

Lesní ekosystémy pod tlakem antropogenních vlivů a klimatické změny

Aktuální poznatky ekologického výzkumu a dlouhodobého monitoringu stavu lesa



Sborník abstraktů
z 11. česko-slovenského odborného semináře k monitoringu stavu lesů

Hnanice, Česká republika
11–13. 5. 2022

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.
Národní lesnické centrum – Lesnický výzkumný ústav Zvolen

Lesní ekosystémy pod tlakem antropogenních vlivů a klimatické změny

Aktuální poznatky ekologického výzkumu
a dlouhodobého monitoringu stavu lesa

11. česko-slovenský odborný seminář k monitoringu stavu lesů

Sborník abstraktů

Hnanice, Česká republika, 11–13. 5. 2022

**Místo konání:**

Rekreační areál Osada Havranů, Sklepní 107, 669 02 Hnanice, Česká republika
<https://osadahavranu.cz/kontakt/>

Vědecký výbor:

Doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D.
Ing. Pavel Pavlenda, Ph.D.
Ing. Zuzana Sitková, Ph.D.
Ing. Monika Vejpuštková, Ph.D.

Seminář je organizovaný s podporou následujících projektů:

- Institucionální podpora na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0118
- Zajištění národního koordinačního centra monitoringu zdravotního stavu lesů v rámci programu ICP Forests – MZe ČR
- Číastkový monitorovací systém Lesy – Monitoring lesov (úloha č. 14 Kontraktu 347/2021/MPRV SR-710 medzi MPRV SR a NLC)
- Centrum excelentnosti lesnícko-drevárského komplexu LignoSilva (kód ITMS 3130115735) spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja, OP Integrovaná infraštruktúra
- APVV-18-0223 Vyhodnotenie kľúčových vlastností lesných pôd Slovenska: stav, vývoj, priestorové väzby a vzťah k stavu lesa

Citace:

Vejpuštková, M., Neudertová Hellebrandová, K. (eds.), 2022. Lesní ekosystémy pod tlakem antropogenních vlivů a klimatické změny – aktuální poznatky ekologického výzkumu a dlouhodobého monitoringu stavu lesa. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady, 49 str., Sborník abstraktů z odborného semináře, Hnanice, 11–13.5.2022.

Za jazykovou úroveň příspěvků odpovídají autoři. Rukopis neprošel jazykovou úpravou.

Obsah

Lesní ekosystémy pod tlakem antropogenních vlivů a klimatické změny – aktuální poznatky ekologického výzkumu a dlouhodobého monitoringu stavu lesa

Pěstování introdukovaných dřevin ve světovém lesnictví

Václav Buriánek 6

Porovnání koncentrací živin v nadzemní biomase smrku ztepilého, jedle bělokoré a douglasky tisolisté

Tomáš Čihák, Monika Vejpusťková, Vít Šrámek 8

Hodnocení defoliace na monitorovacích plochách I. úrovně sítě ICP Forests a její srovnání s evropským průměrem

Petr Fabiánek 10

Projekt SOILPROMO – Vývoj a verifikace prostorových modelů vlastností lesních půd

Věra Fadrhonsová, Vít Šrámek, Kateřina Neudertová Hellebrandová, Luboš Borůvka, Milan Sáňka, Jarmila Čechmánková 12

Využití GAMM modelů při hodnocení časoprostorových trendů v defoliaci hlavních dřevin v ČR v období 1998–2021

Kateřina Neudertová Hellebrandová 14

Trendy ve výživě dřevin na dlouhodobě sledovaných plochách

Radek Novotný, Vít Šrámek 16

Rastová odozva borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) na nedávne zmeny klímy a výšky hladiny podzemných vôd

Jozef Pajtík, Zuzana Sitková, Peter Marčíš, Michal Bošeľa, Pavel Pavlenda, Bohdan Konôpka 18

Zásoby organického pôdneho uhlíka v prechodnej zóne les – trvalý trávny porast

Pavel Pavlenda, Hana Pavlendová 20

Kritické úrovně stomatálního toku ozónu na vybraných plochách ICP Forest

Hana Pavlendová, Zuzana Sitková, Pavel Pavlenda 22

Očakávaný vývoj emisií/záchytov skleníkových plynov v sektore

Využívání krajiny, zmeny vo využívaní krajiny a lesníctvo na Slovensku do roku 2050

Tibor Priwitzer, Ivan Barka 24

Integrovaný lesnícko-ekologický výskum vzácnych horských lesov v oblasti Tatier

Zuzana Sitková 26

Produkčné charakteristiky lesných drevín na základe údajov dlhodobého monitoringu lesov Slovenska

Zuzana Sitková, Jozef Pajtík, Pavel Pavlenda, Roman Sitko 28

Klimatická vodná bilancia – operatívny ukazovateľ vlhkostných pomerov na lesných lokalitách Slovenska

Zuzana Sitková, Milan Konôpka 30

Depozície v lesoch SR

Slávka Tóthová, Milan Konôpka 32

Chemizmus pôd a asimilačných orgánov lesných drevín v starých databázach	
Slávka Tóthová, Danica Krupová	34

Kontinuální monitoring tloušťkového růstu na plochách ICP Forests v České republice	
Monika Vejpusťková, Tomáš Čihák, Tomáš Charvát	36

Workshop k implementaci projektu LignoSilva

O projekte Centrum excelentnosti LignoSilva

Slávka Tóthová, Pavel Pavlenda	40
--------------------------------------	----

Návrh infraštruktúry pre zabezpečenie plnenia cieľov projektu LignoSilva

Danica Krupová, Slávka Tóthová	42
--------------------------------------	----

Aktuálne iniciatívy týkajúce sa lesných pôd v kontexte európskeho ekologického dohovoru (Green Deal) a súvisiacich politík EÚ

Pavel Pavlenda, Zuzana Sitková, Tibor Priwitzer	44
---	----

Energetické využití těžebních zbytků – zvýšení výnosu pro vlastníky lesů, nebo cesta ke zrychlené degradaci lesních půd?

Vít Šrámek, Věra Fadrhonsová, Kateřina Neudertová Hellebrandová, Radek Novotný	46
--	----

Potenciál Centra excelentnosti LignoSilva v obehovom hospodárstve

Slávka Tóthová, Danica Krupová	48
--------------------------------------	----

Předmluva

Lesní ekosystémy jsou v posledních desetiletích vystaveny klimatickým extrémům, jejichž intenzita i četnost se zvyšují. Oslabené porosty jsou náchylné k poškození biotickými činiteli. Míra napadení jehličnatých porostů podkorním hmyzem po roce 2015 roste geometrickou řadou a dosahuje již nyní bezprecedentních rozměrů. Z antropogenních vlivů jsou významné přetrvávající vysoké depozice dusíkatých látek, působení přízemního ozónu či zvýšené koncentrace těžkých kovů v ekosystémech. Úkolem lesnického výzkumu v této nelehké situaci je hledat řešení, která povedou k udržení a stabilizaci lesních porostů. V tomto procesu má nezastupitelnou roli lesnický ekologický výzkum a dlouhodobý monitoring stavu lesa v rámci programu ICP Forests a navazujících projektů.

Cílem odborného semináře je prezentace aktuálních poznatků v této oblasti a výměna zkušeností mezi pracovníky lesnických výzkumných ústavů z České republiky a Slovenska. V rámci semináře proběhne i vnořný workshop zaměřený na prezentaci projektu Centra excelentnosti LignoSilva (LVÚ Zvolen). Předkládaný sborník abstraktů reflektuje strukturu semináře a je členěn na dvě části „Ekologický monitoring“ a „Centrum excelentnosti LignoSilva“.



Silně poškozené porosty dubu zimního (LS Znojmo, revír Kuchařovice)

Pěstování introdukovaných dřevin ve světovém lesnictví

Václav Buriánek

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady

Příspěvek podává informaci o pěstování introdukovaných dřevin v lesním hospodářství ve světě.

Jsou v něm shrnuty a popsány historické, ekonomické i ekologické důvody lesnického pěstování introdukovaných dřevin, jejich přínosy a rizika. Introdukované dřeviny se lesnicky pěstují nejvíce v zemích, kde původní přirozené lesy byly převážně vytěženy a zničeny, zatímco zbylé jsou převážně chráněny. Také absence nebo malý počet ekonomicky zajímavých dřevin s rychlým růstem, tvárným kmenem, dobrou kvalitou dřeva a dosahujících velkých dimenzí vede k většímu využívání introdukovaných dřevin. Tak je tomu např. v řadě oblastí jižní polokoule, kde chybějí ekonomicky významné dřeviny stromového vzrůstu, jako jsou smrky, borovice, duby apod. Typickým příkladem je třeba Jihoafrická republika. Důvodem zakládání a pěstování introdukovaných dřevin v tropických zemích je také snaha omezit ničení tropických pralesů. Introdukované dřeviny se také často vyznačují rychlejším růstem a většími dimenzemi než domácí dřeviny, takže jejich pěstování vede ke zvýšení produkce dřevní hmoty. U mnohých dřevin (např. u blahovičníků) je tím umožněno využívat krátkého obmýtí. Dalším důvodem je skutečnost, že pěstování domácích dřevin je často nákladnější. U nás jsou zvýšené náklady spojeny s nutností ochrany před přemnoženou zvěří. Některé dřeviny, jako např. cizokrajné topoly, jsou vhodné k zalesňování kalamitních holin po odumřelém jasanu v lužních lesích nebo zemědělských půd.

Mezi ekologické důvody je možné počítat snahu a potřebu zvýšit druhovou pestrost lesních porostů. V některých případech může pěstování vybraných nepůvodních dřevin přispět k adaptaci lesních porostů na probíhající klimatické změny. Některé introdukované dřeviny, např. akát, jsou vhodné k zalesňování volných ploch na specifických extrémních stanovištích, kde je výběr původních dřevin pro tyto podmínky velmi omezený.

Podrobněji je popsána situace v evropských zemích, kde jsou k dispozici údaje o procentuálním zastoupení introdukovaných dřevin v jednotlivých zemích (obr. 1). Zachycena je situace v hlavních lesnický významných státech, přičemž jsou prezentovány údaje, které druhy dřevin se nejčastěji pěstují a v jakém rozsahu.

Podobným způsobem je stručně popsáno pěstování a zastoupení introdukovaných dřevin i v dalších světadílech. Zvláštní pozornost je věnována Novému Zélandu, jako příkladu státu, jehož lesní hospodářství se dnes orientuje prakticky výhradně na introdukované dřeviny, zatímco zbylé porosty s původními dřevinami jsou chráněny. Další část je věnována přehledu nejčastěji pěstovaných introdukovaných dřevin ve světovém měřítku, kterými jsou borovice, blahovičníky, akát a topoly, v menším rozsahu, zejména na severní polokouli, smrky, douglaska, modřín a jedle. U nich je uveden jejich původní areál, stručná charakteristika, vlastnosti a další zajímavosti.

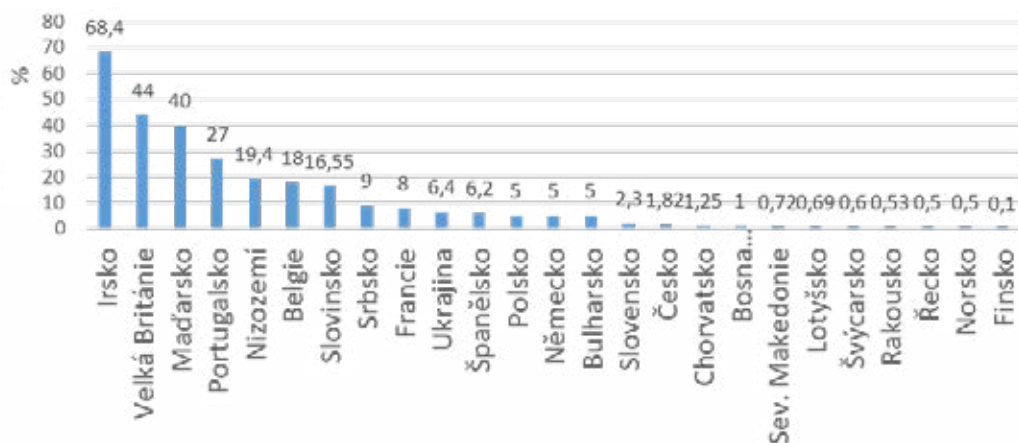
Pěstování introdukovaných dřevin však přináší i četná nezanedbatelná rizika. Některé nepůvodní introdukované druhy dřevin se mohou za určitých podmínek stát druhy invazními, které mohou potlačovat původní druhy rostlin i živočichů, čímž dochází ke ztrátám biodiverzity. Mohou též vytvářet potenciální možnost šíření nových chorob a škůdců a v některých případech může docházet k hybridizaci s původními druhy a jejich

lokálními populacemi. Příkladem invazních druhů dřevin s negativními dopady je v evropských podmínkách trnovník akát a pajasan žlaznatý. Zatímco akát se svými benefity představuje významnou dřevinu pro včelaře a v některých zemích jako je Maďarsko je dokonce jednou z hlavních hospodářských dřevin, pajasan, jehož hospodářský význam v lesnictví je mizivý, byl v roce 2019 zařazen na unijní seznam invazních nepůvodních druhů s významným dopadem podle nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 1143/2014 o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů. V současné době jsou proto zpracovávány programy na jeho přísnou regulaci. V Česku byl pajasan zařazen na tzv. černý seznam a jako dlouhodobý cíl je stanoveno jeho postupné odstranění na celém území s výjimkou případného zachování vybraných jedinců, které bude možné účinně kontrolovat.

Na závěr je možno konstatovat, že pěstování introdukovaných dřevin se výrazně prosazuje v lesním hospodářství států s kritickým nedostatkem přístupných lesních porostů ekonomicky zajímavých domácích dřevin. V podmínkách lesnický vyspělých zemí střední Evropy by měly introdukované dřeviny představovat vždy jen doplňkovou alternativu k původním dřevinám v odůvodněných případech. Dále je třeba zdůraznit, že při zavádění nepůvodních dřevin je třeba postupovat velmi obezřetně na základě principu předběžné opatrnosti, s respektem k vědeckým poznatkům a s ohledem na zájmy ochrany přírody, aby pokud možno nedocházelo k úbytku chráněných rostlinných i živočišných druhů a snižování biodiverzity a stability přirozených ekosystémů. Možná rizika je třeba velmi vážně brát v potaz a pečlivě zvažovat, zda v dlouhodobém horizontu nepřeváží nad přínosy. Vysazování introdukovaných dřevin musí být proto v chráněných územích, zvláště v národních parcích a přírodních rezervacích včetně jejich ochranných pásem, dále v biocentrech územních systémů ekologické stability, v evropsky významných lokalitách soustavy Natura 2000 i v lesích zvláštního určení z hlediska zachování biodiverzity regulováno, popř. zcela vyloučeno.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci institucionální podpory Ministerstva zemědělství MZE-RO0118.



Obr. 1: Podíl introdukovaných dřevin v % porostní plochy v evropských zemích

Porovnání koncentrací živin v nadzemní biomase smrku ztepilého, jedle bělokoré a douglasky tisolisté

Tomáš Čihák, Monika Vejpustková, Vít Šrámek

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady

V posledních letech dochází v České republice k významnému úbytku lesních porostů. Jedním ze způsobů jak tyto porosty obnovit a zároveň zajistit udržitelnost jejich produkce je i zvyšování druhové diverzity nově zakládáných porostů. Přitom ovšem není možné rezignovat na produkční funkci těchto porostů. Jako vhodná alternativa za zranitelný smrk, tak přichází v úvahu možnost využití jiných jehličnatých dřevin s odpovídajícím produkčním potenciálem. V podmínkách České republiky se jedná např. o introdukovanou douglasku tisolistou nebo domácí jedli bělokorou. V mnoha studiích je zmiňován i vysoký meliorační potenciál těchto dřevin. Cílem předkládané studie, je porovnání koncentrací základních živin v biomase asimilačních orgánů a kmene smrku ztepilého, jedle bělokoré a douglasky tisolisté.

V rámci řešení výzkumných projektů byly v minulých letech odebrány vzorky biomasy z dospělých porostů jedle a smrku. Do šetření byly zahrnuty lokality Rožmitál pod Třemšínem, Tábor, Vítkov a Město Albrechtice. Na každé lokalitě byly odebrány vzorky ze 3 porostů. Tato sada dat byla rozšířena o vzorky douglasky odebrané na lokalitách Písek, Prostějov a Opočno. Na všech lokalitách byly analyzovány směsné vzorky dřeva a kůry kmene a 1–3 ročníků jehličí. Statistické vyhodnocení koncentrací vápníku, draslíku, hořčíku, fosforu a dusíku v jednotlivých kompartmentech biomasy bylo provedeno v prostředí programu Statistica v. 12 pomocí jednofaktorové analýzy variance. Posouzení rozdílů v koncentracích prvků mezi dřevinami bylo provedeno na základě výstupů sady post hoc testů, kterou disponuje výše zmíněný program.

Souhrn statisticky významných rozdílů v koncentracích prvků v kompartmentech biomasy obsahuje tabulka č. 1. Téměř dvojnásobný rozdíl v koncentracích vápníku byl zjištěn ve druhém ročníku jehličí u jedle a smrku, kde u jedle dosahuje průměrně 11 463 mg/kg, zatímco u smrku pouze 6 721 mg/kg. Významně se liší rovněž průměrná koncentrace vápníku ve dřevě douglasky (219 mg/kg) oproti smrku a jedli (800 resp. 732 mg/kg). V případě koncentrací draslíku byl zaznamenán ve třetím ročníku jehličí rozdíl mezi smrkem a jedlí (4 259 resp. 5 277 mg/kg). Výrazně vyšší koncentrace draslíku byly zaznamenány v biomase dřeva kmene jedle kde dosahují průměrné hodnoty 1 365 mg/kg oproti 470 mg/kg u smrku a pouze 109 mg/kg u douglasky. Vyšší koncentrace draslíku byla zjištěna i v biomase kůry jedle. Zde dosahuje hodnoty 2 559 mg/kg.

Koncentrace hořčíku v biomase dřeva kmene smrku a jedle jsou oproti douglasce čtyřnásobné (112 a 105 mg/kg oproti 25 mg/kg u douglasky). Koncentrace hořčíku v kůře jedle a smrku jsou oproti douglasce více než dvojnásobné (425 a 530 oproti 202 mg/kg u douglasky). V biomase dřeva kmene jedle byly zjištěny rovněž vyšší koncentrace dusíku a fosforu. Koncentrace fosforu v kůře jsou u všech tří dřevin relativně vyrovnané.

Koncentrace živin v asimilačních orgánech do značné míry závisí na kvalitě (trofnosti) stanoviště a proto je nutné při vyhodnocení vzít v úvahu, že vzorníky douglasky pocházely z jiných lokalit než jedle a smrk. Z porovnání koncentrací prvků v biomase jehličí jedle a smrku nicméně jednoznačně vyplývá, že jsou v případě jedle buď vyšší nebo srovnatelné se smrkem. Při kvantifikaci akumulace a odnosu živin z ekosystému je nutné vzít

v úvahu alometrické vztahy mezi jednotlivými kompartmenty a rozdíly mezi dřevinami. V případě douglasky lze na základě lokálních alometrických modelů předpokládat, že hmotnost biomasy akumulované v asimilačním aparátu douglasky může být výrazně nižší než u smrku a jedle. Důležitým zjištěním je i skutečnost že pokud jsou koncentrace živin v biomase douglasky kmene obecně nižší než u jedle a smrku, znamená to, že i při předpokládané vyšší objemové produkci douglasky dochází při těžbě k nižšímu odnosu živin z lesních ekosystémů než u smrku a jedle.

Tab. 1: Souhrn zjištěných statisticky významných rozdílů v koncentraci živin v biomase jedle bělokoré, smrku ztepilého a douglasky tisolisté

kompartment biomasy	ročník	koncentrace chemického prvku*	zjištěný rozdíl**	nelíší se**
jehličí	1	N	DG SM	JD
jehličí	2	Ca	SM JD	DG
jehličí	2	Mg	SM JD	DG
jehličí	2	P	SM JD	DG
jehličí	2	N	SM JD; SM DG	JD DG
jehličí	3	K	SM JD	DG
jehličí	3	P	JD DG	SM
kůra		K	JD SM; JD DG	SM DG
kůra		Mg	JD SM DG	
kůra		N	JD SM DG	
dřevo		Ca	DG JD; DG SM	JD SM
dřevo		K	SM JD DG	
dřevo		Mg	DG JD; DG SM	JD SM
dřevo		P	JD SM; JD DG	SM DG
dřevo		N	JD SM; JD DG	SM DG

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci institucionální podpory Ministerstva zemědělství MZE-RO0118 a projektů Národní agentury pro zemědělský výzkum QK1910292 a QJ1520299.

Hodnocení defoliace na monitorovacích plochách I. úrovně sítě ICP Forests a její srovnání s evropským průměrem

Petr Fabiánek

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady

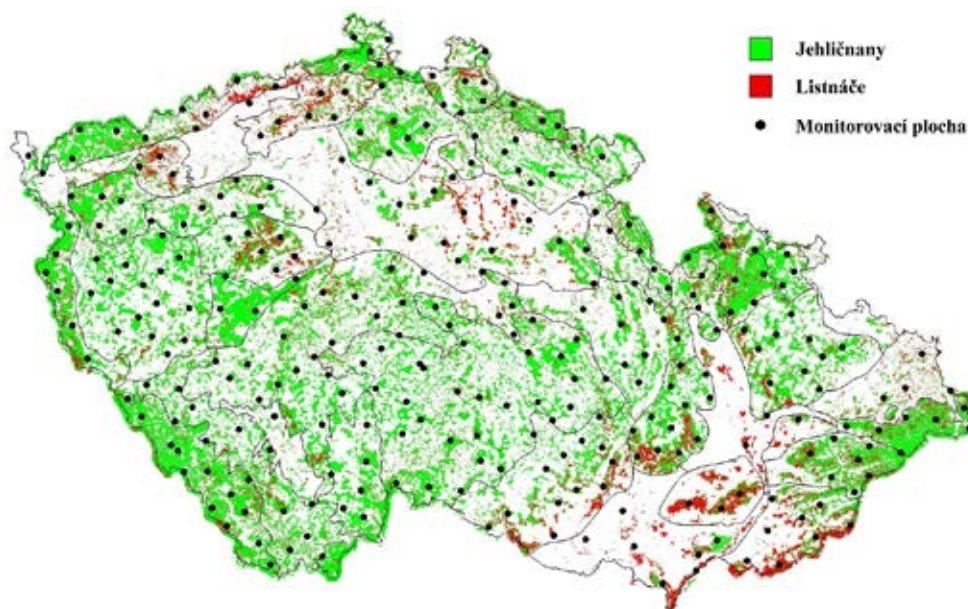
Pravidelné národní šetření ICP Forests I. úrovně se v České republice provádí v současné době na monitorovacích plochách základní sítě 16×16 km a vybraných plochách ze sítě 8×8 km v celkovém počtu 306 ploch, které jsou rozmístěny rovnoměrně podle lesnatosti po celém území České republiky. Plochy jsou umístěny v lesních porostech tak, aby dobře charakterizovaly dané stanovištní a porostní podmínky. V nadmořských výškách od 150 m do 1100 m se hodnotí přibližně 10 tisíc stromů, reprezentujících 28 druhů lesních dřevin v různých věkových třídách. Jednou z nejdůležitějších informací ze všech prováděných pozemních šetření zdravotního stavu lesa je defoliace, doplněná o další parametry.

V roce 2021 v porovnání s předchozími roky mělo vegetační období výrazně příznivější průběh. Zvýšená teplota na počátku léta (červen 3,0 °C, červenec 1,0 °C odchylka od normálu 1981–2010) byla vyvážena dostatkem srážek za období květen – srpen, které se pohybovaly v rozmezí 111–143 % normálu (1981–2010). Přes tento pozitivnější průběh počasí během vegetačního období bylo zaznamenáno pokračování zvýšené mortality lesních dřevin, ale již s nižší intenzitou než v předchozích letech. Na zvýšené mortalitě se podílelo mj. i pokračující šíření podkorního hmyzu především u smrku, ale i borovice a modřínu. Smrkové porosty byly napadeny kůrovcem i v nadmořských výškách přesahujících 900 m n. m. (západní Čechy).

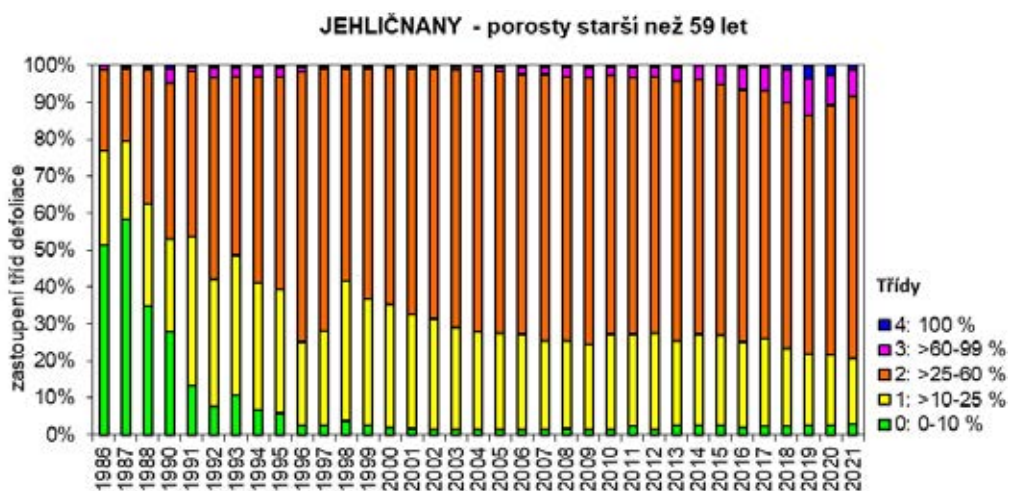
U hospodářsky nejvýznamnější kategorie dospělých jehličnanů došlo podobně jako v roce 2020 k menší změně v zastoupení defoliace ve třídě 2 (>25-60 %), které se zvýšilo z 68,0 % v roce 2020 na 71,2 % v roce 2021 při poklesu zastoupení ve třídách 3 a 4 (>60-99 %, 100 %). U mladších jehličnanů (do 59 let věku) nedošlo ve vývoji defoliace k žádné výrazné změně. Významné rozdíly jsou mezi dvěma základními druhy dřevin ve věkové kategorii starších jehličnatých porostů. U smrku (*Picea abies*) došlo k mírnému zlepšení zvýšením zastoupení v nižších třídách defoliace na úkor vyšších tříd. Zastoupení třídy 0 se opět mírně zvýšilo na 4,0 % a dosáhlo doposud nejvyšší hodnoty v zastoupení této třídy za uplynulá dvě desetiletí. Také u borovice (*Pinus sylvestris*) došlo ke zřetelnému zlepšení zvýšením zastoupení ve třídě 2 ze 77,2 % v roce 2020 na 80,8 % v roce 2021 při současném poklesu zastoupení ve třídách 3 a 4. U borovice se jedná o potvrzení pozitivní změny ve srovnání s minulými dvěma roky. Mírné zlepšení u obou hlavních druhů jehličnatých dřevin nemusí znamenat pozitivní obrat v dlouhodobém vývoji defoliace, ale může být jen reakcí na pokles intenzity kůrovcové kalamity spojené s příznivějším průběhem počasí.

Zastoupení střední defoliace (>25-60 %) u jehličnanů za rok 2020 dosáhlo v České republice hodnoty 57,6 % a výrazně převýšilo evropský průměr ve výši 23,1 % na úkor nižšího zastoupení zdravých a mírně poškozených stromů. Ve stejné střední třídě defoliace u listnáčů není rozdíl tak výrazný, ČR 32,7 % a evropský průměr 25,6 % a to na úkor výhradně zdravých stromů, s defoliací 0-10%. V porovnání s blízkými zeměmi se nejbližší nižší hodnota zastoupení střední defoliace u jehličnanů vyskytla na Slovensku (46,4 %) a obecně nejnižší hodnota se vyskytla v Polsku (16,0 %) a ve Švýcarsku (15,6 %). U zastoupení 4. třídy defoliace (100 %) se ve Švýcarsku vyskytla naopak nejvyšší hodnota z celé Evropy u listnáčů 13,2 % (ČR 0,6 %) a třetí nejvyšší u jehličnanů 7,5 %

(ČR 1,4 %). Zastoupení zdravých jehličnanů v roce 2020 patří v ČR k průměru ve srovnání s okolními zeměmi, zastoupení zdravých listnáčů patří naopak k nadprůměrným hodnotám. Při srovnání vývoje zastoupení středně a silně poškozených stromů v kategorii jehličnanů (třídy 2–4) za období 2011–2020 vykazuje většina okolních zemí mírně stoupající trend, pouze Polsko má mírně klesající trend. Vývoj stejných tříd u listnáčů je většinou velmi rozkolísaný, ČR 25,7-37,5 %, Německo 27,5–43,6 %, Slovensko 24,3–43,5 %.



Obr. 1: Monitorovací plochy I. úrovně ICP Forests na území ČR na pozadí satelitního snímku lesnatosti



Obr. 2: Vývoj defoliace smrku v období let 1986–2021

Poděkování

Vznik tohoto příspěvku byl finančně podpořen Ministerstvem zemědělství ČR na základě smlouvy O - 12/2018, a dále z poskytnuté institucionální podpory č. MZE-RO0118.

Projekt SOILPROMO – Vývoj a verifikace prostorových modelů vlastností lesních půd

Věra Fadrhonsová¹, Vít Šrámek¹,
Kateřina Neudertová Hellebrandová¹, Luboš Borůvka²,
Milan Sáňka³, Jarmila Čechmánková⁴

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady

²Česká zemědělská univerzita v Praze – Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Praha-Suchdol

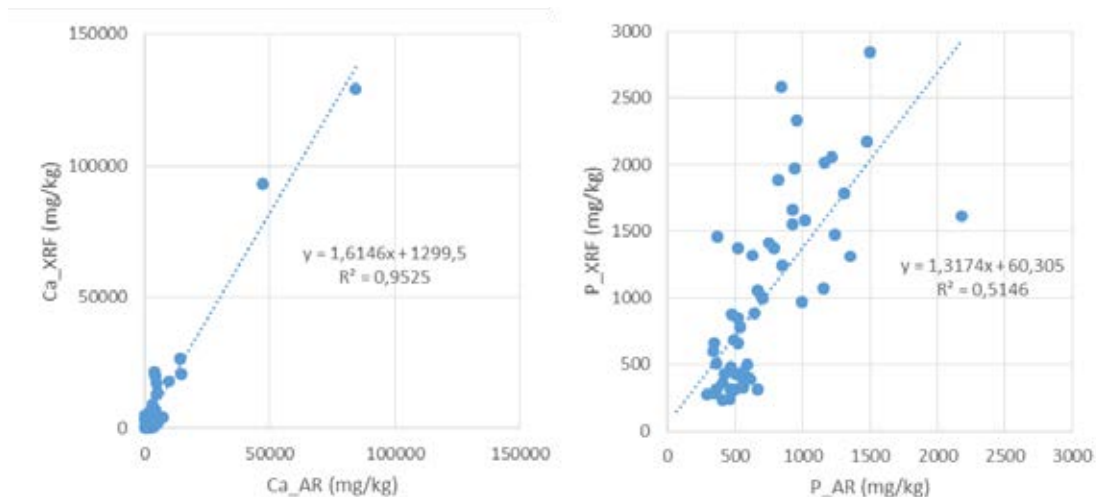
³Masarykova univerzita – Přírodovědecká fakulta, Brno

⁴Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha-Zbraslav

Stav lesních půd významně ovlivňuje produkční schopnosti a stabilitu lesních ekosystémů a také jejich schopnost adaptace na změnu klimatu a rovněž může být limitujícím faktorem pro dlouhodobou udržitelnost lesního hospodářství. V současné době provádí průzkumy stavu lesních půd v ČR tři resortní organizace – VÚLHM (program ICP Forests a další navazující projekty), ÚHÚL (typologický průzkum a národní inventarizace lesů), ÚKZÚZ (průzkum stavu půd v imisních oblastech). Vzhledem k rozdílům v metodikách jednotlivých typů průzkumů i nedostatečné hustotě plošného pokrytí odběrovými místy je pro podrobnější hodnocení stavu lesních půd nutné využít metody prostorového modelování vlastností lesních půd s použitím modelů založených na konkrétních vztazích zjištěných v zájmovém území. Cílem projektu „Vývoj a verifikace prostorových modelů vlastností lesních půd“ (SOILPROMO) bylo shromáždit dostupná data z jednotlivých půdních průzkumů za posledních cca 20 let (celkem cca 18 000 půdních vzorků ze zhruba 7 600 lokalit). Po vyhodnocení prostorového pokrytí zájmového území odběrovými místy byla doplněna další odběrová místa v oblastech nedostatečně pokrytých a nově bylo dozorkováno zhruba 50 lokalit. Z dostupných dat byla vytvořena agregovaná databáze pro tři vrstvy půdy (organický horizont FH, minerální půdu v hloubkách 0–30 cm a 30–80 cm), jež byla doplněna o další atributy (charakteristiky prostředí a geografické parametry). Část dat sloužila jako vstupní údaje pro tvorbu modelů, část pro jejich verifikaci.

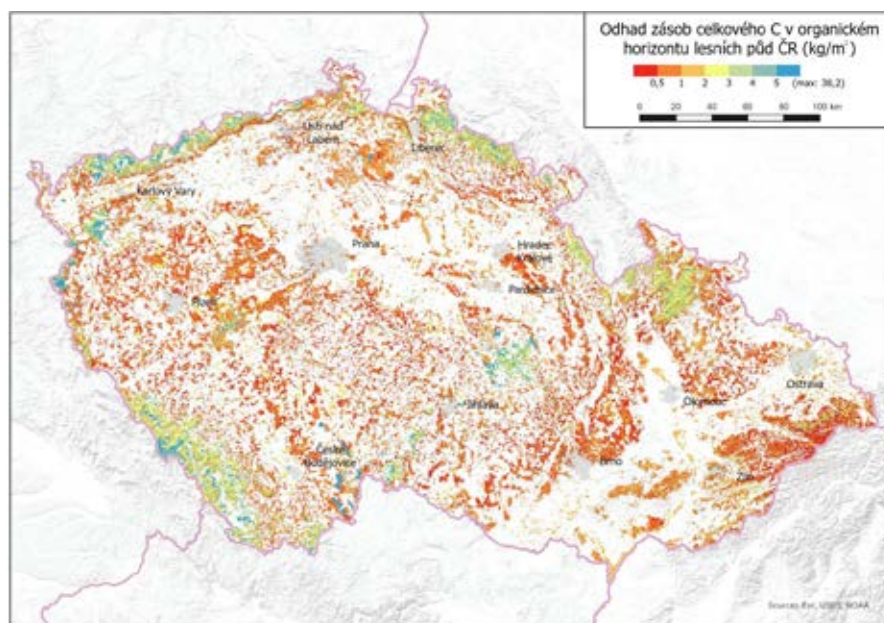
Nejprve byla provedena kontrola a validace vstupních dat, byly identifikovány chyby a navržen postup kontroly a validační limity pro jednotlivé parametry chemických analýz půd (pro „warning“ a „error“) nejen na základě pravděpodobnostního rozmezí zjišťovaných hodnot jednotlivých parametrů, ale rovněž pro ověření správnosti dat na základě vztahů mezi jednotlivými parametry půdního chemismu. Podrobný postup je uveden v metodice „Kontrola kvality dat v rozsáhlých databázích chemických vlastností lesních půd“ (Šrámek et al, 2020).

Dalším krokem byly srovnávací laboratorní analýzy. V jednotlivých půdních průzkumech jsou používány různé metodiky jak při samotných odběrech vzorků, tak při laboratorních analýzách jednotlivých parametrů; bylo tedy třeba ověřit vzájemnou porovnatelnost metod a možnost vzájemného přepočtu výsledků získaných různými metodami. Na 100 archivovaných vzorcích půdy byly testovány metody stanovení přístupných prvků používané v laboratořích VÚLHM a ÚKZÚZ – výluh BaCl₂ vs. výluh Mehlich III a metody stanovení celkového obsahu prvků – výluh lučavkou královskou (VÚLHM) a výluh HNO₃ (ÚKZÚZ). Dále bylo testováno stanovení celkového obsahu prvků metodou XRF (rentgenová fluorescenční spektroskopie) v porovnání s oběma výše zmíněnými metodami stanovení celkového obsahu prvků, a porovnání dvou metod stanovení přístupného P, výluh směsí kyselin a výluh Mehlich III a jejich porovnání s oxalátovým výluhem.



Obr. 1: Srovnání metod stanovení prvků ve výluhu lučvkou královskou a metodou XRF

Data v takto vytvořené agregované databázi doplněná o další parametry potřebné pro vývoj modelů (reliéf terénu, nadmořská výška, srážky, teplota, typologická charakteristika, smíšenost porostu, půdní typ aj.) pak byla použita pro vlastní modely, přičemž jednotlivé proměnné a parametry byly vhodným způsobem kategorizovány. Modely byly vytvořeny kombinací metod prediktivního prostorového modelování, geostatistických metod (prostorové autokorelace) a běžného krigingu pro prostorovou interpolaci hodnot. Takto byly vytvořeny modely a následně mapy celkových zásob uhlíku a hlavních živin v organickém horizontu a v minerální půdě, přístupných živin, modely hodnot aktivního a výměnného pH, nasycení sorpčního komplexu bázemi v minerální půdě (0–30 cm a 30–80 cm) a modely ohrožení lesních půd acidifikací.



Obr. 2: Příklad výstupu modelu – mapa zásob organického uhlíku v nadložním organickém horizontu

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován s využitím výsledků řešení projektu NAZV QK1920163.

Využití GAMM modelů při hodnocení časoprostorových trendů v defoliaci hlavních dřevin v ČR v období 1998–2021

Kateřina Neudertová Hellebrandová

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady

Hodnocení zdravotního stavu lesa na základě vizuálního hodnocení defoliace korun (ztráty asimilačního aparátu vyjádřená v procentech) v rámci programu ICP Forest probíhá v České republice od roku 1986. Šetření se uskutečňuje na 306 plochách v síti 16 x 16 km, která je ve vybraných lokalitách doplněna o síť 8 x 8 km. V této podobě se monitorační síť ustálila na konci 90. let.

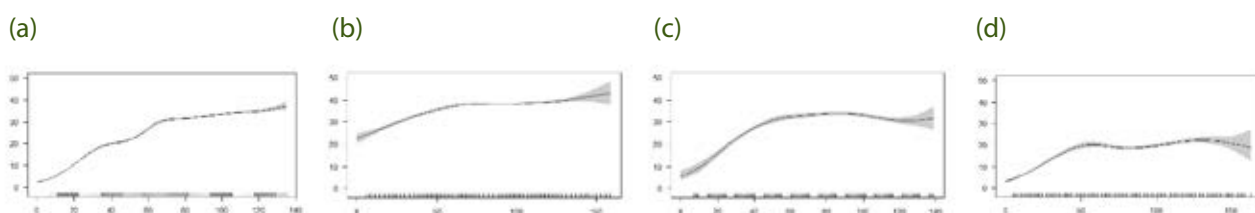
Cílem tohoto příspěvku je detekovat časoprostorové trendy v defoliaci hlavních dřevin (smrk ztepilý (*Picea abies*), borovice lesní (*Pinus silvestris*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), dub zimní/letní (*Quercus petraea/robur*) v období 1998–2021 pomocí zobecněného aditivního smíšeného modelu (GAMM – Generalized Additive Mixed Model). Použitý model vychází z modelu:

$$\text{logit } E(y_{it}) = \text{logit } E(\mu_{it}) = f_1(\text{věk porostu}_{it}) + f_2(\text{long}_i, \text{lat}_i, \text{rok}_t)$$

kde y_{it} je průměrná defoliace dřeviny na ploše $i=1, \dots, n$ v roce $t=1998, \dots, 2021$. f_1 je jednorozměrná funkce věku porostu a f_2 je trojrozměrná funkce roku hodnocení a souřadnic plochy.

Nejvyšší podíl vysvětlené celkové variability dosahuje model pro smrk ($R^2=0.667$, $n=4116$), dále pro borovici ($R^2=0.607$, $n=2718$) a pro dub ($R^2=0.5762$, $n=1463$) a nejméně celkové variability vysvětluje model pro buk ($R^2=0.438$, $n=1269$).

Věk porostu i časoprostorová komponenta vykazují signifikantní vliv na hodnotu defoliace ($p<0.0001$). Závislost defoliace na stáří porostu se liší podle jednotlivých druhů (obr. 1).



Obr. 1: Vliv věku porostu na defoliaci pro hlavní dřeviny ČR (a) smrk, (b) borovice, (c) dub, (d) buk. Šedá oblast představuje 95% konfidenční interval.

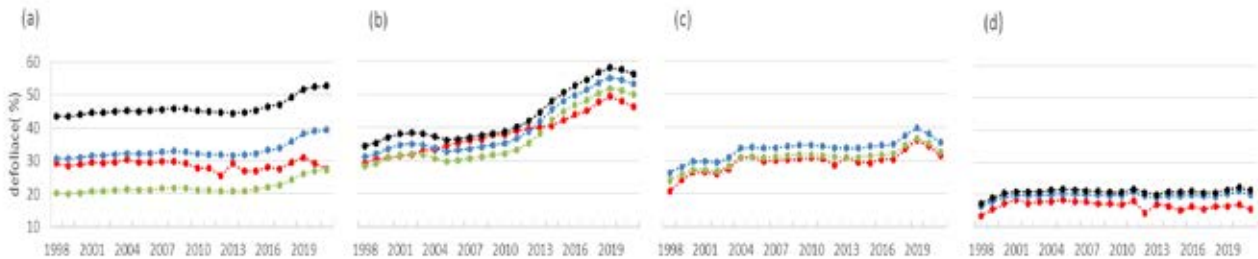
Defoliace smrku zůstávala více méně stejná, bez jakéhokoliv signifikantního trendu do roku 2015 (obr. 2). Od roku 2015 až do roku 2021 je patrný signifikantní růst hodnot defoliace na hladině významnosti $\alpha = 0.001$ (testováno Mann-Kendallovým testem). Tato akcelerace je způsobena výrazným obdobím sucha v letech 2014–2018 a související kůrovcovou kalamitou. Nejvyšší průměrná defoliace byla zaznamenána v roce 2019, při odstranění vlivu stáří porostu můžeme nejvyšší defoliaci pozorovat v roce 2021.

Defoliace borovice vykazuje signifikantní nárůst za celé sledované období. Po odstranění vlivu stáří porostu na defoliaci je možné sledované období rozdělit na dvě: období 1998–2005 bez signifikantního trendu

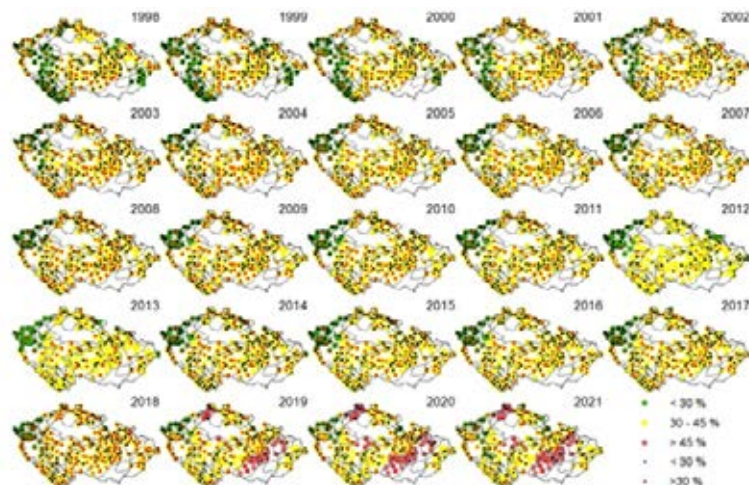
a období 2006–2021, které se vyznačuje signifikantním ($\alpha = 0.001$) vzestupem hodnot defoliace v rozsahu 33–53 % pro porost věku 110 let (medián věku borovice za sledované období).

Defoliace dubu, která se pohybuje v rozsahu od 26 do 40% pro porost věku 78 let (medián věku dubu vykazuje slabý signifikantní trend ($\alpha = 0.001$) pro celé sledované období a výrazný, ale méně signifikantní trend ($\alpha = 0.01$) v období 1998–2005. K výraznému nárůstu a následnému poklesu došlo v období 2017–2021.

Defoliace buku je ze všech čtyř sledovaných dřevin nejnižší a nevakazuje žádný signifikantní trend po celé hodnocené období.



Obr. 2: Průměrná defoliace hlavních dřevin ČR období 1998–2021 (a) smrk, (b) borovice, (c) dub, (d) buk; červeně – pozorovaná defoliace, zeleně – defoliace 50. letého porostu, černě – defoliace 150 letého porostu, modře – defoliace porostu ve věku, odpovídajícímu mediánu věku daného druhu v období 1998–2021 (smrk 92 let, borovice 110 let, dub 78 let, buk 67 let).



Obr. 3: Časoprostorový model defoliace smrku ve věku 92 let na území ČR pro období 1998–2021. Modelovaná defoliace je znázorněna barevnou plochou, skutečná pozorovaná defoliace je znázorněna černými a červenými tečkami.

Obrázek 3, graficky znázorňuje prostorové změny v defoliaci smrku ve věku 92 let (medián za sledované období) na území ČR.

Defoliace hlavních dřevin ČR s výjimkou buku signifikantně stoupá za celé hodnocené období. Její nárůst je akcelerován vlivem sucha a souvisejících sekundárních stresových faktorů. Použitý GAMM model se ukázal jako vhodný zejména pro modelování dat defoliace smrku a borovice.

Poděkování

Vznik tohoto příspěvku byl finančně podpořen Ministerstvem zemědělství ČR na základě smlouvy O - 12/2018, a dále z poskytnuté institucionální podpory č. MZE-RO0118.

Trendy ve výživě dřevin na dlouhodobě sledovaných plochách

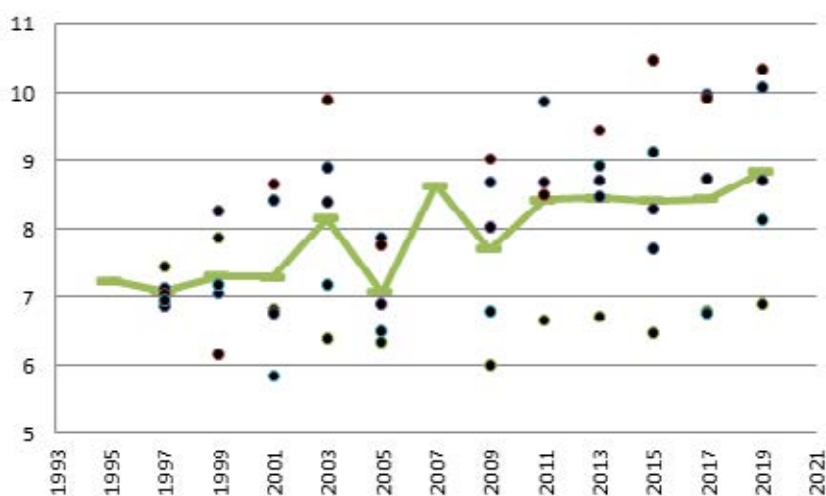
Radek Novotný, Vít Šrámek

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady

Mezi dlouhodobě sledované plochy, na kterých je pravidelně hodnocena také úroveň výživy dřevin, patří vybrané plochy monitoringu ICP Forests (úroveň II.) a plochy v bývalých imisních oblastech (kde se sleduje vývoj po odsíření hlavních zdrojů znečištění ovzduší). U nejdéle sledovaných ploch jde o smrkové porosty, v prvním případě se jedná o dospělé porosty (>80 let), ve druhém případě se jedná o mladé porosty (<50 let). Odběr vzorků pro analýzu koncentrace prvků v asimilačním aparátu byl zahájen v polovině 90. let 20. století a pokračuje i v současnosti. To znamená, že nejdéší řady údajů dosahují téměř třicet let.

U dospělých porostů na plochách ICP Forest jsou vzorky odebírány v lichých letech od roku 1995, u mladých porostů každoročně od roku 1994. Odběr vzorků probíhá z horní třetiny koruny, k analýze jsou odděleny letorosty (jednoleté jehličí) a jehlice předchozího roku (dvouleté jehličí). Standardně se stanovuje koncentrace N, P, Ca, K, Mg, Zn pro hodnocení výživy a S, Cl, F pro hodnocení antropogenní zátěže.

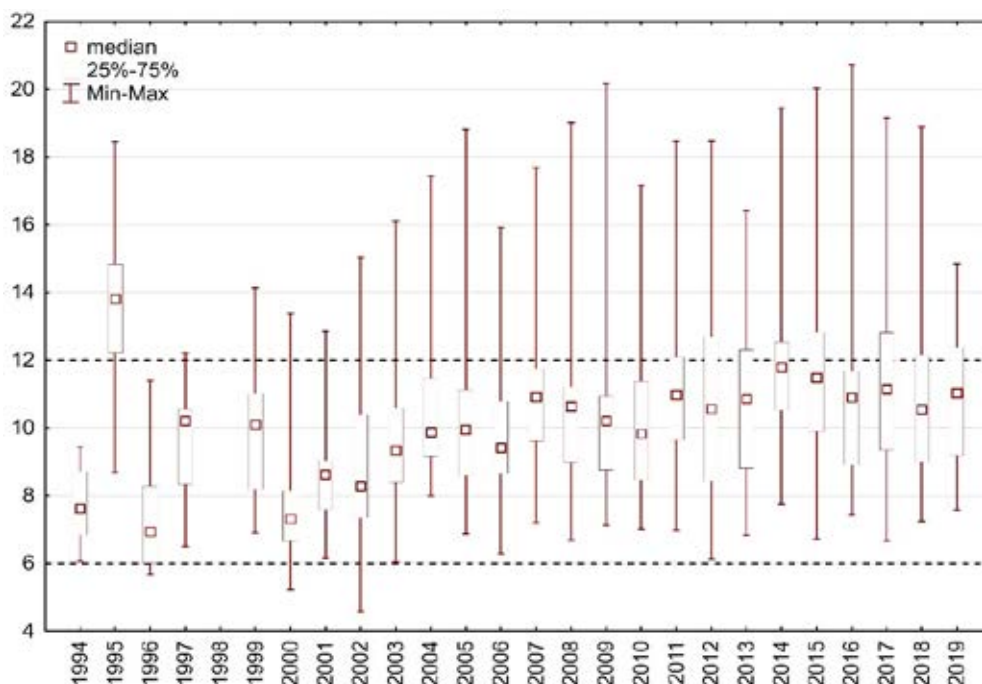
U dospělých porostů dochází v průběhu sledování ke kolísání koncentrace dusíku, nejčastěji kolem hodnoty 13 g/kg v jednoletém a 12 g/kg ve dvouletém jehličí, v lokalitách s vyšší úrovní depozice dusíkatých látek se pohybují kolem hodnoty 15 g/kg a výše. U fosforu je za stejné období pozorován pozvolný mírný pokles koncentrace, a to platí pro oba sledované ročníky jehličí. Mezi dusíkem a fosforem tak dochází k pozvolnému nárůstu hodnot vzájemného poměru (obr 1). U dvouletého jehličí již v některých případech dochází k překročení horní hranice optima, za které je pro poměr N/P považováno rozmezí hodnot 6–12. Koncentrace hořčíku v průběhu sledování také kolísají. U hořčíku navíc existují rozdíly mezi analyzovaný-



Obr. 1: Poměr N/P ve dvouletém jehličí dospělých smrkových porostů na ploše intenzivního monitoringu Lazy (890 m n. m.) v období 1995-2019

mi ročníky – v letorostech koncentrace v průběhu sledovaného období kolísá, ale ve dvouletém jehličí lze nalézt trend pozvolného mírného zvyšování koncentrace. Koncentrace draslíku se v celém sledovaném období vyvíjí odlišně na plochách ve středních a vyšších polohách. Zatímco ve středních polohách se pohybují nejčastěji kolem hodnoty 6 g/kg, v horských polohách (>800 m n. m.) klesají i pod hodnotu 3 g/kg sušiny. U vápníku se v horských polohách setkáváme s koncentracemi kolem 2 g/kg, zatímco ve středních polohách můžeme konstatovat postupný mírný nárůst koncentrací a to až na dvojnásobek za celé sledované období. Síra byla vždy považována za typický zátěžový prvek a její koncentrace vypovídaly o zátěži prostředí imisemi. To dnes platí již jen omezeně a na síru se stále častěji díváme spíše jako na důležitou živinu. Koncentrace síry byly nejvyšší v 90. letech 20. století, poté došlo k významnému poklesu na hodnoty pohybující se kolem 1 g/kg.

U mlazin (v době založení šlo o porosty 1. a 2. věkového stupně) jsou změny nejvíce patrné také u dusíku a fosforu, resp. u jejich vzájemného poměru (obr. 2). Ten se zvyšuje a posunuje se mimo optimální rozpětí. Častěji k tomu dochází u dvouletého jehličí. Nejvíce postiženým regionem jsou z tohoto pohledu Lužické a Jizerské hory, zřejmý je tento trend také v dalších sledovaných regionech (Krušné hory, Krkonoše, Orlické hory).



Obr. 2: Poměr N/P ve dvouletém jehličí mladých smrkových porostů Krušných hor, průměr z 20 sledovaných ploch v období 1994-2019

Poděkování

Monitoring stavu lesa prováděný v rámci mezinárodních aktivit ICP Forests je finančně podporován Ministerstvem zemědělství ČR, monitoring mladých smrkových porostů je hrazen z poskytnuté institucionální podpory č. MZE-RO0118.

Rastová odozva borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) na nedávne zmeny klímy a výšky hladiny podzemných vôd

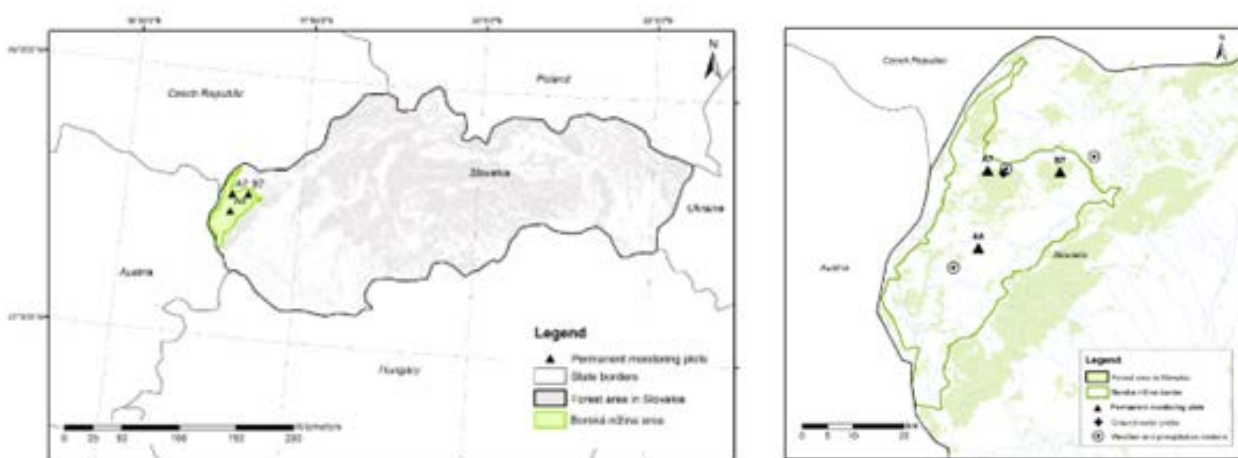
Jozef Pajtík¹, Zuzana Sitková¹, Peter Marčiš², Michal Bošela²,
Pavel Pavlenda¹, Bohdan Konôpka¹

¹Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

²Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Zvolen

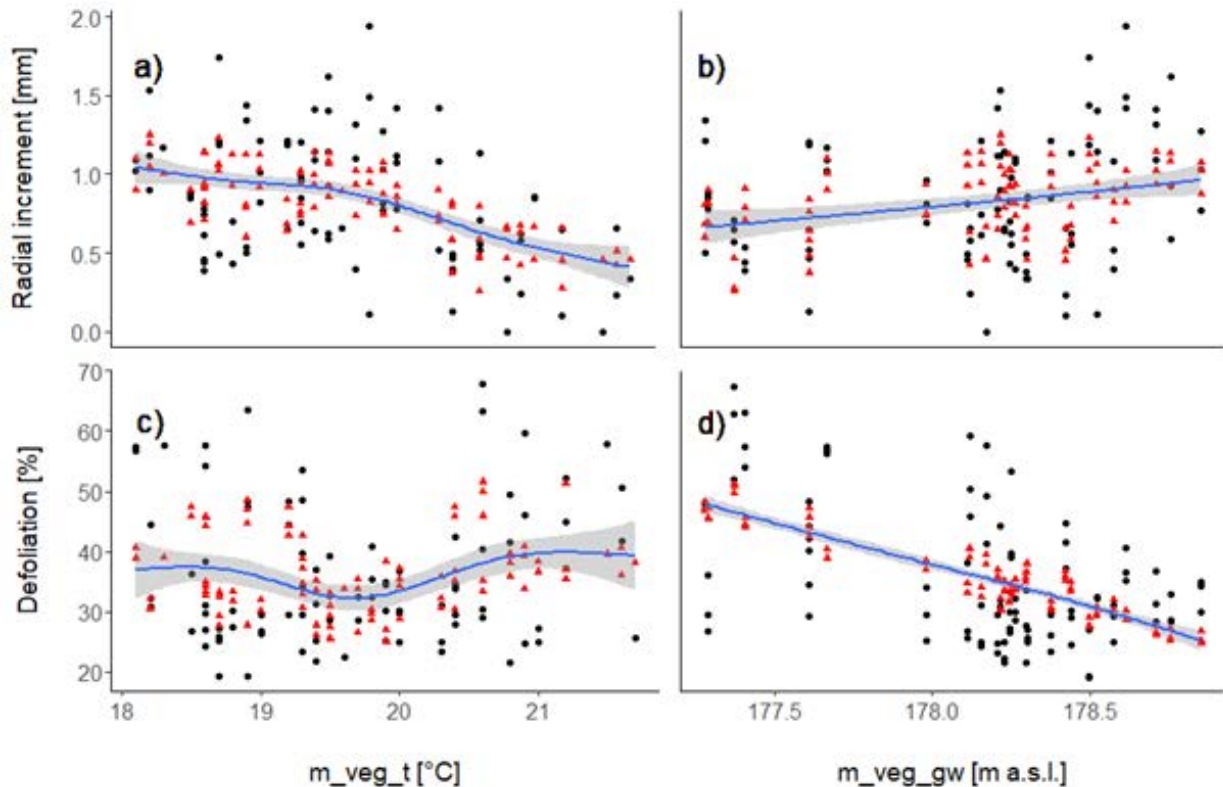
Tento príspevok sa zameriava na analýzu vplyvu klímy a výšky hladiny spodnej vody na hrúbkový rast a defoliáciu borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) v podmienkach výrazne písknatých pôd. Výskum sa uskutočnil na západe Slovenska, v oblasti eolických pískov Borskej nížiny, kde bolo v poslednom desaťročí pozorované výrazné chradnutie borovíc. Meranie prírastkov a hodnotenie defoliácie sme uskutočnili na troch trvalých monitorovacích plochách medzinárodnej siete ICP Forests počas rokov 1989 – 2018 na celkovom počte 150 stromových jedincov. Vplyv klimaticko-hydrologických faktorov sme skúmali s využitím metód korelačnej analýzy a lineárnych zmiešaných modelov. Zistili sme, že na veľkosť priemerného ročného radiálneho prírastku borovice má významný vplyv predovšetkým priemerná teplota vzduchu za mesiace jún – august a rovnako aj priemerná výška hladiny spodnej vody zaznamenaná v týchto mesiacoch. Tieto dva faktory tiež významne vplývajú na stupeň defoliácie korún. V modeli vysvetľujú 26 % z celkovej variability prírastkov a 32 % z celkovej variability defoliácie. Naše výsledky tiež ukázali, že z dlhodobého hľadiska pri znížení priemernej výšky hladiny spodnej vody v letnom období o 0,5 m došlo k zvýšeniu defoliácie približne o 10 %.

Výsledky našich analýz preukázali pozitívnu reakciu hrúbkového rastu na letné zrážky, ktorá je obvyklá u borovíc v nízkych a stredných polohách v celej strednej Európe, najmä na suchých miestach. Nepotvrdil sa však



Obr. 1: Lokalizácia výskumných plôch, staníc SHMÚ a meračov hladiny spodnej vody z ktorých data boli použité v tomto príspevku

často uvádzaný pozitívny vzťah medzi šírkou letokruhov a priemernou teplotou vo februári a/alebo marci pre borovicu lesnú rastúcu v nízkych a stredných nadmorských výškach v strednej časti Európy. Naša štúdia naznačila, že pri priemernej teplote v letných mesiacoch môžeme hovoriť o takzvanom pásme optima, kedy pri priemerných teplotách od 19 °C do 20 °C dochádza k nižšej strate asimilačných orgánov. Tento vzťah je však zatiaľ iba hypotetický a je potrebné ho overiť ďalším výskumom.



Obr. 2: a), c) vzťah radiálneho prírastku, resp. defoliácie borovic a priemerných letných teplôt (m_veg_t), b), d) vzťah radiálneho prírastku, resp. defoliácie a priemernej výšky hladiny spodnej vody v letnom období (m_veg_gw). Čierne body predstavujú namerané hodnoty, červenou sú označené predikované hodnoty vypočítané pomocou modelu. Modrá krivka predstavuje vyrovnanie predikovaných hodnôt pre lepšiu interpretovateľnosť, šedé pásy predstavujú 95 % interval spoľahlivosti predikcie krivky.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-18-0223 a zmluvy č. APVV-16-0325.

Zásoby organického pôdneho uhlíka v prechodnej zóne les – trvalý trávny porast

Pavel Pavlenda, Hana Pavlendová

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Príspevok sa zameriava na detekciu vplyvu zmeny využívania pôdy na vývoj zásob uhlíka v pôde, pričom v danom prípade za zmenu vo využívaní považujeme spontánne zarastanie okrajov trvalých trávnych porastov lesnými drevinami a posun vplyvu lesného porastu na stav pôdy.

Existuje niekoľko spôsobov, ako testovať zmeny zásob uhlíka v pôde po zmene využívania pôdy. Používanie každého z nich čelí veľkej neistote v informáciách o priestorových údajoch a čase od zmeny využívania pôdy. Zmena trávnych porastov na les je v strednej Európe pomerne bežnou zmenou využívania pôdy.

Špecifickým prípadom je postupné „rozširovanie“ lesa, keď pozemok susediaci s lesom je obhospodarovaný ako lúka, ale vďaka technike kosenia sa trávnatý porast tesne pri okraji lesného porastu nekosí, semenáčky drevín prežívajú a odrastajú a okraj lesa sa tak môže v priebehu desaťročí posunúť o niekoľko metrov až desiatky metrov.



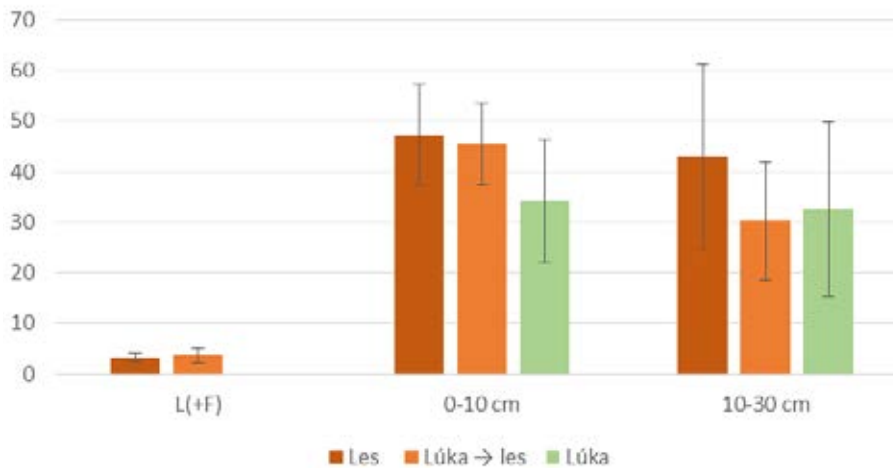
Obr. 1: Príklad okraja lúky, ktorý zarastá lesnými drevinami a mení podmienky pre akumuláciu a premeny organického uhlíka v pôde

Stav pôdneho organického uhlíka (POU) bol zisťovaný na lokalite v pohorí Javorie na strednom Slovensku, geologický podklad: neovulkanity s prevahou andezitu, nadmorská výška 420 m, HSLT živné dubové bučiny, pôda je klasifikovaná ako kambizem. Vzorky pôdy z hĺbok 0-10 cm, 10-30 cm (ako aj vzorky povrchového organického horizontu) boli odobraté z 5-tich úsekov (transektov) cez okraj lesného porastu Slovensku s dominanciou hraba a prímiesou duba, buka, lipy a brezy. Dve odberné miesta v každom transekte boli v lesnom poraste, dve v pásme okraja lesa na bývalom trávnom poraste (zarastaná lúka) a dve na lúke (v dostatočnej vzdialenosti od okraja lesa, kde už nie je vplyv drevinovej vegetácie).

Výsledky nameraných koncentrácií uhlíka, ako aj vypočítané zásoby ukazujú trend zvyšovania zásoby uhlíka v pôde v prechodnej zóne (na zarastajúcej lúke). Hodnoty zásob v pôde do hĺbky 10 cm (ktorú môže najvýraznejšie ovplyvniť vegetácia) v prechodnej zóne (Lúka → Les) boli veľmi podobné zásobe v lese a výrazne vyššie ako v trávnatých porastoch. Celková vypočítaná zásoba v danej hĺbke bola $47,1 \pm 10,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ v lese, $45,4 \pm 8,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ v prechodnej zóne (rozšírená plocha lesa) a $34,2 \pm 12,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na lúke. Vypočítaná zásoba v hĺbke 10 – 30 cm bola $43,0 \pm 18,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ v lese, $30,2 \pm 11,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ v prechodnej zóne a $32,6 \pm 17,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na lúke. Zásoba organického uhlíka v nadložnej organickej vrstve je $3,45 \pm 1,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Hoci lokalita bola vybratá tak, aby bola podľa viditeľných znakov čo najhomogénnejšia, merané koncentrácie uhlíka, objemová hmotnosť, koncentrácia uhlíka i podiel pôdneho skeletu sa značne líšili. Variačný koeficient pre zásoby uhlíka bol pritom najvyšší zo súboru odberných miest na lúke. Napriek tomu bol rozdiel medzi aritmetickými hodnotami zásoby uhlíka v hĺbke 0-10 cm na lúke a v prechodnej zóne k lesu signifikantný.

Proces významnejšieho ovplyvňovania okraja lúky sa podľa odhadu začal asi pred 50 rokmi. V tom prípade by prepočítaná ročná miera akumulácie uhlíka bola približne $0,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.



Obr. 2: Porovnanie zásob pôdneho organického uhlíka do hĺbky 30 cm podľa lokalizácie odberných miest voči okraju lesa

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-18-0223. Táto práca vznikla aj vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 3130115735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kritické úrovne stomatálneho toku ozónu na vybraných plochách ICP Forest

Hana Pavlendová, Zuzana Sitková, Pavel Pavlenda

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumny ústav Zvolen

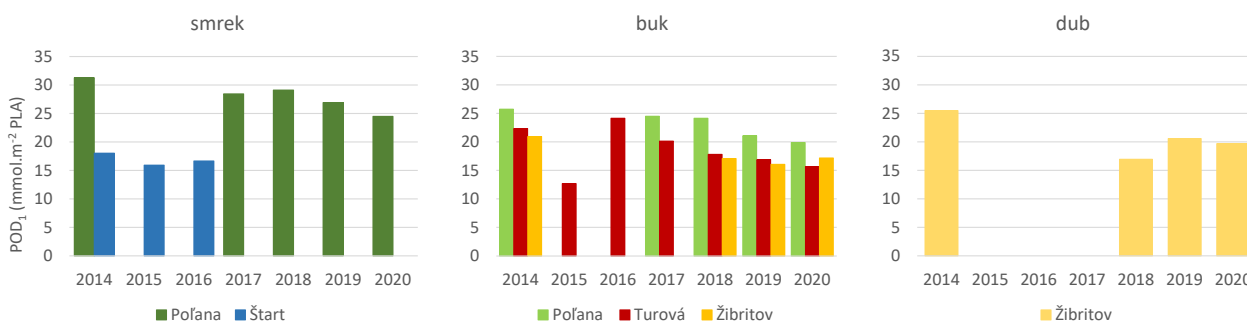
Kvalita ovzdušia v synergickom pôsobení s ďalšími abiotickými a biotickými činiteľmi má stále významný vplyv na vývoj a zdravotný stav živých organizmov. Hoci sme v poslednom desaťročí zaznamenali mierny pokles ozónových koncentrácií, kritické úrovne koncentrácií ozónu stanovené na ochranu vegetácie sú neustále prekračované nielen na Slovensku ale aj takmer celom území Európy (EEA 2018). Diaľkový prenos ozónu a jeho prekursorov spolu s lokálnou tvorbou radia Slovensko medzi krajiny s najvyšším ozónovým znečistením spomedzi európskych krajín (ICP Forests 2016).

V príspevku vyhodnocujeme kritické úrovne stomatálneho toku ozónu, tzv. fytotoxické ozónové dávky (POD₁, počítané pomocou modelového výpočtu programu DO3SE) na vybraných trvalých monitorovacích plochách II. úrovne programu ICP Forests v rokoch 2014 – 2020.

POD₁ sa hodnotil pre dreviny smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.), buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) a dub zimný (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) na plochách Poľana – Hukavský grúň (850 m n.m.), Tatranská Lomnica – Štart (1150 m n.m.), Žibritov (520 m n.m.) a Turová (640 m n.m.).

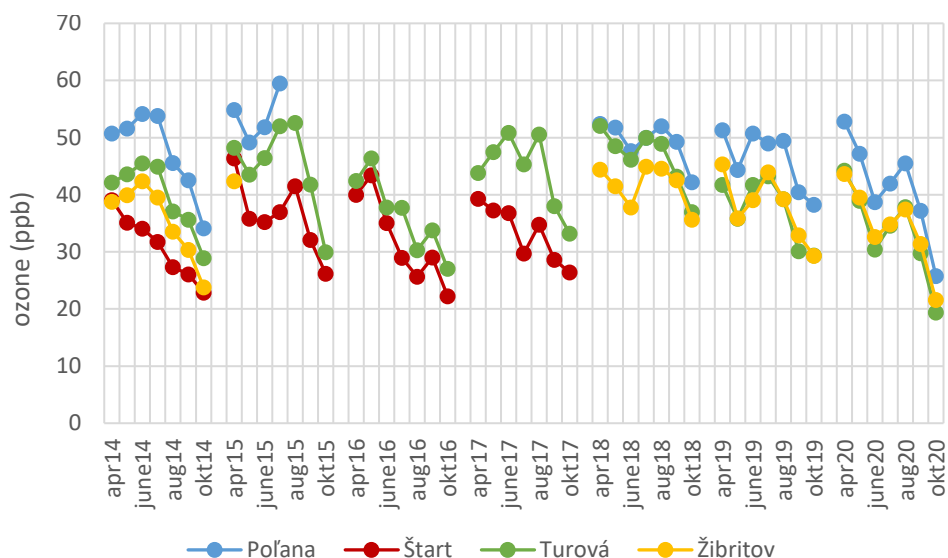
Priemerná koncentrácia ozónu v mesiacoch apríl – október v rokoch 2014 – 2020 sa pohybovala v rozpätí od 30,9 do 49,3 ppb (Obr. 1). Koncentrácie rástli s nadmorskou výškou iba lokálne, na strednom Slovensku v profile Žibritov – Turová – Poľana. Vo Vysokých Tatrách v profile Stará Lesná – Štart – Skalnaté Pleso sa vyskytovali o niečo nižšie koncentrácie prízemného ozónu (Bičárová et al. 2019).

Pre všetky lokality boli vypočítané dlhodobé imisné limity pre ozón POD₁ (fyto toxická ozónová dávka), ktorá sa počíta na princípe tokov ozónu do rastliny. Výsledky výpočtu s využitím modelu DO3SE, verzia 3.1.0, sú uvedené na obrázku 2. Hodnoty POD₁ sa pohybovali od 15,92 do 31,30 mmol.m⁻² PLA pre drevinu smrek, od 12,96 do 25,73 mmol.m⁻² PLA pre drevinu buk a od 16,93 do 25,73 mmol.m⁻² PLA pre drevinu dub.



Obr. 1: Priemerné mesačné koncentrácie ozónu vo vegetačnom období rokov 2014-2020 na plochách Poľana – Hukavský grúň, Tatranská Lomnica – Štart, Turová a Žibritov

Pri oboch drevinách (smrek, buk) v každom hodnotenom roku došlo k výraznému prekročeniu druhovo špecifickej kritickej úrovne POD1. Druhovo špecifická kritickej úroveň (CLSPEC) je 5,2 mmol.m⁻² PLA pre buk a 9,2 mmol.m⁻² PLA pre smrek. Pri dosiahnutí tejto CL je očakávaná strata na prírastku (4 resp. 2 %) ešte únosná. Pre dub doposiaľ nebola druhovo špecifická kritickej úroveň stanovená, preto sme použili údaj z integrovaného modelovania (IAM), ktorého hodnota je 5,7 mmol.m⁻² PLA, s potenciálnou stratou na prírastku 4 %.



Obr. 2: POD1 v rokoch 2014-2020 pre smrek na plochách Poľana – Hukavský grúň a Tatranská Lomnica – Štart, pre buk na plochách Poľana – Hukavský grúň, Turová a Žibritov a pre dub na poche Žibritov

Takéto vysoké prekročenia by teoreticky mali viesť k ročnej strate na prírastku u smreka o 5 – 7 % na Poľane a o 3 – 4 % na Štarte. U buka by malo viesť k strate o 18 – 23 % na Poľane, o 14 – 19 % na Žibritove a o 11 – 22 % na Turovej. U duba na Žibritove, kde hodnotíme straty iba prostredníctvom POD_IAM, došlo k teoretickej strate na prírastku o 13 – 19 % (Mills et al. 2017).

Pri hodnotení potenciálneho rizika ozónu prostredníctvom fytotoxických ozónových dávok pre lesné ekosystémy je potrebné vziať do úvahy fakt, že súčasne navrhované kritické úrovne POD1 pre buk a smrek vychádzajú z experimentov na mladých jedincoch do 15 rokov (napr. Braun a Flückiger 1995, Büker et al. 2015). U lesných drevín zvyčajne mladé jedince reagujú inak ako dospelé a v budúcnosti bude nevyhnutné revidovať navrhované kritické úrovne na základe podrobného, tzv. "dose-effect" výskumu na dospelých drevinách (Mills et al. 2017).

PodĎakovanie

Výsledky boli získané vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekty „Výskum a vývoj bezkontaktných metód pre získavanie geopriestorových údajov za účelom monitoringu lesa pre zefektívnenie manažmentu lesa a zvýšenie ochrany lesov (FOMON, ITMS 313011V465) a v rámci riešenia úlohy Monitoring lesov Slovenska (ČMS Lesy), financovanej z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (úloha č. 14 Kontraktu 347/2021/MPRV SR-710 medzi MPRV SR a NLC).

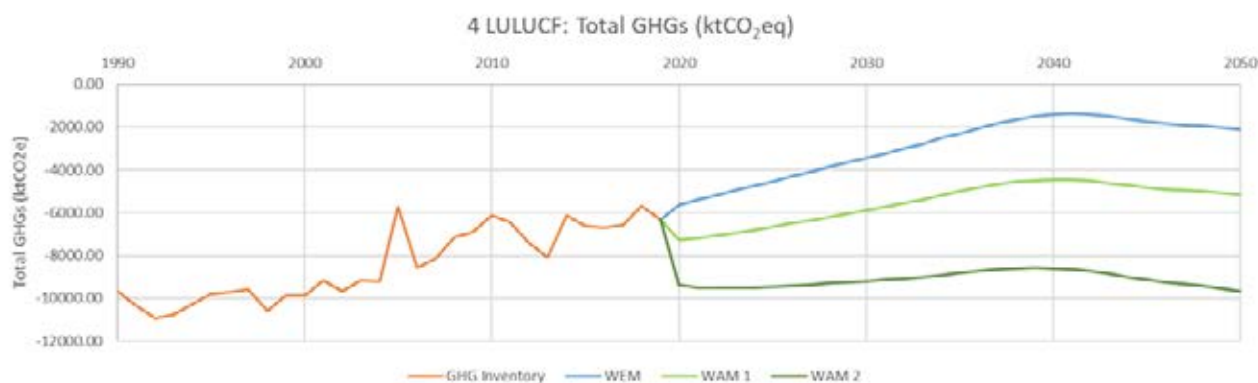
Očakávaný vývoj emisií/záchytov skleníkových plynov v sektore Využívanie krajiny, zmeny vo využívaní krajiny a lesníctvo na Slovensku do roku 2050

Tibor Priwitzer, Ivan Barka

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Príspevok sa zaoberá predpokladaným vývojom emisií/záchytov hlavných skleníkových plynov - GHG (CO_2 , CH_4 a N_2O) v sektore Využívanie krajiny, zmeny vo využívaní krajiny a lesníctvo (LULUCF) na Slovensku do roku 2050. V príspevku sa venujeme účinku prijatých, realizovaných a plánovaných opatrení a politik a analýze ich dopadu na tento vývoj v jednotlivých kategóriách využívania krajiny (lesy – Forest land, poľnohospodárska krajina - Cropland, trvalé trávne porasty - Grassland, mokrade - Wetlands, sídla - Settlements, ostatná krajina – Other land), v kategórii výroby z vyťaženého dreva - Harvested wood products, ale aj v celom sektore LULUCF.

Expertná skupina LULUCF spracovala na základe dostupných informácií tri scenáre vývoja emisií od roku 2018 do roku 2050: scenár s existujúcimi opatreniami (WEM scenár) a 2 scenáre s dodatočnými opatreniami (WAM1 a WAM2 scenár). Výsledok modelovania projekcií emisií/záchytov GHGs je prezentovaný na Obrázku 1 a v Tabuľke 1. Pri všetkých 3 scenároch je predpokladaný pokles záchytov GHGs, ktorý je spôsobený predovšetkým východiskovou vekovou štruktúrou lesných porastov, zodpovedných za podstatnú časť záchytov sektora. V scenári WEM boli implementované opatrenia prijaté a realizované do roku 2020, pričom tieto opatrenia nezabránili poklesu záchytov GHGs, a to až na úrovni -78 % v porovnaní s rokom 1990. V scenári WEM boli zohľadnené politiky a opatrenia z oficiálnych národných strategických dokumentov a programov platných na Slovensku do roku 2020, hlavne z Národných lesníckych programov SR 2007-2013 a 2014-2020 (MPRV SR), Plánu rozvoja vidieka SR 2004-2006 a Programov rozvoja vidieka 2007-2013, 2014-2020 (MPRV SR) a z Nízkouhlíkovej stratégie rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (MŽPSR, 2020).



Obr. 1: Výsledok modelovania scenárov WEM, WAM1 a WAM2 pre projekcie emisií/záchytov skleníkových plynov v sektore LULUCF

V scenároch WAM1 a WAM2 boli zapracované opatrenia z dostupných oficiálnych národných strategických dokumentov a programov platných na Slovensku po roku 2020, z Národného lesníckeho programu (MPRV SR), Nízkouhlíkovej stratégie SR, a Stratégie environmentálnej politiky SR 2030 (MŽPSR, 2020). Pri implementácii dodatočných opatrení (Tabuľka 1) do scenára WAM1, záchyty klesli v porovnaní s rokom 1990 o -47 %. Pri implementácii opatrení v WAM2 scenári možno očakávať záchyty CO₂ eq. v roku 2050 porovnateľné s rokom 1990. Historicky najnižšie záchyty CO₂ v sektore LULUCF boli zaznamenané v roku 2005, na čom sa výrazne podieľala kategória Lesy, v dôsledku veľkej vetrovej kalamity vo Vysokých Tatrách. WEM aj WAM1 scenár vykazujú klesajúce záchyty v porovnaní s rokom 2005 (63% pri scenári WEM a 10% pri scenári WAM). Výraznejší pokles projektovaných záchytov po roku 2020 pri WEM scenári, v porovnaní s WAM scenárom, je spôsobený vyšším poklesom záchytov v kategórii Lesy, Poľnohospodárska krajina aj Trvalé trávne porasty a nárastom emisií z kategórií Sídla a Ostatná krajina. Oproti tomu scenár WAM2 vykazuje o 69% vyššie záchyty v roku 2050 v porovnaní s rokom 2005.

Tab. 1: Celkový trend projekcií emisií/záchytov skleníkových plynov podľa scenárov WEM, WAM1 a WAM2 v sektore LULUCF

YEAR	WEM	WAM1	WAM2
	kt CO ₂ eq.		
1990	-9655.40	-9655.40	-9655.40
1995	-9770.80	-9770.80	-9770.80
2000	-9852.18	-9852.18	-9852.18
2005	-5711.50	-5711.50	-5711.50
2010	-6144.82	-6144.82	-6144.82
2015	-6615.41	-6615.41	-6615.41
2020	-5623.35	-7281.35	-9382.19
2025	-4529.29	-6663.05	-9457.91
2030	-3446.87	-5887.53	-9206.74
2035	-2303.90	-5005.42	-8828.60
2040	-1417.16	-4452.15	-8608.47
2045	-1736.03	-4823.23	-9124.12
2050	-2112.87	-5158.06	-9661.17
COMPARISON WITH 1990	-78%	-47%	0.1%

Z hľadiska zmeny klímy je LULUCF sektor unikátny, nakoľko dokáže emisie GHGs predovšetkým zachytávať, a len v malej miere je sektor aj producentom emisií týchto plynov. Posledné publikované výsledky inventarizácie skleníkových plynov na Slovensku za rok 2020 uvádzajú, že v dôsledku ľudskej činnosti bolo vyprodukovaných 37 003 kt CO₂ eq. emisií. V rámci sektora LULUCF bolo zachytených -8 747 kt CO₂ eq., čo predstavuje 24 % zo všetkých vyprodukovaných emisií. Lesy (Forest land) sú v rámci LULUCF na Slovensku najvýznamnejšou kategóriou, ktorá zabezpečuje viac ako 2/3 záchytov CO₂ v tomto sektore. Okrem tejto kategórie vykazujú záchyty CO₂ aj kategórie poľnohospodárska krajina a trvalé trávne porasty a tiež produkty z vyťaženého dreva, avšak z bilančného hľadiska sú oveľa menej významné. Naopak emisie CO₂, CH₄ a N₂O sú produkované v kategóriách sídla a ostatná krajina, tiež pri spaľovaní biomasy po ťažbe v lesoch, pri lesných požiaroch, ako aj pri mineralizácii pôdy v dôsledku zmien v ich využívaní.

Podakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-20-0215.

Integrovaný lesnícko-ekologický výskum vzácných horských lesov v oblasti Tatier

Zuzana Sitková

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumny ústav Zvolen

Predmetom príspevku je predstaviť zámery a aktivity nového projektu aplikovaného výskumu s názvom „Integrovaný lesnícko-ekologický výskum vzácných horských lesov v oblasti Tatier“ (akronym FORECALL), ktorý začalo Národné lesnícke centrum v spolupráci s Výskumnou stanicou Štátnych lesov TANAPu (v súčasnosti už Správa TANAPu) riešiť v júli roku 2021 na území Tatranského národného parku, najstaršieho národného parku na Slovensku (od roku 1949). Počas doby riešenia projektu (2021–2024) sa tím riešiteľov bude venovať komplexnému zhodnoteniu dlhodobých dôsledkov zmeny klímy, vetrovej kalamity a následného vývoja na horské lesy Tatier s dôrazom na ekologické interakcie a zintenzívňovanie prírodných rizík v území. Zámerom je efektívne využiť a prepojiť rôzne typy geopriestorových databáz s hodnotnými historickými aj novozískanými údajmi terestrických prieskumov pre analýzu časovej a priestorovej dynamiky vývoja lesných ekosystémov s ohľadom na zmeny vodného režimu, deštrukcie povrchov, bilanciu uhlíka, zmeny rastu, biodiverzity a obnovu lesa (obr. 1). Zároveň sa má vytvoriť základ pre komplexný a systematický lesnícko-ekologicko-ochranársky výskum, najmä v nezhodnotených častiach územia, a získať vedecky podložené argumenty, ktoré majú ambíciu prispieť k lepšiemu zladovaniu záujmov lesníckeho manažmentu územia a ochrany prírody. Čiastkové ciele projektu FORECALL sú definované nasledovne:

- Cieľ 1 Spracovať a analyzovať dlhodobý vývoj lesných porastov v predmetnom území na základe dátových zdrojov DPZ s rôzne podrobným časovým a priestorovým rozlíšením (satelitné, letecké snímky – multispektrálne a LiDAR – letecký aj pozemný)
- Cieľ 2 Analyzovať vplyv postupného rozpadu lesov a klimatickej zmeny na vodný režim a degradačné procesy povrchov a pôdy vo vybranej časti územia
- Cieľ 3 Plošne zmapovať a vyhodnotiť časové zmeny v bilancii a zásobách uhlíka v severnej časti Vysokých Tatier
- Cieľ 4 Zhodnotiť dynamiku pokalamitného vývoja horských lesov a zmapovať zmeny v raste drevín, v biodiverzite druhov, ako aj zmeny iných stanovištných ukazovateľov na základe precíznych terestrických meraní s odstupom viac ako 20 rokov a s ohľadom na prebiehajúcu zmenu klímy
- Cieľ 5 Realizovať a porovnať pokalamitný vývoj umelej a prirodzenej obnovy lesa v mladých porastoch vo vzťahu ku klimatickým faktorom a k intenzite výchovných zásahov (prerezávok).

Výstupom projektu má byť návrh opatrení a manažmentových odporúčaní pre lesnícku prevádzku a online web-mapová aplikácia ako užívateľsky dostupný nástroj s možnosťou dynamického zobrazovania vývoja porastov na základe aktualizovaných údajov diaľkového prieskumu zeme. Zazmluvneným odberateľom výsledkov výskumu získaných v rámci projektu je subjekt z praxe – Lesy Mesta Spišská Belá, s.r.o.



Obr. 1: Ilustračné foto. Projekt aplikovaného výskumu FORECALL sa zameriava na rôzne lesnícko-ekologické aspekty a interakcie na území Tatier v podmienkach klimatickej zmeny: na dynamiku pokalamitného vývoja vzácnych fragmentov horských lesov, na zmapovanie postupného rozpadu lesov prostriedkami DPZ, bilancie uhlíka, na terestrický monitoring meteorologických podmienok a rastu drevín, ako aj na zhodnotenie nežiadúcich javov, napríklad deštrukcií pôdnych povrchov po extrémnych zrážkových udalostiach.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy APVV–20–0365 Integrovaný lesnícko-ekologický výskum vzácnych horských lesov v oblasti Tatier a tiež v rámci projektu Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy (TREEADAPT), podporeného z kontraktu medzi MPRV SR a NLC.

Produkčné charakteristiky lesných drevín na základe údajov dlhodobého monitoringu lesov Slovenska

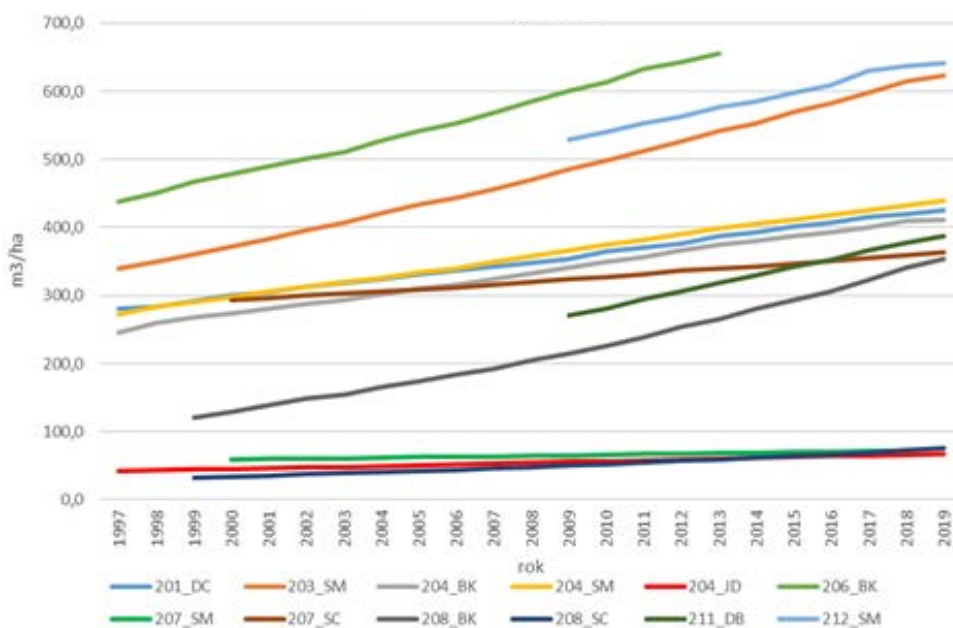
Zuzana Sitková¹, Jozef Pajtík¹, Pavel Pavlenda¹, Roman Sitko²

¹Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

²Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Zvolen

Predmetom príspevku je zhodnotenie databázy dlhodobých produkčných charakteristík hlavných lesných drevín (buk, smrek, dub) na úrovni 8 trvalých monitorovacích plôch intenzívneho monitoringu lesov Slovenska v rámci medzinárodnej siete ICP Forests. Na základe každoročne meraných hodnôt obvodov kmeňov na fixne označených stromových jedincoch na každej TMP a v súlade s metodikou ICP Forests, boli vypočítané objemy biomasy na úrovni jednotlivých stromov v každom roku merania. Na základe vypočítaných objemov boli v rámci každej TMP odvodené rôzne produkčné charakteristiky pre stromy sociologického postavenia 1 a 2. Okrem ročných prírastkov na polomere (ir), na kruhovej základni (iG, iG%) a ročných objemových prírastkov (iV) bola vypočítaná čistá primárna produkcia (NPP) vyjadrená ako ročný objemový prírastok nadzemnej biomasy všetkých sledovaných stromov danej dreviny na TMP, ďalej prepočítaná na jednotku plochy, t.j. kruhovú základňu (NPPG).

Vývoj ročných hektárových zásob ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) jednotlivých druhov drevín na každej TMP v období 1997 – 2019 prezentuje obr. 1. Dub cer na TMP Čifáre dosiahol v roku 2019 priemernú zásobu $425 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Smrek má



Obr. 1: Vývoj ročných hektárových zásob ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) jednotlivých druhov drevín v období 1997 – 2019 zistených na TMP druhej úrovne (Level II) na Slovensku

najvyššiu zásobu v homogénnych smrekových porastoch, na horských lokalitách v Nízkych Tatrách (TMP Železno $642 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a Jasenie $624 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Buk na TMP Turová dosiahol najvyššie priemerné hektárové zásoby v roku 2013 ($655 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), následne v máji 2014 bol porast zasiahnutý kalamitou Žofia. Buk a smrek v zmiešanom horskom poraste na TMP Poľana-HG dosiahli v roku 2019 podobnú hektárovú zásobu (bk $412 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a sm $439 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Čo sa týka čistej primárnej produkcie (NPPG), najvyššie priemerné hodnoty ročného objemového prírastku na jednotku plochy sme zistili u buka a smrekovca na TMP Svetlice ($0,57$, resp. $0,46 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$) a u duba zimného na Svetliciach (TMP 208) a Žibritove (TMP 211) ($0,43 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$). Na základe analýzy rastu jednotlivých druhov drevín na všetkých TMP sme za obdobie 1997–2017 zistili významne klesajúci trend relatívneho prírastku na kruhovej základni u dreviny buk ($R = 0,58$), smrek ($R = 0,62$) aj dub zimný ($R = 0,73$). Naproti tomu, dub cerový (*Q. pubescens*) nevykazoval na TMP Čifáre (201) v posledných dvoch desaťročiach významné zmeny v raste ($R = 0,07$), pravdepodobne z dôvodu, že ide o drevinu najlepšie adaptovanú na nárast teploty vzduchu a xerothermné podmienky. Najvýraznejší pokles rastu je možné pozorovať v prípade drevín buk (*F. sylvatica*), smrek (*P. abies*) a dub zimný (*Q. petraea*) v rokoch 2003 a 2006, keď sa v celej Európe vyskytli mimoriadne vlny horúčav a suchá letá.



Obr. 2: Hodnoty čistej primárnej produkcie (NPPG) jednotlivých drevín na TMP Level II na Slovensku, vyjadrených ako ročný objemový prírastok v m^3 na m^2 kruhovej základne počas obdobia 1997–2019. Priemer NPPG pre jednotlivé TMP bol počítaný za nasledovné obdobia: 1997–2019 pre TMP201,203,204; 1997–2013 pre TMP206; 2000–2019 pre TMP207; 1999–2019 pre TMP208; 2010–2019 pre TMP 211 a TMP212.

PodĎakovanie

Výsledky boli získané v rámci riešenia úlohy Monitoring lesov Slovenska (ČMS Lesy), financovanej z rozpočtovej kapitoly MPRV SR, ako aj vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekty „Výskum a vývoj bezkontaktných metód pre získavanie geopriestorových údajov za účelom monitoringu lesa pre zefektívnenie manažmentu lesa a zvýšenie ochrany lesov (FOMON, ITMS 313011V465) a „Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva“ (ITMS 313011S735), spolufinancovaných zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Klimatická vodná bilancia – operatívny ukazovateľ vlhkostných pomerov na lesných lokalitách Slovenska

Zuzana Sitková, Milan Konôpka

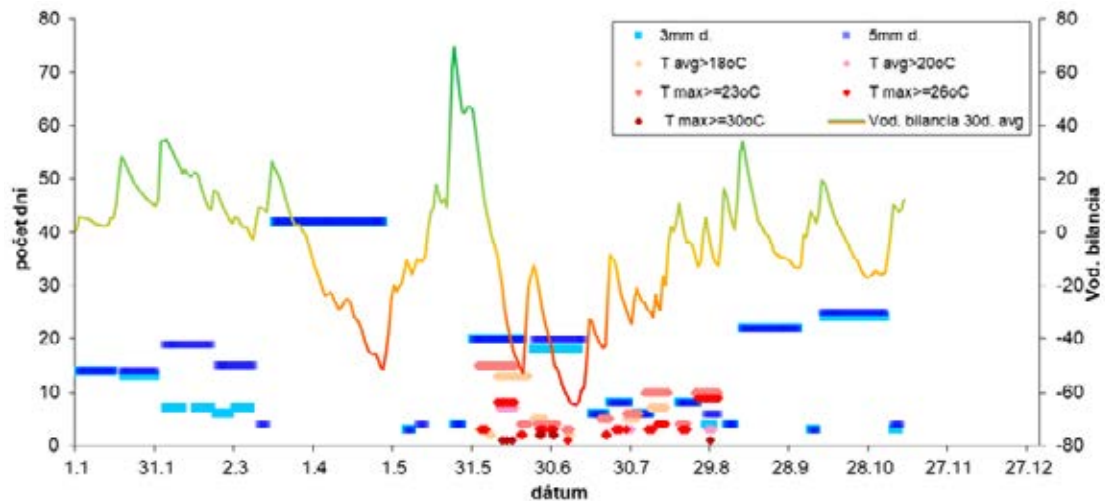
Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Zámerom je prezentovať možnosti využitia operatívnych meteorologických údajov meraných v sieti staníc lesníckeho meteorologického monitoringu pre získanie rámcového prehľadu a rýchlej informácie o aktuálnych vlhkostných podmienkach alebo vodnej bilancii konkrétnej vegetačnej sezóny v jednotlivých lesných lokalitách v rámci Slovenska. V ostatnom roku bola do prevádzky uvedená aplikácia online lesníckych meteorologických údajov (www.forestweather.sk), ktorej cieľom bolo spojiť staničné meteorologické siete prevádzkované Národným lesníckym centrom a Technickou univerzitou vo Zvolene na jednu spoločnú platformu.

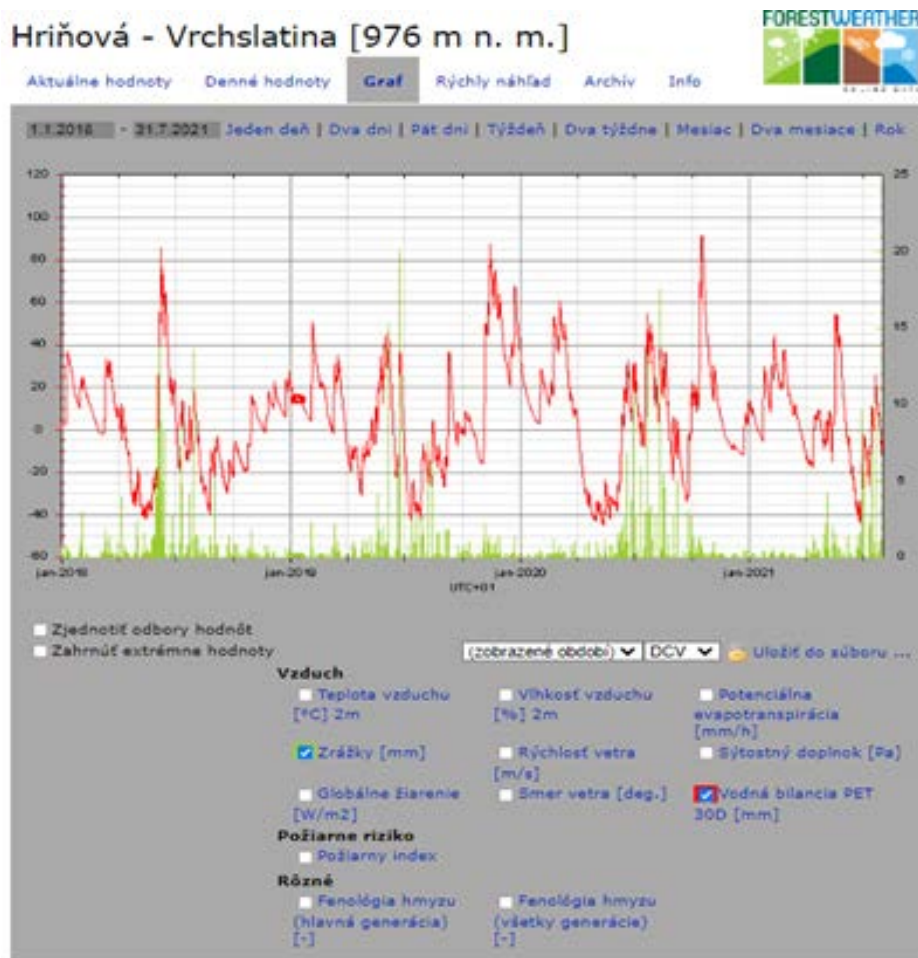
Okrem štandardnej grafickej vizualizácie všetkých základných meteorologických prvkov meraných na jednotlivých staniách bol do web-aplikácie implementovaný algoritmus pre výpočet odvodeného parametra - klimatickej vodnej bilancie (CWB – climatic water balance). Hodnoty tejto veličiny sú odvodené z rozdielu medzi zrážkami (Z) a potenciálnou evapotranspiráciou (PET), pričom ide o 30-dňové exponenciálne kĺzavé vážené priemery. Kladné hodnoty ukazovateľa charakterizujú nadbytok vlhavy a záporné hodnoty naopak deficit vlhavy na danej lesnej lokalite (meteorologické sucho). Príkladom spracovania a konkrétneho využitia lesníckych meteorologických údajov pre identifikáciu extrémnych meteorologických epizód v roku 2019 na vybranej lokalite na Kysuciach (Husárik), kde v ostatných rokoch dochádza k masívnemu rozpadu smrekových porastov. Problematika vplyvu dôsledkov novodobej klimatickej zmeny na lesné komplexy je pre lesnícku prevádzku aktuálna, aj z hľadiska adaptácie budúceho lesníckeho manažmentu v podmienkach KZ. Prehľad období a počtu klimatologicky "extrémnych" dní s nedostatkom zrážok a s výskytom extrémnych teplôt vzduchu v roku 2019, spolu so zobrazením krivky klimatickej vodnej bilancie (Z-PET) na výskumnej lokalite Husárik je znázornený na obr. 1. Prezentované sú rôzne odvodené charakteristiky, ako napríklad výskyt maximálnej dennej teploty nad vybrané teplotné hranice (T_{max} nad 23°C, 26°C a 30°C) a priemernej dennej teploty – T_{avg} nad 18°C alebo 20°C. Dĺžka čiar je úmerná trvaniu teplotnej situácie. Vidíme frekventovaný výskyt extrémnych teplôt vzduchu počas celého leta 2019, najmä v júni a začiatkom júla. Zároveň máme možnosť sledovať počet po sebe idúcich dní bez zrážok, resp. s veľmi miernymi zrážkami v maximálnom objeme do 3 mm alebo 5 mm za deň (modrá). Krivka vodnej bilancie dopĺňa celkový obraz vývoja klimatickej situácie v roku 2019, ktorá vo vegetačnom období a najmä počas leta bola výrazne negatívna. Príklad zobrazenia hodnôt klimatickej vodnej bilancie na lokalite Hriňová-Vrchslatina (Poľana) v rokoch 2018 až 2021 priamo na stránke lesníckeho meteorologického monitoringu na Slovensku (www.forestweather.sk) prináša obr. 2.

PodĎakovanie

Výskum bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-16-0325, ako aj v rámci riešenia projektov FOMON (ITMS 313011V465) a LIGNOSILVA - Centrum excelentnosti lesnícko-dreárskeho komplexu LignoSilva (ITMS 313011S735), spolufinancovaných zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci OPII.



Obr. 1: Prehľad výskytu období a počtu klimatologicky “extrémnych” dní s nedostatkom zrážok a výskytom extrémnych teplôt vzduchu v roku 2019 na lokalite Kysuce-Husárik (530 m n.m.), spolu so zobrazením krivky klimatickej vodnej bilancie (mm).



Obr. 2: Ukážka vizualizácie odvodeného parametra klimatickej vodnej bilancie (mm, červená čiara) a úhrnu zrážok (mm, zelená čiara) na lokalite Vrchslatina v období 1.1.2018 – 31.7.2021 na stránke lesníckeho meteorologického monitoringu na Slovensku www.forestweather.sk.

Depozície v lesoch SR

Slávka Tóthová¹, Milan Konôpka²

¹Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Centrum excelentnosti LignoSilva

²Národné lesnícke centru – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Odbor ekológie lesa

Monitorovacie plochy na meranie depozície v lesoch SR sú lokalizované v nadmorských výškach od 225 do 1 200 m, s rôznorodým drevinovým zložením, ktoré reprezentuje lesné porasty v SR (smrekové porasty v Lomnistej doline – Jasení, zmiešaný smrekovo – jedľovo – bukový porast na Poľane, bukové porasty v Turovej a Svetliciach a dubový porast v Čifároch). V roku 2009 boli založené 2 plochy, v smrekovom lese (Železnô) a v dubovom lese (Žibritov), kde sú depozície hodnotené od roku 2010. V minulosti sa vzorky odoberali v pravidelných 2 – týždňových intervaloch počas celého roka. Z ekonomických dôvodov bolo od roku 2012 zavedené vzorkovanie vo frekvencii 2x mesačne, zároveň bol zredukovaný rozsah chemických analýz. Starostlivosť o plochy, kolektory a odbery vzoriek na Slovensku vykonávajú dlhodobo dve stabilizované pracovné skupiny technikov NLC, čo zabezpečuje primeranú kvalitu terénnych prác. Chemické analýzy vzoriek realizuje akreditované Centrálné lesnícke laboratórium NLC vo Zvolene. Nadmorská výška monitorovacích plôch ovplyvňuje najmä množstvo celoročných úhrnov zrážok, ktoré sú významným faktorom pri prepočte koncentrácií iónov vo vzorkách zrážok na hodnotu celkovej depozície. Drevinové zloženie lesných porastov ovplyvňuje chemizmus zrážkových vôd zachytených v lese.

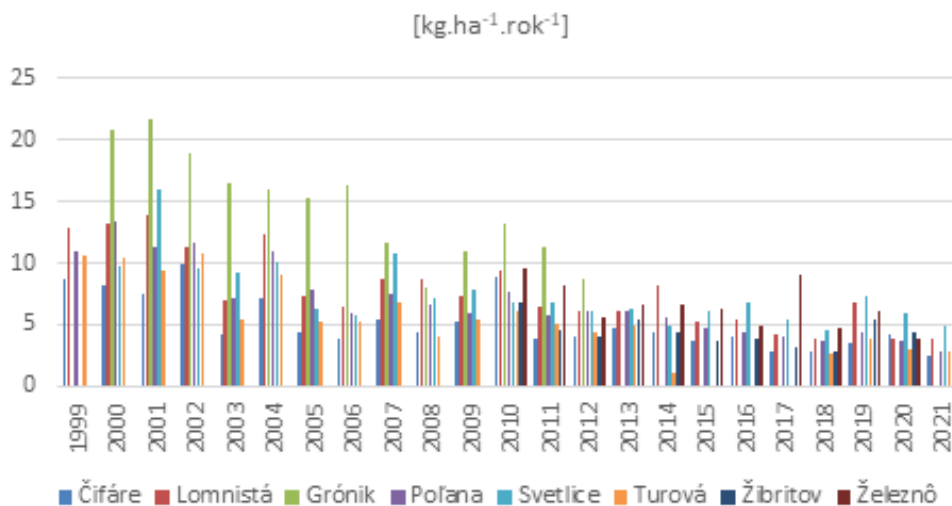
Meranie depozície síry, dusíka a bázických katiónov (Ca, Mg, K, Na) v období posledných 5 rokov (2017 až 2021) prinieslo nasledovné poznatky. Zmiešaná depozícia síry sa pohybovala v intervale 2,6 až 6,9 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (Čifáre a Železnô), v lesných porastoch 2,5 až 9 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (Čifáre a Železnô) pričom vyššie hodnoty boli zaznamenané na plochách vo vyšších nadmorských výškach s vyšším množstvom zrážok. V lesných porastoch bola dlhodobo zisťovaná najvyššia depozícia síry v smrekovom poraste na Kysuciach (TMP Grónik), kde ešte v roku 2000 dosahovala hodnoty viac ako 20 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Z dôvodu kalamitnej ťažby v území bol monitoring v tejto lokalite ukončený v roku 2013. Dlhodobé hodnoty pre depozíciu síry v lesných porastoch na všetkých monitorovacích plochách v SR sú uvedené na obr. 1.

Depozícia dusíka (N·NO₃⁻ + N·NH₄⁺) na plochách bez zápoja lesných drevín je vyššia ako depozícia síry, v posledných 5 rokoch bola v intervale 5,4 až 21,72 kg. ha⁻¹. rok⁻¹ (Poľana a Železnô). Táto zásadná zmena nastala už v roku 2003.

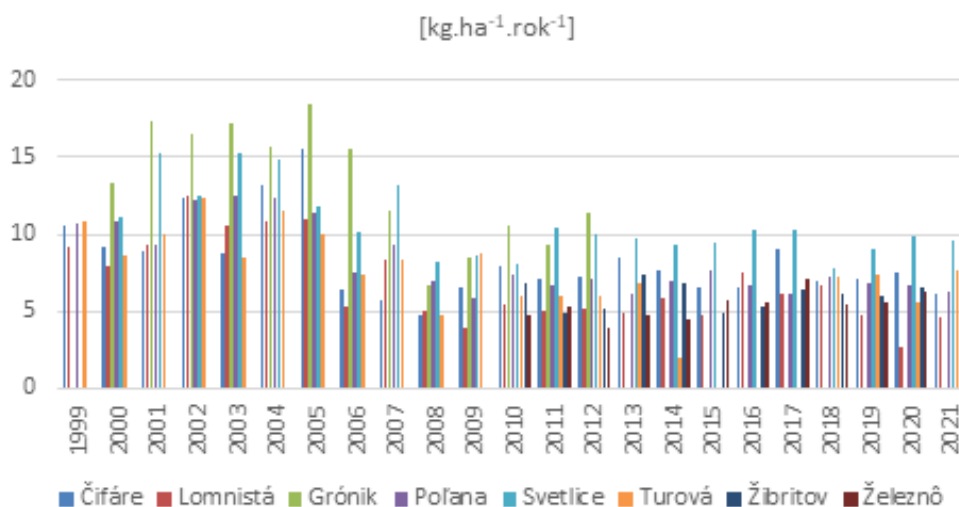
Depozícia dusíka (N·NO₃⁻ + N·NH₄⁺) v lesných porastoch bola vyššia ako depozícia síry do roku 2017 len v listnatých a zmiešaných porastoch, t. j. na monitorovacích plochách Svetlice, Turová, Poľana, Čifáre a Žibritov. Od roku 2017 je tento jav prítomný už aj v ihličnatých lesoch, t. j. na plochách v Lomnistej doline a Železnom. V posledných 5 rokoch bola depozícia dusíka v lesoch v intervale 2,74 až 10,22 kg. ha⁻¹. rok⁻¹ (Lomnistá a Svetlice). Dlhodobé hodnoty pre depozíciu celkového dusíka v lesných porastoch na monitorovacích plochách v SR sú uvedené na obr. 1.

Vyššia depozícia bázických katiónov v lesných porastoch, v porovnaní s depozíciou na blízkych plochách bez zápoja lesných drevín, je spôsobená vyluhovaním z asimilačných orgánov lesných drevín, ako aj schopnosťou lesných porastov (najmä ihličnatých) zachytávať tuhé látky z ovzdušia. V lesných porastoch ihličnatých, listnatých aj zmiešaných, z bázických katiónov prevláda depozícia draslíka, v rozpätí 12 až 36 kg.ha⁻¹.rok⁻¹

(v predošlom 5 ročnom období bolo maximum nižšie, len 25 kg), druhé miesto patrí depozícii vápnika, 5 až 10 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Najnižšie, podobne ako na voľných plochách, sú depozície horčíka a sodíka, ktoré sa zvyčajne pohybujú v intervale 1 až 3 kg.ha⁻¹.rok⁻¹.



Obr. 1: Depozícia síry v lesných porastoch na monitorovacích plochách 1999 až 2021



Obr. 1. Depozícia dusíka v lesných porastoch na monitorovacích plochách 1999 až 2021

PodĎakovanie

Výsledky boli získané v rámci riešenia úlohy Monitoring lesov Slovenska (ČMS Lesy), financovanej z rozpočtovej kapitoly MPRV SR na základe kontraktu 347/2021/MPRV SR-710 medzi MPRV SR a NLC. Táto práca vznikla aj vďaka projektu Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy (TreeAdapt) v rámci výskumného zámeru NLC-LVÚ Zvolen.

Chemizmus pôd a asimilačných orgánov lesných drevín v starých databázach

Slávka Tóthová¹, Danica Krupová²

¹Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Centrum excelentnosti LignoSilva

²Národné lesnícke centru – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Odbor ekológie lesa

Cieľom úlohy je zahájiť a naštartovať proces záchrany a identifikácie rozsiahlych súborov údajov o chemických vlastnostiach lesných pôd a asimilačných orgánov, ktoré boli získané pri monitoringu zdravotného stavu lesov v rokoch 1991 až 2000 (možno až 2006) v sieti 4 x 4 km. Prieskum realizoval jeden z predchodcov Národného lesníckeho centra, Lesoprojekt. Vzorky boli odoberané z celého územia Slovenska, približne z 1 400 plôch. Vtedajšie financovanie umožnilo realizovať najrozsiahlejšie chemické analýzy v tisícoch vzoriek pôd, ihličia a lístia, zamerané na stanovenie makroživín, mikroživín, aj rizikových prvkov. Výsledky sa nachádzajú v elektronickej aj listinnej podobe, na rôznych pracoviskách NLC, bez možnosti praktického využitia a sú dôkazom nehospodárneho nakladania s verejnými financiami len v nedávnej minulosti. Aktuálne na NLC pracujú ľudia, ktorí sa blížia k dôchodkovému veku, ale v najbližších rokoch by ešte vedeli prispieť k identifikácii a záchrane spomínaných cenných údajov. Výsledky podobného prieskumu z územia ČR sú už dávno spracované, v 154 stranovej publikácii „Průzkum výživy lesa na území České republiky 1996 – 2011“, ktorú vydal ÚKSUZ v roku 2013 a sú dostupné vlastníkom lesov pre optimalizáciu postupov v oblasti zakladania a pestovania lesov, ako aj melioračných postupov.

Návrh úlohy bol prediskutovaný s riaditeľom UHUL p. Rizmanom, so zodpovedným riešiteľom projektu NIML p. Šebeňom, a vznikol na základe iniciatívy vedúcej akreditovaného chemického laboratória CLL p. Krupovej. V predošlých rokoch boli pripravené a podané 2 projekty do APVV, v snahe získať financovanie pre vedecké a publikačné spracovanie údajov o chemických vlastnostiach lesných pôd, zatiaľ bez úspechu. Podpora úlohy zo strany MPRV SR umožnila vytvoriť štartovací priestor pre identifikáciu dostupných výsledkov v spolupráci dvoch kľúčových zložiek NLC, a to LVÚ a ÚHÚL. V ďalších rokoch plánujeme pristúpiť k štatistickému a grafickému spracovaniu dát a publikovaniu výsledkov.

V prvom roku riešenia, v roku 2021 sme vyhľadali, spracovali do excelovských databáz a územne identifikovali viac ako 18 000 vzoriek pôdy a asimilačných orgánov z celého územia Slovenska. Vychádzali sme z približne 1200 súborov, záchrana údajov a identifikácia bola možná len vďaka spolupráci LVÚ, ÚHÚL a ÚLZI. Merné jednotky boli doplnené Centrálnym lesníckym laboratóriom. Na základe databáz a poznatkov o „hodnoverných údajoch“ pre jednotlivé prvky boli skontrolované a prípadne z ďalšieho spracovania vyradené niektoré výsledky. Odbery vzoriek a analýzy sa viažu k rokom 1991 až 2000 a zahŕňajú široké spektrum výsledkov o obsahu makroživín, mikroživín a vybraných ťažkých kovov.

PodĎakovanie

Výsledky boli získané v rámci riešenia úlohy Monitoring lesov Slovenska (ČMS Lesy), financovanej z rozpočtovej kapitoly MPRV SR na základe kontraktu 347/2021/MPRV SR-710 medzi MPRV SR a NLC.

Tab. 1: Databázy vzoriek pôd a asimilačných orgánov lesných drevín z rokov 1991 až 2000

Rok	Pôdy			Asimilačné orgány		
	Názov databázy	Počet vzoriek	Neidentifikovateľné miesto odberu	Názov databázy	Počet vzoriek	Neidentifikovateľné miesto odberu
1991	1991_Pôda	3 303				
1992	1992_Pôda	1 815	29			
1993	1993_Pôda	581				
1994	1994_Pôda	762	2	MVEG94	3 257	82
				EKO94	334	1
1995	1995_Pôda	771		MON95	123	5
				EKO95	358	21
1996	1996_Pôda	721		ASIM96	394	
1997	1997_Pôda	1 226	78	ASIM97	538	
1998	1998_Pôda	1 237	28	ASIM98	515	
1999	1999_Pôda	1 261		ASIM99	387	
2000	2000_Pôda	1 039		ASIM00	328	
Spolu		12 716	137		6 234	109

Tab. 2: Dreviny a počty vzoriek v databázach

Skr. dreviny	Drevina	Počet vzoriek	Skr. dreviny	Drevina	Počet vzoriek
bk	buk lesný	1488	mk	jarabina mukyňová	19
sm	smrek obyčajný	1355	jx	jelša sivá	15
db	dub	554	bx	jarabina brekyňová - brekyňa	12
hb	hrab obyčajný	526	ts	topoľ šlachtený	12
jd	jedľa biela	350	bp	brest poľný	10
bo	borovica lesná	319	td	topoľ domáci	9
jh	javor horský	237	hr	hruška obyčajná	7
br	breza	165	dc	dub červený	6
cr	dub cerový - cer	136	tp	čremcha obyčajná (třпка)	6
js	jaseň štíhly	122	lb	borovica limbová	5
sc	smrekovec opadavý	115	dp	dub plstnatý	4
jp	javor poľný	98	ov	orech vlašský	4
ag	agát biely	95	dg	duglaska tisolistá	3
lp	lipa	81	gj	gaštan jedlý	3
os	topoľ osikový	52	jn	jabloň planá (plánka)	3
jm	javor mliečny	46	oc	orech čierny	3
cs	čerešňa vtáčia	45	jj	jaseň introdukovaný (ji?)	2
jb	jarabina vtáčia	43	sp	smrek pichľavý	2
vr	vřba	43	vz	brest väzový	2
ks	borovica horská (kosodrevina)	36	jk	jaseň manový	1
bc	borovica čierna	32	jz	jelša zelená	1
bh	brest horský	29	mh	čerešňa mahalebková	1
jl	jelša lepkavá	22			

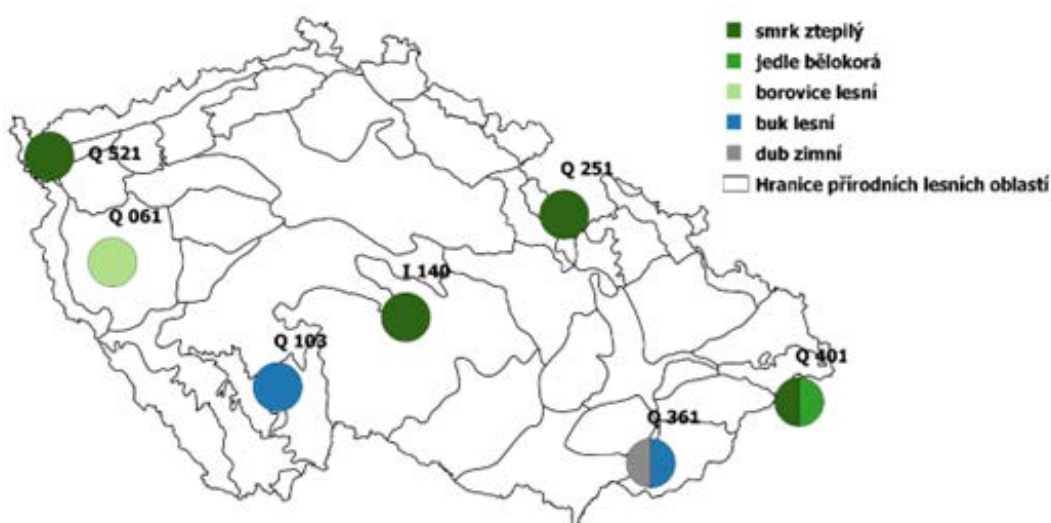
Kontinuální monitoring tloušťkového růstu na plochách ICP Forests v České republice

Monika Vejpustková, Tomáš Čihák, Tomáš Charvát

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady

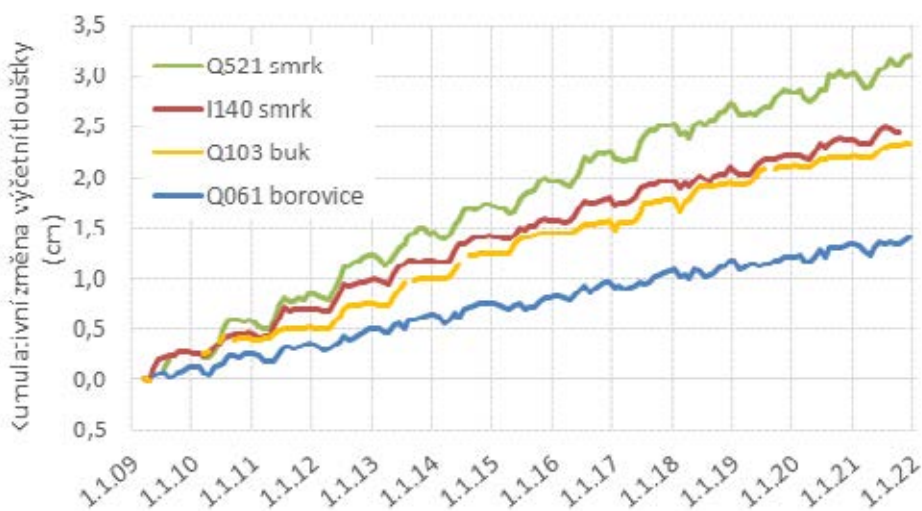
Kontinuální monitoring tloušťkového růstu probíhá na 7 klíčových plochách intenzivního monitoringu ICP Forests (obr. 1). Monitoring pokrývá hlavní lesní dřeviny smrk, borovice, buk, dub a jedle. Na všech plochách je tloušťkový růst kontinuálně sledován pomocí pásových dendrometrů s manuálním odečtem a elektronických pásových dendrometrů. Přírůstoměry s manuálním odečtem DB20 (EMS Brno) jsou instalovány na 15 vzornících dané dřeviny v ochranné zóně plochy. Odečet provádí pozorovatel vždy na konci každého měsíce, výjimkou je plocha I140 – Želivka, kde je odečet prováděn každý třetí den. Elektronické dendrometry jsou instalovány na 6 vzornících dané dřeviny, které reprezentují 3 tloušťkové třídy zastoupené na ploše s nejvyšší četností. Používají se dendrometry DR26 (EMS Brno) napojené na centrální datalogger nebo DRL26 (EMS Brno) s vlastním zabudovaným dataloggerem. Naměřené hodnoty se automaticky ukládají v 30 min intervalu a v případě centrálního dataloggeru se jednou za šest hodin odesílají přes GSM modem do databáze. Dendrometry se zabudovaným dataloggerem je nutné stahovat manuálně přímo v terénu. Všechny stromy s kontinuálními dendrometry jsou z kontrolních důvodů a z důvodu zachování kontinuity řady měření při výpadku elektronického dendrometru opatřeny i manuálními dendrometry. Kontinuální měření přírůstků je realizováno podle metodiky ICP Forests rozpracované ve FutMon Field Protocolu Growth V2_270509 z roku 2009.

Nejdelší řada sledování existuje na ploše Želivka, kde byly první manuální dendrometry osazeny na 9 vzornících smrku již na jaře 2004. Dlouhodobé sledování ukazuje na produkční úroveň smrku na daném stanovišti a je možné z něj odvodit hodnoty ročního tloušťkového přírůstu. Od roku 2004 do roku 2014 je v každé vegetační sezóně jasně odlišitelná perioda intenzivního tloušťkového růstu, v letech 2015–2020 je identifikace růs-



Obr. 1: Lokalizace ploch intenzivního monitoringu ICP Forests s instalovanými dendrometry. Barevně znázorněny dřeviny s osazenými dendrometry.

tové fáze obtížná díky intenzivnímu smršťování kmenů v důsledku dehydratace v období sucha. U některých jedinců smrku je patrný dlouhodobý pokles v růstové intenzitě indikující klesající vitalitu stromu. Porovnání vývoje tloušťkového přírůstu na plochách Q521 Lazy (smrk), I140 Želivka (smrk), Q103 Všeteč (buk) a Q061 Benešovice (borovice) v období 2009-2021 ukazuje zpomalení přírůstu u smrku a buku ze středních poloh od roku 2015 (obr. 2). Smrk z horských poloh má přírůsty vyrovnané a růst má lineární trend. Borovice na chudém vysychavém stanovišti na ploše Benešovice vykazuje dlouhodobě velmi nízké roční tloušťkové přírůsty. Periodicky se opakující intenzivní smršťování kmenů ve vegetační sezóně svědčí o pravidelných přísuších na této lokalitě (obr. 2).



Obr. 2: Průběh kumulativního tloušťkového přírůstu v letech 2009–2021 na plochách intenzivního monitoringu ICP Forests: Lazy Q521, Želivka I140, Všeteč Q103 a Benešovice Q061.

Elektronické dendrometry s vysokou frekvencí záznamu umožňují stanovit nejen hodnoty ročního tloušťkového přírůstu, ale také distribuci přírůstů a intenzitu rozpínání a smršťování dřeva a kůry v průběhu roku. Takto je možné identifikovat růstovou i fyziologickou reakci stromů na sezónní klimatické podmínky, zejména dostupnost vody. Porovnání reakce stromů v suchých letech 2015, 2017 a 2018 ukazuje na odlišnou míru stresu suchem na různých lokalitách a u různých dřevin. Suchem v roce 2015 byla nejvíce zasažena lokalita Benešovice (Západočeská pahorkatina), kde intenzivní smrštění kmenů přetrvalo od začátku července do počátku října. Rok 2017 se negativně projevil ve středních polohách a to především u buku na ploše Všeteč a u smrku na ploše Želivka. V roce 2018 bylo pozorováno intenzivní smršťování kmenů ve středních i vyšších polohách, nicméně v horských polohách celková hodnota ročního tloušťkového přírůstu nebyla negativně ovlivněna.

Sledování přírůstů manuálními dendrometry je komplementární k elektronickým dendrometrům. Umožňuje validovat a kalibrovat elektronické dendrometry, což je důležité pro zachování dlouhodobé kontinuity měření.

Poděkování

Monitoring stavu lesa v rámci programu ICP Forests je finančně podporován Ministerstvem zemědělství ČR na základě smlouvy O - 12/2018 a částečně též z prostředků institucionální podpory MZE-RO0118.



Workshop

o skúsenostiach z implementácie projektu LignoSilva
zameraného na budovanie výskumnej infraštruktúry
a prínose pre lesnícky výskum v rámci výskumného riešenia
aktivity 1.1 projektu CE LignoSilva

O projekte Centrum excelentnosti LignoSilva

Slávka Tóthová¹, Pavel Pavlenda²

¹Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Centrum excelentnosti LignoSilva

²Národné lesnícke centru – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Odbor ekológie lesa

Národné lesnícke centrum (NLC), ktoré zabezpečuje pre lesné hospodárstvo komplexné služby, buduje mezinárodné centrum excelentnosti LignoSilva prepojením na európsky lesnícko-drevársky komplex, keď v roku 2014 bol podaný prvý projekt vo výzve Horizon 2020 Widespread Teaming. V roku 2015 sme získali v konkurencii 164 projektov z celej Európy finančné zdroje na vypracovanie biznis plánu. Európska komisia nám následne udelila pečať kvality, Seal of Excellence, na základe čoho nasledovalo rozhodnutie Výskumnej agentúry (Ministerstvo školstva SR), ktorá podporila infraštruktúrne vybudovanie centra s dobou riešenia 2017 – 2023 celkovou sumou približne 10 miliónov EUR.

Teamingové Centrum excelentnosti LignoSilva v spolupráci s poprednými výskumnými organizáciami v EÚ a implementáciou jedinečnej infraštruktúry sa zameria na výskum v oblasti produkcie, mechanického a chemického spracovania a využitie dreva. Úzka spolupráca s praxou prispeje k ich rozvojovým a inovatívnym aktivitám súvisiacimi s multifunkčným obhospodarovaním lesov; produkciou drevnej biomasy; kaskádovým využitím dreva, recykláciou a výrobou energie z dreva a celulózo-papierenským využitím dreva. Zásadným inovačným impulzom pre vyššie zhodnocovania drevnej suroviny je implementácia technológií pozemného mobilného laserového skenovania do kvalitatívnej inventarizácie - sortimentácie porastov a 3D CT skenera pre detekciu kvality a chýb dreva a následného využitia získaných údajov v oblasti optimalizácie druhovania a piliarskeho spracovania dreva. V oblasti celulózo-papierenského spracovania sa výskumno-inovačná činnosť Centra excelentnosti LignoSilva sústreďuje na náhrady plastov biologicky degradovateľnými a kompostovateľnými obalmi na báze papiera, kartónu a lepenky so špeciálnymi povrchovými úpravami.



Obr. 1: Schéma projektu: integrácia a previazanie systémov produkcie, spracovania a recyklácie dreva (Bucha, T., projektová dokumentácia).

Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu (CoE LignoSilva) je spoločným výskumným centrom Národného lesníckeho centra a Výskumného ústavu papiera a celulózy Bratislava a.s., pričom projekt je prioritne zameraný na vybudovanie podpornej infraštruktúry a podporu výskumných aktivít CoE.

LignoSilva bude platformou pre biohospodárstvo pre strednú Európu, ktorá integruje výskumný, vývojový a inovačný potenciál lesnícko-drevárskeho a celulózo-papierenského komplexu do racionálne prepojeného reťazca produkcie, spracovania a využitia dreva.

Svojím zameraním CoE reflektuje potrebu transformácie sektora na odvetvie s vyššou pridanou hodnotou a aktuálnu spoločenskú požiadavku štrukturálneho prechodu spoločnosti od fosílnej k nízkouhlíkovej ekonomike založenej na využití obnoviteľných zdrojov.

Problematika transformácie sektora je riešená v konceptuálnom rámci Biohospodárstvo, Resiliencia a Správa (Governancia), 3 tém navzájom prepojených v nasledovných výskumných aktivitách:

A1: Lesné zdroje, udržateľná produkcia dreva a využitie biomasy

A1.1 Ekologické limity intenzívneho využívania biomasy

A1.2 Integrovaná ochrana lesa adaptovaná na klimatickú zmenu

A1.3 Pestovateľské systémy na podporu produkcie dreva

A1.4 3D skenovacie technológie pre detekciu chýb dreva a optimalizáciu výťažke

A1.5 Energetické využitie biomasy

A1.6 Systémy na podporu rozhodovania v lesníctve

A2: Recyklácia a chemické spracovanie dreva

A2.1: Pokročilé biopalivá a technológie na recykláciu dreva

A2.2: Špeciálne papiere

A3: Laboratórne testovanie



Obr. 2: Logo projektu LignoSilva.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 313011S735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Návrh infraštruktúry pre zabezpečenie plnenia cieľov projektu LignoSilva

Danica Krupová¹, Slávka Tóthová²

¹Národné lesnícke centru – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Odbor ekológie lesa

²Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Centrum excelentnosti LignoSilva

Centrálne lesnícke laboratórium (CLL) bolo zapojené do projektu „Teamingové Centrum excelentnosti LignoSilva“, ktoré je budované v spolupráci s poprednými výskumnými organizáciami v EÚ v projekte Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva (CoE LignoSilva). CoE LignoSilva je spoločným výskumným centrom Národného lesníckeho centra a Výskumného ústavu papiera a celulózy Bratislava a.s., a je prioritne zamerané na vybudovanie podpornej infraštruktúry a podporu výskumných aktivít CoE. V projekte sú riešené úlohy týkajúce sa lesných zdrojov, udržateľnej produkcie dreva a využitia biomasy.

V rámci tohto projektu boli zakúpené do CLL dva prístroje; analyzátor uhlíka, dusíka, síry, a vodíka CNH 828 od firmy LECO a mikrovlnné zariadenie CEM MARS 6. Pre intenzívne využitie zariadení a získanie ďalšej podpory pre budovanie infraštruktúry lesníckeho výskumu bol v roku 2021 podaný projekt do výzvy Horizon Europe Widera 2022 (Teaming for excellence). Projekt na roky 2022 – 2027, „Moderné lesníctvo pre slovenské biohospodárstvo, prírodu a spoločnosť“ má stanovené špecifické ciele: prispôsobenie lesov na zmenu klímy; spomalenie rozpadu lesov v meniacich sa ekologických podmienkach; analýza dopadov prechodu na prírodu blízke hospodárenie v lesoch; zavádzanie digitálnych technológií do reťazcov zhodnocovania dreva; agrolesnícke systémy. Zásadným inovačným impulzom bude vyššie zhodnocovanie drevnej suroviny a to technológie recyklácie papiera a celulózy, kalov a drevného popola, optimalizácia separčných technológií pri výrobe papiera. Mali by byť skúmané i odpady t.j. celulózne kaly a drevný popol ako hnojivo na lesných pozemkoch, v lesných škôlkach a tiež vypracované hodnotenie ich vplyvu na semená, sadenice, rast rastlín a bezpečnosť životného prostredia.

Pre správne rozhodovanie pri riešení týchto problémov sú potrebné objektívne údaje. Výsledky chemických a fyzikálnych meraní dávajú veľmi presný obraz o stave lesných pôd i ekosystémoch, kvalite biomasy na energetické účely i pre ekologické využitie odpadov.

V súčasnosti sa v lesných pôdach len výnimočne sledujú organické zlúčeniny, pričom v poľnohospodárskych pôdach to patrí k štandardnému monitorovaniu týchto pôd. Je preto nanajvyš nevyhnutné inovovať prístrojovú infraštruktúru centrálného lesníckeho laboratória. Pre účely plnenia vytýčených cieľov je navrhnuté zakúpiť nasledujúce prístroje a zariadenia. Popísané sú len najvýznamnejšie.

ICP-MS - prístroj na princípe hmotnostnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou, ktorý umožňuje stanoviť širokú škálu obsahov prvkov (výživové, ťažké kovy), aj vo veľmi nízkych koncentráciách (ppb, ppt). Je možné určiť špeciálne prvky a odlíšiť obsahy z hľadiska toxicity (napr. As V. a III. mocný), stanovenie nanočastíc z výroby tepla, spracovania dreva, výroby biopalív. Je potrebný pre identifikovanie pôdnych pomerov pri zakladaní plantáži rýchlorastúcich rastlín, vlastností biomasy, obsahov živín, toxických látok v pôde, vode, opadoch a biomase vo veľmi nízkych koncentráciách.

Analyzátor ortuti s dávkovačom pevných i kvapalných vzoriek na princípe absorpčnej spektrometrie. Ortuť, ktorá kontaminuje životné prostredie, pričom je vhodná jej identifikácia v okolí spaľovní, patrí medzi najzávažnejšie cudzorodé látky (rizikový prvok). V ekosystéme pôsobí toxicky, a to aj pri veľmi nízkych koncentráciách. Jej toxicita spočíva v substitúcii esenciálnych kovov v enzýmoch a iných dôležitých biomolekulách, čím

môže dochádzať k inhibícii ich životných funkcií. Stanovenie ortuti prispieva ku zhodnoteniu kontaminácie územia ťažkými kovmi. Stanovenie je možné bez úpravy priamo vo vzorkách, pôdy, biomasy (asimilačných orgánoch), vo vzduchu a vode.

Plynový chromatograf GC - pre stanovenie nepolárnych organických látok. Zariadenie umožňujúce identifikáciu a kvantifikáciu prchavých a čiastočne prchavých chemických látok uvoľňujúcich sa z rôznych produktov pri spracovaní drevnej hmoty ako sú rozpúšťadlá, lepidlá, a iné látky s vplyvom na ľudské zdravie, ďalej kvantifikáciou a látok uvoľňovaných do prostredia pri energetickom aj materiálnom spracovaní drevnej hmoty ako aj prchavých látok uvoľňujúcich sa do prostredia pri druhotnom zhodnocovaní odpadov z výroby tepla a spracovania biomasy, ako i vplyvu využívaných odpadov na environment.

Kvapalinový chromatograf - LC pre stanovenie polárnych organických látok. Zariadenie na analýzu kontaminujúcich látok ako sú poly-aromatické uhľovodíky uvoľňujúce sa do prostredia pri recyklácii a zhodnocovaní odpadov zo spracovania biomasy v priemysle i energetike.

Kalorimeter - prístroj na meranie merného tepla látok, dôležitý pre kalkulácie výhrevnosti biopalív a pre optimalizáciu procesu spaľovania.

Termogravimetrický analyzátor TGA - zariadenie pre automatické stanovenie popola, vlhkosti a prchavých látok v biopalivách. Umožní určiť základné parametre pri energetickom spracovaní biomasy a optimalizáciu ceny pri určení energetickej výťažnosti.

Okrem hlavných zariadení sú navrhnuté zakúpiť i ďalšie prístroje a zariadenia: iónový chromatograf pre stanovenie aniónov a kationov, TOC/TN analyzátor s podávačom vzoriek, muflová pec, sušiarne, váhy, pH - meter a konduktometer, mlyny, chladničky, myčka. Zakúpenie týchto zariadení by malo umožniť úspešné plnenie vytýčených cieľov projektu. Mala by byť zabezpečená úzka spolupráca s praxou. To by prispelo k rozvojovým a inovatívnym aktivitám súvisiacimi s multifunkčným obhospodarovaním lesov; produkciou drevnej biomasy; kaskádovým využitím dreva, recykláciou a výrobou energie z dreva a celulózo-papierenským využitím dreva.



Obr. 1: Analyzátor uhlíka a dusíka vo vodných vzorkách

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 3130115735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Aktuálne iniciatívy týkajúce sa lesných pôd v kontexte európskeho ekologického dohovoru (Green Deal) a súvisiacich politík EÚ

Pavel Pavlenda, Zuzana Sitková, Tibor Priwitzer

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Pokračujúci nepriaznivý vývoj globálneho stavu životného prostredia, najmä klimatickej zmeny, vedie EÚ ako lídra riešení environmentálnych problémov k mnohým aktivitám s veľmi ambicióznymi cieľmi. Komplexným dokumentom smerom k udržateľnej budúcnosti je Green Deal (Európsky ekologický dohovor) z 11.12.2019. Viaceré ďalšie dokumenty sa zásadne týkajú využívania prírodných zdrojov vrátane lesov a pôdy. Ide najmä o nasledovné:

- Stratégia EÚ v oblasti pôdy do roku 2030. Využívanie prínosov zdravej pôdy v prospech ľudí, potravín, prírody a klímy. COM(2021) 699 final
- Nová stratégia EÚ pre lesy do roku 2030 (COM(2021) 572final/2)
- Udržateľný kolobeh uhlíka. Oznámenie Komisie Európskemu parlamentu a Rade COM(2021) 800 final
- SWD(2021) 609, Posúdenie vplyvu ako sprievodný dokument k návrhu, ktorým sa mení nariadenie (EÚ) 2018/841 o využívaní pôdy, zmenách vo využívaní pôdy a lesnom hospodárstve
- SWD(2021) 450 final Commission Staff Working Document Sustainable carbon cycles - Carbon farming. Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament and the Council Sustainable Carbon Cycles.

Samozrejme, lesov a pôdy sa do určitej miery týkajú aj ďalšie strategické dokumenty v súvislosti s ochranou biodiverzity a adaptáciou na zmenu klímy.

Jednou z konkrétnych úloh pre Európsku komisiu na základe pôdnej stratégie EÚ je do roku 2023 vypracovať zákon o zdravej pôde (Soil Health Law). Vo vzťahu k záchytnému CO₂ je snaha nájsť mechanizmy, aby užívateľ / obhospodarovateľ pôdy mohol profitovať z opatrení, ktoré majú priaznivý efekt na sekvestráciu uhlíka. V tejto súvislosti je plánuje úlohu EK počas roka 2022 vypracovať nový rámec certifikácie odstraňovania uhlíka. K hlavným problémom zavedenia uhlíkových štandardov a zavedenia systému podpôr je zložitosť a veľmi vysoká finančná náročnosť aktivít spojených s certifikáciou záchytov v procese MRV (monitoring, reporting, validation).

Nutnosť zásadného riešenia degradácie pôd a obratu v záujme udržateľnosti využívania pôd je zdôraznená aj faktom, že v rámci nového formátu programov Horizon Europe, tzv. EU missions je jednou z piatich misií „Soil Deal for Europe“. Časť vyššie uvedených zámerov je samozrejme viac zameraná na poľnohospodársky využívané pôdy, nepochybne však pokračuje trend integrovaného vnímania pôdy v širšom ekologickom a environmentálnom ponímaní, teda v kontexte udržateľného zabezpečenia všetkých funkcií pôd.

Za zmienku stojí aj skutočnosť, že v záujme možností motivácie užívateľov pôdy (vrátane lesnej pôdy) pre opatrenia podporujúce záchyty CO₂ pri využívaní pôdy a zlepšenie vodozadržnej schopnosti pôd a ekosystémov sa v súčasnosti na Slovensku aj na národnej úrovni rozpracúva vízia tzv. uhlíkovej a vodnej banky“.

V súčasnosti sa podarilo v rámci NLC-LVÚ Zvolen vytvoriť podmienky pre systematickejšie venovanie pozornosti lesným pôdam. Po predchádzajúcom hodnotení stavu lesných pôd na trvalých monitorovacích plochách (TMP) v rámci medzinárodného projektu BioSoil v rokoch 2006-2008 sa podarilo zahrnúť aspoň čiastočne zisťovanie stavu pôd do projektu NIML (terénne práce I. cyklu v rokoch 2005 a 2006 a druhého cyklu v rokoch 2015 a 2016). Od roku 2021 sa realizuje opakované vzorkovanie v sieti plôch ČMS Lesy / ICP Forests, ktoré by sa malo ukončiť – vrátane príslušných laboratórnych analýz – do roku 2025.

Na druhej strane, v rámci Komplexného zisťovania stavu lesa (KZSL), realizovaného v minulosti Lesoprojektom a neskôr Ústavom pre hospodársku úpravu lesov ako súčasť NLC sa odbery vzoriek pôd a ich analýzy už roky vôbec nerealizujú. Taktiež na svoju dobu podrobné mapy lesných pôd už strácajú na aktuálnosti a nezodpovedajú potrebám z hľadiska vývoja poznania a klasifikácie pôd.

Zahrnutie problematiky udržateľnosti vlastností a funkcií lesných pôd v rámci podaktivity „Ekologické limity intenzívneho využívania biomasy“ do projektu CE LignoSilva so zámerom vytvorenia nového konceptu udržateľnosti stavu lesných pôd a definovania podmienok pre trvalo udržateľný odber biomasy z lesov, je šancou na príspevok ku komplexnejšiemu hodnoteniu pôd, integrácie poznatkov z výberových zisťovaní, iných výskumných aktivít a celoplošne dostupných údajov o pôdach, ale aj ku definovaniu medzier v poznaní a možnosťou pre zahrnutie ďalších indikátorov pre hodnotenia stavu a vývoja lesných pôd v súčasných podmienkach.

PodĎakovanie

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 313011S735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja a projektu Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy (TreeAdapt) v rámci výskumného zámeru NLC-LVÚ Zvolen. Táto práca bola podporená aj Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-18-0223.

Energetické využití těžebních zbytků – zvýšení výnosu pro vlastníky lesů, nebo cesta ke zrychlené degradaci lesních půd?

Vít Šrámek, Věra Fadrhonsová,
Kateřina Neudertová Hellebrandová, Radek Novotný

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady

Postupně se zvyšující tlak na využívání těžebních zbytků pro energetické účely je patrný od počátku milénia. Souvisí s podporou obnovitelných zdrojů energie, jež mohou přispívat ke snižování výroby elektřiny z fosilních paliv a tedy ke snižování emisí CO₂. Pro vlastníky lesů může prodej těžebních zbytků představovat vylepšení ekonomické bilance a to buď přímo zvýšením výnosů, nebo alespoň úsporou nákladů na likvidaci klestu po těžbě. V posledních sedmi letech cena za výkup těžebních zbytků oproti předcházejícímu období poklesla, nicméně v podmínkách kůrovcové kalamity stále představovala nezanedbatelnou úsporu nákladů na přípravu ploch pro zalesnění. V současné době se vzhledem k omezení vývozu dřeva z Ruska i Ukrajiny i vzhledem ke strategii posílení energetické a materiálové soběstačnosti dá očekávat opětovný nárůst cen všech sortimentů dříví včetně lesní štěpky.

Odvoz těžebních zbytků ovšem obvykle představuje významný zásah do bilance živin v lesním ekosystému. Nehroubí v dospělých lesních porostech sice představuje pouze 10–15 % celkové biomasy, nicméně obsahuje daleko vyšší zásoby živin než samotné dřevo kmene. V biomase větví, kůry a asimilačních orgánů může být obsaženo více než 50 % fosforu a dusíku, 40 % draslíku, 35 % hořčíku a 30 % vápníku z celkové nadzemní biomasy lesního porostu. Kompletní odvoz biomasy v zásadě odpovídá stromové metodě těžby, u které bylo již mnohokrát prokázáno, že není z hlediska výživy lesních porostů dlouhodobě udržitelná. Dosavadní analýza založená na lesnické typologii (ÚHÚL 2009) hodnotila rizika odběru biomasy jako nepřijatelná na 46 % lesního půdního fondu, především ve vyšších vegetačních stupních a na kyselých stanovištích. Pro 29 % území hodnotila rizika jako přijatelná a pro 25 % jako podmíněčně přijatelná.

V naší studii jsme pro jednotlivé cílové hospodářské soubory (CHS) hodnotili obsahy hlavních živin (N, P, K, Ca, Mg) a saturaci bázemi v půdním profilu. Vycházeli jsme z Agregované databáze lesních půd, která poskytuje informace o chemických vlastnostech půd z organického nadložního horizontu a minerálních vrstev 0–30 cm a 30–80 cm, přičemž jsme se soustředili pouze na obsahy prvků v minerální půdě. Jako nejproblematictější se ukázaly obsahy vápníku, které jsou často velmi nízké i na typologicky příznivých stanovištích a obsahy fosforu, jehož obsahy jsou nízké prakticky ve všech hodnocených kategoriích. Relativně vysoké jsou naopak ve všech CHS obsahy dusíku.

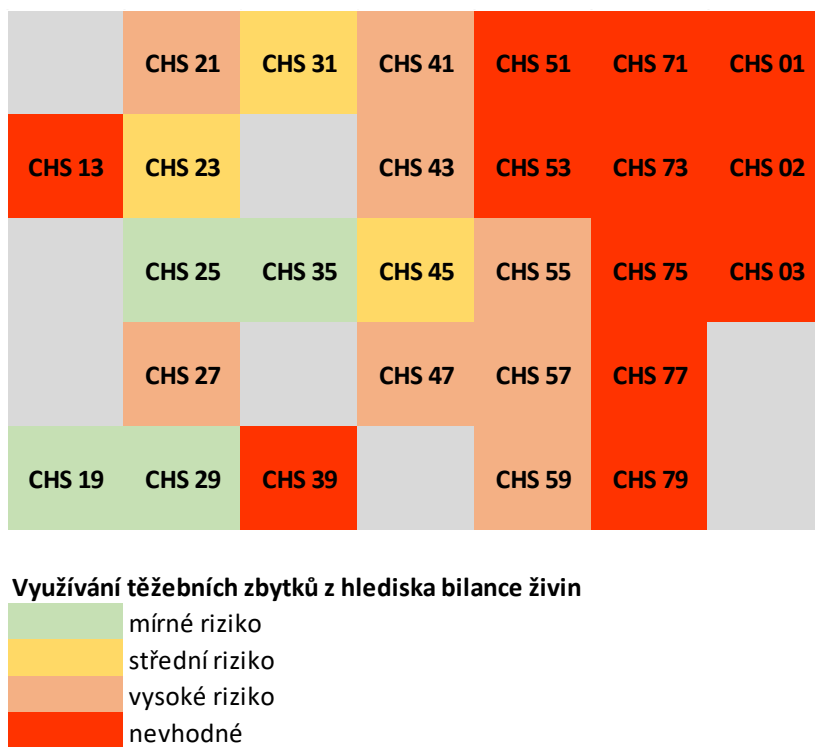
Cílové hospodářské soubory byly podle zjištěných půdních vlastností rozděleny do čtyř kategorií: i) Mírné riziko využívání těžebních zbytků bylo identifikováno pouze pro 4 CHS (19 – Lužní stanoviště, 29 – Olšová stanoviště, 25 – Živná stanoviště nižších poloh, 35 – Bazická stanoviště středních poloh), které představují zhruba 7 % lesního půdního fondu; ii) Střední riziko bylo identifikováno pro CHS 23 – Kyselá stanoviště nižších poloh, 31 – Acerózní a bazická stanoviště středních poloh a 45 – Živná stanoviště středních poloh, která zaujímají 25 % lesního půdního fondu; iii) Vysoké riziko a iv) Nevhodné, kam spadají ostatní CHS.

Bez ohledu na toto rozdělení je zřejmé, že zejména v případě větších holin je nutné zabezpečit vhodný management těžebních zbytků a že i jiné způsoby nakládání s klestem, než je vyvážení (pálení klestu, shrnování do pásů, štěpkování s následným zapravením do půdy) mají své technologické limity a environmentální i ekonomické souvislosti. Pro vlastníky lesů byla připravena následující doporučení:

I v případech CHS s nízkým rizikem využívat pouze část těžebních zbytků (polovinu), a to nejlépe po předchozím průzkumu půdních vlastností, neboť ty jsou i v jednotlivých CHS značně proměnlivé. Ponechanou část těžebních zbytků v optimálním případě štěpkovat, případně v kombinaci s jejich zapracováním půdní frézou, nicméně tak, aby nedošlo k nahromadění příliš vysoké organické vrstvy, která by komplikovala zalesňování. Na méně příznivých stanovištích při odvozu štěpky počítat s nutností doplnění živin přihnojením výsadeb, případně i plošným vápněním či hnojením středně starých porostů. V případě pravidelných dodávek lesní biomasy pro lokální zdroje energie (spalovny biomasy) zvážit možnost návratu živin ve formě využití popela z těchto provozů.

Rovněž byla vypracována doporučení pro státní správu lesů: Zajistit a koordinovat pravidelný průzkum vlastností lesních půd, podporovat poradenskou činnost zaměřenou na výživu lesních porostů, zajistit podporu vlastníků lesů pro ponechání těžebních zbytků v porostech, legislativně vyřešit a podpořit možnosti využívání popela ze spaloven biomasy pro doplnění živin v lesních porostech a v odůvodněných případech podporovat doplnění živin formou hnojení či vápnění lesních půd.

Riziko využívání lesních těžebních zbytků podle cílových hospodářských souborů z hlediska bilance živin



Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství (MZE-RO0118) na základě výsledků projektů Technologické agentury ČR (TH02030659) a Národní agentury pro zemědělský výzkum (QK1920163)

Potenciál Centra excelentnosti LignoSilva v obehovom hospodárstve

Slávka Tóthová¹, Danica Krupová²

¹Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Centrum excelentnosti LignoSilva

²Národné lesnícke centru – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Odbor ekológie lesa

Proces budovania Centra excelentnosti LignoSilva je dlhodobý a predstavuje systematickú a štruktúrálne zmenu vo výskumnom prostredí ekonomiky a environmentálnej oblasti sektora lesného hospodárstva. Európska únia a jej obrat smerom k obehovému hospodárstvu a nízkouhlíkovej spoločnosti počíta s obnoviteľnými zdrojmi energie vrátane drevnej biomasy. Celý proces si vyžaduje získavanie nových vedeckých poznatkov, ale najmä tvorbu a zavedenie inovácií do praxe lesnícko – drevárskeho sektora.

Ďalšie smerovanie centra je naznačené v zameraní projektového zámeru, pripraveného vo výzve Horizon EU 2022 LignoSilva, kde plánujeme v partnerstve s ďalšími inštitúciami prinášať excelentný výskum a aplikovateľné inovácie v troch oblastiach: i) inteligentné technológie a systémy podporujúce produkciu dreva a priemyselné spracovanie dreva; ii) celulózové a papierenské technológie na vývoj biodegradovateľných obalov a špeciálnych papierov s multifunkčnými vlastnosťami; iii) recyklačné technológie a využitie celulózových kalov a dreveného popola.

Skúsenosti NLC vo výskume využitia hnojivého potenciálu niektorých odpadov sú dlhodobé, s cieľom efektívneho využitia zdrojov, ale zároveň aj bezpečnej aplikácie v lesnom hospodárstve. Výskum využitia dreveného popola na Slovensku sa začal realizovať v roku 2000, na Lesníckom výskumnom ústave. V projekte „Energetické využitie biomasy v rezorte pôdohospodárstva“ boli prvýkrát odobrané vzorky drevených popolov priamo z prevádzok na spaľovanie dreva. Harmonické zastúpenie živín a pozitívne skúsenosti zo škandinávskych krajín s dlhodobou tradíciou vo využívaní dreveného popola ako hnojiva v lesoch, podnietili začiatok terénnych experimentov aj na Slovensku, na území lesov obce Nálepko (Spiš). Po ukončení financovania projektu v roku 2002 bola nadviazaná spolupráca s producentami dreveného popola (Handlovská energetika, SES Timače, MONDI SCP Ružomberok, INTECH Slovakia s.r.o.), ako aj s potenciálnymi odberateľmi dreveného popola ako hnojiva (Lesy SR, obecné lesy), ktorí prejavili záujem o riešenie problematiky využitia dreveného popola v širšom meradle než len na výskumné účely. Tento záujem umožnil pokračovať vo výskume v projekte „Využitie dreveného popola v lesnom hospodárstve“ (Operačný program Výskum a vývoj). Projekt vznikol na základe zvýšeného záujmu o obnoviteľné zdroje energie, s čím súvisela rastúca produkcia dreveného popola. Výskum pokračoval na základe dobrej spolupráce s Lesmi SR, Obecnými lesmi v Nálepke a PRO POPULO Poprad s.r.o., na území ktorých boli realizované aplikácie dreveného popola do pôdy pri pestovaní lesov a kde prebiehali terénne experimenty, ako aj s prevádzkovateľmi kotolní na spaľovanie biomasy, ktorí poskytovali popol na aplikáciu. Okrem tohto projektu bol na Slovensku realizovaný výskum využitia dreveného popola pri pestovaní energetických rastlín ako obnoviteľného zdroja energie, v spolupráci spoločnosti INTECH Slovakia a STU Nitra. Využívanie dreveného popola ako hnojiva prináša do hospodárskej praxe viaceré pozitívne efekty v podobe zníženia množstva existujúceho skládkovaného popola a súčasne jeho opätovného navrátenia do prírodného kolobehu látok, najmä pri obnove a pestovaní lesov.

Na základe zistených chemických vlastností dreveného popola možno konštatovať, že ide o vápenato – draselný, silne zásaditý odpad, vznikajúci po energetickom využití biomasy, podľa legislatívnych predpisov zaradený do skupiny ostatných odpadov a je vhodné a žiadúce jeho ďalšie zhodnotenie. Obsahuje množstvo makroživín a mikroživín dôležitých pre výživu rastlín, na strane druhej sú v ňom prítomné rizikové ťažké kovy, čo si vyžaduje dôkladné preskúmanie a poznanie dlhodobých dôsledkov jeho aplikácie do pôdy.

Limitné hodnoty pre rizikové prvky v popole sú v zahraničí menej prísne ako u nás. Rozlišuje sa hnojenie poľnohospodárskych a lesných pôd, pričom pre lesné pôdy platia menej prísne limity pre koncentrácie ťažkých kovov, ale sleduje sa ich kumulatívne množstvo vnesené do pôdy počas celej rubnej doby.

Aplikácia zásaditého, vápenato-draselného materiálu, akým je drevený popol, je vhodná na neutralizáciu kyslých pôd, zvýšenie obsahu živinových bázických kationov, zníženie mobility ťažkých kovov a zlepšenie kvality a kvantity produkcie.

V intenzívne obhospodarovaných porastoch energetických drevín, s krátkou rubnou dobou, dochádza k rýchlemu odčerpávaniu prvkov minerálnej výživy. Odčerpávaním živín sa znižujú ich zásoby v pôde. Čiastočnou kompenzáciou môže byť minerálne viaczložkové hnojenie, čomu drevený popol s obsahom širokého spektra makroelementov a mikroelementov vyhovuje.

Z hľadiska množstva rizikových prvkov je v súčasnosti problematická možnosť priamej aplikácie dreveného popola do pôdy na iné, ako výskumné účely, na základe legislatívy platnej v SR. Podľa legislatívy by nebola možná registrácia neupraveného dreveného popola ako minerálneho hnojiva, práve z dôvodu vyššej koncentrácie rizikových prvkov, najmä arzenu, kadmia a chrómu, ktorých koncentrácie niekedy prekračujú príslušný limit uvedený v rezortnej vyhláske pre minerálne hnojivá. Hodnotený popol vyhovovali limitom pre minerálne prídavky do kompostov. Naďalej sú pre nás inšpiráciou skúsenosti zo zahraničia, napr. Staršie, logické prístupy pre využitie popolov vo Švédsku. Kvalitnejší, živinovo bohatý popol je aplikovaný v lesoch a menej kvalitný pri technických činnostiach v krajine. Jeho využitie v tejto krajine je nasledovné:

- 200 000 ton popola sa ročne použije pri výstavbe lesných alebo tzv. dočasných ciest v priemyselných areáloch,
- 35 000 ton ako náhrada živín v lesníctve a poľnohospodárstve,
- 50 000 ton na vypĺňanie vyťažených priestorov po banskej činnosti,
- 650 000 ton – pri výstavbe a uzatváraní skládok odpadov.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 313011S735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

2022

www.vulhm.cz