časově diverzifikovaného nestejnověkého managementu (např. volné hospodářství) na slovinských stanovištích neměl za následek snížení druhové rozmanitosti dřevin. To podporuje zachování druhů tolerantních silnému i střednímu zastínění, což dále může naznačovat důležitost jak dynamiky světlin, tak výchovných zásahů pro zachování druhové rozmanitosti (ADAMIČ ET AL. 2016). Očekává se, že podíl buku v budoucnosti významně naroste, protože je to hlavní druh v přirozené regenerační vrstvě (30-150 cm) většiny lesních porostů a protože na stanovištích s výskytem obou druhů je populace buku, vztaheno k tloušťkové struktuře, významně mladší než populace jedlí (POLJANEC ET AL. 2010). Lepší regenerace buku ve srovnání s jedlí může být proto spojená s posunem přirozených disturbancí, změnou přirozeného výskytu jedle a ne jenom pastvou zvěře. Extrémně suché počasí bez srážek a nárůst průměrné teploty vzduchu jedli bělokoré určitě také neprospívají, a tak snížený výskyt jedle v přirozené regeneraci může také ovlivnit budoucí druhovou skladbu.

Literatura

- Adamič, M., Diaci, J., Rozman, A., Hladnik, D., 2016. Long-term use of uneven-aged silviculture in mixed mountain Dinaric forests: a comparison of old-growth and managed stands. *Forestry*, p. 1-13.
- Bambulović, P., 1930. Sušenje četinjavih šuma u Bosni. *Šumarski list* 54, p. 446-450.
- Bohn, U., Neuhäusl, R., Gollub, G., Hettwer, C., Neuhäuslova Z., Raus, T.H., Schlüter, H. & Weber, H. 2004. Karte der natürlichen vegetation Europas/map of the natural vegetation of Europe. Maßstab/Scale 1: 2.500.000. Münster, DE.
- Bončina, A., Čavlovič, J., Curović, M., Govedar, Z., Klopčič, M., Medarević, M., 2014. A comparative analysis of recent changes in Dinaric uneven-aged forests of the NW Balkans. *Forestry* 87, p. 71-84.
- Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J.B., Bauhus, J., Bončina, A., Chauvin, C., Drösler, L., Garcia-Güemes, C., Heiri, C., Kerr, G., Lexer, M.J., Mason, B., Mohren, F., Mühlethaler, U., Nocentini, S., Svoboda, M., 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry*, 87, p. 492-503.
- Čater, M., Levanič, T., 2013. Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different silvicultural systems of the high Dinaric karst. *For. Ecol and Manage.* 289, p. 278-288.
- Čater, M., Diaci, J., Roženberger, D., 2014. Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *For. Ecol. Manage.* 325, p. 278-288.
- Čater, M., Kobler, A., 2017. Light response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different categories of forest edge - Vertical abundance in two silvicultural systems. *For. Ecol and Manage.* 391, p. 417-426.
- Čater, M., Levanič, T., 2018. Light and growth response of beech and silver fir along the Balkan's latitudinal gradient, in press.
- Diaci, J., Roženberger, D., Anić, I., Mikac, S., Saniga, M., Kucibel, S., Višnjić, C., Ballian, D., 2011. Structural dynamics and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry* 84, p. 479-491.
- Elling, W., Dittmar, C., Pfaffelmoser, K., Rötzer T., 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *For. Ecol. and Manage.* 257, p. 1175-1187.
- Horvat, I., Glavac, V., Ellenberg, H., 1974. Vegetation Sudosteuropas. G. Fischer, Stuttgart.
- Körner, C., 2012. Alpine treelines. Functional ecology of the global high elevation tree limits. Springer, Basel
- Mlinšek, D., 1964. Sušenje jelke v Sloveniji - prvi izsledki. *Gozdarski vestnik* 26, p. 145-159.
- Mlinšek, D., 1969. Waldschadenuntersuchungen am Stammkern von erwachsenen Tannen im dinarischen Tannen - Buchen - Wald. *Forstw. Cbl.* 88, p. 193 - 199.
- Mlinšek, D., 1972. Ein Beitrag zur Entdeckung der Postojna Kontrollmethode in Slowenien. *Forstw. Cbl.* 91, 291 - 296.
- Nagel, T.A., Svoboda, M., Rugani, T., Diaci, J., 2010. Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth *Fagus Abies* forest of Bosnia and Herzegovina. *Plant Ecol.* 208, p. 307-318.



- O'Hara, K.L., Ramage, B.S., 2013. Silviculture in an uncertain world: Utilizing multi-aged management systems to integrate disturbance. *Forestry*, 86, p. 401-410.
- Poljanec, A., Ficko, A., Bončina, A., 2010. Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970-2005. *For. Ecol. and Manage.* 259, p. 2183-2190.
- Schütz, J.-P. 1999. Close to nature Silviculture: is this concept compatible with species diversity? *Forests*, Vol. 72, No 4, p. 359-366
- Schütz, J.-P., 2001. Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey, Berlin.
- Schütz, J.-Ph., 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry* 75 (4), p. 329-337.
- Schütz, J.-P., 2004. Opportunistic methods of controlling vegetation, inspired by natural plant succession dynamics with special reference to natural outmixing tendencies in a gap regeneration. *Ann. For. Sci.* 61, p. 149-156.
- Schütz, J.-Ph, Saniga, M., Diaci, J. and Vrška, T., 2016. Comparing close-to nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Ann For. Sci.* 73, p. 911-921.
- Stancioiu, P.T., O'Hara, K.L., 2006. Leaf area and growth efficiency of regeneration in mixed species, multiaged forests of the Romanian Carpathians. *For. Ecol. and Manage.* 222, p. 55-66.
- Šafar, J., 1951. Ugibanje i obnavljanje jele u prebornim šumama Gorskog Kotara. *Šumarski list* 75, 299-303.

Poděkování:

Autor příspěvku děkuje Dr. Evě Dařenové za překlad tohoto příspěvku z anglického do českého jazyka.

Doc. Dr. Matjaž Čater

Tel: ++386 (0)1 200-78-32

Fax: ++386 (0)1 257-35-89

e-mail: matjaz.cater@gozdis.si



Vláda rozvinula přístup k podpoře biodiverzity v lesích – co obsahuje švédská sada nástrojů?

Johanna Ehlin

Skogsstyrelsen; Enheten för områdesskydd och ekonomiska stöd; 75143 Uppsala

Úvod

Švédsko je lesnatá země, jejíž vláda v oblasti lesnictví uplatňuje politiku „svobody s odpovědností“. Tato politika přenáší velký díl odpovědnosti za ochranu a zachování biologické rozmanitosti lesů přímo na samotný lesnický sektor, a to ve smyslu zachování produkčního potenciálu lesů, tak i ve smyslu ochrany a zachování biodiverzity lesních ekosystémů. Jejím prostřednictvím jsou jí ovlivněny nástroje, které má vláda k řízení biologické rozmanitosti v zalesněné krajině k dispozici. Cílem tohoto příspěvku je shrnout nástroje, které může švédská vláda využít k posílení biologické rozmanitosti v rámci švédské politiky lesního hospodářství.

Švédské lesy a lesnictví

Díky 69 % lesnatosti, nebo 28 milionům hektarů (STAT. SWEDEN 2015) celkové rozlohy lesů lze říci, že ve Švédsku lesy dominují. Vzhledem k produktivitě většiny lesní půdy je lesnictví pro národní hospodářství životně důležité. Většina Švédů má navíc k lesům a lesnictví úzký vztah.

Švédské lesní ekosystémy formuje kombinace relativně drsných a vlhkých klimatických podmínek a mělkých půd s nedostatkem živin. Většina země je pokryta hlavně boreálním lesy, v nichž přirozeně převládají jehličnaté stromy a které zahrnují směs několika území utvářených a formovaných pod vlivem různých disturbančních režimů, zejména lesními požáry, povodněmi a vichřicemi. Dále na jihu se pak nacházejí boreo-nemorální lesy s větším zastoupením listnatých stromů. Úplně jižně je malá oblast, které dominují opadavé nemorální lesy (RSAAF 2015).

Vlastnickou strukturu švédských lesů tvoří kombinace drobných soukromých majetků, státních majetků a vlastnictví velkých lesnických společností. 50 % lesů je v soukromém vlastnictví, dalších 25 % je vlastněno velkými lesnicko-dřevařskými podniky a 14 % vlastní státní společnost Sveaskog. Zbývající část je rozdělena mezi ostatní soukromé vlastníky a veřejné a státní majitele.

Lesnicko-dřevařský průmysl zahrnuje společnosti jak v papírenském, tak ve dřevozpracujícím průmyslu. Přibližně 90 % papíru a buničiny a 75 % výrobků z řeziva se vyváží (KSLA 2015). To představuje 10 % švédského exportu (STAT. SWEDEN 2018). Tato průmyslová odvětví vytváří 9 až 12 % pracovních míst v zemi (KSLA 2015).

Hlavní vládní agenturou pro otázky lesů, lesnictví a životního prostředí a ochrany lesů je Švédská agentura pro lesnictví. Úkolem agentury je pracovat na udržitelném využívání švédských lesů v souladu se zákony a nařízeními vydanými vládou a parlamentem. Agentura zaměstnává přibližně 950 zaměstnanců a působí jak na národní úrovni, tak i ve 23 územních celcích na regionální úrovni (SFA 2018a).

Švédská lesnická politika

Od roku 1993 pro švédskou oficiální politiku platí, že do moderních lesnických postupů je nezbytné začlenit i ekologická hlediska. To znamená, že tato politika má dva hlavní cíle, které jsou stejně důležité: produkční a environmentální zájmy (včetně kulturních a rekreačních významů). Systém je rovněž založen na principu často označovaném jako „svoboda s odpovědností“, který klade velkou odpovědnost za snahu v oblasti ochrany a opatření ke zlepšení produkce na vlastníky a uživatele lesů. V důsledku toho nejsou právní požadavky na lesní hospodářství, stanovené především zákonem o lesích a zákonem o životním prostředí, tak striktní. Vedle této politiky ovlivňují švédské lesní hospodářství rovněž tržní procesy certifikace lesů, při nichž jsou postupy vlastníků lesů posuzovány spíše podle certifikačních norem než podle zákonných předpisů a nařízení vládní úrovně (KSLA 2015). Vzhledem k politice svobody s odpovědností zahrnují hlavní pracovní metody Agentury pro lesnictví kromě dohledu nad dodržováním zákonů, včetně dohledu nad dodržováním zákona o lesích, také

podporu trvale udržitelného lesního hospodářství, a to prostřednictvím poskytování informací a smluvních služeb vlastníkům lesů, inventarizace a průzkumu lesů, správy státních dotací a formální ochrany lesů s vysokými přírodními hodnotami.

Švédský model

Švédský model pro obhospodařování lesní krajiny si lze představit jako pyramidu, kde k 10 % lesů musí být přístupováno s plným ohledem na životní prostředí, dalších 10 % musí být obhospodařováno se stejným respektem k oběma cílům ochrany přírody a produkce. Velká část lesů je určena pro produkci dřevní hmoty, avšak stále s ohledem na životní prostředí.

Ochrana přírody

(přírodní rezervace, oblasti ochrany přírodních lokalit apod.)

Účelové hospodářství se zaměřením na podporu biologické rozmanitosti

Lesnictví s obecnými požadavky na ochranu



Obr. 1: Švédský model správy lesní krajiny

Nástroje formální ochrany

Počínaje vrcholem pyramidy nabízí švédské právo několik nástrojů formální ochrany oblastí s vysokými hodnotami biologické rozmanitosti od velkých národních parků po malé oblasti chráněných přírodních lokalit.

Všechny formálně chráněné oblasti podléhají předpisům, jejichž cílem je udržet a zvýšit biologickou rozmanitost chráněné oblasti. Švédské právo je však také jasné v tom, že tato nařízení mohou omezit využívání půdy pouze tehdy, je-li to nutné pro splnění účelu, pro který byla oblast původně chráněna. To znamená, že například v oblasti, která je chráněná s cílem zachovat starý rostoucí les, může být zakázána těžba dřeva, avšak přístupnost pro veřejnost nemusí být omezena s výjimkou například odklizení padlého dřeva z oblasti. Obecně platí, že vstup do formálně chráněných oblastí není zakázán, avšak v některých případech může být omezeno například stanování nebo může být zakázáno rozdělávání ohňů. Pěší turistika a sběr hub a lesních plodů není běžně omezen vůbec, stejně jako ve všech ostatních lesních porostech.

Ve všech případech formální ochrany je cílem vlády vytvářet tyto oblasti se souhlasem jejich vlastníků, což se také ve většině případů děje (SFA 2018). Avšak u všech forem vyhlášené ochrany, kromě dohod o bezzásahové ochraně přírody (viz níže), může zároveň státní správa přistoupit k takovému vyhlášení i proti vůli vlastníka, stejně jako tak činí například v obecném zájmu při budování železničních, či silničních dopravních tepen. Bez ohledu na to, zda vlastník s vyhlášením režimu ochrany souhlasil, či nikoliv, je mu nabídnuta kompenzace v závislosti na ceně dotčených pozemků, nebo (a to je častější) kompenzace ve výši 125 % z výše ekonomické újmy vyplývající z omezení možnosti dané území plně využívat.

Větší plochy, které jsou cenné z hlediska biodiverzity a skládají se z většího souboru rozličných biotopů, mohou být chráněny formou vyhlášení národního parku nebo přírodní rezervace. V obou případech je zpravidla hlavním cílem ochrana biodiverzity, avšak území jsou často zároveň přístupná veřejnosti (tj. bez omezení vstupu). Národní parky cílí na ochranu území, která představují příklady šesti hlavních



krajinných typů, charakteristických pro Švédsko a jsou tak zpravidla rozsáhlými územími, o rozloze nejméně 1000 ha. Švédská agentura životního prostředí a představitelé územní samosprávy společně sdílejí zodpovědnost v otázkách správy národních parků. Přírodní rezervace jsou zpravidla menšími jednotkami než národní parky a představují tak část krajiny, v rozsahu nejčastěji od 20 do stovek hektarů, avšak bez striktních omezení jejich velikosti. Rezervace jsou zřízeny a spravovány územní samosprávou, nebo lokální samosprávou úrovně obcí (SEPA 2018a).

Chráněné lokality jsou nejmenšími oblastmi, které jsou ve Švédsku formálně chráněny. Cílem je ochrana jednotlivých lesních lokalit, které odpovídají 19 určitým druhům lokalit. Legislativa popisuje tyto oblasti jako „malá území nebo vodní plochy, které představují důležité prostředí pro ohrožené rostliny nebo zvířata, nebo je obzvláště důležité chránit je z jiných důvodů“. Cílem vytváření chráněných lokalit pro ochranu biotopů je ochrana biologických hodnot, což znamená, že jsou v této oblasti zakázány všechny činnosti, které mohou poškozovat přírodu. Turistika v malém měřítku v těchto oblastech obvykle nepředstavuje problém. Za oblasti ochrany biotopů, které se nacházejí na lesních pozemcích, odpovídá Švédská agentura pro lesnictví.

Spolu s dalšími zeměmi Evropské unie je Švédsko součástí sítě Natura 2000. Celkově je ve Švédsku přibližně 4000 oblastí Natura 2000, které celkem pokrývají plochu přibližně 7 milionů hektarů (ODKAZ NATURVARDsverket). Mnohé z těchto oblastí se překrývají s přírodními rezervacemi, národními parky nebo oblastmi ochrany přírodních lokalit. Jsou však rovněž chráněny zákonem o ochraně životního prostředí (MILJÖBALKEN).

Smlouvy o ochraně přírody

Kromě nástrojů formální ochrany, které byly výše popsány, pracuje švédská vláda rovněž s nástrojem na ochranu biologické rozmanitosti nazvaným smlouvy o ochraně přírody. Jde o smlouvu o věcném břemenu podle občanského práva (kontrakt) mezi vládou a majitelem lesa, který má zájem o ochranu přírody. Smlouvy jsou časově omezené až na dobu 50 let, což je nejběžnější doba jejich trvání. Majitel půdy obdrží finanční náhradu odpovídající době trvání smlouvy a určitému procentu z hodnoty lesa. Smlouvy o ochraně přírody jsou ve většině případů zaměřeny na zachování oblastí s vysokými hodnotami biologické rozmanitosti. Existuje však zvláštní druh smlouvy, která má za cíl pracovat s lesem jako celkem. Tento typ smlouvy vyžaduje, aby vlastník půdy obdržel aktualizovaný lesní hospodářský plán. V takových případech obdrží majitel půdy finanční náhradu za oblasti, které jsou v plánu směřovány k podpoře ochrany přírody nebo hospodaření se zaměřením na biologickou rozmanitost, tedy oblasti, které nebudou mít konvenční podobu. V rámci plochy ostatních lesů probíhá běžné lesní hospodářství, avšak se souhlasem vlastníka ohledně správy lesů v souladu s národními cíli zachování (viz dále). Jde o způsob, jak zvýšit iniciativu soukromých vlastníků půdy, kteří mají zájem o práci s biologickou rozmanitostí na svém majetku.

Státní finanční podpora aplikovaného řízení

Vedle formální ochrany oblastí jsou majitelé lesů, kteří jsou ochotní přijmout opatření s cílem zvýšit environmentální hodnotu hospodářských lesů, podporováni několika dalšími způsoby. Jedním z druhů této podpory je poradenství s cílem nalézt opatření, která by mohla zvýšit biologickou rozmanitost v daném lese. Dalším způsobem je přímá ekonomická podpora přijetí určitých opatření, jako jsou kontrolované lesní požáry, snížení podílu smrku a podpora zvýšení podílu listnatých stromů, vytváření mokřadů a obnova potoků. Tyto dotace lze poskytnout jak soukromým, drobným vlastníkům půdy, tak i větším společnostem. Některé z dotací jsou financovány Evropskou unií a jiné jsou financovány státem (SFA 2018b).

Lesnictví s obecnými požadavky na ochranu

Zcela základním principem švédského přístupu k ochraně biodiverzity lesních území, a tak k ochraně plošně nejrozsáhlejšího segmentu pomyslné pyramidy (jak bylo výše popsáno), představuje samotné lesnictví s obecným ohledem k ochraně přírody, resp. cílem v posilování biodiverzity (tedy princip polyfunkčního lesního hospodářství). Poněkud stranou od opatření ochrany přírody vyžadovaných



zákonem a certifikacemi tak stojí především dva zajímavé aspekty, jež by zde měly být zmíněny: tzv. dobrovolné lesní hospodářské plánování a tzv. cíle udržitelnosti.

Dobrovolné lesní hospodářské plánování se vyvinulo jako účinný nástroj pro vytváření a realizaci ochranných opatření v každodenním hospodaření v lesích. Tyto plány jsou rovněž důležitými nástroji pro certifikaci lesů, a to minimálně tím, že stanoví, jaké části majetku budou zahrnuty do pěti procent půdy dobrovolně vyňaté z produkce, jak je požadováno podle dvou dostupných systémů certifikace lesů, FSC a PEFC. Tento požadavek byl hlavním hnacím motorem pro dobrovolné vyčlenění více než jednoho milionu hektarů produktivní lesní půdy ze strany jejich vlastníků a mohou být v obou případech pokládány za součást obecných požadavků na ochranu a důležitým krokem k jejich uplatnění.

Cíle udržitelnosti

Cíle udržitelnosti byly vytvořeny v posledních letech jako spolupráce mezi Švédskou agenturou pro lesnictví a širokou skupinou dalších zaangażovaných představitelů, reprezentujících široké spektrum zájmů. Cíle jsou zaměřeny na obnovu porostů s cílem zlepšit obecné nároky na ochranu. Cíle pokrývají nejen biologickou rozmanitost, ale i kvalitu vody, sociální hodnoty atd. Hlavní společnosti v současnosti začleňují do svých interních řídicích dokumentů dohodnuté cíle a implementují je do své každodenní činnosti. To je považováno za velmi důležitý krok směrem k lepší udržitelnosti lesního hospodářství. Cíle pro biodiverzitu se zaměřují na vymezení a zabezpečení oblastí s vysokou ochranou, ponechávání dostatku stromů v blízkosti vodních toků a jezer vytvářejících funkční nárazníkové zóny a ponechávání mrtvého dřeva v porostech.

Závěr

Podtrženo sečteno, švédská sada nástrojů pro ochranu biologické rozmanitosti v lesní krajině se pohybuje v intervalu od „tvrdých nástrojů“ ve formě přísné formální ochrany, přes nástroje podpory, jako jsou poradenství a dotace, až po odpovědné lesní hospodaření na základě dobré vůle v rámci certifikace a cílů udržitelnosti. Celkově jsou pro různé situace užitečné různé nástroje, a proto se vzájemně doplňují a plní cíle produkce a environmentálních zájmů tak, jak jsou uvedeny ve státní lesnické politice Švédského království.

Literatura

- RSAAF 2015: Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry [KSLA], 2015. Forests and Forestry in Sweden. Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, Stockholm.
- STAT. SWEDEN 2015: Statistics Sweden, 2015. Markanvändning i Sverige. Available: [www.statistikdatabasen.scb.se Miljö / Markanvändningen i Sverige \(MaIS\) / Markanvändning / Markanvändningen i Sverige efter län och markanvändningsklass. Vart 5:e år 2010 – 2015.](http://www.statistikdatabasen.scb.se/Miljö/Markanvändningen_i_Sverige_(MaIS)/Markanvändning/Markanvändningen_i_Sverige_efter_län_och_markanvändningsklass.Vart_5:e_år_2010_–_2015.) [2018-09-20]
- STAT. SWEDEN 2018: Statistics Sweden, 2018. Utrikeshandel, export och import av varor januari–december 2017, i löpande priser. Available: https://www.scb.se/publikation/32611https://www.scb.se/contentassets/b4d069e1b674401b917ae17a6d7c7bf6/ha0201_2017m12_sm_ha22sm1801.pdf [2018-10-01]
- SFS 1998:808: Miljöbalk [Swedish Environmental Code]. Stockholm: Miljö- och energidepartementet
- SFA 2018: The Swedish Forest Agency, 2018. Våra distrikt. Available: www.skogsstyrelsen.se/om-oss/organisation/vara-distrikt/ [2018-09-21]
- SFA 2018a: The Swedish Forest Agency, 2018a. Stöd och bidrag. Available: <https://www.skogsstyrelsen.se/aga-skog/stod-och-bidrag> [2018-09-21]
- SEPA 2018a: The Swedish Environmental Protection Agency, 2018a. Nationalparker. Available: <https://www.naturvardsverket.se/Var-natur/Skyddad-natur/Nationalparker/> [2018-09-21]
- SEPA 2018b: The Swedish Environmental Protection Agency, 2018c. Natura 2000. Available: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Naturvard/Skydd-av-natur/Natura-2000/> [2018-09-21]

MSc. Johanna Ehlin, odborný pracovník ochrany přírody

Tel: +46 (0)18 27 88 04

e-mail: Johanna.ehlin@skogsstyrelsen.se



Tvorba dřeva jako indikátor vodního provozu dřevin stresovaných suchem

Petr Horáček¹, Marek Fajstavr^{1,2}, Justyna Szatniewska^{1,2}, Vladimír Gryc², Hanuš Vavrčík², Josef Urban², Jan Krejza^{1,2}, Pavel Bednář³

¹ Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Bělidla 4a, 60300 Brno

² Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 61300 Brno

³ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

Úvod

Současné i budoucí rozpady lesních (převážně smrkových) ekosystémů souvisí, ať si to připouštíme nebo ne, s globální klimatickou změnou (GKZ). Změny počasí registrujeme již od konce minulého století – zvyšuje se teplota vzduchu; úhrn srážek sice zůstává zhruba stejný, ale prší nepravidelně. Mnohem důležitější je ale změna klimatu. Scénáře klimatické změny v ČR předpovídají periody sucha se stále rostoucí frekvencí a intenzitou (IPCC, 2013). Do roku 2016 mezi veřejností převládaly dva protichůdné názory – optimistický (klimatické změny a jejich dopady nejsou ničím novým a je velmi těžké je předpovídat) a pesimistický (současná kalamita způsobená suchem se zcela vymyká tomu, co jsme zažívali v minulosti; smrk postupně opouští oblasti, ve kterých není doma). Dnes již víme, že vodní deficit vede nejen k chřadnutí a snížení obranyschopnosti dřevin, ale že jehličnany odumírají v důsledku přímého působení sucha (ALLEN ET AL. 2015). Analýza dlouhodobých měření růstu jehličnanů na buněčné úrovni a mikroklimatických charakteristik umožňuje odhalit mechanismus působení sucha a předvídat další osud těchto hospodářsky významných dřevin v ČR. Současně na základě poznání schopnosti jehličnanů aklimovat se na délku a intenzitu působení klimatické změny lze formulovat i zásady pro návrh adaptačních opatření v lesnictví.

Vodní deficit u dřevin vede ke sníženému růstu, současně také ke zvýšené pravděpodobnosti chřadnutí a hynutí celých ekosystémů (ALLEN ET AL. 2010, LEUSCHNER, MEIER 2018). Kauzální příčiny dosud přesně neznáme; v posledních letech ale začíná na základě experimentů převládat názor, že sucho může být nejen faktorem predispozičním, ale také mortalitním (MCDOWELL ET AL. 2011, ALLEN ET AL. 2015, CAILLERT ET AL. 2017, ZHANG ET AL. 2017). Existuje několik hypotéz, které se pokoušejí vysvětlit proces působení sucha na dřeviny (MCDOWELL ET AL. 2011, ALLEN ET AL. 2015); navazují na spirálu chřadnutí MANIONA (1981) a předpokládají současné působení nedostatku vody, sacharidů a obranných látek (ALLEN ET AL. 2010). Fyziologický mechanismus způsobující odumírání dřevin vystavených stresu suchem není zcela znám, základní hypotézy formuloval MCDOWELL ET AL. (2008). Důsledkem sucha je buď embolismus vodivých cest popisovaných jako „hydraulic failure hypothesis“ (ROWLAND ET AL. 2015) nebo vyhladovění v důsledku nedostatku nestrukturálních sacharidů jako zdroje energie pro dýchání a obranné reakce, tzv. „carbon starvation hypothesis“ (HARTMANN 2015). Dřeviny v případě stresu suchem se tedy snaží zamezit oběma důsledkům v rámci uhlíkové a energetické bilance (ROSNER 2013). Jehličnany, dřeviny s isohydrickou strategií (LYR ET AL. 1992), reagují již v počátečních fázích sucha uzavíráním průduchů, proto jsou na stres suchem mnohem náchylnější než většina listnáčů. V konečném důsledku je jedno, zda příčinou chřadnutí a hynutí je uschnutí nebo vyhladovění. Obě příčiny se projeví na omezené alokaci uhlíku a snížení turgoru (BADEL ET AL. 2015), což má za následek omezení až zastavení růstu. Růst stromu je tedy považován za vhodný indikátor vitality a reakce na působící stresory, zejména sucha (ROSSI ET AL. 2016). Dosavadní pozornost je věnována zejména primárnímu růstu – defoliaci, morfologii koruny, obsahu živin v listoví, velikosti listoví, fluorescenci chlorofylu. Lepším indikátorem – navíc na dlouhé časové ose – je ale sekundární růst – stavba a vlastnosti dřeva (FONTI ET AL. 2010).

Hypotézy

Základním principem návrhu adaptačních opatření respektujících mechanismus tvorby vodivých pletiv u dřevin je poznání, jak dřeviny modifikují své růstové procesy ovlivněné stresem sucha. Modelovou dřevinou je smrk nebo borovice s homogenní stavbou dřeva, kde více jak 95 % elementů je tvořeno tracheidami (HACKE 2015). Rozměry tracheid – jejich vnější průměr a tloušťka buněčné stěny (CUNY ET AL. 2014) – jsou citlivé na vodní provoz stromů během jejich diferenciaci. Smrk a borovice, jako každá

jiná rostlina, v zásadě pouze přemostuje rozdíl v obsahu vody v půdě a ovzduší (STEPPE ET AL. 2015). V důsledku působení fyzikálních zákonů na tento rozdíl reagují pasivně – čím je větší rozdíl mezi obsahem vody v půdě a v ovzduší, tím více transpirují; a naopak. Hnací silou pohybu vody v rostlině je právě rozdíl v množství vody v půdě a ovzduší. V případě, že vlhkost půdy klesne pod bod snížené dostupnosti, transpirace je redukována. Obsah vody ve vzduchu a v půdě se obvykle vyjadřuje veličinou zvanou vodní potenciál (čistá voda má vodní potenciál roven 0; čím méně je v mediu vody, tím menší vodní potenciál potom má). Vodní potenciál vzduchu (množství vody ve vzduchu) závisí zejména na teplotě vzduchu (málo) a relativní vzdušné vlhkosti (hodně). K nízké relativní vzdušné vlhkosti přispívá mimo jiné také vítr – ne nadarmo se mluví o výsušných větrech, které odvádějí vlhkost ze vzduchu nad lesy do krajiny prosté dřevin. Obecně platí, čím je sušší vzduch, tím je rychlejší výdej vody dřevinou. V literatuře je tento stav popsán jako „hotter drought“ (ALLEN ET AL. 2015) – kombinace sucha (nízký vodní potenciál vzduchu nebo půdy) a teploty vzduchu. Čím je větší výdej vody dřevinou, tím rostou i nároky na vodivé cesty, kterými je voda vedena od kořenů k listům. Počet a rozměry vodivých cest jsou přímo závislé na vodním provozu dřeviny a množství disponibilních asimilátů.

A jak s tím souvisí návrh adaptačních opatření v lesnictví ke zmírnění negativních dopadů sucha? Právě vlivem pěstebních opatření na vodní provoz dřevin. Tzv. „světlostní přírůst“ dřevin, kterým tyto reagují na rozvolnění zápoje, není ničím jiným, než reakce na zvýšenou transpiraci v důsledku uvolnění koruny stromu. Vodní potenciál vzduchu (relativní vzdušná vlhkost) tak i půdy (zásoba vody v půdě) jsou veličiny velice proměnlivé jak v čase tak i prostoru, proto je důležité při návrhu pěstebních opatření vycházet zejména z mikroklimatických podmínek.

Cíl

V současnosti se stres suchem stal globálním problémem, přičemž se sucho stává faktorem mortalitním (ALLEN ET AL. 2010, 2015; CAILLERET 2017). Přesto, že je smrk považován za plastickou dřevinu schopnou vypořádat se se změnami prostředí v rámci svých adaptačních strategií (SPERRY ET AL. 2006), změna klimatu od roku 1990 je tak rychlá a razantní, že si s ní rostliny s isohydrickou strategií (smrk) nedokáží poradit (ROSNER ET AL. 2016, JOHNSON ET AL. 2012, BADEL ET AL. 2015, ALLEN ET AL. 2015). Chybí nám proto v současnosti objektivní nástroj pro hodnocení dlouhodobého působení sucha, které se stává chronickým a vedoucím k hynutí smrku v důsledku uschnutí a/nebo vyhladovění. Chybí nám tak i možnosti, jak ověřit následky praktických pěstebních opatření. Klíčovým je poznání (1) kdy, (2) jak dlouho a (3) jak rychle stres suchem na stanovišti působí. Na základě této znalosti je pak možné odlišit akutní a chronickou reakci smrku na působící stresory včetně prognózy jejich možné regenerace resp. hynutí vyčerpáním. To následně povede k racionální volbě pěstebních prostředků, kterými cíleně růstové procesy dřevin ovlivňujeme. Dosud používané metody hodnocení stresu suchem u dřevin na základě transformace struktury koruny (SAMEC ET AL. 2017), dendroklimatologických metod (RYBNÍČEK ET AL. 2010; KOLÁŘ ET AL. 2017) nebo habituální diagnostiky nepřinášejí po roce 2000 uspokojivé výsledky. Ukazuje se, že zpětnou identifikace stresu suchem je možná provádět zejména na mikroskopické stavbě dřeva, protože si morfologické parametry každé buňky s sebou nesou informaci o podmínkách prostředí panujících během jejich diferenciaci s intervalem působení 1-4 týdny.

Tab. 1: Všeobecná charakteristika zkusných ploch.

stav 2015/ název plochy	věk (roky)	hustota porostu (stromů. ha ⁻¹)	střední výška (m)	výčetní tloušťka (cm)	průměrná roční teplota (°C)	průměrný roční úhrn srážek (mm)	nadm. výška (m n. m.)
Moravskoslezské Beskydy (Bílý Kříž)	41	1252	16,4	19,0	6,8 ± 1,0	1260 ± 210	894
Drahanská vysočina (Rájec - Němčice)	118	472	33,4	36,4	7,1 ± 1,1	681 ± 149	625
ŠLP Masarykův les Křtiny (Soběšice)	80	-	24,0	33,0	8,1 ± 1,0	601 ± 100	355



Materiál a metodika

Ověření cílů a hypotéz bylo provedeno na 3 kontrastních experimentálních plochách – základní charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 1. Experimentální plochy vykazují výškový, teplotní a srážkový gradient. Porosty na Bílém Kříži (Moravskoslezské Beskydy) a Rájci (Drahanská vrchovina) jsou tvořeny čistými, stejnorodými a stejnověkými smrčinami (*Picea abies* /L./ Karst.). V Soběšicích se jedná o směs borovice (*Pinus sylvestris* L.) - 70% s příměsí modřínu (*Larix decidua* Mill.) a listnatých dřevin. Pro studium byly zvoleny dvě dřeviny s kontrastní citlivostí na sucho – smrk (velká citlivost) a borovice (velká rezistence) (ELLENBERG 1966; LEUSCHNER, MEIER 2018). Plochy se liší nejen dřevinnou skladbou, ale také věkem a dendrometrickými charakteristikami. Volba dřevin a ploch umožňuje porovnávat strategie dřevin v různých podmínkách.

Na všech plochách byly měřeny mikroklimatické parametry – srážky, sluneční radiace, teplota vzduchu, relativní vzdušná vlhkost a vlhkost půdy. Teplota vzduchu a relativní vzdušná vlhkost byly měřeny jak v porostu (ve 2 m) tak i nad korunami stromů. Vlhkost půdy byla měřena v několika hloubkách v rámci prokořeněné vrstvy půdy.

Na každé ploše bylo náhodně vybráno 6 vzorníkových stromů reprezentujících tloušťkové třídy porostu. Na týchž vzornících byla studována ve výčetní výšce (1) transpirace a (2) tvorba dřeva. Transpirace byla stanovena prostřednictvím kontinuálních měření transpiračního proudu během celých vegetačních období pomocí metody tepelné bilance kmene. Tvorba dřeva byla analyzována na mikroskopických preparátech z periodicky odbíraných vzorků dřeva v intervalu 7-14 dní. Měření byla prováděna během vegetačních období v letech 2014-2016 (Soběšice, borovice), 2016-2017 (Bílý Kříž, smrk) a 2017 (Rájec, smrk).

Výsledky

- Transpirace mezi jednotlivými vzorníky na každé lokalitě je velice variabilní a citlivá na podmínky prostředí. Menší vliv má teplota vzduchu nebo sluneční radiace; větší vliv má vlhkost (vodní potenciál) vzduchu a půdy. Klíčový význam má vlhkost půdy, konkrétně bod snížené dostupnosti (-0,5 MPa). Při vlhkosti půdy nad bodem snížené dostupnosti je transpirace závislá na vlhkosti vzduchu. Pokud vlhkost půdy klesne pod bod snížené dostupnosti, potom je transpirace limitována, případně zastavena. Vlhkost vzduchu určuje potenciální transpiraci, vlhkost půdy skutečnou transpiraci. Popsaný vliv vlhkosti vzduchu a půdy na transpiraci je na všech lokalitách stejný. Rozdíly mezi lokalitami spočívají v absolutních hodnotách transpirace při dané vlhkosti vzduchu a půdy – dospělé porosty transpirují více než mladé, smrk transpiruje více než borovice. Rozdílná citlivost na sucho je u obou dřevin způsobena rozdílnými požadavky na množství disponibilní vody v půdě.
- Tvorba a stavba dřeva smrku, a schopnost smrku tolerovat a/nebo přizpůsobovat se zvyšujícímu se stresu suchem doprovázeného rostoucími teplotami, jsou závislé na vodním provozu, resp. transpiraci. Na transpiraci závisí počet vydělených vyprodukovaných buněk během vegetačního období stejně jako jejich rozměry. Mezi smrkem a borovicí není rozdíl v mechanismu tvorby dřeva ovlivněného stresem suchem. Obě dřeviny při srovnatelné výšce transpirace vytvářejí dřevo s podobnou strukturou.
- V rámci synergického působení stresorů lze odlišit působení vodního deficitu (sucha) od dalších faktorů díky poznanému mechanismu tvorby dřeva. Na základě růstové reakce pletiv a buněk lze zpětně stanovit délku a intenzitu působení sucha u smrku i borovice. Na velikosti transpirace závisí zejména příčné rozměry buněk dřeva. Jejich optimalizací dřeviny vyvažují požadavky na současně vodivou a mechanickou funkci pletiva. Stres suchem se proto projevuje pouze na stavbě a vlastnostech jarního dřeva, které má v letokruhu funkci vodivou. Transpirací je primárně ovlivněn průměr buněk v důsledku pasivní vakuolizace; vliv na tloušťku buněčných stěn je až sekundární.
- Lze stanovit dopady působícího stresu suchem na produkci dříví u smrku i borovice na základě analýzy vlhkosti vzduchu a půdy. Schopnost dřevin aklimovat se na působení stresu suchem závisí na jejich schopnosti zabezpečovat minimální bezpečný poměr mezi průměrem buňky a



tloušťkou buněčné stěny. S rostoucí intenzitou stresu suchem a snižující se produkcí asimilátů v důsledku isohydrického chování jehličnanů se vytvářejí buňky neschopné zabezpečit vodivou funkci kmene a tím se stres dále prohlubuje.

- Schopnost stromu přizpůsobit se stresoru nebo naopak chřadnout a uhynout můžeme zásadně ovlivnit pěstebními zásahy. Z výše uvedeného vyplývají následující zásady adaptačních opatření zmírňujících dopady stresu suchem u jehličnanů:
 - Vždy je nutné přihlížet k mikroklimatickým podmínkám, z nichž nejdůležitější je převládající směr větru, relativní vzdušná vlhkost a vlhkost půdy. Suchý proudící vzduch zvyšuje transpiraci mnohem víc než jeho teplota. To je důvod zásadního rizika tvorby porostních stěn a obecně násečných a holosečných obnovních prvků. Vlhkost půdy ovlivňuje transpiraci jen pod bodem snížené dostupnosti; v tom případě je transpirace významně limitována. Nad tímto bodem je pro vyšší transpirace zásadní vlhkost vzduchu, která úzce souvisí s porostním mikroklimatem a je tak pozitivně nebo negativně ovlivněna rozličnými pěstebními opatřeními.
 - Uvolnění korun vede ke zvýšení transpirace (zvýší se radiace a rychlost proudění vzduchu kolem dané koruny; zpravidla se sníží relativní vlhkost vzduchu). Tento efekt je pozitivní pouze tehdy, když je půda dostatečně zásobena vodou, tj. nad bodem snížené dostupnosti. Pokud je půda dlouhodobě suchá, potom uvolnění korun je kontraproduktivní a vede k prohloubení stresu suchem.
 - Máme-li v úmyslu maximalizovat objemovou produkci, která je závislá na velikosti transpirace, potom je uvolnění korun správným postupem. Negativním vedlejším efektem je produkce dříví s horšími mikroskopickými parametry, resp. s velkými buňkami a malou tloušťkou buněčných stěn a tudíž i menší objemovou hustotou (a sekvestrací uhlíku).
 - Na stanovištích dlouhodobě stresovaných suchem (kdy rozhodující pro takovou kategorizaci nejsou srážky, ale vlhkost půdy) je vhodné stromy podpořit opatřeními vedoucími ke zvýšení vlhkosti vzduchu v korunové vrstvě – tedy narůstá nutnost „péče o porostní mikroklima“. Toho lze dosáhnout např. udržením zápoje, resp. pěstebními postupy směřujícími k trvalé existenci porostního zápoje na každé plošné jednotce lesa (což znamená vyloučení násečných a zvláště holosečných obnovních prvků).

Závěr

Pro tvorbu biomasy dřevin je klíčový jejich vodní provoz. V systému půda – rostlina – atmosféra se voda pohybuje na základě spádu vodních potenciálů. Rozdíly ve vodních potenciálech půdy a vzduchu zásadně ovlivňují denní a sezónní dynamiku transpiračního proudu. Pochopení transpirace v dřevinách je klíčem k pochopení jejich vodního režimu. Přestože fyziologické procesy dřevin jsou dynamické a ovlivněné řadou faktorů prostředí, tvorba biomasy kmene (dřevo) je úzce svázána právě s vodním režimem. Potvrdili jsme, že smrk je dřevinou citlivou na sucho, což je dáno fyziologicky – hodně transpiruje – tedy chceme-li zvýšit odolnost lesů vůči GKZ – není jeho pěstování ve stejnorodých a stejnověkových udržitelé (s výjimkou přirozených horských smrčín) a jeho udržení bude možné pouze v porostních směsích. Jeho nároky pro dostupnou vodu k transpiraci se mění i v rámci ontogenetického vývoje – mladý jedinec potřebuje méně dostupné vody, než starý jedinec – strukturně diferencované porosty, byť by byly nesmíšené, proto nemohou být nikdy ohroženy rozvratem tolik, jako porosty stejnověkové – věková a strukturní (texturní) diferencovanost je tudíž nástrojem pro zvyšování adaptace lesů.

Dřevo zajišťuje pro transpirační proud transportní cesty, proto nepřekvapuje, že u stejné stavby dřeva (jehličnaté) a stejné isohydrické strategie je závislost tvorby dřeva na transpiračním proudu velmi podobná. Prokázán byl zásadní vliv vlhkosti vzduchu a půdy (případně rychlosti větru) na velikost transpirace. Je-li nad bodem snížené dostupnosti klíčová vlhkost vzduchu, která je v úzké korelaci k porostnímu mikroklimatu, dostáváme se do roviny, kdy lesník může aktivně, prostřednictvím



pěstebních opatření, ovlivnit intenzitu transpirace a tím míru fyziologického stresu, který na porosty v době sucha působí.

Na základě výsledků byly navrženy zásady adaptačních pěstebních opatření vedoucích ke snížení dopadu stresu suchem, který zapříčiňuje rozpad celých lesních ekosystémů. Jedná se zejména o strukturu lesního ekosystému, která je klíčovým parametrem pro mikroklima porostu. Výškově, věkově a druhově diferencované porosty vytvářejí svojí strukturou drsnější povrch porostního pláště a tím přispívají k zpomalení proudění vzduchu a také ke snížení evapotranspirace vlivem proudění vzduchu. Dalším parametrem upravující porostní strukturu je úprava porostní hustoty, kde je nutné nalézt rovnováhu mezi ekologickou stabilitou (odolnost vůči suchu), mechanickou stabilitou (odolnost vůči bořivým větrům) a v neposlední řadě produkcí. Lesník sám má v rukou adaptační opatření vůči GKZ – má prostřednictvím volby porostní směsi a porostní výchovy i obnovy (v širším smyslu hospodářského způsobu) široké možnosti při ovlivnění toho, jak porosty zvládnou, nebo nezvládnou fyziologický stres způsobený suchem, tedy jejich rezistenci vůči tomuto významnému stresoru a jakou míru vitality si přitom zachovají.

Literatura

- Allen CD, Macalady AK, Chenchouni H, Bachelet D, McDowell N, Vennetier M, Kitzberger T, Rigling A, Breshears DD, Hogg EH, Gonzalez P, Fensham R, Zhangm Z, Castro J, Demidova N, Lim J-H, Allard G, Running SWr, Semerci A, Cobb N (2010): A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259: 660–684
- Allen CD, Breshears DD, McDowell NG (2015): On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere* 8 (6): 1-55
- Badel E, Ewers FW, Cochard H, Telewski FW (2015): Acclimation of mechanical and hydraulic functions in trees: Impact of the thigmomorphogenetic process. *Frontiers in Plant Science* (6) 266: 1-12
- Cailleret M, Jansen S, Robert EMR, et al., Martinez-Vilalta J (2017): A synthesis of radial growth patterns preceding tree mortality. *Global Change Biology* (2017) 23, 1675–1690
- Cuny HE, Rathgeber CBK, Frank D, Fonti P, Fournier M (2014): Kinetics of tracheid development explain conifer tree-ring structure. *New Phytol.* 203: 1231–1241
- Ellenberg H (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer dynamischer und historischer Sicht.* Ulmer, Stuttgart
- Fonti P, Von Arx G, Garcia-Gonzalez I, Eilmann B, Sass-Klaassen U, Gartner H, Eckstein D (2010): Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytologist*, 185 (1): 42-53
- Hacke U (2015): *Functional and Ecological Xylem Anatomy.* Springer Verlag, 281 pp.
- Hartmann H, Adams HD, Anderegg WRL, Jansen S, Zeppel MJB (2015): Research frontiers in drought-induced tree mortality: crossing scales and disciplines. *New Phytologist* 205 (3): 965-969
- IPCC (2013): "Summary for policymakers," in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, et al. (New York, NY: Cambridge University Press)
- Johnsna DM, McCullohb KA, Woodruffc DR, Meinzer FC (2012): Hydraulic safety margins and embolism reversal in stems and leaves: Why are conifers and angiosperms so different? *Plant Science* 195: 48-53
- Kolář T, Čermák P, Trnka M, Žid T, Rybníček M (2017): Temporal changes in the climate sensitivity of Norway spruce and European beech along an elevation gradient in Central Europe. *Agricultural and forest meteorology* 239: 24-33
- Leuschner CH, Meier IC (2018): The ecology of Central European tree species: Trait spectra, functional trade-offs, and ecological classification of adult trees. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 33: 89-103
- Lyr H., Fiedler H-J, Tranquillini W (1992): *Physiologie und Ökologie der Gehölze.* Spektrum Akademischer Verlag
- Manion PD (1981): *Tree disease concepts.* Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs
- McDowell NG, Pockman W, Allen C, Breshears D, Cobb N, Kolb T, Plaut J, Sperry J, West A, Williams D, Ypez EA. (2008): Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb? *New Phytologist* 178:719-739
- McDowell NG, Beerling DJ, Breshears DD, Fisher RA, Raffa KF, Stitt M (2011): The interdependence of mechanisms underlying climate-driven vegetation mortality. *Trends in Ecol and Evol*, 26 (10): 523-532
- Rosner S (2013): Hydraulic and biomechanical optimization in Norway spruce trunkwood - A review. *IAWA Journal*, 34 (4): 365-390
- Rosner S, Gierlinger N, Klepsch M, Karlsson B, Evans R, Lundqvist SO, Světlík J, Borja I, Dalsgaard L, Andreassen K, Borja I, Solberg S, Jansen S (2018): Hydraulic and mechanical dysfunction of Norway spruce sapwood due to extreme summer drought in Scandinavia. *Forest ecology and management* 409: 527-540
- Rossi S, Anfodillo T, Cufar K, Cuny HE, Deslauriers A, Fonti P, Frank D, Tremli V (2016): Pattern of xylem phenology in conifers of cold ecosystems at the Northern Hemisphere. *Global Change Biology*, 22 (11): 3804-3813



- Rowland L, da Costa ACL, Galbraith DR, Oliveira RS, Binks OJ, Oliveira AAR, Pullen AM, Doughty CE, Metcalfe DB, Vasconcelos SS, Ferreira LV, Malhi Y, Grace J, Mencuccini M, Meir P (2015): Death from drought in tropical forests is triggered by hydraulics not carbon starvation. *Nature* (528) 7580: 119-128
- Rybníček M, Čermák P, Žid T, Kolář T (2010): Radial growth and health condition of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) stands in relation to climate (Silesian Beskids, Czech Republic). *Geochronometria* 36: 9-16
- Samec P, Edwards-Jonášová M, Cudlín P (2017): Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) health status on various forest soil ecological series in Silesian Beskids obtained by grid or selective survey. *Beskydy* 10 (1, 2): 1-10
- Sperry JS, Hacke UG, Pittermann J (2006): Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. *American Journal of Botany*, 93 (10): 1490-1500
- Steppe K, Vandegehuchte MW, Tognetti R, Mencuccini M (2015): Sap flow as a key trait in the understanding of plant hydraulic functioning. *Tree Physiology* 35 (4): 341-345
- Zhang Q, Shao M, Jia X, Wei X (2017): Relationship of Climatic and Forest Factors to Drought- and Heat-Induced Tree Mortality. *PLoS ONE* 12 (1): 1-17

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl díky podpoře projektu TAČR, č. TJ01000309; dále díky podpoře Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci Národního programu udržitelnosti (NPU I) – projektu č. LO1415; a díky Výzkumné síti CzeCOS, projekt č. LM2015061.

prof. Dr. Ing. Petr Horáček

Tel: +420 777 121 695

e-mail: horacek.p@czechglobe.cz

Ing. Marek Fajstavr

e-mail: fajstavr.m@czechglobe.cz

Ing. Justyna Szatniewska

e-mail: szatniewska.j@czechglobe.cz

doc. Ing. Vladimír Gryc, Ph.D.

e-mail: vladimir.gryc@mendelu.cz

doc. Ing. Hanuš Vavřík, Ph.D.

e-mail: hanus.vavrcik@mendelu.cz

doc. Ing. Josef Urban, Ph.D.

e-mail: josef.urban@mendelu.cz

Ing. Jan Krejza, Ph.D.

e-mail: krejza.j@czechglobe.cz

Ing. et Ing. Pavel Bednář, Ph.D.

e-mail: bednar@vulhmop.cz



Prostorové vzory tloušťkového růstu buku lesního na cestě do hlavní porostní úrovně

David Janík, Kamil Král, Tomáš Vrška, Pavel Unar, Libor Hort

Odbor ekologie lesa VÚKOZ, Lidická 25/27, 602 00 Brno

Úvod

Hlavním tématem této studie jsou prostorové vzory tloušťkového růstu buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) v Žofínském pralese, který je již 180 let ponechán bez přímých lidských zásahů. V roce 2007 a 2008 zasáhly Žofín orkány Kyrill a Emma, které způsobily rozsáhlé disturbance v porostu. Orkány a následná kůrovcová gradace však narušily porost různou intenzitou. Z tohoto důvodu se nám tak naskytla jedinečná možnost sledovat růstovou odezvu stromů na gradientu různé intenzity disturbancí.

Analýza tloušťkového růstu stromů podél disturbančního gradientu nám může ukázat variabilitu tloušťkového růstu ve velkém až středním měřítku lokality. Avšak růst a přežívání stromových jedinců závisí na distribuci a početnosti jejich nejbližších sousedů (např. COATES ET AL. 2009). Porozumění návaznosti interakcí mezi stromy v nejmenším měřítku s disturbancemi, které působí na větší ploše, je v současnosti jedním z neaktuálnějších témat ve studiu dynamiky lesa.

V naší studii jsme se zaměřili na prostorové vzory jedinců s největším tloušťkovým růstem v různých stádiích vývoje. Naším cílem bylo objevit, které prostorové vzory činí tyto jedince úspěšnými.

Naše otázky byly: (i) jaké jsou milníky v průběhu tloušťkového růstu stromů v přírodním bukovém lese?, (ii) jaká je variabilita tloušťkového růstu na gradientu disturbancí různé intenzity? a (iii) jaký je efekt mortality na tloušťkový růst?

Studijní plocha a metody

NPR Žofínský prales se nachází v Novohradských Horách (48° 40' N 14° 42' E). Jádrová část Žofínského pralesa (Žofín Forest Dynamic Plot, 25 ha) byla v roce 2012 přijata do celosvětové sítě ForestGeo jako výzkumná plocha reprezentující evropské temperátní smíšené lesy. Žofínský prales byl v minulých dvou staletích charakteristický interakcemi mezi bukem lesním, smrkem ztepilým a jedlí bělokorou. Žofínský prales leží v nadmořské výšce 735-829 m. Průměrná teplota plochy činí 6.2 °C a průměrné množství srážek 866 mm. Další podrobnosti o lokalitě lze nalézt na <http://pralesy.cz/zofin-forestgeo>.

Pro analýzy byly použity podrobné databáze z mapování stromů v letech 1997 a 2012. Na šesti 1.5 ha plochách byly analyzovány prostorové vzory pro následující kategorie stromů: *Tenké stromy* (VTL 10 cm – 19 cm), *Střední stromy* (VTL 20 cm – 39 cm), *Silné stromy* (VTL ≥ 40 cm) a *Rekruti*, tj. jedinci, kteří dosáhli minimální VTL 10 cm v roce 2012.

Pro každý strom byl absolutní přírůstek ve výčetní tloušťce (VTL) určen jako rozdíl mezi tloušťkami v letech 1997 a 2012. Abychom mohli porovnat přírůstek mezi stromy s různými startovními VTL, pro každé VTL (krok 1 cm) byly seřazeny všechny příslušné hodnoty přírůstků a byl určen jejich přírůstový percentil. Dále, pro každou plochu a kategorii *Tenkých* a *Středních stromů* byl určen horní přírůstový kvartil a jedinci v něm označeni jako *Rychle-rostoucí stromy*. V kategorii *Rekruti* byl prostý přírůstek VTL odhadnut jako rozdíl mezi VTL v roce 2012 a 9 cm v roce 1997. Jako *Rychle-rostoucí rekruti* byli určeni jedinci s přírůstovým percentilem ≥ 90. Toto zúžení podmínek pro zařazení do kategorie *Rychle-rostoucí rekruti* sleduje snížení nejistoty při určování jedinců s nejvyšším přírůstem při neznalosti startovního VTL v roce 1997.

Pro analýzu prostorových vzorů stromů jsme použili různé varianty párové korelační funkce $g(r)$ (STOYAN, STOYAN 1994). Pro vizualizaci průměrného přírůstu na gradientu VTL byly použity intervaly spolehlivosti BC_a (EFRON, TIBSHIRANI 1993).

Výsledky a diskuse

Milníky v průběhu tloušťkového růstu stromů

V intervalu 10-40 VTL byl zřejmý rostoucí trend přírůstků. Mezi 40-42 cm VTL dosahoval průměrný přírůstek prvního vrcholu, a to hodnot převyšujících 5 mm/rok. Poté se v intervalu 43-78 cm absolutní průměrné přírůstky mírně snížily a stagnovaly mezi 4 a 5 mm/rok. Až od 79 cm VTL jsou hodnoty průměrného přírůstu opět zřetelně vyšší, avšak tentokrát s mnohem širším intervalem spolehlivosti, malým počtem jedinců (10-15) a občasnými propady průměrných přírůstků pro některá VTL (83 cm, 94-95 cm). Je pravděpodobné, že první vrchol tloušťkového přírůstu mezi 40-42 cm je spojen s dosažením hlavní porostní úrovně. Uvolnění koruny a větší přísun světla umožňuje stromu zvýšenou investici do tloušťkového namísto výškového růstu. Zajímavé srovnání nabízí výzkum tloušťkového růstu z tropických lesů. MULLER-LANDAU ET AL. (2006) zjistili, že ve většině z nich se tloušťkový růst zvyšoval podél celého gradientu VTL a to z 1 mm/rok pro stromy s VTL 10 cm do 5mm/rok pro stromy s VTL 100 cm. Tento průběh pravděpodobně odráží méně zřetelně vymezenou hlavní úroveň tropických lesů.

Variabilita přírůstků mezi kategoriemi Tenkých, Středních a Silných stromů

Naše analýza variability tloušťkového růstu ve středním prostorovém měřítku svědčí o tom, že disturbanční události působí na tloušťkový růst rozdílně v závislosti na tloušťce stromů.

Je zřejmé, že nejvýrazněji se přírůstky lišily v kategorii *Tenkých stromů* a nejméně v kategorii *Silných stromů*. V kategorii *Tenkých stromů* jsou percentily přírůstu významně vyšší na silně disturbovaných plochách, než na plochách s nižší mortalitou. V kategorii *Silných stromů* byly percentily přírůstu téměř stejné na všech plochách, nezávisle na mortalitě stromů. Celková distribuce přírůstků *Středních stromů* odpovídá trendu snižující se variability na gradientu od *Tenkých* k *Silným* stromům.

Prostorové vzory tloušťkového růstu

Rekruti byli vzájemně pozitivně prostorově korelováni minimálně do 4 m. *Rekruti* byli negativně korelováni se *Silnými buky*. Na všech plochách byli *Rekruti* pozitivně prostorově vázaní na *Silné smrky*. Prostorové vzory *Rychle-rostoucích rekrutů* se od ostatních *rekrutů* zásadně lišily vzájemnou negativní korelací do vzdálenosti 2 m.

Obecným znakem *Rychle-rostoucích tenkých stromů* jsou silnější negativní vazby k *Silným bukům* než mají ostatní *Tenké stromy*, a to zvláště na nejsilněji disturbované ploše. K silným smrkům jsou *Rychle-rostoucí tenké stromy* asociovány náhodně.

Rychle-rostoucí střední stromy vykazují negativnější prostorovou asociaci k *Silným bukům* než ostatní *Střední stromy*. Vazby na ostatní kategorie stromů jsou velice variabilní a neurčité.

Vztah tloušťkového růstu k mortalitě stromů

Rekruti vykazovali jasně pozitivní vazbu k *Silným odumřelým smrkům*. Prostorový vztah *Rekrutů* k ostatním kategoriím mrtvých stromů byl variabilní. *Rychle-rostoucí rekruti* měli ve srovnání s ostatními *Rekruty* silnější vazbu na *Silné mrtvé smrky* a *Rychle-rostoucí tenké stromy* byly k velkým mrtvým smrkům asociovány náhodně či mírně negativně, pozitivní asociaci však vykazovaly se zemřelými *Tenkými* a *Středními buky*. *Rychle-rostoucí tenké stromy* byly asociovány negativně k *Silným odumřelým bukům*. *Rychle-rostoucí střední stromy* byly ve srovnání s ostatními *Středními stromy* korelovány obecně negativněji či náhodněji vůči všem ostatním kategoriím zemřelých stromů.

Rychle-rostoucí tenké stromy a *Rychle-rostoucí střední stromy* ukazují podobný charakter prostorových vzorů. Obě kategorie jsou ve srovnání s ostatními stromy, které přirůstají méně, negativněji vymezené vůči *Silným bukům*. Je to jediná zřetelně čitelná vazba, která se opakuje, ostatní vazby jsou velice variabilní a nedají se považovat za charakteristické. Je evidentní, že se tento znak přenáší i do výsledků analýz vztahů k *Rychle-rostoucím tenkým a středním stromům* k odumřelým bukům z hlavní úrovně. Na první pohled nelogická chybějící pozitivní vazba na zemřelé buky hlavní porostní úrovně je tedy způsobena tím, že úspěšné odrůstání stromů z nižších tloušťkových kategorií je vázáno na místa, která nebyla a nejsou obsazena velkými buky. Tato negativní vazba naopak neplatí pro vazbu budoucích *Rychle-rostoucích tenkých a středních stromů* vůči velkým smrkům, a proto se po odumření velkých smrků stále může projevovat pozitivní korelace. Logická se tak jeví i pozitivní vazba *Rychle-rostoucích*



tenkých stromů na odumřelé stromy stejné kategorie. Jejich odrůstání je vázáno na plochy mimo velké buky, které sdílí s ostatními jedinci stejné kategorie a jedná se tedy o lokální vítěze vnitrodruhové kompetice.

Závěry

Zajímavý jev vyplývá ze sledování celkového počtu definovatelných (pozitivních i negativních) prostorových vazeb na gradientu zvyšující se tloušťky stromů. Zatímco pozice rekrutů jsou vymezeny pozitivními vazbami mezi sebou samými a k velkým smrkům, *Rychle-rostoucí tenké stromy* zaznamenaly pozitivní vazbu ke stejně velkým odumřelým jedincům, *Rychle-rostoucí střední stromy* už žádné pozitivní vazby nevykazovaly. Napříč všemi kategoriemi se však projevuje negativní vazba na velké buky. Obecně se tak dá říci, že zatímco v raných stádiích vývoje stromu se dají definovat vhodné podmínky plošně (tj. příznivé růstové podmínky, které sdílí více jedinců), působení kompetičních vztahů mezi stromy a stochastické působení disturbančních událostí vede k výrazné individualizaci ve vývoji stromů. Toto zjištění je v rozporu s konceptem ploškovitosti („patchiness“), který je při popisování dynamiky lesa hojně používán.

Literatura

- Coates, D. K., C. D. Canham, and P. T. LePage. 2009. Above- versus below-ground competitive effects and responses of a guild of temperate tree species. *Journal of Ecology* 97: 118–130.
- Efron, B., and R. J. Tibshirani. 1993. *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman, Hall, New York, USA.
- Muller-Landau, H. C., et al. 2006. Testing metabolic ecology theory for allometric scaling of tree size, growth and mortality in tropical forests. *Ecology Letters* 9: 575–588.
- Stoyan, D., and H. Stoyan. 1994. *Fractals, random shapes and point fields: methods of geometrical statistics*. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

Ing. David Janík, Ph.D.

Tel: +420 541 126 262

e-mail: david.janik@vukoz.cz

Ing. Kamil Král, Ph.D.

e-mail: kamil.kral@vukoz.cz

Doc. Dr. Ing. Tomáš Vrška

e-mail: tomas.vrska@vukoz.cz

Ing. Pavel Unar, Ph.D.

e-mail: pavel.unar@vukoz.cz

Ing. Libor Hort

e-mail: libor.hort@vukoz.cz



Trvale udržitelný tedy přírodě blízký koncept obnovy a tvorby lesa po disturbancích

Antonín Martiník

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů
Zemědělská 3, 61300 Brno

Úvod

Česká republika se svými dokumenty přihlásila ke strategii trvale udržitelného rozvoje (zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí; MOLDAN 2003). Na úrovni správy a obhospodařování lesů je přihlášení se k trvale udržitelnému rozvoji patrné z § 1 lesního zákona, kde se hovoří o trvale udržitelném hospodaření (zákon č. 289/1995 Sb. o lesích). Přestože z definice trvale udržitelného hospodaření nevyplývají žádná striktní schémata a koncepty jak obhospodařovat lesy, najdeme zde důraz na zachování půdní úrodnosti a na pěstování lesů napodobujících přírodu (VANČURA 2008). Realita je však taková, že rámec lesního zákona je svázán s lesem věkových tříd, lesem pasečným a pěstováním smrkových porostů. S drobnými výjimkami (podíl MZD) tak lze říci, že stávající legislativa vychází z dogmat trvalosti definovaných pro 18. a 19. století. Rámec trvalosti obhospodařování lesů ve 21. století, ale i konce 20. století je přitom vymezen nejen požadavky společnosti, ale i mírou poznání.

Bez holin na pasece

V současnosti vlivem globální klimatické změny a velkoplošného chřadnutí alochtonních smrkových porostů se stále zřetelněji ukazuje neudržitelnost pasečného hospodaření. Je tedy otázkou, jakým směrem by se měl stávající systém transformovat, a to tak, aby nejen že trvalost deklaroval, ale byl současně i jejím nositelem. V celoevropském měřítku již delší dobu splňuje tyto požadavky koncepce založená na biocentrickém chápání lesa (PRETZCH 2009), tedy konceptu ekologicky oprávněného, u nás zlidověle a možná i nepřesně nazvaného „přírodě blízké“, nebo taky nepasečné (bezpasečné) hospodaření (KŘÍSTEK 2001; TESAŘ 2001). Na rozdíl od tradičního pasečného hospodaření vycházejí pěstební postupy spojené s touto koncepcí z přirozené dynamiky lesních ekosystémů. Existuje přitom celá řada praktických postupů spojených s přechodem od lesa stávajícího (monokulturního a pasečného) k lesu nepasečnému. V souvislosti se vznikem velkých kalamitních holin je pak otázkou, jak hospodařit nepasečně tam, kde zůstala jen paseka; zda je tento způsob hospodaření zajímavý pro vlastníka i po stránce ekonomické a konečně, je na daný systém hospodaření připravena i národní legislativa?

Biologická východiska

Biologická, nebo také ekologická východiska trvale udržitelného obhospodařování lesů jsou spojena především s volbou vhodné dřevinné skladby. V jedné rovině se bude jednat o volbu stanovištně vhodné dřeviny, v rovině druhé půjde o vliv dřevinné skladby na uchování půdní úrodnosti. V souvislosti s velkoplošným rozpadem a vznikem kalamitních holin vyznačujících se často extrémními povětrnostními vlivy, chybějícím mateřským porostem a plným ozářením, ale i specifiky půdního prostředí je volba vhodné dřeviny otázkou zcela zásadní. Do pozadí zájmu se tak dostávají klimaxové dřeviny, resp. C - strategové a na významu nabývají dřeviny pionýrské, resp. R-strategové. Širší využívání pionýrských dřevin jako první fáze obnovy lesa po disturbancích je přitom plně v souladu s dynamikou přírodních lesů a principy sukcese na většině stanovišť v podmínkách střední Evropy. V přírodních, člověkem nenarušených podmínkách se porosty pionýrských dřevin dlouhodobě uplatní pouze na extrémních stanovištích, všude jinde pokračuje sukcese ve známém postupu lesa přechodného a následně závěrečného, tvořeného klimaxovými dřevinami (MÍCHAL 1992).

Průběh sukcese v lesích ovlivněných člověkem, a především těch s výrazně pozměněnou porostní strukturou, bude přitom odlišný od lesů přírodních. Bez přímé lidské intervence tak nelze očekávat včasný a plnohodnotný přechod z lesa pionýrského do lesa tvořeného klimaxovými dřevinami. Nikoliv bezmezná sukcese, ale její usměrnění ve smyslu zakládání porostů pionýrských dřevin a následného



vkládání dřevin cílových (klimaxových), se tak jeví ve většině případů jako optimální, biologicky nebo chceme-li ekologicky oprávněné východisko obnovy a tvorby lesů po disturbancích.

Ekonomická hlediska

Legitimita přírodě bližšího hospodaření je založena nejen na základech ekologických, ale i ekonomických (SUSSE 2011; SANCHEZ 2017). Ekonomické ukazatele přírodě bližšího hospodaření by měly být srovnatelné s těmi dosažitelnými při standardním pasečném hospodaření. Zde je potřeba zdůraznit nutnost dlouhodobých sledování k dosažení porovnatelných výstupů. Naprostá většina ekonomických ukazatelů přitom jen výjimečně zohledňuje ostatní, s produkcí lesa spojené charakteristiky, jako je např. půdní úrodnost. Stranou zájmu pro praktické hodnocení zůstávají ostatní nedřevní a mimoprodukční efekty, které jsou přitom již zvládnutelné na teoretické (akademické) úrovni (ŠIŠÁK ET AL. 2003).

Přes výše uvedené lze jednoznačně deklarovat výrazné snížení nákladů na obnovu lesa po disturbancích při využívání přírodě bližších postupů obnovy lesa a tedy dřevin pionýrských (MARTINÍK ET AL. 2014; ŠAFRÁNEK ET AL. 2018). Nižší náklady na obnovu jsou dány rychlejším a často zcela bezproblémovým odrůstáním těchto dřevin i na rozsáhlých holinách. Postupné dlouhodobé vkládání dřevin cílových pod porosty dřevin pionýrských nebo po jejich postupném odtěžení lze rovněž vnímat jako krok vedoucí ke stabilitě a vyrovnanosti v hospodaření na rozdíl od jednorázové často několikahektarové výsadby dřevinami klimaxovými. Ekologická, ale i mechanická stabilita takto vzniklých porostů, stejně jako kvalita dříví dřevin klimaxových bude výrazně vyšší než při standardní obnově těchto dřevin na holinu (LEONHARDT, WAGNER 2006). Vysoká stabilita přírodě blízkých porostů je pak předpokladem k jejich dlouhodobé ekonomické rentabilitě.

Legislativní rámec

V současnosti platný legislativní rámec obhospodařování lesů spojený s lesem věkových tříd přírodě blízké postupy hospodaření sice toleruje, ale do značné míry znevýhodňuje (BEZDĚKOVÁ 2018). Legislativní znevýhodnění přírodě blízkého hospodaření je dále umocněné stávající dotační politikou, spojenou především s obnovou (umělou) lesa. Změna legislativy by se měla týkat jak otázky obnovy (pěstování), tak hospodářské úpravy.

Dotační politika by měla být směřována na les a jeho uchování, případně zlepšení stavu nikoliv na jeho obnovu (umělou). Legislativní a dotační specifika si bude vyžadovat obnova lesa po kalamitách, kde by měly být upřednostněny postupy založené na sukcesi, čili postupy využívající pionýrské dřeviny.

Závěr – sociální dimenze

Velkoplošné chřadnutí a následný rozpad smrkových porostů není jen hospodářskou ztrátou, ale i šancí chápat a obhospodařovat les jinak. Tato legitimní změna v přístupu k obhospodařování lesa založená na ekosystémových základech (SANDS 2005) musí být doprovázená změnami v národní legislativě. Přírodě blízké lesní porosty, které jsou celospolečensky více akceptovány než porosty vzniklé pasečným hospodářstvím (O'HARA 2014) musí být prezentovány jako výsledek přírodě blízkého hospodaření.

Literatura

- Bezděková, J., 2018. Hospodářská koncepce lesa trvale plně tvořivého (Deuerwald) a její kolize se současnou lesnickou legislativou v ČR. Bakalářská práce, LDF Mendel v Brně, 96 s.
- Křístek, J., 2001. Koncepce lesního hospodářství na ekosystémovém základě. Lesnická práce, 80 (1): 10–11.
- Leonhardt, B., Wagner S., 2006. Qualitative Entwicklung von Buchen-Voranbauten unter Fichtenschirm. Forst und Holz, 61: 454–461.
- Martiník, A., Dobrovolný, L., Hurt, V., 2014. Comparison of different forest regeneration methods after windthrow. Journal of Forest Science, 60: 190–197.
- Míchal, I., 1992. Obnova ekologické stability lesů. Praha, Academia, 169 s.
- Míchal, I., 1995. Co plyne z poznání přírodních lesů pro pěstění našich smrčín. Lesnictví - Forestry 41 (3): 137–144.
- Moldan, B., 2003. (Ne)udržitelný rozvoj ekologie hrozba i naděje. Universita Karlova v Praze, Karolinum, 141 s.
- O'Hara, K.L. 2014. Multiaged Silviculture - Managing for Complex Forest Stand Structures. New York, Oxford university Press: 213 s.
- Poleno, Z., 1997. Trvale udržitelné obhospodařování lesů. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 54 s.



- Pretzsch, H., 2009. Forest dynamics, growth and yield: From measurement to model. Berlín Heidelberg, Springer-Verlag, 664 p.
- Sanchez, Ch., 2017. Pro Silva Silviculture, Guidelines on Continuous Cover Forestry/Close to Nature Forestry management practices. Forêt Wallonne asbl. 64 p.
- Susse R., Allegrini Ch, Bruciamacchie M., Burrus R., 2011. Management of Irregular Forests – Developing the full potential of the forest. Association Futaie Irrégulière. Saint Maime. 143 p.
- Sands, R., 2005. Forestry in a Global Context. CABI Publishing, Cambridge, 262 p.
- Šafránek, Z., Martiník, A., Vala, V., 2018. Modelové ekonomické srovnání variant obnovy lesa po kalamitě allochtonní smrčiny při využití přípravného březového porostu. Zprávy lesnického výzkumu, 2: - in press.
- Šišák, L., Švihla, V., Šach, F., 2003. Oceňování společenské sociálně – ekonomické významnosti základních funkcí lesa, MZE, Praha, 56 s.
- Tesař, V., 2001. Cesta k přírodě blízkému a ekologicky oprávněnému pěstování lesa u nás. Odkaz opočenského lesního hospodářství Huga Koniase – sborník. VÚLHM Jíloviště – Strnady: 26–33.
- Vančura, K., 2008. Ministerské konference o ochraně lesů v Evropě, 1990 – 2007, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýse nad Labem, 76 s.
- Zákon č. 289/1995 Sb. O lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon).
- Zákon č. 17/1992 Sb., O životním prostředí

Poděkování:

Příspěvek vznikl na základě podpory z Interní grantové agentury (IGA), číslo projektu LDF_PSV_2018002.

Ing. Antonín Martiník, Ph.D.

e-mail: antonin.martinik@mendelu.cz



Ochrana navzdory využití – koncept pro posílení biodiverzity a uplatnění ekologického lesnictví u Lesního závodu v Ebrachu

Ulrich Mergner, Daniel Kraus

BaySF, Forstbetrieb Ebrach, Marktplatz 2, 96157 Ebrach, Německo

Úvod

Lesní závod Ebrach Bavorských státních lesů (BaySF) spravuje státní lesy o rozloze 16 500 ha v regionu Steigerwald, který se nachází v Keuperských vrchovinách (pochází z období středního Triasu) zeměpisné oblasti Franky mezi Würzburgem a Norimberkem v severozápadním Bavorsku. Státní lesní podnik zodpovídá za jedny z nejvýznamnějších bukových lesních porostů v Německu. Lesy se skládají přibližně ze 75 % listnatých dřevin (buk cca 41 %, dub cca 21 %) a 25 % jehličnatých dřevin (z nichž dominuje borovice s přibližně 13 %). Průměrná porostní zásoba se pohybuje okolo 384 m³/ha a roční etát dosahuje přibližně 100 000 m³. Přibližně 80 % dříví listnatých dřevin se v této oblasti prodává více než 25 pilám. Téměř 25 000 m³ prodávaného palivového dříví činí lesní závod v Ebrachu jedním z největších výrobců této komodity v Německu.

Zachování biodiverzity, zvláště pak u druhů vázaných na lesní ekosystém, je středem zájmu ekologicky aplikovaného konceptu, přičemž důraz je kladen na saproxylické brouky, z něž se v celém regionu Steigerwald vyskytuje přibližně 480 druhů. Zachování této skupiny klíčových bio-indikátorů zároveň dává jistotu existence také všech dalších skupin druhů v těchto bukových lesích (MÜLLER ET AL. 2005).

Ochrana a využití lesa zároveň

Hospodářskému přístupu zavedenému u lesního závodu v Ebrachu se často říká „ochrana a využití zároveň“; „ochrana navzdory využívání“ (conservation despite utilization). Lze jej popsat jako funkčně integrující přístup účelového hospodářství, který klade důraz na zachování a posílení biodiverzity při souběžné produkce dříví na celé produkční ploše lesních porostů (MERGNER 2018, KRAUS A KRUMM 2013). Vzhledem k tomu, že většina druhů závislých na prvcích a fázích senescence a nastupujícího rozpadu lesa, zachování biologické rozmanitosti v obhospodařovaných lesních porostech je především otázkou zachování struktury mikrobiotopů (LARRIEU ET AL. 2018, KRAUS ET AL. 2016, BAUHUS ET AL. 2009). Pro zajištění biodiverzity druhů vázaných na lesní ekosystém je klíčová strukturální diverzita lesa a přítomnost vhodného živého a mrtvého dřeva v porostech (LASSAUCE AT AL. 2011, JONSSON ET AL. 2005).

Středobodem konceptu lesního závodu v Ebrachu je pečlivě vybraná a navzájem propojená soustava vyčleněných a extenzivně obhospodařovaných lesních oblastí (MERGNER 2018, MACARTHUR A WILSON, 1967). Porosty s vysokou ekologickou hodnotou spadají do oblasti vyčleněných lesů s minimalizací zásahů člověka, které zahrnují následující kategorie:

- 430 ha přísně chráněných přírodních rezervací
- 700 ha stepních přírodních stanovišť (Trittsteinhabitats)
- 40 ha lesního okraje (pásky o šířce 5-20 m)

Porosty navíc spojují rozptýlená cenná stanoviště. Konceptu se proto také často říká koncept „nášlapných kamenů“ (německy Trittsteinkonzept).

Celkově je 1 200 ha, které představují 7 % produktivní plochy, dlouhodobě vyňato z lesního hospodářství. Ve vyčleněných lesních oblastech je zastavena veškerá těžební a pěstební činnosti a povolena jsou pouze opatření pro zajištění veřejné bezpečnosti a pro prevenci poškození lesa. Tyto vyčleněné oblasti mohou sloužit jako základní ochrana biologické rozmanitosti a jako dárcovské oblasti pro kolonizaci entit na stanoviště mimo tyto oblasti, jako např. na mikrobiotopové stromy a mrtvé dřevo, které se automaticky také vyskytují v hospodářských lesích. Dalšími doplňkovými „stavebními kameny“ do mozaiky sítě cenných biotopů jsou liniové prvky cenných biotopů, jako porostní okraje, či linie (koridory) propojující rozptýlené oblasti cenných biotopů.

Dalším důležitým prvkem v přístupu lesního závodu je extenzifikace lesního hospodářství (tj. uplatnění tzv. ekologického lesnictví). To je realizováno zejména ve starých porostech, nebo mladých porostech



s vysokým počtem starých stromů. To vede k systematickému budování stromových mikrobiotopů a ponechávání mrtvého dřeva. V současné době se aktivity extenzifikace lesního hospodářství týká 3824 ha rozdělených do následujících kategorií:

- 37 ha lesů třídy 1 (téměř přírodní les v porostech ve věku přes 180 let)
- 3062 ha lesů třídy 2 (téměř přírodní les v porostech ve věku 140 až 180 let)
- 725 ha lesů třídy 3+ (téměř přírodní les v porostech mladší 140 let s vysokým počtem starých stromů)

Extenzifikace hospodaření se předpokládá ve starých porostech třídy 1, stejně jako ponechávání starých stromů a udržování stálého objemu odumřelého dřeva 40m³/ha v lesích 2. třídy. V lesích třídy 3+ zůstávají v oblasti všechny stromy, které jsou pozůstatky porostů předchozího obmýetí. Ve všech ostatních lesích třídy 3 (100 let a víc) se plánuje systematické hromadění odumřelého dřeva s cílem stálého objemu mrtvého dřeva 20m³/ha. V rámci extenzifikace lesního hospodářství se také předpokládá uchování 10 mikrobiotopových stromů na jeden hektar celkové hospodářské plochy (tj. 15 500 ha bez vyňatých ploch a ploch bez stromů), kterým bude umožněno zestárnout a prožít zcela přírodní životní cyklus včetně rozpadu po přirozeném odumření. I za předpokladu pouhých 50 m² (hodnota na spodní hranici) korunové projekce stromu lze počítat s dodatečnými 750 ha vyčleněné, nebo dočasně nevyužívané porostní plochy. Celkem 11 % z celé výměry lesa by pak bylo ponecháno přírodním procesům a přirozenému vývoji lesa.

Lekce o přírodě

Na hluboké porozumění přírodním procesům v lesních ekosystémech se nahlíží jako na základní předpoklad pro implementaci konceptu biologické rozmanitosti u lesního závodu Ebrach. Šest formálních rezervací a více než 200 dalších cenných lokalit jakožto menší vyčleněné oblasti s delším vývojem biotopů v rámci lesního majetku (LHC) slouží jako místa přežití a reprodukce citlivých a vysoce ohrožených druhů. Druhy s omezeným rozptylem a zdroji tak budou schopny se rozšiřovat a dočasně zabydlovat také v obhospodařovaných porostech za předpokladu, že budou po celé ploše lesního majetku (LHC) rovnoměrně rozprostřeny (MERGER 2018, JONSSON ET AL. 2005, LASSAUCE ET AL 2011). Formální, vyhlášené lesní rezervace slouží jako naučné oblasti pro zjištění, jak se příslušné biotopové struktury rozvíjí v průběhu dlouhých vývojových cyklů. Skupiny druhů nacházejících se v těchto vyčleněných oblastech slouží jako kvalitativní referenční, srovnávací hladina, které je nutné dosáhnout v celé lesní oblasti. Rozsáhlý výzkum prováděný v těchto živých laboratořích poskytl návod pro pěstební opatření na celé zbylé ploše lesního majetku (LHC). To se odráží zejména v konceptu mrtvého dřeva a konceptu „nášlapných kamenů“ (stavebních kamenů sítě lokalit zvýšené biodiverzity lesa), ale také v dalších parametrech, které byly zahrnuty v inventarizacích, jako jsou kategorie mikrobiotopových stromů (stromy s dutinami, choroši a rozsáhlými zraněními). Zachování mrtvého dřeva a mikrobiotopových stromů se plně projevuje v lesohospodářské úpravě lesního majetku (LHC) a je zohledněno při výpočtu ročního etátu.

Blíže přírodě

Hlavním hospodářským cílem lesního závodu v Ebrachu je zachovat charakter steigerwaldského regionu, kterému v lesní druhové skladbě dominuje buk. Jednotlivě výběrná těžba stromů dřeva a přirozená obnova jsou zcela základním předpokladem vývoje strukturně a věkově diferencovaných lesů. Zajištění a zlepšení rozmanitosti biotopů lesních stanovišť pro druhy na ně vázané však vedlo k revizi hospodářských principů přírodě blízkých způsobů hospodaření, které byly po dlouhou dobu hlavním hospodářským způsobem a pěstebním systémem na majetku lesního závodu Ebrach (BOLLMANN 2011, GOSSNER ET AL. 2013). Zejména pak heslo „prvně odstranit netvárný a poškozený strom“ vedlo k ochuzení struktur mikrobiotopů kvůli brzkému odstranění nežádoucích předrostlíků v během probírkových zásahů za účelem zlepšení kvality stromů. Tyto stromy (tj. netvárné, poškozené a předrostlíci) však mají důležitý potenciál stát se budoucími mikrobiotopovými stromy, a je jim tak dnes při porostní výchově věnována velká pozornost.

Elitní a mikrobiotopové stromy. Kladný pěstební výběr mikrobiotopových stromů již probíhá při probírkách, aby se zajistilo, že je v pozdějších fázích dostatek jedinců s mikostanovištním potenciálem.



Výběr elitních, cílových stromů je stanoven na maximum 40 stromů na jeden hektar (alespoň u buku), aby se zachoval prostor pro vývoj stanovištních stromů. V případě příměsi dřevin s různým rozpětím mýtní zralosti lze na jeden hektar vybrat a trvale vyznačit (zelená vlnovka) ještě více mikrobiotopových stromů. Pro celkovou plochu lesního majetku (LHC) je plánováno vybrat 155 000 stanovištních stromů. Ztráty na produkci, ke kterým dochází v rámci opatření pro zachování biologické rozmanitosti, dosahují téměř 12 000 m³ za rok, a to včetně ztrát, ke kterým dochází v zákonem chráněných oblastech (přírodních rezervacích), jakož i v rámci vyčleněných (vyňatých) oblastí cenných stanovišť založených v rámci konceptu „nášlapných kamenů“. Ve vyčleněných oblastech dosahuje ztráta na produkci 7000 m³ ročně, zatímco v oblastech extenzivního hospodářství jsou roční ztráty 4700 m³ v důsledku vytváření mrtvého dřeva.

Mrtvé dřevo

Velké množství dřeva, které je ponecháno k přírodnímu rozkladu, je na LHC lesního závodu Ebrach považováno za klíčové pro biologickou rozmanitost a koloběh a zadžení živin (STOKLAND ET AL. 2012, MÜLLER A BÜTLER 2010). V pozdějších probírkových zásazích a těžebních zásazích vyžaduje koncept uplatňovaný v Ebrachu, aby se stromy kácely mimo linky tak, aby v porostu zůstaly koruny stromů. Obecně platí, že se kmen odřezává v místě nasazení první silné větve a vyklízuje se pouze cennější část kmene, čímž se lépe dosáhne cíle zvýšení množství odumřelého dřeva na 20 m³/ha v porostech nad 100 let a 40 m³/ha v porostech starších 140 let.

Koncept ponechání mrtvého dřeva je však důležitý nejen pro zachování druhů vázaných na lesní ekosystém: nejnovější vědecké poznatky naznačují, že dřevo, které v oblasti zůstává, je klíčové pro zajištění udržitelného koloběhu živin v lese – ve dřevě jsou uloženy zejména kationty draslíku, vápníku, fosforu a hořčíku, které mohou sloužit jako dlouhodobé hnojivo, neboť jsou uvolňovány postupně velkými kusy rozkládajícího se dřeva, a jsou tak znovu dostupné pro další růst stromů. K tomu ještě odumřelé dřevo zadržuje spoustu vody během rozkladu nebo později, ve formě humusu. Ve světle měnícího se klimatu a předpovídaných dlouhých obdobích sucha lze na tuto důležitou vlastnost odumřelého dřeva nahlížet jako na prostředek pro zabezpečení budoucnosti našich lesů.

Diskuze

Z hlediska ochrany je mnohem důležitější zaměřit se na strategické plánování ochranných nástrojů spíše než na samotnou striktně chráněnou oblast. Proto je třeba brát v úvahu požadavky stanovištní a mezní nároky cílových druhů jakožto zástupců typických lesních společenstev, jež mají být uváženy pro vývoj a vzájemné propojení nástrojů ochrany. V tomto kontextu je třeba brát v úvahu aktuální stav, resp. aplikovaný pěstební systém, neboť různorodost pěstebních systémů a strategií napříč krajinou je nezbytná pro zvýšení rozmanitosti struktur, funkcí a bioty, jakož i podpora široké škály dalších funkcí ekosystému.

Pro lesní závod Ebrach je tak aktuální výzvou najít prahové hodnoty, při kterých lze zároveň zachovat funkci produkční a biologickou rozmanitost. Pro efektivní rozhodování je funkční lesní hospodářství orientované na posílení biologické rozmanitosti, resp. ekologické lesnitví u lesního závodu Ebrach neustále zkoumáno a studováno v rámci různých výzkumných programů (SCHAUER ET AL. 2018, ZYTYNSKA ET AL. 2018, DOERFLER ET AL. 2017). Zvláště pak skupiny taxonů vázané na přestárlé stromy a fázi rozpadu porostů, mrtvé dřevo a přírozené disturbance slouží jako vynikající bioindikátory úspěchu polyfunkčně integrovaného hospodářství u lesního závodu Ebrach.

Vzhledem k rostoucímu tlaku na zdroje dřeva v Evropě v důsledku rostoucí poptávky po dřevě je zásadní zajistit, aby kvalita a účinnost ochrany biologické rozmanitosti v lesním hospodářství nebyla narušena novými hospodářskými cíli. Koncept posilování biologické rozmanitosti v lesích, resp. ekologického lesnictví u lesního závodu v Ebrachu usiluje o optimální propojení obou cílů.

Literatura

Bauhus, J., Puettmann, K. and Messier, C. 2009. Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management* 258(4): 525-537.

Bollmann, K. 2011. Naturnaher Waldbau und Förderung der biologischen Vielfalt im Wald. *Forum für Wissen*:27–36.



- Doerfler, I. Müller, J., Gossner M., Hofner B., Weisser W.. 2017. Success of a deadwood enrichment strategy in production forests depends on stand type and management intensity. *Forest Ecology and Management* 400: 607-620
- Gossner, M. M., T. Lachat, J. Brunet, G. Isacsson, C. Bouget, H. Brustel, R. Brandl, W. W. Weisser, and J. Müller. 2013. Current Near-to-Nature Forest Management Effects on Functional Trait Composition of Saproxyllic Beetles in Beech Forests. *Conservation Biology* online.
- Jonsson, B. G., Kruys, N. and Ranius, T. 2005. Ecology of species living on dead wood - lessons for dead wood management. *Silva Fennica* 39: 289–309.
- Kraus, D, Krumm, F (eds) 2013. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute. 284 pp.
- Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., and Winter, S., 2016. Catalogue of tree microhabitats – Reference field list. *Integrate+ Technical Paper* 13. 16 p.
- Larrieu, L., Paillet, Y, Winter, S., Bütler, R., Kraus, D., Krumm, F, Lachat, T, Michel, A., Regnery, B., Vandekerckhove, K. 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84: 194–207
- Lassauce, A., Y. Paillet, H. Jactel, and C. Bouget. 2011. Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxyllic organisms. *Ecological Indicators* 11:1027-1039.
- MacArthur, R.H. and Wilson, E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, N.Y.
- Mergner, U. 2018. *Das Trittsteinkonzept*. Euerbergverlag. 138 pp.
- Müller, J., H. Bussler, U. Bense, H. Brustel, G. Flechtner, A. Fowles, M. Kahlen, G. Möller, H. Mühle, J. Schmidl, and P. Zabransky. 2005. Urwald relict species – Saproxyllic beetles indicating structural qualities and habitat tradition. *Waldökologie online* 2:106-113.
- Müller, J., and R. Bütler. 2010. A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research* 129:981-992.
- Schauer, B., Steinbauer, M.J., Vailshery, L.S. et al. 2018. Influence of tree hollow characteristics on saproxyllic beetle diversity in a managed forest. *Biodivers Conserv* 27: 853.
- Stokland, J.N., Siitonen, J. and Jonsson, B.G. (eds.) 2012. *Biodiversity in Dead Wood (Ecology, Biodiversity and Conservation)*. Cambridge University Press.
- Zytynska, S. E., I. Doerfler, M. M. Gossner, S. Sturm, W. W. Weisser and J. Müller. 2018. Minimal effects on genetic structuring of a fungus-dwelling saproxyllic beetle after recolonisation of a restored forest. *Journal of Applied Ecology*

Ulrich Mergner, MS.c.

e-mail: ulrich.mergner@baysf.de

Daniel Kraus MS.c.

e-mail: Paul-Daniel.Kraus@baysf.de



Poučení z předchozích nezdarů při přeměnách a přestavbách lesních porostů – náhled do historie

Jiří Souček

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno

Úvod

Snahy o úpravu druhové skladby a porostní struktury lesa se v rámci střední Evropy periodicky objevují již od konce 19. století. Prvotní snahy řešily problémy spojené s intenzivně pěstovanými jehličnatými monokulturami, současné snahy reagují na měnící se prostředí nebo změny názorů společnosti na lesní hospodářství (AMMER ET AL. 2008, SOUČEK, TESAŘ 2008).

Opakované pokusy o změnu hospodaření nabízí možnost poučení se z předchozích snah. Adekvátní zhodnocení postupů i případných neúspěchů předchozích snah lesníků však omezují výrazně kratší lidský věk ve srovnání s věkem lesa, omezený přenos informací v rámci generací (včetně písemných zdrojů), měnící se podmínky prostředí i požadavky společnosti na les. Historická rozhodnutí hospodářů o změnách postupů hospodaření vycházela často z ekonomických důvodů, značná část historických příkladů změny hospodaření vychází z lesů těžebně výrazně narušených předchozím hospodařením (HÖHER 1994). Aktuální souhrnné analýzy vývoje lesa z hlediska produkce, ekonomiky a dalších funkcí lesa nejsou početné. Jejich zobecnění je často obtížné z důvodu lokálních specifik i měnících se podmínek prostředí.

Vybrané příklady nedokončených transformací lesa

Lokalita Hetlín – Městské lesy a Rybníky Kutná Hora

Plošina ve výšce 400-500 m n. m., půdní poměry nepříznivě ovlivněny střídavým zamokřením (pseudoglej) i dlouhodobým pěstováním jehličnatých porostů, suma ročních srážek 650 mm, průměrná roční teplota 7,1 °C.

Výchozí smrkové a borové porosty na dané lokalitě vykazovaly zhoršený zdravotní stav a růst. Lesní hospodář Ing. František Kratochvíl (na majetku v letech 1930-1966) upravil v prvních letech hospodaření půdní poměry formou technické i biologické meliorace (povrchové příkopy, snížení zápoje, podpora listnaté příměsi) a zároveň zlepšil zdravotní stav a stabilitu porostů pozitivními pěstebními zásahy. Pěstební postupy v dalších letech podporovaly strukturalizaci porostu, chybějící dřeviny byly vnášeny umělou obnovou. Následníci F. Kratochvíla částečně omezili aplikaci výběrných principů, obnova byla realizována převážně maloplošným clonným způsobem. Analýza změn stavu lesa vycházející z lesních hospodářských plánů z let 1952 a 2000 ukázala změny ve věkovém rozdělení porostů a nárůst porostních zásob, rozpracované porosty vykazovaly pestřejší strukturu a texturu. Vnášené MZD se s ohledem na nižší věk výrazněji neprojeví na zastoupení dřevin podle zásoby (TESAŘ ET AL. 2004). Lokalita byla po roce 2002 silně poškozena opakovanými větrnými kalamitami.

Příčiny neúspěchu přestavby na dané lokalitě lze přičíst nedodržení kontinuity hospodaření vlivem politických změn i vyšší moci (větrná kalamita narušila souvislý okraj lesa, porosty i přes dlouhodobou přestavbu neodolaly následným větrným kalamitám).

Opočensko – Lesy Colloredo-Mansfeld

Částečně smíšené porosty smrku, borovice a dalších dřevin v nadmořské výšce 230-260 m, půdní typ kambizem, roční úhrn srážek 640 mm, průměrná roční teplota 7,6 °C.

V minulosti majetek nepříznivě ovlivněn opakovanými škodami větrem, sněhem, lesní hospodář Hugo Konias vhodné porosty nejprve výchovou stabilizoval, v nejvíce rozpracovaných porostech byly v letech 1928-1974 aktivně aplikovány výběrné principy (Konias, Zakopal). Pěstební zásahy v porostech upravily porostní strukturu a texturu, chybějící dřeviny byly vnášeny umělou obnovou (ZAKOPAL 1981, SOUČEK 2002). V 70. letech došlo k přerušení kontinuity hospodaření, snahy o navázání na předchozí



hospodaření po roce 2001 (restituce majetku) byly málo úspěšné. Zvýšený podíl listnáčů v současné druhové skladbě porostů lépe odpovídá přirozené druhové skladbě a zajišťuje vyšší porostní stabilitu. Přerušení kontinuity hospodaření v 70. letech vlivem politických změn, vitalita porostů snížena působením imisí, škody zvěří omezily regenerační potenciál dřevin.

Bývalá DDR – Vorratspflege

Myšlenky Mölleroва Dauerwaldu byly v poválečném období rozvinuty zejména Hegerem a Krutschem na území NDR, plošné zavedení nastalo v roce 1951. Cílem byla tvorba nestejnověkého skupinovitého lesa tvořeného stanovištně odpovídajícími dřevinami s optimální porostní zásobou kvalitního dřeva. Nepříznivý stav lesů v poválečném Německu, nedostatek personálu se zkušenostmi s daným způsobem hospodaření i schématické zavádění bez ohledu na dané podmínky a uspořádání lesa vedl již v roce 1956 ke korekturám myšlenek a k ukončení plošné aplikace v roce 1961. Dílčí myšlenky byly začleněny do nově zaváděných postupů hospodaření (Naturgemässe Waldwirtschaft). S nepříznivým stavem porostů, plošným zabuřeněním proředených porostů se lesní hospodáři dlouhodobě vypořádávali v následných letech s využitím mechanizace a chemie (THOMASIUŠ 1996).

Příčinou neúspěchu byla plošná aplikace koncepce jednotných postupů hospodaření nezohledňující stanovištní a porostní podmínky a omezené zkušenosti lesního personálu.

Nutné předpoklady pro zahájení procesu přestavby porostů

Stanovení reálných cílů a postupů hospodaření pro dané stanovištní a porostní poměry

Pro zdárný proces přestavby stávajících lesů na porosty přírodě blízké je důležité reálné zhodnocení výchozího stavu lesa, stanovištních podmínek, plánovaného cíle i teoretické doby realizace. Většina stávajících přestaveb začíná v málo diferencovaných jednodruhových porostech, cílem je vytvořit bohatě strukturované smíšené lesy. Představa cílové druhové skladby a prostorové výstavby jsou vždy kompromisem mezi ekologickými požadavky na les a minimalizací nákladů pro zajištění plnění požadovaných funkcí lesa. Typickým příkladem jsou historické snahy se změnou porostního stavu směrem k modelu výběrného lesa prováděné opakovaně v různých stanovištních podmínkách v České republice. Neodpovídající stanovištní podmínky pro daný typ lesa, dlouhodobost řešení i narušení kontinuity hospodaření vlivem vnějších podmínek prostředí (imise, kalamity) i personálních problémů vedly v hodnocených porostech k postupné ztrátě vzniklé struktury a návratu k běžným postupům hospodaření. I zahraniční pokusy často končily z důvodu stanovení málo reálných cílů a neakceptování daných stanovištních a porostních podmínek.

Během procesu přestavby může docházet k změnám cílů podle aktuálního stavu porostu i změn vnějších podmínek. Hospodaření musí na tyto měnící se podmínky vhodně reagovat, při změnách hospodaření je nutné upravit cíle a podle nich stanovit vhodné postupy hospodaření. Pořadí naléhavosti a postupy lze posuzovat podle různých kritérií (biologická, ekonomická, společenská), pro optimalizaci procesu musí být definovány priority, podle kterých budou porosty pro přestavbu vybírány.

Příprava porostů pro zahájení transformace

V procesu transformace lesa se předpokládá postupné proředení porostu pro zajištění vhodných podmínek pro vývoj a odrůstání následné generace. Zajištění odpovídajícího rozčlenění porostů spolu s vhodnou výchovou zajistí dostatečnou stabilitu rozpracovaných porostů. Dostatečná doba pro stabilizaci závisí na výchozím stavu porostu a podmínkách prostředí (SOUČEK, TESAŘ 2008).

Omezení škod v lesích vlivem zvýšených stavů zvěře

Transformace porostů je v našich podmínkách nejčastěji spojena s úpravou druhové skladby a vnášením chybějících dřevin. Do převažujících jehličnatých porostů jsou vnášeny listnaté dřeviny, které jsou na většině stanovišť atraktivní pro zvěř. Stavby spárkaté zvěře jsou dlouhodobě zvýšené, vnášení druhů dřevin je spojeno s dlouhodobou potřebou zajištění jejich ochrany proti škodám zvěří. Náklady na vnášení a odpovídající ochranu vnášených dřevin ovlivňují ekonomiku celého procesu, dočasné



snížení stavů výrazně škodících druhů zvěře příznivě ovlivňuje ekonomiku hospodaření i celý postup přestaveb. Historické i současné zkušenosti ukazují výrazný potenciál přirozené obnovy po redukci stavu zvěře i potenciál opětovného rozšíření zvěře.

Na lokalitě Kocanda došlo v 90. letech minulého století vlivem souladu názorů hospodáře a zařizovatele, při následném přijetí těchto myšlenek osobou vlastníka, k stanovení reálných cílů přestavby lesa, názory byly vhodně zapracovány do plánů. Vlastní realizace osobou praktického lesníka vedla k postupnému vytvoření současného stavu lesa, který odpovídá představám přírodě blízkých postupů hospodaření v daných podmínkách. Včasné zahájení procesu přestavby ve středním věku omezilo produkční ztráty a zajistilo odpovídající rentabilitu hospodaření. Stávající hospodářský les však ještě stále nese velkou část znaků pasečného lesa v rozvinuté podrostní formě. To vychází z délky doby uplatňování transformace lesa ve srovnání s obmýtím lesa.

Závěr

Transformace stávajících porostů na porosty smíšené, s diferencovanou strukturou je dlouhodobý proces, výraznější výsledky se projeví v průběhu několika lesnických generací. Historické zkušenosti naznačují obtíže s tím spojené. Přejímání historických poznatků nebo zahraničních zkušeností často naráží na odlišné cíle, porostní podmínky a použité postupy. Základem pro úspěšný proces přestavby je stanovení reálných cílů a vhodných postupů hospodaření zohledňující porostní stav i podmínky prostředí. Dlouhodobost realizace vyžaduje zachování kontinuity hospodaření i možnost úpravy procesu přestavby zohledňující měnící se podmínky prostředí. Před vlastní transformací musí porosty vykazovat odpovídající vitalitu, stabilitu i růstový potenciál. Proces úpravy druhové skladby většinou omezují zvýšené stavy spárkaté zvěře. Vzniklé smíšené lesy s diferencovanou výstavbou mají zvýšenou stabilitu a lépe odolávají měnícím se podmínkám prostředí.

Literatura

- Ammer, C., Bickel, E., and Kolling, C. 2008. Converting Norway spruce stands with beech -- a review of arguments and techniques. *Austrian Journal of Forest Science* 125(1):3-26.
- Höher, G. C. 1994. Von der Heide zum Dauerwald. *Waldentwicklung in Erdmannshausen*. Bremen, Milde Multiprint GmbH, 1994, 204 p.
- Souček, J. 2002. Conversion of a forest managed under systems involving coupes to a selection forest on an example of the Opuky research area. *Journal of Forest Science*, 48 (1): 1-7.
- Souček, J., Tesař, V. 2008. Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů. Strnady, VÚLHM, 37 p.
- Spiecker, H. et al. 2004. Norway spruce conversion - options and consequences. *European Forest Institute Research Report* 18. Brill, Leiden: 269 p.
- Thomasius, H. 1996. *Geschichte, Theorie und Praxis des Dauerwaldes*. Stassfurt, Landesforstverein Sachsen-Anhalt e.V. 64 s.
- Zakopal, V. 1981. Poznatky získané realizací Koniasova pěstebního směru na Opočně. *Lesnictví*, 27(7):591-620.

Poděkování:

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0118.

Ing. Jiří Souček, Ph.D.

e-mail: soucek@vulhmop.cz



Udržitelnost lesního hospodářství z hlediska bilance živin na příkladu Žďárských vrchů

Vít Šrámek, Věra Fadrhonsová, Radek Novotný

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

Úvod

Lesní hospodářství je závislé na udržitelné bilanci živin v ekosystému (HÜTTL 1986, SVERDRUP 2006). Na rizika spojená s příliš intenzivními metodami hospodaření na nevhodných stanovištích upozorňují již práce z druhé poloviny minulého století (KRAPPENBAUER A BUCHLEITNER 1981, SMITH ET AL., 1986, BUBLINEC A ILAVSKÝ 1990). Současné průzkumy lesních půd však ukazují, že problém s bilancí živin v lesních ekosystémech je v ČR značně rozšířený (FIALA ET AL. 2004, ŠRÁMEK ET AL. 2011) a to i na původně příznivých stanovištích (ŠRÁMEK ET AL. 2013), kde se objevují poškození lesa spojená s nedostatky ve výživě (HLÁSNÝ A SITKOVÁ 2010, LOMSKÝ A ŠRÁMEK 2004). V posledních letech narůstá také tlak na komplexní využívání biomasy včetně těžebních zbytků (ÚHÚL 2009), což potenciálně ohrožuje dlouhodobou udržitelnost hospodaření (MARIANI ET AL. 2006, AKSELLSON ET AL. 2007). Kromě bilance živin je tak negativně ovlivňovaná i jinak významná sekvestrace uhlíku v lesních půdách (ACHAT ET AL. 2015), retenční schopnosti půd (RAJKAI ET AL. 2015), či biodiverzita.

Autoři příspěvku se v současné době věnují této problematice v oblasti Žďárských vrchů na majetku Kinský Ždár, a.s. Jde především o lesní porosty ve 4. a 5. LVS (HS 53-57). Ty jsou zastoupeny na 34,7 % lesního půdního fondu v ČR. Jde o nejvýznamnější lokality z hlediska produkce dřeva, ale také vysoce cenné přírodní a krajinné prvky. Cílem výzkumu je poskytnout pro tato stanoviště metodický podklad, který bude kvantifikovat vliv hospodářských opatření (nakládání s LTZ a s biomasou prořezávek a probírek a jejich intenzita, pozemní přihnojení výsadeb a porostů) na bilanci živin, uhlíku a organických látek v půdě a napomoci tak zajištění dlouhodobě udržitelné produkce i plnění environmentálních funkcí lesů.

Představení výzkumných činností

Řešení problematiky udržitelnosti bilance živin v rámci hospodářských opatření je rozděleno do několika segmentů. Prvním z nich je průzkum výživy, který má definovat současný stav půd jako zdroje živin pro lesní porosty. Půdní vlastnosti byly sledovány v pravidelné síti 20 bodů s krokem ca 800 m. Na nich byly v roce 2017 vykopány a popsány půdní sondy a odebrány vzorky podle metodiky *ICP Forests*. Odebírány byly vzorky nadložního organického horizontu FH (včetně odběru čtyř objemových vzorků pro stanovení celkové zásoby humusu) a vzorky minerální půdy z konstantních hloubek 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm a 40-80 cm. Vzorky minerální půdy pro hloubku 0-40 cm byly odebrány jednak ze sondy, jednak ze čtyřech míst v okolí sondy půdním vrtákem. Následně byl připraven směsný vzorek půdy pro jednotlivé vrstvy. Na stejných plochách byly po ukončení vegetace odebrány vzorky asimilačních orgánů. Odběry vzorků byly prováděny bezeškodnou horolezeckou technikou z horní, osluněné části korun. Na každé ploše proběhl odběr z šesti stromů, ze kterých byly analyzovány směsné vzorky. U smrku byly odebírány vzorky dvou nejmladších ročníků jehličí. Vzorky půd i jehličí byly analyzovány ve zkušebních laboratořích VÚLHM.

Další činností je sledování vlivu různého nakládání s těžebními zbytky na vlastnosti půdního roztoku. V březnu 2017 byly v dospělém porostu smrku (SLT 6K1) vybrány a zaměřeny tři vhodné plochy. Následně v porostu proběhla clonná seč v celkové ploše cca 1ha, kdy bylo vytěženo celkem 157 stromů o celkové hmotě 188 m³, došlo tedy ke snížení porostní zásoby o 209 m³/ha. Plocha byla rozdělena na tři části, ve kterých byly použity odlišné postupy nakládání s těžebními zbytky – klestem. Na jedné ploše byl klest seštěpkován a rovnoměrně rozprostřen po ploše. Na druhé lokalitě byl ponechán klest bez štěpkování a na třetí lokalitě byl klest kompletně vyklizen a využit k energetickým účelům. Na přelomu května a června 2017 byly na těchto třech plochách vykopány sondy a instalovány gravitační půdní



lyzimetry. Po usazení lyzimetrů byly od září 2017 postupně odebírány vzorky půdní vody z vrstvy pod humusem a z hloubky 30 cm v minerální půdě. V současné době jsou k dispozici první výsledky. V dalším řešení ještě předpokládáme kvantifikaci biomasy a odnosu živin při různé intenzitě prořezávek a probírek a rovněž hodnocení vlivu přihnojování porostů na obsahy živin v asimilačních orgánech a v lesní půdě.

Výsledky průzkumu výživy ve sledované oblasti

Výsledky základních půdních analýz minerálních horizontů v půdních profilech do 80 cm jsou zobrazeny na obr. 1. Půdy vykazují poměrně výrazné znaky acidifikace svrchních půdních vrstev. Jedním z nich je klesající kyselost (stoupající pH) s hloubkou půdních horizontů. Obecně se půdy řadí mezi silně kyselé – aktivní $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ je v rozmezí hodnot 3,5 - 4,5, výměnné $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ v rozmezí hodnot 3-4. V nejspodnějším půdním horizontu 40 – 80 cm je pak část vzorků v oblasti středně kyselé. Humusová vrstva má naopak nejnižší pH s průměrnou hodnotou $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ pouze 3,06 – významná část vzorků humusové vrstvy tak spadá do oblasti velmi silně kyselé, nejnižší zjištěné pH bylo 2,87.

Obsahy dusíku, který byl původně v lesních ekosystémech limitním prvkem, jsou naopak poměrně dobré, až velmi dobré. O dobré přístupnosti dusíku svědčí rovněž poměrně nízké hodnoty poměru C/N v humusové vrstvě, které se pohybují od 16,4 do 26,3 s průměrnou hodnotou 22,3. To odpovídá horským polohám se zvýšenou depozicí dusíku.

Obsahy ostatních hlavních živin jsou však spíše nízké. Výrazné je to zejména u fosforu, kde jsou průměrné obsahy v celém půdním profilu hluboce pod hranicí deficitu (20 mg.kg^{-1}). Ve svrchních minerálních horizontech do 20 cm jsou pak pod touto hodnotou všechny vzorky. Obdobná je situace u vápníku, který se hodnotě deficitu (140 mg.kg^{-1}) přibližuje až v hlubších půdních vrstvách ve 40-80 cm. O něco příznivější je zásoba přístupného draslíku a hořčíku. I tyto bazické prvky se v hloubce půdy 10-40 cm pohybují v průměrných hodnotách na hranici nedostatku (pro hořčík 20 mg.kg^{-1} , pro draslík 30 mg.kg^{-1}).

Obsahy živin v jehličí smrku a borovic na stejných plochách ukazují v zásadě obdobnou skutečnost. Dusík je v prvním ročníku v oblasti dostatečného až dobrého obsahu, průměrná hodnota je 1,40 %. Zhruba ve čtvrtině případů byl zjištěn vysoký obsah N (nad 1,50 %) v prvním ročníku jehličí. Druhý ročník jehličí se z hlediska výživy dusíkem rovněž nachází v oblasti optima. Nejvýraznější nedostatek byl zjištěn, stejně jako v půdě u obsahů fosforu. V prvním ročníku jehličí se průměrná hodnota 1.334 mg.kg^{-1} ještě pohybuje v oblasti dostatečné výživy, čtvrtina vzorků však již vykazuje nedostatek P. Ve druhém ročníku je situace horší, průměrný obsah P je pouze 1.080 mg.kg^{-1} a dostatečná výživa fosforem byla zjištěna pouze u čtvrtiny vzorků. Poněkud lépe je na tom vápník, u kterého vykazuje nedostatek pouze několik vzorků prvního ročníku jehličí a hořčík, u kterého byla pod hranicí nedostatku téměř polovina vzorků druhého ročníku. Pro tyto prvky je to typické, neboť vápník se hromadí v asimilačních orgánech v pevně vázaných sloučeninách s věkem, naopak hořčík je poměrně mobilní a je přednostně dodáván nejmladším asimilačním orgánům. Obsahy draslíku byly u všech odebraných vzorků v oblasti dostatečné až optimální výživy tímto prvkem.

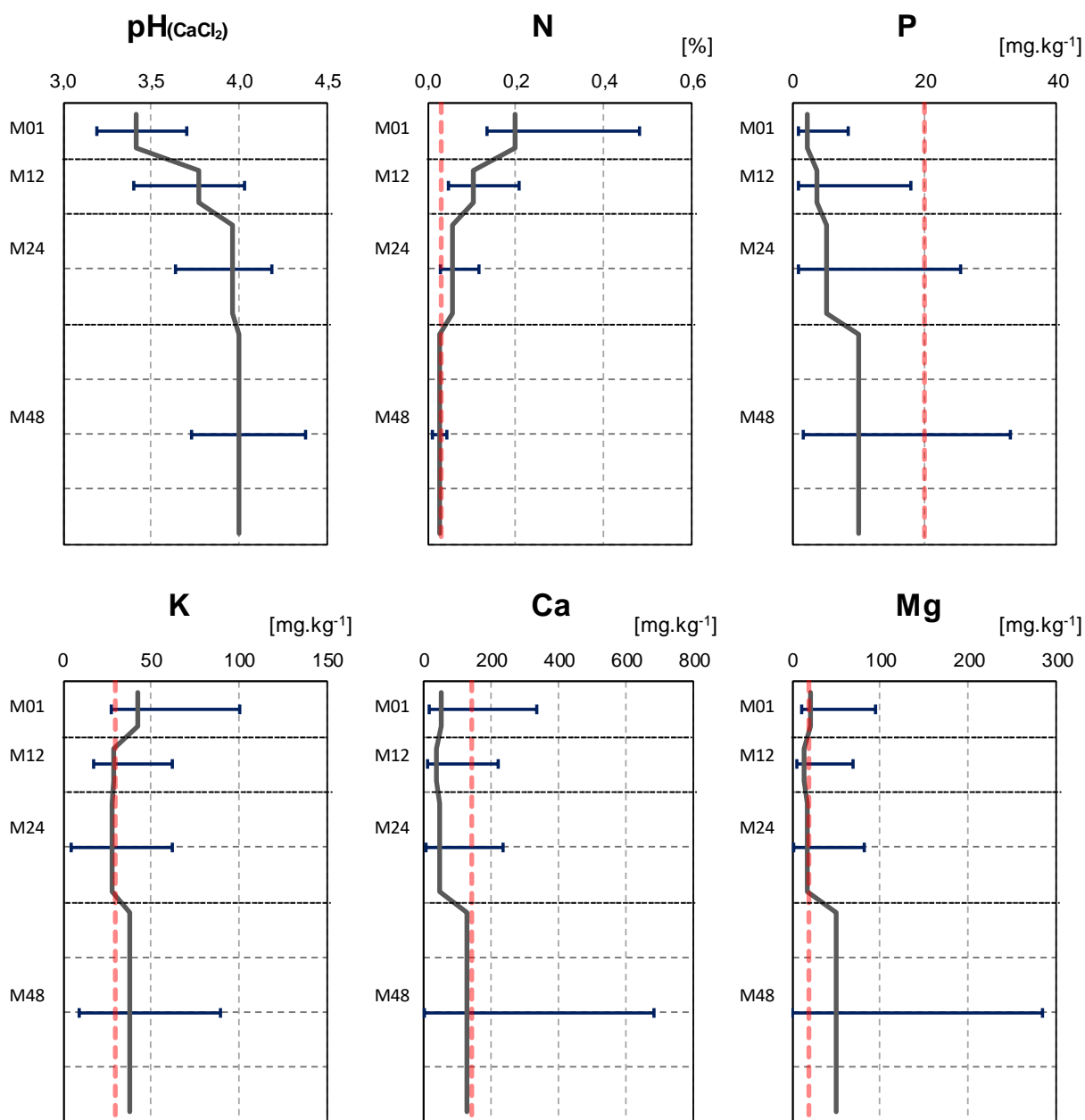
Výsledky odběru půdní vody na lokalitách s různým nakládáním se štěpkou

Výsledky jsou zatím velmi předběžné, nicméně po necelém roce odběrů je patrná tendence nižšího obsahu živin a rozpuštěného organického uhlíku (DOC) na ploše s kompletním odstraněním těžebních zbytků, oproti lokalitám se štěpkováním.

Předběžné závěry

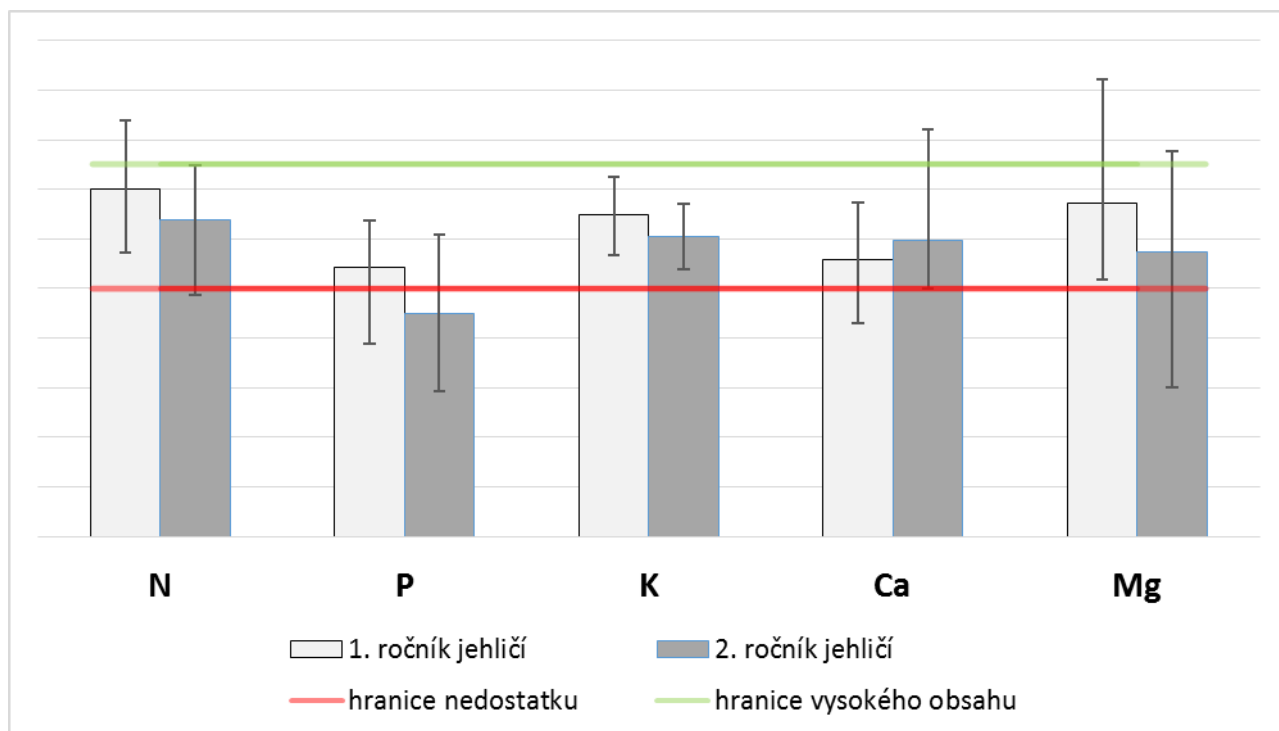
Průzkum půd a výživy dřevin ukazuje na acidifikaci půdního prostředí, která má za následek nízké obsahy bazických živin a špatnou přístupnost půdního fosforu. Na řadě ploch se to týká nejen svrchních půdních horizontů, ale celého půdního profilu, což může nepříznivě ovlivňovat i náročnější listnaté dřeviny. Problémem také může být snadná dostupnost dusíku, který je sice akcelerátorem produkce, na druhou stranu však zvyšuje i tlak na dostupnost bazických prvků. Půdní podmínky se již v současné době odrážejí v chemismu jehličí. Výsledky tedy jednoznačně ukazují, že hospodaření se živinami

v lesních porostech může být ve sledované oblasti v dlouhodobé perspektivě významným faktorem ovlivňujícím udržitelnost lesního hospodářství.



Obr. 1: Půdní reakce a přístupné obsahy prvků v minerálních horizontech půdního profilu ve sledované oblasti. Černá linie ukazuje průměrné hodnoty, chybové úsečky minimální a maximální hodnoty, červená přerušovaná čára konvenční hranici nedostatečného obsahu daného prvku.

Označení minerálních půdních vrstev podle hloubky: M01: 0-10 cm, M12: 10-20 cm, M24: 20-40 cm, M48: 40-80 cm.



Obř. 2: Relativní zobrazení obsahu živin v prvním a druhém ročníku jehličí (smrk a borovice) ve sledované oblasti. Výška sloupce udává průměrnou hodnotu v oblasti, chybové úsečky minimum a maximum. Použitá absolutní hodnota hranice nedostatku a vysokého obsahu pro jednotlivé prvky je uvedena v tabulce 1.

Tab. 1: Hranice nedostatku a vysokého obsahu živin v jehličí.

	N [%]	P [mg.kg ⁻¹]	K [mg.kg ⁻¹]	Ca [mg.kg ⁻¹]	Mg [mg.kg ⁻¹]
<i>hranice nedostatku</i>	1,0	1 200	3 000	1 500	700
<i>hranice vysokého obsahu</i>	1,5	2 000	8 000	6 000	1 500

Literatura

- Achat, D., Fortin, M., Landman, G., Ringeval, B., Augusto, L. 2015. Forest soil carbon is threatened by intensive biomass harvesting. *Scientific Reports* 5, 15991;
- Aksellson C., Westling O., Sverdrup H., Holmquist J., Thelin G., Uggla E., Malm G. 2007. Impact of harvest intensity on long-term base cation budgets in Swedish forest soils. *Water, Air and Soil Pollution, Focus*, 7: 201-210.
- Bublinec E., Ilavský J. 1990. Harvesting of aboveground biomass of trees and its effect on site conditions in forests. *Lesnictví*, 36: 887-894.
- Fiala, P., Reininger, D., Samek, T., 2004: Výsledky průzkumu stavu výživy lesa na území lesní správy Vyšší Brod. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, 46 s.
- Hlásny, T., Sitková, Z. (eds.) 2010. Spruce forest decline in the Beskids. National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen & Czech University of Life Sciences Prague & Forestry and Game Management Research Institute Jíloviště-Strnady. Zvolen, 182 p.
- Hüttl, R. F. 1986. Neuartige Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen in Südwestdeutschland am Beispiel Oberschwaben. *Kali-Briefe*, 17: 1-7.
- Krapfenbauer A., Buchleitner E. 1981. Holzernte, Biomassen- und Nährstoffaustrag, Nährstoffbilanz eines Fichtenbestandes. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 98: 193-223.



- Lomský, B., Šrámek, V. 2004. Different types of damage in mountain forest stands of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50: 533-537.
- Mariani L., Chang S.X., Kabzems R. 2006. Effects of tree harvesting, forest floor removal, and compaction on soil microbial biomass, microbial respiration, and N availability in a boreal aspen forest in British Columbia. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 1734–1744.
- Smith C., T., McCormac M. L., Hornbeck J. W., Martin C. W. 1986. Nutrient and biomass removals from a red sprucebalsam fir whole tree harvest. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 381-388.
- Sverdrup, H., Thelin, G., Robles, M., Stjernquist, I., Sörensen, J., 2006: Assessing nutrient sustainability of forest production for different tree species considering Ca, Mg, K, N and P at Björnstorp Estate, Sweden. *Biogeochemistry*, 81: 219-238.
- Šrámek, V., Jurkovská, L., V. Fadrhonsová, V., Hellebrandová-Neudertová, K 2013: Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií - výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektů EU "BioSoil". *Zprávy lesnického výzkumu* 58, 314 – 323
- Šrámek, V., Vortelová, L., Fadrhonsová, V., Hellebrandová, K. 2011: Výsledky výzkumu lesních půd v rámci programu Biosoil v České republice – zajištění výživy dřevin základními živinami. In: Sobocká J.: Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Societas pedologica slovac, Bratislava, s. 182-190.
- ÚHÚL, 2009: Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 48 s.

Poděkování:

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0118.

Doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D.

e-mail: sramek@vulhm.cz

Ing. Věra Fadrhonsová

e-mail: fadrhonsova@vulhm.cz

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

e-mail: novotny@vulhm.cz



Přestavby monokultur smrku Sitka na přírodě bližší formy hospodaření v Irsku

Edward Wilson^{1,2}, Ian Short¹, Áine Ní Dhubháin² a Paddy Purser^{3,4}

¹ Teagasc Forestry Development Department, Ashtown, Dublin

² UCD Forestry, University College Dublin, Belfield, Dublin

³ Purser Tarleton Russell Ltd, Forest Sector Management, Consultancy

⁴ Research, Woodenbridge, Co. Wicklow

Abstrakt

Stejně jako jinde v Evropě, nepasečný způsob hospodaření (NZH), je také populárním tématem diskusí mezi irskými lesníky. Nynější výzkum a rostoucí počet existujících, funkčních příkladů demonstruje potenciál tohoto pružného a odolného pěstebního přístupu. V současné době se v naší práci věnujeme přeměně monokultur smrku Sitka na NZH. Důraz je zvláště kladen na potenciální úlohu strukturujících pěstebních zásahů, tj. jiných typ pěstebních zásahů než je konvenční, v Irsku nejčastěji používaný, zásah podúrovňový. V tomto příspěvku se zabýváme úrovnovou probírku a probírku s probírkou strukturující, které v porostu tvoří větší heterogenitu struktury a umožňují větší kontrolu nad tvorbou kvalitních stromů během procesu porostní transformace. Tento článek poskytuje přehled o převodech na NZH v Irsku a o předběžných výsledcích našeho výzkumu, který se zabývá počáteční fází přestavby smrkových porostů.

Úvod

Irské lesnictví v současné době prochází obdobím růstu a rozvoje. Hlavními faktory, které momentálně ovlivňují změny v tomto sektoru, jsou vzkvétající trh s produkty domácího lesnicko-dřevařského odvětví, i zvýšené požadavky na poskytování mnoha ekosystémových služeb a potřeba zvýšit ekologickou stabilitu našich lesů. Zvláště důležitý je požadavek na diverzifikaci druhové skladby a struktury lesů tak, aby se mohly přizpůsobit předpokládaným změnám klimatu a také hrozbám v podobě škůdců a chorob.

V současné době se v Irsku spoléháme pouze na malý počet jehličnatých a listnatých druhů hospodářských dřevin. Více než 50 % hospodářského lesa tvoří jediný druh - smrk Sitka (*Picea sitchensis*). Holosečně obnovované stejnověké a stejnorodé porosty věkových tříd jsou hlavním hospodářským způsobem. Je zřejmé, že přijetí širší škály genotypů, druhů dřevin a pěstebních systémů povede k rozmanitějším lesům a sníží se tak rizika pro životní prostředí. Výzvou pro lesníky v Irsku je však vyvinout nové přístupy, které zvýší ekologickou odolnost, ale také zachovají produkci dřeví, i další ekosystémové služby lesa.

Nepasečný způsob hospodaření (NZH) je jedním z nejdůležitějších pěstebních směrů, které se v Irsku v posledních letech objevily. NZH je pružný a přizpůsobivý - adaptabilní pěstební systém, který vytváří strukturně bohaté a odolné lesní porosty. Vážná diskuse ohledně NZH probíhá v Irsku již od počátku devadesátých let a je vedena irskou pobočkou hnutí Pro Silva (Pro Silva Ireland – zahrnuje Irsko i Severní Irsko). S nově vyvíjenými iniciativami se zdá, že NZH vyhledává stále více pokrokových majitelů lesů. Širší využití NZH bylo nedávno stimulováno oznámením Evropské Investiční Banky o možnosti čerpání z fondu ve výši 12,5 milionů EUR a z rozvojového grantu ve výši 0,8 milionu EUR, ale také možnosti využití grantu na podporu NZH poskytnutého Irskou lesnickou agenturou.

Tento příspěvek poskytuje stručný přehled a diskuzi ohledně aktuálních směrů v NZH v Irsku a odkazuje na výzkum přestaveb monokultur smrku Sitka na nestejnorodé, strukturně diferencované porosty, který jsou však momentálně stále ještě v počátečních fázích. Představujeme zde předběžné výsledky a postřehy z našeho projektu TranSSFor.

Definice nepasečného hospodaření

Nepasečné způsoby hospodaření jsou definovány jako hospodaření v lesních porostech, kde korunové patro je vždy udržováno alespoň v jedné nebo více vrstvách. Mezi hlavní principy patří hospodaření a udržování lesního ekosystému – resp. trvalého zápoje lesního porostu, použití procesů biologické



automatizace a respektování specifík lesního stanoviště. Toto zahrnuje využití přirozené lesní sukcese, přirozené obnovy, tvořivé síly přírody, tvorbu smíšených druhové skladby a zvyšování biodiverzity. Použití výběrných principů, ať již jednotlivých, či skupinovitých, umožňuje v obou případech to, že těžba mytně zralých stromů, i obnova lesa se odehrávají souběžně. Postupně, díky strukturujícím zásahům se les vyvíjí z počáteční, strukturně uniformnější fáze, do pokročilejších, strukturně pestřejší a diferencovanější porostní výstavby. Společně tyto postupy a uplatněné procesy vedou k souhrnnému názvu nepasečných způsobů hospodaření – tj. přírodě blízkému hospodaření.

Existuje několik ekonomických a ekologických vlastností NZH, které mohou přispět k jeho širšímu přijetí v irském lesnictví. Největší diskuse ohledně NZH patří struktuře lesních porostů a výzvě v podobě zajištění přirozené obnovy, zejména tam, kde jsou vysoké stavy zvěře a vyšší ekologické požadavky hlavních druhů na stanoviště. Nicméně, hlavní důvod pro využití NZH je produkce vysoce kvalitního dřeva v lesních porostech s trvalá strukturovanost porostu, což irští lesníci dobře vědí a co měli také možnost opakovaně vidět během jejich studijních návštěv ve střední Evropě. NZH umožňují lesníkům vybírat jednotlivé stromy v závislosti na jejich potenciálu k produkci jakostního dříví. Prostřednictvím použití vhodného probírkové metody je možné ovlivňovat přírůstek takových jedinců a cílit tak jejich těžbu coby cílových stromů na dobu, kdy dosáhnou mytní jakosti a kulminace přírůstu, prostřednictvím metod těžební zralosti spočívající v cílové tloušťce, resp. kulminace hodnotového přírůstu.

Z ekologického hlediska lze výhody strukturně diferencovaných lesů spatřovat ve zvyšování odolnosti lesních porostů, oproti porostní struktuře homogenizujícím hospodářským způsobům pasečného lesa vedoucí k tvorbě stejnověkových porostů. Lesy, kde se praktikuje NZH mají vyšší odolnost proti větru (pokud je již od začátku vývoje lesního porostu uplatněna náležitá výchova); udržují rovnoměrnější ukládání uhlíku a celou uhlíkovou bilanci; vykazují nižší uhlíkové ztráty půdy po těžbě; mají snížené riziko degradace lesních stanovišť a ohrožení produkčního potenciálu stanoviště; udržují vyšší hodnotu vlhkosti vzduchu v porostu (vhodné mikroklima) a jsou vhodné jak jako lesní porosty smíšené, tak i s případně nesmíšené.

NZH je žádoucí při polyfunkčním hospodářství, kde takové lesy představují důležitou hodnotu v rámci stability krajiny, rekreace i ekologických hodnot a funkcí. NZH lze využít v citlivých povodích a ochranných zónách vodních toků, kde je nutné optimalizovat jejich vodnost, i teplotu vody a kde je nezbytné snižovat riziko znečištění splachy nebo výskyt dusičnanů, jež jsou častými problémy splachů v povodích, kde jsou uplatňovány holé seče. V neposlední řadě při těchto způsobech hospodaření se časem získávají žádoucí entity podporující biodiverzitu, jako je tomu například při ponechání přestárlých stromů. Možnost aktivní podpory a zvýšení biodiverzity v lesích bývá silnou motivací k přijetí nepasečných způsobů hospodaření zejména u malých vlastníků lesů.

Přestavby monokultur smrku Sitka

Pravděpodobně největší výzvou pro lesníky je zvládnutí samotného procesu porostních přestaveb z porostů stejnověkových, na strukturně diferencované. Pro zvýšení plochy lesů, kde by se uplatnily NZH, je nutné identifikovat stejnověké porosty, vhodné pro převody hospodářského způsobu. Při tomto výběru musíme brát v potaz podmínky, jako jsou zejména zamokřené půdy a návětrné oblasti s výskytem bořivého větru, což jsou velmi závažné právě v Irsku. Pěstební technika přestaveb je tvořena dílčími postupnými a plánovanými zásahy, které napodobují procesy v přírodních lesích. Zásady přestaveb s využitím NZH jsou dobře definované a NZH je nyní běžně uplatňováno v rámci lesního hospodářství v mnoha částech Evropy. Obecně je výhodné zahájit přestavby v mladších porostech, ideálně tak během první nebo druhé probírky, než přeměnu začínat v pozdější růstové fázi porostů. Dodržení nastaveného pěstebního schématu zásahů a zabránění zpoždění jednotlivých zásahů je důležité pro stabilitu porostu, rozvoj cílových stromů a vývoj přirozené obnovy.

Porostní transformace představuje dlouhodobý pěstební cíl a lze ji považovat za samostatnou fázi při aplikaci nepasečných způsobů hospodaření; proto jsme následovně shrnuli čtyři podstatné etapy převodu na NZH:

Fáze 1: Příprava – soustředění přírůstu na jakostní jedince - čekatele



Porosty určené pro přeměnu by s tímto cílem měly být detekovány na počátku svého porostního vývoje při uvážení jejich probírkového stavu, i jejich produkčního potenciálu, zvláště ve smyslu přírůstného jakostního hospodářství. Nekvalitní jedinci (nízké fenotypové třídy) by měli být odstraněni a podpoření by naopak měli být jedinci kvalitní. Zásahy současně směřují i na podporu stability jednotlivých stromů a porostu jako celku (tj. změna stíhlostního kvocientu) – probírkový přístup by měl být řešen formou často opakovaných, slabších zásahů. Podpora kvalitních stromů ve všech tloušťkových třídách porostu povede k získání větší heterogenity porostu a korunové vrstvy. Nejlepších výsledků dosáhneme při uplatnění úrovnové probírky, než probírky podúrovnové, která je dosud převažující praxí ve většině stejnověkých a stejnorodých porostech. Tento probírkový přístup navíc lesníkovi umožňuje soustředit přírůst porostu na vysoce kvalitní stromech – čekatelích. Výhodou je, že průměrná hmotnost těžebního zásahu je díky podílu jedinců úrovnových a nadúrovnových vyšší, což pozitivně ovlivňuje celkovou ekonomiku a rentabilitu zásahu.

Fáze 2: Přirozená obnova

Jak se porost vyvíjí a stromy začínají fruktifikovat, do procesu přestavby můžeme zakomponovat přirozenou obnovu. Probírka by měla být zaměřena na snížení kruhové základny, a tak by měla také umožnit odpovídající úroveň světelného požitku dopadající na zem. Prahová hodnota velikosti výčetní kruhové základny porostu, důležité ale také pro maximalizaci přírůstu (tj. optimální kruhová základna pro maximální přírůst), je dnes dobře popsána u většiny našich hospodářsky významných druhů dřevin a tyto hodnoty mohou posloužit jako vodítko pro správnou intenzitu pěstební zásahu. Zabránění rovnoměrnému odstranění nadúrovnových stromů a dodržování tvorby skupin stromů (pěstebních buněk) a posilování porostní strukturovanosti s širokou korunovou vrstvou umožní jednak formování přirozené obnovy ve skupinkách při vzniku její pestré mozaiky; zároveň v umožní obnovu dřevin cílové druhové skladby díky pestré paletě vytvořených pěstebně-ekologických podmínek.

Fáze 3: Vývoj a podpora porostní struktury

V této fázi se výběr stromů zaměřuje na těžbu cílových stromů (po dosažení cílové tloušťky) a na podporu čekatelů a cílových stromů, které cílové tloušťky ještě nedosáhly. V ideálním případě je při zásahu odstraněno maximálně 20 % kruhové základny, který však nepřesahuje přírůst daného porostu. Nicméně, ve vysoce produktivních a stabilních porostech může intenzita těžebního zásahu překračovat přírůst s cílem udržovat kruhovou základnu pod kontrolou (tj. pod optimální) kvůli podpoře a dalšímu rozvoji porostní struktury. U méně stabilních stanovišť může být dosažení optimální hodnoty kruhové základny dlouhodobější a komplikovanější úkol, neboť intenzita jednotlivých zásahů může být někdy menší, než je přírůst a tím dosažení optimální kruhové základny komplikovat, což negativně ovlivňuje především obnovu porostu a tím i rozvoj porostní struktury.

Fáze 4: Udržení porostní struktury

Porost po porostní přestavbě na les trvale plně tvořivý je ve fázi, kdy je hlavním cílem udržení trvalé a bezpečné produkce jakostního dříví při souběžně trvajícím a pěstebně podporované obnově. V ideálním případě je již těžen pouze přírůst, při vyrovnanosti zralostní těžby cílových stromů a zachováním vysokého dosaženého stupně porostní strukturní, texturní a prostorové diferencovanosti. Stromy by měly být těženy při kulminaci hodnotového přírůstu, zpravidla provozně determinované dosažením cílové tloušťky, nebo v rámci zdravotního výběru, či pokud negativně ovlivňují vývoj porostní struktury. Pokud dojde ke škodám způsobených větrem, stanou se součástí porostní struktury, neboť zpravidla jedinci mladší růstové fáze (nálet, nárost apod.) z dané plochy je schopen nově vytvořený disponibilní porostní prostor porostní mezery plně obsadit. Doba návratná pro optimální zachování všech popsáných benefitů se zpravidla pohybuje mezi třemi a pěti lety.

Uplatnění nepasečného hospodaření v praxi

Na rozdíl od jiných částí Evropy se podle principů NZH v současné době hospodaří pouze v poměrně malé části irských lesů. Výzkum Dr. Lucie Vítkové (nyní Česká zemědělská univerzita v Praze - Fakulta lesnická a dřevařská) identifikoval velký a také rostoucí počet uživatelů NZH, ačkoli celková plocha, kde se NZH aplikuje, zůstává poměrně malá (tj. v Irsku jsou nyní NZH uplatňovány na 10 600 ha). Zkušenosti s NZH jsou nejrozšířenější v listnatých lesích a v lesních porostech s převahou douglasky, které se běžně vyskytují v podmínkách příznivých pro přirozenou obnovu (při náležitě ochraně proti okusu zvěří).



Průzkum mezi irskými lesníky však zjistil, že ačkoli je o NZH významný zájem, překážkami k rozšíření NZH je nedostatek zkušeností s jeho praktickým uplatněním a nedostatek vhodných ukázek, odborných školení a seminářů, ale také nedostupnost růstových modelů pro nepasečný les.

K podpoře lepšího porozumění NZH napomáhá asociace pro nepasečné způsoby hospodaření (Irregular Siliculture Network; tj. ISN), což je skupina vlastníků lesů, lesníků a výzkumných pracovníků z Velké Británie a Irska, která vytvořila síť trvalých experimentálních ploch, která poskytuje informace o vývoji porostní struktury, produkčním potenciálu a produkci jednotlivých stromů, ekonomická data (nákladovost a příjmy), ale také o mnohých ekosystémových službách. Tato síť experimentálních ploch je inventarizována v pětiletém cyklu a poskytuje cenné informace pro podporu "nejlepších pěstebních postupů".

Kritickou částí NZH je výběr a značení stromů, které je třeba odstranit během pěstebního zásahu, ale také výběr a značení stromů čekatelů a cílových stromů, které je nutno ponechat. Tento důležitý aspekt však vyžaduje, aby lesník čerpal jak z vědy, tak z praktických pěstebních zkušeností. Je třeba podrobně porozumět vývoji a růstu stromů, ale také kvalitativním kritériím výběru stromů. V souvislosti s tím je potřeba pravidelných a jednoduchých inventarizací porostní struktury, přičemž nejdůležitějšími sledovanými znaky jsou distribuce tloušťkových tříd, podíl kvalitativních tříd, přírůst, a vývoj výčetní kruhové základny porostu, což jsou vše charakteristiky nejdůležitější z pohledu pěstebního rozhodování a zpřesnění pěstebního systému.

Les trvale plně tvořivý a smrk Sitka

O potenciální uplatnění NZH v hospodářských lesích, kde v druhové skladbě převládá smrk Sitka, je v současnosti velkým zájmem. Převážná většina smrku Sitka je ve formě monokultur mladších 40 let. Přestavba i malé části monokultur smrku Sitka na NZH by výrazně zvýšila celkovou strukturní rozmanitost lesů a podpořila cíle státní lesnické politiky pro zvýšení ekologické odolnosti.

Pokyny pro přestavbu porostů smrku Sitka na NZH se postupně vyvíjejí a některé základní požadavky procesu se nyní stávají mnohem zřetelnější. Brzké zahájení procesu porostní přestavby je obzvláště důležité pro podporu stability porostu zejména v horských oblastech a na lokacích s relativně mělkými půdami. V takových případech udržování dobrého infrastruktury technického odvodnění v porostu je nutné, aby se zabránilo extrémnímu zamokření. Zvláštní péče může být zapotřebí při otevření korunového zápoje po pěstebních zásazích, jelikož příliš mnoho bočního světla povzbudí růst epicormických výhonků (zavlčení), který může snížit kvalitu dřeva.

Aktuální výzkum

V Irsku existují dvě související studie o přestavbách smrku Sitka na NZH. Projekt zabývající se pěstebními systémy s minimálním dopadem (tj. Low Impact Silvicultural Systems project) financovaný radou pro výzkum a vývoj lesnictví (Council for Forest Research and Development; COFORD) řešený University College Dublin byl dokončen v roce 2014. Pokračováním tohoto projektu je projekt TranSSFor financován organizací Teagasc a společně řešený s University College Dublin. V rámci prvního projektu byl v roce 2011 založen trvalý experiment testující různé typy probírek ve dvou porostech smrku Sitka na kontrastních stanovištích a porostních typech. Tyto trvalé experimentální plochy jsou umístěny na dvou lokalitách: 1. produkční les vlastněný a spravovaný společností Coillte (tj. polostátní společnost hospodařící s téměř polovinou irských lesů) na exponované lokalitě v nadmořské výšce 310 m (což je v Irsku považováno za horskou polohu) s jílovitou půdou; 2. les v soukromém vlastnictví na závětrném lokalitě s hlubokou hnědou lesní půdou v nadmořské výšce 250 m. Tento experiment testuje vliv podúrovňové a úrovňové probírky, ale také probírku strukturující. V tomto příspěvku budou představeny některé předběžné výsledky tohoto experimentu.

Akademická obec a státní správa uznávají, že přestavba monokultur na NZH je provozní i profesní výzvou. Kromě výzkumu v oblasti pěstění lesů je stále více kladen důraz na profesní rozvoj a společenskou změnu, jež jsou potřebné pro přijetí nových přístupů v lesnictví. Praktické semináře se ukázaly jako nezbytné pro podporu a rozvoj poznání mezi lesníky a vlastníky lesů.



Závěr

Nepasečné způsoby hospodaření se stávají stále atraktivnější možností pro trvale udržitelné lesní hospodářství v Irsku. Nové iniciativy a podněty dávají majitelům lesů, investorům a praktikům nezbytnou podporu pro přijetí NZH. Identifikace stromů čekatelů v počátečním stádiu porostního vývoje a následné uplatnění úrovnových zásahů, jsou klíčem k úspěšné přestavbě monokultur na odolný les, les trvale plně tvořivý.

Další doporučené literární zdroje

- Helliwell, D. R., and E. R. Wilson. 2012. Continuous cover forestry in Britain: challenges and opportunities. *Quarterly Journal of Forestry* 106(3): 214-224
- Sanchez, C. 2017. Pro Silva silviculture: guidelines on continuous cover forestry/close to nature forestry management practices. Forêt Wallonne, Namur, Belgium. 64 p.
- Susse, R., et al. 2011. Management of irregular forests: developing the full potential of the forest. Association Futaie Irrégulière, Besançon, France. 144 p.
- Vítková, L., and Á. Ní Dhubháin. 2013. Transformation to continuous cover forestry: a review. *Irish Forestry* 70(1/2): 119-140
- Vítková, L., Á. Ní Dhubháin, P. Ó'Tuama and P. Purser. 2013. The practice of continuous cover forestry in Ireland. *Irish Forestry* 70(1/2): 141-156
- Vítková, L., Á. Ní Dhubháin and V. Upton. 2014. Forestry professionals' attitudes and beliefs in relation to, and understanding of continuous cover forestry. *Scottish Forestry* 68(3): 17-25
- Wilson, E. R., H. W. McIver and D. C. Malcolm. 1999. Transformation to irregular structure of an upland conifer forest. *Forestry Chronicle* 75(3): 407-412
- Wilson, E. R., I. Short, Á. Ní Dhubháin and P. Purser. 2018. Continuous cover forestry: the rise of transformational silviculture. *Forestry Journal* 288 (August 2018): 38-40
- Wilson, E. R., I. Short, Á. Ní Dhubháin and P. Purser. 2018. The TranSSFor Project: the transformation of Sitka spruce stands to continuous cover forestry. *CCFG Newsletter* 38 (Spring 2018): 91-97
- webová stránka:** Projekt TranSSFor - www.teagasc.ie/crops/forestry/research/transformation-of-sitka-spruce-to-ccf/

Tento příspěvek vychází z článku publikovaného v časopise Forestry Journal v srpnu 2018.

Korespondenční autor:

Dr. Edward Wilson

e-mail: Ted.Wilson@teagasc.ie



Demonstrační objekty nepasečného hospodaření Pro Silva Bohemica

Demonstrační objekt 201710 Kocanda, demonstrační plocha 201710A Kocanda

Jiří Zahradníček

Nezávislý český lesník, Václavkova 53, 615 00 Brno, Česká republika

Demonstrační objekty nepasečného hospodaření Pro Silva Bohemica

Smyslem zakládání a prezentace demonstračních objektů nepasečného hospodaření (DONH) Pro Silva Bohemica (PSB) je ukazovat vlastníkům a správcům lesa cesty k šetrnějším, přírodu respektujícím nepasečným způsobům obhospodařování lesů pro zvýšení ekonomické efektivity hospodaření. Demonstrační objekt nepasečného hospodaření se zřizuje alespoň na části majetku, ve které se vlastník lesa rozhodl pro uplatnění nepasečného hospodaření dle principů Pro Silva.

Cílem PSB je v následujících pěti letech vytvořit síť minimálně padesáti demonstračních objektů, které budou postihovat různé formy vlastnictví lesa, různé přírodní podmínky a hlavně různorodá pěstební témata spojená se snahou o přestavbu současných převážně stejnověkových monokultur na různověké tloušťkově, výškově a prostorově diferencované smíšené lesy obhospodařované s využitím výběrných principů.

V rámci každého DONH je založena alespoň jedna periodicky celoplošně měřená demonstrační plocha (DP) o výměře 1 ha (zpravidla čtverec 100 x 100 m). Umístění DP v DONH je voleno tak, aby porostní situace DP reprezentovala konkrétní pěstební problematiku, která místního lesního hospodáře zajímá z hlediska hledání optimálních pěstebních postupů. Nejedná se tedy o demonstraci toho nejlepšího, co DONH nabízí, ale často naopak o nejproblematičtější porostní situace, se kterými je nutno pracovat v počátečních fázích přestaveb porostů.

Posláním DP je na základě dlouhodobě opakovaného měření poskytnout vlastníkovi a správci lesa objektivní údaje o vývoji celkové zásoby, tloušťkového členění zásoby, četností stromů v tloušťkových stupních, o vývoji celkového běžného přírůstu a přirozené obnovy v čase a v reakci na prováděné hospodářské zásahy.

Opakované měření DP přinese lesnímu hospodáři tyto údaje:

- Vývoj hektarové zásoby stromů hroubí, hektarového počtu stromů hroubí a hektarové kruhové základny stromů hroubí dle dřevin a tloušťkových stupňů
- Hektarová zásoba, hektarový počet a hektarová kruhová základna vytěžených stromů hroubí dle dřevin a tloušťkových stupňů
- Periodický celkový běžný přírůst hroubí
- Vývoj rozlohy obnovy dle dřevin a výškových tříd obnovy

Se zakládáním DONH jsou spojeny další aktivity. Důležitá je publikace a zpřístupnění výsledků měření DP v podobě periodických a výročních zpráv na webových stránkách www.prosilvabohemica.cz. Pro Silva Bohemica pořádá v rámci svých spolkových aktivit pro své členy a pro širokou odbornou veřejnost semináře spojené s exkurzemi do jednotlivých DONH. V rámci svých propagačních aktivit PSB založila edici informačních letáků (skládaček) věnovaných konkrétním DONH (DONH Kryštofovo Údolí a DONH Kocanda). V DONH Kryštofovo Údolí byly umístěny první dvě informační tabule věnované DONH a DP. K velmi důležitým aktivitám patří bezplatné poradenství správcům DONH a metodická podpora při vyznačování těžebních zásahů na DP.

Projekt zakládání DONH je zatím pro nestátní vlastníky finančně podporován Ministerstvem zemědělství ČR (s dotací 100 % v počtu cca pěti objektů ročně). V roce 2017 bylo založeno 10 demonstračních objektů. Pro rok 2018 je již výběr objektů uzavřen, pro rok 2019 je několik objektů předjednáno nebo v jednání (HRON a ZAHRADNÍČEK 2018).

Demonstrační objekt 201710 Kocanda

Demonstrační objekt Kocanda o výměře 932,34 ha, který byl založen dne 1. 11. 2017, se nachází na majetku rodinky Kinských poblíž Žďáru nad Sázavou. Správcem lesa je společnost Kinský Žďár, a.s. Demonstrační objekt leží v přírodní lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina. Demonstrační objekt

je tvořen odděleními 201 – 212, 215 a 216. Dlouholetým lesníkem na LÚ Kocanda je Jiří Bína (ZAHRADNÍČEK 2017).

Demonstrační plocha 201710A Kocanda (dle BÍNA a BEDNÁŘ in ZAHRADNÍČEK 2017)

DP201710A je tvořena dvěma samostatnými porostními skupinami (PSK), které reprezentují dvě rozdílné porostní a pěstební situace.

PSK 37 - etáž 202Ee7 - 0,85ha je typickým příkladem stejnověkého a stejnorodého porostu smrku ztepilého založeného umělou obnovou po rozsáhlém větrném polomu v říjnu 1930 (a následných dalších kalamitních událostech, které v dalších cca 10 letech rozvrácené porosty postihovaly).

PSK 21 - etáž 202Ee1b - 0,15 ha. V roce 2000 došlo k vložení třech východisek obnovy do výše popsaného porostu, které měly charakter pruhových clonných sečí orientovaných kolmo na předpokládaný směr bořivého větru, který přichází nejčastěji ze severozápadu. Intenzita porostní clony clonných sečí nebyla jednotná, ale byly vytvořeny tzv. clonné skupiny pro podsadby MZD (vysázených zjara 2001). Díky stanovištním podmínkám bylo možné využít podsadbu JD, tak i BK. Tím byl sledován časový a růstový předstih obnovy obou MZD před nastupující přirozenou obnovou SM (která navazuje na clonné skupiny).

Stanovištně je situace obou PSK stejná. Celá DP je totiž součástí dolní části poměrně rozlehlého mírného svahu SV expozice. Svah je protkán sítí drobných vodních toků a příkopů. Typologicky se jedná o kyselá oglejená vodou ovlivněná stanoviště kyselých smrkových jedlin 6P1(CHS 57).

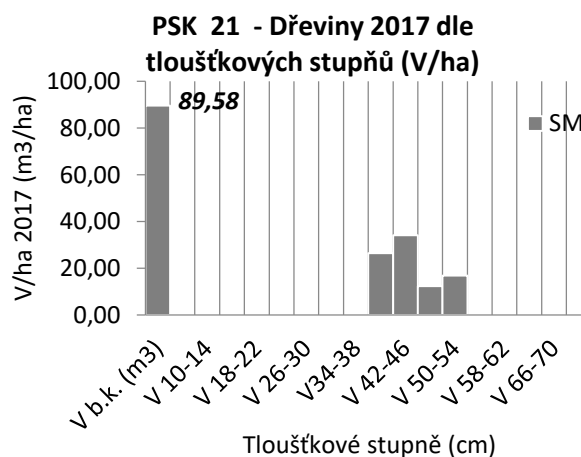
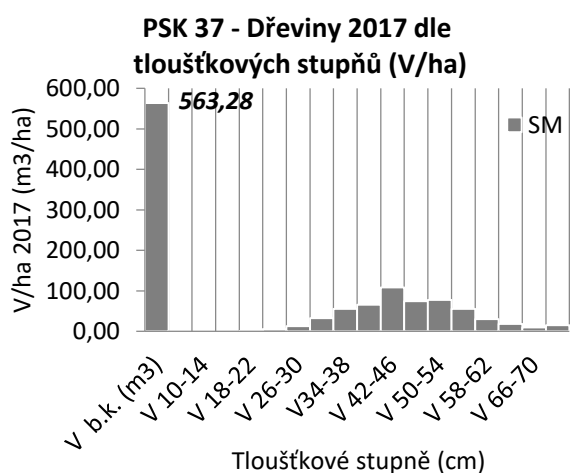
- **Dlouhodobý cíl hospodaření**

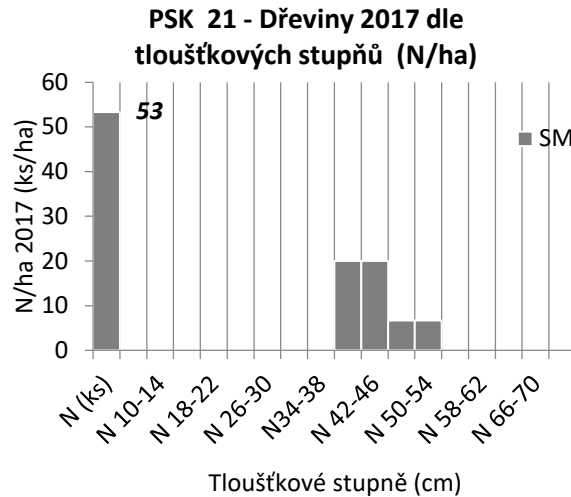
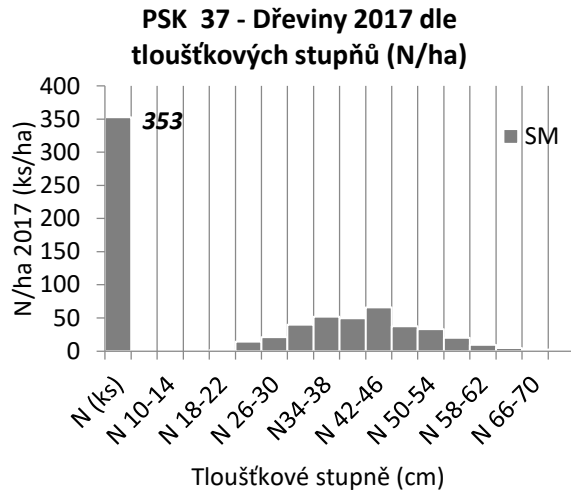
Dlouhodobým cílem je nejen tvorba strukturovaných, stabilních porostů, ale zároveň porostů smíšených, ve kterých bude dostatečný podíl všech cílových dřevin (dřevin Hercynské směsi), aby při obnově takto vzniklých porostů byla v budoucnu zaručena přirozená obnova každé ze zastoupených dřevin. Obnova porostu se samozřejmě neomezuje na pěstební péči pouze na ploše východisek obnovy, ale jak bylo výše naznačeno, postupuje dále do porostu ve směru obnovního postupu. Dochází jednak k zahušťování východisek obnovy (právě nyní), především jsou ale prováděny strukturující zásahy na ploše porostu mezi východisky obnovy. Obnovní postup tak není liniový (i když i takový by v konkrétním případě byl možný a dosažení výhledového pěstební cíle nevyklučoval díky tvorbě kvalitního diagonálního zápoje), ale je spíše skupinovitý. Pracuje tak s vytvářením různě intenzivně cloněných skupin a skupinek, pod jejichž porostní clonou dochází k formování pestré mozaiky strukturované přirozené obnovy SM.

- **Krátkodobý cíl hospodaření**

PSK 37 – Rozšiřování východisek obnovy postupným pomístným procloňováním porostu, redukce nekvalitních jedinců, podpora nadějných stromů
 PSK 21 – První výchovný zásah.

Výsledky měření DP201710A v roce 2017 (dle ZAHRADNÍČEK 2017)





Literatura

- Zahradníček, J. (2017): *Demonstrační objekt nepasečného hospodaření Kocanda*. Pro Silva Bohemica, str. 38.
 Hron, M., Zahradníček, J. (2018): *Metodický postup zakládání demonstračních objektů nepasečného hospodaření a demonstračních ploch Pro Silva Bohemica*. Pro Silva Bohemica, str. 10.

Ing. Jiří Zahradníček

Tel: +420 602 709 533

e-mail: jiri.zahradnicek@email.cz

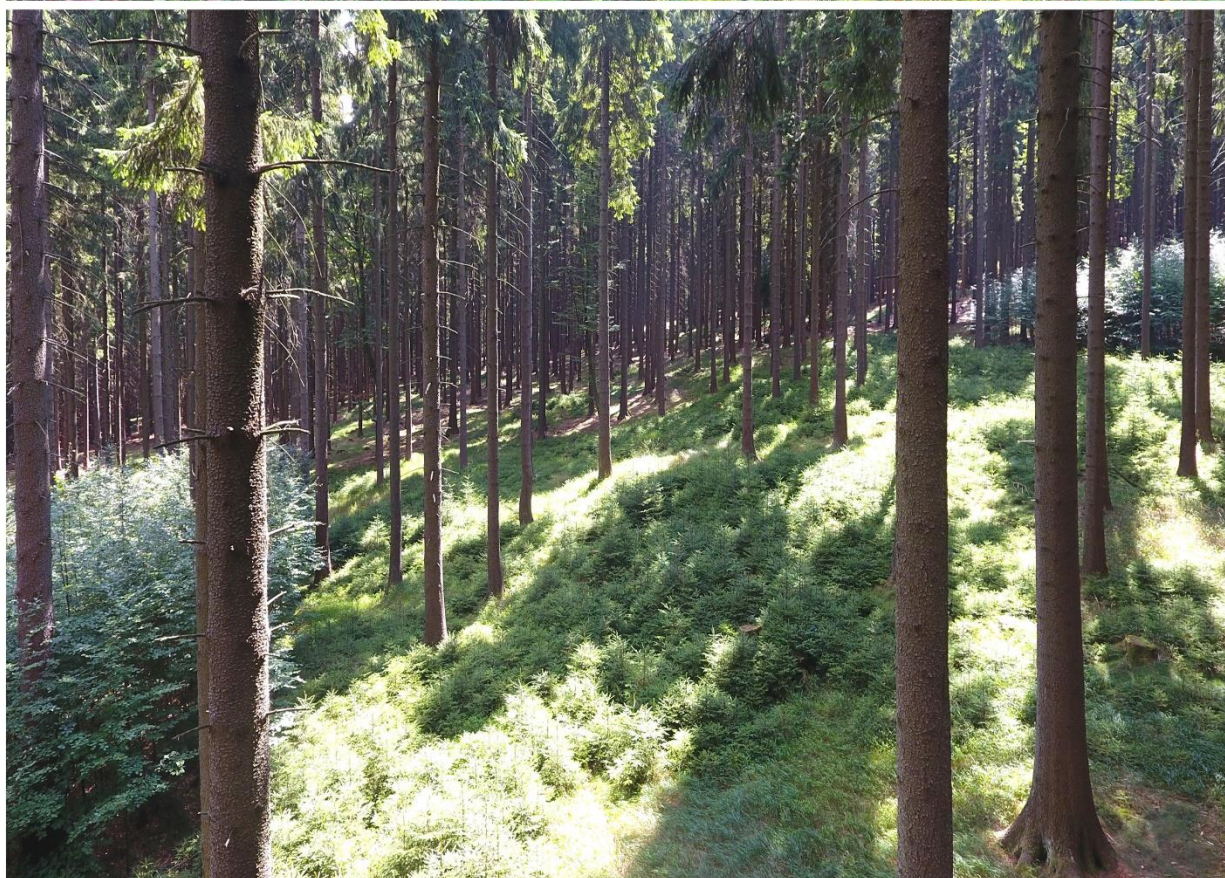














Dear Ladies and Gentlemen, Dear Seminar Participants,

The Pro Silva Bohemica has decided to contribute to the debate regarding the current forest management crisis. We have invited a wide range of all stakeholders, from forest managers and forest owners to forest researchers (both Czech and foreign) and from school representatives to state administration officials on all decision-making levels. The subject matter of the seminar is actual forest growth and examples of tangible results, not just a hypothetical discussion. We are not saying that uneven-aged forestry is an all-saving, fast or even easy solution. On the contrary, the conversion to such forests means a long-term, thorough and conscientious effort and commitment. Despite that, major progress can be achieved in a relatively short period of time with respect to the productive age of a forest. Moreover, we believe that this is one of the most important measures that needs to be taken to avoid a similar disaster in the future.

Although it may seem at first that the crisis only concerns Norway spruce, this is just not true. Norway spruce is associated “only” with the most pressing issues as it has been dominant among species in Czech forests; however, this has been rapidly changing because the Norway spruce population has been diminishing due to many factors triggered by draught. It has become apparent that the problem is much deeper. Quickly changing weather conditions under Global climate change are unfavourable for a majority of climax species. Most of them have to face enemies from the insect and fungus world that are well adapted to taking advantage of weakened host tree species and are usually able to multiply in a very short amount of time, causing a large-scale disturbances and destroying vast forest covers. Therefore, cultivating homogenous non-mixed forests is risky today, just like it will be in the future; or perhaps it will be even more risky in the future than it is today. Within the same sensitive species, different individuals of different ontogenic development – i.e. of different ages – show different resistance to each detrimental factor. An uneven age of forest cover reduces the risk of damage, or even total destruction.

We are not bringing you any breakthrough discoveries – after all, we already know all of this: Forest covers include species – trees, each of which is of a certain taxon and has a different degree of resistance and resilience against different types of damage. A precondition for a forest with a high degree of resistance as a whole is a set of trees of as many different qualities as possible, in terms of species, size and other features. In other words, a most heterogeneous, structured, mixed, uneven-aged, mosaic forest stand ... this is hard to describe; you just have to feel it. This type of forest supports diversity and vice versa. An unbiased observer would certainly ask – why don't we manage forests in this way? The answer might be: We do; members of the Pro Silva Bohemica alone account for 4% of all forests and more can be found in other, especially private and corporate forests, but also in state forests.

There are several reasons why we do not have even more forests like this: This includes the apparent complexity of growing forests like this, the difficulty of defining and observing a silviculture goal across several generations of foresters, legal regulations that absolutely neglect foresters' needs and the related lack of subsidies, the attractive simplicity of age-classes forestry...

We often hear comments that to grow a forest like that is almost impossible today; it takes too long, a selection forest is an unattainable idea, and so on. Yes, I agree. However, if we set lower and less ambitious goals than a selection forest and settle for growing a more resistant forest with higher output by following a few simple principles, we can start right away. All we need is the will to become true forest creators and the necessary knowledge. We would like to demonstrate this through twenty-five years of a forester's work who was provided with these conditions. The forester, who has been managing forest stands of the Kocanda forest district – Jiří Bína. By combining a tour of forest stands showing a tangible result of his purposeful work and basic scientific knowledge of forest stability and production, we would like to re-open a discussion on the necessity, purposefulness and possible dissemination of and legal regulations and support for uneven-aged forest management in the Czech Republic.

Milan Hron, *Pro Silva Bohemica president*





Dear Friends,

Our forests are managed forests. We are the trustees of this unique natural resource for a purpose: to have viable economic enterprises, where we manage Nature in such a way that we can make a profit to sustain the people living from them today and pass them on to future generations, in a good and preferably even better shape than we received them.

In other terms, at Pro Silva, our aim is to test and validate our fundamental hypothesis: that sustainability in the ecologic sense and in the economic sense are actually two aspects of the same method rather than two conflicting goals.

We meet to learn, not to teach. We do not believe in ideology. We believe in facts. We believe in reason. We believe in humility.

We believe that Nature is our only teacher. The path to sustainability is in learning by testing and in growing by sharing. None of us owns the truth. Nobody has Mother Nature in his or her pocket. There is no perfect management model, let alone no unique model. By testing forestry management solutions in various environments, over the long term, in controllable experiences, and by sharing our findings, including their limitations and failings, we reproduce the only successful model, that of variation, cross-fertilization and selection which is the way Mother Nature creates sustainable ecosystems. Is there a better teacher?

We do not believe that humans can reliably predict how the climate, let alone the planet, will evolve. What as ethical humans we call “humility”, Nature calls “diversity”. Diversity in the richness of ecosystems and diversity in management methods. Let’s enrich the portfolio of management options from which Nature can chose her own preferred path. And let’s make sure that laws and regulations respect that diversity and humility.

Planet overshoot day is every year shorter. But the ozone hole is closing down. Ice is melting at the poles but Cop 21 was successful and millions of people are acting every day to improve the planet. Doom is not our destiny. “It is too late to be pessimistic”, as Yann Arthus-Bertrand said.

The 2018 Pro Silva international seminar in Ždár nad Sázavou is one of the numerous opportunities for us to test and share, so that we find fact-based ways to promote and protect the sustainability of our forests. Let us all leave our ideological preconceptions at the borders and enter the forest with our eyes, our ears, our minds and our hearts wide open. And let us learn together.

“Lesu zdar!”

Constantin Kinsky
Kinsky family estate, Ždár nad Sázavou, October 2018





Ladies and gentlemen,

a lovely good morning and a warm welcome also from me, Alexander Held from the European Forest Institutes SURE project. SURE is a German funded project to establish the European Forest Risk Facility. And this “risk title” is already a very clearly reason why we are here and supporting this important, if not historic, event in Kocanda. Pro Silva Bohemica and its wider network in the forest sector, over the years, has been a loyal and incredibly supportive partner in the visions of the Forest Risk Facility: increase forest risk understanding, increase the forest resilience to mitigate the unwanted effects of disturbance. Cooperate, share and exchange across Europe and beyond.

The challenges that our forests (and we as the forest sector) are facing are enormous. At the same time, the role of forests in our changing world becomes ever more complex and ever more parts of society formulate requests to and from the forest landscape.

Foresters, researchers, politicians and the industry are coming together from several countries today here in Kocanda. This is a crucial and important step. Only together we will be able to cope with the future challenges. Only together we have the strength to develop our forests for future generations and for the benefit of all. Together is better.

This event today is another promising development for mutual cooperation and support in the forest sector. I wish us a productive meeting, open minds and enjoyable moments to build more trust in sharing and cooperating!

Thank you all for being here!

Alexander Held, *EFI senior expert*



I really, really regret that I cannot be in Kocanda. Other duties related to the severe forest fire season in Germany this year unfortunately make it impossible.



Light response of shade tolerant species in to close-to-nature silvicultural systems

Matjaž Čater

Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000, Ljubljana, Slovenia
Mendel University in Brno, Zemedelska 3, 613 00 Brno, Czech Republic

Introduction

In Slovenian area foresters recognized close-to-natural management centuries ago as a key to the successful economic exploitation of forests as well as their preservation and conservation of their diversity. Close-to-nature forest management has developed in different parts of Europe - especially in vulnerable Alpine regions and in high Dinaric karst region, one of the cradles with longest forest management planning tradition and Slovenian best natural forest resources. The decisive breakthrough to impartial performance evaluation of close-to-nature forest management was a control method, promoting sustainable improvement of management practices.

Introduced principles of close-to-nature management represent pioneering approaches for today's modern silviculture. However, such management approach has often been criticized for unscientific or inexpert methods because of the lack of natural forests and research, complexity and sustainability of forests or financial interests supporting conventional forest managements. Silviculturists on the other hand, should look critically to the concept of naturalness and adequately consider failures, which tend to disappear from our memories and written sources due to slow development of forests (SCHÜTZ 1999). Several recent contributions have addressed the issue of adapting forest management to climate change and future uncertainty (BRANG ET AL. 2014), but mostly on conceptual level in terms of ecological stability or adaptive capacity. Enhancing the adaptive capacity of European temperate forests in a changing climate involve preservation of tree species richness and their structural diversity.

Research area

*Montane forests of silver fir (*Abies alba* Mill.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Dinaric region represent the largest contiguous forest area in Central Europe (HORVAT ET AL. 1974). Most of these forests were gradually transformed from old-growth conditions and have never experienced clear cut silvicultural systems and extensive planting (BONČINA ET AL. 2014). From the onset of regular forestry they were managed with continuous cover silvicultural systems; especially with selection systems and irregular shelterwood (MLINŠEK 1972). These systems are close to the natural disturbance regime of mixed old-growth forests in the region, which is characterised by small and intermediate gap dynamics.*

Nowadays, these forests harbour important protected areas (e.g. National parks, Natura 2000) and represent habitats for many endemic and endangered species. In spite of the high degree of forest naturalness, silver fir regression is one of the major concerns for the whole region. It was observed already in 1930s and 1950s, and attributed mostly to climatic extremes coupled with bark beetle calamities (BAMBULOVIĆ 1930; ŠAFAR 1951). Later, polluted air contributed to silver fir decline (ELLING ET AL. 2009), while its regeneration was exposed to overbrowsing in parts of the region (MLINŠEK 1969). Also forest management activities which induced changes in forest climate due to heavy felling or building of forest infrastructure are often cited as causes of silver fir regression (MLINŠEK 1964). Intensity of fir regression varied due to different combinations of decline causes across the region (DIACI ET AL. 2011). Current DBH structure and regeneration characteristics indicate further regression of fir in the next decades.

The quality and proportion of present and future fir-beech forests is in tight connection with our understanding of tree-response to different light conditions. Light as a predominating environmental factor controls the relationship between seedling development and weeds and also exerts an influence on tree species diversity, thus controlling the tree species mixture relationship (SCHÜTZ 2004). Understorey trees recruit to the upper story when light conditions are favourable (SCHÜTZ 2001). Fir's competitive strength is compared to beech consequently smaller; in openings and gaps beech adapts better and much faster to rapid changes in light intensity.



Main silvicultural tool for indirect promotion of silver fir is creation of appropriate sized canopy gaps and their extension in time and space. While there have been many studies which indicated fir supremacy under relatively closed canopies (STANCIOIU AND O'HARA 2006; NAGEL ET AL. 2010), most of them focused on different growth patterns and did not consider ecophysiological processes involved. Moreover, findings are difficult to transfer into practice since most research did not account for the gap spatiotemporal dynamics and heterogeneity.

In region where different and well expressed ecological factors intertwine on relatively short geographical 1000km distance (BOHN ET AL. 2004), the studied tree response from the southern, warmer and dryer sites could serve as a probable future prediction for the same species on currently less extreme sites.

To optimize future actions and preserve unevenaged structure of studied forests we studied light response of young and adult fir and beech:

- physiologic and morphologic response to light intensity in young beech and fir were compared on sites with applied selection and irregular shelterwood system. Responses of managed forests were compared with responses of species in old growth reserve;
- different light microsite categories within gaps were tested to see which microsities are more favourable for each of the two species; appropriate gap size was derived from the response of two species;
- differences of light microsite abundance in both single tree and irregular shelterwood system over different altitudes (e.g altitude gradient) were evaluated. Emphasis was given to the elevations above 700 m, where most regeneration problems with silver fir were identified. Situation from both systems was compared with old growth reserve and
- responses of beech and fir was compared along the defined geographical gradient to evaluate differences in same light categories of both species between managed and old growth forests along the 1000km latitudinal gradient.

Results

- Fir proved more shade tolerant and efficient in shade, compared to beech, which expressed lower yield in the shade, but gradually increased with increasing light intensity. Physiological and morphological responses were in accordance and were highest in old growth and lowest in the selection system. Maintaining the single-tree selection system within the region would help to preserve the competitive ability of fir, while the irregular shelterwood system proved as more light-efficient for both species (ČATER AND LEVANIČ 2013).
- Efficiency of fir was highest on microsities with predominating diffuse light on smaller gaps and became smaller with bigger gaps. Response of beech was opposite, showing highest yield on microsities with direct light and increased with gap size. Optimal gap size to favour both fir and beech was provided according to their measured light response (ČATER ET AL. 2014).
- Abundance of different microsities was significantly different between irregular shelterwood and selection system. Shares of microsite light categories were different in lower elevation belts, while in the highest elevation belts above 700m the proportion of microsite categories in analysed gaps showed almost identical shares indicating similar composition of the forest edge, regardless of the silvicultural system. Shares in managed forests were comparable with proportion of microsities in old growth reserve, mimicking natural processes and the concept of small-scale irregular shelterwood system (ČATER AND KOBLEK 2017).
- For beech efficiency increased from the NW, reached peak in the middle of the studied transect and then decreased towards SE, while maximal values for fir were observed in the NW part, followed by the evident decrease in all light categories towards the south. Shade tolerance also changed along the studied gradient (ČATER AND LEVANIČ 2018 in press).



Discussion and conclusions

Uneven-aged silviculture refers to a range of silvicultural systems that include single and group selection, irregular shelterwood, and freestyle systems (BONČINA ET AL. 2011), with a liberal selection of felling regimes, also called close-to-nature silviculture (SCHÜTZ ET AL. 2016). It employs relatively low intensity and small-scale felling regimes to mimic natural forest composition, structures, and natural disturbances on the lower end of the disturbance severity gradient at stand scales (SCHÜTZ 2002; DIACI ET AL. 2011). Forest stands managed in such way generally create stands with small-scale heterogeneous structure and are thought to be both resistant and resilient to disturbance (SCHÜTZ 2001; O'HARA AND RAMAGE 2013). Disadvantages of uneven-aged forestry include the reliance on shade tolerant species, which can be hampered by the climatic conditions of open areas created by disturbances.

Well preserved condition of studied beech-fir forests is in tight relation with their low management intensity in the past. Their even aged structure is comparable to the structure of old growth reserves (ČATER AND KOBLER 2017), where elevation represents the key factor controlling the microclimate in temperate mountain forest stands (KÖRNER 2012).

The retrospective study of ADAMIČ ET AL. (2016) confirmed that the long-term application of spatially and temporary diversified uneven-aged management (i.e. freestyle silviculture) on Slovenian sites did not result in reduced tree species diversity. It suggested preservation of shade-tolerant as well as mid-tolerant tree species, which may further imply the importance of both gap dynamics and tending measures for preservation of species richness (ADAMIČ ET AL. 2016). The proportion of beech is expected to significantly rise in the future, as it is the predominating species in the natural regeneration layer (30-150 cm) of most forests and because the beech population regarding diameter structure is substantially younger than populations of fir on sites where both species cohabit (POLJANEC ET AL. 2010). Better regeneration of beech than silver fir may therefore be connected to shifts in natural disturbances, change of silver fir natural distribution and not only to the grazing of ungulates. Extreme weather events without precipitation and increase in average air temperature certainly don't favour silver fir, so the reduced abundance of silver fir in natural regeneration may also affect the future tree species composition.

Literature

- Adamič, M., Diaci, J., Rozman, A., Hladnik, D., 2016. Long-term use of uneven-aged silviculture in mixed mountain Dinaric forests: a comparison of old-growth and managed stands. *Forestry*, p. 1-13.
- Bambulović, P., 1930. Sušenje četinjavih šuma u Bosni. *Šumarski list* 54, p. 446-450.
- Bohn, U., Neuhäusl, R., Gollub, G., Hettwer, C., Neuhäuslova Z., Raus, T.H., Schlüter, H. & Weber, H. 2004. Karte der natürlichen vegetation Europas/map of the natural vegetation of Europe. Maßstab/Scale 1: 2.500.000. Münster, DE.
- Bončina, A., Čavlović, J., Curović, M., Govedar, Z., Klopčič, M., Medarević, M., 2014. A comparative analysis of recent changes in Dinaric uneven-aged forests of the NW Balkans. *Forestry* 87, p. 71-84.
- Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J.B., Bauhus, J., Bončina, A., Chauvin, C., Drösler, L., Garcia-Güemes, C., Heiri, C., Kerr, G., Lexer, M.J., Mason, B., Mohren, F., Mühlethaler, U., Nocentini, S., Svoboda, M., 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry*, 87, p. 492-503.
- Čater, M., Levanič, T., 2013. Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different silvicultural systems of the high Dinaric karst. *For. Ecol and Manage.* 289, p. 278-288.
- Čater, M., Diaci, J., Roženberger, D., 2014. Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *For. Ecol. Manage.* 325, p. 278-288.
- Čater, M., Kobler, A., 2017. Light response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different categories of forest edge - Vertical abundance in two silvicultural systems. *For. Ecol and Manage.* 391, p. 417-426.
- Čater, M., Levanič, T., 2018. Light and growth response of beech and silver fir along the Balkan's latitudinal gradient, in press.
- Diaci, J., Roženberger, D., Anić, I., Mikac, S., Saniga, M., Kucibel, S., Višnjić, C., Ballian, D., 2011. Structural dynamics and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry* 84, p. 479-491.
- Elling, W., Dittmar, C., Pfaffelmoser, K., Rötzer T., 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *For. Ecol. and Manage.* 257, p. 1175-1187.
- Horvat, I., Glavac, V., Ellenberg, H., 1974. *Vegetation Sudosteuropas*. G. Fischer, Stuttgart.
- Körner, C., 2012. *Alpine treelines. Functional ecology of the global high elevation tree limits*. Springer, Basel
- Mlinšek, D., 1964. Sušenje jelke v Sloveniji - prvi izsledki. *Gozdarski vestnik* 26, p. 145-159.



- Mlinšek, D., 1969. Waldschadenuntersuchungen am Stammkern von erwachsenen Tannen im dinarischen Tannen - Buchen - Wald. Forstw. Cbl. 88, p. 193 - 199.
- Mlinšek, D., 1972. Ein Beitrag zur Entdeckung der Postojna Kontrollmethode in Slowenien. Forstw. Cbl. 91, 291 - 296.
- Nagel, T.A., Svoboda, M., Rugani, T., Diaci, J., 2010. Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth *Fagus Abies* forest of Bosnia and Herzegovina. *Plant Ecol.* 208, p. 307-318.
- O'Hara, K.L., Ramage, B.S., 2013. Silviculture in an uncertain world: Utilizing multi-aged management systems to integrate disturbance. *Forestry*, 86, p. 401-410.
- Poljanec, A., Ficko, A., Bončina, A., 2010. Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970-2005. *For. Ecol. and Manage.* 259, p. 2183-2190.
- Schütz, J.-P. 1999. Close to nature Silviculture: is this concept compatible with species diversity? *Forests*, Vol. 72, No 4, p. 359-366
- Schütz, J.-P., 2001. Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey, Berlin.
- Schütz, J.-Ph., 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry* 75 (4), p. 329-337.
- Schütz, J.-P., 2004. Opportunistic methods of controlling vegetation, inspired by natural plant succession dynamics with special reference to natural outmixing tendencies in a gap regeneration. *Ann. For. Sci.* 61, p. 149-156.
- Schütz, J.-Ph, Saniga, M., Diaci, J. and Vrška, T., 2016. Comparing close-to nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Ann For. Sci.* 73, p. 911-921.
- Stancioiu, P.T., O'Hara, K.L., 2006. Leaf area and growth efficiency of regeneration in mixed species, multiaged forests of the Romanian Carpathians. *For. Ecol. and Manage.* 222, p. 55-66.
- Šafar, J., 1951. Ugibanje i obnavljanje jele u prebornim šumama Gorskog Kotara. *Šumarski list* 75, 299-303.

Acknowledgement:

The author gives thanks to Dr. Eva Dařenová for the translation of the paper from English language to Czech language to meet the requirement of bilingual scheme.

Doc. Dr. Matjaž Čater

Tel: ++386 (0)1 200-78-32

Fax: ++386 (0)1 257-35-89

e-mail: matjaz.cater@gozdis.si



Government enhanced management of biodiversity in the forest landscape – what's in the Swedish toolbox?

Johanna Ehlin

Expert in Forest Conservation, Unit for Nature Protection and Financial Support
Swedish Forest Agency, Box 1350, 751 43 Uppsala, Sweden, e-mail: johanna.ehlin@skogsstyrelsen.se

Introduction

Sweden is a forest dominated country, where the government has applied the policy of “freedom with responsibility” to forestry. The policy puts a lot of the responsibility for managing the forests on the forestry sector, both in terms of maintaining forest productivity and in protecting and preserving biodiversity. This has influenced the tools available for the government to manage the biodiversity in the forest landscape. This text aims at summarizing the tools that the Swedish government can use to enhance biodiversity within the framework of the Swedish forestry policy.

Swedish forests and forestry

With approximately 69% or 28 million hectares (STAT. SWEDEN 2015) of the land area covered with forests, it's safe to say that Sweden is dominated by forests. As most of the forest land is productive, forestry is vitally important for the national economy. In addition, most Swedes can closely relate to both the social and economic values of forests.

The combination of relatively harsh and wet climate and shallow, nutrient-deficient soils has shaped the Swedish forest ecosystems. The result is forests with a mixture of several habitats that are shaped by various disturbance regimes, especially forest fires, flooding and storms. Most of the country is Swedish forests are situated in the boreal zone and dominated by coniferous trees. Further south there are boreo-nemoral forests with more deciduous trees and in the very south, there is a small zone dominated by deciduous nemoral forests.

The ownership structure of Swedish forestland is a mix of private, state and forest companies. 50% of the forest are privately owned, another 25 % is owned by large industrial forest enterprises and 14% is owned by the state-owned company Sveaskog. The remaining area is divided between other private owners, public and state owners (RSAAF 2015).

The forest industry includes companies in both the pulp and paper industry and in the wood mechanical industry. Approximately 90 % of the paper and pulp and 75 % of the sawn-wood products are exported (KSLA, 2015). This corresponds to 10 % of the Swedish export (STAT. SWEDEN 2018). These industries also account for between nine and 12 percent of the country's total employment (KSLA 2015).

The Swedish Forest Agency is the main government agency for forests, forestry and environmental and conservation issues associated with forests. However, other agencies are sometimes involved in e.g. formal protection of land or when other parts of the legislation than the forestry act is involved. The agency's mission is to work for a sustainable utilization of the Swedish forests according to the laws and guidelines given by the Parliament and the Government. The agency employs about 950 employees and work on national level as well as in 23 districts, which act on a regional level (SFA 2018a).

The Swedish policy on forestry

Since 1993, Sweden's official policy is that ecological considerations should be integrated with modern forestry practices. This means that the policy has two major objectives that are to be equally important: production and environmental concerns, (including cultural and recreational values). The system is set up under a principle that is often referred to as “freedom with responsibility”. This principle puts a lot of the responsibility for conservation efforts and measures to improve production on the forest owners and users. Consequently, the legal demands on forest management, mainly set by the Forestry Act and the Environmental Code, are not so demanding. In addition to the policy,

Swedish forest management has also become influenced by market-driven processes of forest certification in which the practices of forest owners are assessed against certification standards rather than laws and regulations set up by the government (KSLA 2015).

Due to the policy on freedom with responsibility, the main working methods of the Forest Agency, apart from law surveillance including supervision of the Forestry Act, include promotion of sustainable forest management. Among other things this includes providing information and contractual services to forest owners, making forest inventories and surveys, management of subsidies and the formal protection of forests with high natural values.

The Swedish management model

The Swedish model for management of the forest landscape can be explained as a pyramid, where 10% of the forest is to be managed with full respect to the environment, another 10% is to be managed with equal respect to the two goals of nature conservation and productivity. The vast part of the forests are to be managed for wood production, but with respect to the environment.

Nature conservation

Applied management for biodiversity

Forestry with general considerations



Fig. 1: The Swedish model for management of the forest landscape

Tools for formal protection

Starting at the top of the pyramid, Swedish law offers several tools for formal protection of areas with high values for biodiversity, ranging from large national parks to small habitat protection areas.

All formally protected areas get regulations that aim at sustaining and enhancing the biodiversity, outdoor life and cultural heritage within the protected area. The Swedish Environmental Code (SFS 1998:808) is however also clear on that these regulations can only restrict land use as far as needed to fulfill the purpose for which the area was originally protected. This can for example mean that in an area that is protected as a mean with the aim of preserving an old growth forest, logging can be forbidden, but the availability for the public may not need to be restricted, other than a prohibition on, for example, removing dead wood from the area. In general, outdoor life is not forbidden in formally protected areas, but can in some cases be restricted in terms of e.g. where one can put up a tent and where and when fires can be made. Hiking and foraging for mushroom and berry picking is typically not restricted at all, just as in the rest of the forest land in the country.

In all cases of formal protection, the aim of the government is to establish these areas in agreement with the land owner, and this is the most common outcome of the work (SFA 2018). However, for all forms of formal protection except for nature conservation agreements (see below), it is also possible for the government to force through the formation of such areas against the will of the land owner, in the same ways as when the government wants to build a railroad or road. No matter if the land owner agrees to the protection or not, he or she is offered economic compensation corresponding to the value of the land or (most commonly) 125% of the value of the limitation of the ability to use the land.



Larger areas that are valuable for biodiversity and that consist of several different habitats can be protected as National parks or Nature reserves. In both cases, conservation of biodiversity is normally the main target, but the areas are also often made available for outdoor life. National parks aim at protecting examples of six types of landscapes that are typical for Sweden and are typically very large, at least 1000 ha. The Swedish Environmental Agency and the county administrative boards share the responsibility for managing the national parks. Nature reserves are typically smaller than the national parks and represent a part of a landscape, ranging from approximately 20 to hundreds of hectares, but there is no size limit. Reserves are established and managed by the county administrative boards or the municipalities (SEPA 2018a).

Habitat protection areas are the smallest areas that are formally protected in Sweden and aim at protection single forest habitats that correspond to 19 certain types of habitat. The legislation describes these areas as "small land or water areas that are important environments for threatened plants or animals, or especially important to protect for other reasons". The aim with creating habitat protection areas is only to protect the biological values, which means that all actions that can damage the nature within the area are forbidden. Small scale outdoor life is typically not considered a problem in these areas. The Swedish Forest Agency is responsible for habitat protection areas when the habitats are situated on forest land.

Along with other countries in the European Union, Sweden is also a part of the Nature 2000-network. In total, there are about 4000 Nature 2000-areas in Sweden, covering an area of approximately 7 million hectares (SEPA 2018b). Many of these areas overlap with nature reserves, national parks or habitat protection areas. However, they are also protected in their own right by the Environmental Protection Code (SFS 1998:808).

Nature conservation agreements

Apart from the tools for formal protection mentioned above, the Swedish government also works with a tool for protection of biodiversity that is called nature conservation agreements. This is a civil right easement (i.e. a contract) between the government and a forest owner who is interested in nature conservation. The agreements are time limited to up to 50 years, which is the most common length. The land owner gets economic compensation corresponding to the time limit of the agreement and a certain percentage of the value of the forest. For a 50-year agreement, the land owner will get 60% of the net value of the timber.

The nature conservation agreements are in most cases aimed at preserving an area with high values for biodiversity. However, there is a special, and so far, very rare, kind of agreements that aim at working with the forests on the entire property. This type of agreement demands that the land owner has an updated plan for his forestry. In such cases, the land owner gets financial compensation for the areas that are pointed out for nature conservation or management focusing on biodiversity in the plan, i.e. the areas that will not be subject to logging in the traditional form. On the other hand, normal forestry is taking place, but with the agreement from the land owner to manage the land in accordance with the national targets of retention (see below). Thus, this is a way to enhance the initiative of private land owners that are interested in working with biodiversity on their property.

State financed support for applied management

In addition to the formal protection of areas, forest owners that want to take measures in order to enhance the sector's environmental value are supported in several ways. One part of this support is counseling and education with the aim of finding measures that could enhance the biodiversity in the forests. Another part is direct economic support for taking certain measures such as controlled forest fires, felling of spruce to favor broadleaf trees, creation of wetlands and restoration of creeks. These subsidies can be given to both private land owners and larger companies. Some of the subsidies are financed through the European Union and other are financed by the state (SFA 2018b).



Forestry with general conservation considerations

The very basis of the Swedish work with preservation of biodiversity in the forest landscape, and thus also the largest part of the pyramid described above, is forestry with general conservation considerations. Apart from the conservation measures demanded by law and certification, two aspects of this are extra interesting to mention here: voluntary forest management planning and targets of retention.

Voluntary forest management planning has evolved into an effective tool for both production and implementation of conservation measures in everyday forestry. The plans are also important as instruments for forest certification, not the least by stating what parts of the property are included in the five percent voluntary set-aside land that is required according to the two available forest certifications schemes, FSC and PEFC. This demand has been a main driver for more than one million hectares of productive forest land being voluntarily set aside by various owners and can both be considered a part of the general conservation considerations and an important type of applied management.

Targets of retention

The targets of retention have been developed in recent years, as a collaboration between the Swedish Forest Agency and a group of stakeholders representing a wide range of interests. The targets focus on final felling and aim at improving the general conservation consideration. The targets cover not only biodiversity, but also water quality, social values, etc. Currently, the major companies are including the agreed objectives in their internal governing documents and thus implementing them in their everyday work. This is considered a very important step towards an improved level of retention in forest management. For biodiversity, the targets focus on delimiting and securing high conservation value areas, leaving enough trees near waterways and lakes to form functional buffer zones and leaving dead wood in situ.

Conclusions

To summarize, the Swedish toolbox for protecting biodiversity in the forest landscapes range from “hard tools” in the form of strict formal protection, to supporting tools such as counseling and subsidies and all the way to the good will-based responsibilities of the forest industry within the context of certification and targets of retention. All in all, different tools prove useful in different situations and thus complete each other to fulfill the goals of productivity and environmental concerns stated in the Swedish forest policy.

Literature

- RSAAF 2015: Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry [KSLA], 2015. Forests and Forestry in Sweden. Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, Stockholm.
- STAT. SWEDEN 2015: Statistics Sweden, 2015. Markanvändning i Sverige. Available: www.statistikdatabasen.scb.se Miljö / Markanvändningen i Sverige (MaiS) / Markanvändning / Markanvändningen i Sverige efter län och markanvändningsklass. Vart 5:e år 2010 – 2015. [2018-09-20]
- STAT. SWEDEN 2018: Statistics Sweden, 2018. Utrikeshandel, export och import av varor januari–december 2017, i löpande priser. Available: https://www.scb.se/publikation/32611https://www.scb.se/contentassets/b4d069e1b674401b917ae17a6d7c7bf6/ha0201_2017m12_sm_ha22sm1801.pdf [2018-10-01]
- SFS 1998:808: Miljöbalk [Swedish Environmental Code]. Stockholm: Miljö- och energidepartementet
- SFA 2018: The Swedish Forest Agency, 2018. Våra distrikt. Available: www.skogsstyrelsen.se/om-oss/organisation/vara-distrikt/ [2018-09-21]
- SFA 2018a: The Swedish Forest Agency, 2018a. Stöd och bidrag. Available: <https://www.skogsstyrelsen.se/aga-skog/stod-och-bidrag> [2018-09-21]
- SEPA 2018a: The Swedish Environmental Protection Agency, 2018a. Nationalparker. Available: <https://www.naturvardsverket.se/Var-natur/Skyddad-natur/Nationalparker/> [2018-09-21]
- SEPA 2018b: The Swedish Environmental Protection Agency, 2018c. Natura 2000. Available: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Naturvard/Skydd-av-natur/Natura-2000/> [2018-09-21]

MSc. Johanna Ehlin, Expert in Forest Conservation

Tel: +46 (0)18 27 88 04

e-mail: Johanna.ehlin@skogsstyrelsen.se



Wood formation as an indicator of water transport in drought-stressed trees

Petr Horáček¹, Marek Fajstavr^{1,2}, Justyna Szatniewska^{1,2}, Vladimír Gryc², Hanuš Vavrčík², Josef Urban², Jan Krejza^{1,2}, Pavel Bednář³

¹ Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Bělidla 4a, 60300 Brno, Czech Republic

² Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 61300 Brno, Czech Republic

³ Forestry and Game Management Research Institute, Opočno, Czech Republic

Introduction

The current as well as the future degradation of forest ecosystems (predominantly Norway spruce) is connected to the global climate change (GCC) regardless of us admitting this. Changes in weather have been noticed since the end of the last century; e.g. the air temperature has been increasing. Although the precipitation levels remained similar, the precipitation pattern has been irregular; nonetheless, the climate change is much more significant. Climate change scenarios for the Czech Republic predict drought periods with increasing frequency and intensity (IPCC 2013). Until 2016, the public held two opposing views - optimistic (climate change and its impacts are nothing new and the impacts are very difficult to predict) and pessimistic (the current damages caused by drought are completely different from what we experienced in the past; Norway spruce gradually moves out of its native range). Nowadays, we are aware of the water shortages leading not only to dieback and reduction of trees' self-defence but also to the situation that conifers die as a result of drought (ALLEN ET AL., 2015). The analysis of long-term measurements of conifer trees growth at the cellular level as well as the analysis of microclimatic characteristics allows us to detect the mechanism of drought and anticipate the future fate of commercially important tree species in the Czech Republic. At the same time, based on the knowledge on the ability of conifers to adapt to the length and intensity of climate change, the principles of adaptation treatments in forest management can be formulated.

Water deficiency in trees results in reduced growth, which, at the same time, also leads to an increased probability of dieback as well as to dying of whole ecosystems (ALLEN ET AL. 2010, LEUSCHNER, MEIER 2018). Although the causes are not yet known, in recent years, however, experiments-based opinions that drought may not only be a predisposition but also a mortality factor have dominated (MCDOWELL ET AL. 2011, ALLEN ET AL. 2015, CAILLERT ET AL. 2017, ZHANG ET AL. 2017). There are several hypotheses that attempt to explain the effects of drought on trees (MCDOWELL ET AL. 2011, ALLEN ET AL. 2015); they follow up on MANION (1981) and assume the simultaneous effects of lack of water, carbohydrates and defensive substances (ALLEN ET AL. 2010). The physiological mechanisms causing the death of trees exposed to drought stress are not yet fully known; the basic hypotheses were formulated by MCDOWELL ET AL. (2008). The consequence of drought is either the conduction path embolism described as the 'hydraulic failure hypothesis' (ROWLAND ET AL. 2015) or depletion due to the lack of non-structural carbohydrates that are a source of energy and defensive mechanisms; i.e. the 'carbon starvation hypothesis' (HARTMANN 2015). In the case of drought stress, trees try to avoid both such consequences affecting carbon and energy balance (ROSNER 2013). Conifers, trees with isohydric strategy (LYR ET AL. 1992), react already in the early stages of drought by stomatal closing, which makes them more susceptible to stress than the majority of deciduous trees. Ultimately, it does not matter whether the dieback and the final tree death are caused by drought or depletion. Both causes are reflected in the limited carbon allocation and turgor pressure reduction (BADEL ET AL. 2015) resulting in growth limitation or even complete growth cessation. Tree growth is therefore considered a suitable indicator of vitality and response to stresses such as drought (ROSSI ET AL. 2016). Attention has been paid primarily to primary growth - defoliation, crown morphology, foliage nutrient content, foliage size and chlorophyll fluorescence. However, a better long-term indicator is the secondary growth and wood structure and properties (FONTI ET AL. 2010).



Hypotheses

The basic principle of adaptation treatments that take into an account the water transport mechanisms in woody plants is the recognition how the woody plants modify their growth processes under the drought stress. The exemplary tree species is Norway spruce or Scots pine with homogeneous wood structure where more than 95 % of the matter is made of tracheids (HACKE 2015). Tracheid dimensions - their outer diameter and cell wall thickness (CUNY ET AL. 2014) - are sensitive to water conduction of trees during their differentiation. Norway spruce and Scots pine, like any other plant species, basically only bridges the difference in soil and air water content (STEPPE ET AL. 2015). They react passively to this difference as a result of physical processes functioning - the greater the difference between the soil and air water content, the more they transpire and vice versa. The driving force of water movement in the plant is just the difference in the amount of water in the soil and in the air. If soil moisture drops below the point of reduced availability, the transpiration is reduced. The air and soil water content is usually expressed by water potential (pure water has water potential that equals to 0; the lesser the amount of water, the smaller the water potential). The water potential of the air (the amount of water in the air) depends mainly on air temperature (low) and relative air humidity (high). The wind also contributes to the low relative air humidity - needless to mention the drying winds driving air moisture above forests towards treeless landscapes. Generally, the drier the air, the faster the water flow in woody plants. In literature, this condition is described as 'hotter drought' (ALLEN ET AL. 2015) - a combination of drought (low air or soil water potential) and air temperature. The greater the water flow in woody plant, the greater the demands on the pathways conducting water from roots to leaves. The number and dimensions of conductive pathways are directly dependent on the water conductivity of woody plant as well as on the amount of available assimilates.

And how is the proposal of adaptation treatments in forestry related to mitigating the negative impacts of drought? It is due to silvicultural treatments affecting the water transport in trees. The so-called 'light release' is how trees respond to the opening in the canopy, which is the response to increased transpiration resulting from the release of tree crowns. The air water potential (relative air humidity) as well as that of the soil (the amount of water stored in the soil) are very variable in time and space, which is why it is important to bear in mind the microclimatic conditions when proposing appropriate silvicultural treatments.

Aims

The drought stress has become a global problem with drought developing into a significant mortality factor (ALLEN ET AL. 2010, 2015; CAILLERET 2017). Despite the fact that Norway spruce is considered a plastic tree species able to cope with environmental changes within its adaptation strategies (SPERRY ET AL. 2006, the climate change since 1990 has been so rapid and pervasive that plants with isohydric strategy (Norway spruce) have been unable to cope (ROSNER ET AL. 2016; JOHNSON ET AL. 2012; BADEL ET AL. 2015; ALLEN ET AL. 2015). We are currently lacking an objective tool to assess the long-term effects of drought that has become chronic and has led to Norway spruce dieback and/or its weakening. We also lack the possibilities to verify the outcomes of silvicultural treatments. Therefore, it is essential to find out (1) when, (2) how long, and (3) how quickly the drought stresses particular site. On the basis of such knowledge, it is then possible to distinguish the acute and chronic reaction of Norway spruce on particular stresses; this includes the forecast of trees' possible regeneration or their dieback due to the resources depletion. This will lead to the choice of a suitable set of silvicultural methods that are utilised in order to influence the tree growth. The current methods used to assess drought stress in woody plants that are based on the transformation of crown structure (SAMEC ET AL. 2017), dendroclimatological methods (RYBNÍČEK ET AL. 2010; KOLÁŘ ET AL. 2017) or habitat assessment have not provided satisfactory results after 2000. It was shown that the re-identification of drought stress can be carried out on the microscopic structure of wood since the morphological parameters of each cell carry the information about environmental conditions prevailing during their differentiation with the interval of one to four weeks.

Tab. 1: Experimental plots characteristics.

Status in 2015/ experimental plot name	Age (year)	Tree density (trees.ha ⁻¹)	Height (m)	DBH (cm)	Mean annual temperature (°C)	Mean annual precipitation (mm)	Altitude (m a.s.l.)
Moravian-Silesian Beskids (<i>Bílý Kříž</i>)	41	1252	16.4	19.0	6.8 ± 1.0	1260 ± 210	894
Drahanská Highlands (<i>Rájec - Němčice</i>)	118	472	33.4	36.4	7.1 ± 1.1	681 ± 149	625
Masaryk's Forest Křtiny (<i>Soběšice</i>)	80	-	24.0	33.0	8.1 ± 1.0	601 ± 100	355

Materials and methods

Verification of the aims and hypotheses was performed on separate experimental plots - the basic plot characteristics are shown in Table 1. The experimental plots are on altitudinal, temperature and precipitation gradient. The forests stands in Bílý Kříž (Moravian-Silesian Beskids) and Rájec (Drahanská Highlands) are pure, even-aged and even-sized Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). The forest stand in Soběšice is a mixed species stand where Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) dominates by 70 % with the remainder comprising of European larch (*Larix decidua* Mill.) and other deciduous tree species. Two tree species with contrasting sensitivity to drought were selected for the study; i.e. Norway spruce (high sensitivity) and Scots pine (high resistance) (ELLENBERG 1966; LEUSCHNER, MEIER 2018). Individual experimental plots differ not only in species composition but also in their age and stand characteristics. The choice of tree species and experimental plots makes it possible to compare the strategies of individual tree species in different conditions.

Precipitation, solar radiation, air temperature, relative air humidity and soil moisture content were the major microclimatic parameters measured on all experimental plots. The air temperature and relative air humidity were measured in the stand at 2 m above the ground as well as above the tree crowns. Soil moisture was measured at several soil depths.

Six sample trees each representing a separate diameter increment classes of the given stand were randomly selected on each experimental plot. These sample trees were further measured at the breast height for (1) transpiration and (2) wood formation. Transpiration was determined by measuring the continuous sap-flow for the duration of the vegetation period by means of stem heat balance method. Microscopic wood samples that were regularly collected in the interval of 7 - 14 days were used to analyse the wood formation. The measurements were carried out during the vegetation periods in 2014 - 2016 (Soběšice, Scots pine), in 2016 - 2017 (Bílý Kříž, Norway spruce) and 2017 (Rájec, Norway spruce).

Results

- The transpiration was found to be very variable and sensitive to environmental conditions amongst individual sample trees at each site. Air temperature and solar radiation are of a smaller influence meanwhile air and soil humidity (water potential) are of a greater influence. The key importance is given to soil moisture; specifically the point of reduced availability (- 0.5 MPa). Once the soil moisture is above the point of reduced availability, the transpiration is dependent on air humidity. If the soil moisture drops below the point of reduced availability, the transpiration is limited or ceased altogether. Air humidity determines the potential transpiration while the soil moisture regulates the actual transpiration. The influence of air humidity and soil moisture on transpiration was found to be equal at all sites. The differences amongst individual sites are in the absolute transpiration values at a specific air and soil moisture – the transpiration of mature forest stands is greater than that of young forest stands. In addition, the transpiration of Norway spruce is greater than in the case of Scots pine.



The different drought sensitivities in both tree species are caused by different requirements for the available soil water content.

- The wood formation and wood structure of Norway spruce as well as the ability of Norway spruce to tolerate and/or adapt to the increasing drought stress cause by rising temperatures are dependent on water conductivity, specifically on transpiration. The number of differentiated cells produced during the vegetation period as well as their size are both dependent on transpiration. There is no difference in wood formation processes between Norway spruce and Scots pine when stressed by drought. Wood of similar structure is formed by both tree species at a similar level of transpiration.
- We can differentiate the effect of water scarcity (drought) from other factors thanks to our knowledge on wood formation processes even when multiple stresses act at the same time. The length and intensity of drought affecting both Norway spruce and Scots pine can be determined on the basis of growth responses of tissues and cells. Transverse dimensions of wood cells depend mainly on the magnitude of transpiration process. Woody species offset the requirements on conductive and mechanical functions of tissue by means of wood cell dimension optimisation. Drought stress is therefore pronounced in properties and structure of early wood that has a conductive function within the tree ring. The cell diameter is primarily affected by transpiration as a result of passive vacuolisation; the effect on cell wall thickness is, however, secondary.
- It is possible to determine the impact of drought stress on wood production in Norway spruce and Scots pine on the basis of air and soil moisture analysis. The ability of trees to adapt to drought stress depends on their capacity to maintain a minimum safe ratio between the cell diameter and the cell wall thickness. With increasing drought stress and decreasing assimilation process resulting from isohydric behaviour of conifers, the newly formed cells are unable to provide the conductive function within the tree stem, which further aggravates the stress.
- The ability of a tree to adapt to the given stress or, on the other hand, to dieback and eventually die can fundamentally affect the silvicultural interventions. Therefore, the following principles of adaptation measures mitigating the impact of drought stress in conifers have risen from the above mentioned study results:
 - o Prevailing wind direction, relative air humidity and soil moisture are the necessary microclimatic conditions to be taken into an account. The circulation of dry air increases the transpiration more than the air temperature. This is the reason why clearcuts of various shapes are considered to be of a risk. Transpiration is affected by the soil moisture only below the point of reduced availability; in this case, the transpiration is substantially limited. Above the point of reduced availability, the air humidity is crucial for the transpiration level; the air humidity is closely related to the forest stand microclimate and is thus positively or negatively affected by a range of silvicultural measures.
 - o Crown release leads to an increased transpiration (the radiation and the airflow speed around the crowns is increased; this typically reduces the relative air humidity). Such effect is positive only when the soil is sufficiently saturated by water; i.e. above the point of reduced availability. If the soil remains dry for a long time, the crown release is counterproductive and leads to a more intensive drought stress.
 - o If we intend to maximise the timber production that is dependent on transpiration, the crown release is considered to be the suitable silvicultural practice. The production of wood with poorer microscopic parameters, i.e. large cells with a thin cell wall, and hence a lower wood density (and thus lower carbon sequestration ability) is considered to be a negative side effect of this practice.
 - o At long-term drought-stressed sites (where the soil moisture, not the rainfall, is used for the site assessment), it is suitable to support the trees with silvicultural treatments leading to an increased humidity in the crown layer. The need for 'microclimate care'



is thus growing. This can be achieved, for example, by a canopy cover retention or by silvicultural practices resulting in the continuous canopy cover across all forest units (this means the elimination of clearcutting).

Conclusion

Water conduction is key for biomass production. Water moves on the basis of water potential slope in the 'soil - plant - atmosphere' system. Daily and seasonal transpiration dynamics is significantly affected by the differences in soil and air water potential. Understanding transpiration in woody plants is the key towards comprehending their water regime. Although physiological processes in tree are dynamic and influenced by a number of environmental factors, the stem biomass formation (wood) is closely linked to the water regime. We confirmed that Norway spruce is a drought sensitive tree species, which is based in its physiology - it has a high levels of transpiration. Therefore, if we wish to increase the resistance of forests to global climate change, it is not sustainable to grow Norway spruce in even-aged and even-sized forest stands (with the exception of natural mountain Norway spruce forests). Retention of this species will be only possible by means of growing it in mixtures. The demand of Norway spruce for available water necessary for transpiration changes as a part of its ontogenetic development - a young tree requires less available water than an old one. Structurally differentiated forest stands, even if single species, are not as much in a risk of a damage as the even-aged ones. Therefore, age and structural diversity is considered a useful tool in the enhancement of forest adaptation measures.

The wood provides transport pathways for the sap-flow, it is thus not surprising that species with similar wood construction (conifers) and similar isohydric strategy have a very similar relationship between wood formation processes and transpiration. The air and soil moisture (eventually also wind speed) were demonstrated to have a significant effect on the transpiration magnitude. If the soil moisture is above the point of reduced accessibility, which closely correlates with the microclimate of a given stand, the managing forester has the opportunity to actively influence the intensity of the transpiration by means of silvicultural treatments and can therefore also influence the level of physiological stress on forest stands for the duration of the drought.

The principles of adaptive silvicultural treatments resulting in the reduction of drought stress impacts that cause degradation of entire forest ecosystems were proposed on the basis of the study results. It is the forest ecosystem structure, in particular, which is a key parameter for the forest stand microclimate. Forest stands that are diverse in heights, ages and tree species have a heterogeneous canopy surface, which contributes to the air flow reduction but also to the reduction of evapotranspiration. Another parameter regulating the forest stand structure is the tree density modification; it is necessary to find the balance between ecological stability (drought resistance), mechanical stability (strong wind resistance) and, last but not least, the timber production. The managing foresters can utilise adaptive treatments to manage for the global climate change – they have a range of possibilities to influence how the forest stands cope with the physiological stress caused by drought. In other words, the forester can influence the resistance of forest stands to this significant stress and how vital the stands actually remain.

Literature

- Allen CD, Macalady AK, Chenchouni H, Bachelet D, McDowell N, Vennetier M, Kitzberger T, Rigling A, Breshears DD, Hogg EH, Gonzalez P, Fensham R, Zhangm Z, Castro J, Demidova N, Lim J-H, Allard G, Running SWr, Semerci A, Cobb N (2010): A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259: 660–684
- Allen CD, Breshears DD, McDowell NG (2015): On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere* 8 (6): 1-55
- Badel E, Ewers FW, Cochard H, Telewski FW (2015): Acclimation of mechanical and hydraulic functions in trees: Impact of the thigmomorphogenetic process. *Frontiers in Plant Science* (6) 266: 1-12
- Cailleret M, Jansen S, Robert EMR, et al., Martinez-Vilalta J (2017): A synthesis of radial growth patterns preceding tree mortality. *Global Change Biology* (2017) 23, 1675–1690
- Cuny HE, Rathgeber CBK, Frank D, Fonti P, Fournier M (2014): Kinetics of tracheid development explain conifer tree-ring structure. *New Phytol.* 203: 1231–1241



- Ellenberg H (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer dynamischer und historischer Sicht. Ulmer, Stuttgart
- Fonti P, Von Arx G, Garcia-Gonzalez I, Eilmann B, Sass-Klaassen U, Gartner H, Eckstein D (2010): Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytologist*, 185 (1): 42-53
- Hacke U (2015): Functional and Ecological Xylem Anatomy. Springer Verlag, 281 pp.
- Hartmann H, Adams HD, Anderegg WRL, Jansen S, Zeppel MJB (2015): Research frontiers in drought-induced tree mortality: crossing scales and disciplines. *New Phytologist* 205 (3): 965-969
- IPCC (2013): "Summary for policymakers," in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, et al. (New York, NY: Cambridge University Press)
- Johnson DM, McCulloh KA, Woodruff DR, Meinzer FC (2012): Hydraulic safety margins and embolism reversal in stems and leaves: Why are conifers and angiosperms so different? *Plant Science* 195: 48-53
- Kolář T, Čermák P, Trnka M, Žid T, Rybníček M (2017): Temporal changes in the climate sensitivity of Norway spruce and European beech along an elevation gradient in Central Europe. *Agricultural and forest meteorology* 239: 24-33
- Leuschner CH, Meier IC (2018): The ecology of Central European tree species: Trait spectra, functional trade-offs, and ecological classification of adult trees. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 33: 89-103
- Lyr H., Fiedler H-J, Tranquillini W (1992): Physiologie und Ökologie der Gehölze. Spektrum Akademischer Verlag
- Manion PD (1981): Tree disease concepts. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs
- McDowell NG, Pockman W, Allen C, Breshears D, Cobb N, Kolb T, Plaut J, Sperry J, West A, Williams D, Yepez EA. (2008): Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb? *New Phytologist* 178:719-739
- McDowell NG, Beerling DJ, Breshears DD, Fisher RA, Raffa KF, Stitt M (2011): The interdependence of mechanisms underlying climate-driven vegetation mortality. *Trends in Ecol and Evol*, 26 (10): 523-532
- Rosner S (2013): Hydraulic and biomechanical optimization in Norway spruce trunkwood - A review. *IAWA Journal*, 34 (4): 365-390
- Rosner S, Gierlinger N, Klepsch M, Karlsson B, Evans R, Lundqvist SO, Světlík J, Borja I, Dalsgaard L, Andreassen K, Borja I, Solberg S, Jansen S (2018): Hydraulic and mechanical dysfunction of Norway spruce sapwood due to extreme summer drought in Scandinavia. *Forest ecology and management* 409: 527-540
- Rossi S, Anfodillo T, Cufar K, Cuny HE, Deslauriers A, Fonti P, Frank D, Tremli V (2016): Pattern of xylem phenology in conifers of cold ecosystems at the Northern Hemisphere. *Global Change Biology*, 22 (11): 3804-3813
- Rowland L, da Costa ACL, Galbraith DR, Oliveira RS, Binks OJ, Oliveira AAR, Pullen AM, Doughty CE, Metcalfe DB, Vasconcelos SS, Ferreira LV, Malhi Y, Grace J, Mencuccini M, Meir P (2015): Death from drought in tropical forests is triggered by hydraulics not carbon starvation. *Nature* (528) 7580: 119-128
- Rybníček M, Čermák P, Žid T, Kolář T (2010): Radial growth and health condition of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) stands in relation to climate (Silesian Beskids, Czech Republic). *Geochronometria* 36: 9-16
- Samec P, Edwards-Jonášová M, Cudlín P (2017): Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) health status on various forest soil ecological series in Silesian Beskids obtained by grid or selective survey. *Beskydy* 10 (1, 2): 1-10
- Sperry JS, Hacke UG, Pittermann J (2006): Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. *American Journal of Botany*, 93 (10): 1490-1500
- Steppe K, Vandegehuchte MW, Tognetti R, Mencuccini M (2015): Sap flow as a key trait in the understanding of plant hydraulic functioning. *Tree Physiology* 35 (4): 341-345
- Zhang Q, Shao M, Jia X, Wei X (2017): Relationship of Climatic and Forest Factors to Drought- and Heat-Induced Tree Mortality. *PLoS ONE* 12 (1): 1-17

Acknowledgements:

This work was supported by TACR, project no. TJ01000309; by the Ministry of Education, Youth and Sports of CR within the National Sustainability Program I (NPU I), grant number LO1415; and by the research infrastructure CzeCOS, project no. LM2015061.

prof. Dr. Ing. Petr Horáček

Tel: +420 777 121 695

email: horacek.p@czechglobe.cz

Ing. Marek Fajstavr

email: fajstavr.m@czechglobe.cz

Ing. Justyna Szatniewska

email: szatniewska.j@czechglobe.cz

doc. Ing. Vladimír Gryc, Ph.D.

email: vladimir.gryc@mendelu.cz

doc. Ing. Hanuš Vavřík, Ph.D.

email: hanus.vavrick@mendelu.cz

doc. Ing. Josef Urban, Ph.D.

email: josef.urban@mendelu.cz

Ing. Jan Krejza, Ph.D.

email: krejza.j@czechglobe.cz

Ing. et Ing. Pavel Bednář, Ph.D.

email: bednar@vulhmop.cz



The close-to nature forest regeneration after a large disturbance

Antonín Martiník

Mendel University in Brno, the Faculty of Forestry and Wood Technology, the Department of Silviculture
Zemědělská 3, 61300 Brno, Czech Republic

Introduction

Through its official documents, the Czech Republic has made itself known for its strategy of sustainable development (Act No. 17/1992 Coll., on the Environment; MOLDAN 2003). At the forest management and governing level, allegiance to sustainable development is supported by Sec. 1 of the Forest Act, dealing with sustainable management (Act No. 289/1995 Coll. on Forests). Although the definition of sustainable management does not clearly define any strict schemes or concepts in terms of forest management, maintaining soil fertility and silviculture based on natural processes are accentuated (VANČURA 2008). On the other hand, the framework of the national legislative is closely connected to even-aged forests and growing monoculture spruce stands. Thus, except with a few minor exceptions (with the support of the soil improving species), it is no exaggeration to say that the existing legislation is built on dogmas of sustainability that were defined for the 18th and 19th centuries. But in fact, the framework of sustainability of forest management in the 21st century (and even at the end of the 20th century) has been determined not only by societal demands, but also by the existing level of knowledge.

Without openings at clearings

Presently, due to global climate changes and the large-scale dieback of allochthonous spruce stands, the unsustainability of even-aged forestry is becoming more and more pronounced. It is therefore a question of the direction into which the existing system should be transformed, so that it not only declares allegiance to sustainability, but it also actively supports these concepts. On the European-wide scale, these conceptual requirements have already been met for a long time, based on the biocentric understanding of forests (PRETZCH 2009), i.e. the concept of ecologically justified forest management, in our country perhaps inaccurately referred to as “nature-close” or uneven-aged forestry (KŘISTEK 2001; TESAŘ 2001). Contrary to traditional even-age forest management, the silvicultural practices associated with this concept follow the natural dynamics of forest ecosystems. There is a range of various methods and practices regarding the transformation of existing even-aged forests into uneven-aged forests. In connection with the emergence of large calamity openings, the question is how to manage forests by applying uneven-aged forest management in places where only a vast opening remains; whether this type of forest management is beneficial for the owner from the economic view. It is also important to determine whether the national legislation is prepared for such system of forest management.

Biological foundations

The biological and even ecological foundations of sustainable forest management are mainly linked to the choice of appropriate tree species. First, this means choosing a tree species suitable for the particular site conditions and, secondly, taking into account the potential influence of the structure of the tree species on preserving soil fertility. In the context of the large-scale decay of forests and the emergence of calamity openings characterized by, often extreme, weather influences, a lack of parental vegetation and full exposure to the sun, as well as locally-specific features of the soil environment, the choice of appropriate tree species is a crucial issue. Although in clearing environment, climax tree species, the C-strategists, a suffering and declines, pioneer tree species, the R-strategists, are becoming more and more important. In fact, the extended usage of pioneer tree species as the first phase of forest regeneration after a disturbance is fully in line with the dynamics of natural forests and the principles of succession in most habitats under Central European conditions. In natural conditions, pioneer tree can survive for a long time only in extreme habitats; otherwise



succession progresses in the traditional manner, with transitional forests being gradually replaced by final climax tree species (MÍCHAL 1992).

The course of succession in forests influenced by human activities, especially those with a modified stand structure, is different from natural forests. Therefore, without direct human intervention, no timely or full-scale transitions from a pioneer forest into a woodland comprising climax trees can be expected. Also not a limitless succession, but established of pioneer forest and then artificially adding target tree species (climaxes) in most cases seems to be the biologically, or ecologically, optimal and justifiable basis for regeneration of a new forests after disturbances.

Economic aspects

The legitimacy of close-to nature forest management is based not only on ecological, but also on economic foundations (SUSSE 2011; SANCHEZ 2017). The economic parameters of nature-close forest management should be comparable to those which are achievable in standard even-aged forestry. Here, it is vital to place emphasis on the necessity of long-term monitoring to achieve comparable outputs. However, the vast majority of economic indicators take into account other forest production-associated characteristics, such as soil fertility, only exceptionally. The remaining other non-timber and “non-productive” effects go largely unnoticed and generally not included in practical evaluations, although they already are manageable at the theoretical (academic) level (ŠIŠÁK ET AL. 2003).

Although this, it is definitely possible to clearly state, that the using of nature-close forest regeneration based on pioneer tree species after forest disturbances lead to achieve a significant reduction of renewal costs.(MARTINÍK ET AL. 2014; ŠAFRÁNEK ET AL. 2018). The lower costs of forest regeneration are due to the faster and often seamless growth of these trees, even throughout large openings. The gradual, long-term adding of target tree species under pioneer ones or after they have been gradually cut off can also be seen as a step leading to stability and sustainability in forest management, as opposed to a one-off, often several-hectare planting with climax trees. Both the ecological and the mechanical stability of the forest stands developed in this way, as well as the quality of the wood produced by the climax trees, will be significantly higher than with the standard renewal of these tree species in openings (LEONHARDT, WAGNER 2006). The high stability of nature-close forest stands is then a prerequisite for their long-lasting economic profitability.

Legislative framework

Within the current legislative framework of forest management associated with the forests in different age classes, close-to nature forest management practices are tolerated, but they are discouraged to a large extent (BEZDĚKOVÁ 2018). This legislative discouraging of close-to nature forest management is further multiplied by the current provisioning rules that are mainly linked to (artificial) forest regeneration. Changes in legislation should concern both forest regeneration (silviculture) and management.

The provisional rules should be directed towards the forests and their preservation, or towards improving their condition, not to their (artificial) regeneration. Post-calamity forest regeneration require legislative and provisional specifications that give preference to succession-based practices i.e. practices involving pioneer tree species.

Conclusion – social dimensions

Any widespread dieback and subsequent decay of spruce stands leads not just to economic loss, but provides an opportunity to understand and manage forests in a different manner. This legitimate change in the approach taken towards forest management based on ecosystem foundations (SANDS 2005) must be accompanied by changes in our national legislation. Nature-close forest stands, which are more widely accepted than even-aged forest management throughout society (O'HARA 2014) must be presented as the result of close-to nature forestry and not only results of nature.



Literature

- Bezděková, J., 2018. Hospodářská koncepce lesa trvale plně tvořivého (Deuerwald) a její kolize se současnou lesnickou legislativou v ČR. Bakalářská práce, LDF Mendelu v Brně, 96 s.
- Křístek, J., 2001. Koncepce lesního hospodářství na ekosystémovém základě. Lesnická práce, 80 (1): 10–11.
- Leonhardt, B., Wagner S., 2006. Qualitative Entwicklung von Buchen-Voranbauten unter Fichtenschirm. Forst und Holz, 61: 454–461.
- Martiník, A., Dobrovolný, L., Hurt, V., 2014. Comparison of different forest regeneration methods after windthrow. Journal of Forest Science, 60: 190–197.
- Míchal, I., 1992. Obnova ekologické stability lesů. Praha, Academia, 169 s.
- Míchal, I., 1995. Co plyne z poznání přírodních lesů pro pěstění našich smrčín. Lesnictví - Forestry 41 (3): 137–144.
- Moldan, B., 2003. (Ne)udržitelný rozvoj ekologie hrozba i naděje. Universita Karlova v Praze, Karolinum, 141 s.
- O'Hara, K.L. 2014. Multiaged Silviculture - Managing for Complex Forest Stand Structures. New York, Oxford university Press: 213 s.
- Poleno, Z., 1997. Trvale udržitelné obhospodařování lesů. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 54 s.
- Pretzsch, H., 2009. Forest dynamics, growth and yield: From measurement to model. Berlín Heidelberg, Springer-Verlag, 664 p.
- Sanchez, Ch., 2017. Pro Silva Silviculture, Guidelines on Continuous Cover Forestry/Close to Nature Forestry management practices. Forêt Wallonne asbl. 64 p.
- Susse R., Allegrini Ch, Bruciamacchie M., Burrus R., 2011. Management of Irregular Forests – Developing the full potential of the forest. Association Futaie Irrégulière. Saint Maime. 143 p.
- Sands, R., 2005. Forestry in a Global Context. CABI Publishing, Cambridge, 262 p.
- Šafránek, Z., Martiník, A., Vala, V., 2018. Modelové ekonomické srovnání variant obnovy lesa po kalamitě allochtonní smrčiny při využití přípravného březového porostu. Zprávy lesnického výzkumu, 2: - in press.
- Šišák, L., Švihla, V., Šach, F., 2003. Oceňování společenské sociálně – ekonomické významnosti základních funkcí lesa, MZE, Praha, 56 s.
- Tesař, V., 2001. Cesta k přírodě blízkému a ekologicky oprávněnému pěstování lesa u nás. Odkaz opočenského lesního hospodářství Huga Koniase – sborník. VÚLHM Jíloviště – Strnady: 26–33.
- Vančura, K., 2008. Ministerské konference o ochraně lesů v Evropě, 1990 – 2007, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýse nad Labem, 76 s.
- Zákon č. 289/1995 Sb. O lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon).
- Zákon č. 17/1992 Sb., O životním prostředí

Acknowledgement:

The result was achieved with support by Internal grant agency (IGA), no. LDF_PSV_2018002.

Ing. Antonín Martiník, Ph.D.

e-mail: antonin.martinik@mendelu.cz



Protection despite utilization – the biodiversity concept of the Ebrach State Forest Enterprise

Ulrich Mergner, Daniel Kraus
BaySF, Forstbetrieb Ebrach, Marktplatz 2, 96157 Ebrach, Germany

Introduction

Ebrach State Forest Enterprise (BaySF) manages an area of around 16,500 ha of state forest in the Steigerwald region, located in the Keuper uplands (mid Triassic period) of Franconia between Würzburg and Nürnberg in North-Western Bavaria. The State Forest Enterprise is responsible for one of the most important beech forests in Germany. The forests are composed of ca. 75% broadleaved species (Beech ca. 41 %, Oak ca. 21%) and 25% coniferous species (pine being the dominant species with around 13%). The actual average stock is ca. 384 m³ /ha and the annual cutting rate amounts to approximately 100,000 m³. Around 80% of deciduous timber is marketed in the region to more than 25 sawmills. Almost 25,000 m³ of sold fuelwood make Ebrach one of the largest producers in Germany. Biodiversity conservation, especially of forest dwelling species, is central to its conservation concept with a special emphasis on saproxylic beetles of which approximately 480 species occurring in the whole Steigerwald region. The conservation of those key indicator species group ensures the existence of all other species groups in these beech forests (MÜLLER ET AL 2005).

Conservation despite utilization

The management approach implemented in Ebrach is often coined “conservation despite utilization”. It can be described as an integrative approach which strives to ensure biodiversity conservation and timber production over the whole productive forest area (MERGNER 2018, KRAUS AND KRUMM 2013). Since most species dependent of old-growth-elements and phases have become threatened conservation of biodiversity in managed forest stands is mainly a question of retention of microhabitat structures (LARRIEU ET AL. 2018, KRAUS ET AL. 2016, BAUHUS ET AL. 2009). To ensure diversity of forest dwelling species, structural diversity and the supply of living and dead wood is crucial (LASSAUCE AT AL. 2011, JONSSON ET AL. 2005).

The centerpiece of Ebrach’s concept is a carefully selected and cross-linked system of set-aside and extensively managed forest areas (MERGNER 2018, MACARTHUR AND WILSON, 1967). Stands with a high ecological value fall under set-aside forest, which contains different categories:

- 430 ha strictly protected nature reserves
- 700 ha step stone habitats (Trittsteinhabitate)
- 40 ha forest edges (strips 5-20 m width)

Additionally, they link dispersed habitats. The concept therefore is often called and known as stepping stone concept (Trittsteinkonzept in German).

Altogether 1,200 ha representing 7% of the productive timber area are set-aside from forest management on a long term. In set-aside forest areas, all timber use and silvicultural activities is waived, only measures to ensure public safety and to prevent forest damage are allowed. These set-aside areas may serve as the basic safe-guarding of biodiversity and as donor areas for temporal colonization of habitat structures such as habitat trees and dead wood that automatically also occur in productive forests. Additionally step stone habitats as punctual and forest edges as linear elements complement the cross-linking of dispersed habitats.

Another important element of the enterprise’s approach is an extensification of management. This is mainly realized in old stands or younger stands with a high number of remnant old trees. This leads to a systematic build-up of habitat trees and deadwood. Currently, extensification of forest management activities affects 3,824 ha and is assigned to the following categories:

- 37 ha of class 1 forests (near-natural stands over 180 yrs)
- 3,062 ha of class 2 forests (near-natural stands between 140 and 180 yrs)



- 725 ha of class 3+ forests (near-natural stands under 140 yrs with high number of old trees)

Extensification in old stands is foreseen in class 1 forests as an abandonment of use of old trees and as maintaining a persistent amount of 40m³/ha of dead wood in class 2 forests. In class 3+ forests, all old trees which are remnants of the previous stands remain on the area, in all other class 3 forests a systematic build-up of dead wood is planned with the aim of having constantly 20m³/ha from the age class 100 onward. In the frame of the extensification of forest management, it is also foreseen to keep 10 habitat trees per hectare of the total productive area (i.e. 15,500 ha, without set-aside and non-wooded areas) that are allowed to grow old and live a completely natural life cycle including their decay after a natural death. Even if only 50 m² (a value ranging on the lower end) are assumed for the canopy cover of each tree crown, an additional 750 ha of set-aside or temporarily unproductive area could be accounted for. Altogether 11% of the whole forest area would be left to natural processes and forest development then.

Learning from nature

A profound understanding of natural processes in forest ecosystems is seen as a prerequisite for implementing the Ebrach biodiversity concept. The six strict reserves and more than 200 additional stepping stone habitats as smaller set-asides with longer habitat tradition across the forest area serve as survival and reproduction sites for sensitive and highly endangered species. Dispersal- and resource-limited species are thus able to spread and establish temporarily also in managed stands from these habitat patches, provided they are evenly distributed over the entire forest area (MERGNER 2018, JONSSON ET AL. 2005, LASSAUCE ET AL 2011). Strict forest reserves serve as learning sites on how relevant habitat structures develop over long growing cycles. Species assemblages found in these set-aside areas serve as qualitative target definition of what should be reached on the overall forest area. The extensive research conducted in these living laboratories has produced the guidance for the management principles of the entire forest area. This is mainly reflected in the deadwood and the stepping stone concept but also in additional parameters that were included in the inventory such as habitat tree categories (trees with cavities, conks, and large injuries). The retention of deadwood and habitat trees is fully reflected in the planning cycles of the forest enterprise and is considered in the calculation of the annual cutting rate.

Closer to nature

Main silvicultural aim in Ebrach is to maintain the beech-dominated character of the Steigerwald region. Single-tree harvesting and natural regeneration are the basis to develop structurally diverse and uneven-aged forests. Securing and improving the habitat diversity for forest species, however, has led to rethinking the management principles of the close-to-nature silviculture that was the main strategy in Ebrach for very long time (BOLLMANN 2011, GOSSNER ET AL. 2013). Especially the motto „the badly formed tree is felled first“ has led to an impoverishment of microhabitat structures through the early removal of undesired over-growth in the course of thinning operations to improve quality of trees. These trees bear an important potential to become future habitat trees and thus have gained strong attention in tending and thinning.

Elite and habitat trees Positive selection of habitat trees already takes place in thinning phases to ensure that there are sufficient individuals with microhabitat potential in later stages. The selection of elite trees is set to be at 40 / ha at max. (at least in beech) to leave space for habitat trees to develop. In case of admixtures with different harvest span even more habitat trees per ha may be selected and permanently marked (green wave line). In total 155,000 habitat trees are the aim for the total forest area.

The loss occurring through measures in the frame of biodiversity conservation mounts up to nearly 12.000 m³ per year, including losses occurring in legally protected areas (nature reserves) as well as through setting aside of areas as step stone habitats. In set-aside areas, the losses amount to 7.000 m³ per year, whereas in extensification areas an amount of 4.700 m³ per year occurs because of the build-up of dead wood.



Deadwood

Large amounts of wood that is left to decay naturally are seen as crucial in Ebrach for biodiversity and nutrient sustainability (STOKLAND ET AL. 2012, MÜLLER AND BÜTLER 2010). In later thinning phases and harvest the Ebrach concept requires trees to be felled away from skidding tracks so that tree crowns remain in the stand. As a general rule, the trunk is cut at the first strong branch and only the more valuable section are removed. This helps to reach the aim of increasing the amount of deadwood to 20 and 40 m³ /ha in forests older than 100 and 140 years respectively.

However, the dead wood concept is not only important for the conservation of forest dwelling species: latest scientific evidence suggests that wood remaining on the area is crucial to ensure sustainable nutrient cycling in a forest - mainly cations like potassium, calcium, phosphor and magnesium are stored in wood and may serve as long-term fertilizer since they are released continuously by large decaying wood pieces and are thus available for tree growth again. Additionally, dead wood stores a lot of water while decaying or in the form of humus later on. In the light of a changing climate and forecasted prolonged drought periods, this important attribute of dead wood may be also seen as a measure to secure the future of our forests.

Discussion

From a conservation perspective it is far more important to focus on strategic planning of conservation instruments rather than on the total protected area. Therefore habitat requirements and thresholds of target species as representatives of the typical forest community have to be considered for the development and cross-linking of conservation instruments. In this context also the current status, respectively the actual applied silvicultural system should be taken into account since a diversity of silvicultural systems and strategies across the landscape is needed to increase diversity in structures, functions, and biota and consequently also support a broad range of other ecosystem services.

Hence, the challenge in Ebrach is currently to find thresholds at which productive functions can be maintained and, at the same time, biodiversity be protected. To be efficiently assessed, the biodiversity-friendly forest management in Ebrach is constantly surveyed within research programmes (SCHAUER ET AL. 2018, ZYTYNSKA ET AL. 2018, DOERFLER ET AL 2017). Especially species groups which are linked to old-growth structures, dead wood and natural disturbances serve as excellent indicators of the conservation success of the Ebrach integrative management approach.

Considering the new scenarios of increasing pressure on wood resources in Europe due to increasing wood demand, it is crucial to make sure that quality and efficiency of biodiversity conservation in forest management is not diluted by new management goals. The Ebrach biodiversity concept strives to reconcile both goals in an optimal way.

Literature

- Bauhus, J., Puettmann, K. and Messier, C. 2009. Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management* 258(4): 525-537.
- Bollmann, K. 2011. Naturnaher Waldbau und Förderung der biologischen Vielfalt im Wald. *Forum für Wissen*:27–36.
- Doerfler, I., Müller, J., Gossner M., Hofner B., Weisser W.. 2017. Success of a deadwood enrichment strategy in production forests depends on stand type and management intensity. *Forest Ecology and Management* 400: 607-620
- Gossner, M. M., T. Lachat, J. Brunet, G. Isacson, C. Bouget, H. Brustel, R. Brandl, W. W. Weisser, and J. Müller. 2013. Current Near-to-Nature Forest Management Effects on Functional Trait Composition of Saproxyllic Beetles in Beech Forests. *Conservation Biology* online.
- Jonsson, B. G., Kruys, N. and Ranius, T. 2005. Ecology of species living on dead wood - lessons for dead wood management. *Silva Fennica* 39: 289–309.
- Kraus, D., Krumm, F (eds) 2013. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute. 284 pp.
- Kraus, D., Büttler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., and Winter, S., 2016. Catalogue of tree microhabitats – Reference field list. *Integrate+ Technical Paper* 13. 16 p.
- Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Büttler, R., Kraus, D., Krumm, F, Lachat, T, Michel, A., Regnery, B., Vandekerckhove, K. 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84: 194–207



- Lassauce, A., Y. Paillet, H. Jactel, and C. Bouget. 2011. Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. *Ecological Indicators* 11:1027-1039.
- MacArthur, R.H. and Wilson, E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, N.Y.
- Mergner, U. 2018. *Das Trittsteinkonzept*. Euerbergverlag. 138 pp.
- Müller, J., H. Bussler, U. Bense, H. Brustel, G. Flechtner, A. Fowles, M. Kahlen, G. Möller, H. Mühle, J. Schmidl, and P. Zabransky. 2005. Urwald relict species – Saproxylic beetles indicating structural qualities and habitat tradition. *Waldökologie online* 2:106-113.
- Müller, J., and R. Bütler. 2010. A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research* 129:981-992.
- Schauer, B., Steinbauer, M.J., Vailshery, L.S. et al. 2018. Influence of tree hollow characteristics on saproxylic beetle diversity in a managed forest. *Biodivers Conserv* 27: 853.
- Stokland, J.N., Siitonen, J. and Jonsson, B.G. (eds.) 2012. *Biodiversity in Dead Wood (Ecology, Biodiversity and Conservation)*. Cambridge University Press.
- Zytynska, S. E., I. Doerfler, M. M. Gossner, S. Sturm, W. W. Weisser and J. Müller. 2018. Minimal effects on genetic structuring of a fungus-dwelling saproxylic beetle after recolonisation of a restored forest. *Journal of Applied Ecology*

Ulrich Mergner, MS.c.

e-mail: ulrich.mergner@baysf.de

Daniel Kraus MS.c.

e-mail: Paul-Daniel.Kraus@baysf.de



An historical overview of difficulties of forest stand conversion and transformation – what can we learn from past mistakes?

Jiří Souček

The Forestry and Game Management Research Institute (VÚLHM), VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, CR

Introduction

Certain efforts to modify the composition of forest species and forest structure have been periodically made in Central Europe since the end of the 19th century. At the beginning, these efforts were trying to address the issues originating in intensively grown conifer monocultures; nowadays, it is more of an effort to respond to the changing environment or society's changing attitudes towards forestry (AMMER ET AL. 2008, SOUČEK AND TESAŘ 2008).

Repeated attempts to change forest management have created an opportunity to learn from the previous efforts and errors still happening. However, any relevant evaluation of the methods already employed, thus the errors resulting from the efforts made before, is limited by the considerably shorter human lifespan compared to the age of the forest, i.e. the limited transfer of relevant information between generations (including written documents), changing conditions in the environment, and the demands made on forests by modern society. Previous decisions on changes in forest management practices were often based on economic considerations, and much of the historical examples of the changes in forest management include forests severely disturbed by previous exploitation (HÖHER 1994). Today, there are not many really concise analyses with regards to the production, economic and other functions of forests. Thus, making any generalization is rather difficult, due to local specifics and changing environmental conditions.

Selected examples of incomplete transformation of forests

Hetlín – Municipal forests and ponds Kutná Hora

A plateau at an altitude of 400-500 m, soil conditions adversely affected by strong mottling of the soil profile (stagnasol) and long-time growing of coniferous stands; average annual precipitation 650 mm, average annual temperature 7.1°C.

The spruce and pine stands at the site had been showing poor health and growth. Ing. František Kratochvíl, the forester at the property from 1930-1966, had the soil conditions corrected by technical and biological melioration (surface trenches, reduced canopy closure, support of deciduous tree species) during the first period of his tenure, and, at the same time, he improved the health condition and the forest stand stability by employing positive cultivation interventions. The cultivation practices applied afterwards supported the structuring of the forest stand; missing tree species were added by artificial regeneration. The followers of F. Kratochvíl somewhat reduced the application of selective principles, implementing their regeneration mostly through a small-scale, shelterwood method. An analysis of the changes in the condition of the forest, following from the data in the forest management plans from 1952 and 2000, indicates changes in the age structure of the stands and an increase in the stock reserve; the stands in development showed a more varied structure and texture. The added silver fir and broadleaves species, due to the young age, did not show any significant presence in the stock (TESAŘ ET AL. 2004). Since 2002, the locality has suffered serious damage by repeatedly occurring wind calamities.

The causes of the failure of the transformation of the forests at this locality are attributable to inconsistent forest management due to political changes and force majeure (the wind calamity disturbed the unbroken edge of the forest, the stands - despite long-term transformation - were not able to resist the oncoming wind calamities).



Opočensko area – Colloredo-Mansfeld Forests

Partially mixed stands of spruce, pine and other tree species, altitude 230-260 m asl.; soil class: cambisol, average annual precipitation 640 mm, average annual temperature 7.6 °C.

In the past, the property was considerably affected and damaged by winds and snow. Forester Hugo Konias first stabilised suitable stands through positive thinning methods and intervention of mixed species, while in the most developed stands selective principles were applied from 1928-1974 (Konias, Zakopal). Cultivation interventions in the stands have modified the structure, and missing tree species were added by artificial regeneration (ZAKOPAL 1981, SOUČEK 2002). In the 70s, the continuity of the forest management was interrupted, and efforts to continuation of the previously used forest management model after 2001 (restitution of the property) have not been very successful. The increased proportion of deciduous species in the present structure of stands better reflects the natural composition of the species and provides for higher stock stability.

The causes of the failure of the transformation of the forests at this locality are discontinuity in forest management from the 70s due to political changes, the vitality of the forest stands has been decreased by the effect of pollution, and the damage caused by deer has reduced the regenerative potential of various tree species.

Former DDR – Vorratspflege

The concepts of Möller Dauerwald were developed during the post-war period mostly by Heger and Krutsch in the former DDR; whole-scale implementation was started in 1951. The goal was to develop an uneven-age, group-like forest formed of site suitable tree species with an optimal stock of good quality wood. The poor condition of the forests in post-war Germany, the lack of staff experienced in managing forests in this way, and schematic establishment ignoring specific local conditions and forest structures resulted in, as early as in 1956, corrective measures being necessary and the whole-scale application of this concept was terminated in 1961. Partial concepts were integrated in newly-established practices (Naturgemässe Waldwirtschaft). The poor condition of forest stands and the general weed infestation of thinned forest stands were addressed in the following period through the use of machines and chemicals (THOMASIUŠ 1996).

The cause of the failure was the blanket application of the concept of unified forest management practices, not taking into account the specific conditions existing in different site and stand conditions, as well as the lack of experienced staffs.

Prerequisites for starting the transformation of forest stands

Establishing realistic goals and practices for particular habitats and specific forest stands

In order to transform existing forests into close-to-nature stands, it is important to evaluate pragmatically the initial condition of a forest, the site conditions, the planned result and the theoretical duration of the transformation. The majority of the existing transformations attempts have been initiated in not very differentiated single-species forest stands, while the goal is to establish mixed forests with a rich structure. The concept of the target composition of the tree species and the spatial arrangements is usually somewhere in the middle between ecological requirements and minimizing the costs needed to establish the necessary functioning of the forest. A typical example of previous efforts was to change forest stands towards the selective forest model, which was repeated in various habitats throughout the Czech Republic. Inadequate habitats for the particular type of forest, the long amount of time needed for the solution, and discontinuity in forest management due to external environmental conditions (air pollution, calamities) as well as the issue of human activities resulted in a gradual loss of the already forming structure and a retreat to common practices of forest management. Even attempts in other countries have failed due to the determination of unrealistic goals and non-acceptance of the conditions in local habitats and specific forest stands.

During transformation, the goals may change depending on the actual condition of the stand and any changes of external conditions. The forestry management should adequately reflect these changing conditions: if forest management is transformed, the goals need to be modified in accordance with



these new goals, while suitable practices should be defined accordingly. The urgency and the practices to be applied may be judged by various criteria (biological, economic, social). To optimise the process, it is necessary to define priorities with regards to selecting the most appropriate forest stands where the transformation is to occur.

Preparation of forest stands for transformation

Within the forest transformation process, it is assumed that the stands will be gradually thinned to provide for suitable conditions for developing and growing the next generation of trees. The planned diversification of the stands, along with suitable interventions, will result in satisfactory stability of the developing forest stands. The duration of the period of stabilisation depends on the initial condition of the forest stand and on the local environmental conditions (SOUČEK, TESÁŘ 2008).

Reducing damage in forests caused by game due to increased numbers of the cloven-hoofed animals

Under our conditions, the transformation of forest stands is mostly connected with changing the composition of the existing tree species and adding the missing species. The prevailing coniferous stands are complemented with deciduous species, which are attractive to game in most of the habitats. The numbers of ungulate games have been increasing for a long time, and the adding of deciduous species is connected with a long-lasting need to protect them against game damage. The costs associated with this adding of deciduous trees and providing adequate protection for them has affected the economics of the entire process. A temporary reduction of the numbers of the most harmful animal species would favourably affect the economy of forest management and the progress of transformation as such. Both our previous and present experience indicate a significant potential of natural regeneration after reducing the numbers of game, as well as significant potential for the subsequent renewal of game.

In the 1990s, at the Kocanda locality, due to agreement between the forester and the manager, followed by acceptance of the agreed concept by the owner, realistic goals were set for transforming the forest, while the concepts and initial opinions were incorporated into the plans. The implementation itself, driven by the forester, led to gradual steps in forming the present forest stands, corresponding with the idea of close-to-nature forestry practices under the given conditions. The timely started process of the transformation, in midlife, reduced production losses and provided for very reasonable rentability. However, the existing forest still shows a strong connection to the characteristics of an even-age forest in the developed shelterwood system. This reflects the still brief period of the duration of the forest transformation compared to rotation period.

Conclusion

The transformation of present forest stands into mixed stands, with differentiated structures, is a long-term process - and more significant results will be visible only after several generations. Previous experience indicates rather difficulties connected with that. Accepting historic know-how or practices from abroad often runs into problems due to different goals, different local conditions, and used practices. The foundation for a successful transformation process lies in determining realistic goals and suitable practices in forest management, taking into consideration the present conditions of the forest stands and local environmental conditions. The long-term implementation requires continuity in the forestry management as well as the ability and willingness to modify the transformation process in response the changing environmental conditions. Before starting any transformation, a forest stand must show adequate vitality, stability and growth potential. The process of transforming species composition is mostly limited by increased numbers of ungulate games. Forest stands developed as mixed forests with differentiated composition show increased stability and better resistance to changing environmental conditions.

Literature

Ammer, C., Bickel, E., and Kolling, C. 2008. Converting Norway spruce stands with beech -- a review of arguments and techniques. *Austrian Journal of Forest Science* 125(1):3-26.



Demonstrační objekty nepasečného hospodaření
Exemplary Forest Units of Uneven-aged Forestry

- Höher, G. C. 1994. Von der Heide zum Dauerwald. Waldentwicklung in Erdmannshausen. Bremen, Milde Multiprint Gmbh, 1994, 204 p.
- Souček, J. 2002. Conversion of a forest managed under systems involving coupes to a selection forest on an example of the Opuky research area. *Journal of Forest Science*, 48 (1): 1-7.
- Souček, J., Tesař, V. 2008. Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů. Strnady, VÚLHM, 37 p.
- Spiecker, H. et al. 2004. Norway spruce conversion - options and consequences. European Forest Institute Research Report 18. Brill, Leiden: 269 p.
- Thomasius, H. 1996. Geschichte, Theorie und Praxis des Dauerwaldes. Stassfurt, Landesforstverein Sachsen-Anhalt e.V. 64 s.
- Zakopal, V. 1981. Poznatky získané realizací Koniasova pěstebního směru na Opočně. *Lesnictví*, 27(7):591-620.

Acknowledgement:

The result was achieved with support by the Ministry of Agriculture, institutional funding MZE-RO0118.

Ing. Jiří Souček, Ph.D.

e-mail: soucek@vulhmop.cz



Sustainability of forest management from the view of maintaining a nutrient balance – an example from the Žďárské vrchy area.

Vít Šrámek, Věra Fadrhonsová, Radek Novotný

The Forestry and Game Management Research Institute (VÚLHM)
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

Introduction

Forest management depends on a sustainable balance of nutrients in the ecosystem (HÜTTL 1986, SVERDRUP 2006). We were forewarned of the risks associated with over-intensive methods of forest management in unsuitable habitats in scientific works from the second half of last century (KRAPPENBAUER ET BUCHLEITNER 1981, SMITH ET AL., 1986, BUBLINEC AND ILAVSKÝ 1990). Present surveys of forest soil, however, show that the nutrient balance problem in forest ecosystems is quite widespread in the Czech Republic (FIALA ET AL. 2004, ŠRÁMEK ET AL. 2011) even throughout previously favourable habitats (ŠRÁMEK ET AL. 2013), where forest damage associated with nutritional deficiencies has appeared (HLÁSNÝ AND SITKOVÁ 2010, LOMSKÝ AND ŠRÁMEK 2004). In recent years, the pressure on the full use of tree biomass, including felling residues, has been growing (ÚHÚL 2009), which poses a threat to the long-term sustainability of forest management (MARIANI ET AL. 2006, AKSELLSON ET AL. 2007). In addition to the nutrient balance, (also important for other reasons) carbon sequestration in forest soil (ACHAT ET AL. 2015), soil retention capacity (RAJKAI ET AL. 2015), and biodiversity may be adversely affected as well.

The authors of this paper are currently dealing with this issue in the Žďárské vrchy area, owned by Kinský Ždár, a joint-stock company, mostly focusing on forest cover in the 4th and 5th vegetation zone (mostly acidic or nutrient richer sites of higher elevation). These account for 34.7% of the forest soil found in the CR. These are ranked among the most important locations in terms of wood production, but they also contain highly valuable natural and landscape features. The aim of the research is to provide methodological foundations for these habitats to quantify the impact of economic measures (the way of processing felling residues and biomass originating from pruning and cutting and their intensity, ground side dressing of plantations and stands) on the balance of nutrients, carbon and organic matter in the soil, thus providing for sustainable production and the fulfilment of forest's environmental functions.

Presentation of research activities

The problem of nutrient balance sustainability within economic measures is divided into several segments. The first is a survey on nutrition that describes the present condition of soil as the source of nutrients for forest cover. The properties of forest soil were monitored in a regular network of 20 points, at approximately 800-meter increments. In 2017, test pits were excavated and described and samples were taken in accordance with the *ICP Forests* methodology. Samples of the upper organic horizon FH (including four bulk samples to determine the total humus stock) were taken, as were mineral soil samples from constant depths 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm and 40-80 cm. The samples of mineral soil from the 0-40 cm depths were taken both from the test pit and from four points around the test pit using a soil drill. After that, a mixed sample of the soil was prepared for each particular layer. From the same spots, samples of assimilation organs were taken after the vegetation was terminated. Samples from the upper, sunlit parts of the crowns were taken using harmless climbing equipment. In each area, samples were taken from six trees, mixed samples were analysed. In spruce, samples from the two youngest classes of needles were taken. The samples of soils and needles were analysed in the VÚLHM testing laboratories.

The scope of activities includes monitoring the effects of different processing methods used for the felling residues through analysing the properties of a soil solution. In March 2017, three suitable areas were selected and marked in an adult spruce stand. Subsequently, a shelterwood cutting was made in the stand, of total area of approx. 1 hectare; in total 157 trees were cut down with a total volume of



188 m³, thus the stand reserve was reduced by 209 m³/hectare. The area was split into three segments in which different processes were applied to dispose of the felling residues. The residues present in one of the segments were chipped and evenly spread onto the ground. In the second segment they were left as it was, without chipping; whereas in the third segment they were completely removed and used for energy production. Between the end of May and the beginning of June 2017, testing pits were excavated at each of these segments and gravitation lysimeters were installed. After the lysimeters stabilised, samples of soil water have been taken since September 2017 - from the layer under the humus and from the mineral soil, a depth of 30 cm. Today, the first results are now available.

Within another activity, we are quantifying biomass and nutrient removal under different intensities of pruning and stand method conditions, as well as assessing the influence of side dressings on the nutrient contents in assimilation organs and in forest soils.

Results of the nutrition survey in the monitored area

The results from conducting basic soil analyses of mineral aquifers in soil profiles up to 80 cm are shown in Fig. 1. The soils show very significant features of acidification in the top soil layers. In one of them, the acidity decreases by the depth of the soil profile (increasing pH). In general, soils are classified as strongly acidic – the active pH (H₂O) ranges from 3.5 to 4.5; the variable pH (CaCl₂) ranges from 3 to 4. One part of the samples from the very bottom layer 40 – 80 cm shows medium acidity. However, the humus layer shows the lowest pH, with an average pH (CaCl₂) a mere 3.06 – this means that a significant part of the samples taken from the humus layer show very strong acidity; the lowest measured pH was 2.87.

On the other hand, the contents of nitrogen, which originally was considered to be a limiting element in forest ecosystems, are between fairly good and very good. The good accessibility of nitrogen is also demonstrated by the relatively low C/N ratios in the humus layer, ranging from 16.4 to 26.3 with an average value of 22.3. This corresponds to mountainous locations with increased nitrogen deposition. The contents of other major nutrients are rather low, though. This is especially noticeable with respect to phosphorus, where the average content throughout the soil profile is far beneath the deficiency limit (20 mg.kg⁻¹). In the top mineral layers, at depths down to 20 cm, all samples are below this limit. Similarly to phosphorus, the calcium the deficiency value (140 mg.kg⁻¹) is only found in the deeper soil layers 40-80 cm. The supply of potassium and magnesium are slightly more accessible. At depths of 10-40 cm, these basic elements show average values at the deficiency limits (20 mg.kg⁻¹ for magnesium and 30 mg.kg⁻¹ for potassium).

The contents of nutrients in the needles of spruce and pine at the same plots indicate the same situation. Throughout the area, the level of nitrogen in the first year is sufficient to good, with an average of 1.40%. A rather high content of nitrogen (above 1.50%) in the first year of needles was found in approximately one-quarter of the cases. When assessing nutrition in respect of nitrogen, the second year of the needles is also within the optimal range. Similarly to the case with soil, the most notable deficiency was found in the content of phosphorus. In the first year of needles, the determined average value of 1.334 mg.kg⁻¹ is still within the range of sufficient nutrition; however, one-quarter of the samples show a phosphorus deficiency. In the second year, the situation is even worse. The average content of phosphorus is only 1.080 mg.kg⁻¹ and sufficient phosphorus nutrition was found in only one-quarter of the samples. Somewhat better results were found in respect of calcium, in which deficiency was seen in only a few samples of the first year of needles; as for magnesium, almost one-half of the samples of the second year were below the deficiency limit. This is typical for these elements because calcium accumulates in assimilation organs in tightly bound compounds with age, while magnesium is relatively mobile and is preferentially supplied to the youngest assimilation organs. The content of potassium ranged between sufficient and optimal in all the samples taken.

Results from analysing soil water sampled from localities with different ways of processing wood chips

Currently, we have only the very first results after less than one year of sampling. Anyway, there is an obvious tendency showing a lower content of nutrients and dissolved organic carbon (DOC) in the area where the felling residuals were completely removed compared to localities with chippings.

Preliminary conclusions

The research surrounding soil and its connection to the nutrition of trees indicates acidification of the soil environment resulting in low basic nutrient contents and poor accessibility of soil phosphorus. In many localities, this concerns not only the top soil layers, but also the whole soil profile, which can adversely affect even more demanding deciduous wood species. Another problem is seen in the availability of nitrogen, which - on one side - is an accelerator of production, but - on the other hand - also increases the pressure on the availability of basic elements. At present, the soil conditions are already identifiable in the chemism of the needles. The results thus clearly indicate that managing nutrients in forest stands can be a significant factor from the long-term perspective due to its influence on the sustainability of forest management.

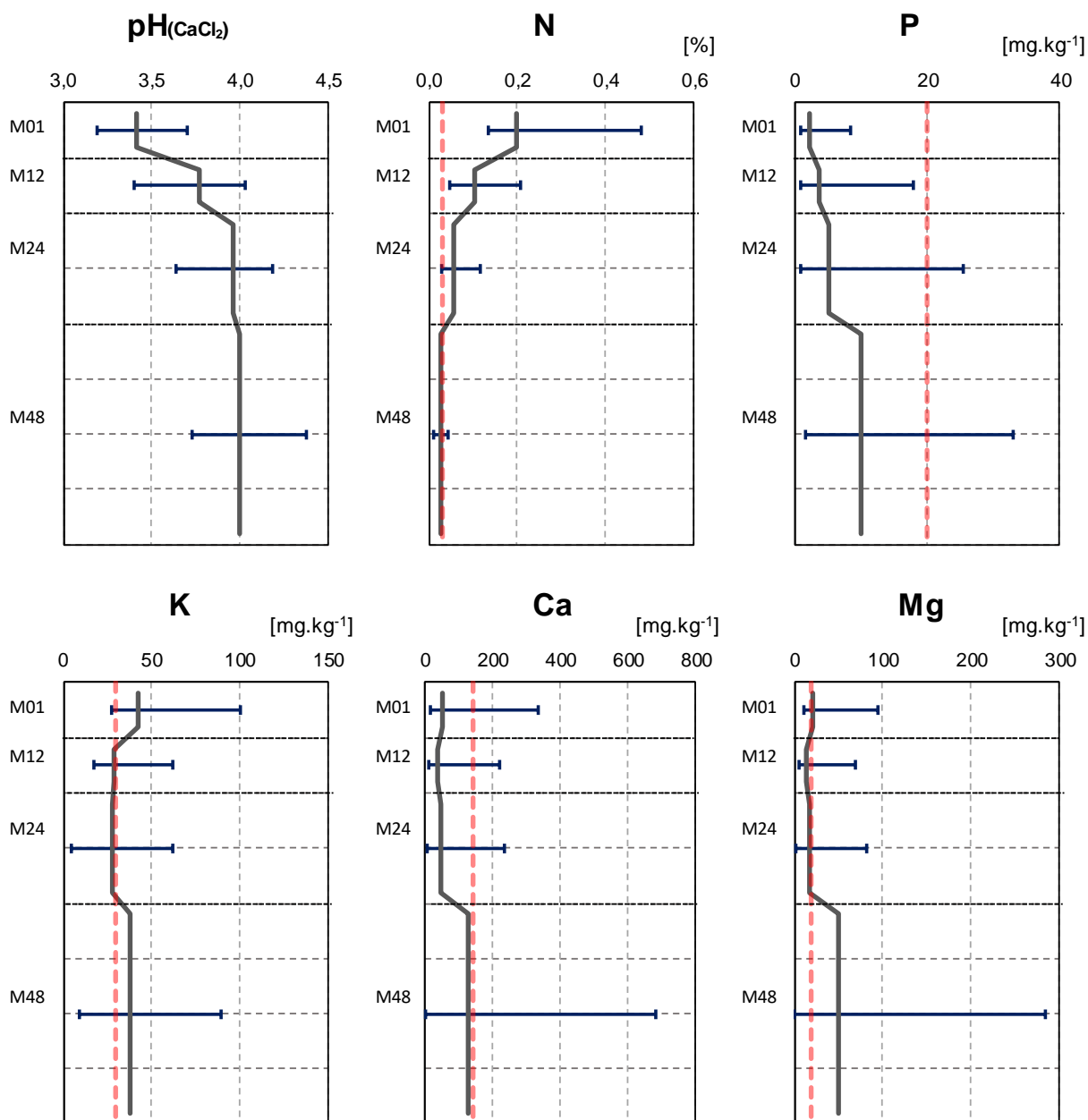


Fig. 1: Soil responses and accessible contents of elements in the mineral layers of the soil profile in the observed area. The black line shows the average values, the error sections indicate the minimum and maximum values; the red dotted line shows the conventional deficiency limit for each element. Classification of mineral layers according to depth: M01: 0-10 cm, M12: 10-20 cm, M24: 20-40 cm, M48: 40-80 cm.

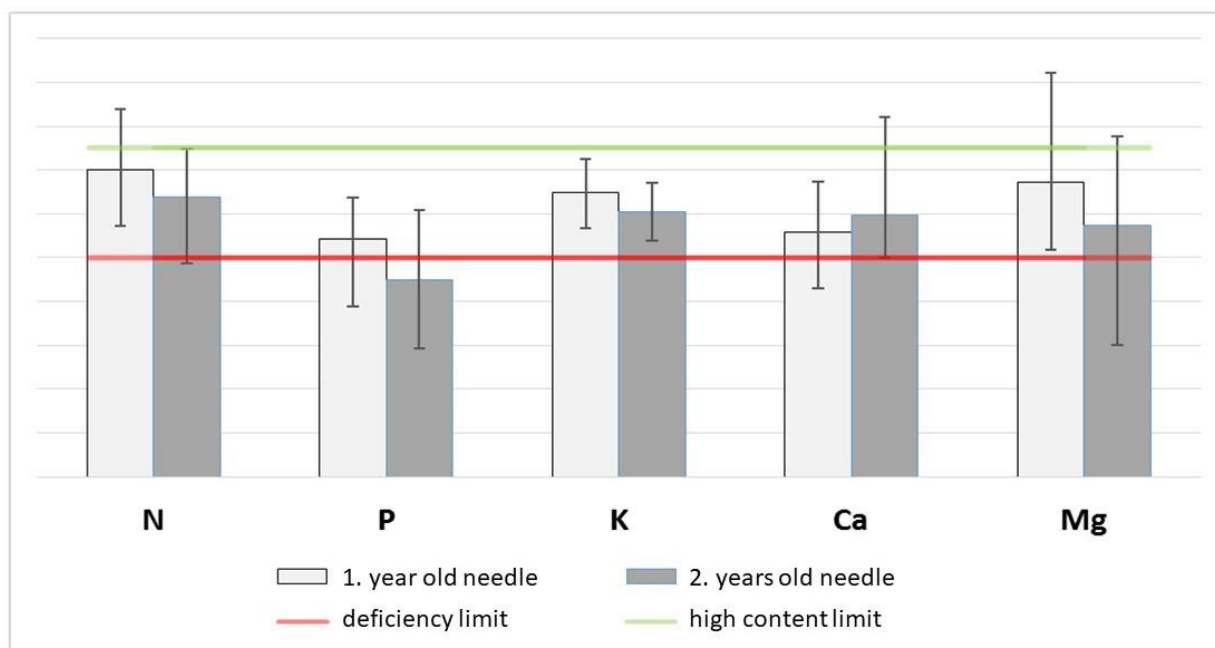


Fig. 2: Interpretation of the content of nutrients in the current and one year old needles (spruce and pine) in the observed area. The column height indicates the average value in the area, the error segments show the minimum and maximum values. The absolute values of the deficiency and high content limit values for the elements in the question are shown in Tab. 1.

Tab. 1: Deficiency limits and high content limits for the contents of nutrients in the needles

	N [%]	P [mg.kg ⁻¹]	K [mg.kg ⁻¹]	Ca [mg.kg ⁻¹]	Mg [mg.kg ⁻¹]
deficiency limit	1.0	1 200	3 000	1 500	700
high content limit	1.5	2 000	8 000	6 000	1 500

Literature

- Achat, D., Fortin, M., Landman, G., Ringeval, B., Augusto, L. 2015. Forest soil carbon is threatened by intensive biomass harvesting. *Scientific Reports* 5, 15991;
- Aksellson C., Westling O., Sverdrup H., Holmquist J., Thelin G., Uggla E., Malm G. 2007. Impact of harvest intensity on long-term base cation budgets in Swedish forest soils. *Water, Air and Soil Pollution, Focus*, 7: 201-210.
- Bublinec E., Ilavský J. 1990. Harvesting of aboveground biomass of trees and its effect on site conditions in forests. *Lesnictví*, 36: 887-894.
- Fiala, P., Reininger, D., Samek, T., 2004: Výsledky průzkumu stavu výživy lesa na území lesní správy Vyšší Brod. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, 46 s.
- Hlásny, T., Šitková, Z. (eds.) 2010. Spruce forest decline in the Beskids. National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen & Czech University of Life Sciences Prague & Forestry and Game Management Research Institute Jíloviště-Strnady. Zvolen, 182 p.
- Hüttl, R. F. 1986. Neuartige Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen in Südwestdeutschland am Beispiel Oberschwaben. *Kali-Briefe*, 17: 1-7.
- Krapfenbauer A., Buchleitner E. 1981. Holzernte, Biomassen- und Nährstoffaustrag, Nährstoffbilanz eines Fichtenbestandes. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 98: 193-223.
- Lomský, B., Šrámek, V. 2004. Different types of damage in mountain forest stands of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50: 533-537.
- Mariani L., Chang S.X., Kabzems R. 2006. Effects of tree harvesting, forest floor removal, and compaction on soil microbial biomass, microbial respiration, and N availability in a boreal aspen forest in British Columbia. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 1734–1744.
- Smith C., T., McCormac M. L., Hornbeck J. W., Martin C. W. 1986. Nutrient and biomass removals from a red sprucebalsam fir whole tree harvest. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 381-388.



- Sverdrup, H., Thelin, G., Robles, M., Stjernquist, I., Sörensen, J., 2006: Assessing nutrient sustainability of forest production for different tree species considering Ca, Mg, K, N and P at Björnstorp Estate, Sweden. *Biogeochemistry*, 81: 219-238.
- Šrámek, V., Jurkovská, L., V. Fadrhonsová, V., Hellebrandová-Neudertová, K 2013: Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií - výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektur EU "BioSoil". *Zprávy lesnického výzkumu* 58, 314 – 323
- Šrámek, V., Vortelová, L., Fadrhonsová, V., Hellebrandová, K. 2011: Výsledky výzkumu lesních půd v rámci programu Biosoil v České republice – zajištění výživy dřevin základními živinami. In: Sobocká J.: Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Societas pedologica slovac, Bratislava, s. 182-190.
- ÚHÚL, 2009: Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 48 s.

Acknowledgement: Supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, institutional support MZE-RO0118.

Doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D.

e-mail: sramek@vulhm.cz

Ing. Věra Fadrhonsová

e-mail: fadrhonsova@vulhm.cz

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

e-mail: novotny@vulhm.cz



Transforming Sitka spruce plantations to Continuous Cover Forestry in Ireland

Edward Wilson^{1,2}, Ian Short¹, Áine Ní Dhubháin² and Paddy Purser^{3,4}

¹ Teagasc Forestry Development Department, Ashtown, Dublin

² UCD Forestry, University College Dublin, Belfield, Dublin

³ Purser Tarleton Russell Ltd, Forest Sector Management, Consultancy

⁴ Research, Woodenbridge, Co. Wicklow

Abstract

Continuous Cover Forestry (CCF) has been a popular discussion topic among professional foresters for some time in Ireland, as elsewhere in Europe. Now research and an increasing number of working examples are demonstrating the potential of this flexible and resilient silvicultural approach. Currently, we are investigating the transformation of Sitka spruce plantations to CCF. The focus is the potential role of alternative thinning regimes to “low” thinning, which is the current industry practice. We are assessing “crown” thinning and “graduated density” thinning which introduce greater heterogeneity and enable greater control of the development of quality trees through the transformation phase of stand development. The presentation provides background on CCF in Ireland and preliminary findings from our research on the early stage of stand transformation.

Introduction

The forestry sector in Ireland are currently experiencing a period of growth and development. Major factors driving change include the buoyant markets for home-grown timber and forest products, the increased requirement to deliver a range of ecosystem services, and a need to enhance the ecological resilience of our forest resources. Especially important is the requirement to diversify the composition and structure of forests so that they can adapt to predicted changes in our climate and the very real threats from introduced insect pests and diseases.

Currently in Ireland we rely on a small number of productive conifer and broadleaved species. Over 50% of the productive forest estate is composed of just one species, Sitka spruce (*Picea sitchensis*). In terms of forest management, even-aged plantations and clear-felling remains the dominant silvicultural system. Clearly, adopting a wider range of genotypes, species and silvicultural systems will lead to a more diverse resource and reduce environmental risks. However, the challenge for foresters in Ireland is to develop new approaches that increase ecological resilience while sustaining timber production and other forest values.

Continuous Cover Forestry, or simply CCF, is one of the most important options to emerge in recent years. CCF is a flexible and adaptable management system that creates diverse and resilient forest stands. Serious discussion of CCF has been ongoing since the early 1990s, with leadership from Pro Silva Ireland. With new initiatives coming forward, it appears that CCF is increasingly in demand by forward-looking woodland owners. The recent announcements of a €12.5 M fund and €0.8 M development grant from the European Investment Bank, combined with a new CCF management grant from the Irish Forest Service, are stimulating wider engagement.

This presentation provides a brief overview and considers current directions in CCF, with reference to research on the early stages of transformation of Sitka spruce planted forests to continuous cover forests. We present some preliminary findings and observations from our research study, called the TranSSFor Project.

Defining CCF

Continuous cover forestry is defined as the use of silvicultural systems where the forest canopy is maintained at all times in one or more canopy level. The guiding principles are to manage and sustain the forest ecosystem, work within site limitations and use natural processes wherever possible. This involves harnessing natural forest succession, natural regeneration of trees, mixed species and increased biodiversity. Through single tree and small group selection, production and regeneration



take place simultaneously. Gradually, due to successive interventions, the forest evolves from young, simple structures to older, more complex and irregular structures. Together these processes give rise to the alternative name of Close-to-Nature (CTN) forest management.

There are several economic and environmental attributes of CCF that may contribute to its wider adoption in Ireland. Much of the discussion about CCF has been focused on the structure of the forest and the challenge of securing natural regeneration, especially where deer and the ecological requirements of major species present significant challenges. However, as Irish foresters know well especially from study visits to central Europe, a major rationale for CCF is high quality timber production within a permanent forest structure. CCF enables the forester to select individual trees based on their potential for high quality timber production. Through good thinning practice, it is possible to control the growth increment of these individuals and schedule their harvest across stand interventions to the point where they achieve their target size or optimum value.

Environmentally, several advantages of CCF forests have been identified relative to even-aged systems that increase forest resilience: they can be more windfirm (so long as the correct thinning regime is instituted early in a stand's development); they maintain a more even carbon storage; they show lower soil carbon losses during harvesting; there is a reduced risk of soil fertility loss; they maintain higher humidity levels and they are well-suited to both single and mixed species management.

CCF is desirable in multi-functional forests where landscape, recreation and conservation values are important. CCF can be used to great effect in sensitive catchments and riparian zones to regulate water yield, stream temperatures and reduce the risk of siltation or nitrate flushes that are often a concern downstream from clear-fell sites. Finally, as stands mature they generally acquire old growth characteristics that enhance biodiversity. For many small woodland owners, the opportunity to support wildlife is a powerful motivator for adopting CCF.

Transformation of plantations to CCF

Perhaps the most important challenge for foresters is managing the transformation from even-aged stands to continuous cover forests. To increase the area of woodland managed as CCF, it is necessary to identify even-aged stands that can be developed into irregular structures. This must recognise the often-wet soils and windy conditions that are common in Ireland. The process is achieved as a planned and progressive series of stand interventions that emulate the successional stages in natural woodland. The principles of CCF transformation are well defined and the practice of CCF is now the standard approach to forest management in many parts of Europe. Generally, initiating the transition at an early stage in stand development, ideally from the first and second thinning, is desirable over a late-stage transformation. Sticking with a thinning schedule and avoiding delays are also critical for stand stability, crop tree development and natural regeneration.

Transformation requires a long-term commitment and can be viewed as a distinct stage in securing continuous cover forests. There are four well-defined stages, summarised as follows:

Stage 1: Preparation – concentrating stand increment on high quality trees

Stands should be identified early in their development based on their suitability for thinning and productivity. Poor quality trees (inferior phenotypes) should be removed and better-quality trees (superior phenotypes) should be retained. Individual tree stability can be increased through the thinning process (i.e., modifying height: diameter ratios) and the selection process then continues with frequent light thinnings. Identifying good quality stems across a range of diameter classes will by default lead to greater irregularity in the canopy strata. Best results are achieved with “crown” thinning as opposed to “low” thinning, which is the norm in most even-aged plantations. This approach allows the forest manager to concentrate stand increment on high quality stems. One advantage is that a proportion of larger competitors to final crop trees will be removed at each thinning and help generate a positive cash flow.



Stage 2: Regeneration

As the stand matures and trees start to produce seed, consideration can then include the regeneration process. Thinning should aim to reduce basal area and enable appropriate levels of light to reach the forest floor. Threshold basal areas for regeneration, and separately for sustained growth, are now well understood for most of our productive species, and this information can act as a guide for thinning prescriptions. Avoiding uniform removal of the overstorey trees, and maintaining a degree of “clumping”, will allow natural regeneration to become established in small cohorts at irregular spacings throughout the stand and meet the requirements of diverse species with variable regeneration requirements.

Stage 3: Structural development

In this stage, tree selection focuses on removing high quality (crop) trees at their desired target size, and maintaining good quality smaller trees (i.e., future crop trees) from across a broad range of diameter classes. Ideally, a maximum of 20% of basal area and a volume no greater than the stand increment will be removed at an intervention. However, on highly productive and stable sites it might be necessary to select a volume greater than stand increment in order to control basal area and encourage structural development. On less stable site, nonetheless, the challenge comes when it is only safe to remove a lower basal area at each intervention; a situation that makes it more difficult to achieve target basal areas for natural regeneration to occur.

Stage 4: Structural maintenance

Finally, the stand will be transformed to an irregular structure where the objective is to maintain a sustained yield of high value trees while promoting the development of the understorey strata. Ideally, the harvest volume will equal the stand increment, and a balance will be maintained between maturity of final crop trees and structural development. Trees should be marked for removal at their optimum economic value, often called the target size, or if they are damaged and not contributing to the development of the stand structure. Wind damage, if it occurs, becomes part of the management system and generally understorey trees are released to fill the gaps created by blowdown of larger individuals. A thinning cycle of 3-5 years may prove optimum to keep the system going.

CCF in practice

In contrast with other areas in Europe, a relatively small area of Ireland is currently managed on CCF principles. Research by Dr Lucie Vítková (now based at the Czech University of Life Sciences) has identified a large and growing number of adopters of CCF, although the total area remains relatively small (e.g. 10,600 ha in Ireland currently under CCF management). Experience with CCF is most advanced in broadleaved and Douglas fir stands, commonly found on sheltered sites with favourable conditions for natural regeneration (and with good browse control). However, a survey of forestry professionals in Ireland found that while there was significant interest in CCF, a lack of experience, training and reliable measures of stand performance remain barriers to further progress.

To promote greater understanding of CCF, the Irregular Silviculture Network (ISN), a group of forest owners, managers and researchers working in Britain and Ireland, has established long-term research stands that provide information on structural development, individual tree performance, costs and revenues, and wider ecosystem services. This network is being enumerated on a 5-year cycle and yielding valuable information to support “best practice”.

A critical element of CCF is the selection and marking of trees to remove and retain at each stand intervention. It is a fascinating aspect that requires a forester to draw on the science and art of silviculture. A detailed understanding of tree development and quality criteria is required. Linked to this is a need for regular, simple inventories of stand structure, with records of diameter distribution, stem quality classes, growth increment and basal area being the most important parameters for decision making and prescription design.

CCF and Sitka spruce

Of high interest at the present time is the potential application of CCF to Sitka spruce-dominated production forests. The vast majority of this resource is managed in plantations less than 40 years in



age. Transformation of a small proportion of Sitka spruce plantations to CCF would significantly increase overall forest structural diversity and support a policy of increased ecological resilience.

Guidance for transformation of Sitka spruce stands to CCF is gradually evolving and some of the essential requirements are now becoming more apparent. An early start to the transformation process is especially important to promote stand stability on upland sites and where soils are relatively shallow. Maintaining good drainage across the site is necessary to avoid an adverse rise in the water-table. Extra care may be necessary in opening the canopy after thinning operations; too much side light will stimulate epicormic shoot development that can reduce sawlog quality.

Current research

In Ireland, there have been two linked studies on the transformation of Sitka spruce to CCF. The COFORD-funded Low Impact Silvicultural Systems project (LISS), led by University College Dublin (UCD), was completed in 2014. This is continuing through the TranSSFor Project, which is funded by Teagasc and jointly managed with UCD. As part of this work, a thinning experiment was initiated in 2011 in two Sitka spruce stands on contrasting soil and site types. The study is taking place on two sites: 1. a production forest owned and managed by Coillte, on an exposed site with gley soils, at an elevation of 310 m; a small private woodland, on a sheltered site with brown earth soils, at an elevation of 250 m. The experiment was designed with low, crown and graduated density thinning treatments. Some preliminary results will be provided during this presentation.

The research and policy community recognise that transformation of planted woodlands to CCF is both a technical and professional challenge. In addition to silviculture research, there is increasing emphasis on professional development and the cultural shift required to adopt new forestry approaches. Training courses are proving essential to inspire confidence among forest owners and professionals.

Summary

Continuous Cover Forestry is an increasingly attractive option for sustainable forestry in Ireland. New initiatives and incentives are giving forest owners, investors and practitioners the necessary support to embrace CCF. Identifying potential crop trees at an early stage in stand development followed by regular crown thinning are the keys to successful transformation of plantations to resilient, continuous cover forests.

Further readings

- Helliwell, D. R., and E. R. Wilson. 2012. Continuous cover forestry in Britain: challenges and opportunities. *Quarterly Journal of Forestry* 106(3): 214-224
- Sanchez, C. 2017. Pro Silva silviculture: guidelines on continuous cover forestry/close to nature forestry management practices. Forêt Wallonne, Namur, Belgium. 64 p.
- Susse, R., et al. 2011. Management of irregular forests: developing the full potential of the forest. Association Futaie Irrégulière, Besançon, France. 144 p.
- Vitková, L., and Á. Ní Dhubháin. 2013. Transformation to continuous cover forestry: a review. *Irish Forestry* 70(1/2): 119-140
- Vitková, L., Á. Ní Dhubháin, P. Ó'Tuama and P. Purser. 2013. The practice of continuous cover forestry in Ireland. *Irish Forestry* 70(1/2): 141-156
- Vitková, L., Á. Ní Dhubháin and V. Upton. 2014. Forestry professionals' attitudes and beliefs in relation to, and understanding of continuous cover forestry. *Scottish Forestry* 68(3): 17-25
- Wilson, E. R., H. W. McIver and D. C. Malcolm. 1999. Transformation to irregular structure of an upland conifer forest. *Forestry Chronicle* 75(3): 407-412
- Wilson, E. R., I. Short, Á. Ní Dhubháin and P. Purser. 2018. Continuous cover forestry: the rise of transformational silviculture. *Forestry Journal* 288 (August 2018): 38-40
- Wilson, E. R., I. Short, Á. Ní Dhubháin and P. Purser. 2018. The TranSSFor Project: the transformation of Sitka spruce stands to continuous cover forestry. *CCFG Newsletter* 38 (Spring 2018): 91-97
- website:** TranSSFor Project - www.teagasc.ie/crops/forestry/research/transformation-of-sitka-spruce-to-ccf/

This paper and the presentation are based on an article that appeared in Forestry Journal, August 2018.

Corresponding author:

Dr. Edward Wilson

e-mail: Ted.Wilson@teagasc.ie



Exemplary Forests Units of Uneven-aged Forestry, Pro Silva Bohemica Exemplary Forest Unit 201710 Kocanda, exemplary area 201710A Kocanda

Jiří Zahradníček

Freelance Czech forester, Václavkova 53, 615 00 Brno, Czech Republic

Exemplary forests units of uneven-aged forestry in the Czech Republic

The purpose of establishing and presenting Exemplary Forest Units of Uneven-aged Forestry (DONH) of Pro Silva Bohemica (PSB) is to show the forest owners and managers ways to achieve more economical and nature-based uneven-aged forestry to increase the economic profitability of forest management. An Exemplary Forest Unit of Uneven-aged Forestry is established at least on a part of the property whose owner decided to introduce uneven-aged forestry in accordance with the Pro Silva principles.

The PSB's goal for the next five years is to create a network of at least fifty Exemplary Forest Units, including different forms of ownership, different natural conditions and - mainly - different silviculture situations connected with the efforts to transform the existing, mostly even-aged monocultures into uneven-aged mixed forests structured in thickness, height and space and managed under Pro Silva principles.

There is at least one periodically measured Exemplary Area (DP) within each Exemplary Forest Unit; its area is 1 hectare (usually a 100 m x 100 m square). The Exemplary Area (DP) is situated within the DONH so that the forest stand at such area represents the particular silviculture system, which is interesting for the local forest manager from the perspective of searching for optimal silviculture approaches. This means that the exemplary area does not present the best part of the DONH: on the contrary, the most challenging stand can be chosen, and it is necessary to deal with very complex issues during the initial phases of forest stands' transformation.

The mission of exemplary areas is to provide the forest owner and manager with objective data about developing the growing stock, thicknesses structure within the stock, frequencies of the trees per thickness class, development of increment and natural regeneration depending on time and in response to the silviculture measures and interventions, all of which are based on long-term, repeated inventories being taken.

Through the repeated inventories, the following data will be available to the forest manager:

- The development in the growing stock per hectare, numbers of timber trees per hectare and basal area of timber trees per hectare by tree species and thickness classes
- The growing stock per hectare, numbers of timber trees and basal area of timber trees per hectare by tree species and thickness class
- Periodical total increment of timber trees
- The development of the surface area of the regeneration by tree species and by height classes

The establishment of a DONH is linked with other activities. It is important that the results from the inventories taken in the exemplary area be published and made available through periodical and annual reports at www.prosilvabohemica.cz. Within its membership activities, Pro Silva Bohemica is preparing seminars including field trips to particular DONHs for its members and the general professional public. PSB's promotional activities include publishing an edition of information leaflets (booklets) about particular DONHs (DONH Kryštofovo Údolí and DONH Kocanda). The first two information panels have been installed at DONH Kryštofovo Údolí. The scope of activities also includes (very important) free-of-charge consultancy for DONH managers and methodological support for specifying felling interventions within the Exemplary areas.

For the present, the project of establishing Exemplary Forest Units (DONH) for private owners is being supported by the Ministry of Agriculture CR (100% subsidy, approx. five forest units per year). In 2017, 10 Exemplary Forest Units were established. The selective procedure for the forest units in 2018 is



completed; as regards 2019, there are several units that have been pre-selected or are being negotiated (HRON et ZAHRADNÍČEK 2018).

Exemplary forest unit 201710 Kocanda

The Exemplary Forest Unit Kocanda, with an area 932.34 hectares, established on 1 November 2017, is situated on property owned by the Kinský family near Žďár nad Sázavou. The manager of the forest is the company of Kinský Žďár, a.s. The Exemplary Unit is situated in natural forest area 16 – Českomoravská vrchovina. The Exemplary Forest Unit consists of sections 201 – 212, 215 and 216. For a long time, the forester responsible for Kocanda forest district has been Jiří Bína (ZAHRADNÍČEK 2017).

The exemplary area 201710A Kocanda (as PER BÍNA AND BEDNÁŘ in ZAHRADNÍČEK 2017)

The exemplary area DP201710A consists of two separate forest stand groups (PSK), which cover two different forest stand and silvicultural situations.

PSK 37 - storey 202Ee7 - 0.85ha is a typical example of an even-age and single-species Norway spruce stand, established by artificial regeneration after a large-scale blowdown in October 1930 (and following calamities occurring as a consequence of this disturbance over the following approx. 10 years).

PSK 21 - storey 202Ee1b - 0.15 ha. In 2000, three shelterwood cuts as the foundations of regeneration fellings' system were established in the above-described forest stand; these shelterwood cuts oriented at a right angle to the assumed direction of the strong winds, mostly coming from the north-west. The intensity of the shelterwood cuts was not unified, but within so called "shelterwood groups" there were underplanted absenting tree species – mainly Silver fir and European beech (covered in the group of tree species that are in the Czech forest law usually called as "stable and forest site improving tree species" – MZD) (planted in the spring of 2001). Due to the forest site conditions, it was possible to use both Silver fir and European beech underplantings. In this way, time and growing advances in the artificial regeneration of both MZDs was introduced, preceding the oncoming natural regeneration of the Norway spruce (connected to the shelterwood groups).

As for the forest site type, it is the same in both PSKs, because the whole Exemplary Area is a part of the upper part of a relatively large, moderate slope with a NW exposure. There is a network of minor water streams and trenches throughout the slope. Typologically, the forest site type is water-influenced, biogeocenose 6P (Acidic Spruce-Fir), *Piceeta abietina*.

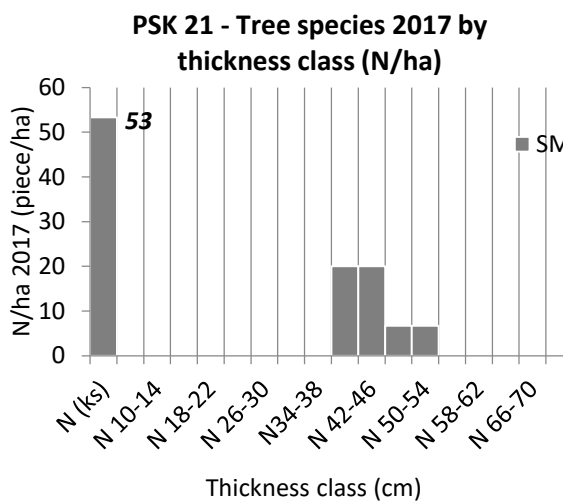
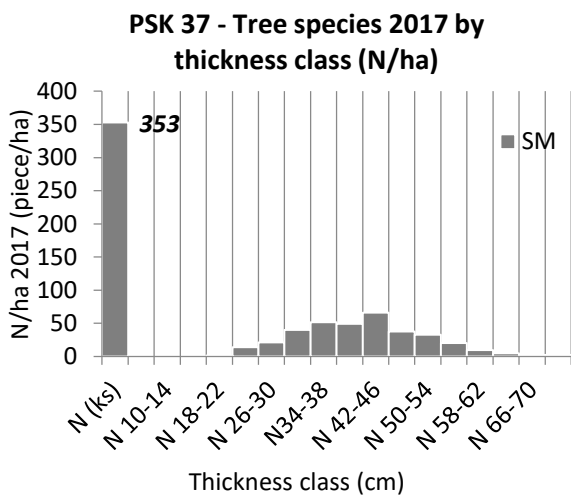
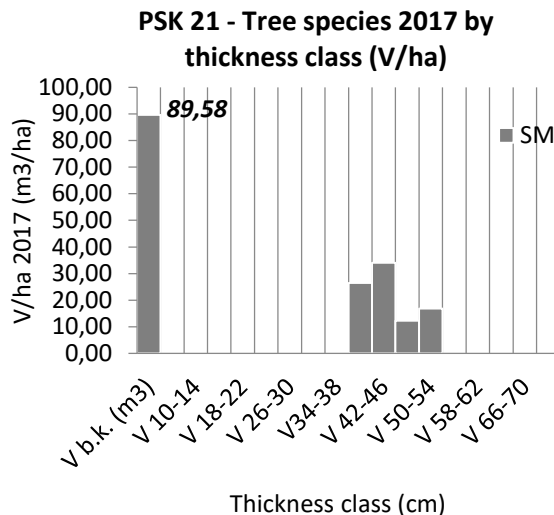
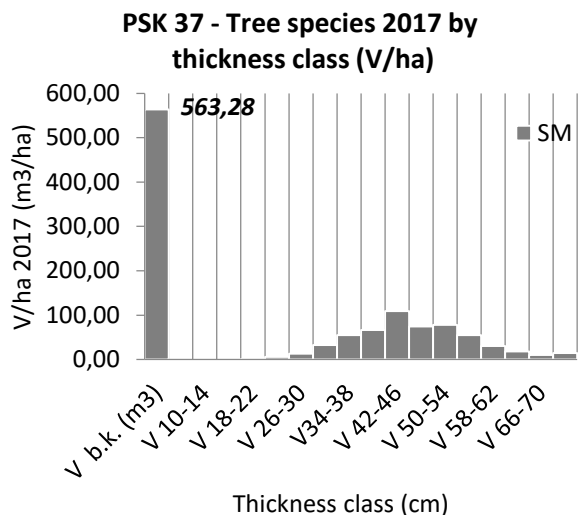
- **Long-term goal**

The long-term goal is not only to create structured, stable forest stands, but also mixed forest stands, with a sufficient proportion of all target tree species (Hercynian tree species mixture), so that - with regards to the regeneration of these forest stands in the future - each of the present tree species will be naturally regenerated. The regeneration of the forest stand, of course, is not limited to only silviculture measures at the foundations of regeneration fellings' system but, as was indicated, it continues further into the forest stand in the direction of the regeneration system movement. In this way, the density of foundations of regeneration fellings' system is increasing (just right now), and - and this is important – structuring interventions are taking place throughout the foundations of regeneration fellings' system. Therefore, the regeneration system movement is not linear (although in this particular case it would be possible, and the prospective silvicultural goal may have been achieved as well, due to creating a quality diagonal canopy structure), but here it is rather the group-like. Thus groups and subgroups with various intensities of the upper storey shelter are being created, and under this shelter, a variety of structured, natural regeneration of Norway spruce are being formed.

- **Short-term goal**

PSK 37 – Expansion of the regeneration fellings’ system by small-scale canopy opening in the upper storey, eliminating trees of pure quality and supporting target trees (candidates)
 PSK 21 – First silvicultural intervention.

Results from the measurements taken at DP201710A in 2017 (as per ZAHRADNÍČEK 2017)



Bibliography

Zahradníček, J. (2017): *Demonstrační objekt nepasečného hospodaření Kocanda*. Pro Silva Bohemica, str. 38.
 Hron, M., Zahradníček, J. (2018): *Metodický postup zakládání demonstračních objektů nepasečného hospodaření a demonstračních ploch Pro Silva Bohemica*. Pro Silva Bohemica, str. 10.

Ing. Jiří Zahradníček

Tel: +420 602 709 533

e-mail: jiri.zahradnicek@email.cz