

2025

**SBORNÍK VĚDECKÝCH PŘÍSPĚVKŮ
PĚSTOVÁNÍ LESŮ VE STŘEDNÍ EVROPĚ 2025:
ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ V LESNICTVÍ**

z 25. mezinárodního setkání pěstitelů lesů

**PROCEEDINGS OF
CENTRAL EUROPEAN SILVICULTURE 2025:
ADAPTATION MEASURES IN FORESTRY**

from 25th International Meeting of Central European Silviculturists

1.-3. 9. 2025
Křtiny

Kateřina Houšková (ed.)

● Mendelova
● univerzita
● v Brně
●

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA
ÚSTAV ZAKLÁDÁNÍ A PĚSTĚNÍ LESŮ
ŠKOLNÍ LESNÍ PODNIK MASARYKŮV LES KŘTINY
&
PRO SILVA BOHEMICA

MENDEL UNIVERSITY IN BRNO
FACULTY OF FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF SILVICULTURE
FOREST SCHOOL ENTERPRISE MASARYK FOREST KŘTINY
&
PRO SILVA BOHEMICA

SBORNÍK VĚDECKÝCH PŘÍSPĚVKŮ PĚSTOVÁNÍ LESŮ VE STŘEDNÍ EVROPĚ 2025: ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ V LESNICTVÍ

z 25. mezinárodního setkání pěstitelů lesů

PROCEEDINGS OF CENTRAL EUROPEAN SILVICULTURE 2025: ADAPTATION MEASURES IN FORESTRY

from 25th International Meeting of Central European Silviculturists

1.-3. 9. 2025
Křtiny

Kateřina Houšková (ed.)

2025



Organizátoři | Organizers:

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ;

LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA, ÚSTAV ZAKLÁDÁNÍ A PĚSTĚNÍ LESŮ A ŠKOLNÍ LESNÍ PODNIK MASARYKŮV
LES KŘTINY

&

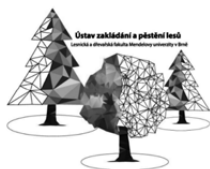
PRO SILVA BOHEMICA

MENDEL UNIVERSITY IN BRNO;

FACULTY OF FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY, DEPARTMENT OF SILVICULTURE
AND FOREST SCHOOL ENTERPRISE MASARYK FOREST KŘTINY

&

PRO SILVA BOHEMICA



- MENDELU
- Školní lesní podnik
- Masarykův les
- Křtiny



Ve spolupraci s | In co-operatin with:

Technická univerzita Zvolen, Lesnická fakulta, Katedra pestovania lesa | Technical University in Zvolen, Faculty of Forestry, Department of Silviculture

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno | Forestry and Game Management Research Institute, Research Station Opočno

Národní lesnické centrum, Lesnický výzkumný ústav Zvolen | National Forest Centre, Forest Research Institute Zvolen

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů | Czech University Life Sciences in Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Department of Silviculture

Editor:

Kateřina Houšková¹  <https://orcid.org/0000-0002-7267-2004>

¹Ústav zakládání a pěstění lesů | Department of Silviculture

Lesnická a dřevařská fakulta | Faculty of Forestry and Wood Technology

Mendelova univerzita v Brně | Mendel University in Brno,

Zemědělská 1, 613 00 Brno,

Česká republika | Czech Republic

©Mendelova univerzita v Brně | Mendel University in Brno,

Zemědělská 1, Brno 613 00,

Česká republika | Czech Republic

ISBN 978-80-7701-050-4 (tisk)

ISBN 978-80-7701-049-8 (online ; pdf)

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-049-8>

Open access.

Publication *Sborník vědeckých příspěvků Pěstování lesů ve střední Evropě 2025* je chráněna licenci:

Publication *Proceedings of Silviculture In Central Europe 2025* is licensed under the terms of:

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International

(CC BY-NC-ND 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Abstrakt

Pěstování lesů prochází v poslední době řadou změn, na které je nutno reagovat. Každoroční setkávání odborníků z výzkumných ústavů a univerzit České republiky a Slovenska, kde se představují výsledky jejich práce v tomto oboru a diskutují aktuální témata, je proto důležitým momentem pro lesnictví ve Střední Evropě. Konference „Pěstování lesů ve střední Evropě 2025: Adaptační opatření v lesnictví“ je proto vhodnou, již čtvrtstoletí fungující platformou, jejímž výstupem je žádaný sborník příspěvků.

Klíčová slova: pěstování lesů, zakládání lesů, adaptační opatření, změna klimatu

Abstract

Forestry has recently undergone a number of changes that require a response. The annual meeting of experts from research institutes and universities in the Czech Republic and Slovakia, where the results of their work in this field are presented and current topics are discussed, is therefore an important moment for forestry in Central Europe. The conference “Central European Silviculture 2025: Adaptation Measures in Forestry” is therefore a suitable platform, which has been operating for a quarter of a century, and the output of which is a sought-after collection of contributions.

Keywords: silviculture, forest establishment, adaptation measures, climate change

Recenzenti | Reviewers:

Ing. Jan Bartoš, Ph.D. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Česká republika)

Ing. et Ing. Ladislav Čepelka, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Česká republika)

Ing. Jakub Černý, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Česká republika)

prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc. (Technická univerzita vo Zvolene, Slovenská republika)

Ing. Kateřina Houšková, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika)

Ing. Dušan Kacálek, Ph.D. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Česká republika)

Ing. Jiří Kadlec, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika)

Ing. Robert Knott, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika)

Ing. Petr Martinek, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika)

Ing. Antonín Martiník, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika)

Ing. Kateřina Novosadová (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika)

Prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika)

Doc. Ing. Radek Pokorný, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika)

Prof. Ing. Josef Suchomel, Ph.D. (Mendelova univerzita v Brně, Česká republika)

Ing. Monika Vejpustková, Ph.D. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Česká republika)

OBSAH

A: PŘÍSPĚVKY / A: PROCEEDINGS

..... 11

Sekce 1: Přírodě blízké pěstování lesů / Session 1: Close-to-nature Silviculture

..... 11

Zuzana Parobeková, Ladislav Šumichrast, Denisa Sedmáková, Pittner Ján, Peter Jaloviar, Peter Marčíš

DETEKCIA MEDZIER V KORUNOVOM ZÁPOJI A POZITÍVNYCH RASTOVÝCH REAKCIÍ STROMOV NA UVOĽNENIA SPÔSOBENÝCH
DISTURBANCAMI V NPR BADÍNSKY PRALES

DETECTION OF CANOPY GAPS AND POSITIVE TREES GROWTH RESPONSES TO RELEASES CAUSED BY DISTURBANCES IN THE
BADÍNSKY FOREST NNR

..... 13

Anna Petrová, Denisa Sedmáková, Ján Pittner, Stanislav Kucbel, Jaroslav Vencurik

DLHODOBÉ ZMENY ŠTRUKTÚRY PORASTOV V PREBUDOVE NA VÝBERKOVÝ LES A RASTOVÉ TRENDY VYBRANÝCH DREVÍN
LONG-TERM CHANGES IN STAND STRUCTURE IN THE CONVERSION TO SELECTION FOREST AND GROWTH TRENDS
OF SELECTED TREE SPECIES

..... 20

Denisa Sedmáková, Peter Jaloviar, Marek Ježík, Patrícia Prišcová, Zuzana Parobeková, Ján Pittner

MORTALITA SMREKA OBYČAJNÉHO INDIKOVANÁ HRÚBKOVÝM RASTOM V CHRÁNENEJ KRAJINNEJ OBLASTI POĽANA
MORTALITY OF NORWAY SPRUCE INDICATED BY DIAMETER GROWTH IN THE POĽANA PROTECTED LANDSCAPE AREA

..... 27

Jaroslav Vencurik, Natália Tarageľová, Anna Petrová, Ján Pittner, Stanislav Kucbel

APLIKÁCIA BDQ METÓDY PRI MODELOVANÍ OPTIMÁLNEJ ŠTRUKTÚRY A ŤAŽBY VO VÝBERKOVOM LESE

APPLICATION OF BDQ METHOD FOR MODELING OF TARGET STRUCTURE AND HARVEST IN SELECTION FOREST

..... 38

Sekce 2: Obnova lesa a zalesňování / Session 2: Forest Regeneration and Afforestation

..... 47

Martin Belko, Martin Bartko

MOŽNOSTI POUŽITIA EKTOMYKORÍZNEJ SYMBIÓZY PRI PESTOVANÍ SADBOVÉHO MATERIÁLU TOPOĽA A VÝBY
V PODMIENKACH DUNAJSKÝCH LUŽNÝCH LESOV

INCORPORATION OF ECTOMYCORRHIZAL SYMBIOSIS IN THE CULTIVATION OF PLANTING MATERIAL OF POPLAR AND WILLOW
IN CONDITIONS OF THE DANUBE RIPARIAN FORESTS

..... 49

Ladislav Čepelka, David Dušek, Renáta Smolíková

POŠKOZENÍ VÝSADBY DUBU LETNÍHO (*QUERCUS ROBUR*) A TŘEŠŇE PTAČÍ (*CERASUS AVIUM*) OHRYZEM HLODAVCI

DAMAGE TO PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR*) AND WILD CHERRY (*CERASUS AVIUM*) PLANTINGS BY RODENTS

..... 56

Petr Kaděrka, Antonín Martiník

PŘÍSTUPY PŘEMĚNY A PŘESTAVBY SMRKOVÝCH POROSTŮ NA REVÍRU BARANÍ

APPROACHES OF THE CONVERSION AND TRANSFORMATION OF SPRUCE STANDS IN THE BARANI DISTRICT

63

Kateřina Pešková, Martin Baláš, Ivan Kuneš, Miroslav Šulitka, Přemysl Šedivka, Tomáš Holeček, Vilém Podrázský

KLÍČIVOST SEMEN JEŘÁBU BŘEKU V ZÁVISLOSTI NA DOBĚ STUDENÉ STRATIFIKACE

GERMINATION OF WILD SERVICE TREE SEEDS DEPENDING ON THE TIME OF COLD STRATIFICATION

72

Eliška Žižková, Martin Kománek, Jakub Černý

VLIV RŮZNÝCH HOSPODÁŘSKÝCH POSTUPŮ NA PŘIROZENOU OBNOVU DUBU ZIMNÍHO (*QUERCUS PETRAEA*) VE SPRÁVĚ ŠKOLNÍHO LESNÍHO PODNIKU MASARYKŮV LES KŘTINY

THE EFFECT OF DIFFERENT MANAGEMENT PRACTICES ON NATURAL REGENERATION OF SESSILE OAK (*QUERCUS PETRAEA*) IN THE TRAINING FOREST ENTERPRISE, MASARYK FOREST KŘTINY

79

Sekce 3: Výchova, produkce a struktura lesa / Session 3: Forest Tending, Production, and Structure

87

Martin Belko, Michal Pástor, Klára Králová, Slavomír Strmeň, Jozef Vakula, Jaroslav Jankovič, Martin Slávik

RAST A VITALITA SMREKA VÝCHODNÉHO (*PICEA ORIENTALIS*) A SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES*) V LESNÍCKOM ARBORÉTE KYSIHÝBEL

GROWTH AND VITALITY OF THE ORIENTAL (*PICEA ORIENTALIS*) AND NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES*) IN THE FOREST ARBORETUM KYSIHÝBEL

89

Jana Hacurová, Nikola Švorc Štěpánová, David Dušek, Jan Leugner, Jakub Černý

VLIV PĚSTEBNÍHO ZÁSAHU A NADMOŘSKÉ VÝŠKY NA VODNÍ STRES U MLADÝCH POROSTŮ SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* (L.) H. KARST)

EFFECT OF THINNING AND ALTITUDE ON WATER STRESS IN YOUNG NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) H. KARST) STANDS

95

Pavel Horák, Petra Jablonická, Pavlína Pancová Šimková

KLIMATICKO RŮSTOVÉ VZTAHY DOUGLASKY TISOLISTÉ NA BÝVALÉ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ

CLIMATE GROWTH RELATIONSHIPS OF THE DOUGLAS FIR AT FORMER AGRICULTURAL LAND

103

Petra Jablonická, Pavel Horák, Jakub Černý

VLIV PĚSTEBNÍHO MANAGEMENTU NA ODOLNOST BOROVÝCH POROSTŮ VŮČI KLIMATICKÉ ZMĚNĚ

THE EFFECT OF THE SILVICULTURE MANAGEMENT ON THE RESISTANCE OF SCOTS PINE STANDS TO CLIMATE CHANGE

110

Martin Kománek, Eliška Žižková, Černý Jakub

KOMPETIČNÍ VZTAHY V POROSTECH S ROZDÍLNOU STRUKTUROU A JEJICH VLIV NA TLOUŠŤKOVÝ PŘÍRŮST

COMPETITIVE RELATIONSHIPS IN STANDS WITH DIFFERENT STRUCTURES AND THEIR EFFECT ON RADIAL INCREMENT

117

Stanislav Kucbel, Róbert Sedmák, Ján Pittner, Ladislav Šumichrast, Peter Jaloviar, Jaroslav Vencurik DRUHOVÁ A ŠTRUKTURÁLNA DIVERZITA V PRALESOCH BADÍN A DOBROČ SPECIES AND STRUCTURAL DIVERSITY IN OLD-GROWTH FOREST RESERVES BADÍNSKY AND DOBROČSKÝ PRALES	124
Ivan Kuneš, Martin Baláš, Kateřina Pešková, Přemysl Šedivka, Tomáš Holeček, Vilém Podrázský PĚSTEBNÍ POSTUPY V NÍZKÉM A STŘEDNÍM LESE PRO DOSAŽENÍ SORTIMENTŮ VYUŽITELNÝCH DO PRODUKTŮ LAMELOVÉHO DŘEVA PRO KONSTRUKČNÍ A NEKONSTRUKČNÍ APLIKACE SILVICULTURAL PRACTICES IN COPPICE, COMPOUND COPPICE AND COPPICE WITH STANDARDS FOR PRODUCING ASSORTMENTS SUITABLE FOR LAMINATED WOOD PRODUCTS IN CONSTRUCTION AND NON-CONSTRUCTION APPLICATIONS	131
Roman Longauer, Veronika Přikrylová VPLYV DRUHU A PROVENIENCIE REPRODUKČNÉHO MATERIÁLU NA RAST, FENOTYPOVÚ KVALITU A VEGETAČNÚ FENOLÓGIU MLADÝCH JEDÍNCOV DUBA ZIMNÉHO A DUBA LETNÉHO THE ROLE OF A SPECIES AND PROVENANCE OF PLANTING STOCK ON GROWTH, STEM QUALITY, DAMAGE AND VEGETATIVE PHENOLOGY OF YOUNG SESSILE AND PEDUNCULATE OAKS	138
Jiří Souček VÝVOJ SMÍŠENÉHO SMRKOJEDLOVÉHO POROSTU DEVELOPMENT OF MIXED SPRUCE-FIR STAND	145
Ondřej Špulák, David Dušek EXPERIMENT S VÝCHOVNÝM ZÁSAHEM VE SMRKOVÉM POROSTU A VLHKOST PŮDY FOREST TENDING EXPERIMENT IN SPRUCE FOREST STAND AND SOIL MOISTURE	150
Sekce 4: Biologie, ekologie a funkce lesa / Session 4: Forest biology, Ecology, and Functions	155
Dušan Kacálek, Jan Bartoš, Ondřej Špulák MELIORAČNÍ FUNKCE POROSTŮ S JAVOREM KLENEM (<i>ACER PSEUDOPLATANUS</i> L.), KRÁTKÁ PŘÍPADOVÁ STUDIE SOIL-IMPROVING EFFECTS OF STANDS WITH SYCAMORE MAPLE (<i>ACER PSEUDOPLATANUS</i> L.), A SHORT CASE STUDY	157
Jiří Novák, David Dušek, Jaroslav Rožnovský, Václav Zouhar, Dušan Kacálek, Dušan Vavříček, Ondřej Špulák TEPLOTA VZDUCHU A VLHKOST PŮDY VE VZTAHU K EXPOZICI A DŘEVINNÉ SKLADBĚ LESNÍHO POROSTU AIR TEMPERATURE AND SOIL MOISTURE IN RELATION TO EXPOSURE AND SPECIES COMPOSITION OF THE FOREST STAND	161
Vilém Podrázský, Abubakar Yahaya Tama, Pavel Švagr, Martin Baláš PŘÍSPĚVEK K VYUŽITÍ VÝHONŮ LESNÍCH DŘEVIN JAKO KRMIVA PRO HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA CONTRIBUTION TO THE USE OF SHOOTS OF FOREST TREE SPECIES AS FODDER FOR DOMESTIC ANIMALS	169

Jiří Souček

DEKOMPOZICE LISTŮ BŘÍZY V POROSTECH S RŮZNOU VÝCHOVOU

DECOMPOSITION OF BIRCH LEAVES IN STANDS WITH VARIOUS THINNING

..... 175

Václav Trojan, Jaroslav Moravec, Zdeněk Vacek, Stanislav Vacek, Jan Cukor, Matěj Škrleta

ODRŮSTÁNÍ SAZENIC VYBRANÝCH INTRODUKOVANÝCH JEHLIČNATÝCH DŘEVIN NA SUCHEM OHROŽENÉM STANOVÍŠTI
VE VZTAHU K JEJICH ADAPTAČNÍMU POTENCIÁLU

GROWTH PERFORMANCE OF SELECTED INTRODUCED CONIFEROUS TREE SEEDLINGS ON A DROUGHT-PRONE SITE I
RELATION TO THEIR ADAPTIVE POTENTIAL

.....181

Václav Zumr, Oto Nakládal, Jiří Remeš

PŘÍSPĚVEK O VLIVU LESNÍHO POŽÁRU NA PYROFILNÍ STŘEVLÍKY (COLEOPTERA: CARABIDAE) JAKO SOUČÁST POZNÁNÍ
K BUDOUCÍ ADAPTACI LESŮ?

A REPORT ON THE IMPACT OF FOREST WILDFIRE ON PYROPHILOUS CARABID (COLEOPTERA: CARABIDAE) AS PART
OF KNOWLEDGE FOR FUTURE FOREST ADAPTATION?

.....189

B: REVIEWS

..... 195

František Šach, Dušan Kacálek, Jan Leugner

POMŮŽE SI PŘÍRODA PO POŽÁRU V ČESKÉM ŠVÝCARSKU SAMA?

DOES NATURE HELP ITSELF FOLLOWING WILDFIRE IN BOHEMIAN SWITZERLAND?

..... 197

PŘEDMLUVA

Současné výzvy spojené s klimatickou změnou zásadně proměňují pohled na péči o lesní ekosystémy. Lesnictví se nachází v bodě, kdy již nestačí reagovat na projevy klimatických extrémů ex post, ale je nezbytné hledat a uplatňovat opatření, která zvýší dlouhodobou odolnost, stabilitu a adaptivní kapacitu lesních porostů. Adaptace lesního hospodářství na měnící se klimatické podmínky proto musí být komplexní, promyšlená a zakotvená jak v ekologickém, tak produkčním kontextu.

Předkládaný sborník shrnuje příspěvky vybraných pracovišť České a Slovenské republiky, které se zabývají klíčovými aspekty této transformace. Autoři jednotlivých prací se zaměřují na identifikaci a hodnocení adaptačních opatření jak z hlediska biologického a ekologického, tak i pěstebního a provozního. Shodují se na potřebě opustit některé tradiční přístupy, jako je struktura lesa věkových tříd, a přiklonit se k přírodě bližším, flexibilnějším způsobům hospodaření, které respektují přirozenou dynamiku a diverzitu lesních ekosystémů.

Z textů jasně vyplývá, že základem úspěšné adaptace je porozumění současnému stavu lesů a rizikům, kterým budou vystaveny – od extrémních výkyvů počasí až po biotické disturbance. Za účinné strategie jsou považovány zejména podpora přirozené obnovy, zvýšení druhové i strukturální diverzity porostů, zkrácení obmýtí, přestavby porostů nevhodné druhové skladby, nebo využití geograficky blízkých a stres-tolerantních druhů dřevin.

Sborník je členěn do čtyř tematických okruhů: Biologie, ekologie a funkce lesa; Obnova lesa a zalesňování; Výchova, produkce a struktura lesa; Přírodě blízké pěstování lesů. Toto rozdělení umožňuje čtenáři lépe porozumět šíři i vzájemným vazbám mezi různými oblastmi lesnické praxe a vědy, které k tématu adaptace přistupují z různých úhlů pohledu. Společným jmenovatelem všech příspěvků je však důraz na proaktivní přístup, udržitelnost lesa a jeho prostředí, i lesního hospodářství. Již jen výběr dřevin pro budoucí lesy – vyžaduje otevřenou odbornou diskusi, experimenty, a především odvahu k rozhodování při nejistotě vývoje podmínek prostředí i požadavků na les.

Věříme, že tento sborník přispěje k plodným diskusím a nabídne podnětné informace a inspiraci pro vědce, praktiky a všechny, kdo hledají odpovědi na otázku, jak zajistit funkčnost a trvalou udržitelnost lesních porostů v měnícím se klimatu.

Za pořadatele „Setkání pěstitelů“ v období 1.–3. září 2025 ve Křtinách

Radek Pokorný

A: PŘÍSPĚVKY

SEKCE 1:

PŘÍRODĚ BLÍZKÉ PĚSTOVÁNÍ LESŮ

A: PROCEEDINGS

SESSION 1:

CLOSE-TO-NATURE SILVICULTURE

DETEKCIA MEDZIER V KORUNOVOM ZÁPOJI A POZITÍVNYCH RASTOVÝCH REAKCIÍ STROMOV NA UVOĽNENIA SPÔSOBENÝCH DISTURBANCAMI V NPR BADÍNSKY PRALES

DETECTION OF CANOPY GAPS AND POSITIVE TREES GROWTH RESPONSES TO RELEASES CAUSED BY DISTURBANCES IN THE BADÍNSKY FOREST NNR

Zuzana Parobeková¹, Ladislav Šumichrast¹, Denisa Sedmáková¹, Pittner Ján¹,
Peter Jaloviar¹, Peter Marčíš²

¹Katedra pestovania lesa, Katedra plánovania lesných zdrojov a informatiky, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 96001 Zvolen, Slovensko

²Katedra plánovania lesných zdrojov a informatiky, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 96001 Zvolen, Slovensko

Abstrakt

Cieľom práce je metódou leteckého laserového skenovania zistiť výmeru medzier a rekonštrukciou disturbancií pomocou dendrochronologických metód analyzovať početnosť a intenzitu rastových reakcií stromov. V NPR Badínsky prales sa nachádza v súčasnosti len malý podiel medzier v kategórii s následným porastom do 1/3 hornej výšky porastu (2 %). Keďže v kategórii s následným porastom do 2/3 sa nachádza až 23,4 % plochy NPR, môžeme predpokladať výraznejšie disturbance v minulých obdobiach. Jedince nachádzajúcich sa v nadúrovni reagovali v minulosti na uvoľnenia väčšou rastovou zmenou, čo je v podstate dôvod ich súčasného postavenia. Intenzívnu reakciu zaznamenali hlavne jedle, ktoré aj vo vysokom veku dokázali zmeniť svoj hrúbkový prírastok v niektorých prípadoch až viac ako 20 násobne. Disturbancie vysokej intenzity boli zachytené jednak na základe leteckého skenovania, keďže ich výsledkom sú dlhodobo identifikovateľné otvorené porastové medzery, a jednak na základe dendrochronológie, keďže podmienili výraznú rastovú zmenu uvoľnených jedincov. Na základe prírastkových zmien sme však identifikovali aj obdobia s pomerne rozsiahlymi disturbanciami nižšej intenzity.

Kľúčové slová: disturbance, uvoľnenie, rastová odozva

Abstract

The aim of this work is to determine the area of canopy gaps by aerial laser scanning and to analyse the frequency and intensity of trees growth responses to releases in past periods by reconstructing the disturbances using dendrochronological methods. In the Badínsky prales NNR, there is currently only a small proportion of gaps in the category with successional stand to 1/3 of the upper height of the stand (2%). As 23.4% of the NNR area is in the category with successional growth up to 2/3, we can assume more significant disturbances in past periods. Individuals located in the overstory have responded to releases in the past with greater growth change, which is essentially the reason for their current status. Intensive reaction was marked in growth of firs, which, even at an advanced age, were able to change their diameter increment in some cases by more than 20 times. The high intensity disturbances were captured both by aerial scanning and by dendrochronology, as they conditioned a significant growth change of the released individuals. However, based on incremental changes, we also identified periods with extensive disturbances of lower intensity.

Keywords: disturbance, release, growth response

1 ÚVOD

Dynamika lesných ekosystémov je výsledkom vzájomného pôsobenia environmentálnych faktorov a disturbancií s demografickými procesmi obnovy, rastu a mortality. Disturbancie sú definované ako „relatívne časovo diskkrétne udalosti, ktoré narušajú štruktúru ekosystému a spôsobujú zmenu v dostupnosti zdrojov alebo zmenu podmienok prostredia“, čo znamená, že uvoľňujú „pulzy“ živín alebo rastový priestor, ktoré sú ďalej dôležité pre obnovu ekosystému a ekologickú sukcesiu (Jentch, White, 2019). Obvykle disturbancie vznikajú napríklad pôsobením vetra, sucha, ohňa, hmyzu, patogénov alebo zveri, pričom dochádza medzi týmito škodlivými činiteľmi k rôznym interaktívnym pôsobeniam (Frelich, 2002, Petritan *et al.*, 2013). Na disturbancie môže do veľkej miery vplývať alebo ich priamo spôsobovať aj človek, pričom sa jedna hlavne o zmeny vo frekvencii alebo intenzite disturbancií. Priestorové a časové charakteristiky disturbancií pôsobiach v krajine počas dlhšieho časového obdobia vytvárajú spolu určitý disturbančný režim (McDowell *et al.*, 2020). Jedna sa konkrétne o ich frekvenciu, dobu návratu, intenzitu, závažnosť, veľkosť zasiahnutého územia a taktiež vzájomne interakcie medzi nimi (Frelich, 2002).

Dôsledkom disturbancií sú medzery v korunovom zápoji. Mapovanie medzier je možné viacerými metódami, pričom každá z nich má svoje úskalía. V poslednom období sa do popredia dostávajú metódy diaľkového prieskumu Zeme a to letecké laserové skenovanie (LiDAR) a digitálna fotogrametria (White *et al.*, 2018). Poskytujú možnosti merania porastových medzier vo veľkých mierkach a v prípade dostupnosti historických snímok je tiež možné skúmať ich dynamiku z dlhšieho časového hľadiska.

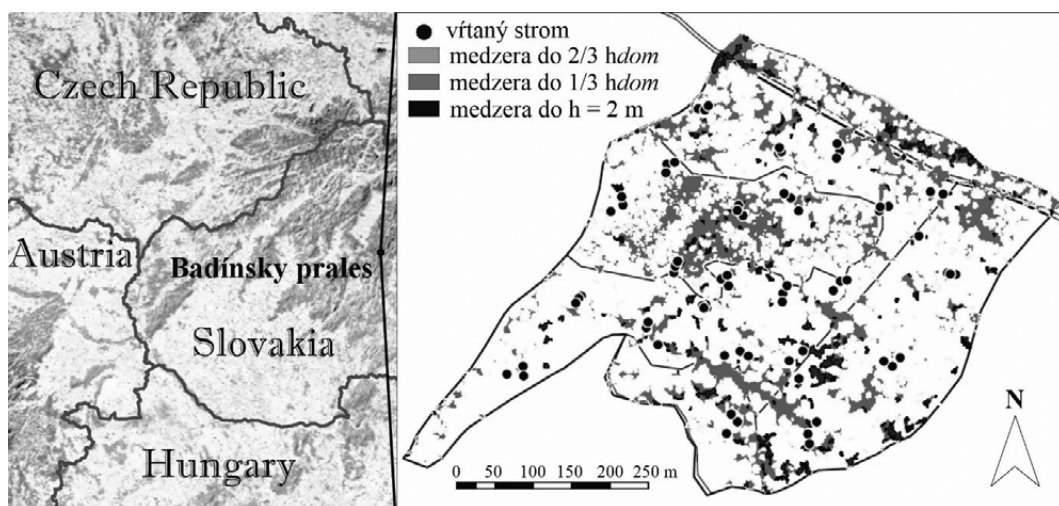
Ďalšou z možností ako detailne skúmať dynamiku lesných ekosystémov je rekonštrukcia disturbančných udalostí využitím dendrochronológie (Altman *et al.*, 2014). Detekcia disturbancií je možná jednak priamo na disturbanciami zasiahnutých jedincoch, ktoré vykazujú negatívne zmeny v raste, ale aj na jedincoch v ich tesnej blízkosti. Tieto jedince po zlepšení svetlostných pomerov a dostupnosti živín vykazujú náhly nárast v hrúbkových prírastkoch, ktorý pretrváva pomerne dlhé obdobie, reflektujúc tak novonadobudnutú pozíciu v korunovom zápoji (Lorimer, Frelich, 1989). Táto pozitívna zmena, alebo takzvané uvoľnenie, je jednoducho detekovateľné metódou kľzavých priemerov, čiže priemerovaním hrúbkových prírastkov pred a po disturbančnej udalosti, ktoré rozpracovali Nowacki a Abrams (1997). Veľkou výhodou tejto pomerne jednoduchej metódy je, že je široko aplikovateľná aj bez hlbšieho poznania autekológie druhov a to aj pre malý počet vzoriek.

Cieľom príspevku je skĺbiť metódu leteckého laserového skenovania s rekonštrukciou disturbancií pomocou dendrochronológie a zistiť tak podiel jednotlivých kategórií medzier na celkovej ploche NPR a zároveň analyzovať početnosť a intenzitu rastových reakcií stromov na uvoľnenie v korunovej klenbe. Tento prístup nám umožní nájsť súvislosť medzi rastovými reakciami stromov, aktuálne sa vyskytujúcimi medzerami v poraste a historickými údajmi o prírodných a antropogénnych disturbanciách v NPR Badínsky prales.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Výskumná lokalita

Výskum bol realizovaný v Národnej prírodnej rezervácii (NPR) Badínsky prales v Kremnických vrchoch (48.6836 °N, 19.0515 °E), ktorá bola vyhlásená v roku 1913 s výmerou chráneného územia 30,03 ha (Obr. 1). NPR leží v nadmorskej výške 700–850 m n. m. so severovýchodnou až severozápadnou expozíciou. Priemerná ročná teplota dosahuje 5,3–5,8 °C pri ročnom úhrne zrážok 800–1000 mm. Pôdy sú minerálne bohaté a mierne kyslé, prevládajúcim pôdnym typom je kambizem. Z hľadiska drevinového zloženia sú hlavnými drevinami buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) a jedľa biela (*Abies alba* Mill.). V menšej miere sa tu vyskytujú aj javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.), javor mliečny (*Acer platanoides* L.), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.) a brest horský



Obr. 1: Situácia NPR Badínsky prales v rámci Slovenska a mapa NPR so situáciou vrtaných stromov a porastových medzier

Location of NNR Badínsky prales within Slovakia and map of NNR with situation of cored trees and canopy gaps

(*Ulmus glabra* Huds.). Prevažná časť územia pralesa patrí do skupiny lesných typov *Fagetum typicum* (Šumichrast *et al.*, 2022).

Detekcia otvorov v korunovom zápoji bola možná na základe výškovej informácie o skúmaných porastoch získanej z leteckého laserového skenovania (LiDAR). Pomocou softvéru QGIS (QGIS Association) bola delimitovaná plocha NPR Badínsky prales. Na základe získaného digitálneho modelu reliéfu a digitálneho modelu povrchu boli vytvorené modely výšok korunového zápoja – CHM („canopy height model“). Prostredníctvom softvéru R 4.2.1. a programového balíka „ForestGapR“ sa z modelu výšok korunového zápoja identifikovali porastové medzery a ich charakteristiky (rozloha a maximálna výška korunového zápoja v medzere). Porastové medzery boli určované na základe hraničnej veľkosti 5 m^2 a hraničných výšok v intervaloch do 2 m, od 2,1 m do 14 a 14,1–28 m. Tieto intervaly zodpovedajú voľnej ploche medzier s nárastom do 2 m, medzerám s následným porastom do 1/3 hornej výšky porastu (dolná tretina porastu určená na základe hornej výšky – priemerná výška 10 % najvyšších stromov – hdom) a medzerám s následným porastom do 2/3 hdom. Posledná kategória medzier (do 2/3) bola určená v snahe zachytiť aj pravdepodobne staršie medzery.

Pre potreby detekcie a analýzy rastových reakcií jedincov na uvoľnenia korunového zápoja bolo potrebné odobrať vývrty. Vrtané boli jedince z hornej vrstvy v počte 72 kusov, čo zodpovedá počtu 3 až 4 jedincov na ha, ktoré boli rovnomerne rozmiesnené po celej ploche NPR (Obr. 1). Okrem odoberania vývrtov boli zaznamenávané následovne údaje: hrúbka vo výške 1,3 m (d1,3), výška stromu a jeho sociálne postavenie v troch kategóriách (1 – nadúrovňový strom, 2 – úrovňový strom, 3 – úrovňový strom s potlačenou korunou až vrstáv).

Vývrty boli spracovávané a vyhodnocované štandardnou dendrochronologickou metodikou. Na určenie počtu a veľkosti reakcií jedincov na disturbance sme použili metódu kľzavých priemerov (Nowacki, Abrams, 1997). Keďže metódou LiDAR nedokážeme zachytiť menšie uvoľnenia v korunovej klenbe (preschnutú korunu, stratu časti koruny atď.) a medzery sú identifikované od hranice 5 m^2 , na detekciu uvoľnení sme použili len hranicu pre silné uvoľnenia – 50%-nú rastovú zmenu. Všetky spomenuté výpočty boli vykonávané použitím balíka na analýzu ročných prírastkov Trader (Altman *et al.*, 2014) v prostredí štatistického softvéru R.

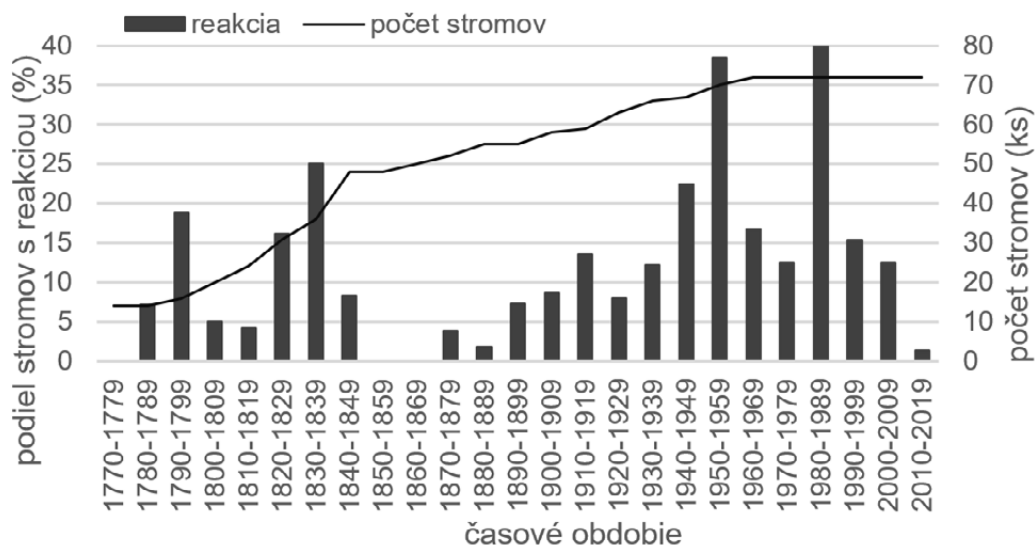
3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Mapovaním medzier technológiou LiDAR sme získali podiely jednotlivých kategórií medzier na ploche NPR Badínsky prales. Zitili sme, že nových medzier, v ktorých následný porast je ešte v kategóriách bežne používaných pre kategorizáciu prirodzenej obnovy (do 2 m výšky), je len veľmi málo (Obr. 1) a nedosahujú ani 1 % podiel (Tab. 1), čo v podstate súhlasí s vývojom podielu stromov s reakciou na uvoľnenie zápoja (Obr. 2). Väčší je podiel medzier s následným porastom dosahujúcim od 2 m do $1/3 h_{dom}$ (2 %). Predpokladáme, že nárast rastovej zmeny ako reakcie stromov na uvoľnenie v rokoch 1990–1999 korešponduje s obdobím vzniku týchto medzier. Najväčší podiel medzier je v kategórii medzier s následným porastom dosahujúcim do $2/3 h_{dom}$, až 23,4 %. Z mapy porastových medzier (Obr. 1) je vidieť, že veľký podiel týchto medzier sa nachádza v centrálnej časti, v ktorej sú zakreslené hranice kalamity z roku 1947 (polygón ohraničený čiernou líniou), v ktorom bola táto časť pralesa takmer úplne rozvrátená. Predpokladáme teda, že vznik týchto medzier spadá do obdobia 1940–1949 a tesne po ňom. V tomto období bola zachytená aj najväčšia rastová zmena, v priemere až 5,2 násobný nárast dovtedajšieho ročného prírastku (Obr. 3), čo tiež poukazuje na intenzitu disturbancie. Veľmi intenzívnu rastovú reakciu v tomto období zaznamenali hlavne jedle (priemerne 7,7), ktoré aj vo vysokom veku dokázali zmeniť svoj hrúbkový prírastok v niektorých prípadoch až viac ako 20 násobne (Tab. 2). Podiel stromov, ktoré túto reakciu zaznamenali bol však len 20 %. Oveľa vyšší podiel stromov, ktoré zaznamenali disturbanciu je v nasledujúcom období 1950–1959, až 37,5 %, pričom stromy, na ktorých bola zaznamenaná rakcia v tomto období, nezaznamenali reakciu na predchádzajúcu intenzívnu disturbanciu. Výrazný pokles veľkosti rastovej zmeny (1,62), poukazuje skôr na menej intenzívne disturbancie rozptýlené po ostatnej ploche NPR mimo plôch postihnutých predošlou kalamitou. V skorších obdobiach vývoj podielu stromov s reakciou viac menej kopíruje vývoj rastovej zmeny. Rastová zmena v rokoch 1780–1799 a v rokoch 1820–1849 bola tiež pomerne výrazná, na základe čoho predpokladáme, že v týchto obdobiach prebehli tiež výraznejšie disturbancie v značnom plošnom rozsahu. V poslednom období je okrem už spomínanej výraznejšej rastovej zmeny v rokoch 1990–1999 zaujímavý vysoký podiel stromov s pomerne nízkou reakciou na uvoľnenie v rokoch 1980–1989.

Z podrobnejšej analýzy vŕtaných jedincov a ich reakcií na uvoľnenie korunového zápoja vplyvom disturbancií sme zistili, že najčastejšie a aj najväčšou rastovou zmenou reagovala jedľa v nadúrovňovom postavení (Tab. 2, 3). Celkovo môžeme povedať, že jedince všetkých troch druhov nachádzajúcich sa v nadúrovni reagovali v minulosti na uvoľnenia väčšou rastovou zmenou, čo je v podstate dôvod ich súčasného postavenia. Pomerne intenzívne vedeli reagovať aj jedince v úrovňovom až vrastavom postavení so stiesnenými korunami, ktoré mali konkurenciou obmedzený rast a pre ktoré disturbancia predstavuje jedinečnú príležitosť nadobudnúť v spoločenstve výhodnejšiu pozíciu.

Tab. 1: Podiel jednotlivých kategórií medzier na výmere NPR Badínsky prales
Share of gap categories area in the area of the Badínský prales NNR

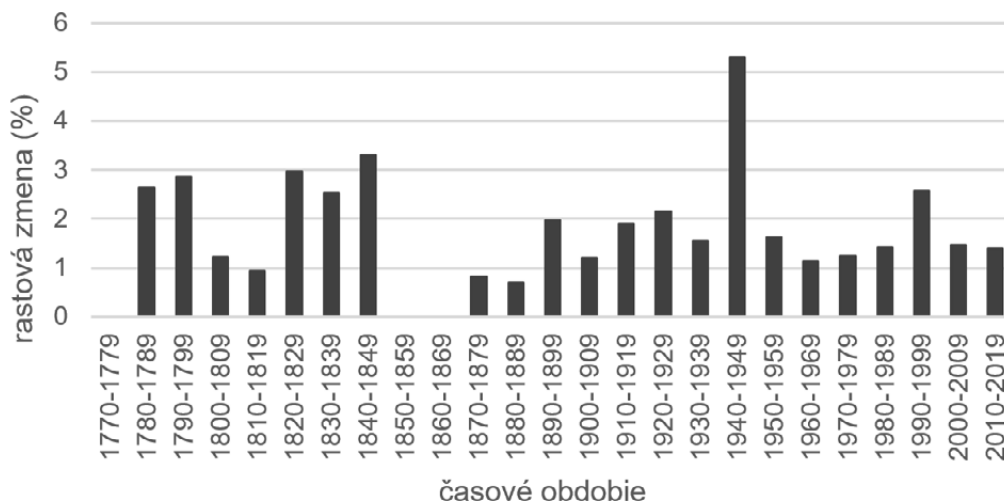
Výška následného porastu (Height of successional growth)	Výmera (area) (m ²)	Podiel (share) (%)
< 2 m	762	0,3
< $1/3 h_{dom}$	6 797	2,0
< $2/3 h_{dom}$	77 320	23,4



podiel stromov s reakciou = share of trees with reaction, počet stromov = number of trees, časové obdobie = time period

Obr. 2: Podiely stromov vykazujúcich reakcie na silné uvoľnenia s viac ako 50 %-nou rastovou zmenou a početnosť stromov v jednotlivých časových obdobiach

Proportions of trees showing responses to strong releases with more than 50% growth change and tree abundance at each time period



rastová zmena = growth change, časové obdobie = time period

Obr. 3: Podiely stromov vykazujúcich reakcie na silné uvoľnenia s viac ako 50 %-nou rastovou zmenou a početnosť stromov v jednotlivých časových obdobiach

Proportions of trees showing responses to strong releases with more than 50% growth change and tree abundance at each time period

Tab. 2: Priemerné hodnoty hrúbok a výšok vrtných jedincov drevín a štatistické charakteristiky ich rastovej zmeny

Mean values of diameters and heights of cored trees and statistical characteristics of their growth change

Drevina ¹	d _{1,3} (mm) ²	h (m) ³	pvr	sd	min	max
JD ⁴	623,9	38,8	2,6	3,6	0,5	22,9
BK ⁵	692,0	36,5	1,6	1,4	0,5	8,4
SM ⁶	699,8	45,3	1,8	1,5	0,5	4,4

1 – tree species, 2 – diameter at breast height, 3 – height, 4 – fir, 5 – beech, 6 – spruce, pvr – priemerná veľkosť reakcií / average intensity of releases (%), sd – štandardná chyba / standard deviation, min – minimum, max – maximum.

Tab. 3: Reakcie stromov na uvoľnenie korunového zápoja podľa druhu dreviny a sociálneho postavenia (1 – nadúrovňový strom, 2 – úrovňový strom, 3 – úrovňový strom s potlačenou korunou až vrastavý)

Tree responses to canopy cover releases by tree species and social status (1 – dominant tree, 2 – co-dominant, 3 – co-dominant with suppressed crown)

Drevina ¹	Sociálne postavenie 1 ²				Sociálne postavenie 2				Sociálne postavenie 3				Spolu ³			
	ps	pr	prs	pvr	ps	pr	prs	pvr	ps	pr	prs	pvr	ps	pr	prs	pvr
JD ⁴	20	50	2,5	2,8	4	12	3,0	0,7	3	12	4,0	1,6	27	74	2,7	2,6
BK ⁵	29	69	2,4	2,0	9	13	1,4	1,0	3	5	1,7	1,8	41	87	2,1	1,6
SM ⁶	4	9	2,3	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	4	9	2,3	1,8
Spolu	53	128	2,4	2,0	13	25	1,9	0,9	6	17	2,8	1,5	72	170	2,4	2,0

1 – tree species, 2 – social status, 3 – together, 4 – fir, 5 – beech, 6 – spruce, ps – počet stromov/number of trees, pr – počet reakcií / number of releases, prs – počet reakcií na strom / number of releases per tree, pvr – priemerná veľkosť reakcií / average intensity of releases (%)

4 ZÁVER

V bukových a zmiešaných bukových pralesoch strednej a juhovýchodnej Európy je pokrývnosť plochy otvorenými medzerami značne variabilná. Podľa literatúry sa pohybuje v rozsahu od 3,2 % do 22 % (Petritan *et al.*, 2013, Šumichrast *et al.*, 2022). V prípade NPR Badín vidíme v súčasnosti pomerne malý podiel medzier v kategórii s následným porastom do 1/3 hornej výšky porastu, ktorý je pod dolnou hranicou uvedeného rozsahu. Keďže v kategórii s následným porastom do 2/3 sa nachádza až 23,4 % plochy NPR, a na základe vývoja podielu a veľkosti reakcií stromov na disturbancie v minulom období môžeme predpokladať, že ide len o prechodné obdobie, a že disturbancie rôzneho rozsahu a intenzity sú súčasťou jeho vývoja. Na základe prírastkových zmien, ako reakcií na uvoľnený priestor a dostupnosť živín, sme boli schopní identifikovať obdobia s pomerne rozsiahlymi disturbanciami nižšej intenzity, ktoré sa v období 80-tych rokov 19. storočia spájajú s pravdepodobne s výrazným odumieraním jedle (Petritan *et al.*, 2013), ktoré bolo popísané v aj skúmanej NPR (Šumichrast *et al.*, 2022) a v 50-tych rokoch vplyvom túlavej ťažby, ktorú zaznamenal profesor Korpel (1958). Disturbancie vysokej intenzity boli zachytené jednak na základe leteckého skenovania, keďže ich výsledkom sú dlhodobo identifikovateľné

otvorené porastové medzery, a jednak na základe dendrochronológie, keďže podmienili výraznú rastovú zmenu uvoľnených jedincov. Najintenzívnejšou disturbančnou udalosťou v nami zachytenej histórii vývoja pralesa bola vetrová kalamita z roku 1947, ktorá bola podrobne zdokumentovaná aj v historických literárnych zdrojoch (napr. Korpeľ, 1958).

LITERATÚRA

- ALTMAN, J., FIBICH, P., DOLEZAL, J., AAKALA, T. 2014. A package for tree ring analysis of disturbance events in R. *Dendrochronologia*. 32, 107–112.
- FRELICH, L. E. 2002. *Forest Dynamics and Disturbance Regimes: Studies from Temperate evergreen-Deciduous Forests*. New York: Cambridge Univ. Press. 266 s.
- JENTSCH, A., WHITE, P. S. 1958. A theory of pulse dynamics and disturbance in ecology. *Ecology*. 100, 02734.
- KORPEĽ, Š. 1958. Príspevok k štúdiu pralesov na Slovensku na prípade Badínskeho pralesa. *Lesnícky časopis*. 8(4), 349–385.
- LORIMER, C. G., FRELICH, L. E. 1989. A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. *Can. J. For. Res.* 19, 651–663.
- MCDOWELL, N. G. *et al.* 2020. Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world. *Science*. 368(6494), 9463.
- NOWACKI, G. J., ABRAMS, M. D. 1997. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*. 67, 225–249.
- PETRITAN, A. M., NUSKE, R. S., PETRITAN, I. C., TUDOSE, N. C. 2013. Gap disturbance patterns in an old-growth sessile oak (*Quercus petraea* L.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest remnant in the Carpathian Mountains, Romania. *For. Ecol. Manage.* 308, 67–75.
- ŠUMICHRASŤ, L., JALOVÍAR, P., KUCBEL, S. 2022. *Štruktúra, diverzita a regeneračné procesy prírodného lesa v NPR Badínsky prales*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 133 s.
- WHITE, J. C., TOMPALSKI, P., COOPS, N. C., WULDER, M. A. 2018. Comparison of airborne laser scanning and digital stereo imagery for characterizing forest canopy gaps in coastal temperate rainforest. *Remote Sens. Environ.* 208, 1–14.

Poděkování

Príspevok bol financovaný z prostriedkov projektov VEGA 1/0515/23 a APVV-21-199.

Kontakty | Contact Information

Parobeková Zuzana: parobekova@tuzvo.sk

DLHODOBÉ ZMENY ŠTRUKTÚRY PORASTOV V PREBUDOVE NA VÝBERKOVÝ LES A RASTOVÉ TRENDY VYBRANÝCH DREVÍN

LONG-TERM CHANGES IN STAND STRUCTURE IN THE CONVERSION TO SELECTION FOREST AND GROWTH TRENDS OF SELECTED TREE SPECIES

Anna Petrová¹, Denisa Sedmáková¹, Ján Pittner¹,
Stanislav Kucbel¹, Jaroslav Vencurik¹

¹Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 01 Zvolen, Slovensko

Abstrakt

Cieľom príspevku bolo analyzovať dlhodobé zmeny porastovej štruktúry a vykonať dendrochronologickú analýzu v dvoch porastoch v prebudove na výberkový les. Výskumné merania prebiehali na dvoch trvale výskumných plochách (50 × 50 m) v objekte Pro Silva Donovaly – Mistríky v rokoch 1979, 1999, 2013 a 2024. Na stromoch s hrúbkou d 1,3 > 8 cm boli merané znaky ako hrúbka, výška, pozície stromov technológiou Field-Map a zároveň boli z vybraných jedincov smreka a jedle odobraté vývrty na vykonanie dendrochronologickej analýzy. Prirodzená obnova bola monitorovaná na tranzektoch podľa výškových kategórií. Výsledky poukázali, že porasty sa približujú k výberkovému modelu, s členitou vertikálnou a hrúbkovou štruktúrou. V prirodzenej obnove bol najzastúpenejší smrek, naopak zastúpenie jedle klesá, ostatné dreviny sú zastúpené minimálne. Dendrochronologická analýza ukázala negatívny trend prírastku smreka, pri jedli bol zaznamenaný pozitívny rastový vývoj. Zistenia sú prínosom pre pochopenie výberkových procesov a plánovanie hospodárskych zásahov.

Kľúčové slová: výberkový les, prebudova, prirodzená obnova, rastové procesy, dendrochronológia

Abstract

The study aimed was to analyze long-term changes in stand structure and to perform a dendrochronological analysis in two stands converted to selection forest. Research measurements were carried out on two permanent research plots (50 × 50 m) in the Pro Silva Donovaly – Mistríky area in the years 1979, 1999, 2013, and 2024. On trees with a diameter at 1.3 m > 8 cm were measured for attributes such as diameter, height, and tree positions using Field-Map technology and simultaneously increment cores were taken from selected spruce and fir individuals for dendrochronological analysis. Natural regeneration was monitored on transects by height categories. The results showed that the stands are approaching a selection model, with a diverse vertical and diameter structure. In natural regeneration Norway spruce was the most dominant species, while silver fir showed a decline, other species are minimally represented. Dendrochronological analysis showed a negative growth trend in spruce, while a positive growth development was recorded for fir. The findings contribute to a better understanding of selection forest dynamics and support planning of silvicultural interventions.

Keywords: selection forest, conversion, natural regeneration, growth processes, dendrochronology

1 ÚVOD

Výberkové lesy sú stabilné ekosystémy, odolnejšie voči vetrovým kalamitám, suchu, podkôrnemu hmyzu a podporujú biodiverzitu (Boncina *et al.*, 2002). Prebudova na výberkové lesy predstavuje prechod rovnovekých a málo diferencovaných porastov na štruktúrne rozmanitejšie a stabilnejšie lesy (Schmidt *et al.*, 1997; Schütz, 2001; Saniga, 2019). Tento proces je dlhodobý a vyžaduje systematické sledovanie. Výberkový hospodársky spôsob, založený na prirodzenej obnove, je alternatívou k holorubnému systému (Brang *et al.*, 2014). Dlhodobé záznamy z trvalých výskumných plôch (ďalej len TVP) poskytujú cenné údaje o zmenách porastových charakteristík, drevinového zloženia a prirodzenej obnovy. Dendrochronologická analýza hodnotí rastovú dynamiku a reakciu drevín na environmentálne podmienky, čím prispieva k hodnoteniu úspešnosti prebudovy a porozumeniu dynamike výberkového lesa (Castagneri *et al.*, 2010). Cieľom príspevku je vyhodnotiť vývoj porastových charakteristík, dynamiku prirodzenej obnovy a rastové trendy analyzovaných stromov.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Charakteristika výskumných objektov

Objektom výskumu bol porast v objekte Pro Silva Donovaly-Mystríky, (50,3 ha), v juhovýchodnej časti Nízkyh Tatier (48°52'N, 19°14'E). Porasty sa nachádzajú v nadmorskej výške 860–1050 m n. m. Produkčný porast (3,98 ha) patrí do kategórie lesy osobitného určenia, má severozápadnú expozíciu a sklon 30 %, ochranný porast (2,52 ha) patrí medzi ochranné lesy a má severnú expozíciu so sklonom 85 %. Priemerná ročná teplota je 4,2–4,8 °C, ročný úhrn zrážok 860–1100 mm. Geologické podložie tvoria žula a fylity, na ktorých vznikli kambizeme a rankre. Lokalita leží v 6. lesnom vegetačnom stupni. Dominantnou drevinou je smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.). Primiešané sú dreviny jedľa biela (*Abies alba* Mill.) a buk lesný (*Fagus sylvatica* L.). Jednotlivé prímies tvoria jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.) a smrekovec opadavý (*Larix decidua* Mill.). Prevládajúce skupiny lesných typov sú *Fagetum-abietino-piceosum* a *Piceetum abietinum*.

2.2 Zber dát

V porastoch boli založené dve TVP, s výmerou 50 × 50 m (0,25 ha), s meraniami v rokoch 1979, 1999, 2013 a 2024. V strede každej TVP sa nachádzal transekt s rozmermi 10 × 50 m na sledovanie prirodzenej obnovy. Na stromoch s hrúbkou $d_{1,3} > 8$ cm boli merané znaky ako hrúbka a výška. Pri meraniach v 2013, 2024 boli zaznamenané pozície stromov technológiou Field-Map. Objem jednotlivých stromov ($d_{1,3} > 8$ cm) bol vypočítaný podľa dvoch parametrov (hrúbka a výška stromu), použitím rovníc odvodených od Petráša, Pajtíka (1991). Prirodzená obnova na transektoch sa začala monitorovať až po roku 1999, evidovali sa jedince podľa dreviny a výškovej kategórie: obnova (výška 21–130 cm) a dorast (hrúbka $d_{1,3}$ 0,1–8,0 cm).

2.3 Odber a vyhodnotenie vývrtov

Na TVP boli z vybraných živých jedincov smreka (29 jedincov v produkčnom poraste a 36 jedincov v ochrannom poraste) a jedle (31 jedincov v produkčnom poraste a 20 jedincov v ochrannom poraste) s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 8 cm odobraté dva vývrty, pod uhlom 45° od línie svahu, aby sa predišlo reakčnému drevu. Odobraté vzorky boli vložené do plastových bužírok, označené kódom a spracované v laboratóriu podľa štandardných dendrochronologických metód (Cook, Kariukstis, 1990). Dendrochronologická analýza bola zameraná na vekovú štruktúru a rastovú dynamiku drevín. Vývrty sa digitalizovali (Epson Expression 10000 XL) a ročné kruhy boli identifikované v programe WinDendro®. Proces zahŕňal automatickú identifikáciu, vizuálnu kontrolu a manuálne opravy chýb. Synchronizácia ročných kruhov bola vykonaná vizuálne a opticky (Grissino-Mayer, 2001).

Pre odstránenie biologického trendu pri analýze prírastkových dát bola použitá metóda detrendizácie pomocou funkcie „AgeDepSpline“ v balíku DplR („Dendrochronology Program Library in R“; Bunn, 2008). Metóda využíva kubickú funkciu „spline“ s odstránením 50% rozptylu zo série (Cook, Kairiukstis, 1990).

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Vývoj porastovej štruktúry a prirodzenej obnovy

Produkčný porast mal v roku 1979 vek 85 rokov. Drevinové zloženie podľa objemu hrubiny tvorilo 85 % smreka a 15 % jedle. Počiatočná zásoba bola $373 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Tab. 1). Ochranný porast mal 135 rokov, čiastočne rôznoveký, s prevahou smreka. Počiatočná zásoba bola $257 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Saniga *et al.*, 2021).

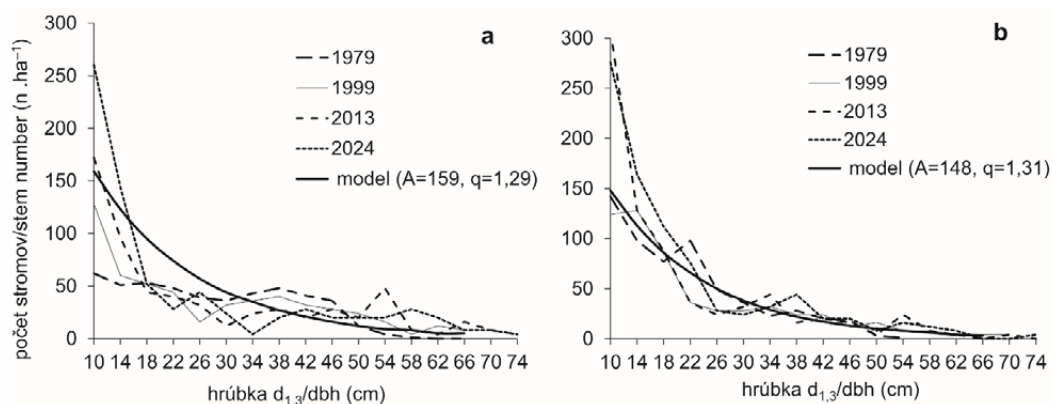
V oboch porastoch stúpali počas prebudovy hodnoty kruhovej základne (v produkčnom poraste o 37 % a v ochrannom o 42 %) a zásoby porastov (v produkčnom poraste o 35 % a v ochrannom o 36 %). Nárast je zrejme dôsledkom realizácie sanitárnych zásahov, ktoré nedokázali formovať výberkovú štruktúru. Počas prebudovy mierne stúplo zastúpenia jedle (v priemere o 23 % z počtu stromov a 14 % zo zásoby) a ostatných drevín na úkor smreka. Prirodzená obnova

Tab. 1: Vývoj porastových charakteristík a prirodzenej obnovy v období rokov 1979–2024
Development of stand characteristics and natural regeneration in the period 1979–2024

	Produkčný porast ¹				Ochranný porast ²			
	1979*	1999	2013	2024	1979	1999	2013	2024
Stromy (hrúbka $d_{1,3} > 8,0 \text{ cm}$) ³								
Početnosť (ks ha^{-1}) ⁴	474	532	608	732	593	566	760	844
smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	85/15/0	62/33/5	54/38/8	44/48/8	99/1/0	86/13/1	87/11/2	84/14/2
kruhovú základňa ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) ⁶	34	41	51	53	25	33	36	43
smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	85/15/0	62/35/3	63/33/4	54/40/6	99/1/0	96/4/0	97/3/0	93/6/1
Zásoba ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) ⁷	373	465	570	572	257	328	338	402
smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	85/15/0	61/36/3	63/33/4	56/39/5	99/1/0	97/3/0	98/2/0	96/4/0
Obnova ⁸								
Početnosť (ks ha^{-1}) ⁴	n/a	940	2080	3200	n/a	540	2320	3000
smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	n/a	26/74/0	43/46/11	75/25/0	n/a	34/35/31	44/47/9	70/27/3
Dorast ⁹								
Početnosť (ks ha^{-1}) ⁴	n/a	2769	3142	2400	n/a	2920	1800	2304
smrek/jedľa/ostatné (%) ⁵	n/a	24/74/2	24/75/1	84/13/2	n/a	42/30/28	46/27/28	33/27/40

¹production stand, ²protection stand, ³stems (dbh > 8 cm), ⁴stem density, ⁵spruce/fir/others, ⁶basal area, ⁷stand volume, ⁸regeneration, ⁹ingrowth

*celoplošné priemerovanie



Obr. 1: Zmeny hrúbkovej štruktúry v produkčnom (a) a ochrannom (b) poraste v priebehu sledovaného obdobia 1979–2024

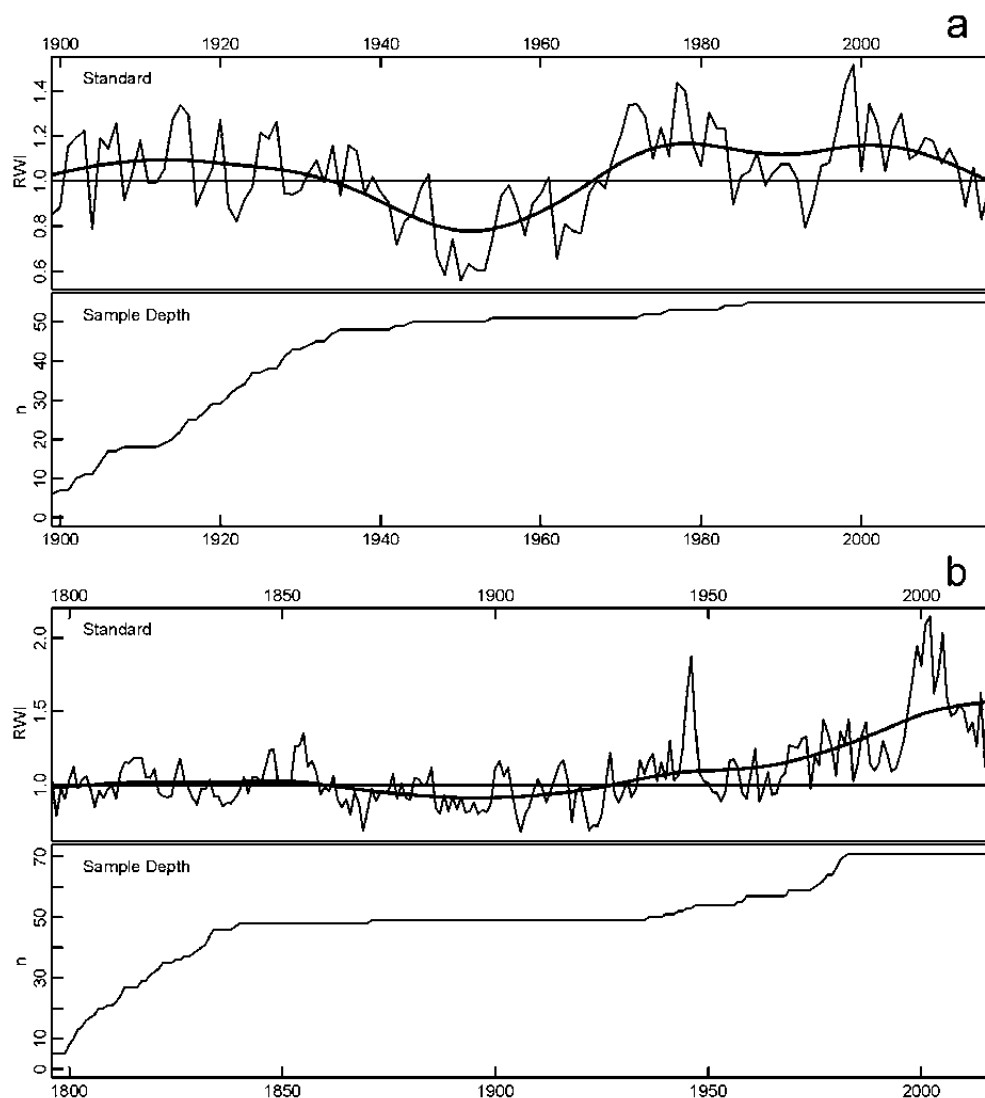
Changes in diameter structure in the production (a) and protection (b) stand during the observed period 1979–2024

pozostávala zo smreka a jedle, ich podiel sa v čase menil. V produkčnom poraste sa zastúpenie smreka v prirodzenej obnove zvýšilo o 49 % a v doraste o 60 % na úkor jedle. Dorast iných drevín prebiehal počas celého obdobia v malých množstvách. Vývoj v ochrannom poraste ukázal nárast smreka v prirodzenej obnove o 36 %, v doraste jeho početnosť klesla o 13 %. Jedľa vzrástla od 1999 do 2013 o 12 %, po r. 2013 klesla o 20 %. Analýza prirodzenej obnovy a dorastu ukázala citlivosť jedle na klimatické podmienky a pôsobenie emisií (Mikulenka *et al.*, 2020). Ostatné dreviny tvorili takmer 30 % dorastu a v poslednom roku stúpili o 12 % na úkor smreka.

Na začiatku sledovania v produkčnom poraste bola početnosť stromov v najnižších hrúbkových triedach nízka, čo naznačovalo nedostatočnú rezervu pre dorastanie (Obr. 1). Stromy s priemerom >50 cm, boli zastúpené minimálne alebo vôbec. Po roku 1999 však pribudli jedince v najnižších hrúbkových triedach, čo poukazuje na začínajúci proces dorastania. Podľa merania v roku 2024 sa štruktúra porastu začala približovať modelovej výberkovej štruktúre. Pre ideálny stav je potrebné redukovať jedince v hornej vrstve a odstrániť stromy nad cieľovú hrúbku (66 cm), znížiť zásobu, uvoľniť priestor pre jedince z dolnej vrstvy, najmä v poddimenzovanej strednej vrstve (Schütz, 2001, Pukkala *et al.*, 2015). Počas celého obdobia sa štruktúra výrazne nemenila, čo poukazuje na stabilizovaný a vyvážený vývoj porastu.

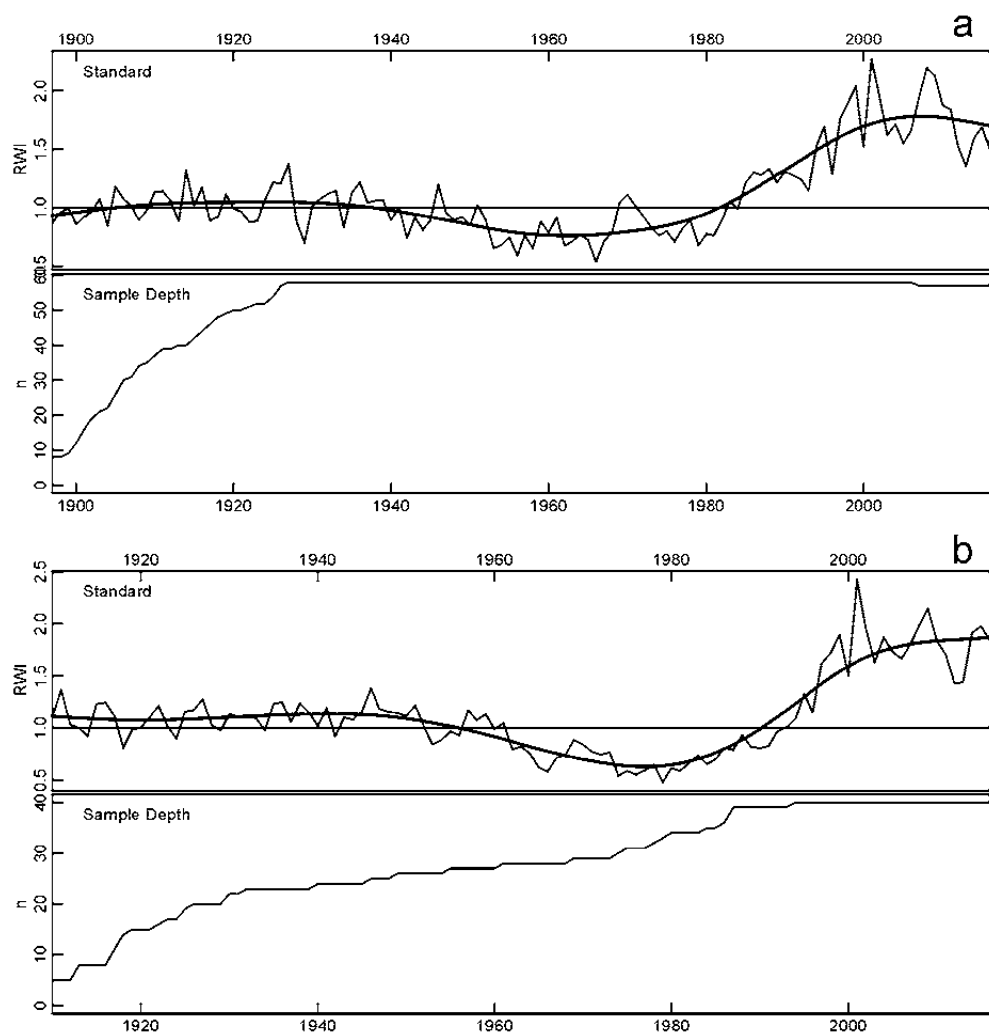
3.2 Dendrochronologická analýza

Výsledky dendrochronologickej analýzy ukázali, že smrek mal v produkčnom poraste spočiatku nadpriemerný prírastok, okolo roku 1940 výrazne klesol, od 1970 do 2000 rástol a následne opäť klesal. V ochrannom poraste bol rast okolo priemeru, po poklese okolo 1850 začal od 1940 trvalo rásť (Obr. 2). Jedľa v produkčnom poraste mala kolísavý prírastok, pokles od 1940 a nárast od 1980, ktorý pretrváva dodnes. V ochrannom poraste bol prírastok spočiatku nadpriemerný, no okolo 1960 klesol a od 1990 opäť rastie (Obr. 3).



Obr. 2: Porovnanie priebehu radiálneho prírastku smreka v produkčnom (a) a ochrannom (b) poraste po vykonaní detrendizácie letokruhových sérií (RWI – letokruhový index; Sample Depth – počet letokruhových sérií – n ; čierna hrubá krivka – vyrovnaný priebeh detrendizovaných hodnôt prírastkov „spline“ funkciou; čierna krivka – štandardizovaná priemerná chronológia po odstránení vekového trendu vyjadreného indexom šírky letokruhov (RWI, resp. indexom radiálnych prírastkov) s priemerným rastom približne 1 – čierna vodorovná čiara)

Comparison of the radial growth increments of Norway spruce in the production (a) and protection (b) stand after detrending of tree-ring series (RWI – ring-width index; Sample Depth – number of tree-ring series – n ; thick black curve – smoothed trend of detrended growth values using a spline function; black curve – standardized mean chronology after removing the age-related trend expressed by the ring-width index (RWI, or radial growth index), with average growth approximately equal to 1 – black horizontal line).



Obr. 3: Porovnanie priebehu radiálneho prírastku jedle v produkčnom (a) a ochrannom (b) poraste po vykonaní detrendizácie letokruhových sérií (RWI– letokruhový index; Sample Depth–počet letokruhových sérií–n; čierna hrubá krivka– vyrovnaný priebeh detrendizovaných hodnôt prírastkov „spline“ funkciou; čierna krivka– štandardizovaná priemerná chronológia po odstránení vekového trendu vyjadreného indexom šírky letokruhov (RWI, resp. indexom radiálnych prírastkov) s priemerným rastom približne 1–čierna vodorovná čiara)

Comparison of the radial growth increments of silver fir in the production (a) and protection (b) stand after detrending of tree-ring series (RWI –ring-width index; Sample Depth–number of tree-ring series–n; thick black curve–smoothed trend of detrended growth values using a spline function; black curve–standardized mean chronology after removing the age-related trend expressed by the ring-width index (RWI, or radial growth index), with average growth approximately equal to 1–black horizontal line).

4 ZÁVER

Porastová štruktúra je rôznorodá, formovanie si vyžaduje zásahy počas procesu prebudovy. Nízka intenzita zásahov môže nepriaznivo ovplyvniť jej vývoj. Prebudova umožňuje upraviť drevinové zloženie. Výsledky dendrochronologickej analýzy ukázali súčasný pokles prírastku smreka a nárast prírastku jedle. Prechod k výberkovej štruktúre podporuje ekologickú stabilitu, biodiverzitu a adaptabilitu, no ide o dlhodobý proces závislý od stanovištných podmienok a obhospodarovania.

LITERATÚRA

- BONCINA, A., DIACI, J., CENCIC, L. 2002. Comparison of the two main types of selection forests in Slovenia: Distribution, site conditions, stand structure, regeneration and management. *Forestry*. 75, 365-373.
- BRANG, P. *et al.* 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry*. 87(4), 492-503.
- BUNN, A. G. 2008. A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*. 26, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2008.01.002>
- CASTAGNERI, D. *et al.* 2012. Temporal variability of size-growth relationships in a Norway spruce forest: the influences of stand structure, logging, and climate. *Canadian Journal of Forest Research*. 42(3), 550-560.
- COOK, E. R., KARIUKSTIS, L. A. 1990. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 394 p.
- GRISSINO-MAYER, H. D. 2001. Research Report. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program Cofecha. *Tree-Ring Research*. 57(2), 205-221.
- MIKULENKA, P. *et al.* 2020. Effect of climate and air pollution on radial growth of mixed forests: *Abies alba* Mill. vs. *Picea abies* (L.) Karst.. *Central European Forestry Journal*. 66(1), 23-36. <https://doi.org/10.2478/forj-2019-0026>
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. 1991. Sústava československých objemových tabuliek. *Lesnícky časopis*. 37, 49-56.
- PUKKALA, T., LÄHDE, E., LAIHO, O. 2015. Which trees should be removed in thinning treatments?. *For. Ecosyst.* 2, 32. <https://doi.org/10.1186/s40663-015-0056-1>
- SANIGA, M. *et al.* 2021. Prebudova rúbaňového lesa na výberkový les – 40-ročná časová štúdia. *Zprávy lesníckeho výzkumu*. 66(4), 213-225.
- SANIGA, M. 2019. *Pestovanie lesa*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 331 p.
- SCHMIDT, M., SCHÜTZ, J. P., GADOW, K. 1997. Strukturanalyse in vier Plenterüberführungsbeständen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 148, 335-352.
- SCHÜTZ, J. P. 2001. *Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder*. Berlin: Parey, 207 p.

Poděkování

Táto práca bola podporená Internou projektovou agentúrou Technickej univerzity vo Zvolene v rámci projektu IPA 16/2025, Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied v rámci projektu VEGA 1/0183/25 a Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-21-0199.

Kontakty | Contact Information

Jaroslav Vencurik: e-mail: jaroslav.vencurik@tuzvo.sk

MORTALITA SMREKA OBYČAJNÉHO INDIKOVANÁ HRÚBKOVÝM RASTOM V CHRÁNENEJ KRAJINNEJ OBLASTI POĽANA

MORTALITY OF NORWAY SPRUCE INDICATED BY DIAMETER GROWTH IN THE POĽANA PROTECTED LANDSCAPE AREA

Denisa Sedmáková¹, Peter Jaloviar¹, Marek Ježík², Patrícia Priščová¹,
Zuzana Parobeková¹, Ján Pittner¹

¹Lesnícka fakulta, Technická Univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovensko

²Ústav ekológie lesa SAV, L. Štúra 2, 960 01 Zvolen, Slovensko

Abstrakt

Prebiehajúca klimatická zmena zvyšuje mortalitu drevín v lesoch mierneho klimatického pásma. Porovnaním 77 vitálnych a odumierajúcich jedincov sa preukázali výrazné rozdiely v dimenziách stromov, hrúbkovom prírastku, senzitivite rastu, výskyte reakcií na uvoľnenie a sile korelácie s referenčnou chronológiou. Najvýraznejšie rozdiely sa začali prejavovať po roku 1974, čo poukazuje na vplyv klimatického stresu. Na základe vybraných prediktorov bol vytvorený mortalitný model pomocou logistickej regresie s presnosťou klasifikácie 84,42 %. Výsledky naznačujú, že zvolené ukazovatele (hrúbka kmeňa, senzitivita a miera rastovej divergencie) môžu byť účinne využité pri hodnotení vitality smrekových porastov a prispieť k lepšiemu plánovaniu výchovných zásahov, selekcii perspektívnych stromov a zachovaniu produkčného potenciálu smreka v meniacich sa klimatických podmienkach.

Kľúčové slová: rastová vitalita, stromová mortalita, vysokohorské lesy, klimatický stres

Abstract

Ongoing climate change has increased the mortality rates of tree species in temperate forests. A comparison between 77 vital and declining Norway spruce trees revealed significant differences in the stem diameter, diameter increment, growth sensitivity, occurrence of growth releases and strength of correlation with the reference chronology. The most pronounced differences between groups became evident after 1974, pointing to the impact of climatic stress. Based on selected indicators, a mortality model was created using logistic regression. The model achieved a classification accuracy of 84.42%. The results suggest that the selected predictors (stem size, growth sensitivity and growth divergence) can be effectively applied to assess vitality in Norway spruce stands. Their use in forestry practice may improve decision-making in tending strategies, the selection of resilient trees, and contribute to maintaining the productive potential of spruce forests under changing environmental conditions.

Keywords: growth performance, tree death, high mountains, climate-induced stress

1 ÚVOD

Klimatické extrémny, ako sú suchá, víchrice či zmeny v zrážkových režimoch, významne ovplyvňujú stabilitu a vitalitu smrekových porastov, čím zvyšujú ich náchylnosť na biotické aj abiotické stresové faktory (Hlásny *et al.*, 2012). Na základe dlhodobých satelitných pozorovaní z obdobia 1984–2016 bol v európskych lesoch mierneho klimatického pásma zaznamenaný ročný nárast korunovej mortality o 2,4%, čo znamená, že plocha zasiahnutá mortalitou sa od roku 1984 zdvojnásobila (Senf *et al.*, 2018). Dlhodobé výskumy preukázali, že zmeny vo vodnom režime

lesných pôd predstavujú rozhodujúci faktor ovplyvňujúci mortalitu smrekových porastov, a to najmä v období opakovaných suchých rokov (Spiecker a Kahle, 2023). Fatálne prejavy degradácie vitality sa vyskytujú častejšie v rovnorodých porastoch, kde absencia druhej diverzity znižuje adaptačnú kapacitu celého lesného ekosystému (Pretzsch *et al.*, 2020). Aj napriek vysokej náchylnosti na poškodenie suchom (Konôpka a Kunca, 2018), smrek obyčajný patrí na Slovensku k najrozšírenejším hospodárskym drevinám a jeho drevo má vďaka svojim technologickým vlastnostiam široké uplatnenie v spracovateľskom priemysle (Národné lesnícke centrum, 2023). Predstavuje kľúčový zdroj stavebného reziva aj papierenského dreva a tvorí významný podiel celkovej ťažby (Hanewinkel *et al.*, 2013). Vzhľadom na pretrvávajúci hospodársky význam tejto dreviny a súčasne zvýšené riziko jej odumierania v dôsledku meniacej sa klímy je nevyhnutné, aby sa poznatky o jej rastovej výkonnosti a vitalite premietli do lesníckej praxe. Cieľom tohto príspevku je analyzovať mortalitu smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) v podmienkach Chránenej krajiny oblasti Poľana na základe rastových prejavov jednotlivých stromov a to prostredníctvom identifikácie rozdielov medzi vizuálne vitálnymi a odumierajúcimi jedincami. Dôraz sa kladie na prepojenie medzi zdravotným stavom stromu a jeho minulým rastom, pričom cieľom je posúdiť, do akej miery sa tieto rozdiely dajú kvantifikovať a interpretovať pomocou dendrochronologických analýz. Zistené rozdiely môžu poukazovať na to, že odumierajúce stromy vykazujú špecifické rastové trendy predchádzajúce odumretiu, ktoré ich odlišujú ešte pred objavením sa zreteľných vizuálnych prejavov poškodenia. Na základe týchto rozdielov bude vytvorený individuálny mortalitný model, s cieľom odhadnúť pravdepodobnosť odumretia jednotlivých stromov na základe ich predchádzajúcej rastovej výkonnosti.

2 MATERIÁL A METODY

Skúmané územie Poľana sa nachádza v strednej časti Slovenska a tvorí významný geomorfologický celok v rámci Slovenského stredohoria. Ide o výrazne modelovaný reliéf vzniknutý sopečnou činnosťou, pričom celý horský masív predstavuje pozostatok vyhasnutého stratovulkánu. Klimaticky sa Poľana vyznačuje chladnejším a vlhším horským podnebím. Priemerné ročné teploty sa pohybujú v rozpätí od 3 do 7 °C v závislosti od nadmorskej výšky. Ročný úhrn zrážok dosahuje hodnoty medzi 700 a 1000 mm. Priemerné sumy teplôt a zrážok sú vypočítané za obdobie 1901–2012. Oblasť je známa vysokou relatívnou vlhkosťou vzduchu, čo má pozitívny vplyv na mikroklimatickú stabilitu porastov (Sedmáková *et al.*, 2019).

2.1 Empirický materiál

2.1.1 Výberový dizajn

V roku 2012 boli vo vybraných smrekových porastoch 7. lvs v rámci záujmového územia založené dočasné relaskopické výskumné plochy (RVP). Priemerné údaje prevzaté z opisu plánov starostlivosti pre dané porasty sú: vek 145 rokov, zastúpenie smreka 95 %, kruhová základňa 47 m².ha⁻¹, bonita 27 m. Prvá plocha bola vybraná náhodne pri vstupe do vybraného porastu a ostatné plochy boli zakladané v približne rovnakých rozstupoch v smere po vrstevnici. Založených bolo 27 RVP v 8 porastoch s umiestnením hrúbkovo dominantného jedince v strede RVP. V roku 2023 bol počet RVP navýšený o 12 novozaložených plôch v 3 ďalších porastoch. Na každej RVP boli vizuálne hodnotené vitálne dominantné a ko-dominantné jedince a k nim dimenzionálne prislúchajúci odumierajúci jedinec, pričom uprednostnené boli mŕtve stojace stromy. Za vitálne boli považované stromy s celkovou defoliáciou do 35 % a za odumierajúce s celkovou defoliáciou nad 75 %. Celkovo bolo založených 39 RVP a pre vybraných 78 stromov, na ktorých bola meraná hrúbka, výška a výška nasadenia koruny a vizuálne ohodnotené parametre korún, boli odobrané vývrtové vzorky.

2.1.2 Odber a spracovanie vzoriek

Prírastkové vzorky (vývrty) sa odoberali vo výške 1,3 m nad zemou z rôznej strany po obvode kmeňa v snahe vyhnúť sa reakčnému drevu. Všetky prírastkové vzorky boli spracované štandardnými dendrochronologickými postupmi (Cook a Kairiukstis, 1990). Vývrty s hnilobou alebo fragmentované vzorky boli z ďalšej analýzy vylúčené (1 vývrtová vzorka). Vzorky boli uskladnené v plastových slamkách v chlade. Následne boli vývrty v laboratóriu po vysušení na vzduchu a nalepení na drevené lišty zbrúsené, aby sa zvýraznili ročné kruhy a digitalizované systémom ATRICS (Levanič, 2007). Na výsledných snímkach bola zmeraná šírka letokruhov s presnosťou 0,01 mm a vizuálne a štatisticky krížovo datovaná pomocou softvéru Coorecorder/CDendro (verzia 9.8.1., Cybis Elektronik & Data AB, Švédsko). Kvalita datovania bola overená softvérom COFECHA (Holmes *et al.*, 1986).

2.1.3 Príprava údajov

Na vytvorenie dvoch priemerných chronológií vitálnych a odumierajúcich stromov, boli použité letokruhové série s nameranými šírkami ročných kruhov – ŠRK (mm). Pre zostavené chronológie boli vypočítané základné popisné charakteristiky a to: sl – dĺžka série; min/ $\bar{x}$ /max – minimálna / priemerná / maximálna hodnota ŠRK; $S\bar{x}$ – smerodajná odchýlka hodnôt ŠRK; Ar1 – autokorelácia prvého rádu a ms – priemerná senzitivita hodnôt ŠRK.

Do databázy údajov ($n=77$ stromov; 1 vývrtová vzorka bola vylúčená kvôli hnilobe) boli zahrnuté nasledujúce základné morfológické a rastové parametre stromov: $d_{1,3}$ – priemer kmeňa meraný vo výške 1,3 m, h – výška stromu, hnk – výška nasadenia koruny, cl – dĺžka živej koruny, cr – pomer dĺžky koruny z výšky stromu (korunovosť), sc – štihlý koeficient, Mai – priemerný ročný hrúbkový prírastok, Pru – počet uvoľnení, Fru – frekvencia uvoľnení. Nasledujúce údaje: $d_{1,3}(\text{cm})$; h (m); hnk (m) boli merané v teréne; $cl(\text{m}) = h - hnk$; $cr = h/cl$; $sc = h/d_{1,3}$; Vek (rok) = vek odhadnutý v stržni; $Mai(\text{cm.rok}^{-1}) = d_{1,3}/\text{Vek}$; Pru – počet uvoľnení (stanovený graficky); Fru – frekvencia uvoľnení (Vek/Pru).

2.2 Metodika

2.2.1 Základné morfológické a rastové parametre stromov

Rozdiely v základných morfológických a rastových parametroch stromov medzi vitálnymi a odumierajúcimi jedincami boli testované Studentovým t-testom na hladine významnosti $\alpha=5\%$. Pre kvalitatívne znaky bol pre testovanie rozdielov použitý χ^2 -test.

2.2.2 Výpočet vstupných údajov

Podľa identifikovaného začiatku rastovej divergencie (rok 1974), a to grafickým znázornením priebehu zostavených priemerných chronológií vitálnych a odumierajúcich jedincov, boli z letokruhových sérií pre dva približne rovnako dlhé 50-ročné časové intervaly 1924–1974 a 1975–2023 odvodené pre každý strom nasledujúce charakteristiky:

- Ar1 – hodnota autokorelácie prvého rádu – jej pohyblivého 50-ročného priemeru v roku 1974, respektíve hodnota v poslednom kalendárnom roku ≤ 2023
- ms – hodnota senzitivity letokruhovej série – jej pohyblivého 50-ročného priemeru v roku 1974, respektíve v poslednom kalendárnom roku ≤ 2023
- Korel_Ref – veľkosť Pearsonovho korelačného koeficienta (v rámci časového intervalu) medzi hodnotami ŠRK jednotlivej letokruhovej série každého individuálneho stromu a tzv. referenčnej – priemernej chronológie zostavenej pre skupinu vitálnych stromov
- ŠRK_priem (mm) – priemerná šírka ročného kruhu letokruhovej série jednotlivého stromu v rámci časového intervalu a jej smerodajná odchýlka ($S\bar{x}$ _ŠRK)

- Relativizovaná_ŠRK (mm) – priemerná hodnota relativizovaných širok ročných kruhov (radiálnych prírastkov) pre vybrané obdobie (časový interval 1924–1974 alebo 1975 ≤ 2023) a príslušná smerodajná odchýlka ($\bar{Sx}$ relativizovaných ŠRK). Relativizovaná hodnota v danom kalendárnom roku bola počítaná ako podiel ŠRK a rádiusu ($d_{1,3} \cdot 10/2$) v roku odoberania vývrtu
- Mean_d1,3 (mm) – priemerná hodnota retrospektívne počítaných hrúbok pre vybrané obdobie a príslušná smerodajná odchýlka ($\bar{Sx}_{d1,3}$)
- Vek1974 (rok) – retrospektívne priradená hodnota veku stromu v stržni v kalendárnom roku 1974 na základe jeho odhadu a to v roku odoberania vývrtu vo výške 1,3 m nad zemou
- d1,31974 (mm) – retrospektívne priradená hodnota hrúbky stromu v roku 1974 na základe jej merania v smere odoberania vývrtu vo výške 1,3 m nad zemou
- Mai1974 (mm.rok^{-1}) – retrospektívne priradená hodnota priemerného ročného hrúbkového prírastku v roku 1974, počítaná ako $d_{1,31974} / \text{Vek1974}$

2.2.3 Analýza údajov

V našom prípade sa so závislou premennou (vitalita stromov) uvažuje ako s binárnou, to znamená, že premenná môže mať len dve možné hodnoty (0 – odumierajúci, 1 – vitálny). Napríklad strom buď prežije, alebo neprežije extrémnu klimatickú udalosť. V takomto prípade nás zaujíma odhad modelu, ktorý opisuje vzťah medzi jednou alebo viacerými spojitými nezávislými premennými ($x_1 \dots x_n$) a binárnou závislou premennou (y).

V prípade základnej logitovej regresie model obmedzuje závislú premennú len na dve hodnoty. Model si možno predstaviť aj ako rozšírenie logistického modelu pre binárne odpovede tak, že namiesto predpovedania binárnej premennej predpovedáme spojitú premennú, ktorá prirodzene zostáva v hraniciach 0–1. V nelineárnej logistickej regresii predpovedané hodnoty závislej premennej nikdy nebudú menšie (alebo rovné) ako 0, alebo väčšie (alebo rovné) ako 1, bez ohľadu na hodnoty nezávislých premenných. To sa dosiahne použitím regresnej rovnice v tvare:

(1)

$$\exp(b_0 + b_1x_1 + \dots + b_nx_n) / (1 + \exp(b_0 + b_1x_1 + \dots + b_nx_n))$$

Na základe súboru vybraných nezávislých premenných s preukázaným rozdielom medzi skupinami vitálnych a odumierajúcich jedincov bol zostavený binárny logistický model. Preverené boli rôzne kombinácie premenných. Výsledne boli do modelu zahrnuté štyri premenné: prirodzený logaritmus hrúbky kmeňa v roku 1974 ($\ln_{d_{1,3}1974}$), prirodzený logaritmus priemernej senzitivity prírastkov ($\ln_{ms}$), korelácia s referenčnou prírastkovou krivkou ($Korel_REF$) a prirodzený logaritmus frekvencie uvoľnení ($\ln_{frekvencia_uvoľnení}$). Vzhľadom na počet prípadov ($n=77$) nie je žiadúce, aby do modelu vstupovalo viac nezávislých premenných. Quasi-Newtonova metóda bola použitá pre odhad regresných parametrov modelu. Funkcia maximálnej vierohodnosti (zhody) s minimálnou celkovou stratou bola braná do úvahy pri selekcii najvhodnejšieho modelu spolu s percentom správne klasifikovaných prípadov a to s maximálnym a zároveň rovnomerne rozdeleným podielom správnych predpovedí medzi kategóriami 0 a 1. Regresné koeficienty ($b_1 \dots b_4$) s intervalmi spoľahlivosti boli vykreslené a porovnané v jednom grafe kvôli posúdeniu ich presnosti (významnosti) a dôležitosti v rámci zostaveného viacnásobného nelineárneho regresného modelu. Správnosť špecifikovaného modelu bola preverená graficky, a to grafom rozptylu predpovedaných a pozorovaných hodnôt a grafom rozdelenia početností reziduí.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Vizuálne hodnotenie vitality a základné parametre stromov

Stromy zaradené do kategórie vitálnych (1, n=44) dosahovali v priemere väčšie dimenzie ako odumierajúce (0, n=33) jedince (Tab. 1), a to tak v priemere kmeňa ($d_{1,3}$), ako aj vo výške (h) a dĺžke koruny (cl). Tieto rozdiely boli štatisticky významné, čo potvrdzuje, že rastová výkonnosť je úzko spätá s fyziologickým stavom stromu. Odumierajúce stromy vykazovali významne nižšie hodnoty priemerného ročného hrúbkového prírastku (Mai). Počet uvoľnení, teda počet rokov s výrazne zvýšeným prírastkom ako dôsledok zmeny konkurenčných pomerov, bol vyšší u vitálnych stromov, čo poukazuje na ich schopnosť aktívne reagovať na zmeny rastového priestoru. Vyššia frekvencia uvoľnení u odumierajúcich stromov indikuje približne dvojnásobne menej časté pozitívne rastové impulzy. Tieto zistenia poukazujú na úzky vzťah medzi rastovou výkonnosťou a fyziologickou stabilitou jednotlivých stromov. Vitálne jedince, ktoré dosahovali významne väčšie rozmery v priemere kmeňa, výške a dĺžke koruny, boli pravdepodobne dlhodobo úspešnejšie v súťaži o svetlo a priestor. Naše zistenia, že vitálne stromy smreka obyčajného dosahovali väčšie rozmery v priemere kmeňa, výške a dĺžke koruny, sú v súlade so štúdiou Salema a Sulonen (2008), ktorí preukázali negatívnu koreláciu medzi triedou defoliácie a rastovými parametrami smreka obyčajného. Taktiež štúdia Ferrettiho *et al.* (2021) potvrdzuje, že defoliácia a poškodenie koruny sú negatívne spojené s rastom kmeňa, čo naznačuje, že vyššia vitalita stromov je spojená s lepším rastovým výkonom. Vencurik *et al.* (2013) z výberkových lesov ukazujú, že výškový rast prirodzenej obnovy úzko súvisí s vertikálnou štruktúrou porastu, najmä s výmerou strednej a hornej vrstvy, čo ovplyvňuje aj celkové rastové tempo jednotlivcov. Samotná štruktúra porastu, najmä intenzita svetla a konkurenčný tlak, zohrávajú kľúčovú úlohu pri udržiavaní vitality jedincov. Zároveň je potrebné zohľadniť aj vnútroskupinovú variabilitu, keďže jednotlivé parametre rastu nemusia byť vždy konzistentné naprieč triedami vitality. Napríklad aj niektoré

Tab. 1: Porovnanie základných morfológických a rastových parametrov medzi vitálnymi a odumierajúcimi stromami

Comparison of basic morphological and growth parameters between vital and declining trees

	$\bar{x}$ (0)	$S\bar{x}$ (0)	$\bar{x}$ (1)	$S\bar{x}$ (1)	p
$d_{1,3}$ (cm)	47,1	10,9	54,9	11,2	0,0031
h (m)	24,6	4,7	27,9	4,3	0,0023
hnk (m)	9,6	3,8	9,7	3,8	0,8799
cl (m)	15,1	5,1	18,2	4,5	0,0056
cr	60,5	15,6	65,2	12,7	0,1435
sc ($h/d_{1,3}$)	0,5	0,1	0,5	0,1	0,4567
Vek (rok)	137,5	39,0	140,0	35,3	0,7694
Mai (cm)	0,354	0,08	0,409	0,11	0,0160
Pru (ks)	2,6	1,4	3,3	1,1	0,0403
Fru (Vek/Pru)	67,0	36,1	50,4	25,8	0,0209

Poznámka: 0 – odumierajúce, 1 – vitálne, $\bar{x}$ – aritmetický priemer, $S\bar{x}$ – smerodajná odchýlka, p – hodnota (udáva štatistickú významnosť rozdielu medzi skupinami), $d_{1,3}$ – priemer kmeňa meraný vo výške 1,3 m, h – výška stromu, hnk – výška nasadenia koruny, cl – dĺžka živej koruny, cr – pomer dĺžky koruny z výšky stromu (korunovosť), sc – štíhlostný koeficient, Mai – priemerný ročný hrúbkový prírastok, Pru – počet uvoľnení, Fru – frekvencia uvoľnení

vitálne jedince môžu v určitých rastových ukazovateľoch dočasne zaostávať, zatiaľ čo niektoré stromy so zníženou vitalitou môžu krátkodobo vykazovať zvýšený prírastok, ide teda o dynamický a viacfaktorovo podmienený jav (Seidl a Blennow, 2012).

Tieto zistenia podporujú interpretáciu, že rastové rozmery, Mai aj frekvencia uvoľnení môžu slúžiť ako dôležité indikátory fyziologickej stability stromov a ich dlhodobej adaptácie na stres.

3.2 Hrúbkový rast pred a po roku 1974

Rastová dynamika stromov bola analyzovaná prostredníctvom priemernej šírky letokruhov za obdobie 1924 až 2023, pričom boli osobitne vyhodnotené dve časové fázy: pred rokom 1974 a po ňom. Takéto rozdelenie umožňuje identifikovať prípadné zmeny v strednodobom raste medzi skupinami vitálnych a odumierajúcich stromov v súvislosti s výraznými zmenami environmentálnych podmienok a zohľadňuje potenciálne dlhodobé stresové faktory pôsobiace na úrovni porastu. Za obdobie rokov 1924 až 1974 boli rozdiely medzi skupinami vitálnych a odumierajúcich jedincov relatívne malé. Priemerný radiálny prírastok dosahoval u vitálnych stromov hodnotu 1,72 mm, zatiaľ čo u odumierajúcich bol mierne nižší – 1,55 mm. Tento rozdiel však nebol štatisticky významný. Porovnateľné boli aj ďalšie parametre, ako napríklad autokorelácia prvého rádu (Ar1), priemerná senzitivita (ms) a miera synchronizácie rastu s referenčnou chronológiou vitálnych stromov (Korel_Ref), čo poukazuje na homogénnejšie prostredie bez zásadnejších rastových odchýlok medzi stromami rozdielnej vitality. Rozdiel v hrúbke predstavoval v roku 1974 približne 4 cm ($p < 0,1$). Kým v období pred rokom 1974 boli rozdiely medzi skupinami nevýznamné, v období po roku 1974 sa začali prejavovať významné odlišnosti (Tab. 2). Vitálne stromy si zachovali vyššiu rastovú dynamiku, zatiaľ čo odumierajúce jedince vykazovali znížený prírastok, vyššiu senzitivitu a nižšiu synchronizáciu s referenčnou rastovou krivkou. Zníženie synchronizácie medzi rastovými krivkami jednotlivých jedincov môže odrážať narastajúcu rozdielnosť v rastových reakciách smreka na stres (Buras *et al.*, 2018). Vitálne stromy si udržali priaznivý rastový profil, zatiaľ čo odumierajúce jedince vykazovali pokles rastového výkonu

Tab. 2: Charakteristiky hrúbkového rastu a prírastkov pre obdobie 1975–2023
Diameter growth and increment characteristics for the period 1975–2023

	$\bar{x} (0)$	$S\bar{x} (0)$	$\bar{x} (1)$	$S\bar{x} (1)$	p
AR1	72,5	16,9	64,07	17,60	0,0374
ms	23,55	5,53	18,30	4,13	0,0000
Korel_Ref	0,13	0,34	0,47	0,23	0,0000
ŠRK_priem (mm)	0,854	0,59	1,300	0,58	0,0015
$S\bar{x}$ _ŠRK (mm)	0,298	0,19	0,346	0,21	0,3046
Relativizovaná_ŠRK	0,004	0,00	0,005	0,00	0,0145
$S\bar{x}$ relativizovaných ŠRK	0,001	0,00	0,001	0,00	0,9265
Mean_d _{1,3}	43,57	10,34	49,24	11,52	0,0279
$S\bar{x}$ _d _{1,3}	2,14	1,73	3,05	1,49	0,0165

Poznámka: Ar1 – autokorelácia prvého rádu, ms – priemerná senzitivita, Korel_Ref – korelačný koeficient prírastkov jednotlivých stromov (letokruhovej série) s priemernou (referenčnou) prírastkovou krivkou zostavenou z letokruhových sérií vitálnych jedincov, ŠRK_priem – priemerná šírka ročných radiálnych prírastkov v mm, $S\bar{x}$ _ŠRK – priemerná smerodajná odchýlka ročných radiálnych prírastkov, Relativizovaná_ŠRK – priemerný relativizovaný ročný radiálny prírastok a jeho smerodajná odchýlka ($S\bar{x}$ relativizovaných ŠRK), mean_d_{1,3} – priemer retrospektívne počítaných hrúbok pre obdobie 1924–1974 a ich smerodajná odchýlka ($S\bar{x}$ _d_{1,3})

a zvýšenú medziročnú variabilitu. Divergencia bola vysvetlená ako dôsledok klimatického stresu spôsobeného extrémne nepriaznivými podmienkami v rastovej sezóne 1974, konkrétne nízkou teplotou, vysokým úhrnom zrážok a nízkou intenzitou slnečného žiarenia, pričom daný rok predstavoval najsilnejší negatívny extrém v raste v celom sledovanom období (Sedmáková *et al.*, 2022). Divergencia v raste a rastovej odozve bola opakovane preukázaná ako významný ukazovateľ narastajúcej stresovej záťaže a zníženej adaptability smrekových porastov na meniace sa klimatické podmienky (Bošela *et al.*, 2014; Čermák *et al.*, 2017; Merlin *et al.*, 2024). Divergencia medzi oboma skupinami môže súvisieť s odlišnou schopnosťou fyziologickej adaptácie na stresové faktory. Pozorovaná divergencia rastu medzi vitálnymi a odumierajúcimi stromami po roku 1974 je v súlade s výsledkami Oreškoviča *et al.* (2024), ktorí identifikovali obdobie poklesu prírastku v smrekových a jedľových porastoch severozápadných Dinárskych Álp od roku 1980 do roku 2013, pričom predchádzajúce obdobie rokov 1950 až 1980 bolo charakterizované priaznivým rastovým trendom. Výsledky zhlukovej analýzy Oreškoviča *et al.* (2024) ukazujú, že v rámci porastov dochádza k diferenciacii stromov do viacerých rastových skupín, čo odráža rozdielnosť v adaptačnej kapacite jednotlivých stromov na zmenené environmentálne podmienky.

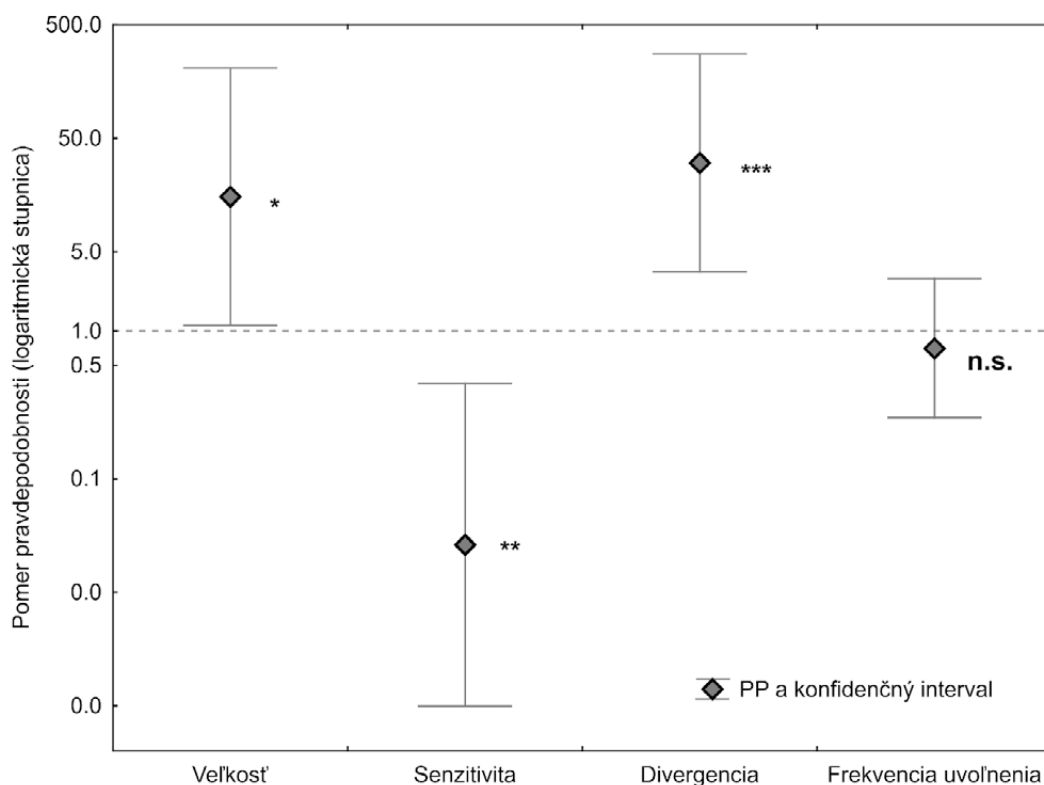
3.3 Logistický mortalitný model a klasifikácia stromov

Na základe súboru vybraných premenných s preukázaným rozdielom medzi skupinami vitálnych a odumierajúcich jedincov bol zostavený binárny logistický model. Do modelu boli zahrnuté premenné: Veľkosť – prirodzený logaritmus hrúbky kmeňa v roku 1974, Senzitivita – prirodzený logaritmus priemernej senzitivity prírastkov za 1975–2023, Divergencia – korelácia s referenčnou prírastkovou krivkou za 1975–2023, FrekvenciaUvoľnenia – prirodzený logaritmus frekvencie uvoľnení. Výsledný model dosiahol vysokú úroveň štatistickej významnosti ($p < 0,00001$) a je vyjadrený v tvare:

(2)

$$Y = \exp(3,49 + 2,73 * \text{Veľkosť} - 4,33 * \text{Senzitivita} + 3,41 * \text{Divergencia} - 0,35 * \text{FrekvenciaUvoľnenia}) / [1 + \exp(3,49 + 2,73 * \text{Veľkosť} - 4,33 * \text{Senzitivita} + 3,41 * \text{Divergencia} - 0,35 * \text{FrekvenciaUvoľnenia})]$$

Najvýznamnejší vplyv na pravdepodobnosť prežitia majú hrúbka kmeňa v roku 1974 a korelácia s referenčnou rastovou krivkou. Naopak, frekvencia uvoľnení nebola významným prediktorom v rámci modelu. Priemerná senzitivita (ms), teda citlivosť letokruhových prírastkov na medziročné výkyvy prostredia, vykazuje záporný vzťah k prežitiu, čo znamená, že stromy so stabilnejším rastom mali vyššiu šancu na zachovanie vitality. Hodnota hrúbky, ktorá podľa modelu predstavuje prahovú hranicu medzi kategóriami sa pohybuje na úrovni približne 32 cm ($\ln = 3,465$; stromy s väčšou hrúbkou majú vyššiu ako 50% pravdepodobnosť prežitia). Stromy s hrúbkou pod touto hranicou boli častejšie klasifikované ako ohrozené, pričom najnižšie hodnoty boli zaznamenané pri stromoch s hrúbkou okolo 22 cm. Priemerná senzitivita hrúbkových prírastkov v období rokov 1974 až 2023 poukazuje na mieru reakcie stromov na medziročné zmeny podmienok prostredia. Klesajúca hodnota senzitivity býva spájaná s vyššou pravdepodobnosťou prežitia jedinca. V sledovanom období sa hodnota indexu senzitivity pohybovala od hraničnej úrovne 20, zodpovedajúcej prahovej hodnote $y = 0,05$, až po maximum na úrovni 37. Analýza korelácie medzi jednotlivými letokruhovými sériami a referenčnou prírastkovou krivkou vitálnych stromov v období rokov 1974 až 2023 ukázala, že vyšší stupeň zhody s touto priemernou krivkou zodpovedá vyššej pravdepodobnosti prežitia daného jedinca. Korelačné hodnoty sa pohybovali v intervale od 0,2, považovanom za hraničnú úroveň, až po maximálnu hodnotu 0,8. Frekvencia uvoľnení pozorovaná v priebehu celej letokruhovej série jednotlivých stromov poukazuje na dĺžku období bez výskytu rastového uvoľnenia. Kratšie časové úseky bez uvoľnenia vykazujú nevýznamný vplyv na pravdepodobnosť prežitia stromu, pričom ich účinok sa javí ako náhodný a štatisticky nepreukazný.



Obr. 1: Pomer šancí (odds ratio) vybraných premenných zahrnutých do modelu mortality vzhľadom na pravdepodobnosť prežitia stromov; každý bod v grafe reprezentuje konkrétnu nezávislú premennú, pričom hodnota pomeru šancí je vyjadrená kosoštvorcom a príslušný 95-percentný interval spoľahlivosti je znázornený vodorovnou úsečkou. * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,1$), *** ($p < 0,001$), n.s. štatisticky nepreukazný rozdiel

The odds ratio of selected variables included in the mortality model with respect to the probability of tree survival; each point on the graph represents a specific independent variable, with the odds ratio value indicated by a diamond shape and the corresponding 95% confidence interval shown as a horizontal line. * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.1$), *** ($p < 0.001$), n.s. statistically non-significant difference

Klasifikáciu stromov do dvoch kategórií na základe ich pravdepodobnosti prežitia vzhľadom na silu pôsobenia jednotlivých nezávislých premenných názorne zobrazuje Obr. 1. Ten vizualizuje, ako sa pri jednotkovej zmene hodnoty nezávislej premennej (napríklad hrúbky, senzitivity a pod.) mení pravdepodobnosť prežitia, resp. pomer šancí jednotlivcov na prežitie.

Pomer šancí spolu s 95-percentným intervalom spoľahlivosti bol stanovený pre každú nezávislú premennú zahrnutú v zostavenom modeli. Referenčná hodnota rovná jednej predstavuje hranicu, pri ktorej nezávislá premenná nemá štatisticky významný vplyv na pravdepodobnosť prežitia stromu. Aj na základe porovnania pozorovaných a modelom predikovaných výstupov (Tab. 3), zostavený model vykazuje dobrú klasifikačnú schopnosť rozlišovať medzi jedincami, ktoré prežívajú, a tými, ktoré vykazovali známky odumierania.

Dosiahnutá miera správnej klasifikácie vo výške 84,42 % naznačuje vysokú presnosť vytvoreného modelu pri rozlišovaní medzi vitálnymi a odumierajúcimi stromami. Z klasifikačnej matice vyplýva, že model bol úspešnejší pri predikcii vitality (88,64 %) ako pri identifikácii ohrozených jedincov (78,79 %). Táto asymetria je v ekologickom výskume častá a môže byť dôsledkom vyššej premenlivosti rastového správania u stromov nachádzajúcich sa v prechodnom štádiu vitality.

Tab. 3: Matica klasifikácie prípadov podľa modelu

Classification matrix of cases by model

Pozorované	Pomer šancí: 28.97, Perc. správne: 84.42%		
	Predpovedaná 0	Predpovedaná 1	Percento správne
0	26	7	78.79
1	5	39	88.64

Podobné prístupy boli úspešne aplikované aj v iných ekologických štúdiách. Kachaev *et al.* (2020) dosiahli pomocou logistickej regresie založenej na údajoch z letokruhov borovice sibírskej (*Pinus sibirica*) presnosť predikcie nad 80 %, čo potvrdzuje vhodnosť rastových údajov ako prediktorov vitality. Das a Stephenson (2015) dospeli k porovnateľným hodnotám presnosti (78,6–83,7 %) pri predikcii mortality u jedle bielej (*Abies concolor*) a borovice Lambertovej (*Pinus lambertiana*), pričom ako rozhodujúci ukazovateľ sa ukázal byť pomer medzi aktuálnym a potenciálnym rastom. Hoci predchádzajúce výskumy (Cailleret *et al.*, 2016, 2017) identifikovali šírku letokruhov ako dôležitý indikátor rizika mortality. Novšia štúdia toho istého autorského kolektívu (Cailleret *et al.*, 2019) rozšírila túto perspektívu o analýzu medzירוčne variability a synchronnosti rastu. Zistilo sa, že zvýšená variabilita a nízka synchronicita môžu signalizovať zvýšené riziko mortality, najmä u ihličnanov. Zároveň však autori upozorňujú na obmedzenia použiteľnosti týchto ukazovateľov, keďže náhle stresové udalosti ako napadnutie podkôrnym hmyzom alebo extrémne suchá sa nemusia prejaviť v trende radiálneho rastu predchádzajúcim odumretiu stromu. Navyše, variabilita rastovej reakcie medzi a v rámci druhov, ako aj samotné limity šírky letokruhov ako ukazovateľa vitality, znižujú predikčnú presnosť tohto prístupu. Z toho dôvodu sa odporúča kombinácia viacerých ukazovateľov, vrátane fyziologických a morfológických parametrov či modelovania kambiálnej aktivity, čím možno získať komplexnejší pohľad na procesy vedúce k odumieraniu stromov (Cailleret *et al.*, 2019).

4 ZÁVER

Cieľom tohto príspevku bolo analyzovať vybrané rastové a morfológické ukazovatele, ktoré by mohli slúžiť ako indikátory vitality smreka obyčajného (*Picea abies*) v podmienkach Chránenej krajinskej oblasti Poľana. Porovnaním skupiny vizuálne vitálnych a odumierajúcich stromov sa preukázali štatisticky významné rozdiely vo viacerých parametroch, predovšetkým v hrúbke kmeňa, veľkosti prírastkov, senzitivite rastu a miere zhody s referenčnou chronológiou. Vitálne stromy si udržali vyššiu a stabilnejšiu rastovú výkonnosť, zatiaľ čo odumierajúce jedince vykazovali znížený prírastok, vyššiu senzitivitu, dlhšie trvajúce útlmy rastu a nižšiu synchronizáciu s referenčnou chronológiou.

K výraznému rozlíšeniu medzi týmito skupinami začalo dochádzať po roku 1974, čo možno interpretovať ako dôsledok sezónnych klimatických zmien a narastajúcej záťaže v podobe iných stresových faktorov. Takýto priebeh vývoja je označovaný ako rastová divergencia a poukazuje na to, že rozdiely v citlivosti stromov na klimatické podmienky sa v čase prehľbujú. Najmenej stabilné jedince na túto záťaž reagovali znížením vitality ešte pred tým, ako sa prejavili zreteľné symptómy odumierania. Na základe identifikovaných rozdielov bol zostavený mortalitný model prostredníctvom binárnej logistickej regresie. Model dosiahol celkovú úspešnosť klasifikácie 84,42 %, pričom vyššia presnosť bola zaznamenaná pri identifikácii vitálnych stromov (88,64 %).

Záverom možno konštatovať, že rozdiely v základných biometrických a rastových parametroch medzi vitálnymi a odumierajúcimi stromami smreka obyčajného reflektujú komplexnú kombináciu genetických predispozícií, histórie rastových podmienok a schopnosti jednotlivcov

reagovať na meniace sa prostredie. Selekciou stromov na odstránenie podľa zostaveného modelu, to znamená stromov, ktoré vykazujú známky odumierania, poškodenia, zaostávania v raste alebo ak bránia rastu vitálnejšieho zdravšieho stromu je les, kde po ťažbe napríklad vo výberkovom systéme hospodárenia, zostanú zdravšie jedince s väčším prístupom k svetlu a zvýšenou schopnosťou rýchleho rastu.

LITERATÚRA

- BÄDERS, E., ROMĀNS, E., DESAINE, I., KRIŠĀNS, O., SEIPULIS, A., DONIS, J., JANSONS, Ā. 2022. An integration of linear model and 'random forest' techniques for prediction of Norway spruce vitality: A case study of the hemiboreal forest, Latvia. *Remote Sensing*. 14 (9), 2122.
- BOŠEĽA, M., SEDMÁK, R., SEDMÁKOVÁ, D., MARUŠÁK, R., KULLA, L. 2014. Temporal shifts of climate-growth relationships of Norway spruce as an indicator of health decline in the Beskids, Slovakia. *Forest Ecology and Management*. 325, 108–117.
- BURAS, A., SPYT, B., JANECKA, K., KACZKA, R. 2018. Divergent growth of Norway spruce on Babia Góra Mountain in the Western Carpathians. *Dendrochronologia (Verona)*. 50, 33–43.
- CAILLERET, M., BIGLER, C., BUGMANN, H., CAMARERO, J. J., CUFAR, K., DAVI, H., ... MARTÍNEZ-VILALTA, J. 2016. Towards a common methodology for reconciling statistical and mechanistic models of tree mortality. *Ecological Applications*. 26(7), 1827–1841.
- CAILLERET, M., JANSEN, S., ROBERT, E. M., DESOTO, L., AAKALA, T., ANTOS, J. A., ... MARTÍNEZ-VILALTA, J. 2017. A synthesis of radial growth patterns preceding tree mortality. *Global Change Biology*. 23(4). 1675–1690.
- CAILLERET, M., DAKOS, V., JANSEN, S., ROBERT, E. M., AAKALA, T., AMOROSO, M. M., ... MARTINEZ-VILALTA, J. 2019. Early-warning signals of individual tree mortality based on annual radial growth. *Plant Science*. 9, 1964.
- ČERMÁK, P., RYBNÍČEK, M., ŽID, T., ANDREASSEN, K., BØRJA, I., KOLÁŘ, T. 2017. Impact of climate change on growth dynamics of Norway spruce in South-eastern Norway. *Silva Fennica*. 51(2), 1784.
- COOK, E. R., KAIRIUKSTIS, L. A. 1990. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht: Springer Science+Business Media. 394 s.
- DAS, A. J., STEPHENSON, N. L. 2015. Improving estimates of tree mortality probability using potential growth rate. *Canadian Journal of Forest Research*. 45, 920–928.
- DIETZE, M. C., SALA, A., CARBONE, M. S., CZIMCZIK, C. I., MANTOOTH, J. A., RICHARDSON, A. D., VARGAS, R. 2014. Non-structural carbon in woody plants. *Annual Review of Plant Biology*. 65(1), 667–687.
- FERRETTI, M., GHOSH, S., GOTTARDINI, E. 2021. Stem radial growth is negatively related to tree defoliation and damage in conifers, Northern Italy. *Frontiers in Forests and Global Change*. 4, 1–10.
- HANEWINKEL, M., CULLMANN, D. A., SCHELHAAS, M. J., NABUURS, G. J., ZIMMERMANN, N. E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*. 3(3), 203–207.
- HLÁSNY, T., SITKOVÁ, Z., BOŠEĽA, M., ZÚBRIK, M., TROMBIK, J., BARKA, I., ... SEDMÁK, R. 2012. *Zmena klímy a lesy Slovenska, Možné dopady, adaptácia a odporúčania pre prax*. Zvolen: NLC, Lesnícky výskumný ústav. 75 s.
- HOLMES, R. L. 1986. Quality control of crossdating and measuring. A users manual for program COFECHA. In: HOLMES, R. L., ADAMS, R. K., FRITTS, H. C. (eds.). *Tree-ring chronologies of western North America: California, Eastern Oregon and Northern Great Basin*. Chronology Series 6. Tucson: University of Arizona, p. 41–49.
- KACHAEV, A. V., PETROV, I. A., KHARUK, V. I., BELOVA, E. N. 2020. A new approach to developing a logistic regression model variables to predict tree mortality, based on tree-ring growth dynamics. *Sibirskij lesnoj žurnal*. 7(5), 37–44.
- KONÔPKA, B., KUNCA, A. 2018. Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) decline in the era of global warming: A Central European perspective. *Forest Systems*. 27(3), e010.
- LEVANIČ, T. 2007. ATRICS–A new system for image acquisition in dendrochronology. *Tree-Ring Research*. 63(2), 117–122.

- MERLIN, M., HYLEN, G., VERGARECHEA, M., BRIGHT, R. M., EISNER, S., SOLBERG, S. 2024. Climate-Growth relationships for Norway spruce and Scots pine remained relatively stable in Norway over the past 60 years despite significant warming trends. *Forest Ecology and Management*. 569, 122180.
- NÁRODNÉ LESNÍCKE CENTRUM. 2023. *Zelená správa o lesnom hospodárstve Slovenskej republiky 2022*. Zvolen: NLC, 66 s.
- OREŠKOVIĆ, M., TRLIN, D., ANIĆ, I., ORŠANIĆ, M., PRŠA, L., MIKAC, S. 2024. Climate sensitivity and tree growth patterns in subalpine spruce-dominated forests of the North-western Dinaric Alps. *Forests*. 15(11), 1972.
- PRETZSCH, H., GRAMS, T., HÄBERLE, K. H., PRITSCH, K., BAUERLE, T., RÖTZER, T. 2020. Growth and mortality of Norway spruce and European beech in monospecific and mixed-species stands under natural episodic and experimentally extended drought. Results of the KROOF throughfall exclusion experiment. *Trees*. 34, 943–960.
- SALEMMA, M., JUKOLA-SULONEN, E. L. 2008. Vitality rating of *Picea abies* by defoliation class and other vigour indicators. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 5(3), 413–426.
- SEDMÁKOVÁ, D., SEDMÁK, R., BOSELA, M., JEŽÍK, M., BLAŽENEC, M., HLÁSNY, T., MARUŠÁK, R. 2019. Growth-climate responses indicate shifts in the competitive ability of European beech and Norway spruce under recent climate warming in East-Central Europe. *Dendrochronologia (Verona)*. 54, 37–48.
- SEDMÁKOVÁ, D., SEDMÁK, R., KÚDELA, P., ŽURICA, P., SANIGA, M., JALOVÍAR, P., KUCBEL, S. 2022. Divergent growth responses of healthy and declining spruce trees to climatic stress: A case study from the Western Carpathians. *Dendrochronologia (Verona)*. 76, 126023.
- SEIDL, R., BLENNOW, K. 2012. Pervasive growth reduction in Norway spruce forests following wind disturbance. *PLOS One*. 7(3), e33301.
- SENF, C., PFLUGMACHER, D., ZHIQIANG, Y., SEBALD, J., KNORN, J., NEUMANN, M., ... SEIDL, R. 2018. Canopy mortality has doubled in Europe's temperate forests over the last three decades. *Nature Communications*. 9(1), 4978.
- SPIECKER, H., KAHLE, H. P. 2023. Climate-driven tree growth and mortality in the Black Forest, Germany - Long-term observations. *Global Change Biology*. 29(20), 5908–5923.
- VENCURIK J., KUCBEL, S., SNOPOKOVÁ, Z. 2013. Štruktúra, rast a klimatická senzitivita prirodzenej obnovy smreka obyčajného (*Picea abies* /L./ Karst.) a jedle bielej (*Abies alba* Mill.) vo výberkových lesoch severozápadných Karpát. *Zprávy lesníckého výzkumu*. 58(2), 123–130.

Poděkování

Táto práca vznikla vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaM SR a SAV prostredníctvom financovania projektu VEGA 1/0515/23 a APVV 21-0199.

Kontakty | Contact Information

Denisa Sedmáková: e-mail: denisa.sedmakova@tuzvo.sk

APLIKÁCIA BDQ METÓDY PRI MODELOVANÍ OPTIMÁLNEJ ŠTRUKTÚRY A ŤAŽBY VO VÝBERKOVOM LESE

APPLICATION OF BDQ METHOD FOR MODELING OF TARGET STRUCTURE AND HARVEST IN SELECTION FOREST

Jaroslav Vencurik¹, Natália Tarageľová¹, Anna Petrová¹,
Ján Pittner¹, Stanislav Kucbel¹

¹Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 01 Zvolen, Slovensko

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá problematikou odvodenia modelu optimálnej štruktúry a výšky ťažby pre trvalo rôznoveké lesy pomocou tzv. BDq metódy. Táto metóda je v stredoeurópskom priestore ešte stále pomerne málo známa. Princíp stanovenia počtu stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch tu vychádza z modelovej kruhovej základne, cieľovej hrúbky a kvocientu medzi susediacimi hrúbkovými stupňami. Príspevok teoreticky popisuje jednotlivé kroky metódy smerujúce k tvorbe modelu. Okrem toho je BDq metóda využitá aj v názornom príklade modelovania štruktúry smrekovo-jedľového horského porastu v prebudove na výberkový les. Na základe dostupných údajov boli stanovené tieto konkrétne parametre modelu zmiešaného horského lesa – kruhová základňa $34 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, cieľová hrúbka 74 cm a kvocient 1,31.

Kľúčové slová: BDq metóda, výberkový les, prírode blízke pestovanie, jedľa biela, smrek obyčajný

Abstract

The study presents the application of BDq method for the development of target structure model and the harvest planning in permanently uneven-aged forests. This method is still relatively less known in the Central European forestry practice. The target diameter distribution is derived according to target basal area, target diameter and the quotient between successive diameter classes. The study describes the theoretical background of the method and shows its application for the modeling of structure in a spruce-fir mountain stand in transformation to the selection forest. Based on the site and stand characteristics we proposed following input parameters for the model of a mixed mountain forest – basal area $34 \text{ m}^2/\text{ha}$, target diameter 74 cm and quotient 1,31.

Keywords: BDq method, selection forest, close-to-nature silviculture, silver fir, Norway spruce

1 ÚVOD

Vyrovnaná produkcia výberkového lesa v dlhodobom časovom horizonte je podmienená trvalou výberkovou štruktúrou. Nevyhnutným predpokladom pre jej formovanie je vytvorenie teoretického modelu, ktorý bude vzorom pre následné obhospodarovanie porastu. Bez konkrétnej predstavy základných parametrov výberkového lesa nemá pestovateľ istotu pri plánovaní a realizácii pestovných zásahov. Celá jeho činnosť je tak zaťažená značnou mierou subjektivity. Už v minulosti si viacerí obhospodarovatelia lesov (Borel, 1929, Schaeffer *et al.*, 1930) všimli, že pokles početností stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch má vo výberkovom lese exponenciálny priebeh (tzv. Liocourtov zákon; de Liocourt, 1898).

Takéto rozdelenie početností stromov po hrúbkových stupňoch vytvára abstraktný model rovnovážneho stavu výberkového lesa. Keďže najtenšie stromy vo výberkovom lese rastú v silnom zatienení, pričom sú často vystavené aj bočnej konkurencii rovnako vysokých susedov je ich hrúbkový prírastok v porovnaní so stromami vyšších vrstiev porastu významne menší (Duc, 2002; Vencurik, Kuchel, 2008). Preto so zmenšujúcou sa výškou potrebujú stromy proporcionálne viac času na to, aby dorástli do nasledujúceho hrúbkového stupňa. Optimálna krivka tak musí mať exponenciálny tvar, ktorý v logaritmickom zobrazení kopíruje otočenú S-krivku (Schütz, 2001; Nyland, 2007). V každom hrúbkovom stupni sa pritom musí nachádzať toľko stromov, aby v určitom čase dokázali plne nahradiť úbytok spôsobený ich odrastaním do vyšších hrúbkových stupňov, prirodzenou mortalitou alebo realizáciou výberkového rubu. Priebeh krivky závisí od cieľovej hrúbky a od nej odvodennej optimálnej porastovej zásoby (Schütz, 2002). Tá sa v smrekovo-jedľovo-bukových výberkových lesoch pohybuje zväčša v rozmedzí 350 až 600 m³ ha⁻¹ (Saniga, Szanyi, 1998; Schütz, 2002; Klopčič, Boncina, 2010; Diaci, Firm, 2011). Určenie cieľovej hrúbky stromov a výšky optimálnej zásoby porastu sa odvíja predovšetkým od jeho drevinovej skladby a produkčných schopností stanovišťa. Výška optimálnej zásoby porastu musí byť pritom nastavená tak, aby umožňovala plynulý priebeh prirodzenej obnovy drevín. V dôsledku značnej dynamiky formovania porastovej štruktúry vplyvom autoregulačných procesov je takto odvodený matematický model v prírode a v reálnom čase pomerne ťažko dosiahnuteľný. Aj pri zámernom usmerňovaní výberkovej štruktúry sa k nemu dá len krátkodobo priblížiť. Už v rámci časového intervalu medzi dvoma výberkovými rubmi dochádza k istej odchýlke reálneho stavu od tohto modelu. Napriek tomu je však jeho vytvorenie nanajvýš potrebné (Schütz, 2001a).

Cieľom predloženého príspevku bolo predstavenie BDq metódy a jej aplikácia pri vytváraní modelu výberkového lesa.

2 MATERIÁL A METODY

Objektom výskumu bol horský smrekovo-jedľový (bukový) porast v prebudove na výberkový les. Porast s výmerou 3,98 ha je súčasťou demonštračného objektu Pro Silva Donovaly-Mistriky, ktorý je lokalizovaný v juhovýchodnej časti orografického celku Nízke Tatry na Slovensku (48°52'S, 19°14'E). Nachádza sa v nadmorskej výške 880–950 m n. m. Priemerný ročný úhrn zrážok je 950–1100 mm, priemerná ročná teplota sa pohybuje v rozpätí 4,2–4,8 °C. Geologické podložie je tvorené žulou a fylitmi, na ktorých sa vytvára kambizem. Z hľadiska typológie je porast zaradený do skupín lesných typov *Fagetum abietino-piceosum* a *Piceetum abietinum* (Zlatník, 1976).

Prebudova čiastočne diferencovaného produkčného porastu začala už v roku 1979 pomocou existujúcej generácie (Schütz, 2001b). V procese prebudovy sa do roku 1993 uskutočňoval bádenský clonný rub s odoberaním stromov, ktoré dosiahli cieľovú hrúbku d1,3 74 cm stanovenú pre porastový typ. Po roku 1993 sa v skúmanom poraste uplatňoval výberkový rub, neskôr len sanitárny výber stromov.

V roku 2024 sa v poraste vykonalo priemerkovanie stromov na plno od evidenčnej hrúbky 8 cm. Pre účely zostrojenia výškovej krivky boli na 204 vybraných stromoch merané aj ich výšky. Objem jednotlivých stromov (hrubina bez kôry) bol vypočítaný podľa dvojparametrických rovníc (hrúbka, výška) publikovaných v práci Petráš, Pajtík (1991).

Na odvodenie vzorového počtu stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch sme použili Liocourtovu krivku. Vstupnými veličinami pre jej konštrukciu boli hektárová početnosť jedincov v prvom hrúbkovom stupni (A), kvocient geometrického radu (q) a cieľová hrúbka.

Podľa vzorca:

$$N_i = Aq^{-(i-1)} \quad (1)$$

kde N_i je početnosť v i -tom hrúbkovom stupni, A je početnosť v hrúbkovom stupni 10 cm a q je kvocient geometrického radu.

Odvozenie modelu optimálnej štruktúry pomocou BDq metódy:

BDq metóda je bežne používaná pri modelovaní optimálnej štruktúry trvalo rôznovekých porastov predovšetkým v anglosaských krajinách (O'hara, 2014). Početnosť stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch sa určuje na základe troch hlavných parametrov: B – modelová kruhová základňa (*Basal area*), D – cieľová hrúbka (*Diameter*) a q – kvocient medzi susediacimi hrúbkovými stupňami. Pri výpočte parametrov modelovej štruktúry, ako aj návrhu ťažby sme využili postup popísaný v štúdiu Cancina a von Gadowa (2002). Rozdelenie hrúbok v nerovnovekých porastoch je možné modelovať negatívnou exponenciálnou funkciou (Meyer, 1933) pomocou rovnice:

(2)

$$N_i = k_0 e^{-k_1 d_i}$$

kde d_i je stred hrúbkového stupňa i v cm, N_i je početnosť v i -tom, najvyššom hrúbkovom stupni, k_0 je absolútny člen a k_1 je koeficient vyjadrujúci rýchlosť zmeny, akou stromy ubúdajú v susediacich hrúbkových stupňoch.

Kvocient q medzi susediacimi hrúbkovými stupňami možno vypočítať ako:

(3)

$$q = \frac{N_{i+1}}{N_i}$$

kde N_i je početnosť v i -tom hrúbkovom stupni a N_{i+1} je početnosť v najbližšom nižšom hrúbkovom stupni.

Hodnotu kvocienta q je možné odvodiť z dvoch predchádzajúcich rovníc ako:

(4)

$$q = \frac{k_0 e^{-k_1(d_i-h)}}{k_0 e^{-k_1 d_i}}$$

pričom kvocient q závisí od šírky triedneho intervalu hrúbkových stupňov h (v slovenských pomeroch štandardne 4 cm).

Pre početnosť v i -tom hrúbkovom stupni platí:

(5)

$$N_i = N_1 q^{i-1}$$

kde N_1 je počet stromov v 1. (najväčšom) hrúbkovom stupni, ktorý zodpovedá cieľovej hrúbke.

Pre nerovnoveký porast s danou cieľovou kruhovou základňou B (*basal area*) v m²/ha a cieľovou hrúbkou d_i v cm je možné určiť konkrétne početnosti v jednotlivých hrúbkových stupňoch počínajúc najvyšším hrúbkovým stupňom nasledovným postupom:

(5)

$$B = k_2 \sum_{i=1}^c N_i d_i^2$$

kde c je počet hrúbkových stupňov a koeficient k_2 sa vypočíta ako $k_2 = \pi/40\,000$.

Úpravou predchádzajúcich dvoch rovníc je:

(6)

$$B = k_2 \sum_{i=1}^c N_i q^{i-1} d_i^2 = N_1 k_2 \sum_{i=1}^c q^{i-1} d_i^2$$

a po zavedení koeficienta k_3 :

(7)

$$k_3 = k_2 \sum_{i=1}^c q^{i-1} d_i^2$$

je výsledkom vzťah medzi kruhovou základňou B a početnosťou v najvyššom hrúbkovom stupni N_1 :

(8)

$$B = N_1 k_3$$

Úpravou tohto vzťahu je hodnota početnosti v najvyššom hrúbkovom stupni N_1 vypočítaná ako:

(9)

$$N_1 = \frac{B}{k_3}$$

Na základe početnosti v najvyššom hrúbkovom stupni N_1 je následne s použitím kvocientu q kvantifikovaná početnosť jedincov vo všetkých hrúbkových stupňoch, t.j. N_2 až N_c .

Aplikácia BDq metódy pri plánovaní ťažby v rôznovekom lese:

Výhodou BDq metódy je pri praktickom obhospodarovaní porastov možnosť exaktného určenia, do ktorých hrúbkových stupňov má byť smerovaný ťažbový zásah tak, aby po jeho realizácii kruhová základňa zodpovedala modelovej kruhovej základni a zároveň aby sa rozdelenie hrúbkových početností postupne každým ťažbovým zásahom približovalo k optimálnemu rozdeleniu. Výpočet vychádza z porovnania tzv. reziduálnej kruhovej základne B_{res} (ktorá sa rovná optimálnej kruhovej základni B_{model}) a kruhovej základne v konkrétnom poraste B_{real} , ktorá je pred realizáciou ťažbového zásahu vyššia ako požadovaná reziduálna (optimálna) kruhová základňa. V prvom kroku sa na základe vstupných parametrov optimálnej štruktúry (optimálna kruhová základňa B_{model} , cieľová hrúbka D

a kvocient q) vypočíta optimálne rozdelenie hrúbkových početností postupom popísaným v predchádzajúcom texte. Napriek tomu, že takéto optimálne rozdelenie hrúbkových početností zodpovedá optimálnej kruhovej základni, nie je ho zvyčajne možné dosiahnuť jedným ťažbovým zásahom. Okrem hrúbkových stupňov, kde je skutočná početnosť vyššia ako optimálna sú v poraste spravidla zastúpené aj hrúbkové stupne, kde je skutočná početnosť nižšia ako optimálna. Úlohou je teda, ako rozdeliť výšku ťažby (t.j. rozdiel medzi skutočnou B_{real} a optimálnou B_{model} kruhovou základňou) do jednotlivých nadnormálne zastúpených hrúbkových stupňov. Cancino, von Gadow (2002) navrhli tento problém riešiť iteratívnym postupom, kde sa pri použití hodnôt cieľovej hrúbky a kvocientu cieľového rozdelenia hrúbkových početností v kombinácii s hypotetickými vyššími kruhovými základňami (B'') vypočíta nové (hypotetické) rozdelenie hrúbkových početností (N''). Reziduálne rozdelenie hrúbkových početností sa získa na základe porovnania početností v hrúbkových stupňoch medzi skutočným (N_{real}) a hypotetickým rozdelením (N'') a hodnota reziduálnej početnosti v konkrétnom hrúbkovom stupni zodpovedá nižšej z hodnôt skutočnej alebo hypotetickej početnosti. Po kvantifikácii reziduálnych početností sa získaná reziduálna kruhová základňa (B_{res}) porovná s optimálnou (B_{model}) a v prípade, že je jej hodnota nižšia ako optimálna kruhová základňa, tak postup sa zopakuje s vyššou hypotetickou kruhovou základňou (B''). Tento iteratívny proces sa opakuje dovtedy, kým hodnota reziduálnej kruhovej základne (B_{res}) nedosiahne úroveň optimálnej (B_{model}). Rozdielom medzi skutočnou (N_{real}) a reziduálnou (N_{res}) početnosťou získame pre každý hrúbkový stupeň počet jedincov, ktoré je potrebné pri zásahu z porastu odstrániť.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

V skúmanom poraste boli pomocou BDq metódy stanovené jednotlivé parametre modelu výberkového lesa, a to kruhová základňa $34 \text{ m}^2/\text{ha}$, cieľová hrúbka 74 cm a kvocient medzi susediacimi hrúbkovými stupňami $1,31$.

Skutočná zásoba prevyšovala optimálnu zásobu o 228 m^3 na ha, t. j. o 57% (Tab. 1). Empirické rozdelenie skutočných hrúbkových početností síce vykazovalo typický klesajúci trend (Obr. 1) v hrúbkovej štruktúre porastu sa však pri porovnaní s modelom prejavoval výrazný prebytok stromov v hornej vrstve (hrúbkové stupne 38 cm a viac), a naopak mierny deficit stromov strednej vrstvy (hrúbkové stupne 14 a 18 cm). Tento stav je výsledkom manažmentu porastu za posledných 25 rokov, ktorý bol obmedzený zväčša len na sanitárnu ťažbu smreka. Tá sa pohybovala na úrovni 25 až $45 \text{ m}^3/\text{ha}$ za decénium. Nedostatočné vykonávanie cieľavedomých pestovných zásahov v poslednom období spomalilo proces prebudovy porastu na výberkový les (Saniga *et al.*, 2021).

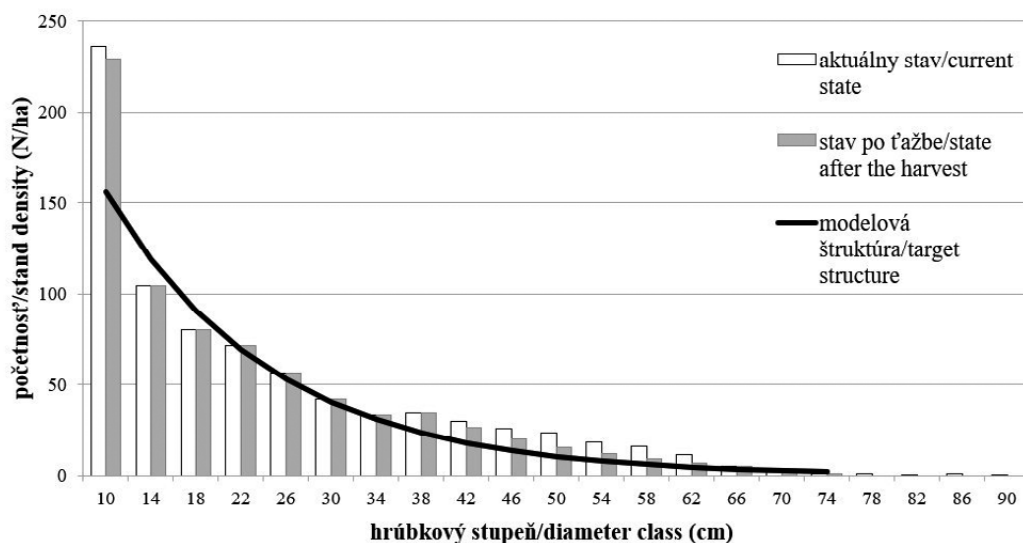
Z pestovného hľadiska je preto žiaduca redukcia počtu hrubých stromov. Tá podporí dynamiku výškových presunov stromov dolnej a strednej vrstvy a prispeje tým k lepšiemu rozdielencovaniu štruktúry porastu. Vertikálna diferenciácia skupín stromov je v tomto poraste zvlášť naliehavá, keďže tu prebieha záverečná fáza prebudovy na výberkový les, tzv. fáza zjemnenia štruktúry (Schütz, 2001b). Výberkovým rubom by sa malo v optimálnom prípade odoberať $128 \text{ m}^3/\text{ha}$ za decénium (Tab. 1). Vzhľadom na vysokú porastovú zásobu však navrhujeme mierne navýšenie ťažby (cca. 150 – $160 \text{ m}^3/\text{ha}$ za decénium). Pri plánovanom opakovaní výberkových rubov v intervale 7 rokov zodpovedá navrhovaný decenálny objem ťažby (150 – $160 \text{ m}^3/\text{ha}$) prepočítaný na jeden zásah približne 105 – $110 \text{ m}^3/\text{ha}$. Tento prepočet vychádza z dlhodobej perspektívy a zohľadňuje cyklický charakter pestovných zásahov počas viacerých desaťročí. Stanovený objem ťažby by ešte nemal predstavovať vážnejšie riziko z hľadiska škôd na ostávajúcich stromoch porastu (Korpeľ, Saniga, 1993).

Tab. 1: Základné charakteristiky modelovej štruktúry, aktuálneho stavu porastu a výberkového rubu v skúmanom poraste

Basic characteristics of model structure, current state of the forest stand and selection cut in the investigated stand

h.s. (dbh class)	Modelová štruktúra (Model Structure)				Aktuálny stav (Current State)					Výberkový rub (Selection Cut)		
	N ¹	G ²	V ³	iV4	N ¹	G ²	V ³	iV ⁴	G res ⁵	N ¹	G ²	V ³
cm	N/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	N/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ² /ha	N/ha	m ² /ha	m ³ /ha
10	156	1,2	4,1	1,6	236	1,9	6,2	2,4	1,8	7	0,1	0,2
14	119	1,8	11,0	4,9	105	1,6	9,7	4,3	1,6	0	0,0	0,0
18	91	2,3	18,5	7,8	80	2,0	16,4	6,9	2,0	0	0,0	0,0
22	69	2,6	25,1	9,1	72	2,7	26,0	6,4	2,7	0	0,0	0,0
26	53	2,8	30,0	9,4	57	3,0	32,1	10,0	3,0	0	0,0	0,0
30	40	2,9	33,0	9,0	42	3,0	34,3	9,3	3,0	0	0,0	0,0
34	31	2,8	34,4	8,2	33	3,0	36,9	8,9	3,0	0	0,0	0,0
38	24	2,7	34,3	7,4	34	3,9	50,1	10,8	3,9	0	0,0	0,0
42	18	2,5	33,1	6,4	30	4,2	55,5	10,8	3,7	4	0,5	6,8
46	14	2,3	31,2	5,5	26	4,3	58,2	10,3	3,4	5	0,9	12,3
50	10	2,1	28,8	4,7	23	4,6	64,1	10,5	3,0	8	1,6	21,8
54	8	1,8	26,1	3,9	18	4,1	59,0	8,9	2,7	6	1,4	20,6
58	6	1,6	23,3	3,3	16	4,2	60,4	8,5	2,4	7	1,8	26,1
62	5	1,4	20,6	2,7	11	3,4	50,0	6,6	2,1	4	1,3	19,7
66	4	1,2	18,0	2,2	5	1,6	24,2	3,0	1,6	0	0,0	0,0
70	3	1,1	15,6	1,8	3	1,1	15,9	1,9	1,1	0	0,0	0,0
74	2	0,9	13,4	1,5	1	0,5	8,1	0,9	0,5	0	0,0	0,0
78	0	0,0	0,0	0,0	1	0,5	7,3	0,8	0,0	1	0,5	7,3
82	0	0,0	0,0	0,0	0	0,1	2,0	0,2	0,0	0	0,2	2,0
86	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	6,7	0,6	0,0	1	0,4	6,7
90	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	4,9	0,5	0,0	1	0,3	4,9
Spolu (Total)	653	34,0	400	89,4	795	50,4	628,0	122,5	41,5	44	9,0	128,4

¹početnosť/stem density, ²kruhovú základňu/basal area, ³zásoba/volume, ⁴decenálny objemový prírastok/decadal volume increment, ⁵reziduálna kruhovú základňu/residual basal area



Obr. 1: Aktuálne rozdelenie hrúbkových početností, stav po ťažbe a modelová štruktúra odvodená pomocou BDq metódy v skúmanom poraste

Current, post-harvest and target diameter distributions derived using the BDq method in the investigated stand

4 ZÁVER

Tvorba modelov štruktúrne diferencovaných porastov má kľúčový význam pre ich efektívne obhospodarovanie. Z tohto pohľadu predstavuje BDq metóda výhodnú alternatívu k doteraz používaným a zväčša zastaraným spôsobom modelovania štruktúry výberkových lesov. Domnievame sa, že táto metóda môže nájsť v stredoeurópskom regióne širšie uplatnenie. BDq metódou je možné optimalizovať štruktúry rôznych typov diferencovaných porastov. Vytvorenie a udržanie optimálnej porastovej štruktúry je podmienené vykonávaním pravidelných a cieľavedomých pestovných zásahov. V opačnom prípade môže dôjsť už v priebehu relatívne krátkeho času (2–3 decénia) k výrazným negatívnym zmenám štruktúry porastov.

LITERATÚRA

- BOREL, W. 1929. *Guide pour l'application du contrôle aux futaies jardinées*. Besançon: Jacques & Demontrond. 104 s.
- CANCINO, J., VON GADOW, K. 2002. Stem number guide curves for uneven-aged forests development and limitations. In: VON GADOW, K., NAGEL, J., SABOROWSKI, J. (eds.). *Continuous cover forestry: assessment, analysis, scenarios*. Dordrecht: Springer, p. 163–174.
- DE LIOCOURT, F. 1898. De l'aménagement des sapinières. *Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté et des Provinces de l'Est*. 4, 396–409, 645–647.
- DIACI, J., FIRM, D. 2011. Long-term dynamics of a mixed conifer stand in Slovenia managed with a farmer selection system. *Forest Ecology and Management*. 262, 931–939.
- DUC, P. 2002. *Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neunburg Jura)*. Zürich: ETH. 224 s.
- KLOPČIČ, M., BONCINA, A. 2010. Patterns of tree growth in a single tree selection silver fir-European beech forest. *European Journal of Forest Research*. 15, 21–30.
- KORPEL, Š., SANIGA, M. 1993. *Výberný hospodársky spôsob*. Písek: Matica lesnícka. 127 s.
- MEYER, H. A. 1933. Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 84, 33–46.

- NYLAND, R. D. 2007. *Silviculture. Concepts and applications*. Long Grove: Waveland Press. 682 s.
- O'HARA, K. 2014. *Mutiaged Silviculture: Managing for Complex Forest Stand Structures*. Oxford: University Press. 240 s.
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. 1991. Sústava československých objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*. 37, 49–56.
- SANIGA, M., SZANYI, O. 1998. *Modely výberkových lesov vo vybraných lesných typoch a geografických celkoch Slovenska*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 50 s.
- SANIGA, M., VENCURIK, J., KUCBEL, S., JALOVÍAR, P. 2021. Prebudova rúbaňového lesa na výberkový les – 40-ročná štúdia. *Zprávy lesnického výzkumu*. 66(4), 213–225.
- SCHAEFFER, A., GAZIN, A., D'ALVERNY, A. 1930. *Sapinières. Le jardinage par contenance (Méthode du contrôle par les courbes)*. Paris: Les presses universitaires de France. 100 s.
- SCHÜTZ, J. P. 2001a. *Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder*. Berlin: Parey Buchverlag. 220 s.
- SCHÜTZ, J. P. 2001b. Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*. 151, 87–94.
- SCHÜTZ, J. P. 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry*. 75, 329–337.
- VENCURIK, J., KUCBEL, S. 2008. Hrúbkový prírastok smreka a jedle vo výberkovom lese Oravských Beskyd. *Beskydy*. 1, 209–214.
- ZLATNÍK, A. 1976. *Lesnická fytoecologie*. Praha: SZN. 495 s.

Poděkování

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-21-0199, Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied v rámci projektu VEGA 1/0183/25 a Internou projektovou agentúrou Technickej univerzity vo Zvolene v rámci projektu IPA 16/2025.

Kontakty | Contact Information

Jaroslav Vencurik: e-mail: jaroslav.vencurik@tuzvo.sk

SEKCE 2:
OBNOVA LESA A ZALESŇOVÁNÍ

SESSION 2:
FOREST REGENERATION AND REFORESTATION

MOŽNOSTI POUŽITIA EKTOMYKORÍZNEJ SYMBIÓZY PRI PESTOVANÍ SADBOVÉHO MATERIÁLU TOPOĽA A VŔBY V PODMIENKACH DUNAJSKÝCH LUŽNÝCH LESOV

INCORPORATION OF ECTOMYCORRHIZAL SYMBIOSIS IN THE CULTIVATION OF PLANTING MATERIAL OF POPLAR AND WILLOV IN CONDITIONS OF THE DANUBE RIPARIAN FORESTS

Martin Belko¹, Martin Bartko¹

¹Sekcia pre vedu a výskum, Národné lesnícke centrum, T. G. Masaryka 2175/22, 960 01 Zvolen, Slovensko

Abstrakt

Cieľom tohto príspevku bolo: i) predbežné vymedzenie druhov ektomykoríznych (EKM) húb prítomných na koreňových systémoch drevín topoľ a vŕba na území CHKO Dunajské luhy a ii) zostavenie prehľadu najvhodnejších postupov použitia vymedzených EKM húb pri pestovaní sadbového materiálu topoľ a vŕba v rámci aktuálne riešeného projektu LIFE-RESISTANCE zameraného na komplexnú premenu lesných porastov dunajského lužného lesa, tvorených prevažne nepôvodnými hybridnými jedincami rýchlorastúcich drevín. Vizuálne porovnanie vonkajších morfológických znakov odobratých koreňových špičiek s opismi uvádzanými v literatúre naznačujú pri obidvoch drevinách zhodne na prítomnosť 5 rôznych druhov EKM húb. Z dostupného prehľadu literatúry sa najvhodnejším postupom inokulácie sadbového materiálu v prevádzkových podmienkach javí pridávanie prírodných materiálov (lesná pôda, humus) s prítomnosťou EKM húb do pestovateľského substrátu pred a následne aj priebežne počas pestovania.

Kľúčové slová: ektomykorízne huby, inokulácia, lesná škôlka, sadenice na mieru

Abstract

The main objectives of this contribution were: i) exploration of species of ectomycorrhizal (ECM) fungi present on the root systems of poplar and willow trees in the territory of the Danube riparian forest protected Area and ii) proposal of a procedure for using the ECM fungi in the cultivation of poplar and willow planting material within the currently implemented LIFE-RESISTANCE project aimed at the complex transformation of forest stands of the Danube riparian forest, consisting mainly of non-native hybrid individuals of fast-growing trees. Visual comparison of external morphological features of the collected root tips with descriptions given in the literature indicate the presence of 5 different species of ECM fungi in both examined trees. From the available literature review, the most suitable method of inoculation of planting material under operational conditions appears to be the addition of natural materials (forest soil, humus) with the presence of ECM fungi to the growing substrate before planting and subsequently continuously during planting material cultivation.

Keywords: ectomycorrhizal fungi, inoculation, forest nursery, target plant concept

1 ÚVOD

Premena lesných porastov dunajského lužného lesa, tvorených prevažne nepôvodnými hybridnými topoľovými klonmi na lesné porasty s drevinovým zložením tvoreným autochtónnymi drevinami je mimoriadne náročná úloha (Demo *et al.*, 2013). Zvýšená náročnosť je daná predovšetkým potrebou totálneho odstránenia pôvodného porastu na rozsiahlejších plochách a následne bezpodmienečného použitia umelej obnovy. Na stanoviskách po totálnom odstránení clony porastu dochádza k skokovej zmene mikroklimatických a pôdných podmienok. Zmenené podmienky, najmä vodno-vzdušný režim pôd a prízemnej vrstvy atmosféry, kladú v prípade umelej obnovy zvýšené nároky na adaptačnú schopnosť vysádzaného sadbového materiálu (Grossnickle, 2012). V prípade dodržania všetkých zásad manipulácie so sadbovým materiálom je kvalita, genetická, morfológická, fyziologická, a teda aj adaptačná schopnosť použitého sadbového materiálu, priamo závislá na technologickom postupe jeho pestovania. Podpora tvorby koreňového systému, priaznivý pomer nadzemnej a podzemnej časti, ako aj ostatné parametre týkajúce sa morfologickej kvality sadbového materiálu boli v minulosti podrobené dôkladnému testovaniu s konkrétnymi výsledkami (Grossnickle, El-Kassaby, 2016). V súlade s koncepciou pestovania sadbového materiálu na mieru „Target plant concept“ sa preto začína klásť dôraz na fyziologickú kvalitu a maximálnu kompatibilitu vypestovaného jedinca s podmienkami výsadbovej plochy (Davis, Pinto, 2021).

Sadbový materiál vysadený na plochu je v kontakte s okolitým prostredím prostredníctvom nadzemnej a podzemnej časti. Zatiaľ čo v nadzemnej časti sú sústredené štruktúry, ktorých hlavnou úlohou je tvorba a výdaj látok, hlavnou úlohou podzemnej časti je príjem živín (Grossnickle, 2005). Jednou z možností zvýšenia funkčnosti koreňového systému sadbového materiálu drevín je použitie riadenej kolonizácie koreňového systému ektomykoriznými (ďalej len EKM) hubami (Repáč, 2011). Napriek mnohým pozitívnym výsledkom opísaným vo viacerých štúdiách je účinok symbiotických húb značne závislý na interakcii huba $\times$ drevina $\times$ prostredie (Repáč *et al.*, 2021). Maximalizácia účinku použitia umelej mykorrhizácie sadbového materiálu je tak závislá na vhodnom druhovom zložení húb v použitej inokulačnej zmesi, ktoré by sa malo približovať, zhodovať, s druhovým zložením húb prítomných na daných drevinách v mieste výsadby.

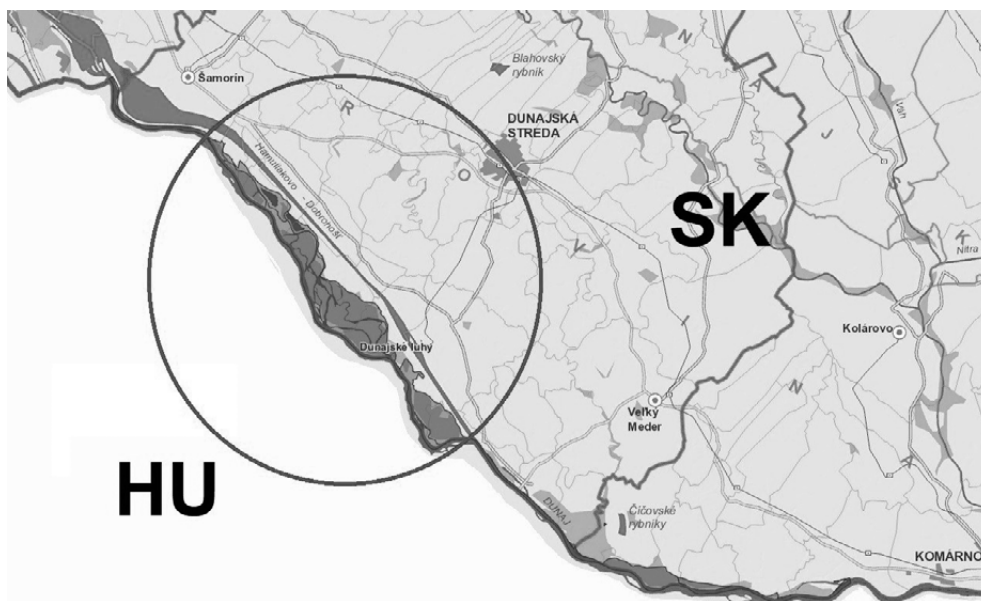
Cieľom tohto príspevku bolo: i) predbežné vymedzenie druhov EKM húb prítomných na koreňových systémoch drevín topoľ a vrbu na území CHKO Dunajské luhy a ii) zostavenie prehľadu najvhodnejších postupov použitia určených EKM húb pri pestovaní sadbového materiálu drevín topoľ a vrbu.

2 MATERIÁL A METODY

Odber vzoriek koreňov určených na stanovenie prítomnosti EKM húb pre dreviny topoľ a vrbu bol vykonaný v lesných porastoch situovaných vo vlastnom území CHKO Dunajské luhy (Obr. 1), vymedzenom sústavou ramien pôvodného a upraveného koryta rieky Dunaj v Slovensko-maďarskom pohraničí.

Na základe dostupných informácií z Lesnej hospodárskej evidencie boli v Lesných hospodárskych celkoch Čalovo, Gabčíkovo a Šamorín identifikované podľa vopred stanovených kritérií porasty s vhodnou drevinou (podiel dreviny topoľ alebo vrbu v drevinovom zložení aspoň 40 %), vekovou (vek <20 r) a priestorovou štruktúrou (zakmenenie >0,7). Výber stromov určených pre odber vzoriek určených na stanovenie prítomnosti EKM húb bol v rámci identifikovaných porastov vykonaný na tranzektoch prechádzajúcich krížom cez porast v širšom smere. Odber vzoriek koreňov bol vykonaný manuálne. Po odstránení zeminy z okolia koreňových nábehov vybraného stromu bolo z odkrytých koreňov záhradnými nožnicami odobraných 6 až 10 segmentov s vyrastajúcimi jemnými koreňmi (priemer koreňa <2 mm).

Koreňové segmenty boli ihneď po odobraní spolu s menším množstvom vlhkej zeminy umiestnené do igelitového vreca, ktoré bolo až do momentu hodnotenia vzoriek v laboratóriu, umiestnené v tmavej miestnosti so stálou teplotou 0 °C.



Obr. 1: Lokalizácia územia určeného pre identifikáciu prítomnosti ektomykORIZNÝCH húb na drevinách topoľ a vŕba

Location of the study area selected for assessment of the presence of ectomycorrhizal fungi on poplar and willow trees

Laboratórne hodnotenie vzoriek pozostávalo zo separácie jemných koreňov z odobraných koreňových segmentov, a ich očistení od zeminy pod prúdom tečúcej vody. Očistená vzorka jemných koreňov bola umiestnená do Petriho misky a pozorovaná pod zväčšením pomocou binokulárnej lupy. Na základe pozorovaných morfológických znakov (tvar, farba, vizuálna prítomnosť hýf) boli na vzorkách jemných koreňov identifikované zakončenia s pravdepodobnou prítomnosťou kolonizácie rastlinnej štruktúry hubovými bunkami. Tieto boli následne na základe spoločných vonkajších morfológických znakov zaradené do samostatných skupín – morfotypov. Morfotypy identifikované na vzorkách jemných koreňov boli následne porovnané s opismi s fotografiami morfotypov preukázateľne tvorenými konkrétnym druhom EKM huby uvedeným v literatúre (Szuba, 2015; Hryniewicz *et al.*, 2015; 2024; Deemy, 2025). Na základe odborných vedeckých prác (Repáč, 2011) bol pre dreviny topoľ a vŕba vykonaný prehľad najvhodnejších spôsobov inokulácie sadbového materiálu zaručujúceho prítomnosť lokálnych druhov EKM húb.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Identifikácia EKM druhov húb na drevinách topoľ a vŕba

Rod Topoľ zahŕňa približne 30 druhov listnatých stromov a rod Salix 400 listnatých stromov a krov, vyskytujúcich sa prevažne v miernom podnebnom pásme. V prípade obidvoch drevín bol na koreňových systémoch pozorovaný a opísaný výskyt EKM aj arbuskulárnej mykORIZNEJ symbiÓZY (Brundrett, Tedersoo, 2020). V prevažnej väčšine prác však dominovali pozorovania EKM symbiÓZY (Szuba, 2015; Brundrett, Tedersoo, 2020; Hryniewicz *et al.*, 2015, 2024; Deemy, 2025).

Vizuálne porovnanie morfológických znakov odobratých koreňových špičiek s opismi uvádzanými v literatúre naznačujú pri drevine topoľ na prítomnosť nasledovných EKM húb: *C. geophyllum*, *Inocybe fuscomarginata*, *Populirhiza asperula*, *Russula amoenolens*. Podrobný prehľad výskytu EKM spracovaný v práci Szuba (2015) uvádza pre dreviny topoľ biely a čierny

Tab. 1: Výskyt EKM húb na jemných koreňoch drevín topoľ a vŕba pozorovaný na hodnotených vzorkách a opísaný v odbornej vedeckej literatúre (Szuba, 2015; Hryniewicz *et al.*, 2015; 2024; Deemy, 2025).
List of ECM fungi on the sampled fine roots of poplar and willow trees identified according to the gross morphological characteristics and cited in the literature (Szuba, 2015; Hryniewicz *et al.*, 2015, 2024; Deemy, 2025)

Topoľ ¹			Vŕba ²		
ECM huba ³	Vizuálne hodnotenie ⁴	Literatúra ⁵	ECM huba ³	Vizuálne hodnotenie ⁴	Literatúra ⁵
Cenococcum geophyllum	x		Cenococcum geophyllum	X	
Inocybe fuscomarginata	x	x	Dermocybe cinnamomeolutea		X
Populirhiza asperula	x	x	Entoloma sinuatum	X	X
Populirhiza pustulosa		x	Inocybe fuscomarginata		X
Russula amoenolens	x	x	Tomentella sp	X	X
Russula medullata		X	Laccaria cf. ochropurpurea	x	X
Scleroderma bovista		X	Hebeloma populinum	x	X
Tomentella pilosa		X	Cortinarius atrocoeruleus		X
Tomentella subtestacea		X	Inocybe hirtella		X
Tricholoma scalpturatum		x	Tuber maculatum		x

¹poplar, ²willow, ³ectomycorrhizal fungi strain, ⁴visual assessment, ⁵literature

pomerne skromný zoznam potvrdeného výskytu EKM húb zahrňajúceho nasledovné druhy: *Tomentella stuposa*, *Tricholoma populinum* a *Tricholoma scalpturatum*. Naproti tomu je pre drevinu topoľ možné nájsť väčší počet záznamov výskytu EKM druhov húb v elektronickej databáze DEEMY (2025) (Tab. 1). Brundrett, Tedersoo (2020) upozorňujú na určité rozdiely v morfológií a rozsahu výskytu EKM symbiôzy medzi drevinami topoľ a vŕba. Zatiaľ čo pri drevine topoľ sú vo väčšine prípadov vonkajšie makromorfologické znaky (zhrubnutie, vetvenie, farebná zmena povrchu, prítomnosť Hartigovej siete a pod.) dobre vyvinuté a zreteľné, v prípade dreviny vŕba majú štruktúry s potvrdeným výskytom EKM sklon k tvorbe omnoho jednoduchšej morfológie (napr.: absencia akéhokoľvek vetvenia).

Vizuálne porovnanie vonkajších morfologických znakov odobratých koreňových špičiek s opismi uvádzanými v literatúre naznačujú, pri drevine vŕba na prítomnosť nasledovných EKM húb: *Entoloma sinuatum*, *Tomentella sp.*, *Laccaria cf. ochropurpurea*, *Hebeloma populinum* (Tab. 1). Podrobnejšie sa výskumu ektomycorízy na drevine vŕba vo svojich prácach venovala Hryniewicz *et al.* (2015; 2024). Na výskumných plochách lokalizovaných v Poľsku a Nemecku pozorovala na drevine vŕba spolu až 19 rôznych morfortypov, z ktorých sa jej podarilo určiť celkovo 7 EKM húb na úrovni druhu a 12 na úrovni rodu. Medzi potvrdených EKM symbiontov drevín vŕba a topoľ patria taktiež *Lactarius controversus*, *Russula atrovirens*, *Russula persicina* a *Tricholoma cingulatum*. Mnohé druhy EKM húb z rodu *Cortinarius* a *Hebeloma* sa taktiež prednostne spájajú s drevinami z čeľade Salicaceae (Hryniewicz *et al.*, 2008; Katanić *et al.*, 2015). Hryniewicz *et al.* (2024) vo svojej práci navyše upozorňuje na zaujímavý jav, keď pri

opakovanom odbere vzoriek z rovnakej lokality za účelom hodnotenia EKM húb pozorovala pri drevine vŕba zmeny v druhovom zložení EKM húb. Hrynkiewicz *et al.* (2024) vysvetľuje tento jav buď vysokou priestorovou heterogenitou výskytu EKM húb na hostiteľskej drevine alebo určitou dynamikou vývoja kolonizácie koreňových špičiek EKM hubami. Hodnotenie EKM na vŕbe *Salix reinii* v sukcesných rastlinných spoločenstvách lávových polí odhalilo, že EKM druhy húb z rodov *Cortinarius* a *Hebeloma* kolonizovali jemné koreňky *S. reinii* až v neskorších rastových štádiách, a že obmedzený prísun asimilátov z hostiteľskej dreviny inhiboval kolonizáciu niektorých húb (ako napríklad *Inocybe*, *lacerna* a *Scleroderma bovista*) a podporoval kolonizáciu nenápadných druhov húb, napr.: *Sebacina*, *Thelephoraceae* a *C. geophilum* (Nara *et al.*, 2003).

3.2 Prehľad najvhodnejších spôsobov inokulácie sadbového materiálu drevín topoľ a vŕba

Sadbový materiál drevín topoľ a vŕba sa v súčasnosti pestuje najčastejšie vegetatívnym spôsobom, z odrezkov. Vzhľadom na intenzívny rast, doba pestovania sadbového materiálu pri obidvoch drevinách spravidla nepresahuje 2 vegetačné obdobia. Štandardné rozmery dopestovaných semennáčikov, sadeníc dosahujú výšku nadzemnej časti od 60 cm až do 200 cm (Bartko, 2015). Tvorba koreňov je následne počas celej doby pestovania viazaná na dolnú časť odrezku umiestnenú v pestovateľskom substráte, ktorý zároveň vytvára vhodné prostredie pre riadenú mykORIZÁCIU sadbového materiálu. EKM huby je možné v prevádzkových podmienkach producentov sadbového materiálu aplikovať počas celého priebehu pestovania. Postup aplikácie EKM húb (inokulácie) do substrátu môže byť vykonaný (Repáč, 2011):

- (i.) aplikáciou organickej hmoty s predpokladaným výskytom EKM húb (humus, opadanka, mŕtve drevo v rôznom stupni rozkladu) (Querejeta, 1998)
- (ii.) aplikáciou bazídiospór EKM húb alebo
- (iii.) aplikáciou nosiča (vermikulit, rašelina, alginátové granule) s nakultivovanou EKM hubou (Himanen *et al.*, 2024).

Každý z uvedených postupov vnášania EKM húb v procese pestovania sadbového materiálu lesných drevín má svoje výhody aj nevýhody.

V prípade aplikácie organickej hmoty (humus, opadanka, mŕtve drevo v rôznom stupni rozkladu) je najväčšou výhodou ľahká dostupnosť veľkého množstva inokulačnej zmesi obsahujúcej s vysokou pravdepodobnosťou životaschopné inokulum EKM húb prispôbené miestnym podmienkam. Hlavnou nevýhodou takéhoto inokula je, že druhy EKM húb v inokulačnej zmesi nemožno kontrolovať. Takéto inokulum môže okrem požadovaných húb obsahovať navyše aj škodlivé mikroorganizmy a buriny (Querejeta, 1998; Repáč, 2011).

Jednou z hlavných výhod použitia inokulačnej látky na báze spór je, že si na rozdiel od nosiča s nakultivovanou EKM hubou nevyžadujú náročnú prípravu vo forme kultivácie v aseptických podmienkach. Inokulum tvorené spórmi je veľmi ľahké a spóry sú schopné prežiť skladovanie z jednej sezóny do druhej. Hlavnými nevýhodami tohto druhu inokula sú nedostatok štandardných laboratórnych testov na stanovenie životaschopnosti spór, nedostatočný počet plodníc mnohých húb v ktoromkoľvek roku a pomalšia tvorby ektomykorízy v porovnaní s vegetatívnym inokulom (Repáč, 2011).

Repáč (2011) uvádza, že použitie nosiča (vermikulit, rašelina, alginátové granule) s nakultivovanou EKM hubou v procese pestovania sadbového materiálu je vzhľadom na svoju prácnosť, skôr záležitosťou aplikácii menšieho rozsahu. Uvedená prácnosť metódy je spojená s viacerými okolnosťami najmä získaním čistej kultúry požadovanej EKM huby a následne zabezpečením dostatočného prerastenia použitého nosiča (zmes rašeliny a vermikulitu). Na druhej strane je pri použití tejto zmesi garantovaná prítomnosť a druhové zloženie požadovaných EKM húb (Rincón *et al.*, 2001; 2007; Repáč *et al.*, 2011).

Vlastnú aplikáciu inokulačnej zmesi s EKM hubami je možné realizovať viacerými spôsobmi. Jednoduchým primiešaním do rastového substrátu. V prípade organickej hmoty (humusový pôdny horizont, listy drevo v rôznom stupni rozkladu) sa pridáva do substrátu vo väčšom pomere (1:4 až 1:1). V prípade aplikácie EKM huby nakultivovanej na vermikulitovo-rašelinovom alebo alginátovom nosiči je pomer zmiešania nižší (1:10 až 1:20). Pri spórach, prichádza do úvahy taktiež aplikácia vo forme zálievky prostredníctvom suspenzie pripravenej rozmiešaním spór vo vode.

Podpora vitality drevín prostredníctvom aplikácie EKM húb sa rovnako ako iné technológie zamerané na zlepšenie rastu predmetom záujmu komerčnej sféry. V súčasnosti už existuje na trhu viacero etablovaných spoločností ponúkajúcich svoje produkty. EKM huby sa v týchto produktoch nachádzajú v rôznych formách, či už vo forme spór alebo čistých kultúr viazaných na vermikulitovo-rašelinový nosič alebo gél. V zložení komerčných produktov sa navyše objavujú aj rôzne iné látky podporujúce tvorbu a rozvoj EKM ako napr.: výťažky z rias, minerály apod. (Repáč *et al.*, 2015, 2021).

4 ZÁVER

Predbežné hodnotenie EKM na drevinách topoľ a vŕba v podmienkach CHKO Dunajské luhy potvrdilo prítomnosť funkčnej väzby medzi vybranými EKM hubami a drevinami. Na obidvoch drevinách bol zaznamenaný rovnaký počet, päť, morfortypov. Z dostupného prehľadu literatúry sa ako najvhodnejší postup inokulácie sadbového materiálu drevín, topoľ a vŕba, v prevádzkových podmienkach predbežne javí pridávanie prírodných materiálov (lesná pôda, humus) lokálneho pôvodu s predpokladanou prítomnosťou EKM húb do pestovateľského substrátu. Získavanie biologického materiálu z lesných porastov použiteľného pre účely riadenej kolonizácie sadbového materiálu lesných drevín nie je nateraz v podmienkach Slovenska upravené žiadnym osobitným právnym predpisom. V prípade snahy o širšie uplatnenie tejto metódy v praxi je však určite potrebné dôsledne zvážiť možné negatívne dopady na lokálne ekosystémy súvisiace so zásahom do živinového cyklu. Použitie ostatných technológií v prevádzkových podmienkach bude s ohľadom na zvýšenú prácnosť možné odporúčať až po ich experimentálnom otestovaní.

LITERATÚRA

- BARTKO, M. 2020. Pestovanie rýchorastúcich drevín v podmienkach Slovenska. In: ŠTEFANČÍK, I., BEDNÁROVÁ, D. (eds.). *Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa*. Zvolen: Národné lesnícke centrum, p. 92–105.
- BRUNDRETT, M. C., TEDERSOO, L. 2020. Resolving the mycorrhizal status of important northern hemisphere trees. *Plant Soil*. 454, 3–34.
- DAVIS, A. S., PINTO, J. R. 2021. The scientific basis of the target plant concept: An Overview. *Forests*. 12(9), 1293.
- DEMO, M., PRČÍK, M., TÓTHOVÁ, D., HÚSKA, D. 2013. Production and energy potential of different hybrids of poplar in the soil and climate conditions of southwestern Slovakia. *Wood Research*. 58 (3), 439–450.
- DEEMY. 2025. *DEEMY—An Information System for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae* [cit. 2025-05-06]. <http://www.deemy.de>
- GROSSNICKLE, S. C. 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests*. 30, 273–294.
- GROSSNICKLE, S. C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*. 43, 711–738.
- GROSSNICKLE, S. C., EL-KASSABY, Y. A. 2016. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New Forests*. 47, 1–51.
- HIMANEN, K., NYGREN, M., PENNANEN, T. 2024. Mycelial inoculation of containerized Norway spruce seedlings with ectomycorrhizal fungi. *New Forests*. 55, 47–61.
- HRYNKIEWICZ, K., INGEBORG, H., CHRISTEL, B. 2008. Ectomycorrhizal community structure under willows at former ore mining sites. *European Journal of Soil Biology*. 44(1), 37–44.
- HRYNKIEWICZ, K., SZYMAŃSKA, S., PIERNIK, A., THIEM, D. 2015. Ectomycorrhizal community structure of *Salix* and *Betula* spp. at a saline site in Central Poland in relation to the seasons and soil parameters. *Water Air Soil Pollution*. 226, 99.

- HRYNKIEWICZ, K., FURTADO, B. U., SZYDŁO, J., BAUM, C. 2024. Ectomycorrhizal Diversity and Exploration Types in *Salix caprea*. *International Journal of Plant Biology*. 15(2), 340–357.
- KATANIĆ, M., GREBENC, T., ORLOVIĆ, S., MATAVULY, M., KOVAČEVIĆ, B., BAJC, M., KRAIGHER, H. 2015. Ectomycorrhizal fungal community associated with autochthonous white poplar from Serbia. *iForest*. 9 (2), 330–336.
- NARA, K., NAKAYA, H., WU, B., ZHOU, Z., HOGETSU, T. 2003. Underground primary succession of ectomycorrhizal fungi in a volcanic desert on Mount Fuji. *New Phytologist*. 159(3), 743–756.
- QUEREJETA, J. I., ROLDÁN, A., ALBALADEJO, J., CASTILLO, V. 1998. The role of mycorrhizae, site preparation, and organic amendment in the afforestation of a semi-arid mediterranean site with *Pinus halepensis*. *Forest Science*. 44, 203–211.
- REPÁČ, I. 2014. Ectomycorrhizal inoculum and inoculation techniques. In: RAI, M., VARMA, A. (eds.). *Diversity and Biotechnology of Ectomycorrhizae*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, p. 43–66.
- REPÁČ, I., BALANDA, M., VENCÚRIK, J., KMET, J., KRAJMEROVÁ, D., PAULE, L. 2014. Effects of substrate and ectomycorrhizal inoculation on the development of two-years-old container-grown Norway spruce (*Picea abies* Karst.) seedlings. *iForest*. 8, 487–496.
- REPÁČ, I., BELKO, M., KRAJMEROVÁ, D., PAULE, L. 2021. Planting time, stock type and additive effects on the development of spruce and pine plantations in Western Carpathian Mts. *New Forests*. 52(3), 449–472.
- RINCÓN, A., ALVAREZ, I. F., PERA, J. 2001. Inoculation of containerized *Pinus pinea* L. seedlings with seven ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*. 11, 265–271.
- RINCÓN, A., DE FELIPE, M. R., FERNÁNDEZ-PASCUAL, M. 2007. Inoculation of *Pinus halepensis* Mill. with selected ectomycorrhizal fungi improves seedling establishment 2 years after planting in a degraded gypsum soil. *Mycorrhiza*. 18, 23–32.
- SZUBA, A. 2015. Ectomycorrhiza of *Populus*. *Forest Ecology and Management*. 347, 156–169.

Poděkování

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore projektu LIFE23-NAT-SK-LIFE RESISTANCE.

Kontakty | Contact Information

Martin Belko: e-mail: martin.belko@nlcsk.org

POŠKOZENÍ VÝSADBY DUBU LETNÍHO (*QUERCUS ROBUR*) A TŘEŠNĚ PTAČÍ (*CERASUS AVIUM*) OHRYZEM HLODAVCI

DAMAGE TO PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR*) AND WILD CHERRY (*CERASUS AVIUM*) PLANTINGS BY RODENTS

Ladislav Čepelka¹, David Dušek¹, Renáta Smolíková¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

Případová studie se zaměřuje na poškození sazenic dubu letního (*Quercus robur*) a třešně ptačí (*Cerasus avium*) na výsadbové ploše v Podkrkonoší. Cílem bylo identifikovat pravděpodobného původce škod a popsat charakter a rozsah poškození. Terénními pozorováními a analýzou poškozených jedinců bylo zjištěno, že hlavním škůdcem je pravděpodobně norník rudý, jehož činnost se projevila ohryzem vyšších partií sazenic. V průběhu první zimy po výsadbě bylo poškozeno přes 70 % jedinců obou dřevin, přičemž vyšší výskyt ohryzu byl zaznamenán u stromků s buřením a u jedinců s větší tloušťkou kořenového krčku. Navzdory obsahu repelentních látek v kůře obou druhů došlo k výraznému poškození, což poukazuje na význam environmentálních faktorů. Výsledky mají význam pro plánování výsadeb i ochranných opatření.

Klíčová slova: hlodavci, ohryz, *Quercus robur*, *Cerasus avium*, poškození sazenic

Abstract

The case study focuses on the damage of pedunculate oak (*Quercus robur*) and wild cherry (*Cerasus avium*) seedlings in a planted area in the Podkrkonoší region. The aim was to identify the likely causal agent of the damage and to describe the nature and extent of the damage. Through field observations and analysis of the damaged seedlings, it was found that the main pest was probably the bank vole, whose activity was manifested by gnawing the higher parts of the seedlings. More than 70% of seedlings were gnawed during the first winter after planting, with significantly more damage observed on individuals surrounded by forest weed and those with larger stem diameters. Despite the repellent content of the bark of both species, significant damage occurred, indicating the importance of environmental factors. The results have implications for planting planning and protective measures.

Keywords: rodents, gnawing damage, *Quercus robur*, *Cerasus avium*

1 ÚVOD

Nedávná kůrovcová kalamita, vyšší teploty a nepravidelnosti v distribuci srážek podtrhují otázku stability a odolnosti lesů. Existuje všeobecná shoda, že porosty, které budou v budoucnu schopny dlouhodobě a spolehlivě plnit všechny požadované funkce lesa, se neobejdou bez odlišné druhové skladby. Jednou z komplikací, na kterou může zakládání takových porostů narazit, je poškození hlodavci. V rámci ČR je každoročně uváděno v rozsahu několika set až tisíc hektarů (Lubojacký *et al.*, 2025). V našich podmínkách jsou ohryzem nejvíce poškozovány hladkokoré druhy dřevin rodů *Acer*, *Fagus* a *Tilia* (Heroldová *et al.*, 2009). Poškození působí obvykle herbivorní druhy rodů *Clethrionomys/Myodes* (norník) a zejména *Microtus* (hraboš)

(Baxter and Hansson, 2001). Méně často, zejména v okolí vodotečí, může dřeviny poškozovat i rod *Arvicola* (hryzec) (Zejsa *et al.*, 2002). Hlodavci poškozují kůru a lýko, sekundárně mohou být rány infikovány dřevokaznými houbami (Jacob and Tkadlec, 2010). V rozsahu poškození však existují velké regionální rozdíly.

Cílem příspěvku je popsat charakter a rozsah v našich poměrech dosti neobvyklého poškození, terminálních partií sazenic dubu ohryzem. Podobné poškození hlodavci je u našich dubů ve větší míře dle literatury neznámé; proto jsme se na věc rozhodli podívat podrobněji.

2 MATERIÁL A METODY

Plocha se nachází u obce Libeč nedaleko Trutnova v PLO 23 (Podkrkonoší), s převažujícím lesním typem 5K1. Celá plocha je charakteristická prudkým svahem s jihovýchodní až východní expozicí v nadmořských výškách 420–475 m. Po zpracování kůrovce kalamity a rozpadu původního smrkového porostu v roce 2023 zde na podzim 2024 došlo k oplocení výzkumné plochy o rozměrech 125 × 25 m. Do vzniklé oplocenky byly vysázeny: dub letní (*Quercus robur*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a třešeň ptačí (*Prunus avium*).

Bezprostředně po výsadbě byla zaznamenána celková výška jednotlivých sazenic. Měření bylo zopakováno na přelomu listopadu a prosince 2024. V lednu 2025 byl u části sazenic dubu a třešně zaznamenán ohryz způsobený hlodavci.

Podrobné měření rozsahu poškození sazenic dubu a třešně bylo provedeno v květnu 2025 na čtyřech výsadbových ploškách: čistý dub, čistá třešeň, směs dub × lípa a směs dub × klen. K měření byly použity měřičská lať a digitální posuvné měřidlo. U sazenic byly zjišťovány následující parametry:

- druh,
- celková výška stromku (cm),
- tloušťka kořenového krčku (mm),
- výskyt buřeně v okolí sazenice (ano/ne),
- poškození ohryzem hlodavci.

Celkem bylo hodnoceno 479 jedinců dubu a 51 jedinců třešně.

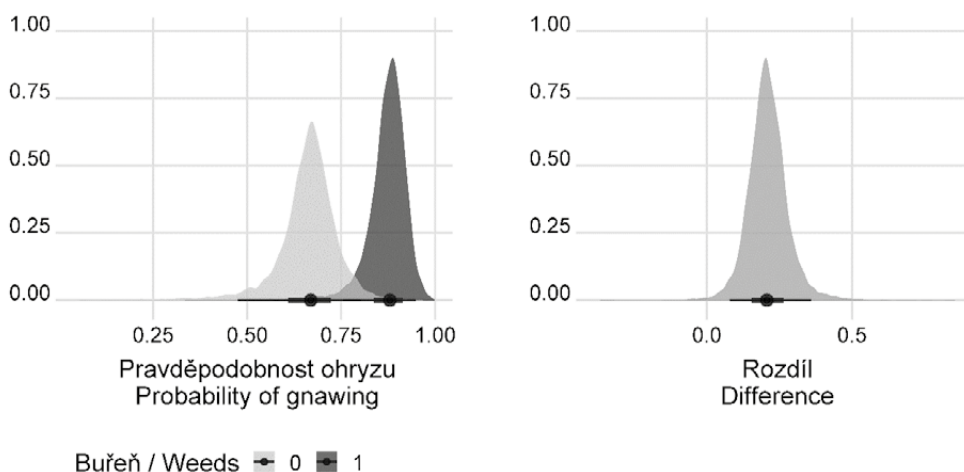
Data byla hodnocena postupy popisné statistiky. Rozdíly v průměrné tloušťce kořenového krčku u jedinců bez ohryzu a jedinců s ohryzem byly hodnoceny prostřednictvím hierarchického lineárního modelu (model 1) za pomoci knihovny „brms“ v prostředí jazyka R s využitím softwaru STAN pro bayesovský přístup s využitím generování MCMC. Hierarchický lineární model s Bernoulliho rozdělením byl použit pro hodnocení výskytu ohryzu v závislosti na výskytu buřeně, opět s využitím výše popsaných softwarových prostředků. Jelikož plochy s danou dřevinou či směsí dřevin nebyly replikovány, byly plochy (TREATMENT) do modelu zahrnuty jen jako náhodný faktor s vnořeným faktorem GNAWING (model 1) nebo WEED (model 2).

```
model1 <- brm(DIAMETER ~ GNAWING + (1 | TREATMENT/GNAWING), cores = 4, chains = 4,
iter = 4000, control = list(adapt_delta = 0.9999, max_treedepth = 30))
```

```
model2 <- brm(GNAWING ~ WEED + (1 | TREATMENT/WEED), family = bernoulli(), cores = 4,
chains = 4, iter = 4000, control = list(adapt_delta = 0.9999, max_treedepth = v30)).
```

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Z 479 sazenic dubu letního bylo 41 suchých (8,56 %), z 51 třešní bylo uschlých 5 (9,8 %). Ohryzem hlodavci bylo poškozeno celkem 349 sazenic (72,1 %), z toho 315 dubů (71,9 %) a 34 třešní (73,9 %). Stromky obklopené buření byly ohryzem hlodavci poškozeny významně častěji (87,3 %) než stromky bez přítomnosti buřeně (66,2 %; viz Obr. 1). Platilo to pro všechny varianty, tzn. monokultury i smíšení (Tab. 1). V monokulturách byla třešeň ptačí poškozena více než dub letní. Dub letní byl nejméně poškozen v monokultuře; jeho poškození ve směsi s klenem i lípou bylo vyšší (Tab.1).



Obr. 1: Posteriorní hustota pravděpodobnosti ohryzu v závislosti na výskytu buřeně (0: bez buřeně, 1: s buření) s 95% a 80% kredibilními intervaly

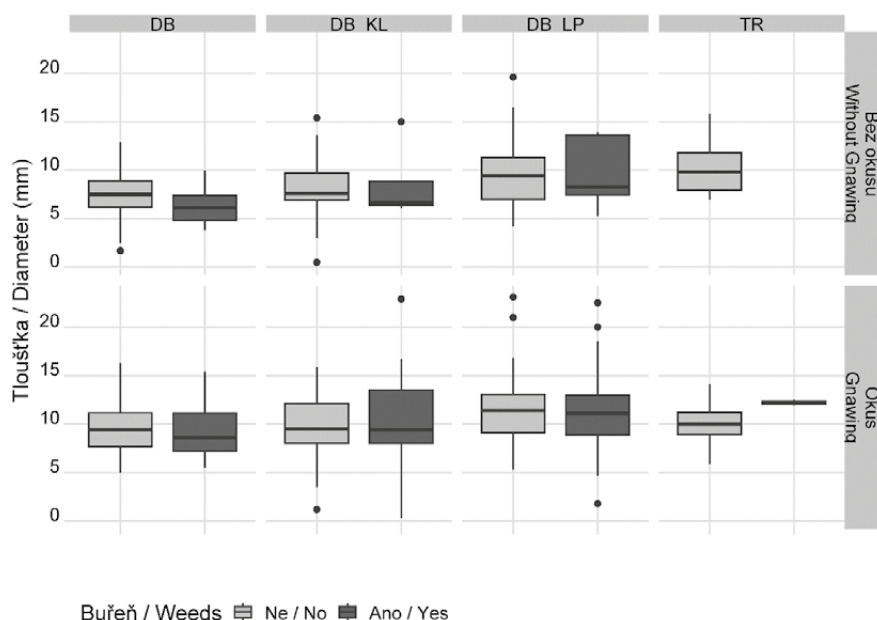
Posterior probability density of gnawing as a function of the presence of forest weed (0: no forest weed, 1: forest weed) with 95% and 80% credible intervals

Tab. 1: Počty jedinců sazenic podle ploch, výskytu ohryzu a výskytu buřeně

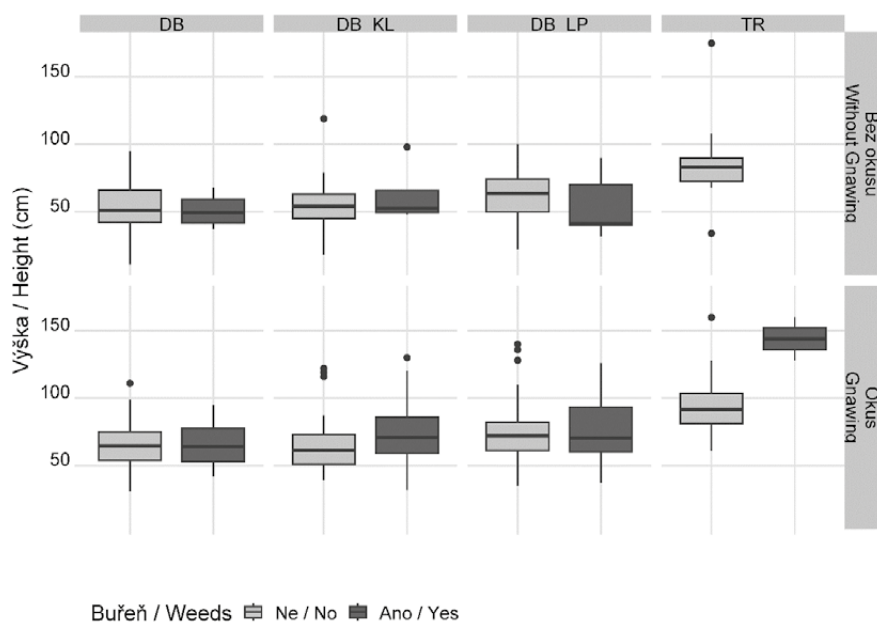
Numbers of individual saplings by plot, gnawing incidence and abundance of forest weed

DB			
	G+	G–	Procenta ohryzu
W+	31	8	79,5%
W-	64	41	61,0%
DB_KL			
	G+	G–	Procenta ohryzu
W+	42	4	91,3%
W-	65	37	63,7%
DB_LP			
	G+	G–	Procenta ohryzu
W+	42	5	89,4%
W-	71	28	71,7%
TR			
	G+	G–	Procenta ohryzu
W+	2	0	100,0%
W-	32	12	72,7%

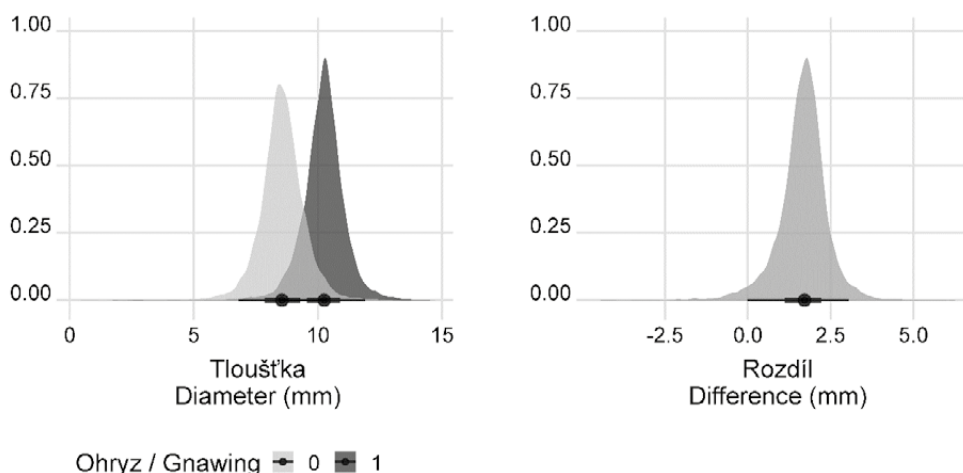
G – ohryz / gnawing; W – buřeň / weeds



Obr. 2: Krabicové grafy tloušťek kořenových krčků v roce 2024 podle plochy, výskytu okusu a výskytu buřeně
Box plots of stem diameter in 2024 by plot, gnawing and forest weed incidence



Obr. 3: Krabicové grafy celkových výšek v roce 2024 podle plochy, výskytu okusu a výskytu buřeně
Box plots of total heights in 2024 by locality, gnawing and forest weed incidence



Obr. 4: Posteriorní hustota pravděpodobnosti střední hodnoty tloušťky kořenového krčku stromů bez ohryzu (0) a s ohryzem (1) s 95% a 80% kredibilními intervaly.

Posterior probability density of the mean stem diameter of trees without gnawing (0) and with gnawing (1) with 95 % and 80 % credible intervals.

Významně častěji byly ohryzem hlodavci poškozeny sazenice se silnějším kořenovým krčkem (Obr. 2) a vyšší (Obr. 3). Poškození jedinci měli nejčastěji tloušťku kořenového krčku vyšší než 10 mm, u nepoškozených byla nejčastěji kolem 8 mm (viz Obr. 4).

Popisované poškození vzniklo přes zimu. To je u nás nejčastější, škody ale mohou nastat kdykoli (Gill, 1992). Relativně významné škody, ke kterým dochází během vegetačního období, byly zjištěny před několika lety i v ČR (Suchomel *et al.*, 2021). K většímu poškození obvykle dochází jednou za několik let, kdy se k vysokému podzimnímu počtu hrabošů přidá zima s vyšší vrstvou dlouho ležícího sněhu (Andreassen *et al.*, 2021).

Kůra stromů není pro hlodavce preferovanou potravou; pravděpodobně ji začnou konzumovat, až když nemají lepší alternativu (Batzli, 1985). Obě dřeviny byly hlodavci poškozeny podobně. Kůra dubu i třešně je dle dostupných zdrojů pro býložravce neatraktivní (Krojerová-Prokešová *et al.*, 2018). Podíl ohryzaných stromků byl i proto nevídaně vysoký. Je zajímavé, že i když složení kůry stejné dřeviny by mělo být napříč jejím areálem zhruba stejné, spektrum a intenzita poškození dřevin ohryzem hlodavci se geograficky zásadně liší. Například ve Skandinávii jsou nejrozsáhlejší škody způsobeny jehličnanům (Huitu *et al.*, 2013), zatímco ve střední Evropě jsou jehličnany poškozeny jen zřídka (Krojerová-Prokešová *et al.*, 2018). Rozdíl v atraktivitě není jen mezi druhy stromů, ale také mezi různými klony nebo jedinci stejného druhu, např. v závislosti na pohlaví (*Betula*, *Salix*) (Huitu *et al.*, 2013).

Přítomnost buřeně, tedy ne cílové vegetace, se ukázala jako klíčový faktor zvyšující riziko poškození ohryzem. Buřen slouží hlodavcům jako přirozený kryt, ve kterém se cítí v bezpečí před predátory. Častější poškození ohryzem bylo ale mj. zjištěno i na velkoplošných holinách (Huitu *et al.*, 2013), u stromů z umělé výsadby (Kamler *et al.*, 2010), na mýtinách s bohatým a propojeným podrostem, nebo s velkým množstvím těžebních zbytků (Huitu *et al.*, 2013).

Dub byl v našem případě poškozovanější ve směsi než v monokultuře. Ve smíšených lesích bývá nicméně poškození ohryzem hlodavci obvykle nižší než v monokulturách (Gilbert *et al.*, 2013).

Poškozovanější byly větší sazenice (s širším kořenovým krčkem a vyšší). Nejhroženější bývá kategorie stromků s tloušťkou kořenového krčku cca 1–6 cm (Čepelka *et al.* in prep.). Zda je to způsobeno tloustnoucí kůrou, nebo postupným zapojením porostu a ústupem podrostu, zatím

nevíme. Poté, co se koruny mladých stromů uzavřou, podrost ustoupí a žádné významné škody už zaznamenány nebyly. Pouze několik procent poškozených sazenic uhynie přímo v důsledku ohlodání hlodavci. O vlivu poškození na vývoj sazenic je ale známo jen velmi málo (Čepelka *et al.*, 2020). Vzhledem k rozsahu škod (zde kolem 70 %) ale může jít v budoucnu o významný problém (Čepelka *et al.*, in prep.).

Stromy jsou obvykle ohlodávány u kořenového krčku, méně často průběžně po délce kmene nebo pod zemí (Gill, 1992). V našem případě ovšem došlo k mnohem vzácnějšímu poškození tenké kůry na letorostech a pupenů, vč. terminálních. Původce poškození byl téměř s jistotou norník rudý (*Clethrionomys glareolus*). Ostatní druhy hlodavců totiž buď nežerou kůru (myšice rodu *Apodemus*), nebo nedovedou šplhat po kmeni (hraboši rodu *Microtus*), případně v lesích žijí jen v minimálních počtech (plši a myšivka) (Zejsa *et al.*, 2002).

4 ZÁVĚR

I dub letní a třešeň ptačí mohou být během zimního období významně poškozeny hlodavci. Klíčovým rizikovým faktorem se ukázala být přítomnost buřene, která zvyšuje pravděpodobnost výskytu hlodavců. Poškozeny byly větší sazenice s robustnějšími krčky. Ačkoliv žádný ze stromků v důsledku poškození bezprostředně neuhynul, vliv na jejich dlouhodobý vývoj zůstává otevřenou otázkou. Dopady poškození na přírůst a zdravotní stav chceme sledovat i v budoucnu. Jedná se o případovou studii založenou na jednom případě, takže ji rozhodně nelze plošně zobecňovat.

LITERATURA

- ANDREASSEN, H. P., SUNDELL, J., ECKE, F., HALLE, S., HAAPAKOSKI, M., HENTTONEN, H., HUITU, O., JACOB, J., JOHNSEN, K., KOSKELA, E., LUQUE-LARENA, J. J., LECOMTE, N., LEIRS, H., MARIËN, J., NEBY, M., RÄTTI, O., SIEVERT, T., SINGLETON, G. R., VAN CANN, J., VANDEN BROECKE, B., YLÖNEN, H. 2021. Population cycles and outbreaks of small rodents: ten essential questions we still need to solve. *Oecologia*. 195, 601–622.
- BATZLI, G. O. 1985. The role of nutrition in population cycles of microtine rodents. *Acta Zoologica Fennica*. 173, 13–17.
- BAXTER, R., HANSSON, L. 2001. Bark consumption by small rodents in the northern and southern hemispheres. *Mammal Review*. 31, 47–59. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.2001.00078.x>
- ČEPELKA, L., DOKULILOVÁ, M., ŠIPOŠ, J. *et al.* Damage caused by rodents to forest trees plantations; comparison of vegetation and non-vegetation season. in Prep.
- ČEPELKA, L., ŠIPOŠ, J., SUCHOMEL, J., HEROLDOVÁ, M. 2020. Can we detect response differences among dominant rodent species to climate and acorn crop in a Central European forest environment? *European Journal of Forest Research*. 139, 539–548. <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01267-7>
- GILBERT, S., MARTEL, J., KLEMOLA, T., NORRDAHL, K. 2013. Increasing vole numbers cause more lethal damage to saplings in tree monocultures than in mixed stands. *Basic and Applied Ecology*. 14, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.11.005>
- GILL, R. M. A. 1992. A review of damage by mammals in North temperate forests. 2. Small mammals. *Forestry*. 65, 281–308.
- HEROLDOVÁ, M., JÁNOVÁ, E., SUCHOMEL, J., PURCHART, L., HOMOLKA, M. 2009. Bark chemical analysis explains selective bark damage by rodents. *Beskydy*. 2, 137–140.
- HUITU, O., ROUSI, M., HENTTONEN, H. 2013. Integration of vole management in boreal silvicultural practices. *Pest Management Science*. 69, 355–361. <https://doi.org/10.1002/ps.3264>
- JACOB, J., TKADLEC, E. 2010. Rodent outbreaks in Europe: dynamics and damage. In: BELMAIN, G. R., BROWN, S. R., HARDY, P. R. (eds.). *Rodent outbreaks – Ecology and impacts*. Singleton, p. 207–225.
- KAMLER, J., TUREK, K., HOMOLKA, M., BUKOR, E. 2010. Rodent-caused damage to forest trees from the viewpoint of forestry practice. *Journal of Forest Science*. 56, 265–270.

- KROJEROVÁ-PROKEŠOVÁ, J., HOMOLKA, M., HEROLDOVÁ, M., BARANČEKOVÁ, M., BAŇAŘ, P., KAMLER, J., MODLINGER, R., PURCHART, L., ZEJDA, J., SUCHOMEL, J. 2018. Patterns of vole gnawing on saplings in managed clearings in Central European forests. *Forest Ecology and Management*. 408, 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.047>
- LUBOJACKÝ, J., VÉLE, A., SAMEK, M., *et al.* 2025. Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2024 a prognóza na rok 2025. In: LORENC, F., VÉLE, A., KNÍŽEK, M. (eds.). *Škodliví činitelé v lesích Česka 2024/2025 – Ochrana lesa a ochrana přírody*. Průhonice, p. 18–25.
- SUCHOMEL, J., HEROLDOVÁ, M., ŠIPOŠ, J., ČEPELKA, L., DOKULILOVÁ, M., PURCHART, L. 2021. Bark gnawing of forest trees by voles during the growing season. *European Journal of Forest Research*. 140, 1431–1440. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01410-y>
- ZEJDA, J., ZAPLETAL, M., PIKULA, J., OBDŘÁLKOVÁ, D. 2002. *Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi*. Praha: Agrospoj. 284 s.

Poděkování

Práce vznikla díky podpoře MZe ČR v rámci institucionální podpory MZE-RO0123 a ve spolupráci autorů s Českou lesnickou akademií Trutnov (ČLA).

Kontakty | Contact Information

Ladislav Čepelka: e-mail: cepelka@vulhmop.cz

PŘÍSTUPY PŘEMĚNY A PŘESTAVBY SMRKOVÝCH POROSTŮ NA REVÍRU BARANÍ

APPROACHES OF THE CONVERSION AND TRANSFORMATION OF SPRUCE STANDS IN THE BARANI DISTRICT

Petr Kaděrka¹, Antonín Martiník¹

¹Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

Abstrakt

Článek rozvíjí přeměnu druhové skladby na revíru Baraní podle intenzity hospodaření a rozsahu (postupu) chřadnutí smrkových porostů. Revír Baraní se nachází v Moravskoslezských Beskydech, převažují zde živná stanoviště jedlo-bukového vegetačního stupně a smrk je zde zastoupen z 83 %. Při standardním přístupu a současném rozsahu holin je zde každoročně přeměněno 3,4 ha (z toho 1,9 ha na holině a 1,5 pod porostem). Nízkonákladovým přístupem je přeměněno 1 ha a intenzivním 5,3, resp. 10,1 ha. Pro realistický scénář se počítá s navýšením holin za decennium 1,5 násobně, pro scénář pesimistický 3 násobně. Zvýšená intenzita přeměny druhové skladby je spojena s nárůstem nákladů na obnovu lesa, kde více než 60 % nákladů tvoří ochranná opatření proti zvěři. Pro analyzované přístupy a scénáře lze očekávat pokles zastoupení smrku na konci příštího decennia v rozsahu od 1–8 %.

Klíčová slova: Beskydy, chřadnutí, obnova lesa, klimatická změna

Abstract

The paper develops the transformation of the species composition in the Baraní district according to the intensity of management and the extent of Norway spruce decline. The Baraní district is located in the Moravian-Silesian Beskydy Mountains, the predominant site is characterised by rich soil of fir-beech vegetation zone, and spruce is represented by 83%. With the standard approach and the current extent of clearings, 3.4 ha are converted annually (of which 1.9 ha on the clearings and 1.5 as underplanting). The low-cost approach and the intensive approach convert 1 ha and 5.3 and 10.1 ha, respectively. For the realistic scenario, the increase in clearings per decade is assumed to be 1.5 times, for the pessimistic scenario 3 times. The increased intensity of conversion is related to an increase in the cost of forest regeneration, where more than 60% of the cost is due to protective measures against wild animals. For the approaches and scenarios analysed, a decline in spruce can be expected in the range of 1–8% at the end of the next decade.

Keywords: Beskydy Mountains, dieback of spruce, forest regeneration, climate change

1 ÚVOD

Chřadnutí a rozpad smrkových porostů, jakož i následná obnova lesa probíhají v České republice již několik let. Na většině majetků je obnova lesa na vzniklých holinách spojená s částečnou nebo úplnou přeměnou druhové skladby (Švéda *et al.*, 2020; Karásek, Martiník, 2024). Post kalamitní obnova na vzniklých holinách, resp. přeměna je sice rychlá, ale je také spojená s řadou rizik a vysokými náklady (Martiník *et al.*, 2014; Švéda *et al.*, 2020). Problémová je kvalita, dostupnost a vhodný druh sadebního materiálu, možnosti kultivace náročných dřevin typu jedle nebo buku na rozsáhlých holinách, nezdar obnovy, jakož i poškození nových porostů biotickými

a abiotickými činiteli (Martiník *et al.*, 2014; Stloukalová, 2021). Z hlediska rezistence následně vzniklých porostů se jeví jako problémová také jejich stejnověkost. Tu lze do určité míry eliminovat využíváním pionýrských druhů dřevin při obnově lesa, vhodně prováděnou výchovou, jakož i následnou obnovou v porostech dřevin pionýrských (Pěňčík, 1958; Pommerening, Murphy, 2004). Stejnorodosti budoucích porostů lze předcházet také zahájením přeměny (přestavby) před rozpadem smrkových porostů, a to vhodně provedenými podsadbami (podsíjením), ale i výchovou především středně starých porostů – strukturní probírky (Huth *et al.*, 2017; Kulla, Sitková, 2012).

Přesto, že předpokládané dopady klimatické změny pracují pouze s určitou pravděpodobností, trend je zřejmý: ve vyšších polohách lze očekávat výrazný úbytek stanovišť, kde bude možné dlouhodobě kultivovat smrk, jehož optimum se přesune do poloh horských; dožití stávajících smrkových porostů se tak bude ve vyšších polohách výrazně zkracovat (Buček, 2001; Hlásný *et al.*, 2011; Henewinkel *et al.*, 2013). Vystává tak legitimní otázka míry a intenzity přeměny smrkových porostů v ohrožených oblastech. Kromě změny druhové skladby se přitom jeví možným řešením také změna horizontální a vertikální struktury lesa, resp. změna způsobu hospodaření (Čermák *et al.*, 2016; Ferkl, 2020; Forrisk, 2022).

Cílem článku je rozpracovat a následně analyzovat 3 odlišné přístupy reprezentované odlišnou intenzitou přeměny druhové skladby v zájmové oblasti (viz dále), a to při třech odlišných scénářích chřadnutí smrkových porostů. Konkrétně jsou posuzovány tyto tři přístupy: nízkonákladový, standartní a intenzivní; při třech následujících scénářích chřadnutí smrkových porostů: optimistický, realistický a pesimistický.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Revír Baraní

Zájmovou oblastí předkládané studie je revír Baraní. Ten je součástí LS Ostravice řízené Biskupskými lesy se sídlem v Ostravě. Biskupské lesy hospodaří na ploše 25 000 ha lesa, které majetkově náleží Biskupství ostravsko-opavskému. Výměra revíru Baraní je 1 593 ha (por. půda) s nadmořskou výškou od 520 m n. m. (soutok Černé a Bílé) do 903 m n. m. (vrchol Sulov). Revír spadá do PLO – 40 Moravskoslezské Beskydy. Průměrná roční teplota se zde pohybuje kolem 7,1 °C, při průměrném ročním úhrnu srážek cca 950 mm. Skladba stanovišť reprezentované CHS je následující: CHS 51–10 %, CHS 55–71 %, CHS 57–19 %. Současné zastoupení dřevin má tuto podobu: smrk 83 %, jedle 5 %, buk 11 %, ost. dřeviny 1 %. Díky imisním těžbám v předních horách (severozápadní část LS Ostravice) z konce 70. a 80. let minulého století, byly lesy v zadních horách (jižní část LS Ostravice), jejichž součástí je i revír Baraní, těžebně zašetrovány, a proto je na revíru přebytek zralých porostů.

2.2 Výchozí stav – lesní hospodářská evidence

Níže jsou uvedeny roční údaje jakožto průměrné hodnoty z posledních desíti let. Data byla získána z LHP a LHE pro revír Baraní, případně LS Ostravice (LHP, 2025). Vstupní parametry pro předkládanou studii jsou následující:

Zastoupení smrku celkem (%)	83
Rozsah smrkových porostů (ha)	606 039
Celková zásoba ve smrku (m ³).....	19 137/277
Roční těžba celkem / mimo smrk (m ³).....	191 371
Výše těžby 2015 – 2024 Celkem (m ³).....	99 302/52
Nahodilá těžba 2015 – 2024 (m ³ /%).....	1 202,68
Porosty nad 20 let SM (ha).....	1 316,08
Porosty nad 20 let ostatní (ha).....	153,92
Roční rozsah holin celkem (ha).....	5,16
Roční rozsah holin z nahodilé těžby (ha).....	4,20

Roční př. obnova na holině smrk (ha).....	3,30
Roční př. obnova na holině ostatní (ha).....	0,56
Roční umělá obnova na holině sadba ostatní (ha).....	1,17
Roční umělá obnova na holině SM (ha).....	0,11
Roční umělá obnova na holině sije (ha).....	0,02
Roční umělá obnova pod porostem mimo smrk podsadba (ha).....	0,92
Roční umělá obnova pod porostem mimo smrk podsije (ha).....	0,55
Pěstební činnost náklady ročně (Kč).....	1 993 638
Náklady na umělou obnovu celkem do zajištění (Kč/ha)*.....	258 271
Z toho náklady na ochranu proti zvěři do zajištění (Kč/ha).....	162 253
Pěstební činnost průměr revír Baraní (Kč/ha).....	1 251
Pěstební činnost průměr ostatní revíry (Kč/ha).....	2 766

*kromě nákladů umělé obnovy na holině i pod porostem je započítána péče o přír. obnovu na holině, kromě přír. obnovu smrku

2.3 Přístupy a scénáře

K řešení problematiky byly navrženy následující přístupy a scénáře:

2.3.1 Přístupy

A: nízkonákladový

Přístup lze také nazvat ekologicko-ekonomickým, je založen na neceloplošné anebo skupinovité obnově, případě individuálním vkládání cílových dřevin do smrkových porostů a na vzniklé holiny. Na holinách je v maximální míře využívána spontánní obnova, a to jak dřevin pionýrských, tak smrku případně ostatních dřevin. Využití skupinovité obnovy je plánováno především na holinách s nízkým (minimálním) potenciálem spontánní obnovy a na holinách, kde je nízká perspektiva smrku v budoucnosti (DB, KL, JV, LP). Na holinách je kalkulováno s rozsahem 1/10 současného stavu, v případě podsadeb (JD, BK) s 1/5 současného stavu. Tím není myšleno, že plocha holin bude menší, ale počet sazenic na jednotku plochy bude nižší. Například DB nebude na holině zalesněn v počtu 9 000 ks/ha, ale pouze 900 ks/ha. Zbytek plochy bude ponechán na přírodě. Na holinách a v porostních mezerách je hojně využíván koncept vnášení semenných stromů (1 ks nebo skupina po 9 na ha). O tyto semenné stromy je třeba intenzivně pečovat, především ochranou proti zvěři oplocením. Také ve stávajících porostech je pěstební úsilí zaměřeno na uvolňování korun nesmrkové dřevinné složky tak, aby se podporovala fruktifikace těchto stromů. Model pracuje s tím, že v dospělosti bude nový porost založen uvedeným způsobem funkční i bez smrkové složky v meziprostorech vysázených skupin. Rozsah obnovy, resp. přeměny je tak 1/10 standartního přístupu, byť je předpoklad, že v době mýtní zralosti budou vnášené dřeviny porostotvorné zcela bez smrku. Vychází se ze skutečnosti, že po celém revíru v porostech nad 80 let, je ve spodní etáži hojně zastoupen jeřáb ptačí a vtroušeně i BK v počtu cca 100 ks/ha. Jedná se o mladé jedince do 20 let věku. Tyto dřeviny se po výpadku smrku stanou během 10–30 let semennými stromy.

B: standartní

Model počítá s přeměnou dřevinné sklady vycházející ze stavu posledních deseti let (procento obnovy ostatních dřevin a smrku). Dosavadní rozsah umělé obnovy na holině činí 1,30 ha/rok (sadb a sije). Model pracuje s kombinovanou obnovou, i zde je maximálně využívána přirozená obnova smrku a ostatní dřeviny jsou vkládány, buď do porostních mezer, anebo na místa bez obnovy smrku. Koncept podsadby je stejný jako u předešlého modelu – pracuje však s 5násobným rozsahem, což odpovídá aktuálnímu stavu 1,47 ha/rok (podsadba a podsije).

C: intenzivní

Při obnově vzniklých holin je s přirozenou obnovou smrku počítáno jen v omezené míře, a to ve dvou variantách:

- I. na 50 % ploch (mimo přirozené obnovy ostatních dřevin), i do smrkem zmlazených ploch se částečně vnese jiná dřevina;
- b) na 100 % ploch (mimo přirozené obnovy ostatních dřevin), přirozená obnova smrku se nebere v potaz a není pěstebně využívána.

Pro tento přístup je ve větší míře využita i podsadba, příp. podsíje (buk, jedle, habr, javor, lípa), a to i zde ve dvou variantách:

- c) dvojnásobný rozsah podsadeb (podsíjí) oproti současnosti;
- d) čtyřnásobný rozsah podsadeb (podsíjí) oproti současnosti.

Na vzniklé holiny jsou uměle obnovovány cílové (nesmrkové) dřeviny – buk, javory, duby, (jedle), vtroušeně třešeň, modřín a jilm.

2.3.2 Scénáře:

- I. Optimistický scénář
Scénář vychází a modeluje současný rozsah chřadnutí a nahodilých těžeb ve smrkových porostech.
- II. Realistický scénář
Chřadnutí smrkových porostů pro tento scénář je v nejbližších 5 letech v rozsahu o ½ větším, než je současnost; v následujících pěti letech decennia je průměrný rozsah nahodilých těžeb oproti současnosti dvojnásobný.
- III. Pesimistický scénář
Scénář pracuje s dvojnásobným rozsahem chřadnutí smrkových porostů pro prvních 5 let decennia a čtyřnásobným rozsahem v následujících 5ti letech.

2.3.3 Analýza dat

Pro matici vzniklou kombinací přístupů a scénářů byl vypočten rozsah obnovy nesmrkové složky (ha) pro následující decennium a s tím spojený pokles smrku na revíru. Dále byly pro stejnou matici a stejné období vypočteny náklady na obnovu.

Pro shodnou matici byl kvantifikován potenciál pro obnovu lesa, přeměnu druhové skladby a pro přestavbu. Potenciál byl kvantifikován hodnotami 1 (nejnižší) – 5 (nejlepší).

Konečně pro přístupy bez ohledu na vylišené scénáře byla provedena zjednodušená SWOT analýza, kde byl uveden pouze jeden ze zásadních atributů: silná stránka, slabá stránka, příležitost, hrozba (Wehrich, 1982).

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Rozsah přeměny druhové skladby na revíru Baraní roste úměrně s intenzitou hospodaření, jakož i s mírou chřadnutí smrkových porostů (Tab. 1). Změny jsou dány především rozsahem obnovy na holině; pro podsadby se rozsah liší jen podle intenzity hospodaření, nikoli podle scénářů (Tab. 2). Pro standartní přístup by na konci příštího decennia bylo možné očekávat obnovu nesmrkovou složkou v rozsahu 33,30; 47,30 a 70,50 ha pro optimistický, realistický a pesimistický scénář (Tab. 1, 2). Pro extenzivní přístup je maximální přeměna při pesimistické scénáři v rozsahu 23,6 ha (Tab. 1, 2). U intenzivního přístupu pak v rozsahu 100,80, resp. 184,80 ha (Tab. 1, 2).

Nízkonákladový přístup se jak z hlediska přeměny, tak post-kalamitní obnovy jeví jako méně účinný, a to paradoxně při nižším rozsahu nahodilých těžeb (Tab. 3, 4). Při pesimistickém scénáři lze očekávat zapojení pionýrských dřevin, a to jak formou umělé obnovy (síje), tak s využitím sukcese. Spontánní obnova (sukcese), s níž tento přístup pracuje je jen obtížně

Tab. 1: Rozsah roční obnovy na holině (ha) nesmrkovými dřevinami v členění umělá, přirozená a celkem pro vylišené přístupy a scénáře

The extent of annual conversion on clearings (ha) with non-spruce trees, broken down into artificial, natural and total, for different approaches and scenarios

Scénář (Scenario)	Přístup (Approaches)				
	A – Nízkonákladový (A – Low cost)		B – Standardní (B – Standart)	C – Intenzivní (C – Intensive)	
				a	b
I – optimistický I – optimistic	UO PO Sa:	0,13 0,56 0,69	1,30 0,56 1,86	1,82 0,56 2,38	3,64 0,56 4,20
II – realistický II – realistic	UO PO Sa:	0,23 0,98 1,21	2,28 0,98 3,26	3,19 0,98 4,17	6,37 0,98 7,35
III- pesimistický III – pessimistic	UO PO Sa:	0,39 1,68 2,07	3,90 1,68 5,58	5,46 1,68 7,14	10,92 1,68 12,60

Pozn. / Notice: PO – přirozená obnova / natural regeneration; UO – umělá obnova / artificial regeneration

Tab. 2: Rozsah umělé obnovy nesmrkové složky (ha) pod porostem pro vylišené přístupy a scénáře

The extent of annual artificial regeneration of the non-spruce component (ha) under the stand for different approaches and scenarios

Scénář (Scenario)	Přístup (Approaches)			
	A – Nízkonákladový (A – Low cost)	B – Standardní (B – Standart)	C – Intenzivní (C – Intensive)	
			a	b
I, II, III	0,29	1,47	2,94	5,88

Pozn. / Notice: I – optimistický / optimistic; II – realistický / realistic; III- pesimistický / pessimistic

předvídatelná – nástup plodivosti vysázených dřevin, dřevin přirozeně obnovených a těch rostoucích ve stávajících porostech. Se zvyšujícím se podílem NT a rozsahem holin (přístup B, C) bude také stoupat rizikovost intenzivní umělé obnovy i přeměny, kdy lze očekávat větší ztráty při obnově dané nízkou kvalitou práce a sadebního materiálu.

S ohledem na probíhající klimatickou změnu, lze přitom očekávat spíše realistický nebo pesimistický scénář (Hlásný *et al.*, 2011). Na stranu druhou pozitivně se může projevit převod na výběrné formy hospodaření, který se zde realizuje 11 let. Možná také díky tomu se rozsah holin z nahodilé těžby z předminulého decennia – 67 ha při výši těžby 157 724 m³ (2005–2014), snížil na

Tab. 3: SWOT analýza pro přístupy
SWOT analysis for approaches

Pěstební přístup (Silvicultural approaches)	SWOT			
	Silné stránky (Strengths)	Slabé stránky (Weaknesses)	Příležitosti (Opportunities)	Hrozby (Threats)
A – Nízko-nákladový (A – Low cost)	Nízké náklady na obnovu	Kontinuita lesního personálu	Vytvoření přírodě blízké struktury	Nízká funkčnost při rychlém rozpadu
B – Standartní (B – Standard)	Pěstební kontinuita	Strnulost	Optimalizace produkční funkce	Narušení systému při změně lesníka
C – Intenzivní (C – Intensive)	Provozní jednoduchost	Ekonomická náročnost obnovy	Potenciál rychlé přeměny	Vznik věkově uniformních porostů

42 ha při výši celkové těžby 191 371 m³ v decenniu minulém (2015 – 2024). Zpomalení chřadnutí smrkových porostů a růst smrku i v sub-optimálních podmínkách jakožto výsledek výběrného hospodaření je zdokumentován např. na objektu Klokočná (Ferkl, 2020).

Rychlost rozpadu stávajících smrkových porostů může být ale také ještě razantnější, než je uvažováno v uvedených scénářích. Takto rychlý průběh byl zaznamenán na nedalekých revírech Ondřejník a Polana (Dyrčík, 2021; Žáček, 2021), kdy v průběhu tří nejkritičtějších let byla vytěžena přibližně polovina zásoby veškerých smrkových porostů starších 50 let.

Intenzivní přeměna druhové skladby, resp. rychlá obnova vzniklých holin je následně spojena s unifikací dřevinné skladby a především porostní struktury. Tvorbu prostorově pestrých porostů při rychlém rozpadu lze pak iniciovat využíváním pionýrských dřevin, případně skupinovou neceloplošnou obnovou (Pommerening, Murphy, 2004). S uvedeným postupem se konečně počítá v přístupu nízkonákladovém, v omezené míře i standartním. To je důvod proč potenciál k přestavbě u těchto přístupů výrazně neklesá s intenzitou chřadnutí (Tab. 4).

Tab. 4: Hodnocení potenciálu obnovy, přeměny a převodu pro jednotlivé modely a scénáře

Evaluation of process regeneration, conversion of species composition and transformation of forest structure for models and scenarios

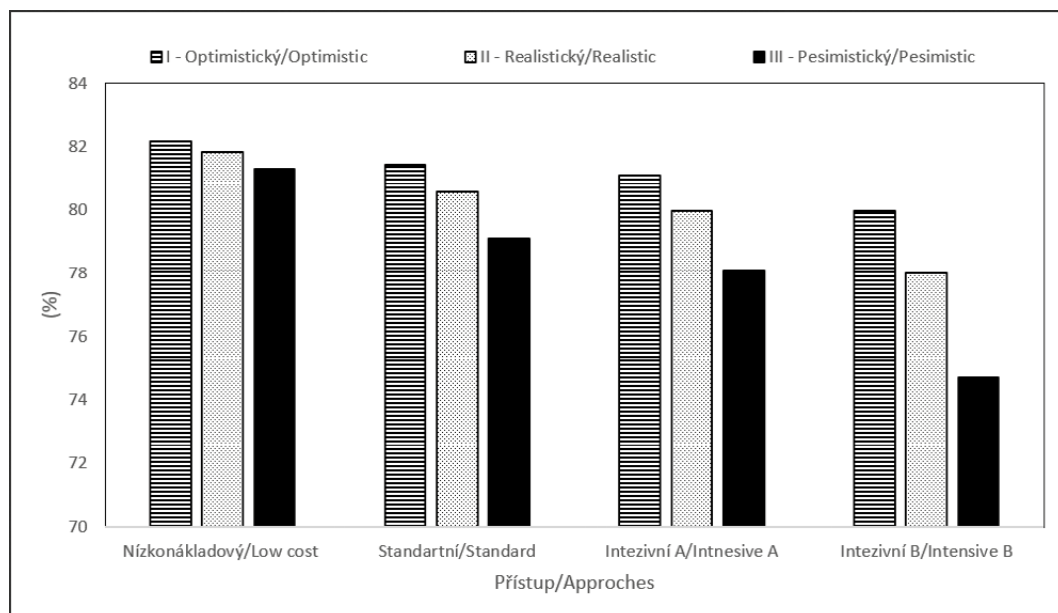
Procesy (Process)	Scénář - přístup (Scenario - approaches)								
	I – optimistický (I – optimistic)			II – realistický (II – realistic)			III – pesimistický (III – pessimistic)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Obnova (Regeneration)	3	5	5	3	4	4	3	3	3
Přeměna (Conversion)	1	3	5	1	3	5	4	3	4
Převod (Transformation)	4	5	3	4	4	2	4	4	1
Celkem (Total)	8	13	13	8	11	11	11	10	8

Poznámka: A – Extenzivní; B – Standartní; C – Intenzivní; 1 – nejhorší; 5 – nejlepší / Notice: A – Extensive; B – Standard; C – Intensive; 1 – best; 5 – the worst

Tab. 5: Roční náklady na umělou obnovu (v Kč) pro jednotlivé přístupy a scénáře
The annual cost of artificial regeneration (in CZK) for approaches and scenarios

Scénář (Scenario)	Přístup (Approaches)				
	A – Nízkonákladový (A – Low cost)		B – Standardní (B – Standart)	C – Intenzivní (C – Intensive)	
				a	b
I – optimistický I – optimistic	UO	108 474	715 411	1 229 370	2 458 740
II – realistický II – realistic	UO	134 301	968 516	1 583 201	3 163 820
III – pesimistický III – pessimistic	UO	175 624	1 386 915	2 169 476	4 338 953

S vysokou intenzivní přeměnou druhové skladby jsou spojeny také vysoké náklady, které mohou vyšplhat až na 4 300 000 Kč (Tab. 5). Naopak u nízkonákladového přístupu jsou předpokládány náklady maximálně ve výši 176 000 Kč (pesimistický model; Tab. 5). Pro standardní přístup byly zjištěny náklady v rozsahu od 715 000 (optimální) do 1 400 000 Kč (pesimistický; tab.5). Škody zvěří jsou přitom kardinální problém obnovy i přestavby lesa (Ferkl, 2020). Při standardním modelu a pesimistickém scénáři tvoří náklady na obnovu do zajištění 1 400 000 Kč, z toho činí objem na ochranu proti zvěři 795 000 Kč, neboli 63 % všech nákladů.



Obr. 1: Zastoupení smrku na revíru Baraní pro vylišení přístupy a scénáře
Norway spruce composition in the Baraní district for the approaches and scenarios

Přeměna druhové skladby se následně promítá do zastoupení smrku na revíru, který je zachycen na Obr. 1. Ani při nejintenzivnější přeměně neklesne podíl smrku na revíru Baraný pod 70 % (pokles o 13 %). Pro realistický scénář se dostáváme k poklesu pouze o 1–4 %. Na stranu druhou do rozsahu změny druhové skladby se může podepsat charakter podsadieb. Jedná se o (redukovanou) plochu čistě podsetou či podsázenou. Tyto vnosy pod porost jsou skupinovitěho charakteru s výhledem, že v dospělé věku bude tento podíl tvořit až desetinásobek skutečné plochy. Konečně, na přeměnu druhové skladby může mít podstatný vliv nástup plodivosti a spontánní obnovy dříve vysázených dřevin, což může nejen přeměnu urychlit, ale i zlevnit a v konečném důsledku zajistit trvalost lesa při očekávaném vypadávaní smrku ze zdejších porostů.

4 ZÁVĚR

Revír Baraný patří doposud k těm méně postiženým chřadnutím smrkových porostů. Přestože smrk je zde zastoupen z 83 %, za posledních 10 let bylo na revíru evidováno kolem 42 ha holin z nahodilých těžeb, z čehož 41 % těchto ploch bylo využito k vnosu nesmrkové složky. Na zbylé části byla vykázána přirozená obnova smrku. Současně byla za posledních deset let vykázána podsadba nebo podsije na ploše o celkovém rozsahu 14,80 ha. Intenzivnější přeměna než probíhá doposud je možná, znamená však enormní zvýšení nákladů a může také snížit potenciál k přestavbě, a to především při rychlejším průběhu rozpadu. Naopak nízkonákladový přístup je účinný především při nižší intenzitě chřadnutí. Na stranu druhou ani rychlý rozpad nemusí vést k rezignaci na přestavbu lesa. Její podmínkou je zapojení dřevin pionýrských, případně využívání skupinové obnovy na vzniklých holinách. Pro analyzované přístupy a scénáře lze očekávat pokles zastoupení smrku na konci příštího decennia v rozsahu od 1–8 %.

LITERATURA

- BUČEK, A. 2001. Trend posunu vegetačních stupňů v důsledku možných globálních změn klimatu. In: VIEWEGH, J. (ed.). *Problematika lesnické typologie III*. Sb. přísp. sem., ČZÚ Praha, s. 12–16.
- ČERMÁK, P., ZATLOUKAL, V., CIENCIALA E., POKORNÝ, R., KADAVÝ, J., KNEIFL, M., KADLEC, J., DOBROVOLNÝ, L., MARTINÍK, A., MIKITA, T., ADAMEC, Z., KUPEC, P., SLOUP, R., ŠIŠÁK, L., PULKRAB, K., TRNKA, M., JUREČKA, F. 2016. *Katalog lesnických adaptačních opatření*. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- DYRČÍK, V. 2021. *Průběh kalamity a stav obnovy na revíru Polana, LS Jablunkov*. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, 81 s.
- FERKL, V. 2020. *Může být nepasečný – výběrný způsob alternativou pro naše lesy*. Pro Silva Bohemica, 209 s.
- FORRISK. 2022. *Manuál pro řízení budoucích rizik a krizí v lesnictví*. [cit. 2023-12-11] <https://uzpl-fraxinus.mendelu.cz/index.php/projekt-forrisk/manual-pro-rizeni-rizik-a-krizi-v-lesnictvi>
- HANEWINKEL, M., CULLMANN, D. A., SCHELHAAS, M.-J., NABUURS, G.-J., ZIMMERMANN, N. E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*. 3, 203–207.
- HLÁSNÝ, T., HOLUŠA, J., ŠTĚPÁNEK, P., TURČÁNI, J. POLČÁK, N. 2011 Expected impacts of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science*. 57(10), 422–431.
- HUTH, F., WEHNERT, A., TIEBEL, K., WAGNER, S. 2017. Direct seeding of silver fir (*Abies alba* Mill.) to convert Norway spruce (*Picea abies* L.) forests in Europe: A review. *Forest Ecology and Management*. 403, 61–78.
- KARÁSEK, P., MARTINÍK, A. 2024. Průběh kalamity, obnovy a přeměny druhové skladby na majetku Městské lesy Znojmo. In: *Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a pestovanie lesa 2024: Zborník referátov*. Zvolen: Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 98–107. ISBN 978-80-8093-360-9. <http://www.skolkari.eu/files/zbornik2024.pdf>
- KULLA, L., SITKOVÁ, Z. 2012. *Rekonštrukcie nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania*. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 207 s.
- LHP. 2025. *Hospodářská kniha s evidencí (2025–2034)*. Lesprojekt Brno a.s.
- MARTINÍK, A., DOBROVOLNÝ, L., HURT, V. 2014. Comparison of different forest regeneration methods after windthrow. *Journal Forest Science*. 60(5), 190–197. <https://doi.org/10.17221/66/2013-JFS>

- PĚNČÍK, J. 1958. *Zalesňování kalamitních holin*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 261 s.
- POMMERENING, A., MURPHY, S. T. 2004. A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry*. 77, 27–44. <https://doi.org/10.1093/forestry/77.1.27>
- STLOUKALOVÁ, A. 2021. *Srovnání obnovy lesa po větrné kalamitě v lese pasečném a nepasečném v podmínkách Školního lesního podniku „Masarykův les“ Křtiny*. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, 72 s.
- WEIHRICH, H. 1982. The TOWS matrix – A tool for situational analysis. *Long Range Planning*. 15(2), 54–66. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/0024-6301\(82\)90120-0](https://doi.org/10.1016/0024-6301(82)90120-0)
- ŽÁČEK, J. 2021. *Obnova lesa v porostech postižených odumíráním smrku na revíru Ondřejník*. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, 85 s.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky finanční podpoře projektu SS020300188 „Centrum pro krajinu a biodiverzitu“ poskytovatele TAČR.

Kontakty | Contact Information

Antonín Martiník: e-mail: antonin.martinik@mendelu.cz

KLÍČIVOST SEMEN JEŘÁBU BŘEKU V ZÁVISLOSTI NA DOBĚ STUDENÉ STRATIFIKACE

GERMINATION OF WILD SERVICE TREE SEEDS DEPENDING ON THE TIME OF COLD STRATIFICATION

Kateřina Pešková¹, Martin Baláš¹, Ivan Kuneš¹, Miroslav Šulitka¹, Přemysl Šedivka²,
Tomáš Holeček², Vilém Podrázský¹

¹Katedra pěstování lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

²Katedra zpracování dřeva a biomateriálů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

Abstrakt

Klíčivost osiva jeřábu břeku (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) byla hodnocena v závislosti na době studené stratifikace. Zkoušky klíčivosti byly provedeny v letech 2020, 2021 a opakovány v roce 2025. V prvních dvou letech započala stratifikace semen ve stejný okamžik. U třetiny semen proběhla zkouška klíčivosti ihned po dvou měsících stratifikace, u třetiny po třech měsících a u třetiny po čtyřech měsících ve stratifikačním médiu. Do testů klíčivosti byla zařazena pouze svěží nenaklíčená semena. U opakování experimentu v roce 2025 byla stratifikace osiva zahajována postupně, aby semena, která prošla dvoutříměsíční, tříměsíční a čtyřměsíční stratifikací mohla zahájit zkoušku klíčivosti v jeden okamžik. U tohoto experimentu došlo také k evidenci svěžích, mrtvých a naklíčených semen v průběhu stratifikace. Semena naklíčená během stratifikace se zkoušky klíčivosti účastnila také, ale byla samostatně evidována. Minimální potřebná doba pro studenou stratifikaci může být na základě experimentů stanovena na tři měsíce. Při delší stratifikaci ale stoupá procento semen, která zahájí klíčení předčasně během stratifikace.

Klíčová slova: *Sorbus torminalis*, energie klíčení, klíčivost, studená stratifikace

Abstract

The germination capacity of the wild service tree seeds (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) was evaluated concerning the duration of cold stratification. Germination tests were conducted in 2020, 2021 and repeated in 2025. In the first two years, seed stratification began at the same time. The seeds were tested for germination immediately after two, three, and four months of stratification. Only fresh, non-germinated seeds were included in the germination tests. In the repeated experiment conducted in 2025, seed stratification was initiated gradually so that seeds subjected to two-, three-, and four-month stratification periods could be subjected to the germination test simultaneously. Within the experiment conducted in 2025, the fresh, dead, and prematurely germinated seeds were also recorded during the stratification period. Prematurely germinated seeds were also included in the germination tests but were documented separately. Based on the experiments, the minimum required duration for cold stratification can be determined as three months. However, with extended stratification, the percentage of seeds that begin germination too early, i.e. during stratification, increases.

Keywords: *Sorbus torminalis*, germination energy, germination capacity, moist chilling

1 ÚVOD

Vzácnější původní druhy dřevin, jako je jeřáb břek (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz), mohou být díky svým vlastnostem a odolnosti vůči suchu vhodnou příměsí lesů stabilních vůči změnám klimatu (Schmuker *et al.*, 2023). Jeřáb břek představuje cennou příměs dubových porostů (Paganová, 2008) a významnou roli může hrát také v městském lesnictví (Prokopuk *et al.*, 2022).

Jedná se většinou o malý strom, který ale může dosahovat výšky přes 30 m (Thomas, 2017). Velmi vzácné přirozené zmlazení jeřábu břeku není způsobeno nedostatkem semen. Malvice jsou konzumovány ptáky a roznášeny do širokého okolí, roznesená jádra ovšem často konzumují myši. Pokud se některým semenům podaří vyklíčit, nezřídka semenáčky zničí zvěř. Jeřáb břek je tedy řazen k dřevinám s nejmenší schopností přirozené obnovy (Prudič, 2000). To je do jisté míry kompenzováno jeho schopností výmladnosti, především té kořenové. Výmladnosti je schopen i v zastínění pod hustým dubovým zápojem (Pyttel, 2013) a stín tolerantní jsou také semenáčky (Thomas, 2017).

Stejně jako ostatní druhy jeřábů má i jeřáb břek hluboce dormantní osivo (Dinçer, 2023). Překonání dormance probíhá pomocí stratifikace, která je u tohoto druhu v literatuře popsána různě. Hoffmann *et al.* (2007) uvádějí jako vhodnou čtyřměsíční stratifikaci při teplotě 3 až 5 °C. Pipinis *et al.* (2015) považují za nezbytnou dobu pro překonání dormance při stejné teplotě alespoň tři měsíce. Ešnerová *et al.* (2014) uvádějí, že u semen, která potřebují stratifikaci delší než dva měsíce, se využívá stratifikace teplostudená. Při té ale semena jeřábu břeku často plesniví. Smyslem předosevní přípravy ve školkách je připravit osivo tak, aby semena prolomila dormanci, ale pokud možno nezačala předčasně klíčit.

Cílem studií, jejichž výsledky jsou propojeny v předloženém příspěvku, bylo nalézt optimální dobu stratifikace, při které bude mít co nejvíce semen prolomenou dormanci a budou tak připravena ke klíčení a zároveň bude minimalizováno procento semen, která započala klíčení předčasně, tj. během stratifikace ve stratifikačním médiu. Výsledky pokusu zaměřeného na stratifikaci semen jeřábu břeku jsou podrobně popsány v článku Šulitky *et al.* (2025), a v tomto příspěvku jsou doplněny následným experimentem, který v době přípravy příspěvku probíhá a vychází z poznatků získaných během původního experimentu.

2 MATERIÁL A METODY

Osivo jeřábu břeku (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) bylo nakoupeno v Semenářském závodě Lesů České republiky, s. p., v Týništi nad Orlicí. První studie probíhala ve dvou oddělných fázích v letech 2020 a 2021. V každé fázi na 3 různých oddílech osiva uvedených v Tabulce 1. V pokusu probíhajícím v roce 2025 byly použity dva oddíly z Křivoklátska a Českého krasu, které se lišily rokem sběru (2016 a 2023).

Jako stratifikační medium byla ve všech případech použita směs rašeliny a písku v objemovém poměru 1 : 1 a semena byla před stratifikací na 48 hodin namočená ve vodě. V případě pokusů v letech 2020 a 2021 byla semena promíchána se stratifikačním médiem v poměru 1 : 1 a rozdělena na tři části. První část byla v chladicí komoře stratifikována po dobu 2 měsíců, druhá část po dobu 3 měsíců a třetí část po dobu 4 měsíců při teplotě 2,5 °C. Všechna semena byla uložena ke stratifikaci v jeden okamžik a po uplynutí patřičné doby byla daná část ze stratifikace vyjmuta, semena byla opláchnuta vodou a byla založena zkouška klíčivosti. Jednotlivé zkoušky klíčivosti tedy probíhaly průběžně během února až května 2020 a dubna až června 2021. Do zkoušky klíčivosti byla zařazena pouze semena s neporušeným osemněním, bez známek naklíčení. Předčasně naklíčená semena byla ze zkoušky klíčivosti vyřazena, protože v lesních školkách taková semena představují problém. Důvodem je nejen částečné vyčerpání energetických zásob v semenech, ale také možný vznik deformací semenáčku. Proto by taková semena neměla být vysévána. V obou letech experimentu bylo do zkoušky klíčivosti zahrnuto dohromady 400 semen v průhledných krabičkách po 100 kusech z každého ze 6 zkoumaných oddílů pro každou dobu studené stratifikace (2, 3 nebo 4 měsíce).

Tab. 1: Charakteristiky původu a parametry kvality oddílů osiva jeřábu břeku (*Sorbus torminalis*) použitého v jednotlivých experimentech (rok exp.) (zdroj: Průvodní listy pro semenný materiál)Characteristics of origin and seed quality of the wild service tree (*Sorbus torminalis*) lots used in the studies (year of exp.) (source: Seeds material data sheets)

Rok exp. (Year of exp.)	Číslo uznané jednotky (Registration number)	Lesní oblast (Region of the origin)	Rok dozrání osiva (Year of seed maturation)	Čistota (Purity)	Hmotnost 1000 semen (Weight of 1000 seeds)	Životnost (Viability)
2020	CZ-3-3-BRK-00168-36-2-Za	Středomoravské Karpaty	2016	99,6 %	24.806 g	97 %
	CZ-3-3-BRK-00126-08-3-Sa	Křivoklátsko a Český kras	2016	95,2 %	19.362 g	96 %
	CZ-3-3-BRK-00001-33-2-Ba	Předhoří Českomoravské vrchoviny	2018	96,9 %	22.637 g	99 %
2021	CZ-3-3-BRK-00126-08-3-Sb	Křivoklátsko a Český kras	2016	95,2 %	19.983 g	93 %
	CZ-3-3-BRK-00001-33-2-Bb	Předhoří Českomoravské vrchoviny	2018	96,9 %	23.632 g	97 %
	CZ-1-2-BRK-00008-38-2-Bb	Bílé Karpaty a Vizovické vrchy	2018	98,8 %	25.396 g	95 %
2025	CZ-3-3-BRK-00126-08-3-Sc	Křivoklátsko a Český kras	2016	95,2 %	19.776 g	90 %
	CZ-3-3-BRK-00126-08-3-Sc	Křivoklátsko a Český kras	2023	97,2 %	18.973 g	98 %

*Výsledky testování kvality oddílů semen v letech 2018 (a), 2020 (b) a 2024 (c)

Metodika pokusu prováděného v roce 2025 byla upravena tak, aby byl zjištěn podíl předčasně naklíčených semen. V tomto případě nebyla semena ve směsi písku a rašeliny volně, ale byla do provlhčené směsi vložena v látkových sáčkích z vyšívací kanavy, která umožňovala bezprostřední styk se stratifikačním médiem. Důvodem bylo umožnění měsíčního vyndávání semen za účelem zjištění jejich stavu. Od ledna do dubna roku 2025 bylo do chladicí komory instalováno vždy 8 sáčků po 100 kusech semen z každého oddílu. Každý měsíc došlo k evidenci semen svěžích, naklíčených (s klíčkem proniknutým osemením, ale nedosahujícím čtyř délek semene), vyklíčených a mrtvých a instalaci dalších 8 sáčků z obou oddílů.



Obr. 1: Semena jeřábu břeku (*Sorbus torminalis*) sbíraná v roce 2023 připravená na zkoušku klíčivosti po 4měsíční stratifikaci v roce 2025. Pod sebou jsou krabičky se svěžími semeny v horní řadě a naklíčenými semeny ze stejného stratifikačního sáčku ve spodní řadě

Sorbus torminalis seeds collected in 2023 prepared for the germination test after 4 months of stratification conducted in 2025. Below the boxes of fresh seeds are partially germinated seeds from the same stratification bag

V květnu 2025 byla stratifikace semen po 1, 2, 3 a 4 měsících ukončena. Byla odstraněna semena mrtvá a vyklíčená. Naklíčená semena byla odebrána do zvláštních krabiček a byla provedena zkouška klíčivosti u zbylých stratifikovaných semen. Naklíčená semena byla v rámci zkoušky klíčivosti ponechána k doklíčení (Obr. 1). V každé krabičce byl tedy na počátku zkoušky klíčivosti jiný počet semen podle toho, kolik semen z počátečních 100 kusů zůstalo svěžích a kolik naklíčených.

Ve všech případech probíhala zkouška klíčivosti v průhledných krabičkách s víčkem, ve kterých byla semena umístěna na filtračním papíře a navlhčena. Klíčení probíhalo ve dvou klimakomorách Q-Cell (POL-LAB), které byly vybaveny teplým bílým osvětlením o intenzitě 10 000–12 000 lx. Každá zkouška trvala 28 dnů. Při temnostní fázi programu byla teplota 20 °C po dobu 16 hodin a 30 °C při světelné fázi po dobu 8 hodin.

Vyklíčená semena byla počítána v týdenním intervalu (7., 14., 21. a 28. den) a spolu s mrtvými semeny odstraňována z krabiček. Za vyklíčená byla dle české technické normy ČSN 48 1211 (ÚNMZ, 2006) považována semena, jejichž nepoškozený primární kořínek je společně s hypokotylem 4× delší, než je délka semene. Z dat získaných počítáním byla zjištěna energie klíčení a klíčivost jednotlivých oddílů s různými délkami stratifikace. Energie klíčení byla stanovena dle normy jako počet normálně vyklíčených semen při prvním počítání po 7 dnech, vyjádřený v procentech počtu zaklíčených semen. Klíčivost byla počítána jako kumulativní procento zcela vyklíčených semen 28. den.

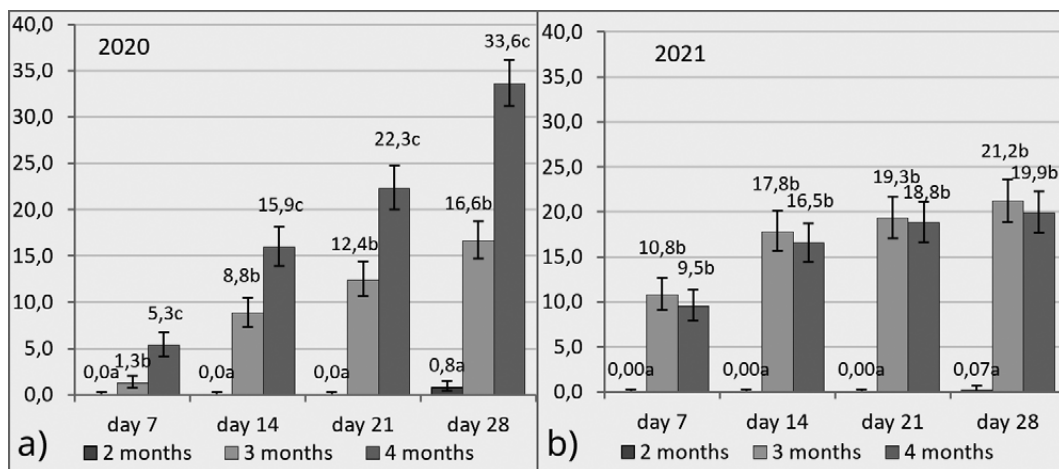
Data z jednotlivých let byla porovnávána samostatně. Analýza klíčivosti a energie klíčivosti byla provedena v softwaru R mnohonásobným porovnáním pro binomicky rozdělená data na hladině významnosti 0,05. Tuto metodu popisují Agresti *et al.* (2008).

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Ve studii provedené v letech 2020 a 2021 byl u jednotlivých oddílů osiva zjištěn podobný trend parametrů klíčivosti v závislosti na délce stratifikace. V roce 2020 se procento vyklíčených semen mezi jednotlivými dobami stratifikace statisticky významně lišilo ve všech týdnech počítání. Z obrázku 2a je patrné, že nejvyšší klíčivost byla zaznamenána u semen stratifikovaných 4 měsíce. Semena stratifikovaná 2 měsíce téměř nevyklíčila. Stejně tomu bylo i v roce 2021, kde se od sebe ale statisticky významně nelišily hodnoty klíčivosti u semen po třech a čtyřech měsících stratifikace (Obr. 2b). Vyšší energie klíčení byla zaznamenána u pokusu v roce 2021. Celková klíčivost byla vyšší u čtyřměsíční stratifikace v roce 2020, zatímco u tříměsíční v roce následujícím.

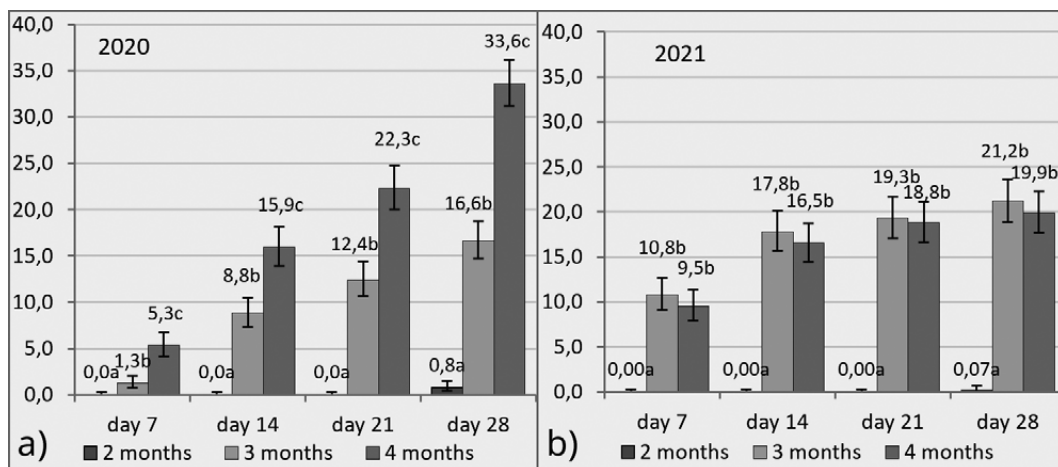
Z těchto výsledků se tedy jako potřebná jeví minimálně tříměsíční stratifikace. Experiment prováděný v roce 2025 (na semenech sbíraných v roce 2023) naznačuje, že u čtyřměsíční stratifikace, která se může zdát jako vhodná z hlediska klíčivosti, se objevuje významný podíl předčasně naklíčených semen ve stratifikačním období.

V rámci experimentu provedeného v roce 2025 byla kromě semen naklíčených během stratifikace zaznamenávána také semena mrtvá, vyklíčená a svěží. Na obrázku 3 je zaznamenané jejich celkové procento na konci jednotlivých dob stratifikace (4, 3, 2 a 1 měsíc) před zkouškou klíčivosti. Oba zkoumané oddíly se od sebe lišily pouze rokem sběru. Podíl předčasně naklíčených semen byl v prvních třech měsících stratifikace u obou oddílů téměř nulový, po čtvrtém měsíci stratifikace byl podíl předčasně vyklíčených semen u oddílu sbíraného v roce 2023 75,9 %. U ostatních dob stratifikace tohoto osiva zůstalo přes 97 % semen svěžích. U semen sbíraných v roce 2016 byla naklíčená semena také zaznamenána, ale v mnohem menší míře (pouze 4 %), což lze ale připsat spíše výrazně horší fyziologické kvalitě (životnosti) staršího osiva. Semena ze staršího oddílu (z roku 2016) během stratifikace výrazně častěji plesnivěla a již od dvouměsíční stratifikace byl ve starším oddílu zaznamenán značný podíl mrtvých semen (přes 37 %). U semen sbíraných v roce 2023 bylo procento mrtvých semen zaznamenaných



Obr. 2: a), b) Kumulativní procento klíčivosti semen jeřábu břeku (*Sorbus torminalis*) 7, 14, 21 a 28 dnů po založení zkoušky klíčivosti v letech 2020 a 2021. Odlišné písmenné indexy značí statisticky významný rozdíl mezi porovnávanými dobami stratifikace na hladině významnosti 0,05. Chybové úsečky pak směřodátne odchylky

a), b) Cumulative germination percentage of seeds of wild service tree (*Sorbus torminalis*) on days 7, 14, 21, and 28 in years 2020 and 2021. Different letter indices determine a statistically significant difference between the compared stratification time at the 0.05 significance level. Error bars indicate standard deviations



Obr. 3: a), b) Celkové procento mrtvých, naklíčených, vyklíčených a svěžích semen na konci jednotlivých délek stratifikace (4, 3, 2 a 1 měsíc) před zkouškou klíčivosti u jednotlivých let zrání

a), b) Total percentage of dead, completely germinated, partially germinated and fresh seeds at the end of each length of stratification (4, 3, 2 and 1 month) before germination test for each maturation year

během stratifikace velmi malé (1–3 %). Kompletně vyklíčená semena během stratifikace nebyla zaznamenána ani u jednoho oddílu.

Důvodem plesnivění a vysoké mortality semen z roku 2016 bude pravděpodobně dlouhá doba jejich skladování. Hoffmann *et al.* (2007) uvádí, že osivo jeřábu břeku je možné skladovat při teplotě 1 až 4 °C při snížení obsahu vody na 6 až 8 % až po dobu osmi let. Osivo jeřábu břeku sbíraného v roce 2016 bylo skladováno přesně po tuto dobu do roku 2024, kdy bylo zakoupeno za účelem pokusu. Ten se uskutečnil na počátku roku 2025 a kvalita tohoto osiva byla velmi nízká. Z předběžných výsledků zkoušky klíčivosti vyplývá, že klíčivost tohoto osiva se bude blížit nule. Parametry klíčivosti experimentu byly v době přípravy příspěvku ale teprve zjišťovány a budou součástí dalších prací autorů.

4 ZÁVĚR

Tříměsíční doba studené stratifikace semen jeřábu břeku (*Sorbus torminalis*) se jeví jako minimální délka potřebná k překonání dormance. Semena stratifikovaná pouze dva měsíce vykazovala téměř nulovou klíčivost. Semena stratifikovaná po dobu čtyř měsíců dosahovala srovnatelné nebo vyšší klíčivosti než semena stratifikovaná tři měsíce. V tomto případě ovšem docházelo k vysokému podílu semen naklíčených již během stratifikace, která mohou znamenat problém při výsevu. V experimentech provedených v letech 2020 a 2021 nicméně nebylo procento předčasně klíčících semen během stratifikace exaktně stanoveno (předčasně vyklíčená semena nebyla do zkoušek klíčivosti ani do parametrů klíčivosti zařazena). Konkrétní informaci o předčasně klíčících semenech nepřímo doplňuje až experiment z roku 2025 a v jeho kontextu budou výsledky dále zpřesňovány. Z posledního experimentu provedeného v roce 2025 také vyplývá, že na klíčivost jednotlivých zkoumaných oddílů osiva mělo vliv jejich stáří. U osiva skladovaného déle než 8 let po sběru byla zaznamenána vysoká mortalita semen již během stratifikace.

LITERATURA

- AGRESTI, A., BINI, M., BERTACCINI, B., RYU, E. 2008 Simultaneous Confidence Intervals for Comparing Binomial Parameters. *Biometrics*. 64, 1270–1275.
- DINÇER, D. 2023 Determination of optimal plant growth regulators for breaking seed dormancy and micropropagation of *Sorbus aucuparia* L. *Balt For.* 29(1), id679.
- EŠNEROVÁ, J., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M. 2014. *Určování dřevin pro lesní školkaře*. Praha: Katedra pěstování lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, 65 s.
- HOFFMANN, J., CHVÁLOVÁ, K., PALÁTOVÁ, E. 2007. *Lesné semenárstvo na Slovensku*. 2. upravené vydání. Sliač: ITgamma, 195 s.
- PAGANOVÁ, V. 2008. Ecological requirements of wild service tree (*Sorbus torminalis* [L.] CRANTZ.) and service tree (*Sorbus domestica* L.) in relation with their utilization in forestry and landscape. *Journal of Forest Science (Prague)*. 54, 216–226.
- PIPINIS, E., MILIOS, E., GEORGIOU, M., SMIRIS, P. 2015. Effects of gibberellic acid and cold stratification on seed germination of two *Sorbus* species. *For Ideas*. 21, 107–114.
- PROKOPIUK, Y., LESHCHENIUK, O., SUKHOMLYN, M., MATIASHUK, R., BUDZHAK, V., NETSVETOV, M. 2022. Growth drivers of monumental wild service tree (*Sorbus torminalis*) out of its natural range in Kyiv, Ukraine. *Dendrobiology*. 87, 163–170.
- PRUDÍČ, Z. 2000. Pěstování jeřábu břeku a oskeruše. *Lesnická práce*. 7, 301–303.
- SCHMUCKER, J., UHL, E., SCHMIED, G., PRETZSCH, H. 2023. Growth and drought reaction of European hornbeam, European white elm, field maple and wild service tree. *Trees*. 37, 1515–1536.
- řULITKA, M., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., PEřKOVÁ, K., řEDIVKA, P., HOLEČEK, T., PODRÁZSKÝ, V. 2025. Effect of various lengths of cold stratification period on the germination of wild service tree (*Sorbus torminalis*) seed samples harvested in the Czech Republic. *Journal of Forest Science (Prague)*. 71, 171–181.
- THOMAS, P. A. 2017. Biological Flora of the British Isles: *Sorbus torminalis*. *Journal of Ecology*. 105, 1806–1831.
- ÚNMZ. 2006. *Lesní semenářství – Sběr, kvalita, a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*. ČSN 48 1211. 60 s.

Poděkování

Tento příspěvek vychází z experimentu popisovaného v článku autorů řulitka *et al.* (2025), který je zde rozšiřován o nové poznatky z probíhajících návazných experimentů. Příspěvek vznikl v rámci aktivit spojených s řešením projektů DOT/54/12/023171/2023 Přestavby akátových porostů a hodnocení prosperity podsadeb akátin, Potenciál využití jeřábu břeku v lesích na území hlavního města Prahy (č. 189/2025) poskytnutých hlavním městem Prahou a projektu TAČR SS06020121 Vývoj systému efektivního využití dřeva z nízkého a středního lesa do finálních produktů s vysokou přidanou hodnotou. Experimenty probíhaly v zázemí semenářské laboratoře Katedry pěstování lesů, Fakulty lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze.

Kontakty | Contact Information

Kateřina Peřková: e-mail: peskovak@fld.czu.cz

VLIV RŮZNÝCH HOSPODÁŘSKÝCH POSTUPŮ NA PŘIROZENOU OBNOVU DUBU ZIMNÍHO (*QUERCUS PETRAEA*) VE SPRÁVĚ ŠKOLNÍHO LESNÍHO PODNIKU MASARYKŮV LES KŘTINY

THE EFFECT OF DIFFERENT MANAGEMENT PRACTICES ON NATURAL REGENERATION OF SESSILE OAK (*QUERCUS PETRAEA*) IN THE TRAINING FOREST ENTERPRISE, MASARYK FOREST KŘTINY

Eliška Žižková¹, Martin Kománek¹, Jakub Černý^{1,2}

¹Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova Univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

Cílem studie bylo vyhodnotit vliv různých obnovních prvků na přirozené zmlazení dubu zimního (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) v podmínkách Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny. Výzkum probíhal v sedmi porostech 2.–4. lesního vegetačního stupně, kde byly po semenném roce 2022 provedeny obnovní zásahy formou holosečí a clonných sečí. Na výzkumných plochách (min. 0,2 ha) bylo odebráno celkem 331 vzorků semenáčků, u nichž byla měřena délka nadzemní části, délka hlavního křídového kořene a tloušťka kořenového krčku. Výsledky ukázaly, že semenáčky rostoucí na holosečných obnovních prvcích dosahovaly významně vyšších hodnot všech sledovaných parametrů oproti jedincům z clonných sečí. Vyšší dostupnost světla na holosecích podporuje produkci asimilátů a urychluje růst semenáčků, zatímco omezené světelné podmínky pod clonou mohou brzdit počáteční vývoj semenáčků a zvyšovat zranitelnost vůči konkurenční vegetaci. Zjištěné poznatky zdůrazňují nutnost zohlednění světelných a stanovištních podmínek při plánování pěstebních opatření s cílem zajištění stabilních a vitálních dubových porostů i v měnících se klimatických podmínkách.

Klíčová slova: dub zimní, přirozená obnova, globální klimatická změna, kořenový systém

Abstract

The study aimed to evaluate the effect of different regeneration methods on the natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) under the conditions of the Training Forest Enterprise Masaryk Forest Křtiny. The research was conducted in seven forest stands within the 2nd to 4th forest vegetation zones. Following the seed year of 2022, regeneration interventions were implemented in the form of clear-cutting and shelterwood cutting. On research plots (minimum size 0.2 ha), a total of 331 seedling samples were collected and measured for above-ground height, length of the main taproot, and diameter at the root collar. The results showed that seedlings growing in clear-cut areas achieved significantly higher values in all measured parameters compared to those from shelterwood-cut areas. Increased light availability on clear-cuts supports assimilate production and accelerates seedling growth, whereas limited light conditions under shelter can hinder early development and increase vulnerability to competing vegetation. The findings highlight the importance of considering light and site conditions in silvicultural planning to ensure the establishment of stable and vigorous oak stands under changing climate conditions.

Keywords: sessile oak, natural regeneration, global climate change, root system

1 ÚVOD

Dub zimní (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) je považován za světlomilnou dřevinu s krátkou obnovní dobou (Březina, Dobrovolný, 2011). Zároveň se jedná o druh, který má velmi vysoký potenciál přirozeného zmlazení (Indruch, 1985). V posledních letech je v lesnické praxi kladen stále větší důraz na přirozenou obnovu lesních porostů (Vacek *et al.*, 2010), která je výhodná nejen z ekonomického hlediska, ale také z pohledu zvyšování ekologické stability a druhové rozmanitosti (Kamler *et al.*, 2016). Přirozená obnova dubových porostů se v současnosti řadí mezi klíčová témata evropského lesnictví, a to s ohledem na současný stav těchto porostů, rostoucí poptávku po jejich produktech a dopady globální klimatické změny na jejich stabilitu (Kanjevac *et al.*, 2021). Zatímco ve Francii a v Belgii je přirozená obnova dubu běžnou praxí (Kohler *et al.*, 2020), v České republice se využívá pouze zřídka, především kvůli vysokému konkurenčnímu tlaku buřene na živných stanovištích a dynamičtějšmu odrůstání jiných druhů dřevin (Poleno *et al.*, 2009). Úspěšnost přirozené obnovy dubových porostů není ovlivněna pouze volbou obnovního způsobu, ale také celou řadou biotických i abiotických faktorů a jejich vzájemnou interakcí. Vzhledem k omezenému porozumění těchto vlivů panuje značná nejistota ohledně vhodných lesnických postupů, zejména pokud jde o velikost korun mateřských stromů a rychlost rozvolňování korunového zápoje (Kohler *et al.*, 2020).

V prvních letech vývoje dokáže dub zimní růst i ve stínu, avšak v pozdějších fázích vývoje vyžaduje výrazně větší množství světla. Mezi další faktory, které mohou negativně ovlivnit úspěšnost přirozené obnovy, patří extrémní teploty vzduchu (Kanjevac *et al.*, 2021).

Vývoj semenáčků je dále ovlivňován jak mikroklimatickými podmínkami, tak kompeticí ze strany jiných dřevin a buřene (Modrý *et al.*, 2004). Omezení mezidruhově kompetice je proto zásadní a lze ji podpořit například zvýšením zastoupení dubu zimního v mateřském porostu ještě před zahájením obnovy. Významnou roli hraje i hustota semenáčků v počáteční fázi obnovy, neboť vyšší počet může potlačit rozvoj konkurenční vegetace. Mezi nejběžnější konkurenční dřeviny v evropských podmínkách patří buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), habr obecný (*Carpinus betulus* L.; Kanjevac *et al.*, 2021), na chudších stanovištích borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.; Pretzsch *et al.*, 2020) či bříza (*Betula* spp.; Rock *et al.*, 2004), neboť jejich semenáčky mají tendenci předrůstat dub a následně jej vytlačovat díky své větší konkurenční síle (Kohler *et al.*, 2020). Významným konkurentem bývají rovněž byliny, zejména ostružina (*Rubus* spp.), která může rychle předrůst a zcela potlačit dubové semenáčky (Kanjevac *et al.*, 2021).

Úspěšnost přirozené obnovy dubů je rovněž negativně ovlivňována přežvýkavými kopytníky, jako je srnec obecný (*Capreolus capreolus*) a jelen evropský (*Cervus elaphus*), kteří způsobují výrazné škody okusem, a to jak zpomalením růstu mladých stromků, tak i znemožněním vzcházení semen. Dalším negativním faktorem je nárůst početnosti prasete divokého (*Sus scrofa*), který vede k intenzivní konzumaci žaludů a tím i ke snížení přirozené obnovy dubových porostů (Kamler *et al.*, 2016).

Cílem příspěvku je kvantifikovat rozdíly ve vybraných morfologických parametrech semenáčků dubu zimního vzniklých přirozenou obnovou na různých typech obnovních sečí. Zároveň je analyzován potenciál této přirozené obnovy jako klíčového faktoru pro zajištění dlouhodobé stability a produkční funkce lesních porostů v podmínkách probíhající klimatické změny, a to na příkladu vybraných lokalit Školního lesního podniku (ŠLP) Masarykův les Křtiny.

2 MATERIÁL A METODY

Výzkum byl prováděn na území Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny (dále jen ŠLP), který se nachází v přírodní lesní oblasti (PLO) 30 – Drahanská vrchovina. Pro účely výzkumu bylo vybráno sedm porostů z 2. až 4. lesního vegetačního stupně (LVS), ve kterých byli odebíráni reprezentativní jedinci (vzorníky) přirozeného zmlazení dubu zimního. Průměrná roční teplota oblasti je 8–9 °C (Kozdasová *et al.*, 2021) a průměrné roční srážky se pohybují v rozmezí od 550 do 650 mm (Kománek *et al.*, 2024). Výzkumné plochy měly minimální rozlohu 0,2 ha a nacházely se v porostech, ve kterých byly provedeny obnovní zásahy během vegetačního klidu po semenném roce 2022. Sledovanými obnovními prvky byly holoseče a clonné seče jejichž základní charakteristiky jsou přehledně uvedeny v Tab.1.

Plocha CC1 je holá seč bez ponechání výstavků, CC2 je holina s výstavky a CC3 holá seč ve formě náseku s šířkou 20–25 m. Plochy S1–S4 se nacházely v porostech clonných sečí s nerovnoměrnou distribucí světelného požitku. Zakmenění mateřského porostu clonných sečí bylo mezi 0,3 a 0,5.

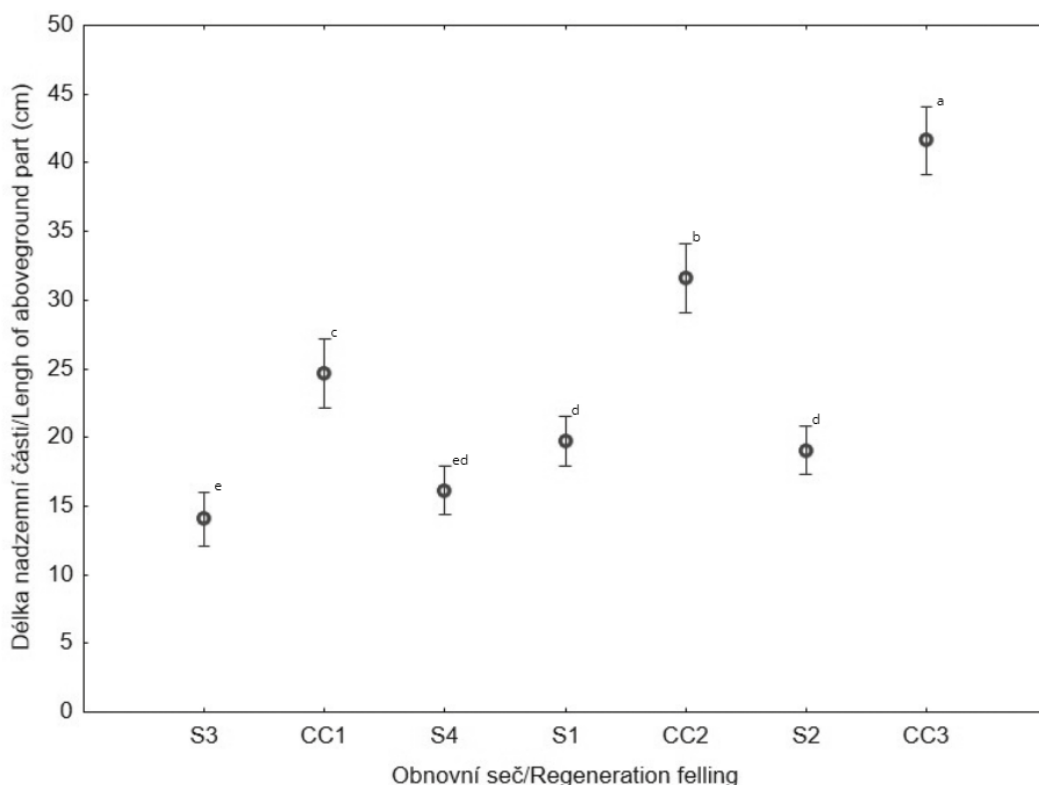
Vzorníky semenáčků byly odebrány přímo v terénu tak, že každý jedinec byl postupně vyzvednut i s kořenovým balem s maximální opatrností, aby nedošlo k porušení hlavního kořene. Na každé výzkumné ploše bylo cíleně odebráno 50 semenáčků. Na jedné lokalitě (S3) byl počet vzorků snížen na 31 z důvodu celkové nižší abundance přirozeného zmlazení, celkem bylo tedy odebráno 331 vzorníků. Výběr vzorníků byl zaměřen na průměrně vyvinuté jedince z plochy, do vzorkování nebyli zahrnuti jedinci výrazně podprůměrní, deformovaní, nadprůměrně vysocí nebo potenciálně odlišného stáří. Odběry vzorníků byly prováděny s maximální opatrností, aby se předešlo jejich poškození. Jakékoliv mechanické poškození by mohlo vést ke zkreslení výsledků a negativně ovlivnit přesnost následné analýzy.

U vyzvednutých vzorníků byly změřeny základní morfologické parametry. Pomocí dřevěného skládacího metru byla zaznamenána celková délka rostliny, délka hlavního kořene a délka nadzemní části s přesností 0,1 cm. Tloušťka kořenového krčku byla změřena pomocí digitálního posuvného měřítka s přesností 0,1 cm. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do připraveného formuláře pro systematické a efektivní zpracování dat.

Tab. 1: Základní charakteristiky obnovních prvků

Tab. Basic characteristics of regeneration elements

ID plochy (Plot ID)	GPS souřadnice (GPS coordinates)	Nadmořská výška (Altitude) (m n. m.)	Expozice (Aspect)	Sklon svahu (Slope) (°)	Půdní typ (Soil type)	Podloží (Bedrock)
CC1	49.2474872N, 16.7036578E	417	JZ	13,5	Kambizem	Arkóza
CC2	49.2781675N, 16.6247581E	420	J	1,4	Kambizem	Granodiorit
CC3	49.2847825N, 16.6234772E	435	J	5,7	Kambizem	Granodiorit
S1	49.2811811N, 16.6294544E	455	J	6,8	Kambizem	Granodiorit
S2	49.2812575N, 16.6271358E	440	Z	13,6	Kambizem	Granodiorit
S3	49.2386439N, 16.6821786E	320	JV	16,7	Kambizem	Granodiorit
S4	49.2482436N, 16.7036686E	425	Z	4,6	Kambizem	Arkóza

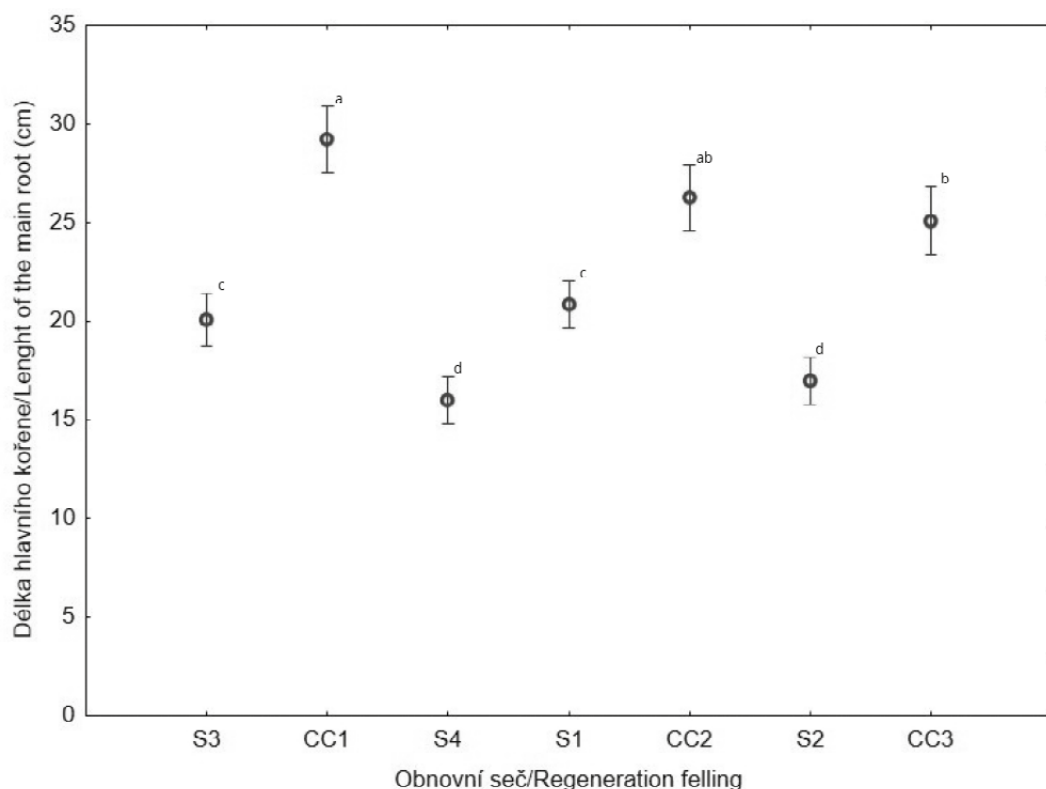


Obr. 1: Délka nadzemní části semenáčku z přirozeného zmlazení dubu zimního při obnově podrostním (Shelterwood, S1–S4), nebo holosečným hospodářským způsobem (Clear-cut, CC1–CC3). Chybové úsečky znázorňují střední chybu stanovení průměru ($n=50$, $n=31$ pouze u S3). Přidané číselné označení 1–4 odlišuje různé plochy. Odlišná malá písmena znázorňují statisticky významné rozdíly ($\alpha=0.05$) mezi plochami

Average shoot length of naturally regenerated sessile oak seedlings under shelterwood (S1–S4) or clear-cut (CC1–CC3) silvicultural systems. Whiskers denote standard deviation ($n=50$, $n=31$ only for S3). The numerical labels (1–4) distinguish different plots. Different letters indicate statistically significant differences among the studied plots ($\alpha=0.05$)

3 VÝSLEDKY

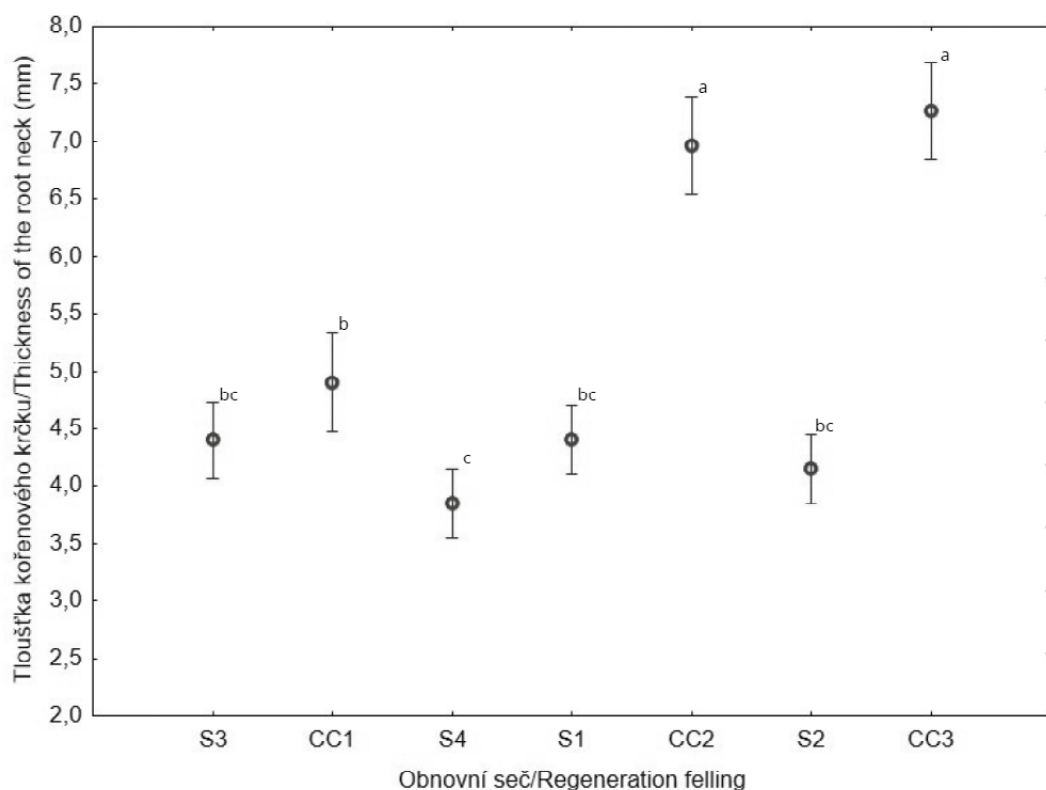
Obr. 1 znázorňuje rozdíly v délce nadzemní části semenáčků dubu zimního mezi jednotlivými variantami a ukazuje, že na plochách s holosečným způsobem obnovy (zejména CC3, CC2 a CC1) je délka nadzemní části výrazně vyšší. Nejdelší nadzemní část byla zaznamenána na ploše CC3, následovaná variantami CC2 a CC1, přičemž rozdíly mezi těmito variantami a některými plochami clonné seče (zejména S3, S4 a S2) byly statisticky významné. Výsledky napovídají, že podmínky na plochách s holosečí podporují růst nadzemní části semenáčků, což může pozitivně ovlivnit jejich schopnost přežití.



Obr. 2: Délka hlavního křlového kořene přirozeného zmlazení dubu zimního při obnově podrostním (Shelterwood, S1–S4), nebo holosečným hospodářským způsobem (Clear-cut, CC1–CC3). Chybové úsečky znázorňují střední chybu stanovení průměru ($n=50$, $n=31$ pouze u S3). Přidané číselné označení 1–4 odlišuje různé plochy. Odlišná malá písmena znázorňují statisticky významné rozdíly ($\alpha=0.05$) mezi plochami

Length of the main taproot of naturally regenerated sessile oak seedlings under shelterwood (S1–S4) and clear-cut (CC1–CC3) silvicultural systems. Whiskers denote standard deviation ($n=50$, $n=31$ only for S3). The numerical labels (1–4) distinguish different plots. Different letters indicate statistically significant differences among the studied plots ($\alpha=0.05$)

Obr. 2 znázorňuje rozdíly v délce hlavního křlového kořene semenáčků dubu zimního mezi jednotlivými variantami a ukazuje, že na plochách s holosečným způsobem obnovy je délka tohoto kořene výrazně vyšší. Nejdelší kořeny byly zaznamenány na ploše CC1, následované variantami CC2 a CC3, přičemž rozdíly mezi těmito variantami a některými plochami clonné seče (zejména S4 a S2) byly statisticky významné. Výsledky naznačují, že přírodní podmínky panující na plochách s holosečí vedou k tvorbě delšího křlového kořene, což může pozitivně ovlivňovat vitalitu i stabilitu přirozeného zmlazení dubu.



Obr. 3: Průměrná tloušťka kořenového krčku semenáčku přirozeného zmlazení dubu zimního při obnově podrostním (Shelterwood, S1–S4), a holosečným hospodářským způsobem (Clear-cut, CC1–CC3). Chybové úsečky znázorňují střední chybu stanovení průměru ($n=50$, $n=31$ pouze u S3). Přidané číselné označení 1–4 odlišuje různé plochy. Odlišná malá písmena znázorňují statisticky významné rozdíly ($\alpha=0.05$) mezi plochami

Average root collar diameter of naturally regenerated sessile oak seedlings under shelterwood (S1–S4) and clear-cut (CC1–CC3) silvicultural systems. Whiskers denote standard deviation ($n=50$, $n=31$ only for S3). The numerical labels (1–4) distinguish different plots. Different letters indicate statistically significant differences among the studied plots ($\alpha=0.05$)

Obr. 3 znázorňuje rozdíly v tloušťce kořenového krčku semenáček dubu zimního mezi jednotlivými variantami obnovy. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány na variantách s holosečným způsobem obnovy (CC2 a CC3), přičemž tyto varianty se statisticky významně lišily od varianty S4, kde byla naopak naměřena nejnižší tloušťka kořenového krčku. Výsledky naznačují, že podmínky holosečných ploch mohou příznivě ovlivnit i tloušťku kořenového krčku, což může opět vést k vyšší vitalitě a mechanické stabilitě semenáček.

4 DISKUSE

Výsledky výzkumu poukazují na to, že obnovní prvky mají významný vliv na úspěšnost přirozené obnovy dubu zimního i morfologické parametry semenáčků. Plochy obhospodařované holosečným způsobem vykazovaly vyšší hodnoty délky nadzemní části, délky hlavního křového kořene i tloušťky kořenového krčku. To svědčí o tom, že zvýšená dostupnost světla na těchto plochách vytváří příznivější podmínky pro produkci asimilátů a růst semenáčků dubu. Tyto poznatky jsou v souladu se závěry studií Březiny a Dobrovolného (2011) i Kanjevace *et al.* (2021), které rovněž poukazují na klíčovou roli světelných podmínek na vývoj přirozeného zmlazení dubu. Vývoj a růst hlavního křového kořene do hlubších půdních horizontů (větší délka) může být stimulován také sníženou dostupností vody zejména v období přísušku (Staszal *et al.*, 2022).

Na druhou stranu, clonné seče sice poskytují určitou míru ochrany před extrémními klimatickými výkyvy, avšak omezená světelná dostupnost v těchto porostech může být limitujícím faktorem pro počáteční vývoj semenáčků dubu zimního. Omezený přísun světla může vést k pomalejšímu růstu, nižší vitalitě a větší zranitelnosti vůči konkurenční vegetaci (Kohler *et al.*, 2020; Kanjevac *et al.*, 2021).

Výsledky studie tedy podporují hypotézu, že úspěšná přirozená obnova této dřeviny vyžaduje nejen dostatečné světelné podmínky, ale také cílené řízení konkurenčních vlivů a provedení zásahů do struktury mateřského porostu (Kanjevac *et al.*, 2021).

5 ZÁVĚR

Na základě provedeného výzkumu lze konstatovat, že zvolený způsob obnovy významně ovlivňuje morfologické vlastnosti přirozeného zmlazení dubu zimního ve sledovaných podmínkách ŠLP Křtiny. Jedinci rostoucí na plochách obhospodařovaných holosečným způsobem vykazovali vyšší průměrné hodnoty délky nadzemní části, delší hlavní křový kořen i větší tloušťku kořenového krčku ve srovnání s jedinci odebíranými z obnovních ploch clonnou sečí. Zjištěné rozdíly potvrzují, že typ obnovního zásahu zásadně ovlivňuje ranný vývoj přirozeného zmlazení dubu zimního. Výsledky zároveň poukazují na nutnost zohlednit světelné a stanovištní podmínky při plánování pěstebních opatření a obnovy, jejichž cílem je podpořit dlouhodobě stabilní a vitální dubové porosty v kontextu měnících se klimatických podmínek.

LITERATURA

- BŘEZINA, I., DOBROVOLNÝ, L. 2011. Natural regeneration of sessile oak under different light conditions. *Journal of Forest Science*. 57(8), 359–368. <http://dx.doi.org/10.17221/12/2011-JFS>
- INDRUCH, A. 1985. *Zakládání a výchova listnatých porostů: zkušenosti a poznatky získané při zakládání a výchově listnatých porostů v podmínkách Bílých Karpat*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 142 s.
- KANJEVAC, B., KRSTIĆ, M., BABIĆ, V., GOVEDAR, Z. 2021. Regeneration Dynamics and Development of Seedlings in Sessile Oak Forest in Relation to the Light Availability and Competing Vegetation. *Forests*. 12(4), 384. <https://doi.org/10.3390/f12040384>
- KAMLER, J., DOBROVOLNÝ, L., DRIMAJ, K., KADAVÝ, J., KNEIFL, M., ADAMEC, Z., KNOTT, R., MARTINÍK, A., PLHAL, R., ZEMAN, J., HRBEK, J. 2016. The impact of seed predation and browsing on natural sessile oak regeneration under different light conditions in an over-aged coppice stand. *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 9(4), 569–576. <https://doi.org/10.3832/for1835-009>
- KOHLER, M., PYTTEL, P., KUEHNE, C., MODROW, T., BAUHUS, J. 2020. On the knowns and unknowns of natural regeneration of silviculturally managed sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) forests – a literature review. *Annals of Forest Science*. 77, 101. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00998-2>
- KOMÁNEK, M., KNOTT, R., KADAVÝ, J., KNEIFL, M. 2024. Is the Concentric Plot Design Reliable for Estimating Structural Parameters of Forest Stands? *Forests*. 15(12), 2246. <https://doi.org/10.3390/f15122246>
- KOZDASOVÁ, A., GALČANOVÁ BATISTAZ, L., HÉDL, R., SZABÓ, P. 2024. Coppice reintroduction in the Czech Republic: extent, motivation and obstacles. *European Journal of Forest Research*. 143, 305–317.

- MODRÝ, M., HUBENÝ, D., REJŠEK, K. 2004. Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology and Management*. 188(1), 185-195. ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.07.029>
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V. 2009. *Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2
- ROCK, J., PUETTMANN, K.J., GOCKEL, H. A., SCHULTE, A. 2004. Spatial aspects of the influence of silver birch (*Betula pendula* L.) on growth and quality of young oaks (*Quercus* spp.) in central Germany. *Forestry*. 77(3), 235-247. <https://doi.org/10.1093/forestry/77.3.235>
- STASZEL, K., LASOTA, J., BŁOŃSKA, E. 2022. Effect of drought on root exudates from *Quercus petraea* and enzymatic activity of soil. *Scientific Reports*. 12(1), 7635. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11754-z>
- VACEK, S., VACEK, Z., SCHWARZ, O., NOSKOVÁ, I., BÍLEK, L. 2010. Regeneration of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*. 56(11), 541-554.

Poděkování

Příspěvek byl financován Interní grantovou agenturou MENDELU č. FFWT-24-IP-010 a institucionální podporou č. MZE-RO0123.

Kontakty | Contact Information

Eliška Žižková: e-mail: eliska.zizkova@mendelu.cz

SEKCE 3:

VÝCHOVA, PRODUKCE A STRUKTURA LESA

SESSION 3:

FOREST TENDING, PRODUCTION, AND STRUCTURE

RAST A VITALITA SMREKA VÝCHODNÉHO (*PICEA ORIENTALIS*) A SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES*) V LESNÍCKOM ARBORÉTE KYSIHÝBEL

GROWTH AND VITALITY OF THE ORIENTAL (*PICEA ORIENTALIS*) AND NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES*) IN THE FOREST ARBORETUM KYSIHÝBEL

Martin Belko¹, Michal Pástor¹, Klára Králová¹, Slavomír Strmeň¹, Jozef Vakula¹,
Jaroslav Jankovič¹, Martin Slávik¹

¹Sekcia pre vedu a výskum, Národné lesnícke centrum, T. G. Masaryka 2175/22 960 01 Zvolen, Slovensko

Abstrakt

Cieľom príspevku bolo, na základe dát z inventarizácií zbierok drevín Lesníckeho arboréta Kysihýbel vykonávaných v pravidelných 10 ročných intervaloch a dostupných od r.1984, vykonať predbežné zhodnotenie a porovnie rastu a vitality porastových skupín autochtónneho smreka obyčajného (*Picea abies*) a introdukovaného smreka východného (*Picea orientalis*). Smrek východný dosiahol v porovnaní so smrekom obyčajným takmer vo všetkých porastových skupinách nižšie hodnoty individuálnych, ako aj porastových veličín. V najstaršej porastovej skupine s vekom 114 r. dosiahla pri smreku východnom stredná hrúbka 43 cm, stredná výška 30 m, kruhová základňa 60 m².ha⁻¹ a zásoba 754 m³.ha⁻¹, pri smreku obyčajnom dosiahla stredná hrúbka 47 cm, stredná výška 33 m, kruhová základňa 66 m².ha⁻¹ a zásoba 868 m³.ha⁻¹. Prítomnosť hnilôb, ako aj jednotlivý až hlúčikový výskyt odumierania pozorovaný výhradne v porastových skupinách smreka obyčajného by však mohol naznačovať na nižšiu náchylnosť smreka východného na poškodenie biotickými škodlivými činiteľmi.

Kľúčové slová: introdukované dreviny, klimatická zmena, produkcia, drevinové zloženie

Abstract

The main aim of the contribution was to introduce the preliminary results of the growth and vitality assessment of autochthonous Norway spruce (*P. abies*) and introduced Oriental spruce (*P. orientalis*), based on data available from inventories of plots in the collections of the Forest Arboretum Kysihýbel. Inventories of plots have been carried out at regular 10-years intervals and are available since 1984. Oriental spruce achieved lower values of individual as well as stand characteristics compared to Norway spruce in almost all inventoried plots. In the oldest plot with an age of 114 years, for Oriental spruce the mean diameter at breast height was 43 cm, mean height was 30 m, basal area was 60 m².ha⁻¹ and stand volume 754 m³.ha⁻¹, for Norway spruce the mean diameter at breast height was 47 cm, mean height was 33 m, basal area was 66 m².ha⁻¹ and stand volume was 868 m³. However, the presence of rots as well as individual to patchy occurrences of dieback related to bark beetle infestation observed exclusively in plots of Norway spruce suggest on the lower susceptibility of Oriental spruce to damage related to biotic pests.

Keywords: introduced tree species, climate change, production, tree species composition

1 ÚVOD

Pokračujúci rozpad a destabilizácia smrekových monokultúr v dôsledku synergického pôsobenia viacerých okolností postupne znižuje zásoby hospodársky dôležitej ihličnatej drevnej suroviny v lesných porastoch na Slovensku (Zelená správa, 2024). Z projektovaných opatrení zameraných na adaptáciu lesných ekosystémov na predpokladané zmeny klímy navyše vyplýva, že podiel smreka obyčajného v drevinovom zložení lesov Slovenska klesne počas najbližších 30 rokov na 10 %. Čiastočnou kompenzáciou sa v tejto situácii môže javiť pozorovanie zvýšenej vitality jedle bielej (Bošeľa *et al.*, 2018), ktorej podiel na drevinovom zložení lesov Slovenska spolu s ostatnými ihličnatými drevinami okrem borovice však nepresahuje 6,6 % (Zelená správa, 2024).

Jedným z opatrení zameraným na zvýšenie produkcie, objemovej resp. hodnotovej, bolo odporúčanie vnášať ihličnaté drevis, predovšetkým smrek obyčajný do lesných porastov v menších hlúčikoch (2 až 3 áre) už od 3. a 4. lesného vegetačného stupňa (Saniga, 2019). Nedávny výskyt intenzívneho obdobia sucha (jún, júl, august) počas letných mesiacov roka 2022 a následné zníženie vitality menších skupín smreka obyčajného však opätovne potvrdilo rastúcu neistotu produkcie drevis smrek obyčajný a potrebu hľadania vhodnej alternatívnej drevis (Bošeľa *et al.*, 2025). Z autochtónnych drevis môže prevziať túto úlohu v horských oblastiach Slovenska len jedľa biela (Bošeľa *et al.*, 2018; Condés *et al.*, 2022), výskyt ostatných ihličnatých drevis je aktuálne viazaný na špecifické podmienky vymedzených stanovísk. Opätovná preferencia jedného druhu drevis však so sebou nesie nutne riziko zopakovania chýb z minulosti. Aktuálne je tak v podmienkach Slovenska možné zabezpečiť rozloženie ekologického rizika na viacero druhov drevis v prípade drevis ihličnatých len s použitím nepôvodných druhov. V minulom storočí bolo v podmienkach Slovenskej a Českej republiky založených a hodnotených viacero porastov s nepôvodnými ihličnatými drevinami, najmä douglaskou tisolistou a jedľou obrovskou (Kubeček *et al.*, 2014). Ekologické, rastové a produkčné schopnosti obidvoch drevis boli podrobne opísané vo viacerých domácich, ale aj zahraničných odborných prácach (Kubeček *et al.*, 2014). Na druhej strane zostávali takmer bez povšimnutia drevis a výsledky spojené s Lesníckym arborétom Kysihýbel, objektom založeným v r. 1900, ktorého hlavnou obsahovou náplňou bolo a naďalej aj je sledovanie a hodnotenie adaptačného a produkčného potenciálu nepôvodných drevis v podmienkach Slovenska (Holubčík, 1960, Slávik, 2021). Systematické usporiadanie plošných výsadiel drevis tvoriacich aktuálne kompaktný zapojený lesný porast s celkovou výmerou 7,78 ha navyše umožňuje pri viacerých drevinách prístup k celkovému zhodnoteniu ich rastového a adaptačného potenciálu. Cieľom tohto príspevku bolo, na základe dát dostupných z inventarizácií zbierok drevis Lesníckeho arboréta Kysihýbel vykonávaných od r. 1984 v pravidelných 10 ročných intervaloch vykonať predbežné zhodnotenie a porovnanie rastu a vitality porastových skupín autochtónneho smreka obyčajného (*P. abies*) a introdukovaného smreka východného (*P. orientalis*).

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Prírodné pomery Lesníckeho arboréta Kysihýbel

Lesnícke arborétum Kysihýbel (ďalej len arborétum) sa nachádza v extraviláne mesta Banská Štiavnica, orografickom celku Štiavnické vrchy (48.45 E; 18.93 N), nadmorskej výške od 524 do 558 m n. m. Arborétum bolo založené na bývalej poľnohospodárskej pôde – pasienkoch. Celková výmera arboréta je 7,78 ha. V súčasnosti je arborétum tvorené kompaktným porastom lesných drevis v rôznych rastových fázach, s typickou bylinnou synúziou tvorenou lesnými druhmi. Priemerná ročná teplota podľa Normálu 1980–2010 dosahuje 6,7 °C a zrážky 895 mm. Geologický podklad plochy vyčlenenej pre potreby arboréta je tvorený andezitom. Pôdu v arboréte je možné klasifikovať ako hlinito-piesočnatú kambizem s mierne kyslým pH (5,2–6,0) (Holubčík, 1960). Bonita drevis smrek v lesných porastoch nachádzajúcich sa v tesnej blízkosti arboréta dosahuje hodnotu 30 a 32.

Tab. 1: Zoznam porastových skupín so smrekom obyčajným (*P. abies*) a smrekom východným (*P. orientalis*) určených pre hodnotenie rastu a vitality

The list of plots with Norway spruce (*P. abies*) and Oriental spruce (*P. orientalis*) selected for growth and vitality assessment

Drevina ¹	Rok výsadby ²	Evidenčné číslo ³	Výmera ⁴
<i>P. abies</i>	1910	I / 30, 37, 44	720 m ²
	1938	II / 6	283 m ²
<i>P. orientalis</i>	1910	I / 2	250 m ²
	1938	II / 5	500 m ²

¹Tree species, ²Year of establishment, ³Plot number, ⁴Area

2.2 Usporiadanie a hodnotenie porastových skupín

Hodnotenie rastu, produkcie a vitality smreka obyčajného a smreka východného bolo vykonané v porastových skupinách pravidelného tvaru založených výsadbou sadeníc v rokoch 1910 a 1938 v rámci arboréta (Tabuľka 1). Výmera porastových skupín sa pohybovala od 250 m² do 720 m². Porastové skupiny boli pestovne usmerňované podľa dobových postupov a metód. V iníciaľných rastových fázach to bola najmä ochrana pred konkurenčnou vegetáciou a prerezávky. V neskorších rastových fázach to boli podúrovňové prebierky s negatívnym výberom.

Hodnotenie rastu a vitality porastových skupín s drevinami v Arboréte je s malými prestávkami spôsobenými nepredvídateľnými okolnosťami vykonávané v pravidelných desaťročných intervaloch. Hodnotenie zahŕňa priemerkovanie naplno (d_{1,3}; cm), meranie výšky nadzemnej časti (H; m), stanovenie počtu stromov (N; ks) a posúdenie zdravotného stavu (výskyt defoliácie, biotických, abiotických škodlivých činiteľov).

Z dát získaných terénnym meraním sú samostatne za každú porastovú skupinu vypočítané priemerné hodnoty (d_{1,3}; H; N) a následne stanovené odvodené veličiny, kruhová základňa (G, m²) a zásoba porastu (V, m³). Hodnoty stanovené samostatne za každú porastovú skupinu sú následne prepočítané sumárne na ha. V práci sú prezentované výsledky z inventarizácii z rokov 1984, 1994 a 2024. Výsledky, ako aj významnosť rozdielov medzi porovnávanými hodnotami neboli z dôvodu predbežného charakteru spracovania dát podrobené štatistickej analýze.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Smrek východný (*Picea orientalis*) je drevinou vyskytujúcou sa okolo východného pobrežia Čierneho mora, vrátane centrálnej časti Veľkého Kaukazu a východných koncov Trialetského hrebeňa na Malom Kaukaze. Tieto oblasti ležia v Abcházsku, Gruzínsku a severovýchodnom Turecku (Kayacik, 1955; Oktan, 2019). Výskyt smreka východného (Oktan, 2019) je v areáli pôvodného výskytu viazaný na stanovníská s nadmorskou výškou od 600 do 2100 m n. m. s optimom v 1200 m n. m. Celkové rozšírenie druhu je však určené predovšetkým klimatickými faktormi, najmä obmedzeniami v dôsledku nedostatku zrážok a nízkej atmosférickej vlhkosti.

V oblasti pôvodného výskytu môže za optimálnych podmienok dosiahnuť výšku 30 až 40 m (maximum 57 m) a hrúbku v d_{1,3} 1 m až 1,5 m (maximum 4 m) (Kayacik, 1955; Savill *et al.*, 2017). Najvyššia zaznamenaná hodnota hrúbky d_{1,3} 61,1 cm a výšky 34,3 m pre smrek východný v Lesníckom arboréte Kysihýbel bola zistená v porastovej skupine I / 2 na jedincovi s vekom 114 rokov. Pri smreku obyčajnom dosiahli najvyššie zaznamenané hodnoty pre hrúbku v d_{1,3} 80 cm a výšku 40 m. Autochtónny smrek obyčajný sa v porovnaní s introdukovaným smrekom východným v hodnotených porastových skupinách v arboréte vyznačoval vyššími hodnotami takmer všetkých hodnotených veličín (Tabuľka 2 a 3).

Tab. 2: Vývoj porastových charakteristík porastových skupín so smrekom obyčajným (*Picea abies*) a smrekom východným (*Picea orientalis*) založených v r. 1910 v Lesníckom arborete Kysihýbel
Development of stand characteristics of Norway spruce (*Picea abies*) and Oriental spruce (*Picea orientalis*) on plots established in the Forest arboretum Kysihýbel in 1910

Vek ¹	Počet stromov ²	Kruhová základňa ³	Zásoba hrubiny ⁴	Stredná hrúbka ⁵	Stredná výška ⁶
(roky)	(ks.ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(cm)	(m)
<i>Picea abies</i>					
74	736	56	736	35	26
84	610	64	822	38	28
114	375	66	868	47	33
<i>Picea orientalis</i>					
74	500	43,5	381	32	22
84	460	47,2	454	35	25
114	380	60,0	754	43	30

¹Age, ²Number of stems, ³Basal area, ⁴Stand volume, ⁵Mean diameter, ⁶Mean height

Oksbjerg (1957) rovnako ako Savil *et al.* (2017), ktorí sledovali a porovnávali rast obidvoch smrekov v Nemecku, Dánsku a Anglicku zaznamenali v dynamike rastu smreka východného a obyčajného minimálne rozdiely. Oksbjerg (1957) však uvádza, že smrek obyčajný v porovnaní so smrekom východným dokáže omnoho pružnejšie reagovať na priaznivé / nepriaznivé stano-
vištné podmienky.

Halaj, Petráš (1998) uvádzajú pre drevinu smrek obyčajný, bonitu 32, zásobovú úroveň 2, zakmenenie 1,0 a vek 115 rokov nasledovné hodnoty počtu stromov, kruhovej základne a zásoby na 1 ha hlavného porastu: N 480 ks.ha⁻¹, G 58,8 m².ha⁻¹, a V 823 m³.ha⁻¹. Mierne vyššie hodnoty porastových veličín zaznamenané nielen v prvej, ale aj ostatných plôškach so smrekom obyčajným (Tabuľka 2 a 3) v porovnaní s hodnotami uvádzanými v Rastových tabuľkách poukazu-
jú pravdepodobne na predchádzajúci spôsob využívania pozemkov tvoriacich súčasný areál Lesníckeho arboreta Kysihýbel (Holubčík, 1960).

Živné stanoviská, medzi ktoré patria aj bývalé poľnohospodársky využívané pozemky sa však okrem mimoriadneho rastu prirodzene alebo zámerne vnesených drevín, vyznačujú taktiež zvýšenou aktivitou patogénnych organizmov, najmä drevokazných húb prípadne hmyzu. Mareš (2010) zaznamenal v podmienkach Nízkeho Jeseníka na jedincoch smreka obyčajného, s vekom 50 r. a viac, rastúcich na bývalých poľnohospodársky využívaných pozemkoch (orná pôda, pasi-
enky) výskyt hniloby (Heterobasidion annosum) na viac ako 50 % vyťažených kmeňov. Na druhej strane nedávne zistenia Cukora *et al.* (2020) naznačujú, že pestovanie smreka obyčajného na bývalých poľnohospodárskych pozemkoch nemusí byť vždy nutne spojené s poklesom kvalitatív-
nych parametrov drevnej suroviny. V podmienkach arboreta rovnako ani v okolitých porastoch nedošlo zatiaľ k výraznejšiemu premnoženiu podkôrneho hmyzu. Prípadný jednotlivý až hlúči-
vový výskyt odumretia v dôsledku napadnutia podkôrnym hmyzom, lykožrútom smrekovým (I. typographus), bol za celú dobu sledovania plôšok zaznamenaný len na plôškach so smrekom obyčajným. Viaceré kmene smreka obyčajného naletené podkôrnym hmyzom sa navyše po
spílení vyznačovali hnilobami územkov siahajúcimi do výšky 2 až 3 m od pňa. V prípade smreka

Tab. 3: Vývoj porastových charakteristík porastových skupín so smrekom obyčajným (*Picea abies*) a smrekom východným (*Picea orientalis*) založených v r. 1938 v Lesníckom arboréte Kysihýbel
Development of stand characteristics of Norway spruce (*Picea abies*) and Oriental spruce (*Picea orientalis*) on plots established in the Forest arboretum Kysihýbel in 1938

Vek ¹	Počet stromov ²	Kruhová základňa ³	Zásoba hrubiny ⁴	Stredná hrúbka ⁵	Stredná výška ⁶
(roky)	(ks.ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(cm)	(m)
<i>Picea abies</i>					
46	760	38,6	346	25	22
56	500	39,8	443	32	26
86	380	67,4	936	48	34
<i>Picea orientalis</i>					
46	800	37,8	345	24	22
56	720	41,0	390	27	23
86	540	60,3	672	38	27

¹age, ²number of stems, ³basal area, ⁴stand volume, ⁵mean diameter, ⁶mean height

východného bol počas celej doby pestovania v arboréte zaznamenaný ojedinelý výskyt lyko-kaza smrekového (*D. micans*) tvoriaceho charakteristický plošný požerok. Avšak vzhľadom na sporadický výskyt tohto javu nedošlo na ploškách so smrekom východným nikdy k rozsiahlejšiemu odumieraniu jedincov. Napriek týmto pozorovaniam nemožno riziko spojené so škodlivou činnosťou podkôrneho hmyzu podceňiť ani pri smreku východnom. V areáli pôvodného výskytu smreka východného už bol lykokaz smrekový podobne ako na Slovensku alebo Česku lykožrút smrekový, príčinou veľkoplošného rozpadu viacerých komplexov porastov smreka východného (Savill *et al.*, 2017).

4 ZÁVER

Predbežné hodnotenie dát z inventarizácii porastových skupín v arboréte ukázalo, že introdukovaný smrek východný má v porovnaní s autochtónnym smrekom obyčajným sklon k pozvoľnejšiemu rastu dokumentovanému najmä nižšími hodnotami takmer všetkých hodnotených individuálnych, ako aj porastových charakteristík.

Na druhej strane, pozorovaný jednotlivý až hlúčikový výskyt odumierania v dôsledku napadnutia lykožrútom smrekovým (*I. typographus*), ako aj prítomnosti hnilôb v územkoch kmeňov smreka obyčajného mohli naznačovať na nižšiu náchylnosť smreka východného na poškodenie biotickými škodlivými činiteľmi. Túto hypotézu by však bolo potrebné overiť v samostatnom experimente. Predbežné spracovanie a vyhodnotenie dát z inventarizácii porastových skupín smreka obyčajného a smreka východného v arboréte je od momentu vydania publikácie Holubčíkom (1960) predovšetkým opätovným pokusom o naplnenie tematického a obsahového poslania Lesníckeho arboréta Kysihýbel. Spôsob založenia a rozmiestnenia plošných výsadiel drevín tvoriacich aktuálne v Lesníckom arboréte Kysihýbel kompaktný zapojený lesný porast s celkovou výmerou 7,78 ha totiž aj naďalej ponúka jedinečnú možnosť získania uceleného prehľadu o rastových a adaptačných vlastnostiach ďalších hospodársky významných introdukovaných drevín a ich porovnania s autochtónnymi ekvivalentmi.

LITERATÚRA

- BOŠEĽA, M., LUKAC, M., CASTAGNERI, D., SEDMÁK, R., BIBER, P., CARRER, M., KONÔPKA, B., NOLA, P., NAGEL, T. A., POPA, I. 2018. Contrasting effects of environmental change on the radial growth of co-occurring beech and fir trees across Europe. *Science of the Total Environment*. 615(15), 1460–1469.
- BOŠEĽA, M., MARCIS, P., POLŤÁK, D., RYBÁR, J., FLEISCHER, P. SR., FLEISCHER, P. JR., GÖMÖRYOVÁ, E., VIDO, J., NALEVANKOVÁ, P., ŠKVARENINA, J. *et al.* 2025. Norway spruce monoculture has lower resilience and carbon sequestration capacity than a more diverse broadleaved forest: A case study in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. 591, 122829.
- CONDÉS, S., DEL RÍO, M., FORRESTER, D. I., AVDAGIĆ, A., BIELAK, K., BONČINA, A., BOSELA, M., HILMERS, T., IBRAHIMSPAHIĆ, A., DROZDOWSKI, S. *et al.* 2022. Temperature effect on size distributions in spruce–fir–beech mixed stands across Europe. *Forest Ecology and Management*. 504, 119819.
- CUKOR, J., ZEIDLER, A., VACEK, Z., VACEK S. 2020. Comparison of growth and wood quality of Norway spruce and European larch: effect of previous land use. *European Journal of Forest Research*. 139(3), 459–472.
- HALAJ, J., PETRÁŠ R. 1998. *Rastové tabuľky hlavných drevín*. Bratislava: SAP, 325 s.
- HOLUBČÍK, M. 1960. *Lesnícke arborétum v Kysihýbľi*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 183 s.
- KAYACIK, H. 1955. The distribution of *Picea orientalis* (L.) Carr. *Kew Bulletin*. 10(3), 481–490.
- KUBEČEK, J., ŠTEFANČÍK, I., PODRÁŽSKÝ, V., LONGAUER, R. 2014. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb. / Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. *Central European Forestry Journal*. 60(2), 116–124.
- MAREŠ, R. 2010. The extent of root rot damage in Norway spruce stands established on the fertile sites of former agricultural land. *Journal of forest Science*. 56(1), 1–6.
- MINISTERSTVO PÔDOHOSPODÁRSTVA A ROZVOJA VIDIEKA SR. 2024. *Zelená správa. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2023*. [cit. 2025–06–03]. <https://www.mpsr.sk/download.php?fID=25480>
- OKTAN, E. 2019. Determining the homogeneity and stand quality values in pure oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) grown in Turkey. *Polish Journal of Environmental studies*. 28(3), 1313–1324.
- OKSBJERG, E. 1957. *Picea orientalis*. *Dansk Skovforeningens Tidsskrift*. 42(11), 547–74.
- SANIGA, M. 2019. *Pestovanie lesa*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 331 s.
- SAVILL, P., WILSON, S., MASON, B., JINKS, R., STOKES, V., CHRISTIAN, T. 2017. Alternative spruces to Sitka and Norway, Part 2 – Oriental or Caucasian spruce (*Picea orientalis*), and the American and Asian spruces. *Quarterly Journal of Forestry*, 111(2), 88–97.
- SLÁVIK, M. 2021. *Prevádzkovo využiteľné dreviny Lesníckeho arboréta Kysihýbľi*. Zvolen: Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 93 s.

Poděkování

Autori ďakujú za technickú pomoc pri terénnych meraniach M. Meňušovi.

Kontakty | Contact Information

Martin Belko: e-mail: martin.belko@nlcsk.org

VLIV PĚSTEBNÍHO ZÁSAHU A NADMOŘSKÉ VÝŠKY NA VODNÍ STRES U MLADÝCH POROSTŮ SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* (L.) H. KARST)

EFFECT OF THINNING AND ALTITUDE ON WATER STRESS IN YOUNG NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) H. KARST) STANDS

Jana Hacurová¹, Nikola Švorc Štěpánová¹, David Dušek¹,
Jan Leugner¹, Jakub Černý¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, Jíloviště 252 02, Česká republika

Abstrakt

Významným prvkem adaptace lesních porostů na projevy klimatických změn mohou být optimální pěstební (výchovné) zásahy. Tento příspěvek hodnotí míru vodního stresu mladých nesmíšených smrkových porostů ve vegetačním období 2023 na dvou ekologicky odlišných lokalitách (Křivina 402 m n. m. a Říčky 920–930 m n. m.) v závislosti na intenzitě výchovných zásahů. Vodní stres byl měřen pomocí Scholanderovy tlakové komory. Přestože se předpokládalo, že výchovný zásah zlepší dostupnost vody díky rozvolnění korunového zápoje, výsledky neprokázaly významné rozdíly mezi variantami zásahu. Překvapivě vyšší hodnoty vodního stresu byly zaznamenány na klimaticky vhodnější lokalitě Říčky. Výsledky podtrhují důležitost kombinace ekologických, fenologických a fyziologických faktorů při hodnocení dopadů sucha na lesní porosty.

Klíčová slova: vodní potenciál, Scholanderova tlaková komora, půdní vlhkost, prořezávka

Abstract

For the adaptation of forest stands to the effects of climate change can be important optimal silvicultural (tending) interventions. This study evaluates the water stress level in pure young Norway spruce stands in the 2023 growing season at two ecologically distinct sites (Křivina 402 m a.s.l. and Říčky 920–930 m a.s.l.) in relation to the intensity of thinning interventions. Water stress was assessed using a Scholander pressure chamber. Although it was assumed that thinning would enhance water availability due to reducing canopy closure, the results did not reveal significant differences between thinning treatments. Surprisingly, higher levels of water stress were observed at the climatically more favourable site, Říčky. The findings emphasize the importance of integrating ecological, phenological, and physiological factors when evaluating the impacts of drought on forest stands.

Keywords: water potential, Scholander pressure chamber, soil moisture, thinning

1 ÚVOD

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H. Karst) představuje jeden z nejrozšířenějších a hospodářsky nejvýznamnějších druhů jehličnanů v Evropě, s dlouholetou tradicí jeho pěstování (Skrøppa *et al.*, 2003; Bošeľa *et al.*, 2014). S rostoucími projevy klimatické změny se v lesních oblastech Evropy očekává častější výskyt letních přísušků (Ježík *et al.*, 2014). Boreální lesy jsou vůči suchu obzvláště zranitelné. Teplé a suché podmínky mohou negativně ovlivňovat růst stromů, což může vést ke snížení celkové produktivity lesních porostů (Wotherspoon *et al.*, 2022).

Prořezávky a probírky představují jedny ze základních pěstebních zásahů uplatňovaných v lesním hospodářství. Obvykle vedou ke snížení hustoty porostu a ke krátkodobému zvýšení přírůstu jednotlivých stromů (Gonçalves, 2021). Regulace hustoty lesního porostu, například

prostřednictvím prořezávky nebo předmýtní probírky, může přispět ke snížení vodního stresu zbylých jedinců a ke zlepšení jejich vitality, a to v důsledku zlepšené dostupnosti půdní vody. Dostupnost půdní vláhy byla identifikována jako hlavní faktor ovlivňující růst stromů během vegetačního období, také byl pozorován zvýšený tloušťkový přírůst a zlepšení hodnoty produkovaného dřeva (Olivar *et al.*, 2014; Wotherspoon *et al.*, 2022).

Základním parametrem používaným k popisu a kvantifikaci vodního režimu rostlin je vodní potenciál (ψ_w). Vyjadřuje energetický stav vody v rostlinných pletivech, orgánech či okolním prostředí a odráží sílu, kterou je voda v daném systému vázána. Hodnoty vodního potenciálu jsou zpravidla záporné (González a Roger, 2003; Ritchie a Landis, 2005; Erice *et al.*, 2018) v rozsahu od $-0,3$ MPa v půdě přes cca $-0,8$ MPa v rostlině po -95 MPa v atmosféře (Taiz a Zeiger, 2002). V rostlinách se běžně stanovuje pomocí tlakové komory (Scholander *et al.*, 1964). Je to citlivý integrátor edafických a atmosférických vlivů působících na vodní vztahy rostlin (Sellin, 1996; Cochard *et al.*, 2021). V této souvislosti se rovněž používá pojem vodní stres rostlin (Plant Moisture Stress, PMS), který lze z vodního potenciálu odvodit převrácením znaménka. Oba parametry se vyjadřují v tlakových jednotkách – MPa, nebo barech (Ritchie a Landis, 2005).

Cílem práce bylo zjistit, zda intenzita pěstebního zásahu a nadmořská výška ovlivní míru vodního stresu v mladých smrkových porostech.

2 MATERIÁL A METODY

Vodní stres smrku ztepilého byl v průběhu vegetačního období 2023 sledován na dvou výzkumných lokalitách. Lokality byly zvoleny v rozdílných nadmořských výškách tak, aby reprezentovaly různé ekologické podmínky pro pěstování smrku. Výzkumná plocha (VP) Křivina (402 m n. m.) představuje spodní hranici vhodnosti pěstování smrku a z hlediska budoucího vývoje se jedná o rizikovou polohu, stáří porostu 17 let (2023). Říčky (920–930 m n. m.) se nachází v horní části Orlických hor, jedná se o polohu s nízkým rizikem z hlediska ohrožení suchem, stáří porostu cca 30 let (2023). Obě výzkumné lokality jsou rozděleny na tři dílčí plochy dle intenzity výchovného zásahu (Tab. 1). Výchovné zásahy byly na obou plochách provedeny v roce 2020. Na každé lokalitě bylo pro hodnocení vybráno 18 úrovnových vitálních stromů (6 stromů pro každou variantu).

Vzorky byly odebírány každé dva týdny (Křivina 13 odběrů; 11.4.–31.10.; Říčky 10 odběrů; 9.5.–24.10.; vegetační období bylo definováno dle Körner *et al.*, 2023). Termíny odběrů byly pro účely analýzy převedeny na pořadové dny v roce (DOY). Z každého stromu byly odebrány tři dvouleté větvičky z produkční části koruny. Vodní stres byl měřen pomocí tlakové komory

Tab. 1: Přehled dílčích ploch na VP Křivina a VP Říčky
Overview of research subplots in Křivina and Říčky

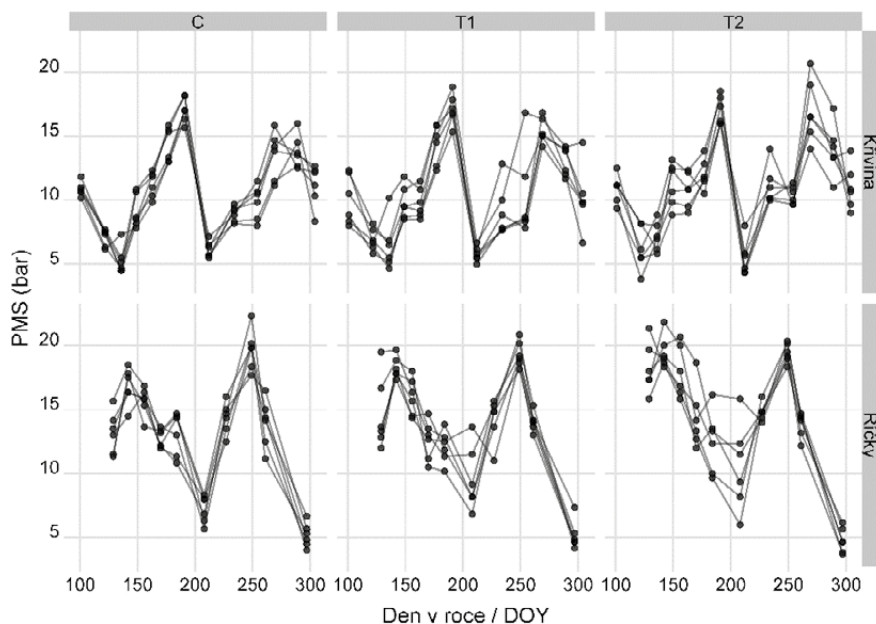
Lokalita (Location)	Dílčí plochy (Subplot)	Výchovný zásah (Silvicultural intervention)	Porostní hustota ($\text{ks} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Stand density ($\text{tree} \cdot \text{ha}^{-1}$))
KŘIVINA 402 m n. m.	C	kontrola, bez zásahu / control, no intervention	3500
	T1	provozní zásah / common thinning	2000
	T2	intenzivní zásah / heavy thinning	1300
ŘÍČKY 920–930 m n. m.	C	kontrola, bez zásahu / control, no intervention	1690
	T1	provozní zásah / common thinning	1400
	T2	intenzivní zásah / heavy thinning	1010

(Model 1000, PMS Instrument Company, Oregon, USA). Vodní sloupec v xylému má stále určité napětí, které se po odstřížení vzorku naruší a voda se částečně stáhne zpět. Při zvyšování tlaku v komoře je voda tlačena zpět k řeznému povrchu. Vodní stres je určen jako hodnota tlaku plynu potřebného k vytlačení kapky vody na řezu a tento tlak se rovná napětí vodního sloupce v době odstříhnutí vzorku (González, 2003). Hodnoty tlaku ze tří odběrů v rámci stejného stromu a termínu byly zprůměrovány. Během sledování vodního stresu byly kontinuálně měřeny meteorologické parametry (teplota vzduchu, úhrny srážek) automatickými meteostanicemi, které jsou na obou lokalitách umístěny na volné ploše. Na Křivíně byla půdní vlhkost zjišťována pomocí čidel Campbell CS 650/CS655, která snímají vlhkost po celé délce senzoro- vých tyčí (30 cm) a v jejich blízkém okolí. Na Říčkách byla půdní vlhkost sledována v rámci měření meteostanic.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

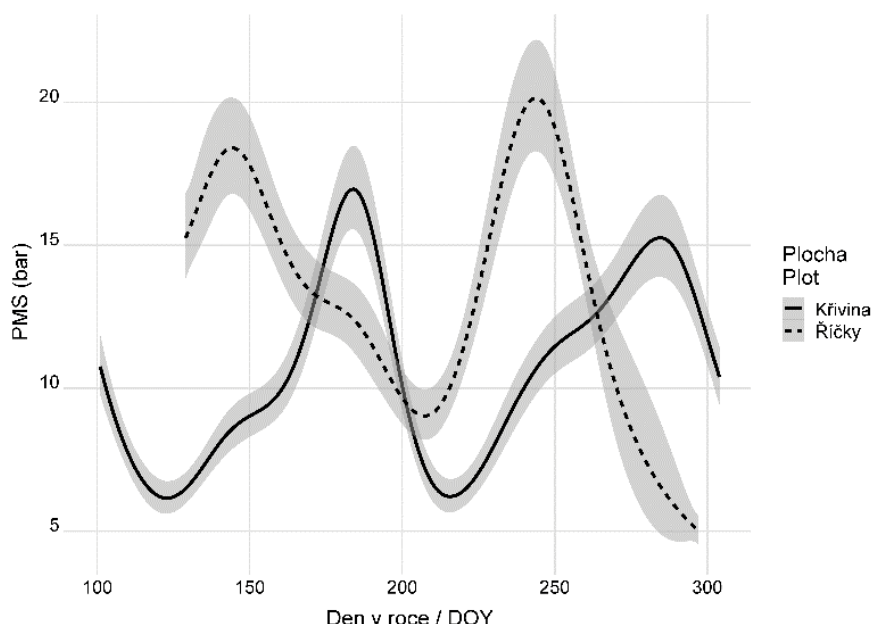
Navzdory předpokladu, že vyšší intenzita výchovného zásahu zajistí ponechaným stromům lepší dostupnost vody díky nižší intercepci, a tedy menší míře stresu suchem (Olivar *et al.*, 2014; Wotherspoon *et al.*, 2022), předběžná analýza nepotvrdila relevantní rozdíly mezi jednotlivými variantami (C, T1 a T2) a průběh hodnot v rámci stejné lokality byl velmi podobný (Obr. 1).

Pro analýzu na úrovni lokalit byl použit zobecněný aditivní model se smíšenými efekty (GAMM) s Gamma rozdělením a logaritmickou link funkcí, kde jednotlivé stromy vystupují jako náhodné efekty. Modelové hodnoty z GAMM vykazovaly rozdílný průběh pro jednotlivé lokality (Obr. 2). Na obou lokalitách byly detekovány dva vrcholy maxima a dvě minima hodnot



Obr. 1: Vývoj hodnot vodního stresu (PMS) jednotlivých stromů podle experimentální varianty a lokality. Hodnoty pro jeden strom byly získány jako aritmetický průměr ze tří odběrů ve stejném termínu. C – kontrolní varianta, T1 – provozní zásah, T2 – intenzivní zásah

Development of plant moisture stress (PMS) of individual trees according to experimental treatment and location. The values for each tree were obtained as the arithmetic mean of three samples taken at the same time. C – control treatment, T1 – common intervention, T2 – intensive intervention



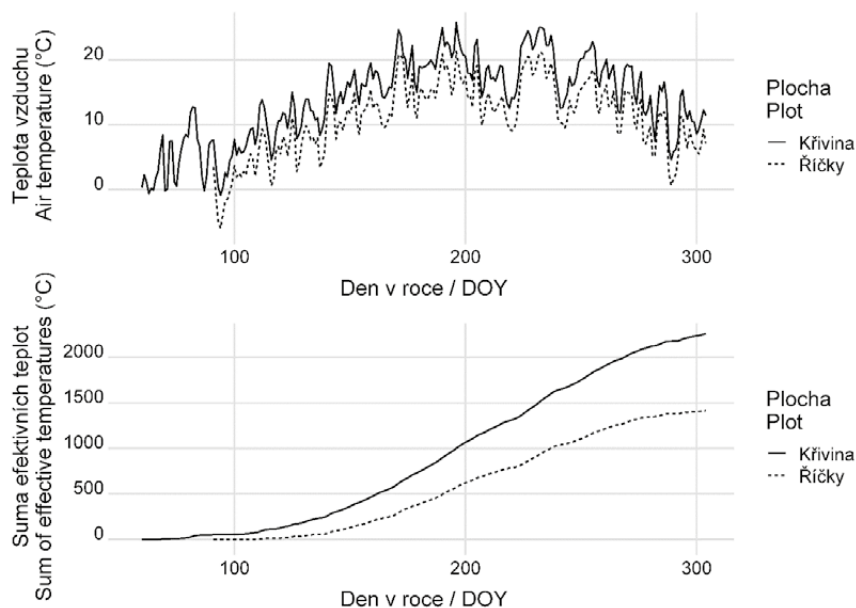
Obr. 2: Modelový vývoj hodnot vodního stresu (PMS) z GAMM na jednotlivých lokalitách s 95% intervaly spolehlivosti pro střední hodnotu

Model development of plant moisture stress (PMS) from GAMM at individual sites with 95% confidence intervals for the mean value

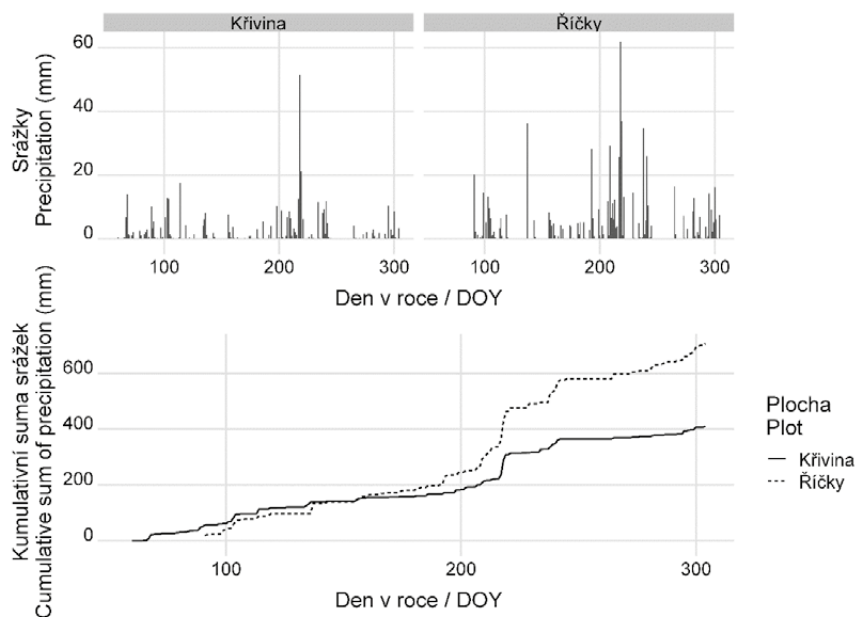
vodního stresu, ale s rozdílným časovým posunem. Na lokalitě Křivina bylo dosaženo dvou maxim v DOY 184 (3.7.) a DOY 285 (12.10.) a minim v DOY 123 (3.5.) a DOY 216 (31.5.). Na lokalitě Říčky bylo dosaženo maxim v DOY 144 (24.5.) a DOY 244 (1.9.) a minim v DOY 207 (26.7.) a DOY 297 (24.10.).

Předpokládalo se, že na lokalitě Křivina, která se nachází na dolní hranici ekologické valence smrku (Hanewinkel *et al.*, 2013), budou stromy více vystaveny stresu v důsledku nepříznivých klimatických podmínek. Naproti tomu na lokalitě Říčky se očekával nižší stupeň stresu, protože se jedná o polohu s vhodnými podmínkami pro jeho pěstování (Dujka a Kusbach, 2023). Ačkoli hodnoty vodního stresu vykazovaly výrazně odlišný vývoj mezi jednotlivými lokalitami, nepodařilo se tyto rozdíly vysvětlit za pomoci regresních modelů s využitím shromážděných meteorologických údajů o srážkách, teplotě vzduchu a půdní vlhkosti z daných lokalit (Obr. 3–5). Roli zde zřejmě sehrávají další nesledované faktory, např. fenologie, pedologie apod.

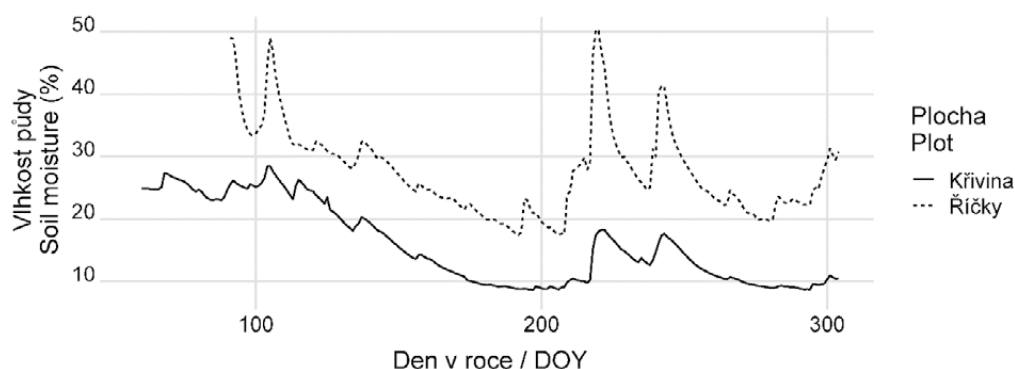
Navzdory vyšším úhrnům srážek a vyšší půdní vlhkosti zaznamenané během vegetačního období byly na lokalitě Říčky zjištěny vyšší hodnoty vodní stresu. To naznačuje, že porosty na této lokalitě byly vystaveny většímu stresu než na lokalitě Křivina. Jedním z možných vysvětlení tohoto rozdílu je odlišný fyziologický stav stromů – je pravděpodobné, že porosty na Křivině se nacházejí v lepší kondici – zásadním faktorem bude rozdílný věk obou porostů (Říčky 30 let a Křivina 17 let). Roli může hrát i odlišné načasování fenologických fází vývoje jehlic, vzhledem k opožděnému začátku vegetačního období na lokalitě Říčky, které jsou různě citlivé ke stresorům. Pokud byl vliv stresu významný i v předešlých letech, zejména během raných fází vývoje jehlic, může být asimilační aparát poznamenán a tím může být zvýšena citlivost organismu ke stresovým faktorům (Adams *et al.*, 2015; Jensen *et al.*, 2015; Hull, 2022).



Obr. 3: Průběh průměrných denních teplot (nahore) a sumy efektivních teplot (dole; prahová hodnota 5 °C)
Progress of average daily temperatures (top) and sum of effective temperatures (bottom; threshold value 5 °C)



Obr. 4: Průběh dešťových srážek (nahore) a jejich kumulativní sumy (dole)
Progress of rainfall (top) and its cumulative sum (bottom)



Obr. 5: Průběh půdní vlhkosti na sledovaných lokalitách
Progress of soil moisture at the experimental sites

Dalším významným faktorem mohou být rozdíly v půdních typech či půdním profilu mezi oběma lokalitami. Na Křivině se nachází modální kambizem, jedná se půdní typ s dobrou kapacitou pro zadržování a dostupnost vody, což může mít pozitivní vliv na vodní režim rostlin (Královec *et al.*, 2016). Naopak na Říčkách se jedná o podzol, což je půda s horšími retenčními vlastnostmi. Voda v této půdě rychle odtéká a je méně dostupná pro rostliny, neboť je vázána ve formách, které jsou rostlinami hůře využitelné (Nikodem *et al.*, 2013). Dalším možným vysvětlujícím faktorem je topografie stanovišť. Lokalita Křivina se nachází na rovině, zatímco Říčky leží na jihozápadně orientovaném svahu. Tato expozice může ovlivnit intenzitu slunečního záření, fyzikální výpar (evaporaci) a mikroklimatické podmínky, a tím přispívat k vyšší míře vodního stresu.

4 ZÁVĚR

Výsledky získané během vegetačního období 2023 na dvou lokalitách v odlišných nadmořských výškách s různou intenzitou výchovného zásahu nepotvrdily předpoklad, že intenzita zásahu zlepší vodní režim stromů díky snížené intercepci korunovým zápojem. Naopak stromy ve vyšší nadmořské výšce na klimaticky příznivější lokalitě Říčky vykazovaly vyšší míru stresu i přes větší srážkové úhrny a vyšší půdní vlhkost. Z výsledků vyplývá, že je nutné při interpretaci výsledků zohlednit věk porostu, fenologické fáze, stav asimilačního aparátu, půdní podmínky a topografii daného stanoviště. Výsledky mohou přispět k lepšímu porozumění mechanismům adaptace smrku na klimatickou změnu a podpořit efektivnější plánování pěstebních zásahů v lesním hospodářství.

LITERATURA

- ADAMS, H. D., COLLINS, A. D., BRIGGS, S. P., VENNETIER, M., DICKMAN, L. T., SEVANTO, S. A., GARCIA-FORNER, N., POWERS, H. H., MCDOWELL, N. G. 2015. Experimental drought and heat can delay phenological development and reduce foliar and shoot growth in semiarid trees. *Global Change Biology*. 21(11), 4210–4220. <https://doi.org/10.1111/gcb.13030>
- BOŠEĽA, M., SEDMÁK, R., SEDMÁKOVÁ, D., MARUŠÁK, R., KULLA, L. 2014. Temporal shifts of climate–growth relationships of Norway spruce as an indicator of health decline in the Beskids, Slovakia. *Forest Ecology and Management*. 325(6), 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.055>

- ČERMÁK, P., MIKITA, T., KADAVÝ, J. 2018. Klimatické změny a hospodaření se smrkem, Brdy jako modelové území. *Ochrana přírody*. 73(2), 20–25.
- COCHARD, H., TORRES-RUIZ, J. M., BODET, C. 2021. SurEau: A mechanistic model of plant water relations under extreme drought. *Annals of Forest Science*. 78(2), 55. <https://doi.org/10.1007/s13595-021-01067-y>
- DUJKA, P., KUSBACH, A. 2023. Klasifikace vegetační stupňovitosti v České republice: review. *Zprávy lesnického výzkumu*. 68(1), 1–14.
- ERICE, G., PÉREZ-BUENO, M. L., PINEDA, M., BARÓN, M., AROCA, R., CALVO-POLANCO, M. 2018. Determining Plant Water Relations. In: SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. M., REIGOSA, M. J. (eds.). *Advances in Plant Ecophysiology Techniques*. Springer, Cham, p. 109–134. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93233-0_7
- GONÇALVES, A. C. (Ed.). 2021. *Silviculture*. IntechOpen, 2021. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87532>
- GONZÁLEZ, L. 2003. Determination of water potential in leaves. In: ROGER, M. J. R. (Ed.). *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques*. New York: Kluwer Academic Publishers, p. 193–205. <https://doi.org/10.1007/0-306-48057-3>
- GONZÁLEZ, L., ROGER, M. J. R. 2003. Plant water status. In: ROGER, M. J. R. (ed.). *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques*. New York: Kluwer Academic Publishers, p. 184–191. <https://doi.org/10.1007/0-306-48057-3>
- HANEWINKEL, M., CULLMANN, D. A., SCHELHAAS, M.-J., NABUURS, G.-J., ZIMMERMANN, N. E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*. 3, 203–207. <https://doi.org/10.1038/nclimate1687>
- HULL, Ashley M. 2022. *Impacts of Needle Age, Tree Architecture, and Drought Stress on Photosynthetic Physiology of Fraser Fir (Abies fraseri) Christmas Trees*. Master's thesis, Appalachian State University.
- JENSEN, A. M., WARREN, J. M., HANSON, P. J., CHILDS, J., WULLSCHLEGER, S. D. 2015. Needle age and season influence photosynthetic temperature response and total annual carbon uptake in mature *Picea mariana* trees. *Annals of Botany*. 116(5), 821–832. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv115>
- JEŽÍK, M., BLAŽENEC, M., LETTS, M. G., DITMAROVÁ, L., SITKOVÁ, Z., STŘELCOVÁ, K. 2015. Assessing seasonal drought stress response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) by monitoring stem circumference and sap flow. *Ecohydrology*. 8(3), 378–386. <https://doi.org/10.1002/eco.1536>
- KÖRNER, C., MÖHL P., HILTBRUNNER, E. 2023. Four ways to define the growing season. *Ecology Letters*. 26(8), 1277–1292. <https://doi.org/10.1111/ele.14260>
- KRÁLOVEC, V., KLIMENT, Z., VLČEK, L. 2016. Hodnocení retence vody v půdě v lesním a nelesním prostředí. *Zprávy lesnického výzkumu*. 61(3), 181–189.
- NIKODEM, A., PAVLŮ, L., KODEŠOVÁ, R., BORŮVKA, L., DRÁBEK, O. 2013. Study of podzolization process under different vegetation cover in the Jizerské hory Mts. Region. *Soil and Water Research*. 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.17221/56/2012-SWR>
- OLIVAR, J., BOGINO, S., RATHGEBER, C., BONNESOEUR, V., BRAVO, F. 2014. Thinning has a positive effect on growth dynamics and growth–climate relationships in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) trees of different crown classes. *Annals of Forest Science*. 71, 395–404.
- RITCHIE, G. A., LANDIS, T. D. 2005. *Seedling quality tests: Root growth potential*. Forest Nursery Notes, Winter 2003. Portland (Oregon, USA). USDA Forest Service Cooperative Forestry, p. 8–10
- ROCKWELL, F., SAGE, R. F. 2022. Plants and water: the search for a comprehensive understanding. *Annals of Botany*. 130(3): i–viii. <https://doi.org/10.1093/aob/mcac107>
- SELLIN, A. 1996. Base water potential of *Picea abies* as a characteristic of the soil water status. *Plant and Soil*. 184(2), 273–280. <https://doi.org/10.1007/BF00010456>
- SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., BRADSTREET, E. D., HEMMINGSEN, E. A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*. 148(3668), 339–346. <https://doi.org/10.1126/science.148.3668.339>
- SKRØPPA, T. 2003. *Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use for Norway Spruce (Picea abies)*. EUFORGEN.

- SOLBERG, S. 2020. Summer drought: A driver for crown condition and mortality of Norway spruce in Norway. *Forest Ecology Journal*. 35(2), 123–134
- TAIZ, L., ZEIGER, E. 2003. *Plant physiology*. Sinauer associates, inc., publisher.
- WOTHERSPOON, A. R., DUCHESNE, L., BARRETTE, M., HOULE, D. 2022. Pre-commercial thinning could mitigate drought stress of black spruce stands. *Forest Ecology and Management*. 517(6), 120278. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120278>

Poděkování

Příspěvek vznikl za finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR, institucionální podpora MZE-RO0123, a projektu TAČR TQ03000107.

Kontakty | Contact Information

Jana Hacurová: e-mail: hacurova@vulhmop.cz

KLIMATICKO RŮSTOVÉ VZTAHY DOUGLASKY TISOLISTÉ NA BÝVALÉ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ

CLIMATE GROWTH RELATIONSHIPS OF THE DOUGLAS FIR AT FORMER AGRICULTURAL LAND

Pavel Horák¹, Petra Jablonická¹, Pavlína Pancová Šimková²

¹Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

²Ústav ochrany lesů a myslivosti, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

Abstrakt

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) je jednou z nejčastěji využívaných nepůvodních druhů dřevin v evropském lesnictví. Stále častěji je využívána také k zalesňování původních zemědělských půd. Porosty douglasky na bývalé zemědělské půdě a na trvalých lesních stanovištích vykazují významné dlouhodobé vlivy historického využití půdy na vztah mezi klimatem a růstem. Na lokalitách založených na bývalé zemědělské půdě je růst stromů silně korelovan s klimatickými proměnnými v aktuálním roce tvorby letokruhu. Naproti tomu na lesních půdách je růst výrazněji ovlivněn klimatickými podmínkami z předchozího roku. V případě citlivosti na extrémní klimatické události (tzv. pointer years), výrazné rozdíly byly pozorovány pouze v počáteční fázi vývoje porostu na zemědělských půdách; tyto rozdíly postupně mizely, jak dochází k modifikaci půdního prostředí.

Klíčová slova: klimatický signál, dendrochronologie, douglaska, letokruhová analýza

Abstract

The Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) is one of the most used non-native tree species in European forestry. It is increasingly being used for the afforestation of agricultural land. Douglas-fir stands on both former agricultural land and permanent forest soils have shown significant long-term effects of historical land use on climate-growth relationships. On the site established on former agricultural land, tree growth showed a strong correlation with climatic variables in the current year of ring formation. In contrast, on forest soil, growth was more strongly influenced by climate conditions from the previous year. In terms of sensitivity to extreme climatic events (pointer years), notable differences were observed only in the initial development stage on agricultural soils; these differences diminished as the soil environment gradually transformed.

Keywords: climate signal, dendrochronology, Douglas fir, tree ring analysis

1 ÚVOD

Zalesňování zemědělské půdy, ať už spontánní nebo úmyslné, probíhá již po staletí a jeho intenzita se mění v závislosti na využívání krajiny, její historii a vývoji. V Evropě lze od poloviny 20. století pozorovat rozsáhlé změny ve využívání půdy. Tyto změny lze charakterizovat mimo jiné i rozsáhlým zalesněním méně hodnotných zemědělských půd (Johann, 2004; Mather, 2001). Zalesňování je prováděno nejčastěji s cílem hospodářsky využít méně bonitní zemědělské pozemky, případně je prováděno s protierozním záměrem (Rejšek *et al.*, 2010; Podrázský *et al.*, 2016).

Biologicky nejvhodnější postup při zalesňování zemědělských půd je využití pionýrských rychle rostoucích dřevin, které vytvoří vhodné stanovištní podmínky pro následný porost (Podrázský *et al.*, 2009).

Pro zalesnění zemědělských půd jsou často využívány jehličnaté dřeviny, zejména smrk, s cílem rychlé produkce ekonomicky zhodnotitelné dřevní hmoty. Tyto porosty jsou ovšem často nestabilní a dochází k jejich časnému rozpadu (Vacek *et al.*, 2020).

V posledních letech se začíná při zalesňování zemědělských půd uplatňovat z jehličnanů i douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) díky vyššímu produkčnímu potenciálu a příznivějšímu vlivu na půdu než domácí jehličnany. Nezanedbatelná je také její vyšší odolnost k biotickým a abiotickým faktorům při zhoršené vodní bilanci stanoviště (Podrázský *et al.*, 2010).

Dostupné studie se zaměřují na vyhodnocení mladých výsadb do 40 let věku se zaměřením na efekt douglasky na půdní prostředí, případně její objemovou produkci ve srovnání s domácími druhy (Podrázský *et al.*, 2009; Zeidler *et al.*, 2017).

Vyhodnocení dlouhodobé perspektivy a stability porostů založených na zemědělské půdě chybí jak v domácích, tak zahraničních podmínkách. Cílem prezentovaného výzkumu je zhodnotit dlouhodobou perspektivu porostu založeného na bývalé zemědělské půdě ve srovnání s porostem založeným na trvalé lesní půdě.

2 MATERIÁL A METODY

Pro daný výzkum byly využity dva porosty douglasky tisolisté na majetku MENDELU v podobných půdně klimatických podmínkách. Porost Křtiny (dále jen „KR“) byl založen na trvalé lesní půdě a porost Habrůvka (dále jen „HB“) byl založen na do té doby zemědělsky obhospodařované půdě s navazujícím porostem buku. V obou případech se jedná o nesmíšený porost bez vtroušených dřevin, popis lokalit viz Tab. 1.

Pro účely výzkumu byly odebrány vývrty z 15 jedinců na každé lokalitě. Odběr byl proveden Presslerovým přírůstovým nebozezem ve výšce 1,3 m nad povrchem terénu ve dvou protilehlých směrech (od západu a východu); v případě svahu byly vzorky odebírány ze vzájemně opačných směrů po směru vrstevnice, aby byl vyloučen efekt reakčního dřeva (Steckel *et al.*, 2020). Připravené (zbroušené) vzorky byly skenovány, měřeny a datovány v softwaru Coorecorder a CDendro a následně byly vyexportovány ve formátu .rwl. Poté byla data zpracována v softwaru R studio (R Studio Team, 2024), kde byl nejprve proveden výpočet základních statistických parametrů (např. délka letokruhových sérií, EPS – expressed population signal, SNR – signal to noise ratio). Následně byl vypočítán přírůst kruhové výčetní základny (BAI; Bunn, 2010). Následně byly naměřené šířky letokruhů detrendovány pomocí spline funkce o vlnové délce 30 let (Bunn *et al.*, 2010). Nakonec byly vypočítány residuální letokruhové chronologie, u nichž byla odstraněna autokorelace pomocí autoregresního modelu (Cook a Kairiukstis, 2013). Tyto chronologie byly následně využity pro analýzy klimatických signálů mezi přírůsty a klimatickými proměnnými

Tab. 1: Informace o lokalitách

Information about locations

Lokalita (Location)	Nadmořská výška (Altitude)	Roční srážky (Annual precipitation)	Průměrná roční teplota (Average annual temperature)	Půdní typ (Soil type)	SLT (Forest type)	Expozice svahu (Slope exposure)	Sklon svahu (Slope)
KR	500 m n. m.	576,2 mm	7,8 °C	Kambizem modální	3B1	J-Z	2,1°
HB	490 m n. m.	562,3 mm	7,9 °C	Kambizem modální	3B1	J-V	1,5°

(měsíční srážky a průměrné měsíční teploty vzduchu). Poté byly identifikovány tzv. pointer years (tj. roky s významnou růstovou reakcí dřevin vyvolanou extrémními klimatickými podmínkami; Schweingruber *et al.*, 1990). V těchto letech byly vypočítány a následně porovnány indexy resilience (resistance, recovery, resilience, average relative growth reduction dle Lloret *et al.*, 2011 a van der Maaten-Theunissen *et al.*, 2021).

Pro výše uvedené analýzy byla využita veřejně dostupná klimatická data z databáze E-OBS verze 30.0e (Cornes *et al.*, 2018) pro období 1920–2024.

Analýzy dat byly provedeny prostřednictvím balíčku dplR (Bunn, 2010), treeclim (Zang, Biondi, 2015), dendroTools (Jevšenak, 2020) a pointRes (van der Maaten-Theunissen *et al.*, 2021).

3 VÝSLEDKY

V tabulce 2 jsou uvedeny základní charakteristiky letokruhových sérií.

Grafy (Obr. 1) ukazují při srovnání jednotlivých lokalit vyšší korelace ročních přírůstků s průměrnými měsíčními srážkami v roce tvorby letokruhu na lokalitě HB (zemědělská půda) než na lokalitě KR (trvalá lesní půda). V případě průměrných měsíčních teplot lze hovořit o pozitivním vlivu na růst v zimních a jarních měsících na lokalitě KR, na lokalitě HB je patrný negativní vliv vyšších teplot v počátku vegetační sezony.

Na Obr. 2 je znázorněn průběh indexů šířek letokruhů a ročních úhrnů srážek s vyznačenými pointer years. Jedná se o roky, kdy je přírůstek výrazně nižší vlivem nepříznivých klimatických faktorů. Za účelem srovnání byly vybrány roky pro obě lokality stejné, jedná se o roky 1976, 1993, 2003, 2013 a 2018.

Z Obr. 3 je patrné, že v roce 1976 byly zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi lokalitami u všech sledovaných indexů vyjma recovery. V daném roce vykazovala lokalita HB (bývalá zemědělská půda) výrazně příznivější růstovou odezvu k disturbanci. V ostatních letech jsou výsledky téměř bez statistické významnosti. Výjimku tvoří rok 1993, kdy lokalita KR vykazovala výrazně vyšší hodnotu recovery a lokalita HB hodnoty resistance. Statisticky významné rozdíly lze pozorovat také u indexů resilience a resistance, kdy příznivější reakci vykazovala lokalita KR.

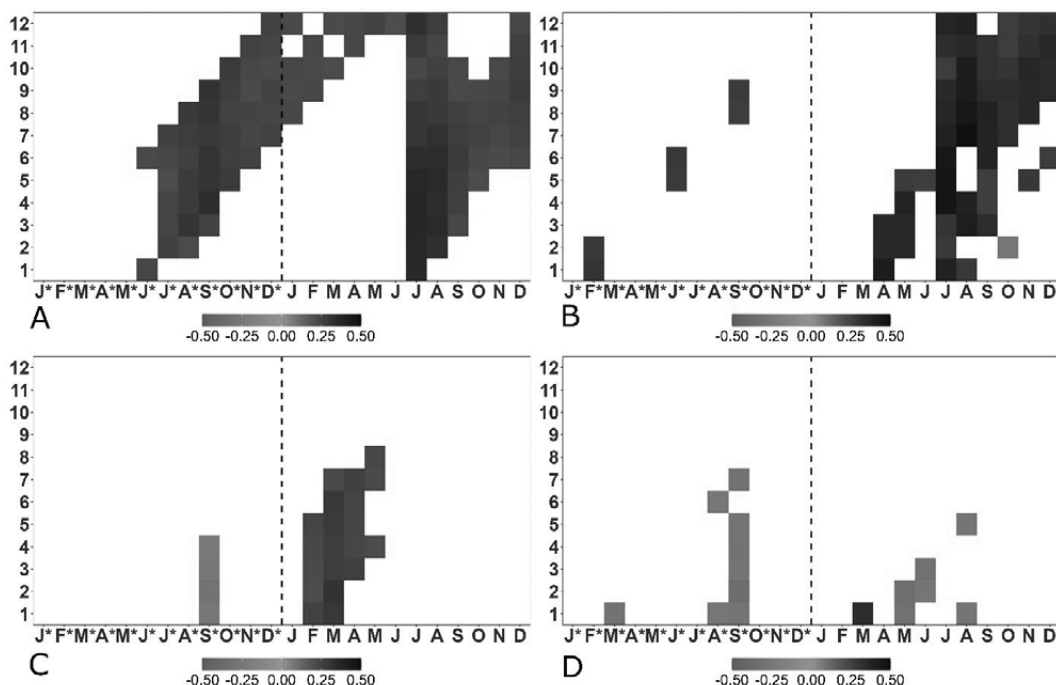
4 DISKUSE

Z dendroklimatických analýz je mezi lokalitami patrný rozdíl v korelacích radiálního růstu s klimatickými proměnnými. V případě lokality KR lze pozorovat významné pozitivní korelace růstu se srážkami v roce předcházejícím tvorbě letokruhu, kdy se při agregaci vyššího počtu měsíčních úhrnů stává významný úhrn během celé vegetační periody. V roce tvorby letokruhu lze pozorovat pozitivní korelaci se srážkami nejdříve v měsíci červenci i při agregaci vyššího počtu předcházejících měsíců. Lokalita HB naopak nevykazuje korelace se srážkami v roce předcházejícím, ale je korelována při nižší agregaci již v předjarním období roku tvorby letokruhu.

Tab. 2: charakteristika letokruhových sérií, Mean StD (Ar1) – průměrná autokorelace 1. řádu; rbar – průměrná mezisériová korelace; EPS – expressed population signal; SNR – signal-to-noise ratio

Tree ring series characteristics, Mean StD (Ar1) – first-order autocorrelation; rbar – the mean inter-series correlation; EPS – expressed population signal; SNR – signal-to-noise ratio

Lokalita (Locality)	Počet letokruhových séřií (Nr. of series)	Průměrná délka série (Avg. Ser. Lng.)	Délka chronologie (Timespan)	Mean StD (Ar1)	rbar	EPS	SNR
KR	14	77,57	1938–2024	0,711	0,493	0,931	13,595
HB	15	52,13	1968–2024	0,754	0,385	0,904	9,398

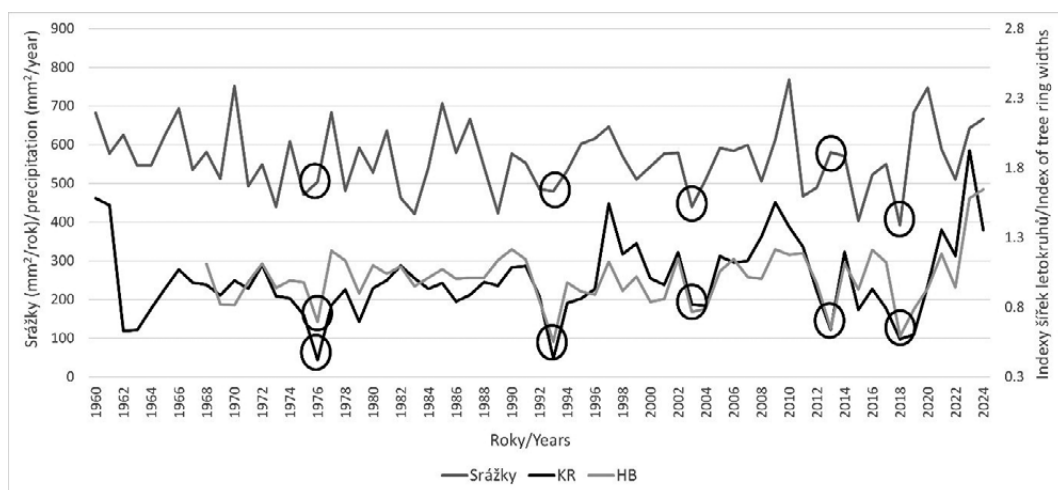


Obr. 1: Míra korelace mezi indexy šířek letokruhů reziduální chronologie s měsíčním úhrnem srážek a průměrnými měsíčními teplotami pro lokalitu KR (A;C) a HB (B;D) za období 1968–2024. Osa y reprezentuje počet po sobě následujících agregovaných měsíců, osa x vyjadřuje měsíce v roce vzniku letokruhu, měsíce označené (*) náleží do roku před vznikem letokruhu. Výše hodnoty korelačního koeficientu je vyjádřena barevnou škálou. V grafu jsou vyobrazeny pouze statisticky významné hodnoty

Correlation between residual chronology tree ring width indices with monthly precipitation totals and average monthly temperatures for the KR (A;C) and HB (B;D) sites for the period 1968–2024. The y axis represents the number of consecutive aggregated months, the x-axis represents the months of the year, the months marked (*) belong to the year before the formation of the tree ring. The value of the correlation coefficient is expressed by a color scale. Only statistically significant values are shown in the graph

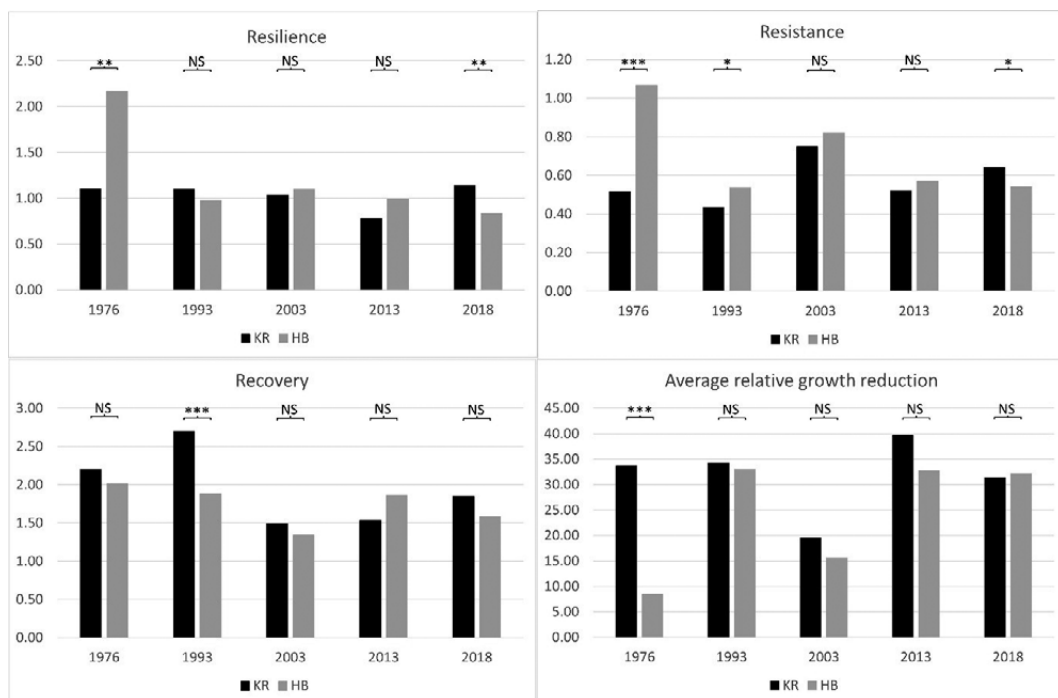
a stejně jako lokalita KR v letním období. Rozdíl v časovém rozdělení a intenzitě korelací naznačují výrazně nižší retenční kapacitu bývalé zemědělské půdy (lokalita HB) a tím pádem reakci pouze na srážky z aktuální vegetační sezóny, zejména v předjaří a létě. Výrazně nižší retenční kapacitu původně zemědělské půdy v první generaci lesa zmiňuje v tuzemských podmínkách Podrážský *et al.* (2016). Tyto výsledky korespondují s výsledky studií, které provedli např. Nicolescu *et al.* (2013) a Niessner *et al.* (2024), kteří uvádí výrazné negativní ovlivnění růstu douglasky již při krátkodobé epizodě sucha na půdách nižší retenční kapacity. Z analýz korelace růstu s průměrnými měsíčními teplotami vyplývá, že přírůst na obou lokalitách je negativně ovlivněn vyššími teplotami na konci přecházejícího vegetačního období. V případě agregace více měsíců, se negativně projevují i teploty ve zbytku vegetačního období předcházejícího roku. Tyto negativní korelace lze vysvětlit faktem, že vysoké teploty, které často doprovází suchá perioda, negativně ovlivňují tvorbu a ukládání zásobních látek a tím i růst v následujícím roce (např. Kannenberg *et al.*, 2019; McDowell *et al.*, 2008).

Byly porovnány reakce jednotlivých porostů ve vybraných letech, tzv. pointer years. Nejvýznamnější rozdíly byly zaznamenány v roce 1976. V tomto roce byla pozorována příznivější odezva v případě porostu rostoucího na bývalé zemědělské půdě (HB). Rozdíly v daném roce z pohledu jednotlivých indexů resilience jsou způsobeny pravděpodobně rozdílným věkem



Obr. 3: Vztah indexů šířek letokruhů (standardní chronologie, křivky standardizované negativní exponenciálou) KR a HB a ročních úhrnů srážek. Tyto grafy prezentují výběr roků (znázorněno kruhy), kdy docházelo k redukci růstu v důsledku nedostatku srážek. Růstová data z vybraných let byla využita pro výpočet indexů resilience

Tree-ring width (standard chronology, curves standardized by negative exponential) KR and HB and yearly sum of precipitation. Selected years with reduced growth because of precipitation lack are marked by circles. Growing data was used to calculate resilience indices in selected years



Obr. 2: Hodnoty indexů resistance, recovery, resilience a average relative growth reduction a srovnání jejich statistické významnosti mezi lokalitami prostřednictvím t-testů v daných letech. Statistická významnost je označena následovně: $p < 0,001$ (***), $p < 0,01$ (**), $p < 0,05$ (*), statisticky nevýznamné (NS)

Values of resistance, recovery, resilience and average relative growth reduction indices and comparison of their statistical significance between locations using t-tests in given years. Statistical significance is indicated as follows: $p < 0.001$ (***), $p < 0.01$ (**), $p < 0.05$ (*), statistically insignificant (NS)

porostů. Vyšší resilienci a rezistenci u mladších jedinců uvádí např. Lucas-Borja *et al.* (2021). Ztráta rozdílu v reakcích porostů v průběhu času souvisí s postupnou změnou charakteru půdy na lokalitě HB na půdu lesní. Po zalesnění zemědělské půdy lze pozorovat výrazné změny v jejích vlastnostech již po relativně krátké době, jak uvádí např. Kacálek *et al.* (2007, 2013).

5 ZÁVĚR

Z pohledu klimatického signálu (průměrné měsíční teploty, měsíční úhrny srážek) je u obou porostů patrný výrazný dlouhodobý vliv různého historického využití půdy. Na lokalitě HB (bývalá zemědělská půda) lze pozorovat výraznou korelaci růstu s klimatickými proměnnými v roce tvorby letokruhu, zatímco na trvalé lesní půdě (KR) se projevuje výrazně také vliv roku předchozího. Z hlediska reakce dřevin v tzv. pointer years byly pozorovány významné rozdíly jen v iniciálním stádiu vývoje porostu na zemědělské půdě, s vyšším věkem porostů a postupnou přeměnou půdního prostředí rozdíly mizí.

Na základě zjištěných poznatků lze tvrdit, že porosty douglasky tisolisté založené na bývalých zemědělských půdách jsou dlouhodobě udržitelné a není nutné s nimi pracovat jen jako s porosty přípravnými.

LITERATURA

- BUNN, A. G. 2010. Statistical and visual cross-dating in R using the dplR library. *Dendrochronologia*. 28(4), 251–258.
- COOK, E. R., KAIRIUKSTIS, L. A. (Eds.). 2013. *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Springer Science & Business Media.
- JOHANN, E. 2004. *Forest history in Europe. Biological resources and migration*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 73–82.
- JEVŠENAK, J. 2020. New features in the DendroTools R package: Bootstrapped and partial correlation coefficients for monthly and daily climate data. *Dendrochronologia*. 63, 125753.
- KACÁLEK, D., NOVÁK, J., ŠPULÁK, O., ČERNOHOUS, V., BARTOŠ, J. 2007. Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. *Zprávy lesnického výzkumu*. 52, 334–340.
- KACÁLEK, D., DUŠEK, D., NOVÁK, J., BARTOŠ, J. 2013. The impact of juvenile tree species canopy on properties of new forest floor. *Journal of Forest Science*. 59(6), 230–237.
- KANNENBERG, S. A., NOVICK, K. A., PHILLIPS, R. P. 2019. The importance of drought legacy effects in influencing tree growth. *New Phytologist*. 223(4), 1435–1446.
- LLORET, F., KEELING, E. G., SALA, A. 2011. Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos*. 120(12), 1909–1920.
- LUCAS-BORJA, M. E., BOSE, A. K., ANDIVIA, E., CANDEL-PÉREZ, D., PLAZA-ÁLVAREZ, P. A., LINARES, J. C. 2021. Assessing tree drought resistance and climate-growth relationships under different tree age classes in a *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* forest. *Forests*. 12(9), 1161.
- MATHER, A. S. 2001. Forest transition theory and the reforestation of Scotland. *Scottish Geographical Journal*. 117(1), 67–74.
- MCDOWELL, N., POCKMAN, W. T., ALLEN, C. D., BRESHEARS, D. D., COBB, N., KOLB, T., PLAUT, J., SPERRY, J., WEST, A., WILLIAMS, D. G., YEPEZ, E. A. 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist*. 178(4), 719–739.
- NICOLESCU, V. N., MASON, W. L., BASTIEN, J. C., VOR, T., PETKOVA, K., PODRÁZSKÝ, V., ĐODAN, M., PERIĆ, S., LA PORTA, N., BRUS, M., ANDRAŠEV, S., SLÁVIK, M., MODRANSKÝ, J., PÁSTOR, M., RÉDEI, K., CVJETKOVIČ, B., SIVACIOĞLU, A., LAVNYI, V., BUZATU-GOANȚĂ, C., MIHĂILESCU, G. 2023. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Europe: An overview of management practices. *Journal of Forestry Research*. 34(4), 871–888.
- NIESSNER, A., EHEKIRCHER, S., ZIMMERMANN, R., HORNA, V., REICHLE, D., LAND, A., SPANGENBERG, G., HEIN, S. 2024. Soil drought sets site specific limits to stem radial growth and sap flow of Douglas-fir across Germany. *Frontiers in Plant Science*. 15, 1401833.

- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., ZAHRADNÍK, D. 2009. Produkce a vývoj humusových forem v lesních porostech založených na zemědělských půdách – oblast Kostelec nad Černými lesy. *Zprávy lesnického výzkumu*. 54(4), 253–260.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., ČERNÝ, J. 2010. Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) na vlastnosti půdy při zalesňování zemědělských půd. *Lesnická práce*. 89(6), 20–23.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., KODEŠOVÁ, R. 2016. Changes of agricultural land characteristics as a result of afforestation using introduced tree species. *Journal of Forest Science*. 62(2), 51–59.
- RSTUDIO TEAM. 2024. *RStudio: Integrated development for R*. Boston, MA: RStudio, PBC, 2024. [cit. 2025-06-09] <http://www.rstudio.com/>
- REJŠEK, K., VRANOVÁ, V., FORMÁNEK, P., FIALA, K. 2010. The role of trees and tree roots in influencing soil structure and infiltration. *Biologia*. 65(3), 502–506.
- STECKEL, M., DEL RÍO, M., HEYM, M., ALDEA, J., BIELAK, K., BRAZAITIS, G., ČERNÝ, J., COLL, L., COLLET, C., EHBRECHT, M., JANSONS, A., NOTHDURFT, A., PACH, M., PARDOS, M., PONETTE, Q., REVENTLOW, D. O. J., SITKO, R., SVOBODA, M., VALLET, P., WOLFF, B., PRETZSCH, H. 2020. Species mixing reduces drought susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – Site water supply and fertility modify the mixing effect. *Forest Ecology and Management*. 461, 117908.
- VACEK, S., KRÁL, J., BULUŠEK, D., BÍLEK, L. 2020. Stability and health condition of spruce forests under climate change in the Czech Republic. *Forests*. 11(2), 191.
- VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M., *et al.* 2021. pointRes 2.0: New functions to describe tree resilience. *Dendrochronologia*. 70, 125899.
- ZANG, C. H., BIONDI, F. 2015. treeclim: An R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships. *Ecography*. 38(4), 431–436.
- ZEIDLER, A., REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V. 2017. Comparison of Douglas-fir and Norway spruce wood quality from agricultural and forest sites. *Journal of Forest Science*. 63(11), 510–518.

Kontakty | Contact Information

Pavel Horák: e-mail: pavel.horak@mendelu.cz

VLIV PĚSTEBNÍHO MANAGEMENTU NA ODOLNOST BOROVÝCH POROSTŮ VŮČI KLIMATICKÉ ZMĚNĚ

THE EFFECT OF THE SILVICULTURE MANAGEMENT ON THE RESISTANCE OF SCOTS PINE STANDS TO CLIMATE CHANGE

Petra Jablonická¹, Pavel Horák¹, Jakub Černý^{1,2}

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

Borovice lesní je jednou z nejvýznamnějších hospodářských dřevin v České republice. Nicméně, velká část borových porostů se již rozpadla vlivem probíhající klimatické změny (GKZ). Proto je důležité zaměřit se na zvyšování odolnosti borovice vůči těmto GKZ. Tento výzkum si kladl následující otázky: Který lesnický přístup je nejvhodnější pro stále se vyskytující čisté porosty borovice lesní v České republice? Jsou tyto porosty za adekvátního lesnického managementu v ČR udržitelné v nadcházejících desetiletích? Naše výsledky ukazují, že negativní efekt klimatické změny lze omezit výchovou na chudých stanovištích pouze částečně.

Klíčová slova: klimatický signál, dendrochronologie, klimatická změna, letokruhová analýza

Abstract

The Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is one of the most important economic tree species in the Czech Republic. Large part of pine stands has declined during the current ongoing global climate change (GCC). Therefore, it is important to focus on increasing pine stands resistance to GCC. This research asked the following questions: Which silvicultural approach is the most appropriate for still occurring pure Scots pine stands in the Czech Republic? Are these stands under adequate silvicultural management sustainable in the CZ in the upcoming decades? Our results show that the negative effects of climate change on nutrient/water poor sites in lower altitudes can only be partially mitigated by the silvicultural management.

Keywords: climate signal, dendrochronology, climate change, tree ring analysis

1 ÚVOD

V Evropě se borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) vyskytuje na ploše převyšující 28 mil. ha hospodářského lesa (Čihák, Vejprustková, 2021). Jedná se o pionýrskou dřevinu, která úspěšně obsazuje plochy po disturbancích jak antropogenního, tak přírodního původu. Borovice je dřevinou tolerantní k suchu a nenáročnou na živiny (Eilmann *et al.*, 2009; Camarero *et al.*, 2015; Pretzsch *et al.*, 2015). Kint *et al.* (2012) upozorňuje na citlivost borovice k přísuškům na počátku vegetační sezóny, projevující se snížením tloušťkového přírůstu. Přibližně od počátku druhého desetiletí jednadvacátého století tak lze v mnoha oblastech pozorovat zhoršování zdravotního stavu borových porostů, a to v souvislosti s klimatickou změnou, především s nerovnoměrnou distribucí srážek a pozvolným nárůstem průměrných teplot vzduchu (Strohmenger *et al.*, 2022), čímž narůstá frekvence period půdního sucha (Raisanen, 2022).

Jednou z nejzásadnějších otázek současného lesního hospodářství je vliv klimatické změny na lesní ekosystémy (Vacek *et al.*, 2023). Mezi hlavní adaptivní opatření, která slouží ke snížení náchylnosti lesních porostů ke změně klimatu, patří snížení zakmenění porostu prostřednictvím výchovných zásahů (Spittlehouse, Stewart, 2003).

Výchovné zásahy zvyšují růst ponechaných jedinců, především snížením konkurence o živiny potřebné k růstu a o vodu. Po provedeném výchovném zásahu může být rovněž zvýšena dostupnost vody v půdě díky nižší intercepci porostu a nižší spotřebě vody transpirací u ponechaných jedinců, což se také projeví vyšší dostupností živin (Lagergren *et al.*, 2008; Gebhardt *et al.*, 2014). Pozitivní vliv výchovného zásahu, jako adaptačního opatření v rámci zvyšování odolnosti porostů vůči suchu, byl v poslední době zaznamenán u několika druhů dřevin, včetně borovice lesní. Tyto výsledky se ovšem liší v závislosti na stanovišti, režimu pěstební výchovy a struktury porostů (Sohn *et al.*, 2016; Ammer, 2017). Pozitivní vliv pěstební výchovy prokázali v porostech borovice lesní např. Del Río *et al.* (2017), kteří ve své studii zaznamenali nižší dopad extrémního sucha na růst stromů ve vychovávaných porostech.

Cílem výzkumu je prokázání takovéhoho vlivu výchovných zásahů na odolnost borových porostů vůči klimatickým proměnným a zjistit, která z probírek je pro borovici lesní vhodnější na vybraném stanovišti.

2 MATERIÁL A METODY

Pro daný výzkum byly použity dlouhodobé výzkumné plochy provozované Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM, Oddělení pěstování lesů – Výzkumná stanice Opočno). V tomto příspěvku byla hodnocena lokalita Strážnice III, popis lokality viz Tab. 1. Na dané lokalitě byly založeny tři dílčí plochy – 1 (kontrolní – bez výchovy, provádí se pouze zdravotní výběr – ST1), 2 (úrovňová probírka s pozitivním výběrem – ST2) a na ploše 3 (podúrovňová probírka s negativním výběrem – ST3). Plochy jsou o velikosti 50 × 50 m (s ochranným pásmem o šířce 10–15 m pro oddělení jednotlivých pěstebních variant a pro zamezení okrajového efektu).

Výzkumné plochy jsou sledovány od 60. let 20. století v rámci pravidelných 5letých inventur a pravidelně jsou měřeny následující parametry stromů: šířka kmene v prsní výšce, výška stromů, výška nasazení koruny a další. Podrobný popis pěstební historie studovaných borových porostů, design měření a způsob stabilizace výzkumných ploch v terénu je uveden v Dušek, Novák, Slodičák (2011).

Pro účely výzkumu bylo odebráno 20 vývrtů z každé dílčí plochy na dané lokalitě. Odběr byl proveden Presslerovým přírůstovým nebozezem ve výšce 1,3 m nad povrchem terénu ve dvou protilehlých směrech (od západu a východu); v případě svahu byly vzorky odebírány ze vzájemně opačných směrů po směru vrstevnice, aby byl vyloučen efekt reakčního dřeva (Steckel *et al.*, 2020). Připravené (zbroušené) vzorky byly skenovány a následně měřeny a datovány v softwaru Coorecorder a CDendro, následně vyexportovány ve formátu .rwl. Poté byla data zpracována v softwaru R studio (R Studio Team, 2024), kde se nejprve provedl výpočet základních statistických parametrů (např. délka letokruhových sérií, počet stromů, EPS – expres population signal,

Tab. 1: Informace o lokalitě
Information about locations

Lokalita (Locality)	Nadmořská výška (Altitude)	Roční srážky (Annual Precipitation)	Průměrná roční teplota (Average Annual Temperature)	Půdní Typ (Soil Type)	Slt (Group of Forest Types)	Rok Založení (Year of Establishment)
Strážnice	190 m n. m.	664,3 mm	11°	Podzol arenický	1M	1962

SNR – signal to noise ratio). Následně byl vypočítán přírůst kruhové základny (BAI; Bunn, 2010). Data byla detrendována pomocí spline funkce o vlnové délce 30 let pro klimatickorůstové analýzy a negativní exponenciálou pro detekování pointer years (Bunn, 2010). Vypočtené chronologie byly využity pro analýzy klimatických signálů mezi přírůsty a klimatickými proměnnými: měsíční úhrny srážek, průměrné denní teploty vzduchu. Dále byly identifikovány pointer years (tj. roky s významnou negativní růstovou reakcí dřevin vyvolanou extrémními klimatickými podmínkami; Schweingruber *et al.*, 1990). Pro tyto roky byly vypočteny a následně porovnány indexy resilience (resistance, recovery, resilience, average relative growth reduction viz Lloret *et al.*, 2011).

Pro výše uvedené analýzy byla využita veřejně dostupná klimatická data z databáze E-OBS verze 30.0e (Cornes *et al.*, 2018) pro období 1920–2024.

Analýzy dat byly provedeny prostřednictvím balíčku dplR (Bunn, 2015), treeclim (Zang, Biondi, 2015), dendroTools (Jevšenak, 2020) a pointRes (Van Der Maaten-Theunissen *et al.*, 2021).

3 VÝSLEDKY

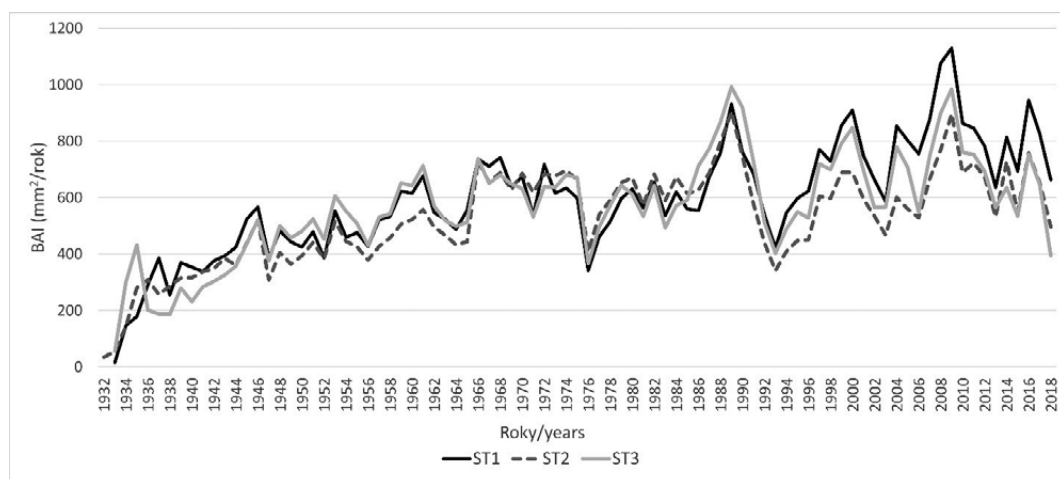
Z grafu na Obr. 1 je patrné, že nejvyšších přírůstů kruhové základny dosáhla podplocha ST1, kontrolní plocha.

Na obrázku 3 je znázorněn graf růstových trendů a srážek s vyznačenými pointer years. Jedná se o roky, kdy je přírůst výrazně nižší vlivem nepříznivých klimatických faktorů. Za účelem srovnání byly vybrány roky pro obě lokality stejné, jedná se o roky 1947, 1956, 1964, 1976, 1993, 2003, 2013 a 2018.

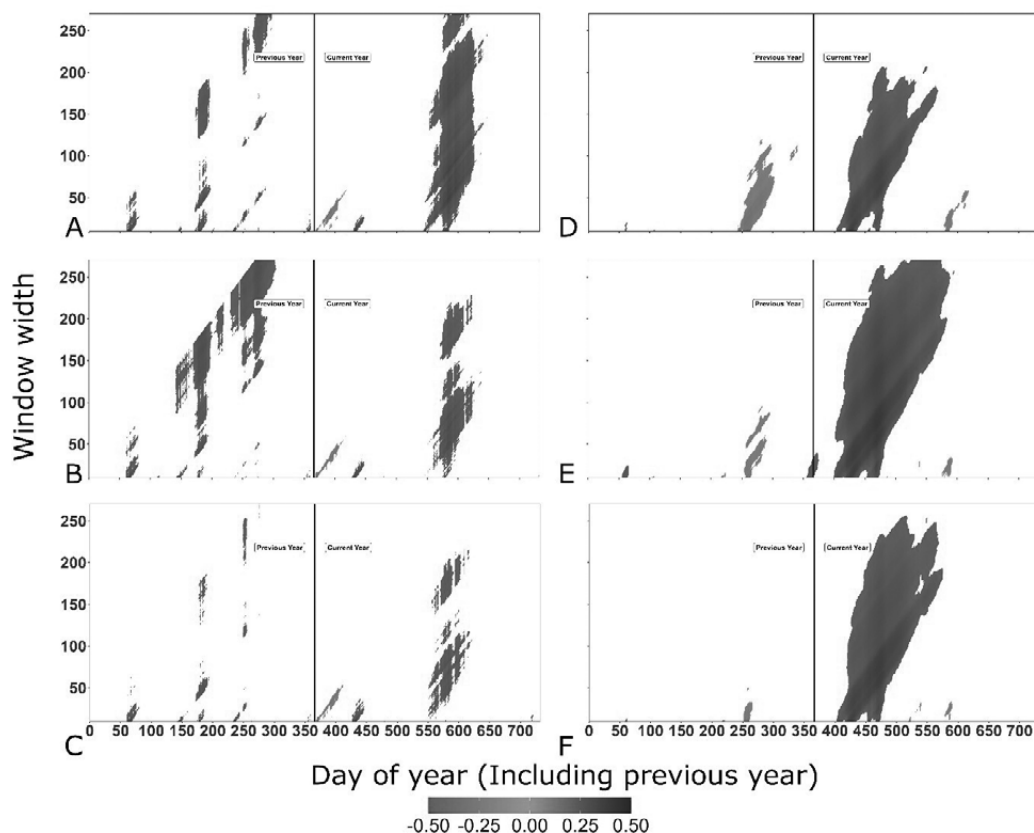
Z Tab. 2 je patrné, že nebyly zaznamenány významné rozdíly ve sledovaných indexech mezi vybranými druhy výchovy. Je patrná statistická významnost pouze v roce 1947 ve sledovaných indexech mimo recovery.

4 DISKUZE

Z pohledu dendrochronologických analýz je zřejmý podobný trend ve velikost přírůstu kruhové základny napříč variantami. Toto tvrzení potvrzuje i Dušek *et al.* (2011) při inventarizaci stejného porostu. Nevýrazný efekt výchovný zásahů v borových porostech potvrzuje i Juodvalkis *et al.* (2005), který uvádí, že intenzita výchovy má vliv na produkci borových porostu pouze mezi 10. a 20. rokem věku porostu. Pirogowicz (1983) a Huss (1983) také uvádí, že výchovné zásahy po 50 roce věku nemají významný vliv na objemovou produkci.



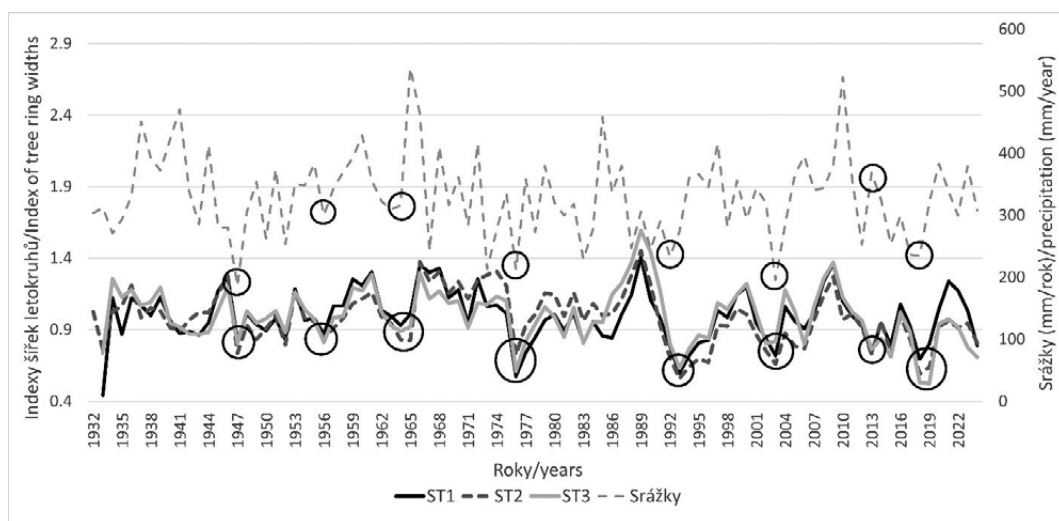
Obr. 1: Přírůst kruhové základny ST1, ST2, ST3
Basal area increment ST1, ST2, ST3



Obr. 2: Míra korelace mezi indexy šířek letokruhů reziduální chronologie s denním úhrnem srážek ST1, ST2, ST3 (A, B, C) a průměrné denní teploty ST1, ST2, ST3 (D, E, F) pro lokalitu za období 1933–2024. Osa y reprezentuje počet po sobě následujících agregovaných dnů, osa x vyjadřuje den v roce vzniku letokruhu (včetně roku předchozího). Plná čára odděluje rok předcházející tvorbě letokruhu a rok tvorby letokruhu. Výše hodnoty korelačního koeficientu je vyjádřena barevnou škálou. V grafu jsou vyobrazeny pouze statisticky významné hodnoty

Correlation between residual chronology tree ring width indices with day precipitation totals for the ST1, ST2, ST3 (A, B, C) and average day temperatures for the ST1, ST2, ST3 (D, E, F) sites for the period 1933–2024. The y axis represents the number of consecutive aggregated days; the x-axis represents the day of the year (including previous year). Vertical lines separate the previous and current years. The value of the correlation coefficient is expressed by a color scale. Only statistically significant values are highlighted in the graph

Z pohledu korelace radiálního přírůstu s klimatem je zřejmá významná pozitivní korelace se srážkami (Obr. 2 A-C) v letním období (červenec-srpen) roku tvorby letokruhu. Tato korelace je nejvýraznější u kontrolní varianty bez zásahu, kdy se narozdíl od probírkových variant objevuje i při agregaci delšího období. Tyto výsledky se shodují s tvrzením např. Fernández-De-Uña *et al.*, 2016 a Aldea *et al.*, 2017, kteří ve svých modelech predikují vyšší negativní dopad klimatické změny v porostech s vyšší kompeticí. Srážky v roce předcházejícím měly zanedbatelný, až nulový vliv na přírůst. Tuto skutečnost lze vysvětlit především charakterem stanoviště, kdy na půdách s nižším sorpčním komplexem dřeviny využívají ve velké míře jen aktuální srážky (Anderegg *et al.*, 2013). V případě průměrných denních teplot (Obr. 2 D-F), je přírůst všech tří variant pozitivně ovlivněn



Obr. 3: Vztah indexů šířek letokruhů (standartní chronologie, křivky standardizované negativní exponenciálou) a srážek. Tyto grafy prezentují výběr roků (znázorněno kruhy), kdy docházelo k redukci růstu v důsledku nedostatku srážek. Růstová data z vybraných let byla využita pro výpočet indexů resilience

Tree-ring width (standard chronology, curves standardised by negative exponential) and precipitation. Selected years with reduced growth because of precipitation lack are marked by circles. Growing data were used to calculate resilience indices in selected years

Tab. 2: Hodnoty indexů rezistence, recovery, resilience a average relative growth reduction a jejich srovnání mezi výzkumnými plochami s různými druhy probírek prostřednictvím ANOVY. Tučně vyjádřené p hodnoty znázorňují statisticky významné rozdíly mezi pěstebními variantami.

Resistance, resilience, recovery, average relative growth reduction indices values, and their inter-comparison among research plots with different thinning through ANOVA. Bold p values signify significant differences between observed silviculture treatments.

Resilience					Recovery				Resistance				Average relative growth reduction			
Rok (Year)	ST1	ST2	ST3	P hodnota (p value)	ST1	ST2	ST3	P hodnota (p value)	ST1	ST2	ST3	P hodnota (p value)	ST1	ST2	ST3	P hodnota (p value)
1947	0,99	1,00	1,30	0,000	1,25	1,64	1,34	0,108	0,83	0,75	0,98	0,015	13,02	18,82	9,12	0,037
1956	1,26	1,22	1,14	0,548	1,39	1,29	1,38	0,386	0,91	0,93	0,84	0,411	9,36	7,64	14,57	0,109
1964	1,19	1,28	1,07	0,084	1,43	1,46	1,31	0,126	0,84	0,86	0,82	0,790	13,14	16,77	16,83	0,553
1976	0,88	0,89	0,89	0,972	1,68	1,53	1,64	0,501	0,54	0,59	0,57	0,659	27,68	26,83	26,82	0,978
1993	0,86	0,72	0,75	0,179	1,53	1,36	1,46	0,422	0,57	0,52	0,52	0,328	28,44	29,48	29,74	0,921
2003	1,02	0,95	0,99	0,630	1,48	1,35	1,31	0,160	0,71	0,72	0,77	0,595	24,33	22,84	18,49	0,349
2013	0,88	0,87	0,79	0,591	1,28	1,26	1,17	0,313	0,68	0,70	0,69	0,962	17,80	23,02	24,44	0,279
2018	1,16	1,00	1,11	0,305	1,59	1,48	1,69									

průměrnými jarními teplotami v roce tvorby letokruhu, a také zimními teplotami v případě započtení vyššího počtu předcházejících dní. Všechny tři varianty jsou dále negativně ovlivněny vyššími průměrnými teplotami v pozdním létě roku předcházejícího tvorbě letokruhu. Nejvyšší negativní korelace přírůstu s teplotami v pozdním létě roku předcházejícího dosahuje kontrolní bezzásahová varianta, kdy u jedinců v porostech s vyšší kompeticí dochází k nižší akumulaci zásobních látek pro další vegetační období, jak zmiňuje McDowell *et al.* (2008).

Z hlediska reakcí k tzv. pointer years byly porovnány jednotlivé režimy výchovy. S výjimkou roku 1947 nebyly pozorovány statisticky významné rozdíly reakcí porostů v jednotlivých letech. Rozdíl v daném roce nelze ovšem přisoudit odlišnému výchovnému režimu, výchovný experiment byl založen na plochách později (1962). Lze tedy konstatovat, že z hlediska reakce na extrémní výkyvy klimatu byl efekt výchovy potlačen půdními vlastnostmi. Námi zjištěné výsledky korespondují se zjištěním Sohn *et al.* (2016), kdy výchovné zásahy sice ovlivnily přírůst, ale měly zanedbatelný vliv na resistenci.

5 ZÁVĚR

Z pohledu vlivu klimatických proměnných (průměrné měsíční teploty, měsíční úhrny srážek) na růst je patrná podobná odezva napříč variantami s vyšší odezvou u bezzásahové varianty. Mezi odezvami jednotlivých variant nebyl pozorován významný rozdíl. Z výsledků lze konstatovat, že negativní efekt klimatické změny na chudých stanovištích nižších poloh lze výchovou porostů omezit pouze částečně.

LITERATURA

- ALDEA, J. *et al.* 2017. Thinning enhances the species-specific radial increment response to drought in Mediterranean pine-oak stands. *Agricultural and Forest Meteorology*. 237, 371–383.
- AMMER, C. 2017. Unraveling the importance of inter- and intraspecific competition for the adaptation of forests to climate change. In: CÁNOVAS, F. M. *et al.* (eds.). *Progress in Botany*. Cham: Springer, 78, 345–367.
- ANDEREGG, W. R. L., KANE, J. M., ANDEREGG, L. D. L. 2013. Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nature Climate Change*. 3(1), 30–36.
- BUNN, A. G. 2010. Statistical and visual cross-dating in R using the dplR library. *Dendrochronologia*. 28(4), 251–258.
- BUNN, A. *et al.* 2015. *Package 'dplR'*. Dendrochronology Program Library in R, Version 1.3., 2015.
- CAMARERO, J. J., GAZOL, A., SANGÜESA-BARREDA, G., OLIVA, J., VICENTE-SERRANO, S. M. 2015. To die or not to die: early warnings of tree dieback in response to a severe drought. *Journal of Ecology*. 103(1), 44–57. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12295>
- CORNES, R. C., VAN DER SCHRIER, G., VAN DEN BESSELAAR, E. J. M., JONES, P. D. 2018. An ensemble version of the E-OBS temperature and precipitation data sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 123(17), 9391–9409.
- ČIHÁK, T., VEJPUŠKOVÁ, M. 2021. Produkční charakteristiky borovice lesní v české republice na základě informací z druhého cyklu národní inventarizace lesů (2011–2015). *Reports of Forestry Research/Zprávy Lesnického Výzkumu*. 66(2), 126–137.
- DEL RÍO, M., BRAVO-OVIEDO, A., PRETZSCH, H., LÖF, M., RUIZ-PEINADO, R. 2017. A review of thinning effects on Scots pine stands: from growth and yield to new challenges under global change. *Forest Systems*. 26(2), eR03S. <https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11325>
- DUŠEK, D., NOVÁK, J., SLODIČÁK, M. 2011. Experimenty s výchovou borovice lesní na jižní Moravě – Strážnice I a Strážnice III. *Zprávy lesnického výzkumu*. 56, 283–290.
- EILMANN, B., ZWEIFEL, R., BUCHMANN, N., FONTI, P., RIGLING, A. 2009. Drought-induced adaptation of the xylem in Scots pine and pubescent oak. *Tree Physiology*. 29(8), 1011–1020. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpp035>
- FERNÁNDEZ-DE-UÑA, L. *et al.* 2016. Disentangling the effect of competition, CO₂ and climate on intrinsic water-use efficiency and tree growth. *Journal of Ecology*. 104(3), 678–690.
- GEBHARDT, T., HÄBERLE, K. H., MATYSSEK, R., SCHULZ, C., AMMER, C. 2014. The more, the better? Water relations of Norway spruce stands after progressive thinning intensities. *Agricultural and Forest Meteorology*. 197, 235–243. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.05.013>

- HUSS, J. 1983. Durchforstungen in Kiefernjugbeständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*. 102, 1–17.
- JEVŠENAK, J. 2020. New features in the dendroTools R package: bootstrapped and partial correlation coefficients for monthly and daily climate data. *Dendrochronologia*. 63, 125753.
- JUODVALKIS, A., KAIRIUKSTIS, L., VASILIAUSKAS, R. 2005. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania. *European Journal of Forest Research*. 124, 187–192.
- KINT, V., AERTSEN, W., CAMPIOLI, M., VANSTEENKISTE, D., DELCLOO, A., MUYS, B. 2012. Radial growth change of temperate tree species in response to altered regional climate and air quality in the period 1901–2008. *Climatic Change*. 115(2): 343–363. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0465-x>
- LAGERGREN, F., LANKREIJER, H., KUČERA, J., CIENCIALA, E., MÖLDER, M., LINDROTH, A. 2008. Thinning effects on pine–spruce forest transpiration in central Sweden. *Forest Ecology and Management*. 255(7), 2312–2323. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.12.047>
- LLORET, F., KEELING, E. G., SALA, A. 2011. Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos*. 120(12), 1909–1920.
- MCDOWELL, N. G. et al. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist*. 178(4), 719–739.
- PIROGOWICZ, T. 1983. Wpływ trzebieży na produktywność i strukturę drzewostanów sosnowych na przykładzie stałych powierzchni doświadczalnych położonych w nadleśnictwach Ruciane, Krutyń i Ryjewo. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa*. 38(3), 621–625.
- PRETZSCH, H. et al. 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*. 134(5), 927–947. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0900-4>
- RAISANEN, J. 2022. Probabilistic forecasts of near-term climate change: verification for temperature and precipitation changes from years 1971–2000 to 2011–2020. *Climate Dynamics*. 3–4, 1175–1188. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06182-8>
- RSTUDIO TEAM. 2024. *RStudio: Integrated development for R*. Boston, MA: RStudio, PBC [cit. 2025-06-09]. <http://www.rstudio.com/>
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1990. *Tree rings and environment*. Dendroecology. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research; Berne, Stuttgart, Vienna: Paul Haupt Publishers, 609 s.
- SOHN, J. A. et al. 2016. Heavy and frequent thinning promotes drought adaptation in *Pinus sylvestris* forests. *Ecological Applications*. 26(7), 2190–2205.
- SPITTLEHOUSE, D. L., STEWART, R. B. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management*. 4(1), art1.
- STECKEL, M. et al. 2020. Species mixing reduces drought susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – Site water supply and fertility modify the mixing effect. *Forest Ecology and Management*. 461, 117908.
- STROHMENGER, L., ACKERER, P., BELFORT, B., PIERRET, M. C. 2022. Local and seasonal climate change and its influence on the hydrological cycle in a mountainous forested catchment. *Journal of Hydrology*. 610, 127914. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127914>
- VACEK, Z., VACEK, S., CUKOR, J. 2023. European forests under global climate change: review of tree growth processes, crises and management strategies. *Journal of Environmental Management*. 332, 117353.
- VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M., TROUILLIER, M., SCHWARZ, J., SKIADAREISIS, G., THURM, E. A. VAN DER MAATEN, E. 2021. pointRes 2.0: New functions to describe tree resilience. *Dendrochronologia*. 70, 125899.
- ZANG C., BIONDI F. 2015. treeclim: an R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships. *Ecography*. 38(4), 431–436.

Poděkování

Výsledek vznikl za finanční podpory projektů Interní grantové agentury č. IGA-LDF-24-IP-008 a institucionální podpory MZE-RO0123.

Kontakty | Contact Information

Petra Jablonická: e-mail: petra.jablonicka@mendelu.cz

KOMPETIČNÍ VZTAHY V POROSTECH S ROZDÍLNOU STRUKTUROU A JEJICH VLIV NA TLOUŠŤKOVÝ PŘÍRŮST

COMPETITIVE RELATIONSHIPS IN STANDS WITH DIFFERENT STRUCTURES AND THEIR EFFECT ON RADIAL INCREMENT

Martin Kománek¹, Eliška Žižková¹, Černý Jakub^{1,2}

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

Tato studie se zabývala kompeticí v lesních porostech s diferencovanou strukturou. Struktura lesních porostů má významnou roli pro produkci jednotlivých stromů a ekosystému jako celku. Monokultury jsou náchylnější k rozpadu více než lesy smíšené se zastoupením alespoň dvou druhů dřevin. V České republice dochází primárně k narušení lesních ekosystémů abiotickými činiteli, nejčastěji v kombinaci snížené dostupnosti vody a poškozením větrem. S měnící se skladbou lesa je zaměřením se na porostní směsi a jejich produkční schopnosti žádáno. Analyzovány byly smrkové a bukové monokultury (A), stejnověký smíšený porost (B) a porost s diferencovanou strukturou v převodu na les výběrný (C). Přírůst smrku u výčetní kruhové základny v diferencovaném porostu v převodu na les výběrný měl signifikantně vyšší tloušťkový přírůst ($p < 0,05$) než smrky v jiných variantách a buk v monokultuře. U buku rozdíly nebyly signifikantní i díky nižšímu DBH ve variantě smíšeného porostu, kde je smrk vůči buku dominantní při porovnání výčetních tloušťek.

Klíčová slova: Smrk ztepilý, buk lesní, kompetice, smíšené porosty, monokultury

Abstract

This study examined competition in forest stands with varying structures. The structure of forest stands plays a significant role in the production of individual trees and the wider ecosystem. Monocultures are more susceptible to decay than mixed forests, which comprise at least two tree species. In the Czech Republic, forest ecosystems are primarily disrupted by abiotic factors, most frequently a combination of water shortage and wind damage. With changing forest composition, there is a necessity to focus on stand mixtures and their production capacity. Norway spruce and European beech monocultures (A), even-aged mixed stands (B), and stands with a differentiated structure converted to selection forest (C) were analysed. The increment of spruce at the basal area in differentiated stands converted to uneven-aged forest was significantly higher ($p < 0.05$) than that of spruce in other variants and beech in monoculture. The differences were not significant for beech, partly due to the lower DBH in the mixed stand variant, where spruce dominates over beech when comparing diameter at breast height.

Keywords: Norway spruce, European beech, competition, mixed forests, monocultures

1 ÚVOD

Do současné doby byly jednoetážové a monokulturní porosty převažujícím způsobem pěstování lesa (Hilmers *et al.*, 2020) pro jeho vyšší produkci a jednodušší způsob pěstování (Grossiord *et al.*, 2014; Johann, 2006). V kontextu měnících se klimatických podmínek a rostoucích disturbancí narůstá význam výzkumu porostů s různou úrovní strukturální komplexity s cílem optimalizovat hospodářské způsoby podporující rezilienci a adaptabilitu lesa (Lebourgeois *et al.*, 2013; Pretzsch *et al.*, 2020). Tato adaptabilita se následně odráží i v celkové produkci lesních ekosystémů v závislosti na druhové pestrosti a tloušťkové diferenciaci (Zeller, Pretzsch, 2019; Pretzsch *et al.*, 2020).

Individuální přírůst výčetní kruhové základny (basal area increment – BAI) reflektuje nejen vitalitu jedince, ale zároveň integruje účinek vnějších environmentálních podmínek a kompetičních tlaků v daném porostním uspořádání. Monokulturní porosty, charakteristické vyšší uniformitou a omezenou strukturální diferenciací, vykazují typicky silnou vnitrodruhovou kompetici o zdroje (voda, živiny), přičemž růstová odezva je často negativně modulována nízkou ekologickou plasticitou druhu. V důsledku působení stresorů dochází ke snížení přírůstu i celkové produkce, což kontrastuje se stabilnějším růstem smíšených a strukturálně bohatých porostů (Zeller, Pretzsch, 2019). Smíšené a diferencované porosty umožňují prostorovou a funkční komplementaritu, což může vést k redukci interspecifické kompetice a efektivnějšímu využívání vertikálního a horizontálního profilu stanoviště (Pretzsch, 2020).

Cílem práce je kvantitativně porovnat růstové reakce jednotlivých stromů v závislosti na porostní struktuře a analyzovat rozdíly v intenzitě kompetičních vztahů v různých druhových a prostorových konfiguracích.

2 MATERIÁL A METODY

Výzkumné plochy se nacházejí přibližně 25 km severně od Brna, na území Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny (dále jen ŠLP), konkrétně na polesí Habrůvka. ŠLP spadá do přírodní lesní oblasti (PLO) č. 30 – Dražanská vrchovina. Geologické podloží v dané lokalitě tvoří přechod mezi granodiority, kulmskými drobami a vápencem (Hammond *et al.*, 2021). Převažujícím půdním typem je kambizem (Kadavý *et al.*, 2024). Podle Köppenovy klasifikace se jedná o oblast vlhkého kontinentálního klimatu mírného pásma (Déliege, Nicolay, 2016). Průměrná roční teplota dosahuje 7,5 °C (Mašinová *et al.*, 2017), přičemž roční úhrn srážek se pohybuje mezi 550 a 650 mm (Kománek *et al.*, 2024). Základní charakteristiky stanoviště jsou shrnuty v Tab. 1.

Na výzkumných plochách byla provedena v roce 2022 inventarizace všech stromů přítomných na ploše; změřena byla jejich výčetní tloušťka (DBH), výška, nasazení koruny a korunové projekce ve čtyřech kardinálních směrech (S, V, J, Z). Dále byly všichni jedinci s DBH > 2 cm zaměřeni pomocí systému Field-Map (IFER, ČR) spolu s okrajovou zónou, která je definována všemi jedinci, kteří svojí korunovou projekcí zasahují do výzkumné plochy. Z těchto měření byly počítány objem jedinců, zásoba dřeva a výčetní kruhová základna, které byly následně přepočítány na plochu 1 ha (Tab. 2).

Pro zjišťování přírůstů byly odebrány dva vzorky z vybraných stromů ve směru S-J v počtu 20 úrovněvých jedinců na jednu variantu pomocí Presslerova přírůstového nebozezu.

Opracované vzorky byly naskenovány pomocí skeneru Epson Perfection V600 Photo ve formátu .jpg v rozlišení 2400 dpi. Poté byly vzorky změřeny pomocí softwaru Coorecorder a CDendro (Maxwell a Larsson, 2021). Změřené vzorky byly dále podrobeny procesu křížového datování za využití softwaru CDendro, který umožňuje jak vizuální, tak kvantitativní porovnávání letokruhových řad. Pro zpětné stanovení ročního přírůstu kruhové základny byl použit balíček dplR (Bunn, 2008), který nabízí širokou škálu funkcí pro zpracování a analýzu dendrochronologických dat, včetně převodu šířky letokruhů na metriky růstu stromu s vyšší biologickou vypovídací hodnotou.

Tab. 1: Stanovištní charakteristiky ploch

Site characteristics of experimental plots

Plocha (Plot)	GPS	Nadmořská výška (Altitude) (m n. m.)	Rozměry (Dimensions) (m)	Sklon (Slope) (°)	Expozice (Aspect)	CHS (Management set of stands) ⁵
A ₁ ¹	49.3176850N 16.7775264E	530	40 × 40	9,09	V/E	45
A ₂ ²	49.3146881N 16.7305503E	532	40 × 40	5,71	JV/SE	45
B1 ³ a B2 ⁴	49.3219581N 16.7622217E	553	50 × 50	3,43	JZ/SW	45
C ⁵	49.3434083N 16.6708711E	397	50 × 55	5,71	JZ/SW	45

¹ Monokultura SM / Norway spruce monoculture

² Monokultura BK/European beech monoculture

^{3,4} Smíšený porost SM (B1) a BK (B2) / Mixed stand of Norway spruce (B1) and European beech (B2)

⁵ Diferencovaný porost SM, BK a JD / Differentiated stand of Norway spruce, European beech and silver fir

⁶ CHS 45 – živná stanoviště středních poloh/nutrient-rich sites at middle altitudes

Tab. 2: Základní charakteristiky porostů

Basic characteristics of stands

Plocha Stand	Dřevinná skladba (Tree composition) (%)	Věk (Age) (years)	Průměrná výčetní tloušťka (Mean DBH) (cm)	Průměrná výška (Mean height) (m)	G _{1,3} (Basal area _{1,3}) (m ² /ha)	Zásoba porostu (Growing stock) (m ³ /ha)
A1 ¹	SM 98, BO 2	89	42,7 ± 8,16	37,2 ± 2,51	55,61	849,98
A2 ²	BK 98, SM 2	108	31,3 ± 13,72	30,3 ± 8,78	41,24	661,98
B1 ³ a B2 ⁴	BK 48, SM 47, DG 5	82	30,0 ± 14,14	25,2 ± 7,11	40,57	503,79
C ⁵	SM 46, JD 44, BK 10	1–160	22,4 ± 13,50	16,7 ± 6,32	30,74	307,28

¹ Monokultura SM / Norway spruce monoculture

² Monokultura BK / European beech monoculture

^{3,4} Smíšený porost SM (B1) a BK (B2) / Mixed stand of Norway spruce (B1) and European beech (B2)

⁵ Diferencovaný porost SM, BK a JD / Differentiated stand of Norway spruce, European beech and Silver fir

Podle pozic jednotlivých stromů byly vypočteny vzdálenosti mezi sledovaným jedincem a konkurenty a byl pro ně stanoven index kompetice, aby bylo možné vyjádřit mezidruhovou a vnitrodruhovou kompetici. Index kompetice podle Hegyiho (1974):

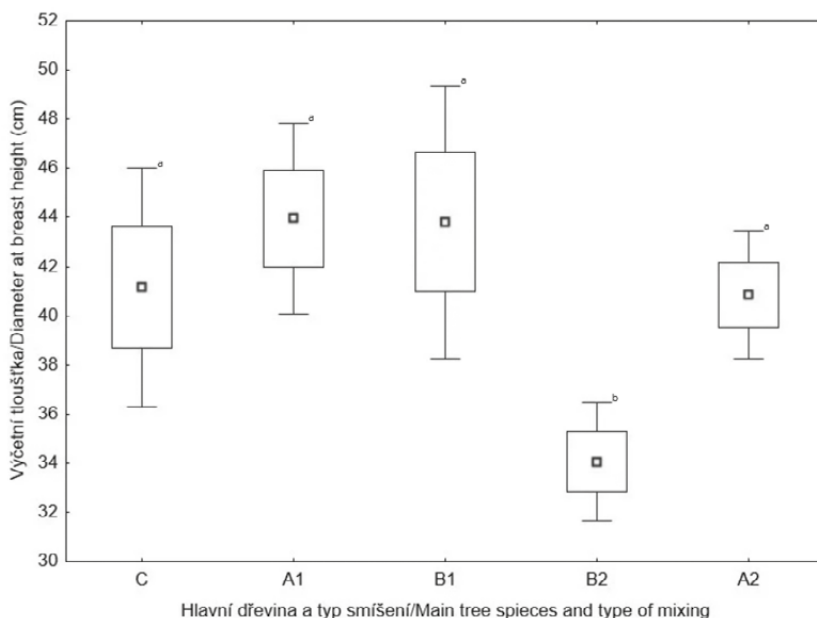
(1)

$$CI = \sum_{j=1}^n n \left(\frac{DBH_j / DBH_i}{DIST_{ij}} \right) \times w_n$$

kde CI = celkový index kompetice cílového stromu, DBH_j = průměr kmene kompetičního stromu, DBH_i = průměr kmene cílového stromu, DIST_{ij} = vzdálenost mezi cílovým stromem a kompetičním stromem, n = 5 kompetičních stromů, w_n = 1, protože úmrtnost nebyla zohledněna.

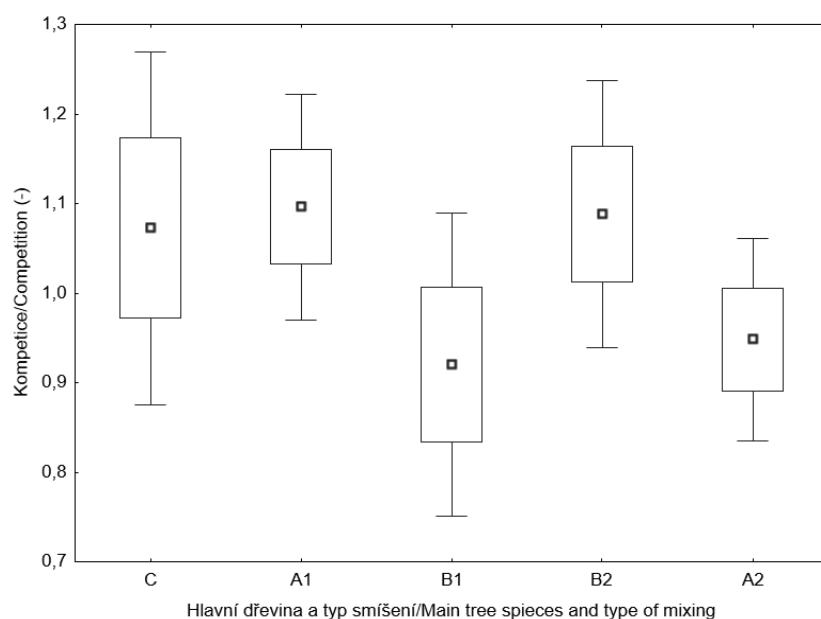
3 VÝSLEDKY

Rozložení výčetních tloušťek (DBH) ve sledovaných porostech ukazuje na signifikantní rozdíl pouze u buku ve směsi se smrkem (B2). Nejvyšší střední hodnoty DBH byly zaznamenány u smrku v monokultuře (A1), smrku ve směsi s bukem (B1) a smrku v převodu na výběrný les (C), přičemž rozdíly mezi těmito variantami nebyly statisticky významné ($p > 0,05$). Naproti tomu buk ve směsi se smrkem (B2) vykazoval signifikantně nižší tloušťky ($p < 0,05$), což může být interpretováno jako důsledek zvýšené asymetrické kompetice o světlo a prostor, vyplývající z ekologické dominance smrku v této kombinaci. Buk v monokultuře (A2) dosahoval středních hodnot DBH, které byly statisticky srovnatelné s ostatními variantami s výjimkou B2.



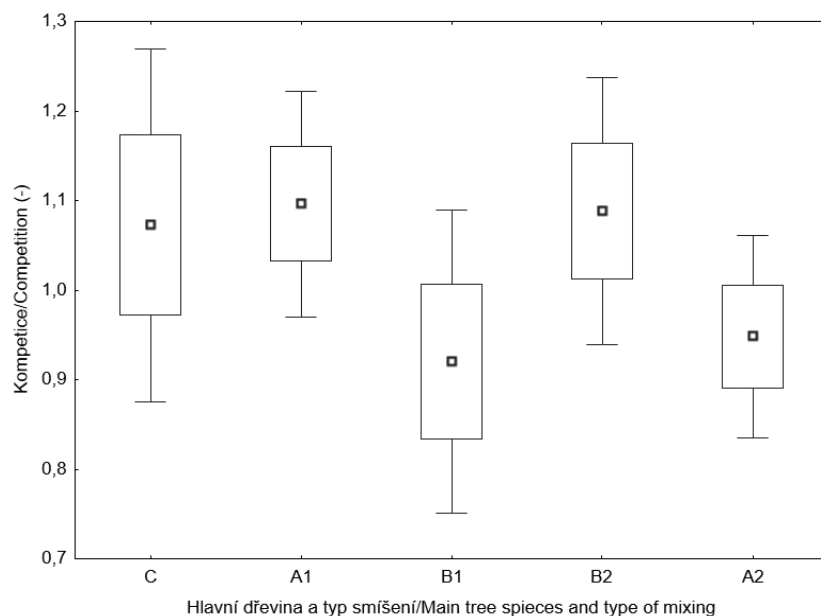
Obr. 1: Krabicový graf pro výčetní tloušťky smrku v převodu na les výběrný (C), v monokultuře (A1), smíšeném porostu (B1) a buku smíšeném porostu (B2) a v monokultuře (A2)

Box-plot for diameter at breast height of spruce in monoclulture (A1), mixed stand (B1), conversion to selection forest (C), and beech in monoclulture (A2) and mixed stand (B2)



Obr. 2: Krabicový graf pro kompetici smrku v převodu na les výběrný (C), v monokultuře (A1), smíšeném porostu (B1) a buku smíšeném porostu (B2) a v monokultuře (A2)

Box-plot for competition of spruce in conversion to selection forest (C), monoculture (A1), mixed stand (B1), and beech in mixed stand (B2) and monoculture (A2)



Obr. 3: Krabicový graf pro BAI smrku v převodu na les výběrný (C), v monokultuře (A1), smíšeném porostu (B1) a buku smíšeném porostu (B2) a v monokultuře (A2)

Box-plot for BAI of spruce in conversion to selection forest (C), monoculture (A1), mixed stand (B1), and beech in mixed stand (B2) and monoculture (A2)

Na Obr. 2 je znázorněna kompetice v jednotlivých porostech s diferencovanou strukturou. Subjektivně se může zdát, že v porostech A1, B2 a C lze vidět vyšší kompetici vybraných jedinců v dané variantě, ale ani v jedné sledované variantě není pozorován statisticky významný rozdíl. Kompetici tedy musíme posuzovat jako stejný faktor ve všech variantách.

Rozložení BAI (mm²) ve sledovaných porostních variantách ukazuje na významné rozdíly v přírůstové dynamice jednotlivých variant. Smrk ve variantách A1, B1 a C měl rozdílnou tloušťku od bukové monokultury (A2) a kompetiční vztahy dosahovaly vyšších výčetních tloušťek při nižších kompeticích, změna nastala při hodnocení průměrného pětiletého přírůstu z období (2018–2022). Z Obr. 3 vyplývá, že smrk vychovávaný ve výběrném lese intenzivnějšími iniciálními zásahy (C) odrůstá lépe než smrky ve stejnověkové směsi a monokultuře se statisticky významným rozdílem ($p > 0,05$). Signifikantně rozdílný růst od smrků má už jen buk, který roste ve stejnověkové směsi se smrkem (B2).

4 DISKUSE

Výsledky potvrzují, že porostní struktura a druhová skladba výrazně ovlivňují růstové reakce stromů. Smrk v monokultuře (A1) i ve výběrném lese (C) dosahoval vysokých hodnot DBH a BAI, což ukazuje na jeho schopnost těžit z homogenního prostředí (Johann, 2006) i ze strukturálně diferencovaných porostů, kde má prospěch z redukované kompetice a výchovných zásahů (Pretzsch *et al.*, 2020).

Naproti tomu buk ve směsi se smrkem (B2) dosahoval signifikantně nižší DBH s vyšším přírůstem v obdobích kdy smrk ve směsi odrůstal hůře (Zeller, Pretzsch, 2019). Buk v monokultuře (A2) vykazoval stabilní růst.

Kompetiční vztahy nebyly statisticky rozdílné mezi variantami, což naznačuje, že růst je více ovlivněn strukturou a druhovým složením než intenzitou samotné kompetice (Grossiord *et al.*, 2014). Nejvyšší přírůst smrku ve výběrném lese (C) podtrhuje význam prostorové a funkční diversity pro růstovou stabilitu a odolnost vůči stresům (Lebourgeois *et al.*, 2013; Pretzsch, 2020). Tyto výsledky podporují přechod od stejnověkových monokultur k víceetážovým, smíšeným porostům jako adaptační strategii v kontextu klimatické změny (Hilmers *et al.*, 2020).

5 ZÁVĚR

Studie prokázala, že struktura porostu ovlivňuje růstové parametry studovaných dřevin, především u smrku ztepilého. Nejvyšší hodnoty přírůstu kruhové základny (BAI) byly zjištěny u smrku v diferencovaném porostu (varianta C), což potvrzuje výhodnost růstu této dřeviny v prostředí s vyšší prostorovou heterogenitou. Naopak buk ve směsi se smrkem (varianta B2) dosahoval signifikantně nižších tloušťek, což lze přičíst převaze smrku v horní etáži. Kompetiční indexy se mezi porosty s diferencovanou strukturou signifikantně nelišily, což naznačuje, že kompetice nebyla hlavním faktorem určujícím rozdíly v tloušťkovém růstu. Výsledky podtrhují význam strukturní rozrůzněnosti zejména pro produkční výkonnost smrku, nikoli však jednoznačně pro buk, jehož radiální růst byl výrazněji ovlivněn kompetičním postavením v porostu.

LITERATURA

- BUNN, A. G. 2008. A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*. 26(2), 115–124.
- DELIÈGE, A., NICOLAY, S. 2016. Köppen–Geiger climate classification for Europe recaptured via the Hölder regularity of air temperature data. *Pure and Applied Geophysics*. 173(8), 2885–2898.
- GROSSIORD, C. H., GRANIER, A., GESSLER, A., POLLASTRINI, M., BONAL, D. 2014. The influence of tree species mixture on ecosystem-level carbon accumulation and water use in a mixed boreal plantation. *Forest Ecology and Management*. 298, 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.001>
- HAMMOND, M. E., POKORNÝ, R., DOBROVOLNÝ, L. 2021. Gap regeneration and dynamics: the case study of mixed forests at Křtiny in the Czech Republic. *Central European Forestry Journal*. 67, 135–147.

- HEGYI, F. 1974. A simulation model for managing jack-pine stands. In: FRIES, J. (Ed.). *Growth models for tree and stand simulation*. Stockholm, Sweden: Royal College of Forestry, p. 74–90
- HILMERS, T., BIBER, P., KNOKE, T., PRETZSCH, H. 2020. Assessing transformation scenarios from pure Norway spruce to mixed uneven-aged forests in mountain areas. *European Journal of Forest Research*. 139(4), 567–584.
- JOHANN, E. 2006. Historical development of nature-based forestry in Central Europe. In: *Nature based forestry in Central Europe*. Alternatives to industrial forestry and strict preservation. Proceedings, Univ. of Ljubljana, p. 1–18.
- KADAVÝ, J., KNEIFLOVÁ, J., KNEIFL, M., UHERKOVÁ, B. 2024. Using Marteloscope in selection forestry – Study case from „Pokojná hora“. *Journal of Forest Science*. 70(9), 447–457.
- KOMÁNEK, M., KNOTT, R., KADAVÝ, J., KNEIFL, M. 2024. Is the Concentric Plot Design Reliable for Estimating Structural Parameters of Forest Stands? *Forests*. 15(12), 2246.
- LEBOURGEOIS, F., GOMEZ, N., PINTO, P., MÉRIAN, P. 2013. Mixed stands reduce *Abies alba* tree ring sensitivity to summer drought in the Vosges mountains, western Europe. *Forest Ecology and Management*. 303, 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.003>
- MAŠÍNOVÁ, T., BAHNMANN, B. D., VĚTROVSKÝ, T., TOMŠOVSKÝ, M., MERUNKOVÁ, K., BALDRIAN, P. 2017. Drivers of yeast community composition in the litter and soil of a temperate forest. *FEMS Microbiology Ecology*. 93, 1–10.
- MAXWELL, R. S., LARSON, L.-A. 2021. Measuring tree-ring widths using the CooRecorder software application. *Dendrochronologia*. 67, 125841.
- PRETZSCH, H. *et al.* 2020. Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Annals of Forest Science*. 67(7), 712.
- PRETZSCH, H. *et al.* 2020. Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*. 139: 349–367. <https://doi.org/10.1017/s10342-019-01233-y>
- ZELLER, L., PRETZSCH, H. 2019. Effect of forest structure on stand productivity in Central European forests depends on developmental stage and tree species diversity. *Forest Ecology and Management*. 434, 193–204. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.024>

Poděkování

Tento příspěvek byl financován z projektu TAČR TQ03000107 Bohatě strukturované smíšené porosty jako klíčová forma adaptace lesního hospodářství na probíhající změny klimatu.

Kontakty | Contact Information

Martin Kománek: e-mail: martin.komanek@mendelu.cz

DRUHOVÁ A ŠTRUKTURÁLNA DIVERZITA V PRALESOCH BADÍN A DOBROČ

SPECIES AND STRUCTURAL DIVERSITY IN OLD-GROWTH FOREST RESERVES BADÍNSKY AND DOBROČSKÝ PRALES

Stanislav Kucbel¹, Róbert Sedmák², Ján Pittner¹, Ladislav Šumichrast¹,
Peter Jaloviar¹, Jaroslav Vencurík¹

¹Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 01 Zvolen, Slovensko

²Katedra plánovania lesných zdrojov a informatiky, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 01 Zvolen, Slovensko

Abstrakt

Objektom tejto štúdie boli dva zmiešané pralesy nachádzajúce sa na strednom Slovensku – národné prírodné rezervácie Badín a Dobroč, ktoré sú prísne chránené od roku 1913 a predstavujú najstaršie lesné rezervácie na Slovensku. V oboch rezerváciách sa okrem iných meraní od konca 70. rokov vykonáva spravidla raz za decénium inventarizácia všetkých jedincov s hrúbkou nad 8 cm. Dlhodobé dáta z piatich ukončených meraní umožnili analyzovať veľkoplošnú dynamiku drevinového zloženia, štruktúrálnej a dimenzionálnej diverzity s ohľadom na prebiehajúcu klimatickú zmenu. Analýza potvrdila trend zvyšujúcej sa dominance buka na úkor ihličnatých drevín (jedle v Badíne, resp. jedle a smreka v Dobroči) a podstatné zvýšenie zásoby porastov. V Badínskom pralese bol pozorovaný pokles druhovej diverzity a zároveň nárast hrúbkovej diverzity, pričom celková diverzita sa výraznejšie nezmenila. Dobročský prales zaznamenal mierny nárast celkovej diverzity, ktorý bol dôsledkom najmä nárastu výškovej a hrúbkovej diverzity.

Kľúčové slová: buk lesný, jedľa biela, smrek obyčajný, štruktúrna diverzita, prírodný les

Abstract

The objects of the study were two old-growth mixed forests located in Central Slovakia – National Nature Reserves Badín and Dobroč that have been under strict protection since 1913 and represent the oldest forest reserves in Slovakia. Besides other measurements, since the late 1970s every decade the registration of all stems with dbh > 8 cm by full callipering has been conducted on the entire areas of both reserves. The long-term data from five finished measurement campaigns provided the possibility to analyse the large-scale dynamics of tree species composition, structural and dimensional diversity regarding ongoing climate change. The analysis confirmed the trend towards increasing dominance of beech at the expense of the conifers (fir in Badín or fir and spruce in Dobroč) and the significant increment of stand volume. In Badínsky prales, the reduction of species diversity and increase of diameter diversity was observed, whereas the total diversity remained rather unchanged. Dobročský prales experienced moderate increase of the total diversity, which was the consequence especially of increasing height and diameter diversity.

Keywords: European beech, silver fir, Norway spruce, structural diversity, primeval forest

1 ÚVOD

Lesné hospodárstvo, resp. pestovné usmerňovanie lesov je v súčasnosti konfrontované so zvyšujúcim sa dôrazom na plnenie množstva rôznych ekologických a environmentálnych funkcií. Znižovanie zastúpenia prírodných lesov ako aj lesov s prírode blízkou štruktúrou sústreďuje v stúpajúcej miere pozornosť na význam hospodársky usmerňovaných lesov pre zachovanie biodiverzity, ich úlohu v kolobehu uhlíka a pri poskytovaní mnohých iných mimoprodukčných funkcií. Lesné hospodárstvo stojí pred výzvou udržať plnú funkčnosť a dynamiku lesných ekosystémov, zachovať ich diverzitu a odolnosť a zároveň plniť v dostatočnom rozsahu aj produkčnú funkciu (Puettmann *et al.*, 2009). Hospodárske zásahy v lesných porastoch zvyčajne výrazným spôsobom ovplyvňujú štruktúru lesných ekosystémov. Prírodné lesy, ktoré boli v minimálnej miere ovplyvnené ľudskou činnosťou tak predstavujú nenahraditeľný referenčný bod pre hodnotenie vplyvu človeka na lesné ekosystémy a identifikáciu tých znakov štruktúry, ktoré sú dôležité pre plnenie mimoprodukčných funkcií (Blasi, 2010).

Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) ako najrozšírenejšia drevina strednej Európy (Leuschner, Ellenberg, 2017), ovplyvňuje v rozhodujúcej miere prirodzenú dynamiku lesných ekosystémov v tomto regióne, či už vo forme rovnorodých porastov, alebo ako súčasť drevinových zmesí. Na základe jeho mimoriadnej kompetičnej schopnosti predpokladajú niektorí autori jeho budúcu dominanciu v rozsiahlych častiach stredoeurópskych lesov (Pretzsch *et al.*, 2021). Na druhej strane, extrémne sucho v rokoch 2018 a 2019 boli príčinou dokázateľne zvýšenej mortality a zníženého prírastku drevín naprieč Európou (Bose *et al.*, 2021). Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť dynamiku druhovej a štruktúrálnej diverzity počas viac ako štyroch desaťročí v dvoch pralesových rezerváciách a identifikovať základné trendy ich vývoja, predovšetkým s ohľadom na drevinu buk.

2 MATERIÁL A METODY

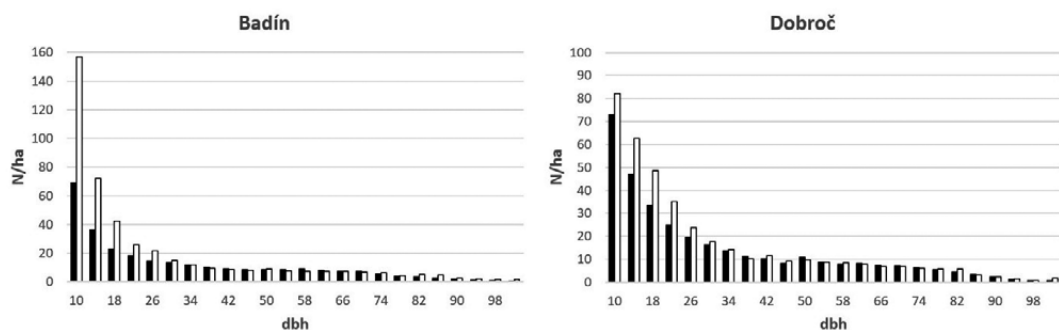
Objektami výskumu boli dve najzachovalejšie pralesové rezervácie Západných Karpát – národné prírodné rezervácie (NPR) Badínsky prales a Dobročský prales vyhlásené v roku 1913. NPR Badínsky prales reprezentuje zachovaný prírodný les 4. lvs, v nadmorskej výške 700–850 m n.m., s priemernou ročnou teplotou 5,5 °C a úhrnom zrážok 850–950 mm. Na materskej hornine tvorenej andezitom sa vytvorili eutrické kambizeme, mierne kyslé, živinovo bohaté, s vysokým produkčným potenciálom. NPR Dobročský prales patrí do 6. lvs, nachádza sa v nadmorskej výške 720–1000 m n. m., priemerná ročná teplota dosahuje 4,7 °C a zrážkový úhrn 900–960 mm. Geologickým podložím je granodiorit, na ktorom vznikli dystrické kambizeme (Korpeľ, 1989).

V oboch rezerváciách prebieha dlhodobý výskum (Korpeľ, 1989, 1995), súčasťou ktorého je aj inventarizácia všetkých jedincov s hrúbkou nad 8 cm, v intervale spravidla 10 rokov. Predmetom tejto štúdie boli údaje z priemerkovania naplno v Badínskom pralese na ploche 25,46 ha v rokoch 1977, 1986, 1997, 2008 a 2017 a v Dobročskom pralese na ploche 49,88 ha v rokoch 1978, 1988, 1998 a 2015. Na základe údajov získaných inventarizáciou boli štandardnými postupmi kvantifikované základné porastové veličiny (početnosť, kruhová základňa, zásoba a biomasa). Navyše bola štruktúra porastu charakterizovaná indexom porastovej denzity SDI (Reineke, 1933) a druhová, výšková a hrúbková diverzita, ako aj jej celková hodnota boli kvantifikované prostredníctvom Shannonovho indexu (Shannon, 1948).

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

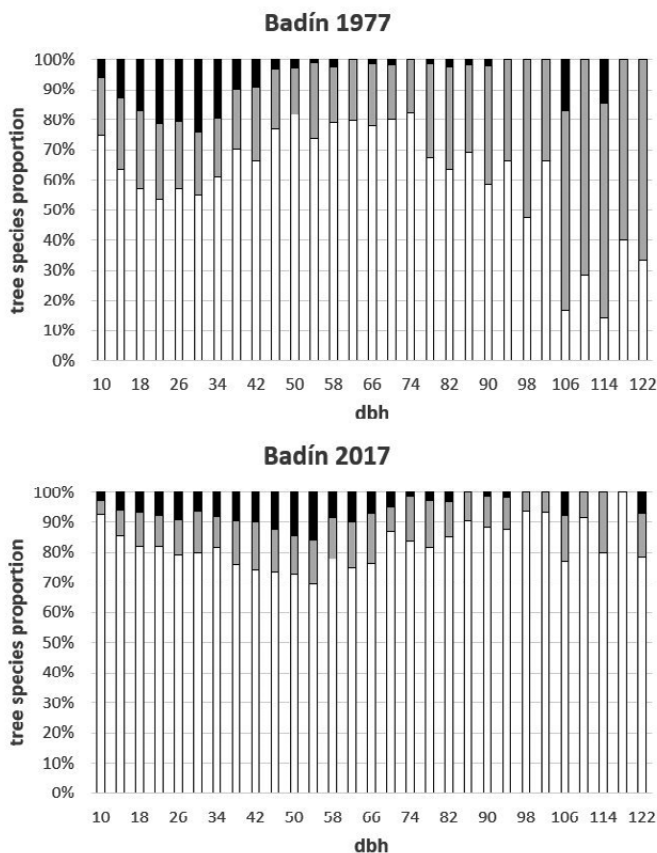
3.1 Prales Badín

Rozdelenie hrúbkových početností v Badínskom pralese (Obr. 1) malo počas skúmaného obdobia 1977–2017 klesajúci, obrátene sigmoidný tvar typický pre štrukturované prírodné lesy (Westphal *et al.*, 2006). Najpodstatnejšou zmenou bolo zvýšenie početnosti jedincov v najnižších hrúbkových stupňoch (10–30 cm), ktoré bolo najvýraznejšie v hrúbkových stupňoch 10 a 14 a predstavovalo viac ako 100% nárast.



Obr. 1: Hrúbková štruktúra v pralese Badín (roky 1977 a 2017, vľavo) a v pralese Dobroč (roky 1978 a 2015, vpravo)

Diameter structure in old-growth forest Badín (years 1977 and 2017, left) and in old-growth forest Dobroč (years 1978 and 2015, right)



Obr. 2: Zmeny drevinového zloženia v pralese Badín počas obdobia 1977–2017 (biele – buk, sivé – jedľa, čierne – ostatné dreviny)

Changes of tree species composition in old-growth forest Badín in the period 1977–2017 (white – beech, grey – fir, black – other tree species)

Tab. 1: Zmeny základných štrukturálnych charakteristík v pralese Badín počas obdobia 1977–2017
Changes of basic structural characteristics in old-growth forest Badín in the period 1977–2017

Rok (Year)	d _{1,3} priemer (Mean dbh)	Početnosť (Stem Density)	Kruh. plocha (Basal Area)	Zásoba (Stand Volume)	Biomasa (Biomass)	SDI
	cm	N/ha	m ² /ha	m ³ /ha	t/ha	–
1977	31,2	277	34,5	583	381	519
1986	30,5	298	35,8	603	401	545
1997	25,0	420	38,1	653	448	588
2008	25,7	441	43,1	757	518	651
2017	25,6	438	43,9	777	532	660

Buk a jedľa sú hlavnými porastotvornými drevinami Badínského pralesa, pričom v ich zastúpení bola počas sledovaného obdobia zaznamenaná podstatná zmena (Obr. 2). Zastúpenie jedle bolo signifikantne zredukované prakticky vo všetkých hrúbkových stupňoch a naopak, v prípade buka bol pozorovaný jeho výrazný nárast. Okrem postupného odumierania jedlí z hornej vrstvy predstavuje pre jej zachovanie v štruktúre pralesa najväčší problém chýbajúci dorast do prvého hrúbkového stupňa.

Analýza základných štrukturálnych charakteristík – početnosti, kruhovej základne, zásoby a biomasy – potvrdila všeobecný trend ich nárastu počas sledovaného obdobia (Tab. 1). Postupný nárast hustoty porastu sa prejavil aj zvýšením hodnôt indexu porastovej denzity (SDI) a jeho príčinou je pravdepodobne postupná zmena rastových podmienok v dôsledku pozitívneho vplyvu klimatických zmien, predovšetkým zvyšujúcej sa teploty. Jediná veličina, ktorá vykazovala opačný trend bola stredná hrúbka porastu, pričom jej pokles bol priamym dôsledkom zmien v hrúbkovej štruktúre s výrazným zvýšením početnosti jedincov v najnižších hrúbkových stupňoch.

Tab. 2: Dynamika drevinovej, výškovej (vrstva) a hrúbkovej (d1,3) biodiverzity v pralese Badín počas obdobia 1977–2017

Dynamics of tree species, height (stand layer) and diameter (dbh) biodiversity in old-growth forest Badín in the period 1977–2017

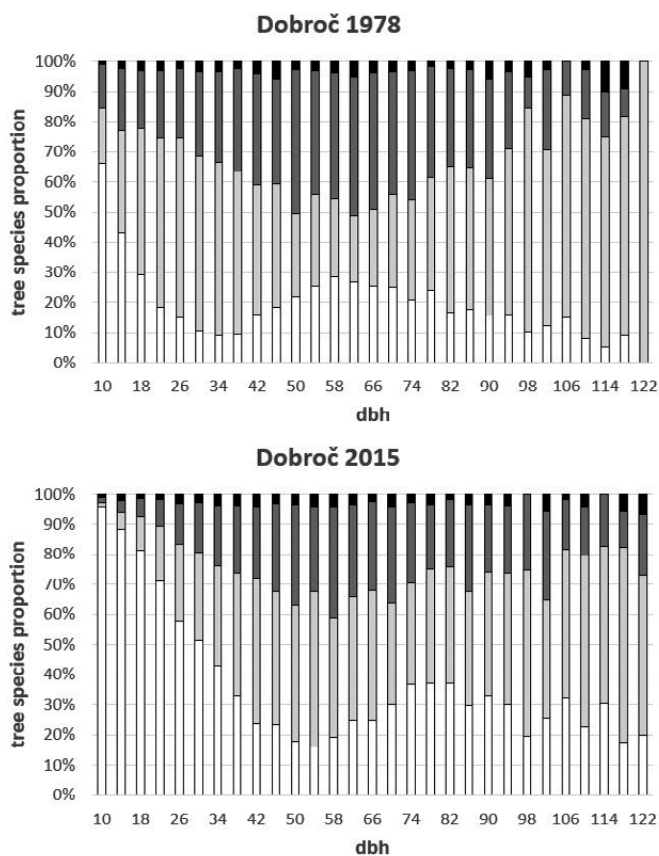
Rok (Year)	Biodiverzita (Biodiversity)			
	Drevina (Tree Species)	Vrstva (Stand Layer)	Hrúbka (dbh)	Celkove (Total)
1977	–0,721	–0,400	–3,092	–3,737
1986	–0,696	–0,454	–3,190	–3,818
1997	–0,559	–0,433	–3,207	–3,708
2008	–0,586	–0,411	–3,239	–3,757
2017	–0,584	–0,400	–3,252	–3,775

Z pohľadu celkovej biodiverzity vyjadrenej hodnotou Shannonovho indexu neboli počas analyzovaného obdobia zaznamenané výraznejšie zmeny (Tab. 2). Pri analýze jednotlivých zložiek biodiverzity sa ale potvrdil výrazný pokles druhovej diverzity a zároveň významný nárast hrúbkovej diverzity.

3.2 Prales Dobroč

Hrúbková štruktúra Dobročského pralesa bola počas sledovaného obdobia, podobne ako v Badínskom pralesi, charakterizovaná klesajúcim rozdelením (Obr. 1) a zaznamenali sme analogický trend zvyšovania početnosti v hrúbkových stupňoch 10–30 cm. Na rozdiel od pralesa Badín tu ale nárast počtu jedincov nebol tak výrazný a v žiadnom hrúbkovom stupni nepresiahol 45%.

Hlavnými drevinami v pralesi Dobroč sú jedľa, buk a smrek. V priebehu necelých štyroch desaťročí došlo k výraznej zmene ich početného zastúpenia z pomeru 38%(jd):33%(bk):26%(sm) na rozdelenie 20%(jd):65%(bk):12%(sm). Masívne odumieranie smreka a čiastočne aj jedle bolo vykompenzované, resp. až prekročené intenzívnou expanziou buka, ktorá sa prejavila predovšetkým v najnižších hrúbkových stupňoch (Obr. 3). Pri poslednom meraní sa na skúmanej ploche pralesa nachádzalo v hrúbkovom stupni 10 iba 63 jedincov smreka a 57 jedincov jedle. Takáto



Obr. 3: Zmeny drevinového zloženia v pralesi Dobroč počas obdobia 1978–2015 (biele – buk, sivé – jedľa, čierne – ostatné dreviny)

Changes of tree species composition in old-growth forest Dobroč in the period 1978–2015 (white – beech, grey – fir, black – other tree species)

Tab. 3: Zmeny základných štrukturálnych charakteristík v pralese Dobroč počas obdobia 1978–2015
Changes of basic structural characteristics in old-growth forest Dobroč in the period 1978–2015

Rok (Year)	d _{1,3} priemer (Mean dbh)	Početnosť (Stem Density)	Kruh. plocha (Basal Area)	Zásoba (Stand Volume)	Biomasa (Biomass)	SDI
	cm	N/ha	m ² /ha	m ³ /ha	t/ha	–
1977	31,2	277	34.5	583	381	519
1986	30,5	298	35.8	603	401	545
1997	25,0	420	38.1	653	448	588
2008	25,7	441	43.1	757	518	651
2017	25,6	438	43.9	777	532	660

situácia poukazuje na vážne narušenie regeneračných procesov ako aj dorastania jedincov do dolnej vrstvy porastu a predstavuje kritický stav pre zachovanie smreka a jedle v drevinovom zložení porastu v budúcnosti.

Dynamika základných štrukturálnych charakteristík mala podobný charakter ako v pralese Badín a s výnimkou strednej hrúbky porastu bol počas skúmaného obdobia pri všetkých ostatných veličinách zaznamenaný ich nárast (Tab. 3). K zvyšovaniu hustoty porastu dochádzalo aj napriek pozorovanému intenzívnemu odumieraniu smreka a jedle, ktoré dokázal nahradiť expandujúci buk. Dá sa predpokladať, že príčiny zvyšovania porastovej denzity sú obdobné ako v Badínskom pralese, t.j. predovšetkým pozitívny vplyv zvýšenej teploty.

V analyzovanom období došlo v Dobročskom pralese k miernemu nárastu celkovej biodiverzity (Tab. 4). Toto zvýšenie bolo predovšetkým dôsledkom stúpajúcej výškovej a hrúbkovej diverzity, pričom k štrukturalizácii porastu prispelo rozhodujúcou mierou intenzívne dorastanie buka do dolnej vrstvy.

Tab. 4: Dynamika drevinovej, výškovej (vrstva) a hrúbkovej (d1,3) biodiverzity v pralese Dobroč počas obdobia 1978–2015

Dynamics of tree species, height (stand layer) and diameter (dbh) biodiversity in old-growth forest Dobroč in the period 1978–2015

Rok (Year)	Biodiverzita (Biodiversity)			
	Drevina (Tree Species)	Vrstva (Stand Layer)	Hrúbka (dbh)	Celkove (Total)
1977	–0,721	–0,400	–3,092	–3,737
1986	–0,696	–0,454	–3,190	–3,818
1997	–0,559	–0,433	–3,207	–3,708
2008	–0,586	–0,411	–3,239	–3,757
2017	–0,584	–0,400	–3,252	–3,775

4 ZÁVER

Počas viac ako štyroch desaťročí sledovania dynamiky pralesových porastov v NPR Badín a NPR Dobroč bol zaznamenaný všeobecný trend výraznej expanzie buka na úkor ihličnatých drevín. Tento sa zatiaľ prejavuje v rastúcej dominancii buka v najnižších hrúbkových stupňoch, resp. v dolnej vrstve porastov. Pretože dorastanie jedle a smreka do dolnej vrstvy výrazne stagnuje a nedajú sa pozorovať známky zlepšenia, predstavuje táto situácia vážne riziko a ohrozenie existencie jedle a smreka v podstatnejšom zastúpení v drevinovom zložení porastov v budúcnosti. S expanziou buka bolo v obidvoch rezerváciách pozorované zvyšovanie hustoty porastu, prejavujúce sa v náraste hodnôt všetkých základných porastových veličín. Z pohľadu celkovej biodiverzity nedošlo v Badínskom pralese k výraznejšej zmene, pričom bol zaregistrovaný pokles druhovej a nárast hrúbkovej diverzity. V prípade Dobročského pralesa sa prejavilo mierne zvýšenie celkovej diverzity, spôsobené stúpajúcou výškovou a predovšetkým hrúbkovou diverzitou.

LITERATÚRA

- BLASI, C. 2010. Old-growth forests: an ecosystem approach. *Plant Biosystems*. 144, 128–129.
- BOSE, A. K., ROHNER, B., BOTTERO, A., FERRETTI, M., FORRESTER, D. I. 2022. Did the 2018 megadrought change the partitioning of growth between tree sizes and species? A Swiss case-study. *Plant Biology*. 24, 1146–1156.
- KORPEL', Š. 1989. *Pralesy Slovenska*. Bratislava: Veda. 332 s.
- KORPEL', Š. 1995. *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 310 p.
- LEUSCHNER, C., ELLENBERG, H. 2017. *Ecology of Central European Forests. Vegetation Ecology of Central Europe*. Cham: Springer, 972 p.
- PRETZSCH, H., HILMERS, T., UHL, E. *et al.* 2021. European beech stem diameter grows better in mixed than in mono-specific stands at the edge of its distribution in mountain forests. *European Journal Forest Research*. 140, 127–145.
- PUETTMANN, K. J., COATES, K. D., MESSIER, C. 2009. *A critique of silviculture: Managing for complexity*. Washington: Island Press, 189 p.
- SHANNON, C. E. 1948. The mathematical theory of communication. In: SHANNON, C. E., WEAVER, W. (Eds.). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, p. 3–91.
- WESTPHAL, C., TREMER, N., VON OHEIMB, G., HANSEN, J., VON GADOW, K., HÄRDLE, W. 2006. Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? *Forest Ecology and Management*. 223, 75–83.

Poděkován

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-21-0199, ako aj v rámci projektov Vega 1/0183/25 a Vega 1/0515/23.

Kontakty | Contact Information

Stanislav Kucbel: e-mail: kucbel@tuzvo.sk

PĚSTEBNÍ POSTUPY V NÍZKÉM A STŘEDNÍM LESE PRO DOSAŽENÍ SORTIMENTŮ VYUŽITELNÝCH DO PRODUKTŮ LAMELOVÉHO DŘEVA PRO KONSTRUKČNÍ A NEKONSTRUKČNÍ APLIKACE

SILVICULTURAL PRACTICES IN COPPICE, COMPOUND COPPICE AND COPPICE WITH STANDARDS FOR PRODUCING ASSORTMENTS SUITABLE FOR LAMINATED WOOD PRODUCTS IN CONSTRUCTION AND NON-CONSTRUCTION APPLICATIONS

Ivan Kuneš¹, Martin Baláš¹, Kateřina Pešková¹, Přemysl Šedivka², Tomáš Holeček²,
Vilém Podrázský¹

¹Katedra pěstování lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

²Katedra zpracování dřeva a biomateriálů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

Abstrakt

Lamelové dřevo pro konstrukční i nekonstrukční aplikace představuje způsob zhodnocení sortimentů dříví listnatých dřevin s menšími dimenzemi, který jim dodá dostatečnou přidanou hodnotu a může znamenat rozumný ekonomický efekt. Otevírá se tak možnost pro širší využití sortimentů ze středního, případně nízkého lesa. Příspěvek se zabývá navržením základních pěstebních zásad ve výmladkovém lese na stanovištích ohrožených suchem, které povedou k získání potřebných sortimentů použitelných jako vstupy pro výrobu lamelového dřeva. Právě na vysychavých stanovištích mohou tvary lesa zahrnující vegetativní způsob obnovy přispět nejen ke stabilitě porostů a plnění jejich environmentálních funkcí, ale i k jejich efektivnímu hospodářskému využití.

Klíčová slova: pařezina, sdružený les, vegetativní obnova, lepené lamelové řezivo

Abstract

Laminated timber for structural and non-structural applications represents a way to increase the value of assortments of hardwood timber with smaller dimensions, which will provide them with sufficient added value and can mean a reasonable economic effect. This brings the possibility for a wider use of assortments from medium or coppice forests. The paper deals with the design of basic silvicultural principles in young forests endangered by drought, which will lead to the acquisition of the necessary assortments usable as inputs to produce laminated timber. Especially on the drying sites, silviculture practice, including the vegetative method of regeneration, can contribute not only to the stability of forest stands and the fulfilment of their environmental functions, but also to their effective economic use.

Keywords: coppicing, coppice with standards (middle forest), vegetative regeneration, glued laminated timber (glulam)

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Hlavní charakteristikou nízkého lesa je vegetativní způsob obnovy stromů, které v něm rostou (Polanský, 1947), a výrazně kratší obmýtí než u lesa generativního původu (lesa vysokého). Nízký les (pařezina, les výmladkový) představuje tvar lesa, který se v člověkem obhospodařované krajině po staletí používal (Vrška *et al.*, 2017) jako zdroj palivového dřeva a tenkých sortimentů dříví pro každodenní použití, ale i píce pro hospodářská zvířata (Utinek, 2014a). Název tohoto tvaru lesa odkazuje na skutečnost, že stromy, které zde rostou, jsou nižší a mají obecně menší dimenze, než jak tomu je v lese vysokém (vysokokmenném), který se obnovuje generativně a má výrazně delší dobu obmýtí. Pokud se uplatňuje jednoduché výmladkové hospodaření, všechny stromy se na konci každého obmýtí vytěží. U druhů, které jsou schopny vegetativní obnovy, tímto zmlazováním zpravidla z pařezů (někdy i prostřednictvím kořenové výmladnosti) téměř okamžitě začne obnova nového porostu, který je u nízkého lesa stejnověký (Smith, 1986).

Vedle nízkého lesa se obnova prostřednictvím přirozeného zmlazení dřevin vegetativním způsobem uplatňuje i ve středním (sduženém) lese. Střední les v sobě pojil produkci většího množství dřeva v podobě menších vegetativně zmlazených stromů s krátkou dobou obmýtí (odpovídající nízkému lesu) a menšího množství stromů větších dimenzí, tzv. výstavků (Polanský, 1947), které bývají vegetativního (ale mohou být i generativního původu) a v porostu se ponechávají déle. Střední les může být postaven buď na pouze vegetativní obnově stromů, které jsou ale věkově a výškově diferencovány (tzv. nepravý sdužený les), nebo v sobě kombinuje kromě strukturní diference i generativní a vegetativní způsob obnovy (pravý sdužený les). Za předpokladu, že je výstavkových etází ve středním lese více, a pokud jsou výstavky vegetativního původu, potom je každá etáž tvořena výstavky, jejichž věk je určitým násobkem obmýtí základní (nejmladší) výmladkové etáže (Smith, 1986). Střední les (především ten, který zahrnuje generativně obnovené výstavky) může být v souladu s postupy přírodě blízkého hospodaření, které mají v přírodních podmínkách jen omezenou dobu, např. výběrný princip (Utinek, 2004). Přesto ucelené a komplexní zkušenosti s managementem lesa nízkého a středního v kontextu současné doby chybějí (Šišák, Sloup, 2010), i když intenzivní výzkum v této oblasti již probíhá (Kadavý *et al.*, 2011; Kadavý *et al.*, 2019).

Hospodaření v nízkém a středním lese se ve střední Evropě začalo opouštět v 19. a 20. století, kdy roli palivového dřeva coby klíčové energetické suroviny postupně přebírala fosilní paliva, v našich podmínkách především uhlí. K ústupu hospodaření ve tvaru nízkého lesa především na konci první poloviny 20. století přispěly změny ve vlastnictví lesů a v některých případech posílení držby lesů státem. V 50. a 60. letech 20. století byl převod pařezin a středních lesů na les vysoký prosazován i hospodářskými a politickými opatřeními, která byla v roce 1960 promítnuta i do lesního zákona (Utinek, 2004; Švihla, Mottl, 2010).

V posledních letech se ale zájem o nízký a střední les začal opět zvyšovat například v souvislosti s jeho charakteristikami z pohledu biodiverzity (Vrška *et al.*, 2017), ochrany přírody (Stejskal, Ponikelský, 2021) a podpory některých druhů živočichů, rostlin a hub (Utinek, 2014a). Výrazně větší podíl doby, kdy v nízkém lese a na většině plochy středního lesa převládají podmínky s vyšším přístupem světla do porostu, než je tomu v lese vysokém, umožňuje návrat nebo lepší přežívání populací některých živočišných a rostlinných druhů, které byly tradičně vázány na světlé porosty nižších vegetačních stupňů v našich podmínkách, které se jako nízké, případně střední lesy obhospodařovaly. Ve středních Čechách se typicky jednalo o habrové doubravy, v nichž bývaly přimíšeny lípy, jasan a jilm, na sušších stanovištích pak jeřáb břek, jeřáb muk a babyka (Švihla, Mottl, 2010). Otázkou je naplnění těchto představ, protože analýzy biodiverzity porostů se týkaly tzv. přestárých pařezin, resp. nepravých kmenovin, výrazně světlých. Při uplatnění klasických metod pěstování pařezin je však nutno počítat se zcela jiným porostním prostředím, zejména u bohatěji strukturovaných lesů s více etážemi.

Za výhody nízkého a středního lesa bývá považována jednoduchost managementu, nízké náklady na pěstební činnosti či obecně kratší obmýtí alespoň pro základní výmladkovou

etáž (Utinek, 2014b). V současnosti (v souvislosti s posunem v klimatu) lze mezi výhody uvažovat možnost obnovy lesa na některých exponovaných stanovištích ohrožených suchem (Matoušková *et al.*, 2022), kde generativní obnova bývá problematická. Jak uvádí Smith (1986), hospodaření uplatňující vegetativní způsob obnovy má vysokou míru jistoty úspěchu zalesnění. Na druhou stranu jsou zde především u pařezin omezení, která je třeba brát v úvahu. Nezanedbatelným omezením jsou menší dimenze dříví, které nízký les a nižší etáže středního lesa poskytují. Dalším problémem může být nižší tvarová kvalita stromů v nízkém a středním lese.

V dřevozpracujícím průmyslu se nicméně objevily nové technologické postupy, které by výše uvedená omezení nízkého a středního lesa mohly do určité míry kompenzovat (Holeček *et al.*, 2023) a umožnit zhodnocení i menších dimenzí výřezů z listnatých sortimentů pro výrobu dřevěných konstrukčních prvků s vysokou přidanou hodnotou. Z pěstebního i technického pohledu bylo nicméně třeba uvedené hypotézy ověřit.

Předkládaný příspěvek informuje o projektu, který se uvedenou problematikou zabývá. Shrnuje stručně dosavadní poznatky z řešení, které jsou promítnuty do základních požadavků na sortimenty dříví z nízkého a středního lesa, které by mohly být novými výrobními postupy v dřevozpracujícím průmyslu zhodnoceny. Dále uvádí základní pěstební zásady, které by při managementu nízkých a středních lesů mohly vést k získání potřebných sortimentů. S ohledem na výše zmiňovaný historický vývoj a převody pařezin na vysoký les v průběhu 20. století bylo potřeba ve studii pracovat s porosty, které z pařezin sice pocházejí nebo v sobě zahrnují jedince s tímto původem (porosty pocházející z vegetativní a generativní obnovy), které dnes ale dosahují věku 80 let a více a byly převedeny na nepravou kmenovinu. Nová generace porostů je zatím příliš mladá, proto některé zásady musely být odvozeny nepřímou či retrospektivně.

2 MATERIÁL A METODY

Byly vybrány tři oblasti výskytu v Povltaví ve středních Čechách, kde se v minulosti vyskytovaly porosty, u nichž se uplatňoval způsob vegetativní obnovy. Jednalo se o porosty na lokalitách Koníček (49.779N, 14.426E), Nebřich (49.765N, 14.426E) a Zhorný (49.708N, 14.473E). Na lokalitách došlo ke stanovení půdního chemismu a klimatických podmínek. Typologicky byla stanoviště odběru vzorníků zařazena do souborů lesních typů: 1Z – zakrslá doubrava (*Quercetum humile*) 1C – suchá habrová doubrava (*Carpinetum-Quercetum subxerothermicum*), 2C – vysychavá buková doubrava (*Fageto-Quercetum subxerothermicum*), 3N – kamenitá kyselá dubová bučina (*Querceto-Fagetum lapidosum acidophilum*), 2K – kyselá buková doubrava (*Fageto-Quercetum acidophilum*; Viewegh *et al.*, 2003). V dominantní většině se jednalo o stanoviště ohrožená suchem. Průměrný věk porostů zařazených do studie dosahoval podle hospodářské knihy 40 až 80 let, ale v porostech byla věkově širší škála jedinců.

Na zvolených lokalitách byly u vybraných druhů stromových dřevin, konkrétně u dubu zimního (*Quercus petraea*), habru obecného (*Carpinus betulus*) a trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*), provedeny odběry vzorníků, které byly (a) vegetativního i (b) generativního původu.

U vybraných vzorníků následně proběhlo stanovení jejich pozice, jejich označení, byla změřena výčetní tloušťka, výška nasazení koruny a výška celého stromu. V další fázi pak došlo k pokácení vzorníků a přiblížení kmene z porostu na místo manipulace. U stromů pak proběhl odběr kotoučů pro stanovení stáří a vlastností dřeva výřezů, vykrácení kmene na výřezy s nadmírou a odvoz k dalšímu zpracování.

Výřezy musely být vždy ihned po těžbě pilařsky zpracovány, aby se zamezilo vzniku trhlin. Pilařské zpracování výřezů proběhlo buď agregátně nebo na kmenové pásové pile do formy hranolovitě oříznutých kmenů se stromovými oblinami na bocích (neomítaných prizem) o tloušťce 5 cm s nadmírou tak, aby v další fázi bylo možné z prizem vyřezat konstrukční lamely pro výrobu zkušebních vzorků lepeného lamelového dřeva. Následně proběhlo oddělení a ukládání bočního řeziva, označení jednotlivých prizem, technologické sušení neomítaných prizem dle

sušících programů pro daný druh dřeviny (podle ÚNMZ, 2019) a omítání prizem s cílem získání co nejvyšší výtěže středového řeziva – kalkulace výtěže středového a bočního řeziva v kontextu s kvalitou, křivostí výřezu a napadení hnilobou.

Na dřevo určené pro výrobu konstrukčních lamel jsou stanoveny vysoké požadavky na kvalitu. Pro systém třídění byl zvolen systém 3D multispektrálního skenování zařízením Wood Eye (MicroTec GmbH, Německo), který je vhodný pro nedestruktivní stanovení kvality řeziva.

Prizmy o tloušťce 5 cm byly formátovány na lamelové přířezy řezané v radiálním směru o tloušťce 2 cm s přídavkem na tloušťkové frézování, přičemž mechanické vady typu nezdravého či vypadavého suku a trhliny byly vyřezány.

Lamely byly technologicky kondicionovány po dobu sedmi dnů v klimatizační komoře (Weissttechnik, Německo) při teplotě 20 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 ± 5 % tak, aby vlhkost dřeva byla ustálena a udržována na 12 ± 1 v%. Z přířezů byla vyřezána zkušební tělesa o velikosti $20 \times 20 \times 300$ mm (šířka $\times$ výška $\times$ délka). Na základě typu povrchové úpravy byly vytvořeny skupiny lamel příslušné dřeviny. Lamely byly opracovány broušením na široké pásové brusce s pásem zrnitosti P60 s přesností 0,01 mm (Holeček *et al.*, 2023).

Dle tvarové analýzy vzorníků a zkušeností z jejich pilařského zpracování proběhlo stanovení minimálních rozměrů kmenů, které bylo možné použít pro produkci výřezů určených pro průmyslovou výrobu lamel využitelných do produktů lamelového dřeva pro konstrukční a nekonstrukční aplikace. Proběhla letokruhová analýza vzorníků a byla konfrontována s informacemi z hospodářské knihy o věku porostů.

Pro definování zásad jsme vycházeli (1) z požadavků na výřezy pro produkci lamel, které jsou uvedeny níže, (2) ze zjištěných parametrů vzorníkových stromů a (3) z postupů popsanych v pěstitelské literatuře a z analýz tloušťkového přírůstu odvozeného z letokruhů vzorníkových stromů a (4) z údajů o porostech uvedených v hospodářských knihách.

3 VYBRANÉ VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Požadavky na výřezy

Na základě šetření parametrů vzorníků a jejich pilařského zpracování byly stanoveny následující minimální požadavky pro výřezy určené k výrobě lamel použitelných do produktů lamelového dřeva pro konstrukční a nekonstrukční aplikace:

Minimální průměr v čepu (na tenčí straně výřezu) je 10 cm bez kůry, minimální délka rovného výřezu, resp. výřezu s přípustnou křivostí do $2,5 \text{ cm} \cdot \text{m}^{-1}$ bez přítomnosti hniloby, je 2,2 m. Modul délky výřezů pro další zpracování je 2,2 m, 3,2 m a 4,2 m. Délka použitelných výřezů, které lze z porostu získat, ovlivňuje způsob jejich dalšího zpracování na prisky, z nichž se lamely pro lepení do produktů lamelového dřeva vyrábějí. Nejkratší výřezy o délce do 2,2 m lze na prisky zpracovat pouze agregátně. U delších výřezů je možné jejich zpracování na prisky na pásové pile, které umožňuje podstatně větší výtěžnost, a tedy efektivnost výroby. Nejvyšší přípustná sbíhavost výřezů by měla být do $2,5 \text{ cm} \cdot \text{m}^{-1}$. Maximální průměr nevypadavých suků je 30 mm. Ve výřezech může být maximálně 8 ks nevypadavých suků na 1 bm výřezů.

U stromů obnovených pařezovou výmladností na stanovištích zařazených do naší studie jsme však narázeli na nižší tvarovou kvalitu jedinců, což může být dáno povahou stanovišť (podprůměrná bonita, ohrožení suchem), povahou hospodaření a samozřejmě i původem jedinců z pařezin. Optimální délka rovného výřezu bez hniloby (4,2 m) tedy u stromů výmladkového původu je na daných stanovištích obvykle jen zřídka dosažitelná.

3.2 Pěstební zásady

Pro dosažení kvalitních výmladků je třeba stromy k těžbě kácet pozdě na podzim nebo během zimy, kdy je v kořenech nejvíce zásobních látek. K obražení pařezů výmladky pak dojde následující jaro. Při kácení na konci vegetačního období se sice výmladnost prakticky okamžitě dostaví,

ale výmladky často nestihnou vyžrát, což vede k poškození mrazem. Kácení v době rašení a během vegetačního období kořeny a pařezy vyčerpává (Smith, 1986).

Při obnově stromů a jejich porostů prostřednictvím pařezové výmladnosti je třeba velkou pozornost věnovat právě pařezům po pokácených stromech. Je třeba ponechávat tak nízké pařezy, jak to okolnosti dovolují. V zásadě jde o to umožnit výmladkům obrážet na pařezu pouze při jeho bázi blízko při úrovni terénu. Výmladky by neměly obrážet vysoko na pařezech, kde časem může docházet k uhnívání a destabilizaci. Povrch pařezů by měl být hladký, mírně pultově nebo sedlově zkosený, aby odváděl vodu z povrchu pařezu směrem k jeho obvodu (Polanský, 1947).

Poté, co se pařezové výmladky objeví, je důležité jejich množství postupně zredukovat, aby na každý pařez připadaly jeden až dva výmladky, správně rostlé od báze pařezu.

Druhovému složení porostu a délka obmýti budou v nízkém a středním lese vždy závislé na povaze stanoviště a produkční schopnosti dřevin. V modelovém případě naší studie ve středních Čechách (stanoviště ohrožená suchem) lze jako doporučenou kombinaci hlavních druhů dominujících z hlediska zastoupení v porostu považovat dub zimní a habr obecný. Jak zdůrazňují Špulák *et al.* (2024), v případě výsušných stanovišť je skutečně potřeba pracovat s dubem zimním. Dub a habr mohou být podle potřeby a situace doplněny lípou (*Tilia cordata*), javory (především javorem babykou *Acer campestre*), třešní (*Cerasus avium*), případně jeřábem břekem (*Sorbus torminalis*). Břek lze považovat za dřevinu, která je odolná vůči suchu dokonce více než dub, má hodnotné dřevo vhodné pro výrobu lamel a je schopný bohaté vegetativní výmladnosti (Šulitka *et al.*, 2025). Pro hospodaření ve tvarech nízkého a středního lesa je proto břek vhodnou dřevinou a je žádoucí jej zavádět zpočátku i uměle, popřípadě se může výrazně uplatnit jako součást horní etáže lesa středního. Pokud se v druhové skladbě objeví jasan (*Fraxinus excelsior*), je určitě žádoucí s ním v porostu pracovat, ale s ohledem na jeho ohrožení nektrózou jasanu (způsobené houbou voskovičkou jasanovou, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Chalara fraxinea*), na něj v současnosti bohužel nelze klást úlohu významného nositele produkce sortimentů pro lamelové dřevo.

I když přístup k akátovým porostům je třeba v našich podmínkách diferencovat (Sádlo *et al.*, 2017), na akát jsme v kontextu sledovaných stanovišť nahlíželi spíše jako na problematickou dřevinu s řadou rizik (Kuneš *et al.*, 2024), jejíž zastoupení se bude opatrnými zásahy v porostech postupně snižovat. Výřezy, které z něj lze za určitých okolností získat, mohou částečně přispět k pokrytí nákladů na opatření směřující k jeho postupnému omezování. Techniky jeho postupné likvidace popsují např. Kuneš *et al.* (2020).

Jak ukázala naše šetření, na stanovištích exponovaných vůči suchu ve středním Povltaví je pro dosažení sortimentů použitelných pro získání pilarsky zpracovatelných výřezů k výrobě lamel v dostatečném množství vhodnější střední les, konkrétně jeho výstavková etáž, spíše než stejnověká pařezina. Důvodem je relativně pomalý růst cílových dřevin na daném typu stanovišť, tudíž i potřeba delšího obmýti pro získání požadovaných dimenzí.

Pokud se vzaly v úvahu dimenze odebraných vzorníkových stromů, jejich tvar, přírůst odvozený z analýzy letokruhů i předpokládaný vývoj klimatu (především distribuce srážek a očekávaný výskyt teplotních extrémů, sucha; King, Karoly, 2017; Lorenz *et al.*, 2019, nebo přísušků ve vegetačním období), vycházelo potřebné obmýti u prosté pařeziny pro dosažení potřebných dimenzí dubu a habru na daných stanovištích 40 až 50 let. Na příznivějších stanovištích a s adekvátní péčí je nicméně možné uvažovat i o kratším obmýti 30 až 40 let, které může u dubu odpovídat obmýti nízkého lesa, ale zde je potřeba další výzkum a dlouhodobější časové řady pozorování na nově založených plochách nízkého lesa.

U lesa středního se pro potřeby pěstování sortimentů pro lamelové dřevo jeví jako optimální rozčlenění vertikální struktury porostu na dvě etáže. Nižší etáž (dub a habr, případně další výše uvedené druhy) by byla obhospodařována jako pařezina pro produkci tenkých sortimentů dříví s obmýtim 30 let. Z této etáže by byli vybíráni kvalitní jedinci pro ponechání do výstavkové etáže s obmýtim 60 let (kterou by utvářel hlavně dub, případně třešeň a břek). Právě výstavková etáž by sloužila především pro produkci sortimentů použitelných na výrobu lamel. Výstavky by měly

obsazovat cca jednu třetinu plochy celkové korunové projekce. Lze očekávat, že tyto dostatečně uvolněné výstavky v horní etáži mohou být před svým vytěžením i zdrojem semen pro přirozené zmlazení formou náletu, protože dub, pokud není v hustém zápoji, obvykle začíná plodit ve věku 40–50 let (Nicolescu *et al.*, 2025). V navrhovaném porostu středního lesa se tak bude moci uplatňovat i generativní obnova.

4 ZÁVĚR

V podmínkách vysychavých stanovišť středních Čech se pro pěstování sortimentů využitelných do produktů lamelového dřeva pro konstrukční a nekonstrukční aplikace jeví jako vhodnější střední les než les nízký, protože přírůst dřevin je zde s ohledem na povahu stanovišť obecně pomalejší. Z pěstebního a produkčního hlediska lze prozatím doporučit dvouetážové uspořádání, které umožňuje dostatečně jednoduchý management, uplatnění světlomilných i stín snášejících druhů a určitou strukturní a věkovou diverzitu. Nižší etáž může mít obmýti přibližně 30 let a výstavková etáž pak 60 let. Uplatnění pařezové výmladnosti při obnově středního lesa zvyšuje pravděpodobnost jejího úspěchu s ohledem na riziko sucha. Druhy, které lze doporučit jako vhodné do porostní směsi středního lesa k produkci žádaných sortimentů (výřezy pro lamely), jsou dub zimní, habr obecný a v příměsi pak třešň ptačí, jeřáb břek, lípa srdčitá a javor babyka. Do výstavkové etáže je vhodné počítat především s dubem, třešní a břekem. K výrobě lamel je nicméně použitelný i habr, pokud dosáhne potřebných dimenzí a dostatečné tvarové kvality. Lípa a babyka budou mít výchovnou a výplňovou funkci. Na produkci lamel se s těmito dvěma posledně jmenovanými druhy nepočítá.

LITERATURA

- HOLEČEK, T., ŠEDIVKA, P., NOVÁK, D., DVOŘÁK, O., PÁNEK, M., ZEIDLER, A., KALOČ, J. 2023. *Prostředek pro lepení dřevěných konstrukcí a jeho použití, lepený konstrukční prvek ze dřeva dubu do exteriéru a způsob lepení dřeva*. Patent, č. 309 463. Praha: Úřad průmyslového vlastnictví.
- HOLEČEK, T., SIKORA, A., ŠEDIVKA, P., CVEJN, D., SLÁDEK, D., BÁRTA, J., LAGAŇA, R. 2023. Novel hybrid polymer adhesives for laminated materials based on hardwood. *Composite Structures*. 308, 116684. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2023.116684>
- KADAVÝ, J., ADAMEC, Z., UHERKOVÁ, B., KNEIFL, M., KNOTT, R., KUČERA, A., FRIEDL, M., DAŘENOVÁ, E., SKLÁDANKA, J., DRÁPELA, K. 2019. Growth Response of Sessile Oak and European Hornbeam to Traditional Coppice-with-Standards Management. *Forests*. 10(6), 515.
- KADAVÝ, J., KNEIFL, M., SERVUS, M., KNOTT, R., HURT, V., FLORA, M. 2011. *Nízký a střední les – plnohodnotná alternativa hospodaření malých a středních vlastníků lesa – obecná východiska*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. 296 s.
- KING, A., KAROLY, D. 2017. Climate extremes in Europe at 1.5 and 2 degrees of global warming. *Environmental Research Letters*. 12, 114031. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8e2c>
- Kuneš, I., Baláš, M. Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) – jeho množení, pěstování a likvidace: review. Zprávy lesnického výzkumu, 2020. 65 (1): 11–19.
- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., ŠEDIVKA, P., PODRÁZSKÝ, V. 2024. The role of black locust (*Robinia pseudoacacia*) in Czechia In: NEMÉTH, R. *et al.* (eds.). *11th Hardwood Conference*. Sopron: University of Sopron, p. 11–22. <https://doi.org/10.35511/978-963-334-518-4>
- MATOUŠKOVÁ, M., URBAN, J., VOLAŘÍK, D., HÁJÍČKOVÁ, M., MATULA, R. 2022. Coppicing modulates physiological responses of sessile oak (*Quercus petraea* Matt. Lieb.) to drought. *Forest Ecology and Management*. 517, 120253. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120253>
- LORENZ, R., STALHANDSKE, Z., FISCHER, E. M. 2019. Detection of a Climate Change Signal in Extreme Heat, Heat Stress, and Cold in Europe From Observations. *Geophysical Research Letters*. 46(14), 8363–8374. <https://doi.org/10.1029/2019GL082062>
- NICOLESCU, V.-N., VOR, T., BRUS, R., ĐODAN, M., PERIĆ, S., PODRÁZSKÝ, V., ANDRAŠEV, S., TSAVKOV, E., AYAN, S., YÜCEDAĞ, C., TRAJKOV, P., KOLEVSKA, D. D., BUZATU-GOANȚĂ, C., PÁSTOR, M., MAČEJOVSKÝ,

- V., MODRANSKÝ, J., KLISZ, M., GIL, W., LAVNYI, V., MADSEN, P., LA PORTA, N., BARTLETT, D. 2025. Management of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), a major forest species in Europe. *Journal of Forestry Research*. 36(1), 78. <https://doi.org/10.1007/s11676-025-01868-1>
- POLANSKÝ, B. 1947. *Příručka pěstění lesů: Stručný komentář lesního pěstění s hlediska novodobých snah lesnických*. Brno: Zář. 207 s.
- SÁDLO, J., VÍTKOVÁ, M., PERGL, J., PYŠEK, P. 2017. Towards site-specific management of invasive alien trees based on the assessment of their impacts: the case of *Robinia pseudoacacia*. *NeoBiota*. 35, 1–34. <https://doi.org/10.3897/neobiota.35.11909>
- SMITH, D. M. 1986. *The Practice of Silviculture*. 8th Edition. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. 527 s.
- STEJSKAL, R., PONIKELSKÝ, J. 2021. Podyjské pařeziny znovu ožívají. *Ochrana přírody*. 76(2), 22–25.
- ŠULITKA, M., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., PEŠKOVÁ, K., ŠEDIVKA, P., HOLEČEK, T., PODRÁZSKÝ, V. 2025. Effect of various lengths of cold stratification period on the germination of wild service tree (*Sorbus torminalis*) seed samples harvested in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*. 71(4), 171–181.
- ŠIŠÁK, L., SLOUP, R. 2010. Přístup ke kalkulaci ekonomické efektivity lesa nízkého. In: SLOUP, R., ŠIŠÁK, L. (eds.). *Efektivnost lesního hospodářství se zřetelem k tvaru lesa nízkého*. Sborník z konference, Křivoklát. Česká zemědělská univerzita v Praze, p. 1–7.
- ŠPULÁK, O., SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., LEUGNER, J. 2024. *Postupy hospodaření v porostech dubu zimního pro zmírnění nepříznivých dopadů environmentální změny. vol 5/2024*. Lesnický průvodce – certifikované metodiky pro praxi. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 48 s.
- ŠVIHLA, V., MOTTL, J. 2010. Environmentální přínos nízkého a středního lesa v Českém krasu. In: SLOUP, R., ŠIŠÁK, L. (eds.). *Efektivnost lesního hospodářství se zřetelem k tvaru lesa nízkého*. Sborník z konference, Křivoklát. Česká zemědělská univerzita v Praze, p. 16–20.
- ÚNMZ. 2019. *Řezivo – Stanovení kvality sušení*. ČSN EN 14298 (491110). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- UTINEK, D. 2004. Několik poznámek k výmladkovému a sdruženému lesu. *Lesnická práce*. 83(11), 26–27.
- UTINEK, D. 2014a. Střední a nízký les – proč a jak? (I. část). *Ochrana přírody*. 69(4), 13–16.
- UTINEK, D. 2014b. Střední a nízký les – proč a jak? (II. část). *Ochrana přírody*. 69(5), 11–13.
- VIEWEGH, J., KUSBACH A., MIKESKA, M. 2003. Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science*. 49(2), 74–82.
- VRŠKA, T., JANÍK, D., PÁLKOVÁ, M., ADAM, D., TROCHTA, J. 2017. Below- and above-ground biomass, structure and patterns in ancient lowland coppices. *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 10(1), 23–31. <https://doi.org/10.3832/for1839-009>

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci aktivit spojených s řešením projektu TAČR SS06020121 Vývoj systému efektivního využití dřeva z nízkého a středního lesa do finálních produktů s vysokou přidanou hodnotou.

Využity v něm jsou rovněž poznatky získané při řešení projektů: DOT/54/12/023171/2023 Přestavby akátových porostů a hodnocení prosperity podsadeb akátin a Potenciál využití jeřábu břeku v lesích na území hlavního města Prahy (č. 189/2025), které financovalo hlavní město Praha, a projektu IGA FLD ČZU A_10_25 Use of artificial regeneration in the conversion of black locust stands and the evaluation of the germination of this species.

Kontakty | Contact Information

Martin Baláš: e-mail: balas@fld.czu.cz

VPLYV DRUHU A PROVENIENCIE REPRODUKČNÉHO MATERIÁLU NA RAST, FENOTYPOVÚ KVALITU A VEGETAČNÚ FENOLÓGIU MLADÝCH JEDINCŮ DUBA ZIMNÉHO A DUBA LETNÉHO

THE ROLE OF A SPECIES AND PROVENANCE OF PLANTING STOCK ON GROWTH, STEM QUALITY, DAMAGE AND VEGETATIVE PHENOLOGY OF YOUNG SESSILE AND PEDUNCULATE OAKS

Roman Longauer^{1,2}, Veronika Přikrylová¹

¹Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

²Národné lesnícke centrum – Sekcia pre vedu a výskum, T. G. Masaryka 22, 96001 Zvolen, Slovensko

Abstrakt

Príspevok hodnotí rolu druhu a proveniencie reprodukčného materiálu duba na kyslom stanovišti vo 4. lvs. (550 m n. m.) v PLO 30 Dražanská vrchovina. V odrašťajúcej kultúre 7–9 rokov po výsadbe sme v súborech jedincov patriacich k 5 provenienciám duba zimného a 4 duba letného hodnotili výškový rast, prežívanie, kvalitu kmeňkov, poškodenie, jarnú fenológiu (pučanie a rozvoj listov), tvorbu letných výhonov a ukončovanie vegetácie. Dub zimný v pokuse na hornej hranici jeho prirodzeného výskytu dosiahol väčšiu priemernú výšku, mal nižší podiel poškodených jedincov, lepšiu kvalitu kmeňkov a rašil skôr ako nepôvodný dub letný. U oboch druhov proveniencia sadbového materiálu ovplyvnila prežívanie a priebeh rašenia. U duba zimného tiež kvalitu kmeňkov a u duba letného výšku jedincov. U oboch druhov sa jedince, ktoré rašia skôr a vegetáciu ukončujú neskôr dosiahli bez ohľadu na provenienciu väčšiu výšku, majú kvalitnejšie kmeňky, dlhšie jarné výhony a vyznačovali sa menšou mierou poškodenia.

Kľúčové slová: dub zimný a letný, proveniencie, prežívanie, rast, jarná fenológia, jarné výhony, kvalita kmeňkov, poškodenie

Abstract

The paper analyses the role of species and source population (provenance) of the planting stock of sessile and pedunculate oaks in the beech forest zone (alt. 550 m) in PLO 30 Dražanská Highland, Czechia. Sets of trees representing 5 sessile oak and 4 pedunculate oak provenances were studied in a provenance trial (7–9 years after outplanting) with focus on the survival rate, growth, stem quality, damage, spring phenology (budburst and leaf flushing), lammas growth and autumn leaf senescence. In the trial located at its local altitudinal maximum, sessile oak had higher mean height, lower proportion of damaged individuals, better stem quality, and it flushed earlier than allochthonous pedunculate oak. As to the role of provenance of planting stock, it has influenced the height, survival rate, budburst and leaf development of both oak species, as well as the stem quality of sessile oak. Across the species and provenances, individuals which flushed earlier and ceased vegetation later in autumn, were higher, had better stem quality, more and longer lammas shoots, and less damage.

Keywords: sessile and pedunculate oak, provenances, survival, growth, spring and autumn phenology, lammas shoots, stem form, damage

1 ÚVOD

S prihliadnutím k prebiehajúcej klimatickej zmene je výskum adaptačnej schopnosti drevín dôležitý pre plánovanie adaptačných opatrení využívajúcich asistovanú migráciu a s tým súvisiacimi rizikami.

Práca sa zaoberá vnútrodruhovou premenlivosťou duba zimného a letného v prežívaní, raste, kvalite kmienka, poškodení a v sezónnych rastových procesoch, ktorými sú rašenie a rozvoj listov, sekundárnych dĺžkový prírastok (jánske výhony) a ukončovanie vegetácie (prefarbovanie a opad listov). Najmä jarná vegetačná fenológia, tj. doba a priebeh pučania – sú dôležitým adaptívnym znakom drevín, ktoré poškodzujú neskoré mrazy. Relatívna včasnosť-pozdnosť rašenia a rýchlosť vývoja listov je totiž u jedincov duba a väčšiny listnatých aj ihličnatých drevín pod silnou genetickou kontrolou s koeficientom dedivosti 0,95 až 1,00 (Firmat *et al.*, 2016) a dá sa povedať, že je nezávislou premennou. V konkrétnej sezóne začiatok vegetácie (nielen dubov) ovplyvňuje priebeh počasia charakterizovaný napr. sumou teplôt alebo počtom dní s určitou priemernou teplotu (viď Kremer *et al.*, 2020). Na dobe rašenia dubov a ďalších rodov čelade Fagaceae sa tiež podieľa epigenetický komponent (Zhang *et al.*, 2025, Mueller, Gailing, 2019).

Cieľom práce je posúdiť vplyv druhovej príslušnosti a proveniencie sadbového materiálu duba zimného a duba letného so zameraním prežívanie, rast, poškodenie a fenologické prejavy, ako sú pučanie a vývoj listov, jánske výhony a ukončovanie vegetácie.

2 MATERIÁL A METODY

Hodnotený pokus sa nachádza na ŠLP Křtiny, poľesí Habrůvka v Dražanskej vrchovine (PLO 30) v 4. LVS v nadmorskej výške 550 m na kyslom stanovišti s pieskovcovým podloží. Podľa údajov ČHMÚ tamojšie priemerné ročné zrážky v r. 2015–2024) dosiahli 515 mm. Pokus bol založený v r. 2016 v znáhodnenej blokovej schéme s 3 blokmi (opakovaniami). Proveniencie duba zimného a letného sú vysadené na parcelách po 36 jedincoch v spone 2 × 2 m. Použili sa voľnokorenné sadenice 5-2-2 dopestované vo vlastnej réžii. Proveniencie duba zimného pochádzajú zo Západných Karpát, proveniencie duba letného z Polabskej pahorkatiny, Dolnomoravského úvalu, stredného Považia a povodia rieky Sáva v Srbsku (Tab. 3).

V r. 2023 sme na ploche zmerali výšku a hodnotili fenotypové charakteristiky každého z 570 prežívajúcich jedincov použitím stupníc s viacerými stupňami zoradenými podľa kvality, intenzity, následnosti alebo kvantity prejavu:

- a) Tvar kmienkov: 1 – priamy, 2 – krivý, 3 – dvoják, 4 – troják, rozrastlík, 5 – viackmenný, 6 – ker.
- b) Poškodenie podľa miery dopadu: 1 – savý hmyz, 2 – hálky, defoliácia spôsobená hmyzom, oslabenie suchom, 3 – ohryz vetvičiek zverou, 3,5 – jarný mráz, 4 – vytĺkanie, zlom kmienka, 5 – neodrastanie, konkurencia buriny.
- c) Hodnotenie jarnej fenológie – stupne rašenia:
 - 0 – dormantné púčiky,
 - 1 – otvárajúce sa koncové púčiky s prvými zelenými končekmi lístkov,
 - 2 – prevládajú otvorené púčiky s vyčnievajúcimi zvinutými lístkami,
 - 3 – koncové púčiky majú prvý rozvinutý pilovitý list,
 - 4 – z koncových púčikov vyrastá niekoľko pilkovitých listov, začiatok predlžovacieho rastu,
 - 5 – prvé plne vyvinuté listy, predlžovací rast terminálnych výhonkov.
- d) Sekundárne (jánske) prírastky na hlavných vetvách: 0 – chýbajú, 1 – do polovice dĺžky jarných, 2 – do celej dĺžky jarných, 3 – jánske výhony dlhšie ako jarné.
- e) Prefarbovanie a opad listov: 0 – prevládajú zelené listy, 1 – do 50% žltých, červených a hnedých listov, 2 – väčšina listov prefarbených, čiastočný opad, 3 – listy hnedé alebo opadané.

Získané údaje sme analyzovali použitím štatistického balíka SAS (SAS Institute, 2015) analýzou variancie použitím procedúry GLM (Všeobecný lineárny model) s faktormi druh, proveniencie v rámci druhu, bloky (pokusu) a reziduálna chyba. Štatistickú významnosť Pearsonových korelačných koeficientov medzi pámi sledovaných charakteristík sme hodnotili procedúrou CORR samostatne pre dub zimný a dub letný. Posudzovali sme fenotypové korelácie, t.j. vzťahy párov charakteristík bez ohľadu na príslušnosť jedincov k rôznym provenienciám jedného a druhého druhu.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Analýza variancie preukázala štatisticky významné rozdiely medzi dubom zimným a dubom letným v prežívaní a rašení. Rozdiely vo výške a koeficientoch tvaru jedincov sa štatistickej významnosti priblížili. V miere poškodenia, výskytu jánskych výhonov a dobe ukončovania vegetácie boli nevýznamné.

Proveniencia (rodičovská populácia) sadbového materiálu ovplyvnila štatisticky významne väčšinu sledovaných charakteristík oboch druhov dubov. U duba zimného neovplyvnila len tvorbu jánskych výhonov a ukončovanie vegetácie a u duba letného koeficient tvaru a podiel poškodených jedincov.

Tab. 1: Porovnanie priemerných hodnôt rastových a fenologických charakteristík dubov (údaje za cer zastúpený 1 provenienciou zo Srbska sú ilustračné)

Mean survival, height, stem quality, damage and phenological characteristics of oak species in the trial plot (including indicative information about 1 Turkey oak provenance from Serbia)

Drevina (Species)		Dub zimný <i>Q. petraea</i>	Dub letný <i>Q. robur</i>	Dub cer <i>Q. cerris</i>
Počet proveniencií (No. of provenances):		5	4	1
Počet hodnotených jedincov (No. of individuals):		356	213	29
Prežívanie (Survival rate)	%	62	74	81
Priemerná výška (Mean height)	cm	113	92	166
Podiel poškodených stromov (Share of damaged trees)	%	46	53	10
Koeficient tvaru jedincov (Stem quality coefficient)	min 1 – max. 5	2,68	2,87	2,02
Doba rašenia 2022 – priemer 4 hodnot. (Flushing rate 2022 – mean of 4 scores)	min. 0 – max. 4	2,40	1,54	2,44
Doba rašenia – priemer 2 hodnotení (Flushing rate 2023 – mean of 2 scores)	min. 0 – max. 4	2,69	1,79	2,93
Tvorba jánskych výhonov 2023 (Lammas growth intensity)	min. 0 – max. 3	0,94	0,85	0,62
Prefarbovanie a opad listov 2023 (Leaf senescence and fall coefficient)	min. 0 – max. 4	2,29	2,11	2,02

Tab. 2: Štatistická významnosť vplyvu druhu a proveniencie sadbového materiálu duba zimného a letného na sledované charakteristiky (** – $P > 99\%$, * – $P > 95\%$, ns – nevýznamný)

Statistical significance of the effects of oak species and of the provenance of their planting stock on studied phenotypic characteristics (** – $P > 99\%$, * – $P > 95\%$, ns – non significant)

Zdroj rozdielov (Source of differences):	Priem. výška (Mean height) (cm)	Preživ. (Survival) (%)	Koef. tvaru (Stem quality coeff.)	Rašenie (Mean flushing) 2022	Rašenie (Mean flushing) 2023	Výskyt janských výhonov (Lammas growth) 2023	Prefarb. a opad listov (Leaf senesc. & fall)
<i>Q. petraea</i> versus <i>Q. robur</i>	(*)	*	(*)	**	**	ns	ns
Proveniencie DBZ (Provenances of <i>Q. petraea</i>):	*	*	**	**	**	ns	ns
Proveniencie DBL (Provenances of <i>Q. robur</i>):	**	*	ns	**	**	**	(*)

Tab. 3: Vplyv proveniencie na sledované charakteristiky duba zimného a letného. Krajina pôvodu: Slovensko bez označenia, ²Česko, ³Srbsko

Provenance effects on the studied characteristics of sessile and pedunculate oaks. Country of origin of provenances: Slovakia without indication, ²Czechia, ³Serbia

Proveniencia (Provenance)		Priem. výška (Mean height) (cm)	Preživ. (Surviv.) (%)	Koef. tvaru (Stem quality coeff.)	Rašenie 2022 priemer (Mean flushing 2022)	Rašenie 2022 medián (Median flushing 2022)	Rašenie 2023 priemer (Mean flushing 2023)	Jánske výhony 2023 (Lammas growth 2023)	Prefarb. a opad listov (Leaf senesc. & fall)
Q. petraea	Bytča	114,2	71	2,87	2,08	1,78	2,75	1,04	2,31
	Poprad	118	72	2,59	1,63	1,19	2,6	1	2,19
	Zvolen	85	42	2,29	1,59	0,93	2,4	0,77	2,38
	Prešov	113	48	2,87	2,25	2,02	2,91	0,79	2,46
	Košice	126	44	2,65	2,38	2,21	2,71	1,08	2,15
Q. robur	Opočno ²	93	79	2,81	2,28	2,03	2	1,26	2,09
	Hodonín ²	124	89	3,08	2,92	3,07	2,12	0,84	1,81
	Žilina ²	120	36	2,89	2,04	1,75	1,73	0,85	2,25
	Sr.Mitrovica ³	44	71	2,81	2,58	2,14	1,33	0,16	2,25

3.1 Výsledky hodnotenia fenotypových korelácií

Pearsonove korelácie medzi sledovanými rastovými a fenologickými charakteristikami sme posudzovali samostatne v súboroch jedincov patriacich k 5 provenienciám duba zimného a 4 provenienciám duba letného (Tab. 4).

Vzájomný vzťah medzi dobou rašenia a výškou, kvalitou kmienkov a tvorbou jánskych výhonov bol štatisticky významný u oboch druhov. Doba rašenia s koeficientom dedivosti $h^2 = 0,90\text{--}1,00$ teda, ako prakticky nezávislá premenná, významne ovplyvňuje vývoj mladých jedincov duba.

U oboch druhov na pokusnej ploche dosahujú väčšiu výšku jedince s dlhšou vegetačnou dobou. Výška jedincov totiž koreluje ($r = 0,4\text{--}0,6$) pozitívne s včasnou rašou a negatívne s dobou ukončovania vegetácie (vyšší jedinci rašia skôr a prefarbujú a zhadzujú listy neskôr). Uvedené zvýhodnenie môže súvisieť s teplejším obdobím od založenia plochy a zanedbateľnými poškodením jarnými mrazmi na danom (náhornom) stanovišti. Včasnejšie rašiacie jedince oboch druhov sa vyznačujú priaznivejším tvarom kmienka a častejšie vytvárajú jánske výhony, ktoré majú aj väčšiu dĺžku.

Pozitívna korelácia vytvárania jánskych výhonov s výškou jedincov poukazuje na to, že sú prejavom vitality a v odrastajúcich kultúrach duba ich prítomnosť indikuje úspešnú adaptáciu. Nepozorovali sme negatívne dôsledky tvorby jánskych výhonov, ako zimné omrzanie prípadne usychanie nevzrätých letorastov.

Tab. 4: Korelačná matica Pearsonových fenotypových korelácií medzi párami fenotypových charakteristík. Hodnoty pre dub zimný sú uvedené nad diagonálou, pre dub letný pod ňou (** – $P > 99\%$, * – $P > 95\%$, ns – nevýznamný).

Matrix of Pearson phenotypic correlations between the studied phenotypic characteristics. Correlations for sessile oak above the diagonal, correlations for pedunculate oak below the diagonal (** – $P > 99\%$, * – $P > 95\%$, ns – non-significant)

Znak (Trait):	Výška jedincov (Height)	Výskyt jánskych výhonov (Llamas shoots)	Koef. tvaru (Stem shape)	Koef. poškod. (Damage coef.)	Rašenie 2022 priemer (Flushing mean)	Rašenie 2023 priemer (Flushing mean)	Rašenie 2023 medián (Flushing median)	Prefarb. a opad listov (Senesc. & fall)
Výška jedincov (Tree height)	x	0,45**	–0,28**	–0,32**	0,51**	0,43**	0,60**	–0,40**
Jánske výhony (Llamas shoots)	0,47**	x	–0,14*	ns	0,26**	0,20**	0,31**	–0,14**
Koeficient tvaru (Stem shape coef.)	ns	–0,26	x	0,23*	ns	ns	–0,15*	0,17**
Koef. poškodenia (Damage coefficient)	–0,33**	ns	ns	x	–0,22*	–0,23*	–0,25**	Ns
Rašenie'22 priem. (Flushing'22 mean)	0,45**	0,36**	ns	ns	x	0,53**	0,73**	–0,18**
Rašenie'23 priem. (Flushing'23 mean)	0,48**	0,37**	–0,18*	ns	0,73**	x	0,73**	–0,14**
Rašenie'23 median (Flushing'23median)	0,44**	0,33**	ns	ns	0,70**	0,96**	x	–0,17**
Prefarb. a opad list. (Senesc. & leaf fall)	–0,33**	–0,21**	ns	ns	–0,24**	–0,26**	–0,23**	x

3.2 Hodnotenie jarných fenofáz

V 2 sezónach hodnotenia sme medzi jarnými fenofázami (vyjadrenými koeficientmi rašenia) zistili silnú medziročnú koreláciu na úrovni jedincov ($r = 0,7$). Potvrďuje, že tí istí jedinci sa v porovnaní s inými vyznačujú skorším alebo neskorším rašením aj pri posune kalendárneho dátumu začiatku vegetácie. Narozdiel od rašenia je ukončovanie vegetácie (prefarbovanie a opad listov) pod silnejším vplyvom prostredia, najmä jesenného počasia (viď. Firmat *et al.*, 2016, Kremer *et al.*, 2020).

V roku 2022 so 4 termínmi hodnotenia jarných fenofáz s rastom, kvalitou kmienkov a poškodením duba zimného tesnejšie korelovali mediány než aritmetické priemery stupňov rašenia. Fenofázy by tak postačovalo hodnotiť v 2 termínoch vtedy, keď sú najpočetnejšie fázy „1“ – otvárajúce sa púčiky, „2“ – otvorené púčiky so zvinutými lístkami a „3“ – prvý rozvinutý list.

4 ZÁVER

Informácie získané pomocou provenienčných pokusov pomáhajú pochopiť význam a vzájomné interakcie znakov a vlastností dôležitých v podmienkach klimatek zmeny. Výsledky získané na danej pokusnej ploche potvrdzujú možnosť zavádzania a pestovania duba zimného vo vyšších vegetačných stupňoch na stanovištiach podobných pokusnej ploche. Z 5 nepôvodných proveniencií duba zimného zo Západných Karpát sa parametrami zabezpečenej kultúry v prežívaní a raste vyznačovali 2 proveniencie zo severného Slovenska.

Hodnotená plocha je súčasťou pokusu, v ktorom je súbor rovnakých proveniencií vysadený súčasne na 5 miestach. Ďalšie pokusné plochy sa nachádzajú na Slovensku v Potiskej nížine, Podunajskej nížine, pohorí Tribeč severne od Nitry a v Kysuckých Beskydách v nadmorských výškach 115 až 850 m. Účelom pokusu je odhadnúť potenciál a riziká prenosu reprodukčného materiálu dubov medzi semenárskymi oblasťami a do tzv. klimatek okien vytvorených klimatekou zmenou vo vyšších nadmorských výškach.

LITERATÚRA

- BENEDÍKOVÁ, M. 2003. Výsledky hodnocení 15letých provenienčních ploch dubu. *Zprávy lesnického výzkumu*. 48(4), 182–195.
- BURIÁNEK, V., BENEDÍKOVÁ, M., MALÁ, J. 2015. Selekcce klonů dubu na odolnost vůči pozdním mrazům. *Zprávy lesnického výzkumu*. 60(1), 182–195.
- CAUDULLO, G., WELK, E., SAN-MIGUEL-AYANZ, J. 2017. Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief*. 12, 662–666. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007>
- FIRMAT, C., DELZON, S., LOUVET, J.-M., PARMENTIER, J., KREMER, A. 2016. Evolutionary dynamics of the leaf phenological cycle in an oak meta-population along an elevation gradient. *Journal of Evolutionary Biology*. 30(12), 2116–2131.
- ZHANG, K.-L., HUANG, S.-Y., LI, Y., CHEN, M.-X., ZHU, F.-Y. A FANG, Y.-M. 2025. Genetic and Epigenetic Views of the Adaptive Evolution of Oaks (*Quercus* L.). *Plant, Cell & Environment*. 48, 6307–6320.
- KOBLÍŽEK, J., ÚRADNÍČEK, L. 2000. *Rozlišování dubů a možnosti udržení druhové čistoty v lesních porostech. Sborník ze semináře*. Roztoky u Křivokláta: Česká lesnická společnost, 12. 9. 2000, 78 s.
- KREMER, A., HIPPEL, A. 2020. Oaks: an evolutionary success story. *New Phytologist*. 226, 987–1011.
- MUELLER, M., GAILING, O. 2019. Abiotic genetic adaptation in the Fagaceae. *Plant Biology*. 21(5), 783–795.
- PIAO, Š., LIU, Q., CHEN, A., JANSSENS, I.A., FU, Y., DAI, J., LIU, L., LIAN, X., SHEN, M., ZHU, X. 2019. Plant phenology and global climate change: Current progresses and challenges. *Global Change Biology*. 25: 1922–1940.

RZOŇCA, M. *et al.* 2015. Oak (*Quercus* spp.) specific protocols. In: *TREES4FUTURE – Designing Trees for the Future*. Trees4future. 12–15. https://www.trees4future.eu/uploads/t4fdeliverables/T4F_D21_submitted.pdf

SAS INSTITUTE. 2004. *Base SAS 9.4 Procedures Guide*. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

Poděkování

Príspevok vznikol vďaka podpore z projektu APVV 21-0270 Adaptívna variabilita genetických zdrojov lesných drevín v podmienkach klimateckej zmeny (ForGenRes) a projektu podporeného z programu EÚ Horizon-2020 LignoSilva Upgrade (č.p. 101059952).

Kontakty | Contact Information

Roman Longauer: e-mail: roman.longauer@mendelu.cz

VÝVOJ SMÍŠENÉHO SMRKOJEDLOVÉHO POROSTU

DEVELOPMENT OF MIXED SPRUCE-FIR STAND

Jiří Souček¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

Vývoj podílů zastoupení dřevin na výčetní základně ve smíšeném porostu v hřebenové části Orlických hor byl sledován od roku 1970 do současnosti. Vývoj porostu nepříznivě ovlivňovaly imisní zátěž i opakované škody sněhem. Podíl smrku a jedle se postupně měnil, v jednotlivých obdobích dřeviny reagovaly odlišně na negativní faktory. Stávající porost má odpovídající druhovou skladbu i tloušťkovou strukturu.

Klíčová slova: podíl dřevin, smíšený porost

Abstract

The development of the proportions of tree species on the basal area in the mixed stand in the ridge part of the Orlické Mts. has been monitored from 1970 to the present. The development of the stand has been adversely affected by air pollution and repeated snow damage. The proportion of spruce and fir has gradually changed, both species reacted differently in individual periods to negative factors. The present stand has an appropriate species composition and diameter structure.

Keywords: mixed stand, species share

1 ÚVOD

Současné snahy o podporu pestré druhové skladby a různorodosti věkové a prostorové struktury lesních porostů vychází z požadavků zajištění odpovídající biodiverzity a ekologické stability. Úprava druhové skladby lesních porostů a omezení výskytu monokultur patří mezi hlavní úkoly lesního hospodářství v celé střední Evropě. Smíšený porost může lépe využívat stanovištní podmínky i dispoziční prostor, produkce dřevní hmoty je srovnatelná s produkcí monokultur (např. Pretzsch, Schütze, 2021). Větší význam má však vyšší potenciál ekologické stability a biodiverzity smíšených porostů (Pretzsch, 2009; Röhrig *et al.*, 2020). Porosty tvořené směsí smrku, jedle a buku jsou v rámci středí Evropy dominantní typ lesů v horských polohách (Hilmers *et al.*, 2019). Odezva jednotlivých dřevin v porostních směsích na konkrétní ovlivnění je obvykle komplikovanější.

Příspěvek shrnuje dlouhodobý vývoj zastoupení dřevin ve smíšeném porostu v hřebenové části Orlických hor. V rámci Orlických hor se z těchto porostů zachovaly pouze ojedinělé zbytky, často v režimu ochrany přírody omezující běžné postupy hospodaření.

2 MATERIÁL A METODY

Porost se nachází na mírném JZ svahu v nadmořské výšce 770–790 m v hřebenové partii Orlických hor na lokalitě Čihalka (50°22'41"N, 16°21'38"E). Původním lesním společenstvem je *Fagetum abietino-pictosum*, půdním typem je kambizem. Porost vznikl kombinovanou obnovou

smrkového porostu s příměsí jedle. Prvotní měření proběhlo v nárostech v roce 1960 po dotěžení zbytku původního porostu. Na 3 plochách byly popsány struktura a věkové rozpětí stávajícího zmlazení (Kadlus, 1967, 1969).

V letech 1969 a 1970 bylo v porostu založeno 8 ploch (20*20 m), na kterých bylo provedeno biometrické šetření a plošné mapování jedinců. Na části vytěžených jedinců z výchovného zásahu byly retrospektivně měřeny výškové přírůsty a určen věk na pařezu. Sledování vlivu zásahu na růst bylo soustředěno na 4 plochy. Z důvodu odchodu původního řešitele z pracoviště a nárůstu symptomů redukce olistění vlivem působení imisí zde nepokračovalo intenzivní sledování, další měření se uskutečnilo v letech 1976 a 1989. Až v roce 2007 došlo na obnovení sledování porostu, na místě původních ploch byly nově založeny 2 plochy 50*50 m. Na plochách byla provedena inventarizace horní i spodní etáže s využitím technologie Field-Map (Hofmeister, 2007, Hofmeister *et al.*, 2008, Vacek *et al.*, 2007). V dalších letech probíhaly inventarizace v 2–3letých intervalech, poslední v roce 2024. Od roku 1976 do současnosti byly na plochách realizovány běžné provozní zásahy zohledňující aktuální porostní stav (imisní zátěž, opakované poškozování porostu vrcholkovými zlomy). Zásah v roce 2021 prosvětřil porost s cílem podpořit přirozenou obnovu.

Na ploše neprobíhalo každoroční sledování zdravotní stavu hodnocením olistěním jednotlivých stromů v letech 1979–2018 uváděné Vackem a Vackem (2019).

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Původní smrkový porost s příměsí jedle byl od roku 1925 (věk porostu 80 let) postupně prosvětlován úmyslnými zásahy i nahodilou těžbou (škody sněhem). Postupné prosvětlování porostu umožnilo výskyt a odrůstání přirozené obnovy. Nejprve se plošně obnovila jedle, s dalším prosvětlováním byla obnova jedle nahrazena smrkem a jeřábem na volných místech. Porost byl dotěžen v roce 1960 (stále ještě zakmenění 0,5), na místech bez obnovy byl dosázen smrk.

Analýza nárostů v roce 1960 potvrdila dominanci jedle (47–85 % počtu jedinců), ta spolu s jeřábem tvořila porostní úroveň. Smrk se vyskytoval ve 2 výškově oddělených vrstvách, kromě jednotlivé příměsí v úrovni dominoval v podúrovni. Analýza věku vzorníků potvrdila rozdíly mezi dřevinami. Věkové rozpětí jedle činilo 10–45 let, smrku 5–15 let a jeřábu 10–25 let (Kadlus, 1969).

V letech 1969, 1970 na 8 plochách podíl jedle na výčetní základny ploch kolísal v rozpětí 53–85 % (průměr 70 %), smrk průměrně 16 % (rozpětí 0–38 %). Listnáče kolísaly v rozpětí 5–23 %, nejvyšší zastoupení měl jeřáb. Horní porostní výška dosahovala 6,6 m, střední výška jednotlivých dřevin na plochách značně kolísala podle druhové skladby. Jedle měla díky vyššímu věku na většině ploch vyšší střední tloušťku ve srovnání se smrkem. Střední tloušťka jeřábu (2,5–10 cm) byla na většině ploch menší než jedle (5–12 cm), ale srovnatelná se smrkem. Retrospektivní analýzy růstu vzorníků (smrk a jedle) potvrdily odlišnou růstovou dynamiku smrku a jedle před a po domýcení porostní clony. Smrky okamžitě reagovaly na uvolnění a díky zvýšenému výškovému přírůstu postupně dorostly do úrovně. Většina jedlí si zachovala setrvalý výškový přírůst a na uvolnění výrazněji reagovala pouze část, s časovým odstupem 3–5 let.

Výchovný zásah v roce 1970 snížil porostní hustotu a výrazně zredukoval zastoupení listnáčů (nejpočetnější jeřáb). S ohledem na vznik dominantní části porostu přirozenou obnovou bylo při zásahu odstraněno 51–64 % stromů (průměr 58 % ze 4 ploch), 17–43 % výčetní základny (průměr 31 %). Zásah podporoval vitální stromy bez ohledu na dřevinou skladbu. Odstraněním listnáčů se zvýšil podíl jedle i smrku na výčetní základně (Tab. 1). Další výchovný zásah v roce 1976 již musel částečně reagovat na zhoršující se zdravotní stav jedlí, podíl smrku v porostu přesáhl 50 %. Vhodnost realizovaného zásahu se ukázala v následných letech. Až do roku 1989 byly nahodilými těžbami odstraněny pouze jednotlivé stromy. Růstová dynamika smrku byla výrazně vyšší než jedle, podíl smrku se během 13 let dále zvýšil na úkor jedle. Také podíl listnáčů se mírně zvýšil, nepřesáhl ale 1 % v roce 1989. I přes podúrovňový charakter realizovaných výchovných zásahů (1970, 1976) si porosty zachovávaly značnou variabilitu tloušťek. Rozpětí tloušťek smrků

v roce 1989 dosahovalo 2–28 cm (průměr 14,6 cm Sx 5 cm), jedle měla vyšší tloušťky (průměr 17,0 cm Sx 6,3, rozpětí 6–38 cm). Smrk i jedle měly v úrovni obdobnou výšku, jedle vykazovala mírně kratší délku korun. Tloušťkový přírůst smrku mírně převyšoval přírůst jedlí.

Plochy založené v roce 2007 zahrnovaly porostní části s výskytem listnáčů, (jeřáb a bříza na ploše 1, buk na ploše 2), jejich podíl se tak skokově zvýšil (Tab. 1). Střední tloušťka smrku a jedle byla srovnatelná, rozpětí tloušťek kolísalo od 2 do 50 cm. Značná část stromů měla vrcholový nebo korunový zlom vlivem škod sněhem, vyšší poškození vykazoval smrk. V dalších letech probíhala v porostu pouze sanitární těžba. Mírné navýšení podílu jedle souviselo s jejím vyšším tloušťkovým přírůstem i nižšími škodami vrcholkovými zlomy v předchozích letech. Ani zásah v roce 2021 výrazněji neovlivnil podíl dřevin na druhové skladbě. Střední tloušťka v roce 2024 dosahovala 30 cm, tloušťka nejsilnějších stromů přesáhla 50 cm (smrk i jedle). Stávající porost je jednotlivě až skupinovitě smíšený, smrk i jedle mají srovnatelné postavení a dimenze. I přes opakovanou plodivost všech dřevin a výskyt semenáčků jejich odrůstání brání zvýšené stavy spárkaté zvěře.

Příspěvek shrnuje vývoj smíšeného porostu v průběhu 60 let, od fáze uvolněných nárostů do fáze nastávající kmenoviny. Vývoj podílu dřevin na výčetní základnu porostu ovlivnily imisní zátěž i opakované poškození porostu vrcholkovými zlomy, způsob hospodaření reagoval na aktuální porostní situaci.

Problematické porostního stavu, struktury i obnovy smíšených porostů smrku a jedle v různých stádiích vývoje se věnovalo mnoho autorů (např. Bledý *et al.*, 2024, Dobrowolska *et al.*, 2017, Novák *et al.*, 2023, Grassi *et al.*, 2004, Stancioiu, O'Hara, 2006). Poznatky o vývoji smíšených porostů smrku, jedle a buku pochází z výzkumů přírodních lesů (na srovnatelných stanovištích např. Parobeková *et al.*, 2018, Paluch *et al.*, 2015, Vrška *et al.*, 2009), v menším rozsahu z hospodářských lesů ponechaných samovolnému vývoji (Kantor, Pařík, 1998, Kantor, Hurt, 2003, Knott, Kantor, 2000, Štefančík, 2023). Ojedinelé práce řešící dlouhodobý vývoj smíšených porostů smrku s jedlí se zabývají otázkou různého způsobu výchovy (Štefančík, 1998, 2006). Většina výsledků popisuje postupné navýšení zastoupení buku na plochách bez zásahu, požadované zastoupení dřevin se podařilo zachovat pouze na plochách s aktivním managementem (Štefančík, 2023, 2006). Buk se na daném stanovišti blíží hranici svého optima, z důvodu jeho minimálního zastoupení ve výchozím stavu nedošlo k navýšení jeho zastoupení vlivem silné konkurenční schopnosti. Na zachování podílu jedle v porostu se pravděpodobně podílel její vyšší věk ve srovnání se smrskem. Jedle si díky tomu dlouhodobě udržela úrovněvé postavení a tím i vhodné podmínky pro

Tab. 1: Podíly výčetní základny podle dřevin ve sledovaných termínech, hodnoty DBH
Shares of G according to the species, values of DBH

		1970	1976	1989	2007	2012	2018	2021	2024
G (%)	SM ¹	37,0	52,3	60,5	56,6	55,8	56,0	55,4	54,8
	JD ²	60,5	47,4	38,6	38,8	40,2	40,9	41,4	42,2
	LIST ³	2,5	0,4	0,8	4,6	3,9	3,1	3,1	3,0
DBH (Ø Sx)	SM ¹	4,2 (2,6)	9,2 (3,6)	14,6 (5,0)					
	JD ²	6,6 (4,3)	12,9 (5,0)	16,9 (9,2)					
	LIST ³	11,7 (3,2)							

¹Spruce, ²Silver fir, ³Broadleaves

odrůstání. V období zvýšené imisní zátěže jedle vykazovala nižší radiální přírůst ve srovnání se smrkem, po odeznění imisní situace se poměry přírůstu obou dřevin postupně otočily. Současné studie naznačují různé reakce dřevin na nepříznivé faktory klimatu. Zachování pestrých porostních směsí umožňuje lepší odolávání dřevin měnícím se podmínkám prostředí.

4 ZÁVĚR

Sledování stavu smíšeného porostu smrku a jedle v hřebenové poloze Orlických hor probíhá již od roku 1960 od stadia mlaziny do současného stadia nastávající kmenoviny. Dlouhá obnovní doba původního porostu (přes 50 let) zajistila odpovídající zastoupení dřevin i počáteční porostní diferenciaci, ta zůstala zachována i přes dlouhodobé působení nepříznivých vlivů (imisní zátěž, opakované poškození porostu sněhem). Na různé poškození porostu a dřevin reagoval provozní praxe hospodářskými zásahy. I přes tyto vlivy si smrk a jedle zachovaly podíl v porostu, porost vytváří vhodnou směs pro dané polohy s odpovídajícím růstem a plněním požadovaných funkcí.

LITERATURA

- BLEDÝ, M., VACEK, S., BRABEC, P., VACEK, Z., CUKOR, J., ČERNÝ J., ŠEVČÍK, R., BRYNYCHOVÁ, K. 2024. Silver Fir (*Abies alba* Mill.): Review of Ecological Insights, Forest Management Strategies, and Climate Change's Impact on European Forests. *Forests*. 15, 998.
- DOBROWOLSKA, D., BONČINA, A., KLUMPP, R. 2017. Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): A review. *Journal of Forest Research*. 22, 326–335.
- GRASSI, G., MINOTTA, G., TONON, G., BAGNARESI, U. 2004. Dynamics of Norway spruce and silver fir natural regeneration in a mixed stand under uneven-aged management. *Canadian Journal of Forest Research*. 34, 141–149.
- HILMERS, T., AVDAGIĆ, A., BARTKOWICZ, L., BIELAK, K., BINDER, F., BONČINA, A., DOBOR, L., FORRESTER D.I., HOBI M.L., IBRAHIMSPAHIĆ A., JAWORSKI A., KLOPČIČ M., MATOVIĆ B., NAGEL, TH.A., PETRÁŠ, R., DEL RIO, M., STAJIĆ, B., UHL, E., ZLATANOV, T., TOGNETTI, R., PRETZSCH, H. 2019. The productivity of mixed mountain forests comprised of *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, and *Abies alba* across Europe. *Forestry*. 92, 512–522.
- HOFMEISTER, Š. 2007. Stabilita smíšeného porostu s jedlí na Číhalce v Orlických horách. In: *Význam přírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce*. Sborník z konference. 17.- 18. 10. 2007, Kostelec n. Č. l.: Česká zemědělská univerzita v Praze, p. 28–34.
- HOFMEISTER, Š., SVOBODA, M., SOUČEK, J., VACEK, S. 2008. Spatial pattern of Norway spruce and silver fir natural regeneration in uneven aged mixed forests of northeastern Bohemia. *Journal of Forest Science*. 54(3), 92–101.
- KADLUS, Z. 1967. Vztahy přirozené obnovy k typologicko-pěstebním jednotkám a jejich vývojovým stadiím v Orlických horách. *Práce VÚLHM*. 34, 159–183.
- KADLUS, Z. 1969. Struktura a vývoj zmlazení smrku, jedle a buku v Orlických horách. *Lesnictví*. 15(5), 381–402.
- KANTOR, P., PAŘÍK, T. 1998. Produkční potenciál a ekologická stabilita smíšených lesních porostů v pahorkatinách – I. Jehličnatý porost s příměsí buku na kyselém stanovišti ŠLP Křtiny. *Lesnictví*. 44, 488–505.
- KANTOR, P., HURT, V. 2003. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands – V. A mixed spruce/beechn stand on a nutrient-rich site of the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*. 46(2), 61–75.
- KNOTT, R., KANTOR, P. 2000. Produkční potenciál a ekologická stabilita smíšených lesních porostů v pahorkatinách – II. Bukojedlový porost na živném stanovišti ŠLP Křtiny. *Journal of Forest Science*. 46(2), 61–75.
- NOVÁK, J. et al. (ed.). 2023. *Podpora a perspektiva jedle bělokoré v českých zemích*. Kostelec n. Č. l., Lesnická práce. 240 s.
- PALUCH, J. G., KOŁODZIEJ, Z., PACH, M., JASTRZEBSKI, R. 2015. Spatial variability of close-to-primeval *Fagus-Abies-Picea* forests in the Western Carpathians (Central Europe): A step towards a generalized pattern. *European Journal of Forest Research*. 134, 235–246.

- PAROBEKOVÁ, Z., PITTNER, J., KUCBEL, S., SANIGA, M., FILÍPEK, M., SEDMÁKOVÁ, D., VENCURIK, J., JALOVIAR, P. 2018. Structural Diversity in a Mixed Spruce-Fir-Beech Old-Growth Forest Remnant of the Western Carpathians. *Forests*. 9, 379.
- PRETZSCH, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model*. Berlin: Springer, 670 s.
- PRETZSCH, H., SCHÜTZE, G. 2021. Tree species mixing can increase stand productivity, density and growth efficiency and attenuate the trade-off between density and growth throughout the whole rotation. *Annals of Botany*. 128, 767–786.
- RÖHRIG, E., BARTSCH, N., LÜPKE, B. VON. 1998. Waldbau auf ökologischer Grundlage. Ulmer, 2020. 676 s.
- ŠTEFANČÍK, I. Zhodnotenie vplyvu výchovy na zachovanie biodiverzity zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov. *Lesnícky časopis*. 44, 485–501.
- ŠTEFANČÍK, I. 2006. Changes in tree species composition, stand structure, qualitative and quantitative production of mixed spruce, fir and beech stand on Stará Pila research plot. *Journal of Forest Science*. 52, 74–91.
- ŠTEFANČÍK, I. 2023. Vývoj vybraných zmiešaných ihličnato-listnatých porastov v režimu bezzásahovosti. *Zprávy lesnického výzkumu*. 68(3), 129–139.
- VACEK, S., HOFMEISTER, Š., SIMON, J., MINX, T. 2007. Struktura a vývoj porostů s jedlí bělokorou a možnosti jejich obhospodařování v Krkonoších a v Orlických horách. In: *Význam přírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce*. Sborník z konference. 17.-18. 10. 2007, Kostelec n. Č. l.: Česká zemědělská univerzita v Praze, p. 137–149.
- VACEK, S., VACEK, Z. 2019. Zdravotní stav, vitalita a růst jedle bělokoré v měnících se podmínkách prostředí. In: VACEK Z. (ed.). *Jedle dřevina roku 2019*. Kostelec nad Černými lesy, 10. 9. 2019. Praha: Česká lesnická společnost, z. s., s. 23–28.
- VRŠKA, T., ADAM, D., HORT, L., KOLÁŘ, T., JANIK, D. 2009. European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians – A developmental cycle or a linear trend induced by man? *Forest Ecology and Management*. 258, 347–356.
- STANCIOILU, P. T., O'HARA, K. L. 2006. Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania. *European Journal of Forest Science*. 125, 151–162.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu QL24010275 (Jedle bělokorá jako dřevina pro druhové přeměny lesních porostů ČR a vliv uplatnění obnovných sečí i interakci s podmínkami lesních stanovišť na její růst, vitalitu, odolnost vůči fytopatogenům a vývoj mykorrhizních asociací).

Kontakty | Contact Information

Jiří Souček: e-mail: soucek@vulhmop.cz

EXPERIMENT S VÝCHOVNÝM ZÁSAHEM VE SMRKOVÉM POROSTU A VLHKOST PŮDY

FOREST TENDING EXPERIMENT IN SPRUCE FOREST STAND AND SOIL MOISTURE

Ondřej Špulák¹, David Dušek¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

Význam vody v lesním ekosystému s klimatickou změnou narůstá. Cílem popisovaného experimentu je mj. ověřit vliv výchovného zásahu v mladém smrkovém porostu z přirozené obnovy na obsah vody v půdě. V porostu o hustotě více než 11 tis. ks na ha byly založeny 4 dílčí plochy a vybaveny po 6 čidlech vlhkosti půdy. Srážky a vlhkost půdy byly měřeny také na holině. Po kalibračním období byl na 2 plochách realizován silný výchovný zásah. Zásah vedl k navýšení vlhkosti půdy na plochách s výchovou. Rozdíl byl větší v průběhu první než druhé vegetační doby, patrný byl však i v zimním období.

Klíčová slova: výchova lesních porostů, růstové prostředí, voda v půdě

Abstract

The importance of water in forest ecosystems is increasing in the context of climate change. The aim of the described experiment is, among other objectives, to verify the effect of a thinning intervention in a young Norway spruce stand originating from natural regeneration on soil water content. Four subplots were established within a stand with a density exceeding 11,000 trees per hectare, each equipped with six soil moisture sensors. Precipitation and soil moisture were also monitored on a nearby clear-cut area. Following a calibration period, intensive thinning treatment was applied to two of the subplots. The intervention led to an increase in soil moisture on the treated plots. The difference was more pronounced during the first than the second growing season, but it was also evident during the winter period.

Keywords: stand tending, growth environment, soil water

1 ÚVOD

S vývojem počasí probíhajícího období klimatické změny se voda stále více stává klíčovým faktorem řady terestrických ekosystémů. Pro dřeviny je zejména podstatná voda v půdě, sloužící jako medium pro příjem živin z půdního roztoku i jako prostředek k termoregulaci (ochlazení) organismu v horkých obdobích (Rockwell, Sage, 2022). V prostředí limitované dostupnosti vody v půdě dochází k vzájemné kompetici jedinců o vodu, mezidruhové i vnitrodruhové (Nambiar, Sands, 1993).

Je otázkou, nakolik může aktivní péstební management dostupnost vody v lesních porostech ovlivnit. Výchovné zásahy mj. vedou k rozvolnění korunového zápoje a snížení intercepce porostu, umožňující navýšení podílu podkorunových srážek (Baumler, Zech, 1997). Otevřením zápoje na druhou stranu narůstá průnik slunečního záření i intenzita proudění vzduchu v porostu (Hardy *et al.*, 2004, Hung *et al.*, 2024), které zvyšují intenzitu výparu z povrchu. Nabízí se tak otázka, nakolik přispívá výchova lesního porostu ke zvýšení zásoby vody v půdě (vlhkosti půdy) a její dostupnosti pro dřeviny a jak se tento efekt vyvíjí v čase, s dalším odrůstáním lesního porostu. Také k tomuto poznání má za cíl přispět námi popisovaný experiment.

2 MATERIÁL A METODY

V porostu smrku ztepilého ve stádiu přechodu mezi mlazinou a tyčkovinou o věku cca 15 let vzniklého z přirozené obnovy na pruhové clonné seči (660 m n. m., SLT 5S1) byly v roce 2022 vytyčeny 4 experimentální plochy pro variantní hodnocení výchovných zásahů s opakováním. Průměrná hustota původního přehoustlého porostu se pohybovala od 11 000 do 21 000 jedinců při horní porostní výšce ca 14 m.

Na každé dílčí ploše byly v roce 2022 nainstalovány mikroklimatické stanice TMS-4 od firmy Tomst (CZ) měřící vlhkost svrchních cca 10 cm minerální půdy a teploty (přízemní T vzduchu, povrchu hrabanky a půdy). Každá ze čtyř dílčích ploch byla v náhodném rozmístění vybavena šesti měřidly TMS, která měří v 15 min intervalu. V porostní mezeře v blízkosti experimentu byl instalován také srážkoměr s čidlem vlhkosti půdy BND-MS10, sloužícím jako referenční měření na volné ploše.

Do května 2023 probíhalo kalibrační měření. Následně byl na dvou experimentálních plochách (č. 1 a 3) kombinovaným výběrem realizován zásah redukující hustotu na přibližně 1 800 stromů na ha (označených jako „nadějně“). Hustota původního porostu obou ploch byla odlišná, proto bylo pro dosažení cílové hustoty zásahem odstraněno 92 % (Z1) a 86 % (Z3) původního počtu stromů, což představovalo redukci výčetní kruhové základny o 72 % a 65 %. Zbývající dvě plochy byly zachovány jako kontrola, tzn. bez zásahu. Pozice mikroklimatických stanic TMS zůstala nezměněna i po celé následující období.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Ve většině kalibračního období byla vlhkost půdy na ploše Z1 nižší, než na zbývajících plochách (Obr. 2). Intenzita srážek se v období od začátku září 2022 do konce roku 2023 v průběhu času výrazně lišila: výskyt nízkých srážkových úhrnů v období od 24. 5. do 25. 7. (s maximem do 3 mm za den) znamenal z důvodu předpokládatelné intercepce zvláště pro vysokou vegetaci (stromy) období, kdy se srážky stávaly limitním faktorem. Toto období se projevilo na poklesu vlhkosti půdy i na holé ploše (Obr. 1). K významnému poklesu vlhkosti došlo zejména na kontrolních plochách smrkového experimentu. Uvolňovací zásah provedený v porostu na začátku května však vedl průkazně stabilizaci (navýšení) vlhkosti půdy oproti kontrolním plochám (Obr. 2). Úroveň vlhkosti na plochách se zásahem korespondovala s úrovní kalibračního období: na ploše Z1 byla vlhkost nižší než na ploše Z2.

V roce 2024 byl zaznamenán srážkově chudší konec zimního období a delší období bez srážek v druhé polovině srpna, které přešlo do období přívalových dešťů (Obr. 1). Při něm mezi 13. a 16. září na lokalitě spadlo minimálně 275 mm srážek (při vyšší intenzitě srážek člunkový srážkoměr často podhodnocuje).

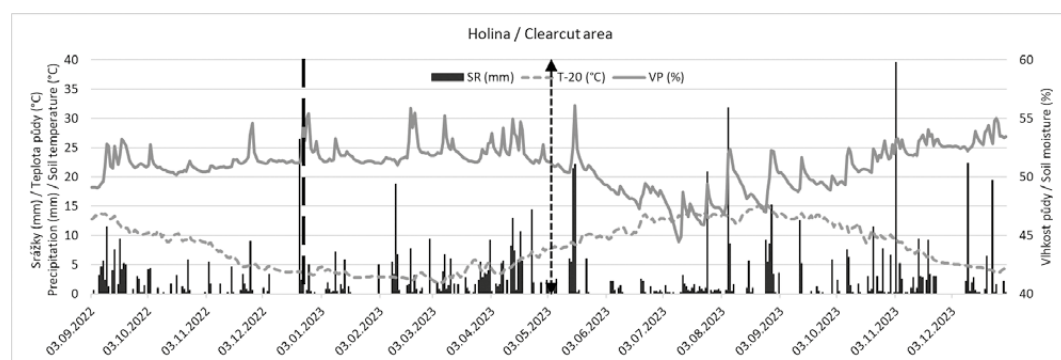
Výraznější pokles vlhkosti půdy na holině v roce 2024 nastal v období přelomu dubna a května, ale nedosáhl úrovně roku předchozího. Následně kolísání bylo vždy periodicky saturováno srážkami, před přívalovou srážkou vlhkost půdy dosáhla svého minima (Obr. 1). Obdobný průběh vlhkosti půdy byl pozorován i na experimentálních plochách. I v tomto roce byla vlhkost na ploše Z1 nižší než na ploše Z2 (Obr. 2). Plocha je umístěna v mírném svahu nejníže, je možné, že jsou na ní částečně odlišné půdní podmínky.

Průměrná vlhkost půdy na kontrolních plochách byla nižší než vlhkost na plochách s výchovou i v průběhu prvního zimního období po zásahu. Ve vegetační době se rozdíl zvýšil, v době nižších srážkových úhrnů na počátku jara a také na konci srpna byl nejvyšší (Obr. 2). Celkově byl však rozdíl vlhkost mezi kontrolními plochami a plochami s výchovou menší než v předchozím roce.

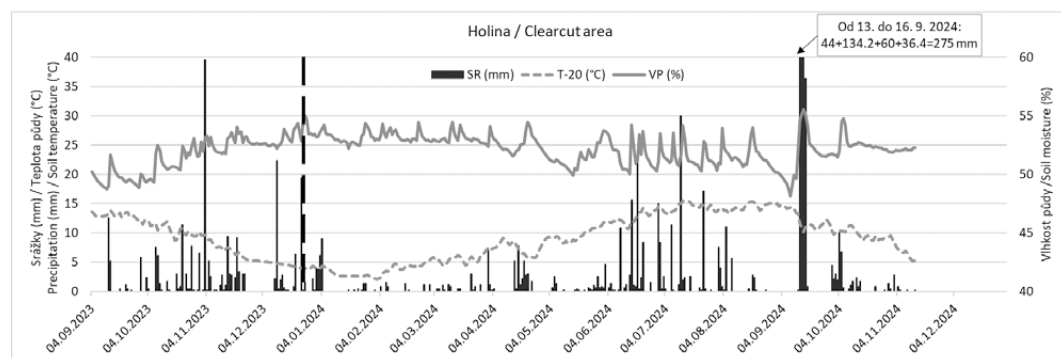
Všeobecně se předpokládá, že porostní výchova, prostřednictvím snížení zachytné plochy (snížením LAI), nevyhnutelně vede k přinejmenším dočasnému snížení porostní intercepce, ačkoli ta je také silně závislá na intenzitě a četnosti srážek (Chroust, 1997). Lagergren *et al.* (2008) uvádí, že transpirace smrkového porostu může po provedeném výchovném zásahu klesnout až o několik desítek procent v důsledku snížení počtu stromů a silné korelace mezi transpirací a LAI (Granier *et al.*, 2000), což by opět mohlo vést ke zvýšení dostupné vody v půdě. Na druhou

stranu mají výchovné zásahy zpravidla za následek zvýšení transpirace jednotlivých stromů (Krejza *et al.*, 2019), silné výchovné zásahy zvyšují výpar z povrchu půdy a mohou vést k rozvoji bylinné vegetace, která odčerpává disponibilní vodu ve svrchním půdním povrchu. Její abundance se však v našem v našem experimentu zvyšuje jen velmi pomalu, důvodem je zejména silná vrstva hrabanky. Dušek *et al.* (2021) zjistili v podmínkách smrkových mlazin 3. a 4. LVS jen nepatrně a statisticky neprůkazně vyšší hodnoty půdní vlhkosti ve svrchním horizontu vychovávaných porostů v porovnání s kontrolou. Naproti tomu Gao *et al.* (2022) popisují pozitivní vliv slabých výchovných zásahů v *Picea crassifolia* jak na vlhkost půdy (obsah vody), tak na schopnost zadržování vody v půdě (water holding capacity).

Sankey, Tatum (2022) zjistili v semiaridních oblastech severní Arizony vyšší hodnoty půdní vlhkosti (hloubky 25, 50 a 100 cm) ve vychovávaných porostech *Pinus ponderosa* v porovnání s porosty bez výchovy. Autoři rovněž konstatují, že stromy v nevychovávaných porostech vykazovaly výraznější stres v důsledku sucha. K podobným výsledkům došli Belmonte *et al.* (2022)



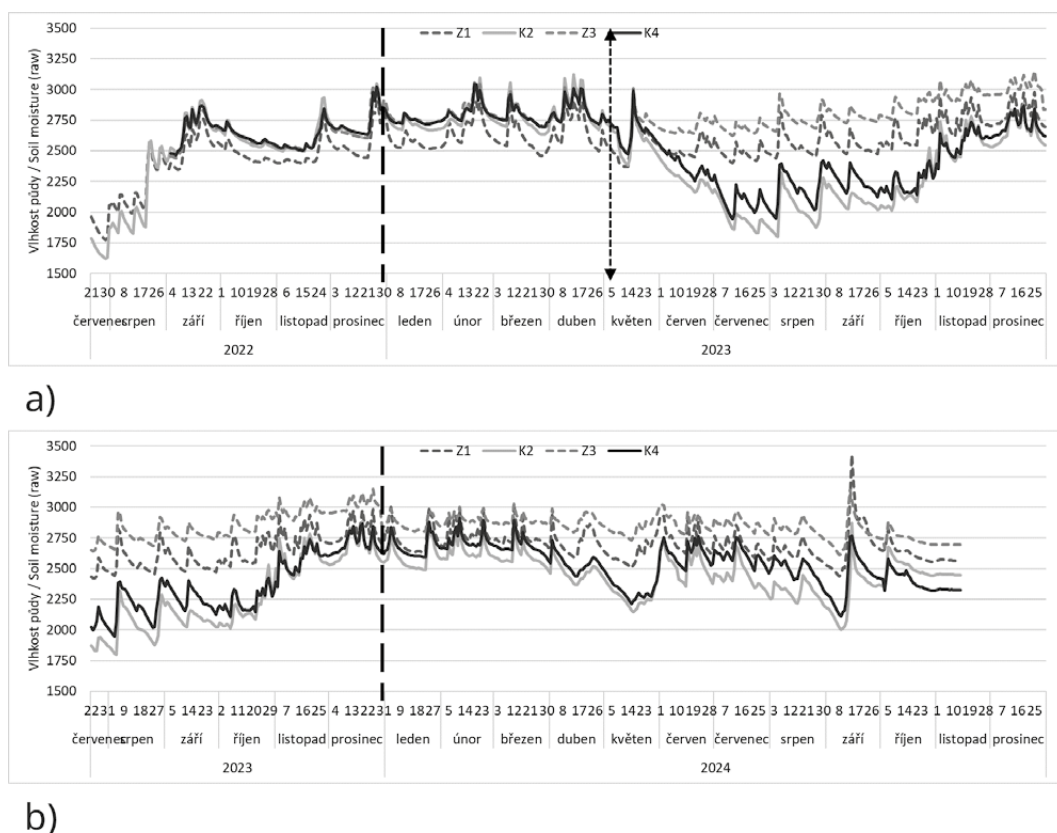
a)



b)

Obr. 1: Průběh denních srážek a průměrné denní teploty a vlhkosti půdy na holině v blízkosti experimentu s výchovou smrku. Horní graf – období od počátku experimentu po rok 2023, spodní graf zobrazuje shodné období následujícího roku. Silná přerušovaná čára značí přelom roku, slabší šipkami termín uvolňovacího zásahu na experimentálních plochách ve smrku

Daily precipitation and average daily soil temperature and moisture on a clear-cut area near the Norway spruce thinning experiment. The upper graph shows the period from the beginning of the experiment until 2023, while the lower graph displays the corresponding period of the following year. The thick dashed line indicates new year; the thin dashed line with arrow marks the timing of the release treatment in the experimental spruce plots



Obr. 2: Ekvivalent průměrné denní vlhkosti svrchního minerálního horizontu půdy (nepřepočtená primární data) na smrkových experimentálních plochách 1–4. Z – plocha, na které byl realizován 9. 5. 2023 zásah, K – kontrolní plocha bez zásahu. Horní graf – období od počátku experimentu po rok 2023, spodní graf zobrazuje shodné období následujícího roku. Silná přerušovaná čára značí přelom roku, slabá s šipkami termín uvolňovacího zásahu na plochách Z

Equivalent of average daily moisture in the upper mineral soil horizon (raw, unadjusted primary data) on experimental spruce plots 1–4. Z – plot where the treatment was applied on May 9, 2023; K – control plot without a treatment. The upper graph shows the period from the beginning of the experiment until 2023, while the lower graph displays the corresponding period of the following year. The thick dashed line indicates new year; the thin dashed line with arrow marks the timing of the release treatment on the Z plots. Leden, únor, ..., prosinec – months of the year

opět v porostech *Pinus ponderosa* v severní Arizoně. Jejich výsledky ukazují, že výrazně sušší půdy se nacházely v oblastech s vyššími hodnotami výčetní kruhové základny a hustoty stromů. Rascón-Ramos *et al.* (2021) zjišťovali hodnoty půdní vlhkosti v závislosti na intenzitě srážky a výchovném režimu v porostech směsi dubů *Quercus hypoleucoides*, *Q. grisea* a smrku *Pinus engelmannii* v semiaridních podmínkách severního Mexika. Porosty s provedenými zásahy vykazovaly průkazné zvýšení hodnot půdní vlhkosti již při malých srážkových úhrnech (pod 10 mm), ale u nevychovávaných porostů neměly takto malé srážky detekovatelný vliv.

Del Campo *et al.* (2022) na základě review literatury uvádějí, že efekt výchovného zásahu na navýšení podkorunových srážek lze očekávat během následujících 2,6 až 4,3 let, u vlhkosti půdy a transpirace pak během 3,1 až 8,6 let. Konkrétní efekt však závisí na místních biofyzikálních podmínkách, charakteru porostu i samotného zásahu. Tyto parametry budou určovat i další vývoj sledovaných veličin v našem experimentu.

4 ZÁVĚR

Studie potvrdila navýšení vlhkosti půdy vlivem výchovného zásahu v mladém porostu smrku z přirozené obnovy. Rozdíl oproti variantě bez výchovy byl výraznější v průběhu první vegetační doby, v následující byly rozdíly menší. Zda je to důsledek vývoje počasí nebo zvyšování intercepce a evapotranspirace stromů na ploše se zásahem v důsledku intenzivnějšího růstu však ukážou až další období. Navýšení vlhkost půdy bylo patrné i v průběhu zimního období.

LITERATURA

- BAUMLER, R., ZECH, W. 1997. Atmospheric deposition and impact of forest thinning on the throughfall of mountain forest ecosystems in the Bavarian Alps. *Forest Ecology and Management*. 3, 243–251.
- BELMONTE, A., TS. SANKEY, T., BIEDERMAN, J., BRADFORD, J. B., KOLB, T. 2022 Soil moisture response to seasonal drought conditions and post-thinning forest structure. *Ecohydrology*. 15(5), e2406.
- DEL CAMPO, A. D., OTSUKI, K., SERENGIL, Y., BLANCO, J. A., YOUSEFPOUR, R., WEI, X. 2022. A global synthesis on the effects of thinning on hydrological processes: Implications for forest management. *Forest Ecology and Management*. 519, 120324.
- DUŠEK, D., NOVÁK, J., ČERNÝ, J., KACÁLEK, D. 2021. Vliv prvních výchovných zásahů v mlazinách na obsah vody ve svrchní vrstvě minerální půdy. *Zprávy lesnického výzkumu*. 66(4), 270–276.
- GAO, Y., HE, Z., ZHU, X., CHEN, L., DU, J. 2022. Light thinning can improve soil water availability and water holding capacity of plantations in alpine mountains. *Frontiers in Plant Science*. 13, 1032057.
- GRANIER, A., LOUSTAU, D., BRÉDA, N. 2000. A generic model of forest canopy conductance dependent on climate, soil water availability and leaf area index. *Annals of Forest Science*. 57, 755–765.
- HARDY, J. P., MELLOH, R., KOENIG, G., MARKS, D., WINSTRAL, A., POMEROY, J. W., LINK, T. 2004. Solar radiation transmission through conifer canopies. *Agricultural and Forest Meteorology*. 34, 257–270.
- HUNG, W. T., CAMPBELL, P. C., MOON, Z., SAYLOR, R., KOCHENDORFER, J., LEE, T. R., MASSMAN, W. 2024. Evaluation of an In-Canopy Wind and Wind Adjustment Factor Model for Wildfire Spread Applications Across Scales. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 16, e2024MS004300.
- CHROUST, L. 1997. *Ekologie výchovy lesních porostů*. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v., Výzkumná stanice Opočno, 277 p.
- KREJZA, J., SVĚTLÍK, J., BELLAN, M., HORÁČEK, P. 2019. *Stanovení stresu smrku ztepilého přímými metodami – certifikovaná metodika*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 68 p.
- LAGERGREN, F., LANKREIJER, H., KUČERA, J., CIENCIALA, E., MÖLDER, M., LINDROTH, A. 2008 Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden. *Forest Ecology and Management*. 255, 2312–2323.
- NAMBIAR, E. K. S., SANDS, R. 1993. Competition for Water and Nutrients in Forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 10, 1955–1968.
- RASCÓN-RAMOS, A. E., MARTÍNEZ-SALVADOR, M., SOSA-PÉREZ, G., VILLARREAL-GUERRERO, F., PINEDO-ALVAREZ, A., SANTELLANO-ESTRADA, E., CORRALES-LERMA, R. 2021. Soil Moisture Dynamics in Response to Precipitation and Thinning in a Semi-Dry Forest in Northern Mexico. *Water*. 13(1), 105.
- Rockwell, F., Sage, R. F. 2022. Plants and water: the search for a comprehensive understanding. *Annals of Botany*. 3, I-Viii.
- SANKEY, T., TATUM, J. 2022 Thinning increases forest resiliency during unprecedented drought. *Scientific Reports*. 12(1), 9041.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře Ministerstva zemědělství ČR udělené projektu QK22010189 Vliv odlesnění na vodní režim malých povodí.

Kontakty | Contact Information

Ondřej Špulák: e-mail: spulak@vulhmop.cz

SEKCE 4:
BIOLOGIE, EKOLOGIE A FUNKCE LESA

SESSION 4:
FOREST BIOLOGY, ECOLOGY, AND FUNCTIONS

MELIORAČNÍ FUNKCE POROSTŮ S JAVOREM KLENEM (*ACER PSEUDOPLATANUS* L.), KRÁTKÁ PŘÍPADOVÁ STUDIE

SOIL-IMPROVING EFFECTS OF STANDS WITH SYCAMORE MAPLE (*ACER PSEUDOPLATANUS* L.), A SHORT CASE STUDY

Dušan Kacálek¹, Jan Bartoš¹, Ondřej Špulák¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Strnady, Výzkumná stanice Opočno,
Na Olivě 550, 517 73 Opočno

Abstrakt

Od javoru kleny očekáváme efektivní biomelioraci stanoviště. V příspěvku je konstatován pozitivní vliv čistého kleny na půdu živinově chudší plochy Bystré. Směs kleny a douglasky měla v těchto podmínkách horší meliorační funkci, tj. méně bazických kationtů v humusu. Na živinami bohatší ploše Uhřínov bylo pod směsí douglasky a kleny více bazí než pod směsí kleny a modřínu. Obsah fosforu v humusu ukázal menší hodnoty pod směsí kleny a douglasky na obou plochách.

Klíčová slova: zalesňování, návrat živin, bazické kationty, fosfor

Abstract

Sycamore maple is expected to be an effective soil improver. This study presents a positive impact of pure sycamore on soil of nutrient-poorer Bystré plot. A mixture of sycamore and Douglas fir showed a worse function, i.e. less base cations in the forest floor layer. On the other hand, nutrient-rich plot of Uhřínov showed more basic cations below sycamore with Douglas fir compared to sycamore with larch. Forest-floor humus was lower in sycamore-Douglas fir mixtures in both research plots.

Keywords: afforestation, nutrient return, base cations, phosphorus

1 ÚVOD

Klíčovou funkcí melioračních dřevin je schopnost opadem asimilačních orgánů vracet do půdy významná množství živin, které jsou opět zpřístupňovány rostlinám prostřednictvím konzumentů biomasy. Javor klen je podobně jako jiné opadavé listnáče schopen zlepšovat chemismus půdy (Leslie, 2005; Podrázský *et al.*, 2011). Nicméně i mezi listnáči nacházíme rozdíly (Neyrinck *et al.*, 2000). Javor spolu s jasanem, lípou a jilmem produkuje opad bohatý snadno dostupným vápníkem (Chytrý, 2012). Další klíčovou živinou je rostlinám přístupný fosfor. Lesní porosty mají značnou potřebu příjmu této živiny; její dostupnost je přitom nízká (např. Binkley, 1986). Ve svrchní minerální půdě zalesněné smrskem, modřínem nebo klenem hodnotili obsah fosforu spolu s odpovídajícími vrstvami na poli a louce Podrázský *et al.* (2011). Zemědělské půdy měly ve svrchní minerální půdě více fosforu než porosty kleny, modřínu a smrku (Podrázský *et al.*, 2011). Cílem naší studie je porovnat hodnoty saturace humusu a půdy bazickými živinami a obsah fosforu pod mladými porosty kleny a ve směsích kleny s douglaskou a modřínem.

Tab. 1: Parametry pokusných výsadeb na výzkumných plochách Bystré (By) a Uhřínov (Uh)
Site attributes of experimental plantations in Bystré (By) and Uhřínov (Uh) research plots

Plocha	Zalesněno	Nadm. výška	Geologické podloží	Varianta	Dřevina	N (ks/ha)	h (m)	G (m ² /ha)
By	2002	510 m	fylit, zelená břidlice	KL	KL	2667	14,0	13,6
				KLDG	KL	667	11,4	16,7
					DG	600	14,1	22,2
Uh	2005	530 m	diorit, amfibolit	KLMD	KL	2025	10,1	7,1
					MD	925	13,7	23,8
				KLDG	KL	1500	12,8	10,7
					DG	825	14,4	27,5

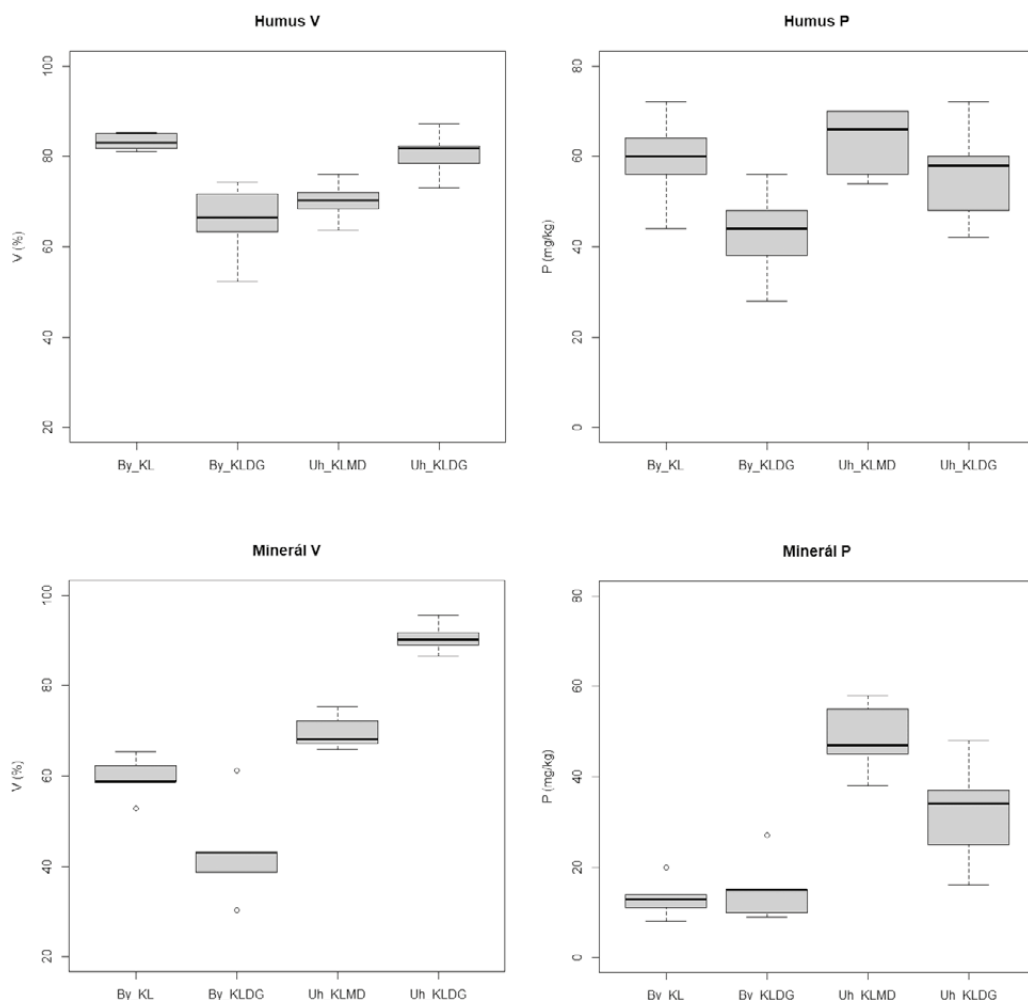
Notes: Plocha – Plot; Zalesněno – Afforested; Nadm. Výška – Altitude; Varianta – Treatment; Dřevina – Tree species (KL – sycamore; DG – Douglas fir; MD – European larch)

2 MATERIÁL A METODY

Mladé porosty se nachází na dvou výzkumných plochách (Tab. 1) v PLO 26 – Předhoří Orlických hor na zalesněných pozemcích dříve zemědělsky využívaných jako louky. Na uvedených výzkumných plochách je od založení porostů sledován zdravotní stav dřevin a jejich růstové parametry. Na obou plochách byly odebírány vzorky nadložního humusu a svrchní minerální půdy. Pro účely tohoto příspěvku jsou prezentovány charakteristiky úrodnosti z pohledu saturace bázemi a obsahu rostlinám přístupného fosforu zjišťovaného metodou Mehlich III.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Na ploše Bystré byl nadložní humus pod nesmíšeným javorem klenem bohatší bazickými kationty než pod směsí dominantní douglasky a potlačeného javoru kleny. Také ve svrchní minerální půdě byla saturace bázemi vyšší než pod směsí KLDG (Obr. 1). Na bazickými živinami bohatší lokalitě Uhřínov ukázala podobná směs kleny a douglasky vyšší hodnotu V (%) v humusu než směs kleny a modřínu opadavého. V minerální půdě byl stejný trend mezi KLMD a KLDG ještě výraznější. Monospecifický klen ukázal obohacení nadložního humusu rostlinám přístupným fosforem; obsah tohoto prvku v minerální půdě se přitom na ploše Bystré zásadně nelišil. Lokalita Uhřínov byla bohatší fosforem než Bystré. Na rozdíl od saturace bázemi byl pod směsí s modřínem na ploše Uhřínov vyšší obsah fosforu než pod směsí kleny s douglaskou. Prezentované výsledky nereplikovaných výsadeb neumožňují širší zhodnocení efektů směsí. Obě plochy mají společnou pouze směs kleny a douglasky, která v případě živinově chudší plochy Bystré ukázala opačné trendy na obou plochách v případě saturace bázemi a podobné trendy v případě obsahu rostlinám přístupného fosforu. Obecná pravidla vlivu směsí na půdní vlastnosti neexistují, a právě fosfor často ukazuje nekonsistentní výsledky ve vztahu k dřevinám v nadúrovni (Augusto *et al.*, 2002); v našem případě je zřejmý značný vliv úrodnosti konkrétní půdy. Podrázský *et al.* (2011) konstatovali nižší obsah fosforu analyzovaného metodou Mehlich III ve svrchní minerální půdě pod klenem než pod modřínem a smrkem; rozdíly nebyly nicméně významné. Ľabaz, Gaľka (2012) ukázali více než dvojnásobné obsahy vápníku a hořčíku pod směsí buku, kleny a modřínu ve srovnání se smrkovou monokulturou. Také Bloňska *et al.* (2017) hodnotili javor klen nebo Augusto *et al.* (2002) javor mlč jako mírně acidifikující dřeviny ve srovnání s neopadavými jehličnany nebo buky a duby (Neirynck *et al.*, 2000). Opad javoru kleny se také rozkládá rychleji než opad douglasky tisolisté a modřínu opadavého (Hobbie *et al.*, 2006) nebo smrku, buku a dubu



Obr. 1: Saturace bázemi (nalevo) a obsah fosforu (napravo) v nadložním humusu a minerálním svršku půdy; zkratky: By – plocha Bystré; Uh – plocha Uhřínov; KL – klen; DG – douglaska; MD – modřín
Base saturation (on the left) and phosphorus (on the right) content in forest-floor humus (Humus graphs on top) and mineral topsoil (Minerál graphs at the bottom); abbreviations: By – Bystré plot; Uh – Uhřínov plot; KL – sycamore; DG – Douglas fir; MD – larch

(Vesterdal *et al.*, 2012). Vápníkem bohatý opad dřevin jako jasan, klen a lípa (a jilm – viz Chytrý, 2012) je také svázán s určitým společenstvem žížal (Neyrinck *et al.*, 2000; Hobbie *et al.*, 2006; Schelfhout *et al.*, 2017).

4 ZÁVĚR

Konstatovali jsme pozitivní vliv kleny na živinově chudší ploše Bystré. Směs douglasky a kleny měla na stejné ploše horší meliorační funkci – méně bazických kationtů v humusu. Na živinami bohatší ploše Uhřínov bylo pod směsí douglasky a kleny více bází než pod směsí kleny a modřínu. Obsah fosforu v humusu ukázal menší hodnoty pod směsí douglasky a kleny na obou plochách.

LITERATURA

- AUGUSTO, L., RANGER, J., BINKLEY, D., ROTHE, A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*. 59(3), 233–253.
- BINKLEY D. 1986. *Forest nutrition management*. Wiley, New York:
- BŁOŃSKA, E., LASOTA, J., GRUBA, P. 2017. Enzymatic activity and stabilization of organic matter in soil with different detritus inputs. *Soil Science and Plant Nutrition*. 63(3), 242–247.
- HOBBIE, S. E., REICH, P. B., OLEKSYN, J., OGDahl, M., ZYTKOWIAK, R., HALE, C., KAROLEWSKI, P. 2006: Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. *Ecology*. 87(9), 2288–2297.
- CHYTRÝ, M. 2012. Vegetation of the Czech Republic: diversity, ecology, history and dynamics. *Preslia*. 84, 427–504.
- ŁABAZ, B., GAŁKA, B. 2012. Characteristics of soil organic matter in ectohumus horizons of forest soils in the Stołowe mountains. *Polish Journal of Soil Science*. XLV/1, 49–56.
- LESLIE, A. 2005. Ecology and Biodiversity Value of Sycamore. *Scottish Forestry*. 59(3), 19–26.
- NEIRYNCK, J., MIRTICHEVA, S., SIOEN, G., LUST, N. 2000. Impact of *Tilia platyphyllos* Scop., *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. on earthworm biomass and physico-chemical properties of a loamy topsoil. *Forest Ecology and Management*. 133(3), 275–286.
- PODRÁZSKÝ, V., PROCHÁZKA, J., REMEŠ, J. 2011. Produkce a vývoj půdního prostředí porostů na bývalých zemědělských půdách v oblasti Českomoravské vrchoviny. *Zprávy lesnického výzkumu*. 56(Special), 27–35.
- SCHELFHOUT, S., MERTENS, J., VERHEYEN, K., VESTERDAL, L., BAETEN, L., MUYS, B., DE SCHRIJVER, A. 2017. Tree species identity shapes earthworm communities. *Forests*. 8, 85. <https://doi.org/10.3390/f8030085>
- VESTERDAL, L., ELBERLING, B., CHRISTIANSEN, J. R., CALLESEN, I., SCHMIDT, I. K. 2012. Soil respiration and rates of soil carbon turnover differ among six common European tree species. *Forest Ecology and Management*. 264, 185–196.

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0123.

Kontakty | Contact Information

Dušan Kacálek: e-mail: kacalek@vulhmop.cz

TEPLOTA VZDUCHU A VLHKOST PŮDY VE VZTAHU K EXPOZICI A DŘEVINNÉ SKLADBĚ LESNÍHO POROSTU

AIR TEMPERATURE AND SOIL MOISTURE IN RELATION TO EXPOSURE AND SPECIES COMPOSITION OF THE FOREST STAND

Jiří Novák¹, David Dušek¹, Jaroslav Rožnovský², Václav Zouhar¹, Dušan Kacálek¹,
Dušan Vavříček³, Ondřej Špulák¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

²Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 616 67 Brno, Česká republika

³Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

Abstrakt

Výzkum mikroklimatu lesních porostů je vzhledem k rozmanitosti přírodních podmínek a druhové skladby lesů nezbytnou podmínkou pro správné nastavení adaptačních opatření na probíhající klimatickou změnu. Příspěvek přináší předběžné výsledky z nově zahajovaného sledování vlivu expozice a druhové skladby na porostní mikroklima. V ročním porovnání průměrných denních teplot vzduchu 2 m nad zemí a průměrné denní vlhkosti půd v hloubce 10 cm po povrchem byly zřejmé určité očekávané trendy (obecně tepleji na jihu a chladněji na severu, vlhčeji na severu než na jihu a vlhčeji pod listnáči než pod jehličnany). I z krátkodobého sledování však vyplynulo, že je třeba při hodnocení mikroklimatu vzít v potaz další faktory, jako jsou půdní vlastnosti, zápoj porostu apod. Toplánujeme provést při hodnocení dat získaných za delší časové období.

Klíčová slova: lesní mikroklima, jehličnany, listnáče

Abstract

Due to the diversity of natural conditions and species composition of forests, forest stand microclimate research is a necessary condition for the correct setting of adaptation measures to ongoing climate change. The paper presents preliminary results from the newly launched monitoring of the effect of exposure and species composition on the forest stand microclimate. In the annual comparison of average daily air temperatures 2 m above the ground and average daily soil moisture at a depth of 10 cm, certain expected trends were evident (generally warmer in the south and colder in the north, wetter in the north than in the south and wetter under broadleaf trees than under conifers). However, even from short-term monitoring it emerged that other factors, such as soil properties, canopy cover, etc., need to be considered when assessing the microclimate. We plan to do this when evaluating data obtained over a longer period.

Keywords: forest microclimate, coniferous, broadleaves

1 ÚVOD

Změny podnebí svými dopady ovlivňují i naše lesy. Prokazatelné je zvyšování teploty vzduchu nejen na našem území, ale jde o globální oteplení (Räisänen *et al.*, 2004). Předpokládá se, že globální teplota bude nadále stoupat a že tento vzestup bude v budoucnosti rychlejší. Současně s teplotou vzduchu jde o dlouhodobé hodnocení výskytu srážek. Na rozdíl od teplot vzduchu srážky podle některých autorů mohou být z hlediska ročních úhrnů stejné, případně se velmi

málo měnit (Rožnovský *et al.*, 2020). Kožuchowski a Marciniak (1990) předložili studii, podle níž v západní a severní Evropě srážky v poslední době rostou a porostou i nadále, v jižní a východní Evropě naopak klesají a klesat budou dále. Naše území leží v oblasti očekávaného poklesu. Tento trend byl potvrzen i dalšími výzkumy (Räisänen *et al.*, 2004). Ve vazbě s rostoucí teplotou mohou být častější období sucha. Prokazatelný je totiž stále častější deficit vláhové bilance (Rožnovský *et al.*, 2017).

Proměnlivost našeho podnebí je dána také vysokou dynamikou výskytu srážek, kdy jsou v určitém časovém úseku jejich úhrny mimořádně nízké a dochází k výskytům sucha, nebo naopak vysoké a dochází k povodním (Kyselý *et al.*, 2003). Důležité pro hodnocení našeho podnebí vzhledem k lesním porostům je důležité, že již neplatí hodnocení našeho podnebí podle Atlasu Podnebí ČSSR (1958) a Tabulek (HMÚ, 1961), ale neodpovídají posledním desetiletím ani podmínky podle Atlasu podnebí Česka (2007). Vliv těchto změn na mikroklima lesních porostů není ještě dostatečně prozkoumán. I když je známý pozitivní efekt lesního porostu na zmírňování dopadů změn klimatu (Zellweger *et al.*, 2019; Verheyen *et al.*, 2024), je v kontextu rozmanitosti podmínek, v jakých les roste, žádoucí, věnovat pozornost podrobnějšímu studiu této problematiky (De Frenne *et al.*, 2021).

Díky řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (QL24020351) byla v roce 2024 zahájena měření mikroklimatu v lesních porostech diferencovaně nejen podle lesních vegetačních stupňů (Novák *et al.*, 2024), ale i s ohledem na další faktory (expozice, dřevinná skladba). V tomto příspěvku jsme jako ukázkou charakteru získávaných dat zpracovali příklad vyhodnocení části jednoletých průběžných výsledků zaměřených na teplotu vzduchu a vlhkost půdy v porostech lišících se expozicí a druhem dřeviny.

2 MATERIÁL A METODY

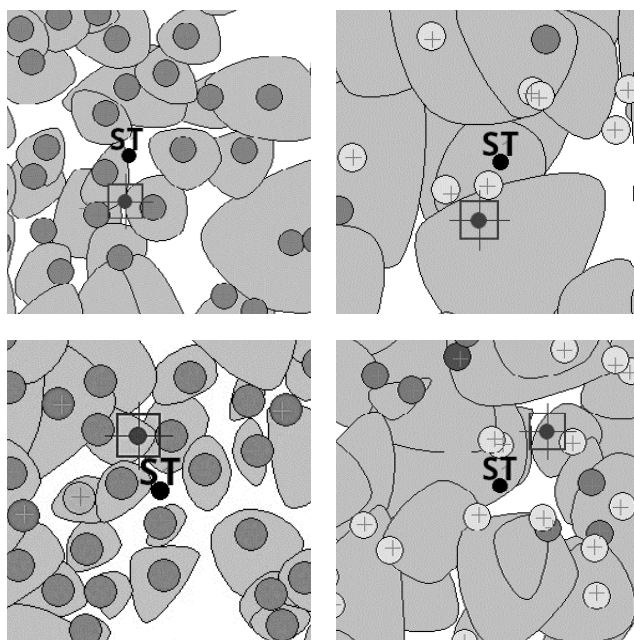
Pro účely sledování mikroklimatu byly vybrány celkem čtyři lesní porosty reprezentující severní a jižní expozici v dospělém jehličnatém a listnatém porostu (Tab. 1., Obr. 1.) v lokalitě Chlum v nadmořské výšce 330 až 340 m (majetek obhospodařovaný Lesy Colloredo-Mansfeld s.r.o.). Na každé lokalitě byla v dubnu 2024 instalována automatická meteorologická stanice MeteoUNI (Amet.cz)¹ s měřením teploty a vlhkosti vzduchu ve 2 m nad zemí a teploty a vlhkosti půdy v hloubkách 10, 20 a 50 cm v 15minutovém intervalu. Současně se zahájením měření byly odebrány i půdní vzorky z uvedených hloubek válečkovou metodou pro stanovení vybraných charakteristik (hydrolimity apod.). Pro účely tohoto sdělení jsme vybrali data za uplynulý rok

¹ AMET – sdružení Litschmann + Suchý. www.amet.cz

Tab. 1: Charakteristiky porostů s provedeným měřením v lokalitě Chlum
(Characteristics of the monitored stands in locality Chlum)

Lokalita (Locality)	Souřadnice (Coordinates)	SLT (Soubor lesních typů) Ecosite (according to Viewegh et al. 2003)	Dřeviny v porostu ¹ (Tree species in stand)
Jih listnatý ⁵	50.2711614N, 16.1603453E	2C <i>Fageto – Quercetum subxerothermicum</i>	LP, KL, JS
Jih jehličnatý ⁶	50.2712325N, 16.1591461E	2D <i>Fageto – Quercetum (acerosum) deluvium</i>	SM
Sever listnatý ⁷	50.2659308N, 16.1819447E	3B <i>Querceto – Fagetum mezo-eutrophicum</i>	LP, DB
Sever jehličnatý ⁸	50.2665619N, 16.1801619E	3B <i>Querceto – Fagetum mezo-eutrophicum</i>	SM

¹ LP – lípa/linden, KL – javor klen/sycamore maple, JS – jasan/ash, SM – smrk/spruce, DB – dub/oak



Obr. 1: Situace umístění stanic (ST) v lesních porostech (kmeny a průměty korun) – výřez 0,01 ha. Vlevo nahoře – jehličnatý (SM) porost severní expozice, vpravo nahoře – listnatý (LP) porost severní expozice, vlevo dole – jehličnatý (SM) porost jižní expozice, vpravo dole – listnatý (LP) porost jižní expozice

Obr. 2: Situation of station locations (ST) in forest stands (trunks and crown projections) – 0.01 ha section. Top left – coniferous (Spruce) stand of northern exposure, top right – deciduous (Linden) stand of northern exposure, bottom left – coniferous (Spruce) stand of southern exposure, bottom right – deciduous (Linden) stand of southern exposure

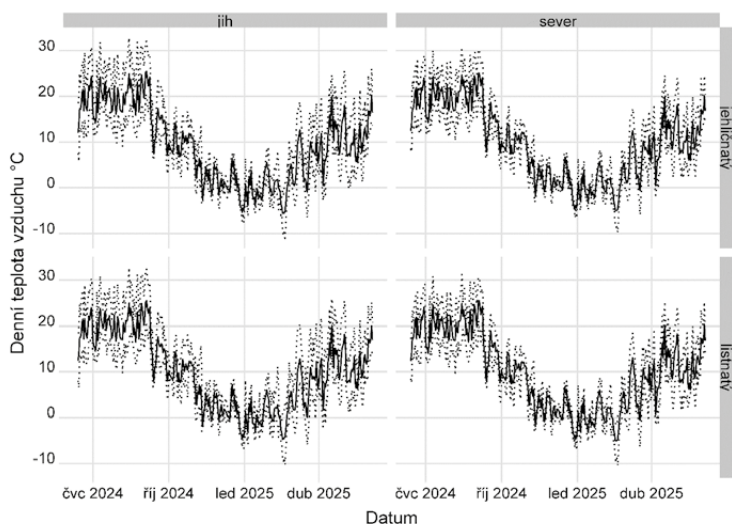
(červen 2024 až květen 2025) pro zvolené veličiny – teplota vzduchu ve 2 m nad zemí a vlhkost půdy v hloubce 10 cm pod povrchem. Vzhledem k dosud krátkému období sledování je hodnocení zaměřeno na prosté porovnání průměrných denních údajů (severní vs. jižní expozice a jehličnatý vs. listnatý porost). S podrobnější analýzou se počítá za delší časové období.

3 VÝSLEDKY

3.1 Teplota vzduchu ve 2 m nad zemí

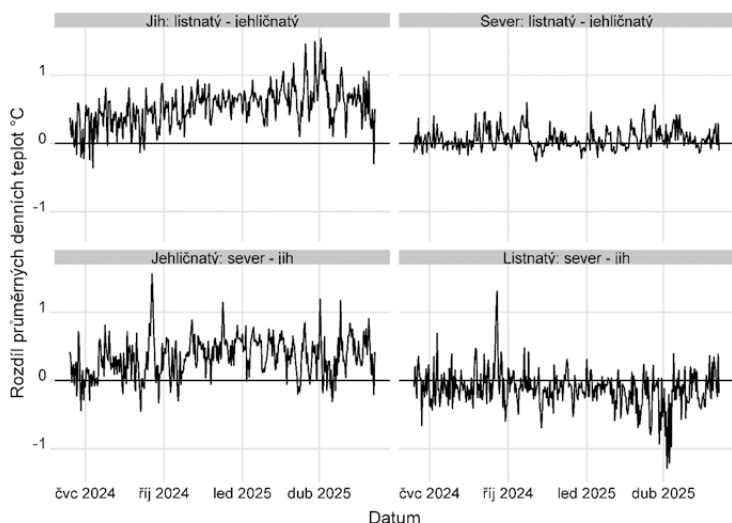
Ve všech čtyřech sledovaných porostech byl zaznamenán podobný průběh denních průměrů teplot s kulminací na konci léta a nejnižšími hodnotami v zimním období. Nejvyšší denní maxima přesáhla 30 °C a minima –10 °C (Obr. 2).

Z porovnání rozdílů průměrných denních teplot (Obr. 3) vyplynulo, že na jižní expozici bylo od září do května v listnatém porostu tepleji (až o 1,5 °C v denním průměru) než v jehličnatém. Tento trend nebyl na severní expozici potvrzen, zde se průměrné denní teploty mezi jehličnatým a listnatým porostem téměř nelišily. Zajímavá informace byla zjištěna porovnáním obou jehličnatých porostů, kdy na severní expozici byly zaznamenány vyšší průměrné denní teploty než na jižní. Z porovnání obou listnatých porostů vyplynul nejednoznačný trend mezi severní a jižní expozicí – pouze krátké epizody s teplejší severní expozicí v září 2024 a teplejší jižní v dubnu 2025.



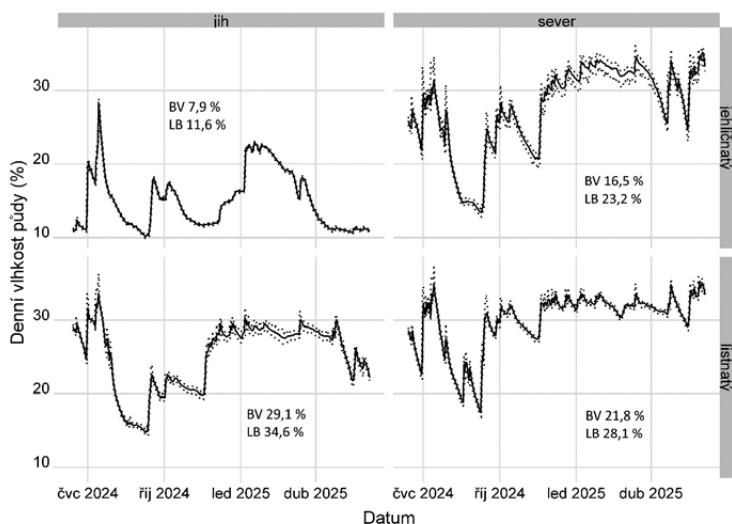
Obr. 3: Vývoj teploty vzduchu – denní průměr (plná čára) a denní maxima a minima (přerušovaná čára) na jižní expozici v jehličnatém (vlevo nahoře) a listnatém porostu (vlevo dole) a na severní expozici v jehličnatém (vpravo nahoře) a listnatém porostu (vpravo dole) v období červen 2024 až květen 2025

Air temperature development – daily average (solid line) and daily maximum and minimum (dashed line) on southern exposure in coniferous (top left) and broadleaved stands (bottom left) and on northern exposure in coniferous (top right) and broadleaved stands (bottom right) in the period of Jun 2024 – May 2025



Obr. 4: Rozdíly průměrných denních teplot mezi sledovanými porosty. Listnatý vs. jehličnatý porost na jižní expozici (vlevo nahoře) a na severní expozici (vpravo nahoře). Jehličnatý porost na severní vs. jižní expozici (vlevo dole) a listnatý porost na severní vs. jižní expozici (vpravo dole) v období červen 2024 až květen 2025

Differences of daily average air temperatures between observed stands. Broadleaved vs. coniferous stand on southern exposure (top left) and on northern exposure (top right). Coniferous stand on northern vs. southern exposure (bottom left) and broadleaved stand on northern vs. southern exposure (bottom right) in the period of Jun 2024 – May 2025



Obr. 5: Vývoj půdní vlhkosti v hloubce 10 cm – denní průměr (plná čára) a denní maxima a minima (přerušovaná čára) na jižní expozici v jehličnatém (vlevo nahoře) a listnatém porostu (vlevo dole) a na severní expozici v jehličnatém (vpravo nahoře) a listnatém porostu (vpravo dole) v období červen 2024 až květen 2025. Uvedené jsou i průměrné hodnoty hydrolimitů (stanovených rozbořem vzorků odebraných válečkovou metodou) pro půdy pod porosty v hloubce 10 cm (BV – bod vadnutí, LB – lentokapilární bod)

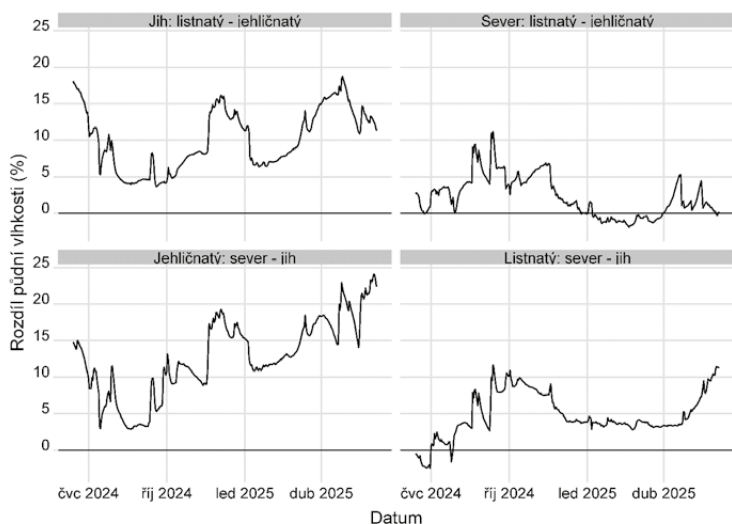
Development of soil moisture at 10-cm depth – daily average (solid line) and daily maximum and minimum (dashed line) on southern exposure in coniferous (top left) and broadleaved stands (bottom left) and on northern exposure in coniferous (top right) and broadleaved stands (bottom right) in the period of Jun 2024 – May 2025. Mean values of hydrolimits (based on intact cylinder sample analysis) for soil under canopy at 10 cm depth are also given (BV – wilting point, LB – lentokapilární point)

3.2 Vlhkost půdy v 10 cm pod povrchem

Vlhkost svrchní vrstvy půdy se ve sledovaném období pohybovala od 10 do 35 % (Obr. 4). Je zřejmé, že na jižní expozici byly hodnoty vlhkosti půdy nižší než na severní. Průběh hodnot ve sledovaném období je na hodnocených místech podobný až do března 2025, kdy se oproti severní expozici projevuje na jižní pokles vlhkosti půdy v jehličnatém porostu a následně i v porostu listnatém.

Na rozdíl od výše hodnocené charakteristiky (teploty vzduchu) je zde třeba vzít v úvahu vlastnosti půd, které nejsou pod sledovanými porosty zcela shodné (viz metodika). Pokud vztáhneme zjištěné hodnoty vlhkosti půdy k hydrolimitům (bod vadnutí a lentokapilární bod), zjistíme, že na jižní expozici je horší situace v hloubce 10 cm v listnatém porostu, tj. hodnoty celý rok pod lentokapilárním bodem a dlouhodobě i pod bodem vadnutí. Podstatně lépe je v této vrstvě přístupná voda pod smrkovým porostem (hlinité prostředí na rozdíl od jílovitého pod listnatým porostem) na této expozici, tj. poze na kratší období klesá pod lentokapilární bod a vůbec ne pod bod vadnutí. Na severní expozici je z tohoto pohledu podstatně lepší situace (bez dlouhodobějších poklesů pod bod vadnutí) jak u listnatého tak u jehličnatého porostu.

Z porovnání rozdílů půdní vlhkosti mezi sledovanými porosty (Obr. 5) je zřejmé, že v hloubce 10 cm bylo dlouhodobě vlhčeji na severní expozici než na jižní a také listnatém porostu než v jehličnatém. Svrchní vrstva půdy pod listnatým porostem byla na jižní expozici o 4 až 19 % vlhčí než pod jehličnatým porostem. Na severní expozici byla situace podobná, ale s menšími rozdíly (0 až 11 %). Při porovnání obou jehličnatých porostů bylo zjištěna vyšší vlhkost o 3 až 25 % na severní expozici než na jižní. Listnaté porosty se v tomto ohledu navzájem lišily méně (o 0 až 11 % ve prospěch severní expozice).



Obr. 6: Rozdíly denních průměrů půdní vlhkosti v hloubce 10 cm mezi sledovanými porosty. Listnatý vs. jehličnatý porost na jižní expozici (vlevo nahoře) a na severní expozici (vpravo nahoře). Jehličnatý porost na severní vs. jižní expozici (vlevo dole) a listnatý porost na severní vs. jižní expozici (vpravo dole) v období červen 2024 až květen 2025

Differences of daily average soil moisture at 10-cm depth between observed stands. Broadleaved vs. coniferous stand on southern exposure (top left) and on northern exposure (top right). Coniferous stand on northern vs. southern exposure (bottom left) and broadleaved stand on northern vs. southern exposure (bottom right) in the period of Jun 2024 – May 2025

4 DISKUSE A ZÁVĚR

Prezentované výsledky představují pouze dvanácti měsíční období, ze kterého logicky nelze vyvozovat jednoznačné závěry k porostnímu klimatu jehličnatých a listnatých porostů a vlivu jižní a severní expozice. Předběžné zhodnocení je však dobrým podnětem k posouzení všech vlivů na porostní klima. Mimo hodnocené expozice jsou důležité i charakteristiky půd a jejich podloží, jak ukázaly i hodnoty stanovených hydrolimitů. V tomto směru lze předpokládat zajímavější výsledky po zhodnocení situace i v hlubších vrstvách půdy (např. Tölgyesi *et al.*, 2020). Významnou roli pro mikroklima sehrává hustota porostů a dřevinné složení (např. Bélanger *et al.*, 2021, Zhang *et al.*, 2022). U stálezelených jehličnanů, zejména mělce kořeničního smrku potvrdili např. Kuželková *et al.* (2024) snižování půdní vlhkosti z důvodů vyšší intercepce a delšího období transpirace ve srovnání s bukem nebo modřínem. V porostech s větším zápojem jsou také zaznamenávány menší výkyvy sledovaných charakteristik (Christiansen *et al.*, 2022). Pokud jde o expozici, tak severní přináší většinou menší výkyvy než jižní, jak potvrzují Rita *et al.* (2021) pro bukové porosty v jižní Evropě.

Vztah mezi teplotou vzduchu pod porosty a vlhkostí půdy je ovlivňovaný řadou faktorů (zastínění půdy, výpar z půdy, transpirace rostlin apod.) a není stále dostatečně prozkoumán. I když jsou navržena některá modelová řešení (např. Gril *et al.*, 2022), je nutné další a dlouhodobější sledování, zejména v problematice vlhkosti půdy pod lesními porosty (Greiser *et al.*, 2024).

Na základě zjištěných průběžných dat z krátkodobého sledování lze konstatovat, že pro podrobnější hodnocení mikroklimatu bude třeba vzít v potaz i další faktory, jako jsou půdní vlastnosti, zápojem porostu apod. To je součástí i metodiky zmiňovaného projektu, která zahrnuje sledování charakteristik půdy i v hloubkách 20 a 50 cm. Pro další porovnání dat bude zajímavé vyhodnotit i vliv stavu olistění (listnáče vs. jehličnany) v různých částech roku, což bude předmětem zpracování dat získaných za delší časové období.

LITERATURA

- BÉLANGER N., COLLIN A., KHLIFA R., LEBEL-DESROSIERS S. 2021. Balsam Fir and American Beech Influence Soil Respiration Rates in Opposite Directions in a Sugar Maple Forest Near Its Northern Range Limit. *Frontiers in Forests and Global Change*. 4, 664584. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.664584>
- DE FRENNE, P., LENOIR, J., LUOTO, M., SCHEFFERS, B. R., ZELLWEGER, F., AALTO, J., ASHCROFT, M. B., CHRISTIANSEN, D.M., DECOCQ, G., DE PAUW, K., GOVAERT, S., GREISER, C., GRIL, E., HAMPE, A., JUCKER, T., KLINGES, D.H., KOELEMEEIJER, I.A., LEMBRECHTS, J. J., MARREC, R., MEEUSSEN, C., OGÉE, J., TYYSTJÄRVI, V., VANGANSBEKE, P., HYLANDER, K. 2021. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*. 27(11), 2279–2297. <https://doi.org/10.1111/gcb.15569>
- DÍAZ-CALAFAT, J., URÍA-DIEZ, J., BRUNET, J., DE FRENNE, P., VANGANSBEKE, P., FELTON, A., ÖCKINGER, E., COUSINS, S.A.O., BAUHHUS, J., PONETTE, Q., HEDWALL, P.-O. 2023. From broadleaves to conifers: The effect of tree composition and density on understory microclimate across latitudes. *Agricultural and Forest Meteorology*. 341, 109684. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109684>
- GREISER, C., HEDEROVÁ, L., VICO, G., WILD, J., MACEK, M., KOPECKÝ, M. 2024. Higher soil moisture increases microclimate temperature buffering in temperate broadleaf forests. *Agricultural and Forest Meteorology*. 345, 109828. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109828>
- GRIL, E., SPICHER, F., GREISER, C., ASHCROFT, M. B., PINCEBOURDE, S., DURRIEU, S., NICOLAS, M., RICHARD, B., DECOCQ, G., MARREC, R., LENOIR, J. 2023. Slope and equilibrium: A parsimonious and flexible approach to model microclimate. *Methods in Ecology and Evolution*. 14, 885–897. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14048>
- HMÚ. 1961. *Podnebí ČSSR – Tabulky*. Praha: HMÚ. 379 s.
- CHRISTIANSEN, D. M., IVERSEN, L. L., EHRLÉN, J., HYLANDER, K. 2022. Changes in forest structure drive temperature preferences of boreal understory plant communities. *Journal of Ecology*. 110, 631–643. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13825>
- KOŽUCHOWSKI, K., MARCINIAK, K. 1990. Tendencje zmian temperatury i opadów w Europie śródkowej w stuleciu 1881–1980. *Acta universitatis Nicolai Copernici, Geografia*. XXII, zesz. 73, 22–43.
- KUŽELKOVÁ, M., JAČKA, J., KOVÁŘ, M., HRADILEK, V., MÁČA, P. 2024. Tree trait-mediated differences in soil moisture regimes: a comparative study of beech, spruce, and larch in a drought-prone area of Central Europe. *European Journal of Forest Research*. 143, 319–332. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01628-y>
- KYSELÝ, J., KAKOS, V., POKORNÁ, L. 2003. Povodně a extrémní srážkové úhrny v ČR a jejich časová proměnlivost. In: ŠIŠKA, B., IGAZ, D., MUCHA, M. (eds.). *Bioklimatologické pracovní dny. Funkcia energetické a vodnej bilancie v bioklimatologických systémech*. Račková Dolina 2.-4. 9. 2003. SPU v Nitre, s. 6.
- NOVÁK, J., DUŠEK, D., ROŽNOVSKÝ, J., ZOUHAR, V., KACÁLEK, D., SMOLÍKOVÁ, R., VAVŘÍČEK, D. 2024. Sledování porostního klimatu v lesích pro predikci jeho vývoje v kontextu probíhající klimatické změny. In: BALÁŠ, M., GALLO, J., PODRÁZSKÝ, V. (eds.). *Pěstování lesů ve střední Evropě*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 156–167. Proceedings of Central European Silviculture, vol. 13. ISBN 978-80-213-3407-6
- RÄISÄNEN, J., HANSSON, U., ULLERSTIG, A., DÖSCHER, R., GRAHAM, L.P., JONES, C., MEIER, H.E.M., SAMUELSSON, P., WILLÉN, U. 2004. European climate in late twenty first century: regional simulations with two driving global models and four forcing scenarios. *Climate dynamics*. 27, 13–31.
- RITA, A., BONANOMI, G., ALLEVATO, E., BORGHETTI, M., CESARANO, G., MOGAVERO, V., ROSSI, S., SAULINO, L., ZOTTI, M., SARACINO, A. 2021. Topography modulates near-ground microclimate in the Mediterranean *Fagus sylvatica* treeline. *Scientific Reports*. 11(1), 8122. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87661-6>
- ROŽNOVSKÝ, J., CHUCHMA, F., FIALA, R., KOHUT, M. 2017. Vláhová bilance jako ukazatel dostupné vody v krajině. In: *Vodohospodářská konference Vodní nádrže 2017*. 3.–4. října 2017. Brno: Povodí Moravy, s. 97–100. ISBN 978-80-905368-5-2
- ROŽNOVSKÝ, J., STŘEŠTÍK, J., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P. 2020. The dynamics of annual and seasonal precipitation totals in the Czech Republic during 1961–2019. *Acta Hydrologica Slovaca*. 21(2), 197–203.
- TOLASZ *et al.* 2007. *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP)

- TÖLGYESI, C., TÖRÖK, P., HÁBENCZYUS, A.A., BÁTORI, Z., VALKÓ, O., DEÁK, B., TÓTHMÉRÉSZ, B., ERDŐS, L., KELEMEN, A. 2020. Underground deserts below fertility islands? Woody species desiccate lower soil layers in sandy drylands. *Ecography*. 43, 848–859. <https://doi.org/10.1111/ecog.04906>
- ÚSTŘEDNÍ SPRÁVA GEODÉZIE A KARTOGRAFIE. 1958. *Atlas podnebí Československé republiky*. Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie.
- VERHEYEN, K., GILLEROT, L., BLONDEEL, H., DE FRENNE, P., DE PAUW, K., DEPAUW, L., LORER, E., SANCZUK, P., SCHREEL, J., VANNESTE, T., WEI, L., LANDUYT, D. 2024. Forest canopies as nature-based solutions to mitigate global change effects on people and nature. *Journal of Ecology*. 112(11), 2451–2461. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14345>
- VIEWEGH, J., KUSBACH, A., MIKESKA, M. 2003. Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science*. 49, 74–82.
- ZELLWEGER, F., COOMES, D., LENOIR, J., DEPAUW, L., MAES, S.L., WULF, M., KIRBY, K.J., BRUNET, J., KOPECKÝ, M., MÁLIŠ, F., SCHMIDT, W., HEINRICHS, S., DEN OUDEN, J., JAROSZEWICZ, B., BUYSE, G., SPICHER, F., VERHEYEN, K., DE FRENNE, P. 2019. Seasonal drivers of understorey temperature buffering in temperate deciduous forests across Europe. *Global Ecology and Biogeography*. 2(28), 1774–1786. <https://doi.org/10.1111/geb.12991>
- ZHANG, S., VERHEYEN, K., DE FRENNE, P., LANDUYT, D. 2022. Tree species mixing affects throughfall in a young temperate forest plantation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 327, 109220. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109220>

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu QL24020351 „Aktualizace Lesnicko-typologického klasifikačního systému včetně stanovení předpokládaného vývoje lesních vegetačních stupňů s vyhodnocením vlivu mezo a mikroklimatu s ohledem na probíhající klimatické změny a jejich predikce“ a podpory na rozvoj výzkumné organizace č. MZE-RO0123.

Kontakty | Contact Information

Jiří Novák: e-mail: novak@vulhmop.cz

PŘÍSPĚVEK K VYUŽITÍ VÝHONŮ LESNÍCH DŘEVIN JAKO KRMIVA PRO HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA

CONTRIBUTION TO THE USE OF SHOOTS OF FOREST TREE SPECIES AS FODDER FOR DOMESTIC ANIMALS

Vilém Podrázský¹, Abubakar Yahaya Tama¹, Pavel Švagr¹, Martin Baláš¹

¹Katedra pěstování lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýčká 126, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

Abstrakt

Tzv. twig-fodder představuje výhony dřevin včetně listoví. Je tradičním zdrojem potravy domácích zvířat a také krmným materiálem v moderních agrolesnických systémech. V předložené studii jsou prezentovány základní výživové charakteristiky výhonů buku a moruše, odebraných ve dvou termínech (10. 5. a 16. 8. 2023). Byly vytvořeny směsné vzorky z 5–10 jedinců každého druhu, vzorky byly analyzovány v zemědělské laboratoři. Nutriční vlastnosti byly porovnány s kukuřičnou siláží jako referenčním krmivem. Výsledky potvrdily tento materiál jako vhodný a perspektivní zdroj výživy zvířat, vyšší nutriční hodnotu moruše ve srovnání s bukem lesním a sezónní změny v nutriční kvalitě.

Klíčová slova: krmivo, lesní dřeviny, buk, morušovník, sezónnost, agrolesnictví

Abstract

Twig-fodder represents the sprouts of woody species including foliage. It is a traditional source of domestic animal alimentation as well material used for feeding in modern agroforestry systems. In the presented study, the basic nutrition characteristics of twig-fodder of European beech and mulberry, sampled in two terms (10. 5. and 16. 8. 2023) are presented. The bulk samples from 5–10 individuals of each species were formed; the samples were analyzed in the agricultural laboratory. The nutritional characteristics were compared with mais silage as reference fodder. Results confirmed twig-fodder as convenient and perspective source of animal alimentation, the higher nutritional value of mulberry compared to European beech and seasonal changes in nutritional quality.

Keywords: twig fodder, tree species, European beech, mulberry, seasonality, agroforestry

1 ÚVOD

Využívání asimilačních orgánů a jemnějších větví (tzv. twig fodder) dřevin pro krmení hospodářských zvířat je běžnou součástí zemědělského využívání krajiny ať již jako způsoby tradiční, tak i začleněné do inovativních systémů agrolesnictví. V některých zemích se jedná i o standardní a nezbytnou součást výživy hospodářských zvířat (Ahmad *et al.*, 2021, Arif *et al.*, 2020, Mekonnen *et al.*, 2009, Roothaert, 1999). V některých případech je příkrm částmi dřevin využíván jako veterinární (etnoveterinární) opatření v tradičních systémech hospodaření, a to pro své specifické složení a účinky (Deshmukh *et al.*, 2011). V afrických, asijských i latinoamerických zemích je tzv. lesní pastva a krmení listy a výhony dřevin tradiční a dodnes důležitou zemědělskou aktivitou a uvažuje se o jejím využití i v našich poměrech v rámci novely lesního zákona.

V evropských podmínkách vyhodnotili produktivitu 11 druhů stromů a keřů, pěstovaných ve formě výmladků Papanastasis *et al.* (1997) v období 1987 (založení) do 1994. Produkce v mediteránních podmínkách řecké části Makedonie byla silně závislá na vývoji počasí v daném

roce, meziroční variabilita dosahovala až 50 %. Jako nejproduktivnější se ukázala výsadba akátu (1 t/ha listů ročně, sklizeň byla po skončení vegetační sezóny), následovaly druhy rodu *Colutea* a *Amorpha* (700–800 kg/ha), ostatní druhy produkovaly pod 500 kg/ha ročně, šlo opět především o listí před ukončením vegetace. V prehistorických i historických dobách máme také z evropských podmínek doklady o využití výhonů lesních dřevin ke krmení, zejména koz a ovcí, byly dochovány doklady o využívání mimo jiné buku a dokonce jehličnanů (Bergada, Oms, 2021). Ve středoevropských podmínkách analyzovali podmínky zimní pastvy Hejzman *et al.* (2016), jednalo se o zimní výhony domácích dřevin a dalších zimních zdrojů krmiva (*Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Populus tremula*, *Quercus robur*, *Salix caprea*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*, *Hedera helix*, *Viscum album* a stařina). Došli k závěru, že z těchto zdrojů byl nejhodnotnější stálezelený břečtan a jmelí, a to kvůli většímu obsahu minerálů, dusíku a menšímu obsahu vlákniny. Považují tato období nedostatku a nedostatečnou výživu díky zimní pastvě za příčinu horšího stavu dobytka v daném období. Zimní pastva a přikrmování jmelím, břečtanem, a dokonce jedlovými výhonky jsou doloženy i z oblasti Rakouska pro neolitickou dobu (Jakobitsch *et al.*, 2023). Lesní pastva a příkrm dřevinami je doložen i ze středověkého Grónska a Švýcarska, kde se kromě lísky či jedle objevuje i větší podíl ostružiníku (Akeret *et al.*, 1999). V některých regionech, zejména na SW Evropy, je doložen tradiční způsob hospodaření, spočívající v lesní pastvě a využívání oklestu pro krmení dobytka (Haeggstrom, 1998). Tradiční je i příprava tzv. letniny jako vhodného příkrmu zvěře v našich podmínkách.

Cílem předkládaného příspěvku je pak doložit základní výživářské parametry čerstvě sklizených výhonů buku lesního, jako běžné dřeviny, a morušovníku černého, jako významného zahradního druhu s potenciálem využití v agrolesnických systémech pro nejrůznější účely.

2 MATERIÁL A METODY

Vzorky výhonů byly odebírány ve dvou termínech, v polovině května (10. 5. 2023), kdy se nezdřevnatělé výhony nacházely v maximu prodlužovacího růstu, a koncem léta po plném vyžrání letorostů (16. 8. 2023). V každém případě byly odebrány celé letošní výhony z 5–10 jedinců buku (*Fagus sylvatica*) a morušovníku černého (*Morus nigra*) ve věku 20–30 let a byl vytvořen směsný vzorek. Z něj pak byl odebrán vzorek k nutriční analýze, kterou zajistila laboratoř instituce Zemědělský výzkum Troubsko, spol. s r. o., pro listy, stonky a celé výhony. Standardními výživářskými metodami byly stanoveny základní charakteristiky nutričního charakteru. Lokalita odběru materiálu buku byla zahradní výsadba v obci Mistrovice (520 m n. m., SLT 4S na sousedních pozemcích, geologické podloží gabroamfibolit, N 50.0305, E 16.5749) a u morušovníku se rovněž jednalo o zahradní výsadby v Mladé Boleslavi. Byl tak proveden pilotní odběr pro základní informaci. Ve všech případech se jednalo o jedince vystavené plnému slunci, vzorky byly do laboratoře dopraveny bezprostředně po odběru a vyschnutí na vzduch a analyzovány, výsledky jsou srovnány s průměrnými hodnotami pro kukuřičnou siláž.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Ve srovnání s kukuřičnou siláží prokázaly výsledky pilotního průzkumu zajímavé výsledky (Tab. 1, jarní odběr). Vzorky materiálu, listů, stonků a celých výkonů buku vykazovaly výrazně vyšší obsah vápníku, dusíkatých látek, acidodetergentní i neutrálně detergentní vlákniny. Obsahy cukrů byly vyšší velmi výrazně. Obsah fosforu a celkové vlákniny byl srovnatelný. Obsah draslíku, hořčíku a popelovin byl mírně vyšší v případě siláže. Obsah škrobu a tuků v případě rostlinného materiálu buku nebyl detekovatelný. Listy ve srovnání se stonkem vykazovaly vyšší obsah vápníku, hořčíku, popelovin a cukrů, u ostatních charakteristik byl poměr opačný.

Rozdíly byly ještě výraznější v případě morušovníku černého. Výrazně vyšší byl obsah vápníku, fosforu, draslíku i hořčíku, popelovin i dusíkatých látek, rozdíly byly velmi markantní v případě cukrů. Naopak obsahy všech forem vlákniny byly spíše nižší, opět s výjimkou holých stonků s větším obsahem dřevnatých pletiv.

Tab. 1: Výživářské hodnoty výhonů buku lesního ve srovnání s kukuřičnou siláží – jarní odběr

Alimentation values of sprouts of European beech and mulberry comparing to mais silage – spring sampling

Ukazatel (Characteristics)	Kukuřičná siláž (Maize silage)	Buk (Beech)			Morušovník (Mulberry)		
		Výhon (Sprout)	List (Foliage)	Stonek (Twig)	Výhon (Sprout)	List (Foliage)	Stonek (Twig)
Sušina % (D.M. %)	24–29	92,23	92,41	93,38	92,51	91,09	95,23
Ca g.kg ⁻¹	2,8	5,49	7,88	5,84	18,02	22,11	9,25
P g.kg ⁻¹	2,2	2,17	2,16	2,12	4,27	4,97	4,78
K g.kg ⁻¹	8,8	8,26	6,73	7,61	30,32	28,64	28,60
Mg g.kg ⁻¹	1,8	1,67	1,97	1,43	2,94	4,45	1,91
Popel % (Ash %)	6,0	4,53	5,69	3,59	11,43	11,97	8,64
Dus. látky % (N-subst. %)	8,5	15,66	17,52	7,73	21,05	25,70	13,33
Vláknina % (Fibre %)	22,3	23,40	13,62	30,91	20,20	13,15	30,32
Škrob % (Starch %)	31,3	0	0	0	0	0	0
AD-vláknina %	27,5	46,70	29,94	59,60	29,47	19,80	50,40
ND-vláknina %	49,5	64,83	52,83	73,02	36,09	23,17	60,75
Tuk % (Fat %)	3,3	0	0	0	0	0	0
Cukry (Sugars %)	0,7	12,80	12,03	10,50	2,56	4,26	3,41

Pozn.: AD – acido-detergentní vláknina, ND – neutrálně-detergentní vláknina

Note: AD – acido-detergent fibre, ND – neutral-detergent fibre

V pozdně letním termínu (Tab. 2) u buku výrazně vzrostl obsah vápníku, popelovin a všech forem vlákniny a cukrů, objevil se nízký obsah tuků. Naopak s vyzráváním pletiv klesl obsah fosforu, draslíku, hořčíku a dusíkatých látek.

V případě morušovníku černého byly změny podobného charakteru. I v tomto případě v pozdně letním termínu vzrostl obsah vápníku a mírně i AD-vlákniny a ND-vlákniny, výrazně obsah celkových cukrů. Na druhé straně poklesl obsah fosforu, draslíku, hořčíku, dusíkatých látek, mírně celkové vlákniny. Obsah popelovin byl srovnatelný.

Jednotlivé výživářské charakteristiky odrážejí i typické rozdíly mezi listy a stonky. Jsou tedy patrné rozdíly mezi poměrně chudým materiálem buku a relativně bohatším materiálem morušovníku černého.

Tab. 2: Výživářské hodnoty výhonů buku lesního ve srovnání s kukuřičnou siláží – letní odběr

Alimentation values of sprouts of European beech and mulberry comparing to mais silage – late summer sampling

Ukazatel (Characteristics)	Kukuřičná siláž (Maize silage)	Buk (Beech)			Morušovník (Mulberry)		
		Výhon (Sprout)	List (Foliage)	Stonek (Twig)	Výhon (Sprout)	List (Foliage)	Stonek (Twig)
Sušina % (D.M. %)	24–29	47,33	45,72	86,46	42,77	46,03	60,04
Ca g.kg⁻¹	2,8	8,50	5,63	10,29	29,28	35,26	12,94
P g.kg⁻¹	2,2	1,32	1,89	1,41	2,84	3,09	2,50
K g.kg⁻¹	8,8	6,01	7,44	3,62	16,02	26,05	11,45
Mg g.kg⁻¹	1,8	1,24	1,59	0,66	2,34	2,81	1,31
Popel % (Ash %)	6,0	5,79	6,56	4,49	11,75	20,01	6,57
Dus. látky % (N-subst. %)	8,5	8,71	15,01	7,25	16,53	19,46	6,98
Vláknina % (Fibre %)	22,3	26,50	17,83	29,43	19,80	13,85	28,00
Škrob % (Starch %)	31,3	0	0	0	0	0	0
AD-vláknina %	27,5	61,16	49,64	66,13	35,08	25,10	53,91
ND-vláknina %	49,5	77,90	65,57	82,01	43,50	36,47	68,48
Tuk % (Fat %)	3,3	1,50	2,12	1,70	2,35	2,04	2,10
Cukry (Sugars %)	0,7	18,23	22,54	15,22	9,95	5,81	10,99

Pozn.: AD – acido-detergentní vláknina, ND – neutrálně-detergentní vláknina

Note: AD – acido-detergent fibre, ND – neutral-detergent fibre

Výsledky potvrdily vhodnost využití letorostů lesních dřevin jako krmiva, nebo jako jeho dodatku, pro hospodářská zvířata, zejména kozy, ovce, ale i hovězí dobytek. Dosavadní výsledky umožňují učinit předpoklad, že tzv. twig fodder může představovat cenný krmný přírůstek do standardního krmiva, anebo jeho podstatnou část. Záleží na druhu dřeviny, druhu a počtu krmených zvířat a v neposlední řadě i oblasti výskytu, stanovišti a zpracování. Obsah živin, specifických látek a vlákniny bývá srovnatelný nebo vyšší než u standardních typů, např. kukuřičné siláže. Některé významné látky, v našem případě např. škrob a tuky, pak je nutno doplňovat jinak, pokud jsou nezbytné. Z tohoto důvodu jsou olistěné větve různé velikosti a vyzrállosti využívány např. v zoologických zahradách jako součást krmení různých živočichů, včetně přežvýkavců

(Bolechová *et al.*, 2017). Analýzou 26 druhů dřevin z hlediska obsahu nutričních a antinutričních látek se zabývala pro chovance zoologických zahrad Maličká (2018), jako příznivě působící doporučila vrbu jívu, jírovec maďal, břízu bělokorou či lípu velkolistou, jako nepříznivou např. olši. Jednalo se však o analýzu disponibilních druhů původem především z městské zeleně, nebyly analyzovány většinové lesní dřeviny. U standardních výživových parametrů byly stanoveny hodnoty umožňující náhradu klasických krmiv.

Na druhé straně byla sledována vhodnost některých dřevin (větvičky s listy, jednotlivé segmenty) z hlediska bioaktivních a potenciálně negativně působících látek (Piluzza *et al.*, 2020 – mediterán, Ayornyo *et al.*, 2020 – Ghana). Zejména leguminózy jsou testovány pro optimalizaci produkce zemědělských plodin (kukuřice) v systémech agroforestry (Alarm, 1998, Letty *et al.*, 2022). Této stránce je také nutno věnovat pozornost, stejně tak i možnostem vhodné konzervace těchto sezónních zdrojů (Wang *et al.*, 2018, 2019, 2020). V agrolesnických systémech tak mohou lesní dřeviny hrát nejen významnou environmentální roli, ale mohou plnit i nejrůznější produkční funkce.

4 ZÁVĚR

Výsledky pilotního průzkumu potvrdily možnost využití letorostů lesních dřevin, konkrétně buku a morušovníku černého jako krmiva pro hospodářská zvířata. Nabízí se možnost nabídky značného množství minerálů a dalších nutričně významných složek pro výživu hospodářských zvířat. Další výzkum by měl být soustředěn na širší škálu sledovaných dřevin, zejména s ohledem na jejich potenciál výmladnosti a regenerace po mechanickém poškození. Jako velice příznivý pro využití v agrolesnických systémech se jeví morušovník černý. Buk může představovat určitý zdroj krmiva, ale je zde předpoklad lepší funkce jiných lesních dřevin.

LITERATURA

- AHMAD, S., SINGH, J. P., DEV, I., RADOTRA, S., BHAT, S. S., MIR, N. H., CHAURASIA, R. S. 2021. Diversity and matrix scoring of fodder plants in Ladakh Himalaya, India: implications for exploration, conservation and evaluation. *Range management and agroforestry*. 42(2), 191–197.
- AKERET, D., HAAS, J.N., JACOMET, S. 1999. Plant macrofossils and pollen in goat/sheep faeces from the Neolithic lake-shore settlement Arbon Bleiche 3, Switzerland. *Holocene*. 9(2), 175–182.
- ALARM, M.R. 1998. Potential use of legume tree leaves as forage in Bangladesh. In: *Nitrogen fixing trees for fodder production*. Int. Workshop on nitrogen fixing trees for fodder production, p. 205–211.
- ARIF, M., SINGH, W., ONTE, S., DEY, D., KUMAR, R. 2006. Comparative evaluation of fodder qualities in different parts of locally available moringa (*Moringa oleifera*) strains. *Indian Journal of Animal Sciences*. 50(1), 80–84.
- AYORNYO, F. W., PARTEY, S. T., ZOUGMORE, B., ASARE, S., AGHOLOSU, A. A., AKUFO, N. M., SOWAH, N. A., KONLAN, P. 2020. In vivo digestibility of six selected species by goats in northern Ghana. *Tropical Animal Health and Production*. 52(2), 476–480.
- BOLECHOVÁ, P., HEJCMANOVÁ, P., MYŠKOVÁ, I. 2017. *Okus, metodika využití okusových rostlin při výživě zvířat v lidské péči*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 53 s.
- BERGADA, M. M., OMS, F. X. 2021. Pastoral practices, bedding and fodder during the early neolithic through mocomorphology at Cova Colomera (southeastern pre-Pyrenees, Iberia). *Open Archaeology*. 7(1), 1258–1273.
- DESHMUKH, R. R., RATHOD, V. N., PARDESHI, V. N. 2011. Ethnoveterinary medicine from Jalna district of Maharashtra state. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 10(2), 344–348.
- HAEGGSTROM, C. A. 1998. Pollard meadows: Multiple use of human-made nature. In: *Ecological history of European Forests*. Int. conf. on advances in forest and woodland history. 33–41.
- HEJCMAN, M., HEJCMANOVÁ, P., PAVLŮ, V., THORHALLSDOTTIR, A. G. 2016. Feeding quality of leaves fodder from major tree species in Iceland and its potential use for livestock past and present. *Grass and Forage Science*. 71(4), 649–658.

- JAKOBITSCH, T., DWORSKY, C., HEISS, A. G., KUHN, M., ROSNER, S., LESKOVAR, J. 2023. How animal dung can help to reconstruct past forest use: a late neolithic case study from the Mooswinkel pile dwelling (Austria). *Archaeological and anthropological sciences*. 15(3), 20.
- LETTY, B. A., MAKHUBEDU, T., MAFONGOYA, P., SCOGINGS, P. F. 2022. Biomass and nutritional yields of maize-Sesbania sesban alley cropping, and non-structural carbohydrates in hedgerows. *Agroforestry systems*. 96(8), 1151–1159.
- MALIČKÁ, M. 2018. *Stanovení nutričních hodnot vybraných dřevin pro okusovače v zoologických zahradách v ČR s ohledem na obsah antinutričních látek. Bakalářská práce*. Praha, FTZ ČZU v Praze. 30 s.
- MEKONNEN, K., GLATZEL, G., SIEGHARDT, M. 2009. Assessments of fodder values of 3 indigenous and 1 exotic woody plant species in the highlands of Central Ethiopia. *Mountain research and development*. 29(2), 135–142.
- PAPANASTASIS, V. P., PLATIS, P. D., DINIPAPANASTASI, O. 1997. Productivity of deciduous woody and fodder species in relation to air temperature and precipitation in a Mediterranean environment. *Agroforestry systems*. 37(2), 187–198.
- PILUZZA, G., CAMPESI, G., MOLINU, M. G., RE, G. A., SULAS, L., 2020. Bioactive compounds from leaves and twigs of guayule in a Mediterranean environment. *Plants-Basel*. 9(4), 442.
- ROOTHAERT, R. 1999. Feed intake and selection of tree fodder by dairy heifers. *Animal feed science and technology*. 79(1-2), 1-13.
- WANG, Y., WANG, C., ZHOU, W., YANG, F. Y., CHEN, X. Y., ZHANG, Q. 2018. Effects of wilting and addition of *Lactobacillus plantarum* on fermentation quality and microbial community of *Moringa oleifera* leaf silage. *Frontiers in Microbiology*. 9, 1817.
- WANG, Y., CHEN, X., WANG, C., HE, L., ZHOU, W., YANG, F., ZHANG, Q. 2019. Bacterial community and fermentativní quality of mulberry (*Morus alba*) leaf silage with or without *Lactobacillus casei* and sucrose. *Technology of biological resources*. 293, 122059.
- WANG, C., PIAN, R., CHEN, X., LV, H., ZHOU, W., ZHANG, Q. 2020. Beneficial effects of tannic acid on the quality of bacterial communities present in high moisture silkworm silage and stylo. *Frontiers in Microbiology*. 11, 586412.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu IGA 43120/1312/3167 Initial growth of selected introduced tree species on afforested agricultural land: Soil comparison in three ecosystems with two soil-improving materials In the Doubek locality.

Kontakty | Contact Information

Vilém Podrázský: e-mail: podrazsky@fld.czu.cz

DEKOMPOZICE LISTŮ BŘÍZY V POROSTECH S RŮZNOU VÝCHOVOU

DECOMPOSITION OF BIRCH LEAVES IN STANDS WITH VARIOUS THINNING

Jiří Souček¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

Text shrnuje výsledky rozkladu březových listů v porostu s různými režimy výchovy. Sáčky s opadem listů byly umístěny v porostních částech s různou hustotou na začátku ledna; následné odběry vzorků byly prováděny v 3měsíčních intervalech. Během zimního období hmotnost listů poklesla ve všech variantách stejně. Ve vegetačním období byl rozklad rychlejší v řidších porostech. Do konce sledování (299 dnů od instalace) se rozložilo 42–59 % hmotnosti listů v závislosti na hustotě porostu. Obsah draslíku v listech se snižoval s rostoucí dobou od instalace do terénu.

Klíčová slova: bříza, opad, dekompozice, mikroklima

Abstract

The text summarizes the results of birch leaf decomposition in stand with different thinning regimes. Litterbags with leaves were placed in stands with different density at the beginning of January; subsequent samplings were carried out at 3-month intervals. During the winter period, leaf mass decreased equally in all variants. During the growing season, decomposition was faster in thinner stands. By the end of experiment (299 days incubation), 42–59% of the leaf mass had decomposed, depending on the stand density. The content of potassium in the leaves decreased with increasing time since installation in the field.

Keywords: birch, litterfall, decomposition, microclimate

1 ÚVOD

Rozklad organického materiálu je důležitý proces zajišťující koloběh živin v lesních porostech. Rychlost rozkladu souvisí s produkcí ekosystémů. Dekompozice opadu je komplexní proces zahrnující vymývání vodorozpustných látek, fragmentaci listů, rozklad organických látek půdními organismy a jejich přesun do půdy (Morozov *et al.*, 2019). Na rychlost dekompozice působí široká škála faktorů, zejména mikroklima prostředí, druh dřeviny ovlivňující fyzikální a chemické vlastnosti listů, půdní podmínky a přítomnost organismů rozkládajících opad. Rychlost dekompozice se může měnit v závislosti na průběhu roku, měnící se klimatické podmínky ovlivňují sezónní aktivitu dekompozitorů i míru uvolňování a vyplavování živin (Prescott, Blevins, 2000). Bradford *et al.* (2016) zdůrazňují potřebu podrobného šetření vlivu mikropodmínek prostředí na rozklad opadu. Poznatky o rychlosti dekompozice listů břízy v podmínkách střední Evropy jsou omezené, studie zabývající se rozkladem listů břízy z České republiky byly realizovány zejména na antropogenních stanovištích (Bukovská, 2004, Štefánek *et al.*, 2012).

Lesnické aktivity ovlivňující porostní mikroklima mohou výrazně ovlivnit postup dekompozice opadu. Cílem experimentu je stanovení postupu rozkladu listů břízy v průběhu prvního roku v porostech s rozdílnou výchovou.

2 MATERIÁL A METODY

Postup rozkladu listů je sledován na lokalitě Nemojov. Plocha se nachází ve východních Čechách v nadmořské výšce 460 m, typologicky je to přechod mezi Fagetum acidophilum a Fagetum illimerosum acidophilum. Na části kalamitní holiny z roku 2007 vznikl přirozenou obnovou souvislý přípravný porost s dominancí břízy, v roce 2017 zde byl proveden výchovný zásah různé intenzity.

Výchovný zásah v březovém porostu na ploše Nemojov proběhl v roce 2017 (věk porostu 10 let), výchozí a konečné taxační charakteristiky porostů pro rok 2022 shrnuje Tab. 1. Na variantách 3P a 3C byly uvolněny vybrané stromy v rozestupu cca 3 m, na variantě 3P byly nekonkurující stromy v podúrovni ponechány, na variantě 3C zůstaly stát pouze vybrané uvolněné stromy. Na kontrolní ploše bez výchovy v roce 2022 výrazně klesl počet stromů, odumíraly zejména slabé stromy rostoucí v podúrovni. I přes pokles počtu stromů se výčetní základna na kontrole mírně navýšila. Na variantě 3P počet stromů dosahoval 24 % počtů na kontrole (pouze 12 % stromů na variantě 3C), rozdíly ve výčetních základnách na dílčích plochách nebyly tak výrazné (67 % na ploše 3P, 59 % na ploše 3C). Výčetní základna na plochách s výchovou se meziročně zvýšila o 13–16 %. Snížená hustota stromů se projevila na porostním mikroklimatu. Na kontrolní

Tab. 1: Základní taxační charakteristiky porostů v roce 2022 (průměr a Sx)

Basic stand characteristics on variants in year 2022 (mean and Sx)

Varianta (Variant)	Termín (Term)	N (ks/ha) (Tree number (pcs/ha))	G (m ² /ha) BA (m ² /ha)	DBH (cm)
Kontrola ¹	Jaro ⁴	11 089 (1984)	21,5 (2,4)	4,4 (0,3)
	Podzim ⁵	7 333 (971)	21,7 (2,5)	5,6 (0,3)
3P ²	Jaro ⁴	2 692 (778)	14,5 (1,7)	7,4 (1,3)
	Podzim ⁵	2 623 (737)	16,4 (2,0)	7,9 (1,3)
3C ³	Jaro ⁴	1 370 (304)	12,8 (2,5)	10,6 (0,6)
	Podzim ⁵	1 370 (304)	14,8 (2,7)	11,4 (0,7)

1 – control plot without thinning, 2 – target trees with a distance 3 m, indifferent trees in underground left on plot, 3 – target tree with a distance 3 m, only target trees on plot, 4 – spring, 5 – autumn

Tab. 2: Základní klimatické charakteristiky pro Královéhradecký kraj v roce 2022

Basic climatic characteristics for Hradec Králové region in year 2022

	Měsíc (Month)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Srážky (mm) ¹	58	80	18	44	57	93	56	78	81	26
Normál 1991-2020 (mm) ²	56	45	53	37	69	77	93	77	60	54
Průměrná teplota (°C) ³	0,1	2,6	3	6,1	13,9	18,5	18,2	19,4	11,8	10,5
Odchylka od normálu (°C) ⁴	1,7	3,1	0	-2,3	0,8	2,1	0	1,6	-1,2	2,4

1 – sums of precipitation during months, 2 – difference from precipitation normal values (1991–2020), 3 – mean monthly temperature, 4 – difference from temperature normal values (1991–2020)

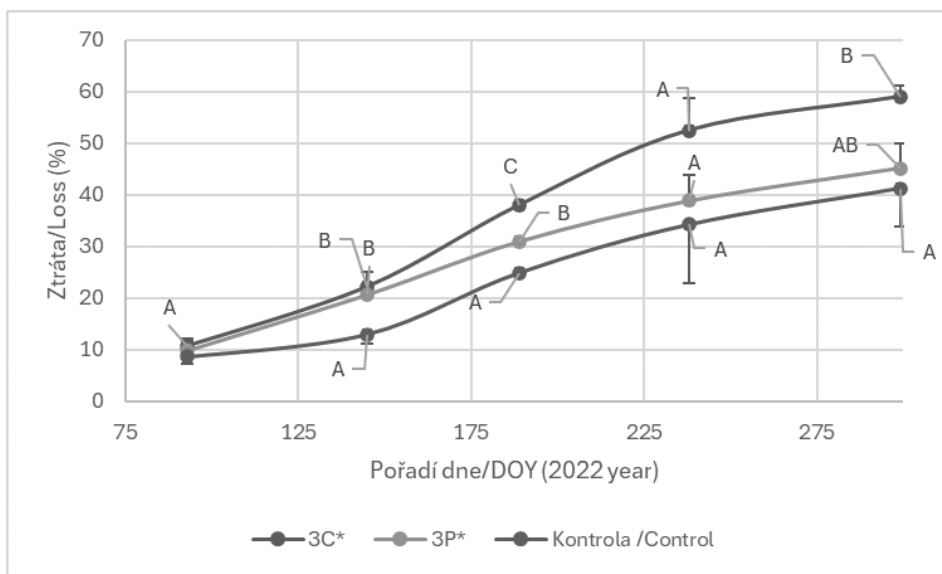
ploše propadlo pouze 78 % srážek korunami stromů, na ploše 3P zachytily koruny 10 % kapalných srážek a pouze 7 % srážek na ploše 3C oproti sousední holině (100 %). Rozdíly v hustotě korun ovlivnily i pronikání slunečního záření do nitra porostů a tím i průběh přízemních teplot vzduchu, tyto rozdíly se projeví na postupu rozkladu listů.

Rok 2022 byl srážkově normální s kolísáním mezi jednotlivými měsíci, srážky v březnu a říjnu byly výrazně nižší oproti normálu 1991–2000 pro Královéhradecký kraj (www.chmi.cz). Průměrné měsíční teploty kolísaly oproti normálu 1991–2020, výrazně teplejší byly únor, červen a říjen (Tab. 2).

Opadané listy břízy z listopadového sběru byly vysušeny (65 °C) do konstantní hmotnosti, naváženy do síťových sáčků – litterbags (velikost 15 * 15 cm, oko 1 mm) a 5. 1. 2022 umístěny do porostů s různým režimem výchovy. Výchozí navážka listů (15 g) odpovídá 1,3násobku opadu na kontrolní ploše v roce 2021. Sáčky byly umístěny na povrch stávajícího opadu. Opětovné sběry sáčků v terénu proběhly od 8. 4. (93 dnů od instalace) do 31. 10. 2022 (299 dnů od instalace) v 3měsíčních intervalech. V každém termínu byly odebrány 3 sáčky z jednotlivých porostů. Po vyzvednutí sáčků z terénu byly listy v laboratoři očištěny od mechanických nečistot, vysušeny (65 °C) do konstantní hmotnosti a zváženy (0,01 g). Úbytek biomasy byl přepočítán na procenta výchozí hmotnosti. Obsah živin v listech byl analyzován standardními metodami (Novák *et al.*, 2013). Pro statistickou analýzu rozdílů postupu rozkladu byla využita ANOVA a Sheffeho test, statisticky významné rozdíly na hranici $P \leq 0,05$.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

První termín odběru zahrnoval mimovegetační období (odběr 8.4., 93 dnů od instalace), během prvního období se rozložilo průměrně 9,6 % sušiny listů (8,6–10,7 % podle ploch). Rychlost rozkladu se na jednotlivých variantách výchovy nelišila (Obr. 1). V dalších termínech odběrů se již projeví rozdíly v mikroklimatu, rozklad listů na kontrole byl pomalejší než v proředěných porostech. V letním období se rychlost rozkladu zvýšila, výrazněji na řídké porostní variantě.



*3C, 3P see tab. 1

Obr. 1: Změny hmotnosti opadu podle hustoty porostu

Changes of litterfall weights according to the stand density

Tab. 3: Změny obsahu základních živin podle délky doby sledování (průměr a Sx)
Changes of nutrients according to the experiment time (mean and Sx)

Pořadí dne (DOY) (2022)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Výchozí/ Initial	2,71 (0,10)	0,17 (0,03)	0,53 (0,04)	1,37 (0,02)	0,22 (0,00)
93	2,93 (0,14)	0,19 (0,03)	0,30 (0,11)	1,15 (0,39)	0,19 (0,07)
145	2,91 (0,12)	0,20 (0,02)	0,25 (0,09)	1,44 (0,16)	0,24 (0,03)
189	3,02 (0,06)	0,19 (0,02)	0,32 (0,09)	0,86 (0,10)	0,20 (0,03)
238	2,86 (0,15)	0,17 (0,03)	0,17 (0,04)	0,96 (0,12)	0,22 (0,03)
299	2,76 (0,07)	0,14 (0,03)	0,16 (0,04)	1,02 (0,17)	0,24 (0,04)

Vyšší rozptyl hodnot při odběru 238. den od instalace (31.8.) způsobil, že rozdíly mezi variantami nebyly statisticky průkazné. V posledním termínu odběru (299 dnů od instalace) se kontrolní varianta lišila od nejřidšího porostu (3C), kde se rozložilo 59 % výchozí hmotnosti listů.

V průběhu rozkladu listů se měnily i obsahy sledovaných živin v nich. Po instalaci sáčků do porostů se obsah dusíku v listech mírně navýšil oproti výchozímu stavu a zvýšený zůstal po celou dobu sledování (Tab. 3). Také obsah fosforu se zpočátku mírně navýšil, koncem léta hodnoty poklesly pod výchozí stav. Obsah draslíku v listech výrazně poklesl již během prvního období od instalace a v dalších termínech se dále snižoval. Obsahy vápníku a hořčíku značně kolísaly s tendencí mírného poklesu hodnot s rostoucí dobou od instalace.

Použitá metoda sledování rozkladu opadu v sáčcích (litterbags) patří mezi standartní postupy, nejčastěji zmiňovanou nevýhodou této metody patří různá propustnost použité síťoviny pro rozkladače s různou velikostí (např. Morozov *et al.*, 2019). Použitá síťovina s okem 1 mm umožňuje většině druhů mezofauny přístup k opadu uvnitř sáčku. Zahraniční studie sledující rozklad březového opadu se srovnatelnou dobou instalace a trvání udávají obdobné množství nerozloženého opadu po 300 dnech (např. Morozov *et al.*, 2019, Paerson *et al.*, 2004).

Mnohé experimenty s rozkladem listů plánují sledování doby rozkladu v delších časových intervalech, často i několik let (Berg, Staaf, 1987, Moshkina *et al.*, 2024). Výrazné změny v narušení povrchu listu a postupu rozkladu se vyskytují v prvním roce, postup rozkladu v dalších letech často zpomaluje. Studie o vlivu prostředí na postup rozkladu opadu často vychází z experimentů zahrnujících značné geografické území nebo gradient klimatických podmínek (např. Prescott, 2005, Portillo-Estrada *et al.*, 2016). Široká škála stanovištních a porostních podmínek ovlivňuje proces rozkladu, v rámci jednotlivých experimentů často dochází ke značně odlišným výsledkům vlivu jednotlivých faktorů na postup rozkladu. Studie Joly *et al.* (2017) zjistila v rámci geografických a porostních podmínek Evropy omezený vliv klimatu na postup rozkladu celuozy a dřeva, rychlost rozkladu spíše závisela na konkrétních stanovištních podmínkách (zápoj, mikrostanoviště). Naopak studie Portillo-Estrada *et al.* (2016) zjistila výraznější vliv klimatu v rámci evropského gradientu stanovišť. Maloplošné rozdíly v stanovištních a porostních podmínkách mohou výrazněji ovlivnit variabilitu rozkladu, např. Bélanger *et al.* (2019) konstatují výrazný vliv vlhkosti svrchní vrstvy půdy na rychlost rozkladu opadu javoru cukrového.

Bukovská (2008) studovala rozklad březového opadu na výsypkách, při experimentu zahájeném v květnu byly sáčky s opadem umístěny 3 cm pod půdní povrch. Během 10 měsíců došlo k rozložení max. 35 % výchozí sušiny listů v závislosti na stanovištních podmínkách. Nevýznamný vliv mikroklimatu popisují Štefánek *et al.* (2012), autoři hodnotili rozdíly v rozkladu listů brízy v průběhu vegetační doby v porostu *Calamagrostis epigejos* a na místech, kde byl porost *C.epigejos*

čerstvě povrchově spálen. I přes výrazné rozdíly v mikroklimatu povrchu substrátu autoři nezjistili rozdíly v postupu rozkladu listů (expozice 171 dnů, od května do listopadu roku 1998). Prescott *et al.* (2004) vysvětlují obdobnou rychlost rozkladu na holině a pod porostem opakovaným vysycháním opadu na holině, což omezuje aktivitu dekompozitorů. Obdobné výsledky uvádí i např. Schimel *et al.* (1999) pro březové listy ze zóny tajgy, postup rozkladu listů mikroorganismy nepříznivě ovlivňuje střídavé vlhčení a prosychání substrátu. Zjištěné změny obsahu základních živin v průběhu dekompozice jsou v souladu s poznatky zjištěnými na různých stanovištích pro břízu (Moore *et al.*, 2006, Christiansen *et al.*, 2018).

4 ZÁVĚR

Experiment potvrdil vliv odlišné hustoty porostu na postup rozkladu březového opadu metodou litterbags. Listy břízy v sáčcích byly umístěny do porostu s různým režimem výchovy. Během zimního období rozklad opadu probíhal obdobně bez ohledu na hustotu porostu. V průběhu vegetačního období rozklad na nejřidší porostní variantě probíhal výrazně rychleji než na kontrolní ploše. Obsah základních živin v opadu se měnil v průběhu doby sledování.

LITERATURA

- BÉLANGER, N., COLLIN, A., RICARD-PICHÉ, J., KEMBEL, S.W., RIVEST, D. 2019. Microsite conditions influence leaf litter decomposition in sugar maple bioclimatic domain of Quebec. *Biogeochemistry*. 145, 107–126.
- BERG, B., STAAR, H. 1987. Release of nutrients from decomposing white birch leaves and Scots pine needle litter. *Pedobiologia*. 30, 55–63.
- BRADFORD, M. A., BERG, B., MAYNARD, D. S., WIEDER, W. R., WOOD, S. A. 2016. Understanding the dominant controls on litter decomposition. *Journal of Ecology*. 104, 229–238.
- BUKOVSKÁ, P. 2008. Decomposition of birch foliar litter and model cellulose at sites with the synanthropic biological soil crusts. *Novitates Botanicae Universitas Carolinae*. 19, 69–72.
- CHRISTIANSEN, C. T., MACK, M. C., DEMARCO, J. *et al.* 2018. Decomposition of Senesced Leaf Litter is Faster in Tall Compared to Low Birch Shrub Tundra. *Ecosystems*. 21, 1564–1579.
- JOLY, F.-X., MILCU, A., SCHERER-LORENZEN, M., JEAN, L.-K., BUSSOTTI, F., DAWUD, S.M., MÜLLER, S., POLLASTRINI, M., RAULUND-RASMUSSEN, K., VESTERDAL, L. HÄTTENSCHWILER, S. 2017. Tree species diversity affects decomposition through modified micro-environmental conditions across European forests. *New Phytologist*. 214, 1281–1293.
- MOORE, T. *et al.* 2006. Patterns of Carbon, Nitrogen and Phosphorus Dynamics in Decomposing Foliar Litter in Canadian Forests. *Ecosystem*. 9, 46–62.
- MOROZOV, G., AOSAAR, J., VARIK, M., BECKER, H., LÖHMUS, K., PADARI, A., AUN, K., URI, V. 2019. Long-term dynamics of leaf and root decomposition and nitrogen release in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) and silver birch (*Betula pendula* Roth.) stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 34(1), 12–25.
- NOVÁK, J., SLODIČÁK, M., DUŠEK, D., KACÁLEK, D. 2013. Norway spruce litterfall and forest floor in the IUFRO thinning experiment CZ -13 Vítov. *Journal of Forest Science*. 59(3), 107–116.
- PRESCOTT, C. E., BLEVINS, L. L. 2000. Litter decomposition in British Columbia forests: influences of forestry activities. In: HOLLSTEDT, C., SUTHERLAND, K., INNES, T. (eds.). *Proceedings, From science to management and back: a science forum for southern interior ecosystems of British Columbia*. Southern Interior Forest Extension and Research Partnership, Kamloops, B.C. 119–121.
- PEARSON, W. F. J., LINDROTH, R. L., BOCKHEIM, J. G. 2004. Decomposition of *Betula papyrifera* leaf litter under the independent and interactive effects of elevated CO₂ and O₃. *Global Change Biology*. 10, 1666–1677.
- PRESCOTT, C. E. 2005. Decomposition and mineralization of nutrients from litter and humus. In: BASSIRIRAD, H. (Ed.). *Nutrient acquisition by plants: an ecological perspective*. Ecological Studies Series. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, p. 15–41.
- PRESCOTT, C. E., BLEVINS, L. L., STALEY, C. 2004. Litter decomposition in British Columbia forests: Controlling factors and influences of forestry activities. *Journal of Ecosystems and Management*. 5(2), 44–57.

- PORTILLO-ESTRADA, M. *et al.* 2016. Climatic controls on leaf litter decomposition across European forests and grasslands revealed by reciprocal litter transplantation experiments. *Biogeosciences*. 13, 1621–1633.
- SCHIMEL, J. P., GULLEDGE, J. M., CLEIN-CURLEY, J. S., LINDSTROM, J. E., BRADDOCK, J. F. 1999. Moisture effects on microbial activity and community structure in decomposing birch litter in the Alaskan taiga. *Soil Biology and Biochemistry*. 31, 831–838.
- ŠTEFÁNEK, M., KOVÁŘ, P., DLOUHÁ, V. 2012. Role of Fire Episode, Leaf Litter Decomposition and Mulching Effects in Restoration of the Surface Soil Crust Microecosystem on Abandoned Tailings Containment. *Journal of Landscape Ecology*. 5(3), 57–69.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory na rozvoj výzkumné organizace č. MZE-RO0123.

Kontakty | Contact Information

Jiří Souček: e-mail: soucek@vulhmop.cz

ODRŮSTÁNÍ SAZENIC VYBRANÝCH INTRODUKOVANÝCH JEHLIČNATÝCH DŘEVIN NA SUCHÉM OHROŽENÉM STANOVIŠTI VE VZTAHU K JEJICH ADAPTAČNÍMU POTENCIÁLU

GROWTH PERFORMANCE OF SELECTED INTRODUCED CONIFEROUS TREE SEEDLINGS ON A DROUGHT-PRONE SITE IN RELATION TO THEIR ADAPTIVE POTENTIAL

Václav Trojan¹, Jaroslav Moravec¹, Zdeněk Vacek¹, Stanislav Vacek¹, Jan Cukor^{1,2}, Matěj Škrleta¹

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 126, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

V důsledku klimatické změny narůstá frekvence a intenzita narušení, což negativně ovlivňuje stabilitu a funkci lesních ekosystémů. Nárůst teplot a změna distribuce srážek oslabují vitalitu domácích dřevin, což vede k vyšší mortalitě, rozpadu porostů, erozi půdy a snížené retenci vody. Je nutné hledat odolnější druhy, mezi něž patří i introdukované dřeviny s vyšší rezistencí vůči extrémním podmínkám. Studie hodnotila růst a zdravotní stav devíti introdukovaných jehličnanů (*Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra*, *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Cedrus deodara*, *Abies nordmanniana*, *Thuja plicata*, *Thuja occidentalis*, *Abies grandis*) ve srovnání s domácí jedlí bělokorou (*Abies alba*) na lokalitě bývalé školky Budišov. U více než 5000 sazenic byla sledována mortalita, vitalita, výška, přírůst a tloušťka kořenového krčku. Ve všech charakteristikách byly zjištěny signifikantní rozdíly. *Pinus nigra*, *Thuja plicata* a *Abies grandis* vykazovaly vysoký potenciál jako alternativy pro obnovu lesů. Jejich použití může podpořit druhovou diverzitu a adaptaci na klimatickou změnu, klíčová je však volba provenience, smíšené výsadby a dlouhodobé sledování.

Klíčová slova: obnova lesa, zalesňování, nepůvodní dřeviny, experimentální postupy

Abstract

As a result of climate change, the frequency and intensity of disturbances are increasing, negatively affecting the stability and functioning of forest ecosystems. Increase in temperatures and changes in precipitation patterns are weakening the vitality of native tree species, leading to higher mortality, stand disintegration, soil erosion, and reduced water retention. It is therefore essential to identify more resilient species, including introduced tree species that exhibit greater resistance to extreme environmental conditions. This study evaluated the growth performance and health status of 9 introduced conifer species (*Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra*, *Cedrus spp.*, *Abies spp.*, *Thuja spp.*) in comparison with the native silver fir (*Abies alba*) at the site of a former forest nursery in Budišov. More than 5,000 seedlings were monitored for mortality, vitality, total height, height increment, and root collar diameter. Significant differences were observed across all assessed parameters. *Pinus nigra*, *Thuja plicata*, and *Abies grandis* showed high potential as alternative species for forest regeneration. Their use may enhance species diversity and contribute to forest adaptation under climate change. However, appropriate provenance selection, mixed-species planting, and long-term monitoring are crucial.

Keywords: forest regeneration, afforestation, non-native tree species, experimental approaches

1 LESNÍ EKOSYSTÉMY A KLIMATICKÁ ZMĚNA

Současné lesní hospodářství již neklade důraz pouze na produkční a ekonomické funkce, ale stále více zohledňuje i ekologické, environmentální, klimatické, sociální a rekreační aspekty, včetně ochrany půdy a vody. Podporuje se udržitelnost, stabilita, biodiverzita a schopnost lesů vázat uhlík (Bonan, 2008; Felton *et al.*, 2020). Lesy hrají klíčovou roli v sekvestraci uhlíku a přispívají ke snižování koncentrace skleníkových plynů (Cukor *et al.*, 2022). Lesní ekosystémy tak zároveň napomáhají ke zmírnění klimatických změn (Bošeľa *et al.*, 2021).

V důsledku těchto změn se očekává posun areálů některých druhů a preferování dřevin tolerantních k teplotním extrémům, například dubů (*Quercus* spp.) či buku lesního (*Fagus sylvatica*) v horských oblastech (Hanewinkel *et al.*, 2013). Adaptační strategie v lesnictví proto směřují k větší druhové, věkové a prostorové pestrosti porostů, podpoře přirozené obnovy a výběru odolnějších genotypů (Lindner *et al.*, 2014; Vacek *et al.*, 2020).

2 LEGISLATIVA VYUŽITÍ INTRODUKOVANÝCH DŘEVIN

Introdukované dřeviny ve střední Evropě jsou regulovány mnohovrstevnatým právním rámcem (Pötzelsberger *et al.*, 2020). Mezinárodní smlouvy, například Úmluva OSN o biologické rozmanitosti, stanovují obecné zásady, zatímco směrnice Evropské unie a nařízení, jako je nařízení Evropské unie číslo 1143 z roku 2014 o invazních nepůvodních druzích a souvisejících strategiích v oblasti biologické rozmanitosti vyžadují, aby členské státy přijaly omezení pro jednotlivé druhy (Pötzelsberger *et al.*, 2020; Vítková *et al.*, 2017). Národní legislativa tato opatření dále zpřesňuje (Pergl *et al.*, 2016; Pötzelsberger *et al.*, 2020).

Studie dokládají značné rozdíly v intenzitě regulace v Evropě. Kvantitativně se právní nástroje objevují na pěti úrovních jurisdikce. Některé země zavádějí pouze minimální omezení, jak bylo zaznamenáno například v Irsku a Dánsku, zatímco jiné prosazují komplexní zákazy, což dokládají příklady z Kypru (Pötzelsberger *et al.*, 2020). Ve střední Evropě se objevují rozdíly v jurisdikcích; například zatímco na Slovensku a v Polsku chybí konkrétní právní předpisy týkající se druhů, jako je trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), jiné regiony tyto druhy výslovně označují jako invazní (Sádlo *et al.*, 2017; Vítková *et al.*, 2017). Trnovník akát je v České republice hodnocen za invazní nepůvodní druh (AOPK, 2025).

3 MATERIÁL A METODY

3.1 Zájmové území

Lesní školka Budišov, jejíž areál se nachází v katastrálním území Valdíkov (okres Třebíč, kraj Vysočina), leží v blízkosti městyse Budišov. Produkční činnost školky zde byla ukončena na počátku 21. století, přičemž hlavním důvodem byl nedostatek dostupných vodních zdrojů nezbytných pro zajištění adekvátní závlahy sadebního materiálu. Pozemky školky jsou převážně ve správě Lesů České republiky, s. p. Území se nachází v nadmořské výšce 470 m n.m. s průměrným sklonem nepřesahujícím 2°. Geologickým podložím jsou granity a křemité syenity. Z půdních typů zde převažují kambizemě modální. Tyto půdy jsou zařazeny do hydrologické skupiny A, což značí vysokou infiltrační schopnost a propustnost, avšak nízkou retenční kapacitu, která omezuje zásobu využitelné půdní vody a zvyšuje riziko sucha. Nízkou retenční kapacitu půdního profilu též snížila dlouhodobě používaná zásypka sítí pískem. Z typologického hlediska lokalita náleží k lesnímu typu 4S1 (Vacek *et al.*, 2024).

Klimatické podmínky oblasti se vyznačují průměrnou roční teplotou v rozmezí 6–9 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 500–650 mm (ÚHÚL, 2022).

3.2 Sběr a analýza dat

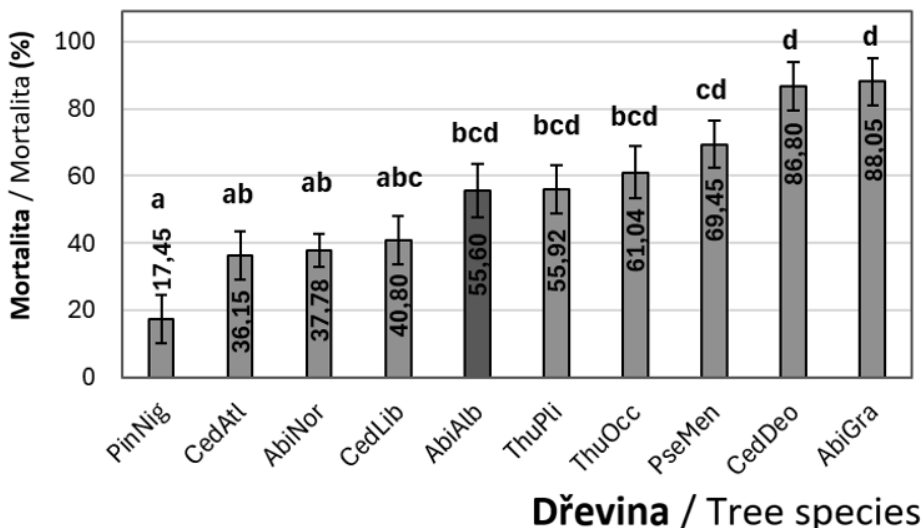
Sběr dat byl prováděn na konci vegetačního období v roce 2024, konkrétně od září do poloviny října. Měření bylo provedeno na čtvercích o rozměrech 15 × 15 m v jedno druhových variantách. Výsadba byla realizována ve sponu 140 × 140 cm a 220 × 220 cm. Každá kombinace sponu byla na ploše opakována třikrát. Výsadba byla provedena krytokořeným sadebním materiálem pomocí zemního vrtáku během jara a podzimu v roce 2023 a následně na jaře 2024. Výsadba byla provedena vyspělým sadebním materiálem 14–25 cm a 26–35 cm. Na experimentálních plochách byly hodnoceny celkem čtyři rody introdukovaných dřevin (*Pseudotsuga*, *Pinus*, *Cedrus*, *Abies*, *Thuja*) s devíti druhy: *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra*, *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Cedrus deodara*, *Abies nordmanniana*, *Thuja plicata*, *Thuja occidentalis*, *Abies grandis*. Pro porovnání byla do experimentu zahrnuta i domácí dřevina *Abies alba*.

Měření probíhala po ukončení prvního vegetačního období, v závěrečné fázi vegetačního období roku 2024, konkrétně v období od září do poloviny října. Měření dat bylo prováděno za pomoci skládacího metru a posuvného měřítka. Celková výška, výškový přírůst za poslední vegetační období byly měřeny s přesností na 1 cm. Tloušťka kořenového krčku byla měřena s přesností na 0,1 mm. Hodnocena byla též mortalita a vitalita dřevin. Hodnocení stupně vitality bylo rozděleno do 4 stupňů podle jejich vzhledu a růstových projevů. Nejvitálnější jedinci vykazují optimální růst a vysokou vitalitu. Jehličí je husté, zdravě zelené, bez známek poškození nebo stresu a růstový přírůst je výrazný. Vitální jedinci mají stále zachovanou růstovou vitalitu, ale jsou na nich patrné známky stresu. Jehličí je méně husté, mírně zesvětlené nebo nerovnoměrně rozmístěné. Růstový přírůst je snížený oproti nejvitálnějším jedincům. Odumírající jedinci mají velmi slabý růst a zhoršený zdravotní stav. Jehličí je řídké, částečně hnědé nebo opadávající. Růstový přírůst je minimální a dřevina vykazuje známky postupného odumírání. Odumřelí jedinci nevykazují žádné známky vitality. Jehličí zcela opadalo, větve jsou suché a bez fyziologické aktivity. Žádný růstový přírůst nebyl zaznamenán (Vacek *et al.*, 2024). Statistické analýzy získaných dat byly provedeny pomocí základních deskriptivních a statistických metod (testování normality a shody rozptylů → ANOVA vs. K-W test) v softwaru Statistica (TIBCO).

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Mortalita a vitalita

Na základě výsledků analýzy byla nejnižší mortalita zaznamenána u *Pinus nigra* (17,45 %), což potvrzuje její vysokou adaptační schopnost na místní podmínky. Tento výsledek odpovídá jejím ekologickým nárokům a přirozenému rozšíření v oblastech se suchými a nepříznivými podmínkami (Vacek *et al.*, 2021). Podobná zjištění byla zaznamenána také ve studii Trasobares *et al.* (2004), kde bylo prokázáno, že i starší porosty této dřeviny vykazují obdobné hodnoty mortality. Dále byla zaznamenána mortalita u druhu dřevin *Cedrus atlantica* (36,15 %), *Abies nordmanniana* (37,78 %), *Cedrus libani* (40,80 %), *Abies alba* (55,60 %), *Thuja plicata* (55,92 %) a *Thuja occidentalis* (61,04 %). U *Pseudotsuga menziesii* byla zjištěna mortalita 69,45 %, což je výrazně vyšší hodnota ve srovnání s výsledky zahraničních studií. Například studie Harrington *et al.* (2009) prokázala, že konkurenčně indukovaná mortalita začíná, když index hustoty porostu přesáhne 52 % maximální hodnoty pro tento druh. Zároveň bylo zjištěno, že při optimálním rozestupu 3 metry je mortalita relativně nízká, zatímco při hustších výsadbách dochází k jejímu výraznému nárůstu. Nejvyšší mortalita byla zaznamenána u *Cedrus deodara* (86,80 %) a *Abies grandis* (88,05 %). Celkové výsledky potvrzují, že mortalita jednotlivých druhů je ovlivněna jejich ekologickou strategií a schopností adaptace na místní podmínky, přičemž druhy s nižší tolerancí k suchu a degradovaným půdám vykazují vyšší úhyn. *Pinus nigra* se jeví jako druh s nejvyšším potenciálem přežití, zatímco *Abies grandis* a *Cedrus deodara* vykazují výrazné adaptační problémy. Signifikantní rozdílnost a průměrná mortalita jednotlivých dřevin, vyjádřená v procentech, je znázorněna na Obr. 1.



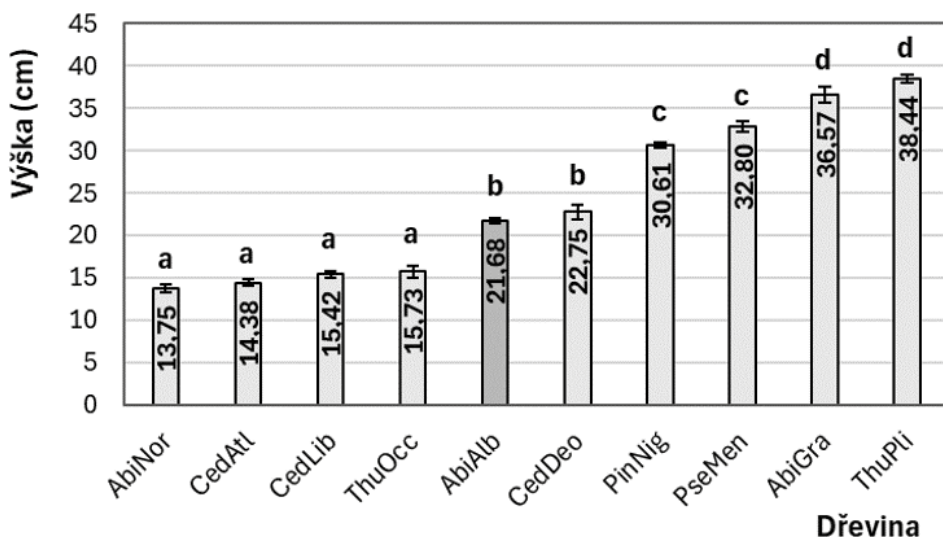
Obr. 1: Mortalita vybraných druhů dřevin. Signifikantní rozdíly ($p < 0,001$) jsou znázorněny odlišnými písmeny. Popisky dřevin jsou odvozeny ze zkratk latinských názvů. Písmena nad sloupce označují statisticky homogenní skupiny. Druhy stromů označené stejným písmenem patří do stejné skupiny. N pro introdukované dřeviny je stejné, a to 408 kusů na jednu dřevinu, a pro jedli bělokrou (Abies alba) 820 kusů. Chybové úsečky představují střední chybu průměru (SE)

Obr. 2: Mortality of selected tree species. Significant differences ($p < 0.001$) are shown with different letters. Tree species descriptions are derived from abbreviations of Latin names. The letters above the columns indicate statistically homogeneous groups. Tree species marked with the same letter belong to the same group. N for introduced tree species is the same for one tree species 408 pieces and for *Abies alba* 820 pieces. Error bars represent the standard error of the mean (SE)

Nejlepší průměrné hodnoty vitality byly zaznamenány u *Pinus nigra* (1,74), *Cedrus atlantica* (2,45), *Cedrus libani* (2,71) a *Abies nordmanniana* (2,83), což naznačuje jejich schopnost efektivně se adaptovat na místní podmínky a udržet si stabilní fyziologický stav. Naopak nejhorší hodnoty vitality, tedy největší míra stresu a fyziologického oslabení, vykazovaly *Cedrus deodara* (3,80) a *Abies grandis* (3,78), což poukazuje na jejich omezenou adaptabilitu v daném prostředí.

4.2 Výškový přírůst a růstový potenciál

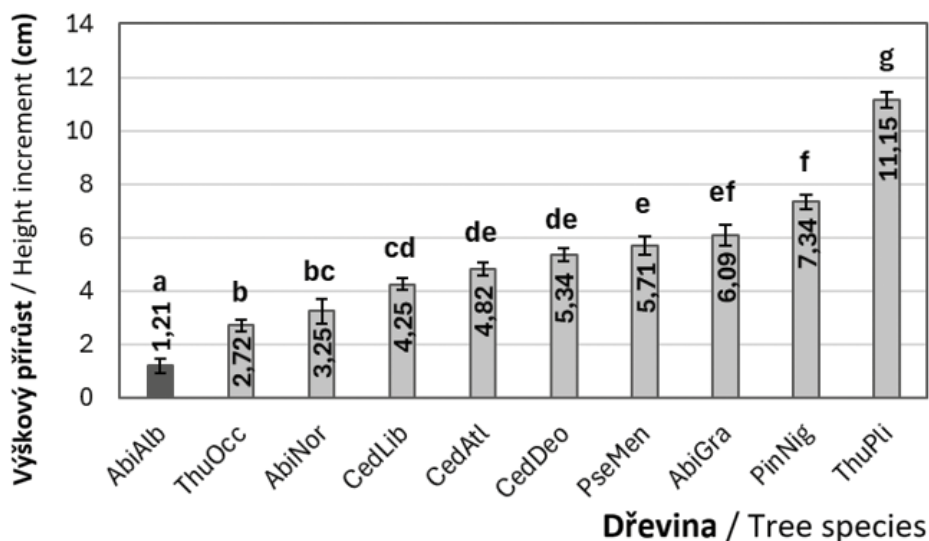
Hodnocením výškového přírůstu sledovaných dřevin byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi jednotlivými druhy. Nejvyšší hodnoty celkové výšky byly zaznamenány u *Thuja plicata* (38,44 cm), následované *Abies grandis* (36,57 cm) a *Pseudotsuga menziesii* (32,80 cm). Tyto dřeviny dosáhly výraznějšího počátečního růstu, což může být vysvětleno jejich vysokým růstovým potenciálem, efektivním využíváním dostupných zdrojů a strategií rychlého růstu v raných vývojových fázích. Naopak nejnižší hodnoty celkové výšky byly zjištěny u *Abies nordmanniana* (13,75 cm), *Cedrus atlantica* (14,38 cm) a *Cedrus libani* (15,42 cm), což naznačuje jejich pomalejší počáteční růstovou dynamiku. Tento trend může souviset s vyššími ekologickými nároky těchto druhů na půdní a klimatické podmínky, případně s jejich přirozeně pomalejším juvenilním růstem. Signifikantní rozdílnost a výšková struktura jednotlivých dřevin je znázorněn na Obr. 2.



Obr. 3: Výšková struktura vybraných druhů dřevin. Signifikantní rozdíly ($p < 0,001$) jsou znázorněny odlišnými písmeny. Popisky dřevin jsou odvozeny ze zkratk latinských názvů. Písmena nad sloupce označují statisticky homogenní skupiny. Druhy stromů označené stejným písmenem patří do stejné skupiny. N pro introdukované dřeviny je stejné, a to 408 kusů na jednu dřevinu, a pro jedli bělokoru (*Abies alba*) 820 kusů. Chybové úsečky představují střední chybu průměru (SE)

Height structure of selected tree species. Significant differences ($p < 0,001$) are shown with different letters. Tree species descriptions are derived from abbreviations of Latin names. The letters above the columns indicate statistically homogeneous groups. Tree species marked with the same letter belong to the same group. N for introduced tree species is the same for one tree species 408 pieces and for *Abies alba* 820 pieces. Error bars represent the standard error of the mean (SE)

Výškový přírůst sledovaných dřevin rovněž vykázal značné rozdíly. Nejvyšší roční přírůst byl zjištěn u *Thuja plicata* (11,15 cm), která se výrazně odlišovala od ostatních druhů. Významný přírůst byl zaznamenán také u *Pinus nigra* (7,34 cm) a *Abies grandis* (6,09 cm), což potvrzuje jejich schopnost rychlé regenerace a adaptace na místní podmínky. Z odrostlejších výsadeb na Sokolovsku se jeví jako nejen výškově, ale i produkčně nejvhodnější introdukované dřeviny *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra* a *Picea omorika* (Vacek *et al.*, 2021b). Nejnižší přírůst byl zjištěn u *Abies alba* (1,21 cm) a *Thuja occidentalis* (2,72 cm), což ukazuje na jejich nižší růstovou dynamiku v prvních letech po výsadbě. Podle Öner a Eren (2008) byl u semenáčků *Pinus nigra* v tureckých školkách zaznamenán vyšší výškový přírůst než u *Pinus sylvestris*. Nižší růst v této studii mohl být způsoben degradovaným půdním prostředím a zvýšeným stresem ze sucha. Podobné závěry byly formulovány i pro *Abies grandis*. Ve výzkumu Wilczyński a Kulej (2019) bylo zjištěno, že výškový přírůst se výrazně liší mezi proveniencemi. Nejvyšších hodnot dosáhly jedinci pocházející z Britské Kolumbie a ze západních svahů Kaskádového pohoří ve státě Washington. V rámci této práce dosáhla *Abies grandis* maximální výšky 36,57 cm a její roční průměrný přírůst činil 6,09 cm, což potvrzuje vysoký růstový potenciál tohoto druhu. U *Pseudotsuga menziesii* bylo ve studii Harrington *et al.* (2009) prokázáno, že její výšková dynamika je závislá na dostupnosti vody, přičemž příliš husté výsadby snižují růst. Výsledky této studie potvrzují, že druh dosahuje poměrně vysokého výškového přírůstu (6,79 cm), což je v souladu s jeho ekologickým potenciálem v mírném klimatu (Harrington *et al.*, 2009). Signifikantní rozdílnost a průměrný výškový přírůst jednotlivých dřevin je znázorněn na Obr. 3.



Obr. 4: Průměrný výškový přírůst vybraných druhů dřevin. Signifikanční rozdíly ($p < 0,001$) jsou znázorněny odlišnými písmeny. Popisky dřevin jsou odvozeny ze zkratk latinských názvů. Písmena nad sloupci označují statisticky homogenní skupiny. Druhy stromů označené stejným písmenem patří do stejné skupiny. N pro introdukované dřeviny je stejné, a to 408 kusů na jednu dřevinu, a pro jedli bělokorou (*Abies alba*) 820 kusů. Chybové úsečky představují střední chybu průměru (SE)

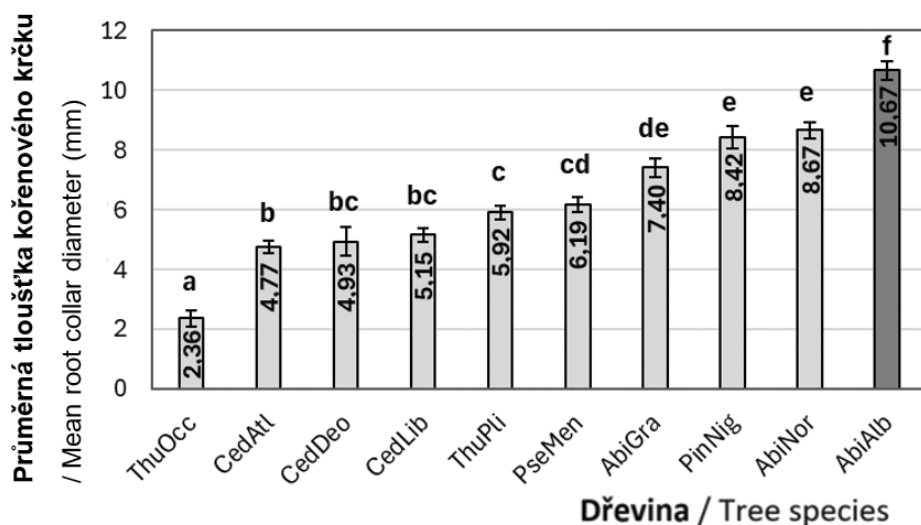
Height increment of selected tree species. Significant differences ($p < 0.001$) are shown with different letters. Tree species descriptions are derived from abbreviations of Latin names. The letters above the columns indicate statistically homogeneous groups. Tree species marked with the same letter belong to the same group. N for introduced tree species is the same for one tree species 408 pieces and for *Abies alba* 820 pieces. Error bars represent the standard error of the mean (SE)

4.3 Tloušťková struktura

Statistická analýza prokázala významné rozdíly v tloušťce kořenového krčku mezi sledovanými druhy dřevin ($p < 0,001$). Nejnižší hodnoty byly zjištěny u *Thuja occidentalis* (2,36 mm), která tvořila samostatnou statistickou skupinu. Mírně vyšší tloušťky vykazovaly *Cedrus atlantica*, *Cedrus deodara*, *Cedrus libani* a *Thuja plicata*, jež se řadily do skupin se středními hodnotami. Do této střední kategorie dále patřily i *Pseudotsuga menziesii* a *Abies grandis*. Výrazně vyšší tloušťku krčku měly *Pinus nigra* a *Abies nordmanniana*, zatímco největší průměrná tloušťka byla zaznamenána u *Abies alba* (10,67 mm), která dosáhla statisticky nejvyšších hodnot mezi všemi hodnoceným druhů. Průměrná tloušťka kořenového krčku je znázorněna na Obr.4.

5 ZÁVĚR

Tato studie prokázala, že některé introdukované dřeviny vykazují výrazný potenciál pro využití v obnově lesních porostů v podmínkách střední Evropy, zejména na klimaticky zatížených a degradovaných stanovištích. Nejlepších výsledků dosáhla *Pinus nigra*, následovaná druhem *Thuja plicata*, které kombinovaly nízkou mortalitu a dobrou vitalitu s nadprůměrným růstem. Naopak *Cedrus deodara* a *Abies grandis* vykazovaly nízkou adaptabilitu a špatný zdravotní stav, což poukazuje na jejich pravděpodobně omezené využití na stanovištích ohrožených suchem. Zjištěné rozdíly mezi dřevinami potvrzují význam výběru druhů, proveniencí a pěstebních strategií. Introdukované dřeviny mohou přispět k udržení ekologické i produkční funkce lesa, avšak



Obr. 5: Průměrná tloušťka kořenového krčku vybraných druhů dřevin. Signifikantní rozdíly ($p < 0,001$) jsou znázorněny odlišnými písmeny. Popisky dřevin jsou odvozeny ze zkratk latinských názvů. Písmena nad sloupci označují statisticky homogenní skupiny. Druhy stromů označené stejným písmenem patří do stejné skupiny. N pro introdukované dřeviny je stejné, a to 408 kusů na jednu dřevinu, a pro jedlí bělokory (Abies alba) 820 kusů. Chybové úsečky představují střední chybu průměru (SE)

Mean root collar diameter of selected tree species. Significant differences ($p < 0.001$) are indicated by different letters. Tree species are labeled using abbreviations derived from their Latin names. Letters above the bars represent statistically homogeneous groups; species marked with the same letter do not differ significantly from each other. N for introduced tree species is the same for one tree species 408 pieces and for Abies alba 820 pieces. Error bars represent the standard error of the mean (SE)

jejich využití musí vycházet z dlouhodobého monitoringu a respektu k ekologickým a legislativním limitům. Výsledky této studie poskytují relevantní podklady pro plánování obnovy porostů a zdůrazňují potřebu pokračování výzkumu zaměřeného na širší spektrum introdukovaných druhů dřevin a delší časový horizont hodnocení.

LITERATURA

- AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR. 2025. *Robinia pseudoacacia* L. – trnovník akát. ISOP [cit. 2025-06-20]. <https://portal.nature.cz/w/druh-107125#/>
- BONAN, G. B. 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*. 320(5882), 1444–1449.
- BOŠEĽA, M., TUMAJER, J., CIENCIALA, E., DOBOR, L., KULLA, L., MARČIŠ, P., POPA, I., SEDMÁK, R., SEDMÁKOVÁ, D., SITKO, R., ŠEBEŇ, V., ŠTĚPÁNEK, P., BÜNTGEN, U. 2021. Climate warming induced synchronous growth decline in Norway spruce populations across biogeographical gradients since 2000. *Science of The Total Environment*. 752, 141794.
- CUKOR, J., VACEK, Z., VACEK, S. LINDA, R., PODRÁZSKÝ, V. 2022. Biomass productivity, forest stability, carbon balance, and soil transformation of agricultural land afforestation: A case study of suitability of native tree species in the submontane zone in Czechia. *Catena*. 210, 105893.
- FELTON, A., LÖFROTH, T., ANGELSTAM, P., GUSTAFSSON, L., HJÄLTÉN, J., FELTON, A. M., PER SIMONSSON, P., DAHLBERG, A., LINDBLADH, M., SVENSSON, J., NILSSON, U., LODIN, I., HEDWALL, P. O., STÉNS, A., LÄMÄS, T., BRUNET, J., KALÉN, C., KRISTRÖM, B., GEMMEL, P., RANIUS, T. 2019. Multi-scale conservation in a changing production forest matrix. *Ambio*. 49(5), 1050–1064

- HANEWINKEL, M., CULLMANN, D. A., SCHELHAAS, M.-J., NABUURS, G.-J., ZIMMERMANN, N. E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*. 3(3), 203–207.
- HARRINGTON, T. B., HARRINGTON, C. A., DEBELL, D. S. 2009. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). *Forest Ecology and Management*. 258(1), 18–25.
- LINDNER, M., FITZGERALD, J. B., ZIMMERMANN, N. E., REYER, C., DELZON, S., VAN DER MAATEN, E., SCHELHAAS, M., LASCH, P., EGGERS, J., VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M., SUCKOW, F., PSOMAS, A., POULTER, B., HANEWINKEL, M. 2014. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*. 146, 69–83.
- ÖNER, N., EREN, F. 2008. The comparisons between root collar diameter and height growth of black pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in Bolu Forest Nursery. *Journal of Applied Biological Sciences*. 2(1), 7–12.
- PERGL, J., SÁDLO, J., PETRUSEK, A., LAŠTŮVKA, Z., MUSIL, J., PERGLOVÁ, I., ŠANDA, R., ŠEFROVÁ, H., ŠÍMA, J., VOHRALÍK, V., PYŠEK, P. 2016. Black, grey and watch lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota*. 28, 1–37.
- PÖTZELBERGER, E., SPIECKER, H., NEOPHYTOU, C., MOHREN, F., GAZDA, A., HASENAUER, H. 2020. Growing non-native trees in European forests brings benefits and opportunities but also has its risks and limits. *Curr Forestry Rep.* 6, 339–353.
- SÁDLO, J., VÍTKOVÁ, M., PERGL, J., PYŠEK, P. 2017. Towards site-specific management of invasive alien trees based on the assessment of their impacts: the case of *Robinia pseudoacacia*. *NeoBiota*. 35, 1–34.
- TRASOBARES, A., PUKKALA, T., MIINA, J. 2004. Growth and yield model for uneven-aged mixtures of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. in Catalonia, north-east Spain. *Annals of Forest Science*. 61(1), 9–24.
- ÚHÚL. 2022. Přírodní lesní oblast č. 33 – Předhoří Českomoravské vrchoviny. *Národní lesnický institut* [cit. 2025-06-6]. <https://www.uhul.cz/nase-cinnost/prirodni-lesni-oblast-c-33-predhori-ceskomoravske-vrchoviny/>
- VACEK, Z., CUKOR, J., LINDA, R., VACEK, S., ŠIMŮNEK, V., BRICHTA, J., GALLO, J., PROKŮPKOVÁ, A. 2020. Bark stripping, the crucial factor affecting stem rot development and timber production of Norway spruce forests in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. 474, 118360.
- VACEK, Z., CUKOR, J., VACEK, S., LINDA, R., PROKŮPKOVÁ, A., PODRÁZSKÝ, V., GALLO, J., VACEK, O., ŠIMŮNEK, V., DRÁBEK, O., HÁJEK, V., SPASIĆ, M., BRICHTA, J. 2021a. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*. 140(5), 1243–1266.
- VACEK, Z., PROKŮPKOVÁ, A., VACEK, S., BULUŠEK, D., ŠIMŮNEK, V., HÁJEK, V., KRÁLÍČEK, I. 2021b. Mixed vs. monospecific mountain forests in response to climate change: structural and growth perspectives of Norway spruce and European beech. *Forest Ecology and Management*. 488, 119019.
- VACEK, Z., VACEK, S., CUKOR, J., GALLO, J., LEUGNER, J., PODRÁZSKÝ, V. 2024. *Experimentální postupy obnovy lesa domácími a introdukovanými dřevinami v podmínkách klimatických změn*. II. kontrolní zpráva projektu, FLD ČZU v Praze, 127 s.
- VÍTKOVÁ, M., MÜLLEROVÁ, J., SÁDLO, J., PERGL, J., PYŠEK, P. 2017. Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. 384, 287–302.
- WILCZYŃSKI, S., KULEJ, M. 2019. The growth of seven *Abies grandis* provenances in the climatic conditions of the Polish Carpathian Mountains. *Dendrobiology*. 81, 1–13.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Grantové služby Lesů ČR v rámci projektu „Experimentální postupy obnovy lesa domácími a introdukovanými dřevinami v podmínkách klimatických změn“ (č. 125).

Kontakty | Contact Information

Václav Trojan: e-mail: trojanv@fld.czu.cz

PŘÍSPĚVEK O Vlivu LESNÍHO POŽÁRU NA PYROFILNÍ STŘEVLÍKY (COLEOPTERA: CARABIDAE) JAKO SOUČÁST POZNÁNÍ K BUDOUCÍ ADAPTACI LESŮ?

A REPORT ON THE IMPACT OF FOREST WILDFIRE ON PYROPHILOUS CARABID (COLEOPTERA: CARABIDAE) AS PART OF KNOWLEDGE FOR FUTURE FOREST ADAPTATION?

Václav Zumr¹, Oto Nakládal¹, Jiří Remeš¹

¹Katedra pěstování lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 126, Praha-Suchbát 165 00, Česká republika

Abstrakt

Lesní požár je typ narušení, které hraje velkou roli v ovlivňování lesních ekosystémů. Lesní požáry v minulosti byly častějšími a díky koevoluci daly vzniknout unikátním pyrofilním organismům tzn. milovníkům ohně. Na zkoumané ploše u Horní Cerekev tvořily pyrofilní druhy většinu jedinců, představovaly 55 % všech střevlíků na spáleništi, přičemž byly převážně zastoupeny druhem *P. quadriveolatus*. Vzácnější druh *S. quadripunctata* byl pozorován zřídka, bylo zaznamenáno pouze dvacet tři jedinců. Výskyt obou druhů je vzájemně vysoce korelovan, což potenciálně naznačuje jejich blízké habitatové požadavky. Sterilita stanovištních podmínek po požáru je klíčovou nikou určující pyrofilní střevlíky. Aktivní požárový management (vypalování) je však v kulturní krajině velmi problematicky aplikovatelný. Tradiční pálení klestu, které bylo v ještě v nedávné době používané mnohem častěji, však může být z regionálního pohledu nevědomě důležitým hospodářským opatřením pro tvorbu životního prostředí pyrofilních střevlíků.

Klíčová slova: biodiverzita, epigeičtí brouci, zemní past

Abstract

Forest wildfire is a type of disturbance that plays a large role in affecting forest ecosystems. Forest fires have been more frequent in the past and due to coevolution, they have given rise to the evolution of pyrophilic organisms, i.e. fire lovers. In the study area near Horní Cerekev, pyrophilous species made up the majority of individuals, accounting for 55% of all carabids in the burnt habitat and were predominantly represented by *P. quadriveolatus*. Rarer species *S. quadripunctata* were rarely observed, with only twenty-three individuals. The two species are highly correlated, potentially suggesting their close habitat requirements. Sterility of the landscape after wildfire is a key niche determining pyrophilous carabids. However, active fire management is very problematic in cultural landscapes. Traditional burning of logging residues, which was much more commonly used in more recent times, may be an unconsciously important management measure for habitat creation of pyrophilous carabid from a regional perspective.

Keywords: biodiversity, ground beetles, pitfall trap

1 ÚVOD

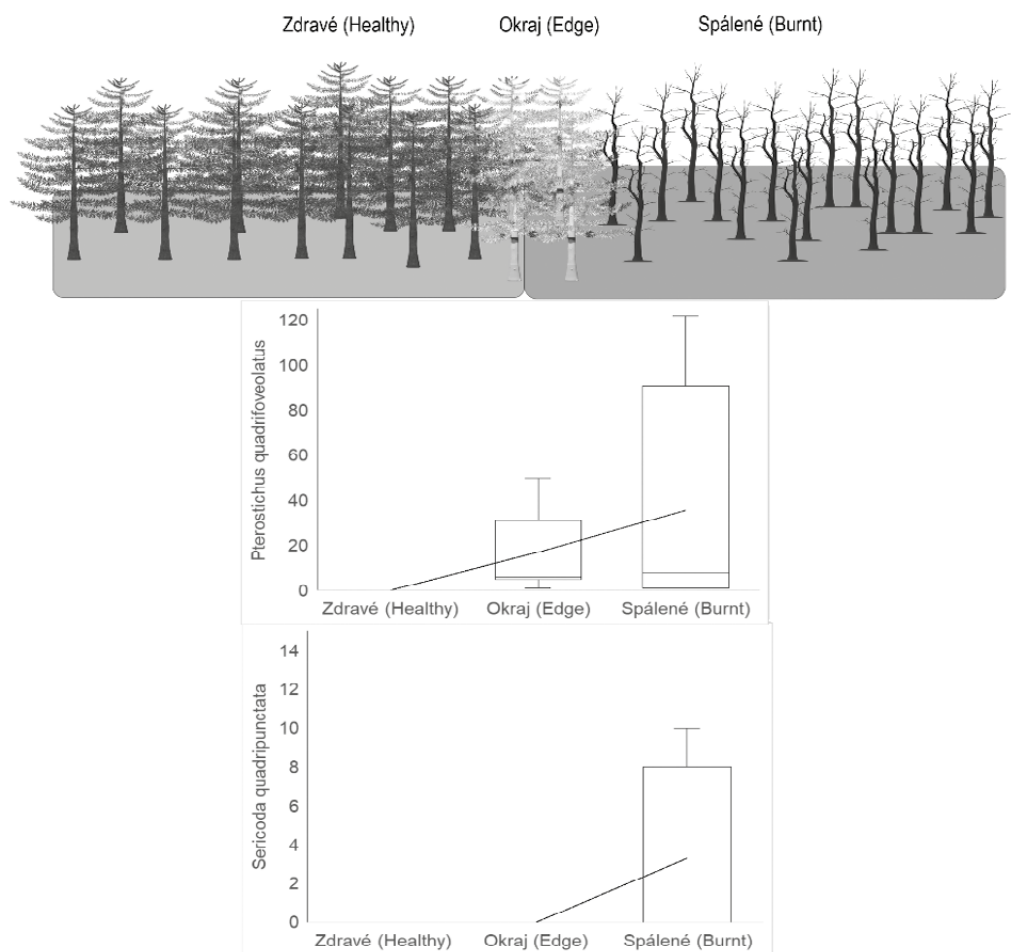
Požáry se vyskytují na naší planetě již po miliony let (Bowman, 2009). Dnešní lesní požáry jsou z pochopitelných důvodů v kulturní krajině z hlediska jejich počtu, rozsahu i intenzity minimalizovány, zejména v porovnání s hlubší minulostí (Parks *et al.*, 2025). Díky specifickým podmínkám vytvořených požáry se vyvinuly unikátní adaptace na extrémní podmínky u řady druhů organismů. Mnoho skupin disponuje tzv. pyrofilii, termín ze složených řeckých slov *pyro-* oheň a *filous-láska*. Pyrofilie je známa především u brouků (Bell, 2023), houbové druhy ji taktéž disponují, avšak není ještě zcela pochopena (Rauda-baugh *et al.*, 2020), vyskytuje se také u rostlin a stromů (Eales *et al.*, 2018). V posledních 20 letech se vědecký výzkum lesních požárů velmi zintenzivnil (Li *et al.*, 2023). Nicméně, zatímco změně klimatu byla věnována značná pozornost, dopad lesních požárů na biodiverzitu zůstává nedostatečně prozkoumán (Li *et al.*, 2023), přestože mají klíčovou roli při utváření biodiverzity (He *et al.*, 2019). Lesní požár vytváří jedinečné přírodní prostředí, která nelze replikovat jinými formami narušení nebo managementu (Cobb *et al.*, 2006; Zumr *et al.*, 2024). Legitimně *sensu lato* jakékoliv disturbance jsou z hospodářského a společenského hlediska nechtěné. Avšak variabilita krajiny, vč. disturbance, dokážou nabídnout mnoho přirozených stanovišť pro bezobratlé, zásadní jsou v tomto směru větrné kalamity (Wermelinger *et al.*, 2025), kůrovcové kalamity (Plath *et al.*, 2024), disturbance velkými herbivory (Vera, 2012) a lesní požáry (Mason *et al.*, 2021). Lesní požáry jsou elementem, který se v lesních ekosystémech objevuje přirozeně (Parks *et al.*, 2025). Cílem příspěvku je rozšířit znalosti o ekologii stanovišť zasažených požáry o málo známou skupinu vzácných pyrofilních střevlíků. Výzkum lesního požáru může přispět k pochopení regionální biodiverzity s ohledem na specificky vytvořené adaptace.

2 MATERIÁL A METODY

Studie byla provedena v České republice (Střední Evropa) v lesích města Horní Cerekev. Malý lesní komplex pokrývá plochu přibližně 15 ha. Dne 30. dubna 2024 došlo k antropogenně zapříčiněnému požáru během údržbových činností na železnici, který zasáhl přibližně 3,5 ha lesních porostů, které byly rozděleny železnicí na dvě části. Požár byl uhašen během několika hodin, a zasáhl hlavně mýtiny a mladé jehličnaté porosty do 20 let věku. Na mýtinách měl požár charakter rychlého povrchového požáru. V mladých porostech se projevil jako povrchový i korunní požár, což vedlo k úhynu všech postižených stromů. Výzkum proběhl na transektech, každý přitom obsahoval sedm pastí vzdálených deset metrů od sebe, s třiceti metry mezery mezi každým transektem. Celkem bylo pro studii instalováno dvacet jedna zemních pastí (7 × 3). Práce se zaměřila na posouzení výskytu pyrofilních střevlíků (Gongalsky *et al.*, 2003; Koivula *et al.*, 2006; Blažek *et al.*, 2023; Zumr *et al.*, 2024).

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Celkově bylo zaznamenáno 392 dospělců ve dvou pyrofilních druzích, 361 dospělců *Pterostichus quadrioveolatus* (Letzner, 1852) a 23 dospělců *Sericoda quadripunctata* (De Geer, 1774). *S. quadripunctata* byla nalezena výhradně ve spáleném stanovišti. *P. quadrioveolatus* byl zaznamenán v místech, která byla alespoň částečně zasažena ohněm (Obr. 1). Byla zjištěna silná korelace výskytu pro oba zaznamenané pyrofilní druhy ve spáleném stanovišti (Spearman $r = 0.815$, $p = 0.025$). V rámci tohoto výzkumu byly zaznamenány dva druhy pyrofilních střevlíků, které jsou považovány za obligátně pyrofilní kvůli svým adaptacím na spálené lesní oblasti (Bell, 2023). Nicméně, bylo zaznamenáno pouze 23 jedinců *S. quadripunctata*. Tato vzácnost je pravděpodobně důsledkem několika faktorů: dlouhodobé legitimní potlačování požárů (Johansson *et al.*, 2011), nízká intenzita požárů (Koivula *et al.*, 2006) a nerovnoměrné prostorové a časové distribuce požárů (Milberg *et al.*, 2024). Například Zumr *et al.* (2024) shromáždili pouze čtyři jedince (z 24 pastí) *S. quadripunctata* během prvního roku po rozsáhlém požáru v NP České Švýcarsko. Podobně, nedávný evropský průzkum od Aleksanova *et al.* (2024) zaznamenal pouze sedm jedinců



Obr. 1: Schematický náčrt studovaného stanoviště s jejich typickou strukturou a početnost zaznamenaných pyrofilních brouků. Schematický náčrt byl vytvořen v aplikaci Malování 3D (Microsoft, Win10)
Schematic drawing of the study habitat with their typical structure and abundance of recorded pyrophilous ground beetles. The schematic drawing was created in the Paint 3D application (Microsoft, Win10)

(několik desítek pastí) během dvou let výzkumu požár z roku 2021. Nicméně, v jiných případech se tento druh zdál být mnohem hojnější ve spálených lesních porostech. Například Blažej (2023) zaznamenal 756 (ze 3 pastí) jedinců *S. quadripunctata* ve České republice během prvního roku po lesním požáru v roce 2006. Gongalsky *et al.* (2003) pozorovali několik stovek jedinců (z 30 pastí) v boreálních lesích Švédska v prvním roce po lesním požáru v roce 1999. Podobně, Süda *et al.* (2009) zdokumentovali téměř čtyři sta jedinců (z 20 pastí) *Sericoda* v Estonsku po prvním roce po požáru v roce 2006. Navíc, další dřívější studie zaměřující se na tuto skupinu rodu *Sericoda* zjistily mnoho tisíc jedinců (24, 400, několik stovek), v závislosti na typu studovaného požáru (řízený alesní požár) v boreálních lesích Severní Ameriky mezi lety 2000 a 2002 (Cobb *et al.*, 2007; Koivula *et al.*, 2006, 2006b). Uvedené může být vysvětleno tím, že boreální lesy v Severní Americe

jsou často a rozsáhle postihovány lesními požáry (Soja *et al.*, 2007), což může vytvářet vhodnější podmínky pro obligátní pyrofilny. U druhu, který byl zaznamenán jako druhý, *P. quadrifoveolatus*, se předpokládá pyrofilní adaptace, jako jsou větší křídla ve srovnání se spřízněným druhem *P. oblongopunctatus*, což může zlepšit jeho schopnost mobilní kolonizace post-fire lesních stanovišť (Bell, 2023). *P. quadrifoveolatus* je často označován jako sekundárního pyrofilního střevlíka, vysoká intenzita požáru poskytující environmentální sterilitu je pro tento druh méně důležitá ve srovnání se *S. quadripunctata*, který je primárně omezen sterilními podmínkami spálené půdy, které ovlivňují přežití vajíček (Bell *et al.*, 2022). Nicméně jsme zjistili, že vzhledem k úzké korelaci výskytu těchto dvou druhů je možné očekávat, že budou hledat podobné charakteristiky spálených lokalit, a *P. quadrifoveolatus* může mít prospěch z vyšší sterility půdy. *S. quadripunctata* byl pozorován jako obyvatel výhradně centrálních oblastí spáleného místa, vyhýbajíc se okrajům. *P. quadrifoveolatus* v naší studii žádnou takovou preference neprokázal, takže se vyskytoval jak na spáleném, tak na okrajovém stanovišti, které také bylo požárem alespoň částečně zasaženo. Podobné behaviorální vzory byly hlášeny Gongalským *et al.* (2003). Zajímavé je, že *P. quadrifoveolatus* se zdá být odolnějším druhem setrvávajícím v spálených lokalitách po delší období v relativně vysokých počtech, přičemž odchvy v pasti často dosahují stovek jedinců (Blažej, 2023, Aleksanov *et al.*, 2024). Maximální výskyt tohoto druhu pravděpodobně nastane do sedmi let po požáru (Toivanen *et al.*, 2014).

4 ZÁVĚR

Výsledky ukázaly, jak z pohledu abundance osidluje pyrofilní střevlíci plochu krátce po požáru. Sterilita prostředí je právě ta klíčová vlastnost spálených porostů, na které se evolučně adaptovaly pyrofilní organismy (Bell, 2023). V lesním hospodářství v ČR je zakázáno řízené vypalování, ačkoli v mnoha zemích je to legitimní nástroj pro řady efektů mimo vlastní podporu biodiverzity a snižování rizika neřízených požárů, jako je např. regulace invazních plevelů (Ditomaso *et al.*, 2006), nebo regulace hojnosti klíšťat (Gleim *et al.*, 2014). V lesním hospodářství ČR jsou lesní požáry relativně vzácné a jsou způsobeny zpravidla lidskou neopatrností či nedbalostí. Možností jak „podpořit“ biodiverzitu pyrofilních druhů je ponechání alespoň první rok po požáru svým vývojem, nejlépe dva roky. Toto opatření by nebylo ani v rozporu s legislativními normami. Na druhé straně existuje způsob, ve kterém se běžně používá oheň v lesním hospodářství. Pálení klestu jako prostředek k odstranění těžebních zbytků (klestu) z vytěžených ploch (holin) se stále často používá, nicméně méně, než tomu bylo dříve. V současnosti se totiž klest hojně využívá k energetickým účelům, což může být i negativní důsledek i na bilanci a koloběh živin lesních půd (Šrámek *et al.*, 2021). Malá spáleniště po pálení klestu mohou být posledními nouzovými útočišti pro pyrofilní organismy. Např. je dokumentováno, že i antropogenně vyvolané kouřové a požární emity v blízkosti průmyslových komínů, místa, kde dochází k „popalování“ vegetace, stejně jako veřejná prostranství (náměstí) a množství cigaretového popela v odpadních svodech, mohou být nouzově kolonizována pyrofilními druhy (Bell, 2023; Veselý, 2002).

LITERATURA

- ALEKSANOV, V. V., ALEKSEEV, S. K., RUCHIN, A. B., ESIN, M. N. 2024. Carabid Beetles under the Influence of Megafires in Pine and Secondary Forests of Central European Russia. *Diversity*. 16(7), 370. <https://doi.org/10.3390/d16070370>
- BELL, A. J. 2023. Like moths to a flame: A review of what we know about pyrophilic insects. *Forest Ecology and Management*. 528, 120629. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120629>
- BELL, A. J., CALLADINE, K. S., WARDLE, D. A., PHILLIPS, I. D. 2022. Rapid colonization of the post-burn environment improves egg survival in pyrophilic ground beetles. *Ecosphere*. 13(8), 12. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4213>
- BLAŽEJ, L. 2023. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of the forest burnt in Jetřichovice (Northern Bohemia). In: *Vlastivědný sborník Českolipska*. 32/2023. BEZDEZ: Česká Lípa, Czech Republic.

- BAWMAN, D. M. J. S., BALCH, J. K., ARTAXO, P., BOND, W. J., PYNE, S. J., HARRISON, S. P., JOHNSTON, F. H., KEELEY, J. E., KRAWCHUKOVÁ, M. A., KULL, J. A., MARSTON, J. B., MORITZ, M. A., PRENTICE, I. C., ROOS, K. I., SCOTT, A. C., SWETNAM, T. W., VAN DER VERF, G. R. 2009. Fire in the Earth System. *Science*. 324(5926), 481–484. <https://doi.org/10.1126/science.1163886>
- COBB, T. P., LANGOR, D. W., SPENCE, J. R. 2007. Biodiversity and multiple disturbances: boreal forest ground beetle (Coleoptera: Carabidae) responses to wildfire, harvesting, and herbicide. *Canadian Journal of Forest Research*. 37(8), 1310–1323. <https://doi.org/10.1139/X06-310>
- DITOMASO, J. M., BROOKS, M. L., ALLEN, E. B., MINNICH, R., RICE, P. M., KYSER, G. B. 2006. Control of Invasive Weeds with Prescribed Burning. *Weed Technology*. 20(2), 535–548. <https://doi.org/10.1614/WT-05-086R1.1>
- EALLES, J., HADDAWAY, N. R., BERNES, C., COOKE, S. J., JONSSON, B. G., KOUKI, J., PETROKOFKY, G., TAYLOR, J. J. 2018. What is the effect of prescribed burning in temperate and boreal forest on biodiversity, beyond pyrophilous and saproxylic species? A systematic review. *Environmental Evidence*. 7(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0131-5>
- GLEIM, E. R., CONNER, L. M., BERGHAUS, R. D., LEVIN, M. L., ZEMTSOVA, G. E., YABSLEY, M. J., BRAYTON, K. A. 2014. The Phenology of Ticks and the Effects of Long-Term Prescribed Burning on Tick Population Dynamics in Southwestern Georgia and Northwestern Florida. *PLoS ONE*. 9(11), e112174 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112174>
- GONGALSKY, K. B., WIKARS, L. O., PERSSON, T. 2003. Dynamics of pyrophilous carabids in a burned pine forest in Central Sweden. *Baltic J. Coleopterol.* 3(2), 107–111.
- HE, T., LAMONT, B. B., PAUSAS, J. G. Fire as a key driver of Earth's biodiversity. *Biological Reviews*, 2019. 94(6): 1983–2010. <https://doi.org/10.1111/brv.12544>
- THERESE, J., ANDERSSON, J., HJÄLTÉN, J., DYNESIUS, M., ECKE, F. 2011. Short-term responses of beetle assemblages to wildfire in a region with more than 100 years of fire suppression. *Insect Conservation and Diversity*. 4(2), 142–151. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00114.x>
- KOIVULA, M., COBB, T., DÉCHÈNE, A. D., JACOBS, J., SPENCE, J. R. 2006. Responses of two Sericoda Kirby, 1837 (Coleoptera: Carabidae) species to forest harvesting, wildfire, and burn severity. *Entomologica Fennica*. 17, 315–324.
- LI, T., CUI, L., LIU, L., CHEN, Y., LIU, H., SONG, X., XU, Z. 2023. Advances in the study of global forest wildfires. *Journal of Soils and Sediments*. 23(7), 2654–2668. <https://doi.org/10.1007/s11368-023-03533-8>
- MASON, S. C., SHIREY, V., PONISIO, L. C., GELHAUS, J. K. 2021. Responses from bees, butterflies, and ground beetles to different fire and site characteristics: A global meta-analysis. *Biological Conservation*. 261, 109265. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109265>
- MILBERG, P., BERGMAN, K. O., JANSSON, N., NORMAN, H., SUNDIN, F., WESTERBERG, L., JOHANSSON, V. 2024. Short Spatiotemporal Fire History Explains the Occurrence of Beetles Favoured by Fire. *Insects*. 15(10), 775. <https://doi.org/10.3390/insects15100775>
- SEAN, A., PARKS, C. H., GUITERMAN, E. Q., LONERGANOVÁ, M. M., WHITMANOVÁ, E., ABATZOGLOU, J. T., FALK, D. A., JOHNSTON, J. D., DANIELSOVÁ, L. D., LAFON, C. W., LOEHMANOVÁ, R. A., KIPFMUELLER, K. F., NAFICY, C. E., PARISIEN, M. A., PORTIEROVÁ, J., STAMBAUGH, M. C., WILLIAMS, A. P., WION, A. P., YOCOM, L. L. 2025. A fire deficit persists across diverse North American forests despite recent increases in area burned. *Nature Communications*. 16(1493), 1493. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56333-8>
- PLATH, E., TRAUTH, C., GERHARDS, J., GRIEBEL L., FISCHER, K. 2024. Dieback of managed spruce stands in western Germany promotes beetle diversity. *Journal of Forestry Research*. 35, 48. <https://doi.org/10.1007/s11676-024-01695-w>
- RAUDABAUGH, D. B., MATHENY, P. B., HUGHES, K. W., ITURRIAGA, T., SARGENT, M., MILLER, A. N. 2020. Where are they hiding? Testing the body snatchers hypothesis in pyrophilous fungi. *Fungal Ecology*. 43, 100870. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2019.100870>
- ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V., NEUDERTOVÁ-HELLEBRANDOVÁ, K., NOVOTNÝ, R. 2021. *Doporučené metody nakládání s těžebními zbytky v lesních porostech s významnou produkční funkcí z hlediska udržitelnosti bilance hlavních živin*. Certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce, 45 s.

- VERA, F. W. M. 2012. The Dynamic European Forest. *Arboricultural Journal*. 26(3), 179–211. <https://doi.org/10.1080/03071375.2002.9747335>
- VESELÝ, P. 2002, *Střevlíkovití brouci Prahy (Coleoptera: Carabidae)*. Praha: s.n. 167 s.
- WERMELINGER, B., OBRIST, M. K., DUELLI, P., SCHNEIDER MATHIS, D., GOSSNER, M. M. 2025. Two decades of arthropod biodiversity after windthrow show different dynamics of functional groups. *Journal of Applied Ecology*. 62(2), 371–387. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14860>
- ZUMR, V., REMEŠ, J., NAKLÁDAL, O. 2024. Immediate Response of Carabids to Small-Scale Wildfire Across a Healthy-Edge-Burnt Gradient in Young Managed Coniferous Forest in Central Europe. *Fire*. 7(12), 436. <https://doi.org/10.3390/fire7120436>
- ZUMR, V., REMEŠ, J., NAKLÁDAL, O. 2024. Short-Term Response of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) to Fire in Formerly Managed Coniferous Forest in Central Europe. *Fire*. 7(3), 76. <https://doi.org/10.3390/fire7030076>

Poděkování

Tato studie byla podpořena: FLD ČZU (Excelentní tým 2025-2026) a grantem č. QL24020204, MZe ČR.

Kontakty | Contact Information

Václav Zumr: e-mail: zumr@fld.czu.cz

B: REVIEWS

POMŮŽE SI PŘÍRODA PO POŽÁRU V ČESKÉM ŠVÝCARSKU SAMA?

DOES NATURE HELP ITSELF FOLLOWING WILDFIRE IN BOHEMIAN SWITZERLAND?

František Šach¹, Dušan Kacálek¹, Jan Leugner¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Strnady, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno

Abstrakt

Požáry vždy byly přirozenou součástí vývoje lesů před aplikací leso-ochranných opatření. Nicméně v kulturní krajině je oheň oprávněně vnímán také jako hrozba. Jednou z významných příčin plošného rozsahu požáru v národním parku České Švýcarsko byla dominance hořlavých dřevin – smrku a borovice. Kromě bezprostředního vlivu na les má požár následné dopady na půdní podmínky jako spálení svrchní půdy a její náchylnost k vodní erozi. Lesní vegetace se už, nicméně, do post-požárních podmínek vrací. Efekty požáru na půdu i druhové složení bylin se lišily podle typu původního porostu. Přirozeně nalétnuté pionýrské dřeviny, zejména břízu, bude vhodné doplnit umělou obnovou pozdně-sukcesních dřevin. Poučení z události – být si vědomi rizika bezzásahových přístupů v hustě obydlené krajině.

Klíčová slova: spálený les, růstové podmínky, sukcese, hospodaření

Abstract

Fire had been always a natural component of forest dynamics before forest-protective measures were applied. However, in human-colonized landscapes, wildfires are also reasonably considered a threat. One of the important causes of wildfire in the Czech Switzerland National Park was a dominance of flammable tree species – spruce and pine. Besides its immediate effects on the forest, the other fire impacts are a burned topsoil and its increased vulnerability to be eroded by water. However, the forest vegetation has been restored in the post-fire conditions. The burned-soil properties and species compositions of herbal layer were tree-species specific. It will be convenient to accompany naturally seeded pioneer species, such as particularly birch at present, via planting of late-successional trees. A lesson drawn from the event – to be aware of no-management approaches enforced within densely inhabited landscapes.

Keywords: burned forest, growing conditions, succession, management

1 ÚVOD DO PROBLÉMU

Nebývale rozsáhlý lesní požár, který v létě 2022 zasáhl ca 1060 ha národního parku České Švýcarsko a 113 ha národního parku Saské Švýcarsko (Lanta *et al.*, 2025), lze považovat za součást přírodních procesů. Např. Goldammer (2000) konstatoval, že některé temperátně hemiboreální a mediteránní ekosystémy Evropy, které se kulturně a historicky vyvíjely za spolupůsobení požárů, jsou eliminací nekontrolovaných přírodních požárů (wildfire) ohrožované. Ve střední Evropě byl tento ekologický význam požárů při formování lesních společenstev přehlížen (Adámek *et al.*, 2016). Vědecká komunita vnímá oheň jako důležitý faktor dynamiky ekosystémů,

jako součást globálních biochemických cyklů a změn podmínek atmosféry. Přírozenou součástí vývoje lesů byly požáry také v národním parku České Švýcarsko (Adámek *et al.*, 2015). Nicméně, v chráněných územích je výsledkem určitých typů péče vyšší zastoupení nadzemní biomasy, která poskytuje více paliva a tím zvyšuje riziko požáru (Resco de Dios *et al.*, 2025).

Přestože tedy spalení části lesů Českého Švýcarska mělo pozitivní vliv např. na počty druhů cévnatých rostlin (Lanta *et al.*, 2025), park se nachází v hustě osídlené kulturní krajině. Požár tudíž ohrozil zdraví a majetek řady občanů. Takové neřízené požáry v lesích mohou představovat riziko ztráty druhů, nepříznivých dopadů na produktivitu a zdraví porostů, mění cyklus uhlíku a znečišťují ovzduší (viz např. DeSantis, Moser, 2016). Park má také velký význam pro další společensky požadované funkce, například vodohospodářské, kdy celé jeho území legislativně spadá do chráněné oblasti přírozené akumulace vod Severočeská křída.

2 O DRUHOVÉ SKLADBĚ

V porostech národního parku České Švýcarsko převažoval smrkový porostní typ, z velké části provenienčně nevhodný, a borové typy často smíšené opět se smrkem. Požár postihl v národním parku les jako takový a diskuse, zda je více hořlavý živý nebo suchý les po kůrovci není v podstatě na místě, protože obojí materiál spolu vytváří prudce hořlavou směs. Představme si příkladně směs jehličnatých větví, suchého dřeva a hrabanky. Zapálené jehličí vyvolá jako první prudký oheň a celá směs intenzivně prohoří od suchého dřeva. V lese pak dále hoří opadanka (hrabanka) včetně suchých dřevních zbytků a plošného mělkého kořenového systému smrku. Je nezbytné připustit, že změněná druhová skladba Českého Švýcarska dala vzniknout značně hořlavému lesu, kde ve velkém žaru prohoří také organická vrstva nadložního (povrchového) humusu až na minerální půdu. Ostatně temperátní jehličnaté lesy jsou v nedávno zveřejněných studiích (Chuvieco *et al.*, 2013; Arrogante-Funes *et al.*, 2024; Jílková *et al.*, 2023) hodnoceny jako značně náchylné ke vzniku požáru a v souvislosti s probíhající klimatickou změnou je očekávána expanze požárů v rámci těchto stanovišť (Heisig *et al.*, 2022), nevyjímaje střední Evropu (Schüle *et al.*, 2023). Také na českém území již byl doložen nárůst výskytu podmínek napomáhajících vzniku lesních požárů (Trnka *et al.*, 2021). Přestože existuje řada empirických i experimentálních poznatků o hořlavosti biomasy dřevin, vlivu některých druhů nebo jejich smíšení, je třeba dalšího studia exaktních synergických efektů druhové skladby a podmínek stanoviště na iniciaci, dobu hoření a rozsah požárů (viz např. Varner *et al.*, 2015).

3 NÁSLEDNÉ EROZNÍ JEVY

V důsledku požáru, který proběhl z velké části na skalnatém pískovcovém mezoreliéfu a na příkrých svazích o sklonu nad 25 stupňů, dochází k obnažování skal a k již zmíněnému hlubokému prohoření organické vrstvy půdního profilu. Lesní požářiště pak podléhá při přívalových nebo dlouhodobých silných deštích zejména na skalách kapkové erozi a na příkrých svazích erozi proudící vodou. Sníženou schopnost spálené půdy v zájmovém území obou národních parků Českého i Saského Švýcarska zadržet vodu uvedli Jílková *et al.* (2023). Půda lesního požářiště bývá „ochotnější“ erodována povrchovým odtokem vody v důsledku vodoodpudivosti (hydrofobnosti) spáleného povrchu a ucpávání půdních pórů jemnými částicemi (kolmatace). Vodoodpudivost minerální půdy (water repellency) může jako erozní faktor přetrvávat až 3 dekády (DeBano, 2000).

Popis silné erodibility lesních požářišť je uváděn ve světové literatuře zejména z USA, Ruska, Kanady, Austrálie ale i z dalších zemí postihovaných rozsáhlými intenzivními požáry lesů. Eroze první rok po požáru může dosahovat ve vrchovině na požárem nezasažených plochách 44 kg/ha odnesených sedimentů, na mírně zasažených plochách 165 kg/ha a na silně zasažených plochách až 1237 kg/ha (Neary *et al.*, 2000).

4 ÚRODNOST PŮDY A OBNOVA VEGETACE

Oheň mění vlastnosti organického půdního horizontu a mění zásoby živin (Lanta *et al.*, 2025). Z pohledu obsahu makroživin, dusík převážně volatilizuje. Jílková *et al.*, (2023) uvedli 50% úbytek celkového dusíku a uhlíku, 40% úbytek celkového fosforu, 60% úbytek mikrobiální respirace a biomasy a 65% úbytek abundance hub. Neary *et al.*, (2000) pak uvádí úbytek hlavních živin v nadložním humusu, ale jejich přírůstek ve svrchních 18 cm minerální půdy. Změny živinových poměrů se mohou také lišit ve vztahu k druhové skladbě lesa. Lanta *et al.* (2025) potvrdili ztrátu celkového uhlíku a dusíku a zachování úrovně celkového fosforu pod borovicí, obohacení půdy živinami pod smrkem a indiferentní dopad ohně pod bukem, přestože i zde byl ohněm zasažen zápoj porostu. Obnova chemických a fyzikálních vlastností půdy v zájmové oblasti Českého Švýcarska bude trvat více než 100 let a obnova mikrobiálních poměrů více než 40 let (Jílková *et al.*, 2023). Podle vlastních šetření na hluboko prohořelých plochách s hrubozrnnými půdami (podloží hrubozrnná porfyrická žula) byl po spálení smrkového klestu povrch ohnišť (asi 1/5 smýcené plochy) obsazen na několik let starčkem hajným. Pro oblast Českého Švýcarska platí, že na spáleništích se uchytilo mnoho druhů rostlin vyžadujících světlo (Lanta *et al.*, 2025) a bříza (Vébrová *et al.*, 2024). Lanta *et al.* (2025) uvedli, že spáleniště rychle ovládly vegetativně se šířící hasivka orličí a třtina křovištní; ve spálených bukových typech se na rozsáhlých plochách objevil náprstník červený, ve smrkových a borových typech to byl prasetník kořenatý. Post-požární podmínky vyhovovaly také světlomilným mechorostům jako *Ceratodon purpureus*, *Funaria hygrometrica* a *Marchantia polymorpha* (Lanta *et al.*, 2025). Obnova borovice a břízy je limitována vzdáleností od mateřských stromů; u osiky a vrby jívky jsou lehčí semena roznášena větrem mnohem lépe (Schüle *et al.*, 2023). V zájmovém území by mohla následovat výsadba buku a na sutích javoru a jasanu. Tento postup umělé obnovy je v souladu se sukcesními procesy (Adámek *et al.*, 2016). V místech, kde by probíhala intenzivní plošná eroze, není od věci pokládka protierozních jutových nebo kokosových rohoží a následná výsadba přirozeně zastoupených dřevin (pro podmínky PLO 19).

5 ZÁVĚREČNÁ ÚVAHA

A nyní odpověď na otázku z názvu. Příroda si v Českém Švýcarsku jistě pomůže sama, ale možná bude nutné zamezit masivní plošnou vodní erozi půdy na příkrých svazích a případně uměle doplnit vhodné domácí dřeviny. Prozatím je na části požárem zasažené plochy pozorována rychlá obnova lesního prostředí dřevinami s pionýrskou strategií růstu, zejména břízou (Vébrová *et al.*, 2024).

A poučení do budoucna? Nezakládat národní parky s bezzásahovým hospodařením (divočinou) v hustě osídlené kulturní krajině v porostech, které jsou pod dlouhodobým (pozitivním i negativním) vlivem hospodaření a vyloučit tak možnost její devastace. Za rizikové jsou považovány také např. oblasti přechodu divočiny a městského využití půdy (Modugno *et al.*, 2016).

Např. ve stávajícím Lesnickém parku a CHKO Křivoklátsko v PLO 8a by lesní požáry ve sklonité skalnaté krajině vrchovin a pahorkatin s hlubokými údolími, s podložím algonkických břidlic a permokarbonských sedimentů a skeletovými půdami, se suchými léty, s převažujícím nepřírozeným zastoupením smrku (36 %) a borovice (21 %) a s hustým osídlením mohly mít pro obyvatele ještě horší následky než v Českém Švýcarsku. Právě tyto členité podmínky terénu spolu s vysokým podílem borovice jsou hlavními přirozenými podmínkami zvyšujícími pravděpodobnost přírodních požárů (Adámek *et al.*, 2018).

LITERATURA

- ADÁMEK, M., BOBEK, P., HADINCOVÁ, V., WILD, J., KOPECKÝ, M. 2015. Forest fires within a temperate landscape: A decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. 336, 81–90.
- ADÁMEK, M., HADINCOVÁ, V., WILD, J. 2016. Long-term effect of wildfires on temperate *Pinus sylvestris* forests: Vegetation dynamics and ecosystem resilience. *Forest Ecology and Management*. 380, 285–295.
- ADÁMEK, M., JANKOVSKÁ, Z., HADINCOVÁ, V., KULA, E., WILD, J. 2018. Drivers of forest fire occurrence in the cultural landscape of Central Europe. *Landscape Ecology*. 33, 2031–2045.
- ARROGANTE-FUNES, F., MOUILLOT, F., MOREIRA, B., AGUADO, I., CHUVIECO, E. 2024. Mapping and assessment of ecological vulnerability to wildfires in Europe. *Fire Ecology*. 20, 98.
- DEBANO, L. F. 2000. Fire-induced water repellency: An erosional factor in wildland environments. In: *Land Stewardship in the 21st Century: The Contributions of Watershed Management*. 2000 March 13–16, Tucson, AZ. Proc. RMRS-P-13. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, p. 307–310
- DESANTIS, R. D., MOSER, W. K. 2016. Maintenance of Forest Ecosystem health and Vitality. In: SHIFLEY S. R., MOSER W. K. (eds.). *Future Forests of the Northern United States*. Chapter 5. Newtown Square, PA, USDA Forest Service, 388 s.
- GOLDAMMER, J. G. 2000. Global transitions in fire and fire management: Retrospectives and perspectives. In: MOSER, W. K., MOSER, C. F. (Eds.). *Fire and Forest Ecology: Innovative Silviculture and Vegetation Management*. Tallahassee: Tall Timbers Research Station, pp. 1–9.
- HEISIG, J., OLSON, E., PEBESMA, E. 2022. Predicting wildfire fuels and hHazard in a Central European temperate forest using active and passive remote sensing. *Fire*. 5, 29.
- CHUVIECO, E., MARTÍNEZ, S., ROMÁN, M. V., HANTSON, S. M., PETTINARI, M. L. 2013. Integration of ecological and socio-economic factors to assess global vulnerability to wildfire. *Global Ecology and Biogeography*. 23, 245–258.
- JÍLKOVÁ, V., ADÁMEK, M., ANGST, G., TŮMOVÁ, M., DEVETTE, M. 2023. Post-fire forest floor succession in a Central European temperate forest depends on organic matter input from recovering vegetation rather than on pyrogenic carbon input from fire. *Science of The Total Environment*. 861, 160659.
- LANTA, V., ADÁMEK, M., CHLUMSKÁ, Z., PÁNKOVÁ, K., KOPECKÝ, M., MACEK, M., RŮŽIČKOVÁ, A., BUSSE, A., VĚBROVÁ, D., RUKA, A. T., ŘEHÁKOVÁ, K., HOLÁ, E., ČÍŽEK, L., DOLEŽAL, J., SUCHÁČKOVÁ BARTOŇOVÁ, A. 2025. Plant colonisation, soil nutrient patterns and microclimate after a large forest fire in temperate Central Europe. *Forest Ecology and Management*. 585, 122643.
- MODUGNO, S., BALZTER, H., COLE, B., BORRELLI, P. 2016. Mapping regional patterns of large forest fires in wWildland-urban interface areas in Europe. *Journal of Environmental Management*. 172, 112–126.
- NEARY, D. G., DEBANO, L. F., FFOLLIOTT, P. F. 2000. Fire impacts on forest soils: A comparison to mechanical and chemical site preparation. In: MOSER, W. K., MOSER, C. F. (eds.). *Fire and forest ecology: innovative silviculture and vegetation management*. Tall Timbers Ecology Conference Proceedings, No. 21. Tallahassee, FL: Tall Timbers Research Station, p. 85–94.
- RESCO DE DIOS, V., SCHÜTZE, S. J., CUNILL CAMPRUBÍ, À., BALAGUER-ROMANO, R., BOER, M. M., FERNANDES, P. M. 2025. Protected areas as hotspots of wildfire activity in fire-prone Temperate and Mediterranean biomes. *Journal of Environmental Management*. 385, 125669.
- SCHÜLE, M., DOMES, G., SCHWANITZ, C., HEINKEN, T. 2023. Early natural tree regeneration after wildfire in a Central European Scots pine forest: Forest management, fire severity and distance matters. *Forest Ecology and Management*. 539, 120999.
- TRNKA, M., MOŽNÝ, M., JUREČKA, F., BALEK, J., SEMERÁDOVÁ, D., HLAVINKA, P., ŠTĚPÁNEK, P., FARDA, A., SKALÁK, P., CIENCIALA, E., ČERMÁK, P., CHUCHMA, F., ZAHRADNÍČEK, P., JANOUŠ, D., FISCHER, M., ŽALUD, Z., BRÁZDIL, R. 2021. Observed and estimated consequences of climate change for the fire weather regime in the moist-temperate climate of the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*. 310, 108583.

- VARNER, J. M., KANE, J. M., KREYE, J. K., ENGBER, E. 2015. The flammability of forest and woodland litter: a synthesis. *Current Forestry Reports*. 1, 91–99.
- VĚBROVÁ, D., KRÁSENSKÝ, J., MARTINÍK, A. 2024. Sukcese dřevinné vegetace po odumřelých a následně shořelých smrkových porostech v národním parku České Švýcarsko. In: BALÁŠ, M., GALLO, J., PODRÁŽSKÝ, V. (eds.). *Proceedings of Central European Silviculture*. Roztoky u Křivokláta, 3. – 4. 9., p. 249–255.

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0123.

Kontakty | Contact Information

Dušan Kacálek: e-mail: kacalek@vulhmop.cz

**SBORNÍK VĚDECKÝCH PŘÍSPĚVKŮ
PĚSTOVÁNÍ LESŮ VE STŘEDNÍ EVROPĚ 2025:
ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ V LESNICTVÍ**

z 25. mezinárodního setkání pěstitelů lesů

**PROCEEDINGS OF
CENTRAL EUROPEAN SILVICULTURE 2025:
ADAPTATION MEASURES IN FORESTRY**

from 25th International Meeting of Central European Silviculturists

Editor: Kateřina Houšková

Vydání: První, 2025

Vydala: Mendlova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

ISBN 978-80-7701-050-4 (tisk)

ISBN 978-80-7701-049-8 (online ; pdf)

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-049-8>

