

Lesy České republiky, s.p., Hradec Králové

**VÝZKUMNÉ PROJEKTY
GRANTOVÉ SLUŽBY LČR**



Projekt

**LESNICKÁ ADAPTAČNÍ STRATEGIE PRO
MĚNÍCÍ SE PROSTŘEDÍ V PODMÍNKÁCH
MORAVSKOSLEZSKÝCH BESKYD
(LASPROBES)**

Řešitel

IFER – Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o.



Spoluřešitel

EMS Brno - Environmental Monitoring Systems, s.r.o.



Odpovědný řešitel:

Doc. Ing. Emil Cenciala, Ph.D.

Spoluřešitelé:

Vladimír Zatloukal, Jana Beranová, Jiří Kučera

Radek Russ, Šárka Holá, Martin Černý, Zuzana Exnerová,

Jan Apltauer, Pavel Málek, Miroslav Michalec, Petr Litschman,

Ladislav Hemer, Petr Vopěnka, Josef Urban, Michal Macfelda, Lukáš Strnad

Jílové u Prahy, listopad 2014

Řešitelský tým

Smluvní organizace

Níže jmenovaní jsou či byli zaměstnanci firmy IFER – Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o., pokud není uvedeno jinak.

Doc. Ing. Emil Cienciala, Ph.D.	Odpovědný řešitel projektu Koncepce, zpracování a interpretace výsledků projektu
Ing. Vladimír Zatloukal	Koncepce a realizace pěstebního experimentu Lesnická adaptační strategie
RNDr. Jana Beranová	Zpracování a interpretace údajů Odborná koordinace
Ing. Jiří Kučera (EMS Brno)	Fyziologická a mikroklimatická měření Technická podpora, zpracování a interpretace dat
Ing. Radek Russ	Metodika inventarizačních šetření Zpracování dat inventarizačního šetření
Ing. Martin Černý, CSc	Koncepce inventarizačních šetření, sortimentace
Bc. Šárka Holá	Technická podpora - metody GIS
Ing. Zuzana Exnerová	Literatura a technická asistence
Ing. Jan Apltaufer	Sběr dat v terénu
Ing. Pavel Málek	
Ing. Miroslav Michalec	
Ing. Petr Litschman	
Ing. Ladislav Hemer	
Ing. Petr Vopěnka	Technická asistence (GIS, databáze)
Ing. Josef Urban (EMS Brno)	Asistence fyziologických šetření
Ing. Michal Macfelda	Tabulková sortimentace porostní zásoby
Ing. Lukáš Strnad, Ph.D.	Literatura, scénářové modelování

Externí spolupráce a konzultace

Ing. Bc. Jan Lubojacký (VÚLHM Jíloviště - Strnady)	Fytopatologické šetření a konzultace
Mart-Jan Schelhaas, Ph.D. (ALTERRA, Wageningen)	Příprava modelového nástroje EFISCEN
Prof. Ing. Hana Šantrůčková, CSc (JČU České Budějovice)	Laboratorní analýza a interpretace dat půdního chemismu
doc. RNDr. Michal Tomšovský, Ph.D. (MENDEL Brno)	Molekulární mykologie – analýza vzorků
Doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D. (VÚLHM Jíloviště - Strnady)	Konzultace k výživě porostů
RNDr. Iva Hůnová, Ph.D. (ČHMÚ Praha)	Příprava údajů depozic síry a dusíku a konzultace

Anotace

Projekt LASPROBES byl iniciován v reakci na rapidně se zhoršující stav smrkových porostů v oblasti Moravskoslezských Beskyd. Region se vyznačuje specifickou historií využívání území a dlouhodobou imisní zátěží. V oblasti se projevují dopady změn prostředí zahrnující zvyšující se teploty, silné výkyvy srážek a teplot v průběhu vegetační sezóny a zvýšenou depozici síry a dusíku. Oslabené smrkové porosty jsou silně napadány houbovými patogeny a podkorním hmyzem. Ambicí projektu je komplexní posouzení faktorů prostředí ovlivňujících stav porostů, identifikace příčinných vztahů, predikce dalšího vývoje a formulace adekvátní adaptační strategie lesnického hospodaření v oblasti. Doba řešení projektu je 5 let (1. 11. 2009 až 31. 10. 2014) a primární zájmovou oblastí je Lesní hospodářský celek Jablunkov v rámci státního podniku Lesy ČR.

Tento materiál shrnuje výstupy za celou dobu řešení projektu - informace o metodických postupech a výsledcích klíčových podkladových studií, tj. i) fyziologického a mikroklimatického šetření v oblasti LHC Jablunkov – fyziologického experimentu projektu LASPROBES, ii) šetření na plochách pěstebního experimentu, iii) šetření zdravotního stavu porostů na základě základní monitorační sítě projektu, iv) multikriteriální analýzy faktorů podmiňujících zdravotní stav porostů v zájmové oblasti LHC Jablunkov. Zpráva dále obsahuje shrnutí nebo odkazy na další relevantní výsledky z řešení projektu, zahrnující výhled těžebních možností, ekonomické posouzení alternativního hospodaření a literární rešerši. Všechny tyto informace se staly východiskem pro předložený návrh adaptační lesnické strategie obsahující základní doporučení pro lesnické hospodaření v zájmové oblasti projektu, která je v této zprávě uvedena v kompletním znění.

Poděkování

Řešitelský kolektiv děkuje ing. Františku Lipowskému, lesnímu správci LS Jablunkov, a jeho revírníkům za vstřícnost, poskytnuté odborné konzultace a spolupráci při zabezpečení řešení tohoto projektu.

Řešitelský tým rovněž děkuje oponentní radě projektu ve složení Doc. RNDr. Marián Slodičák, CSc., Ing. Vincenc Zlatník a Ing. Ivo Růžička, a také garantovi projektu Ing. Ladislavu Půlpánovi, PhD. Jejich připomínky a podněty přispěly k tomu, že předložené dílo naplňuje zadání projektu a přináší provozně uplatnitelné závěry.

V Jílovém u Prahy, 30. 11. 2014

Obsah

Úvod k závěrečné zprávě projektu LASPROBES	6
Cíl projektu	6
Informace o výstupech a postupu řešení projektu LASPROBES	7
Pokladové studie zpracované v rámci projektu LASPROBES	9
Fyziologický experiment a mikroklimatické šetření	9
Monitoring zdravotního stavu mladých a středněvěkových porostů	28
Pěstební experiment	53
Multikriteriální analýza zdravotního stavu porostů	68
Shrnutí výsledků podkladových studií projektu	79
Závěry z podkladových studií	79
Shrnutí dalších relevantních výsledků projektů	82
Adaptační strategie	87
Úvod	87
Východiska – poznatky z řešení projektu LASPROBES	87
Cíle adaptační strategie	89
Prostředky k dosažení cílů	89
Obecné zásady adaptačního managementu	92
Tvorba hospodářských souborů	94
Struktura a obsah rámcových směrnic	97
Závěr	97
Příloha 1	97
Literatura	104

Úvod k závěrečné zprávě projektu LASPROBES

Předkládaná závěrečná zpráva shrnuje vybrané výsledky za dobu řešení projektu. V plném znění pak uvádí adaptační lesnickou strategii reagující na chřadnutí a hynutí smrku, která je završením projektu.

Cíl projektu

Lesní hospodářský celek (LHC) Jablunkov se nachází na severovýchodním cípu České republiky a tvoří hraniční oblast s Polskem a Slovenskem. LHC Jablunkov hospodaří s porosty na rozloze necelých 13 tis. ha. Administrativně je LHC Jablunkov rozdělen na osm revírů, geograficky se jejich porosty nacházejí ve výškovém rozpětí 350 – 1050 m n. m., se střední hodnotou zhruba 670 m n. m. Zastoupení smrku je vysoké: podle současného LHP (s platností od roku 2009) je podíl smrku 64 %, zatímco 28 % připadá na buk a jen 8 % plochy porostní tvoří ostatní dřeviny. Lesy mají proto významnou hodnotu pro svou produkční funkci, ačkoliv význam mimoprodukčních funkcí – obdobně jako jinde v republice - roste.

LHC Jablunkov se také nachází v sousedství průmyslové aglomerace zahrnující Ostravsko-Karvinskou oblast, Třinec a polské Horní Slezsko. Imisní zatížení oblasti bylo dlouhodobě velmi vysoké, což vedlo na exponovaných lokalitách až k plošnému rozpadu porostů v 80. letech. V 90. letech došlo k výrazné modernizaci průmyslu a eliminaci velkých zdrojů emisí, což se také pozitivně odrazilo na stavu lesů. Oblast LHC Jablunkov ale i dnes patří k imisně nejzatíženějším v České republice. Dědictví z minulosti se projevuje především v narušeném chemismu půd. Další výzvu pro lesnictví v oblasti pak představují měnící se klimatické podmínky, s významně rostoucí teplotou vegetační sezóny v posledních deceniích a zvýšenou variabilitou srážkových úhrnů.

Po výrazně suchém roce 2007 se zdravotní stav smrkových porostů v oblasti znovu výrazně zhoršil a vynucená nahodilá těžba začala opět determinovat lesnické hospodaření v oblasti. Významně narostla četnost napadení smrku václavkou. Obdobné zhoršení zdravotního stavu bylo zaznamenáno v sousedních regionech Polska a Slovenska.

V reakci na rapidně se zhoršující stav smrkových porostů byl v roce 2009 iniciován projekt LASPROBES. Hlavním cílem tohoto projektu bylo vyhodnotit aktuální stav a dynamiku vývoje prostředí a lesních porostů Moravskoslezských Beskyd a následně navrhnout optimální způsoby lesnického hospodaření s ohledem na trvalé zajištění všech funkcí lesa. Nejdůležitějším výstupem projektu je formulace adaptační strategie jako uceleného návrhu optimálních postupů lesního hospodaření v zájmové oblasti. Kromě zhodnocení stavu prostředí a stavu lesních porostů návrh vychází také z ekonomického posouzení variant hospodaření, přirozeně s preferencí udržet produkci smrku tam, kde to dává smysl. Výše uvedené determinuje vlastní akronym projektu - **LASPROBES** - **Lesnická Adaptační Strategie PRO** měnící se prostředí v podmínkách Moravskoslezských **BES**kyd. Projekt byl koncipován jako pětiletý a primární zájmovou oblastí byl Lesní hospodářský celek Jablunkov.

Informace o postupu řešení projektu LASPROBES

Přehled činností prvního roku řešení projektu (2010)

1. Syntéza výsledků dosavadních výzkumů v předmětné oblasti, zabývajících se problematikou relevantní řešenému projektu
2. Návrh upravené monitorační sítě pro zájmovou oblast
3. Výběr vhodných experimentálních porostů pro fyziologická a mikroklimatická měření
4. Výběr vhodných ploch pro pěstební experiment a dlouhodobé sledování
5. Analýza LHP a dosavadních lesopěstebních opatření v zájmové oblasti

Přehled činností druhého roku řešení projektu (2011)

1. Zahájení kontinuálního měření na experimentálních plochách (fyziologie, půda, mikroklima), včetně vstupního šetření dendrometrických údajů plochy
2. Úprava a sjednocení metodiky a zahájení terénního šetření na revidované monitorační síti ploch v zájmové oblasti LS Jablunkov
3. Příprava modelových nástrojů a potřebných datových podkladů pro analýzu vývoje živinových poměrů pro scénáře vývoje porostů a lesnického hospodaření
4. Šetření na plochách pěstebního experimentu zahrnující údaje o provedených opatřeních a současný zdravotní stav
5. Rekognoskace stavu porostů a lesopěstebních opatření v příhraničních oblastech Slovenska a Polska a relevantního lesnického výzkumu

Přehled činností třetího roku řešení projektu (2012)

1. Úvodní vyhodnocení fyziologických měření a odezvy hlavních dřevin na půdní a mikroklimatické podmínky ve srovnatelných porostních situacích
 - Protokol LOS o fytopatologickém šetření na ploše Mosty (porost 301Aa3)
2. Stav porostů na základě základní monitorační sítě projektu: srovnání zájmového území v celorepublikovém kontextu
3. Modelová prognóza vývoje porostů podle scénářů lesnického hospodaření
4. Vyhodnocení lesnického hospodaření na základě údajů LHE/LHP na LHC Jablunkov
 - Souhrn poznatků z pracovní návštěvy přílehlé oblasti LHC Jablunkov v Polsku: Nadleśnictwo Ustroń
5. Šetření na plochách pěstebního experimentu
6. Návrh lesnické adaptační strategie (struktura)

Přehled činností čtvrtého roku řešení projektu (2013)

1. Fyziologická a mikroklimatická měření na plochách fyziologického experimentu k roku 2013
2. Šetření na plochách pěstebního experimentu k roku 2013
3. Multikriteriální analýza faktorů podmiňujících zdravotní stav porostů v zájmové oblasti
4. Informace o aktuální skladbě a kvalitě zásob v zájmové oblasti LHC Jablunkov

5. Ekonomické posouzení možných scénářů lesnického hospodaření v zájmové oblasti LHC Jablunkov
6. Návrh lesnické adaptační strategie

Přehled činností pátého roku řešení projektu (2014)

1. Vyhodnocení údajů fyziologického a mikroklimatického šetření v oblasti LHC Jablunkov – fyziologického experimentu projektu LASPROBES
2. Šetření na plochách pěstebního experimentu – vyhodnocení
3. Stav porostů na základě základní monitorační sítě projektu: vyhodnocení opakovaného šetření
4. Vyhodnocení analýzy faktorů podmiňujících zdravotní stav porostů v zájmové oblasti LHC Jablunkov
5. Syntéza výstupů 1-4 jako interpretační podklad pro navrhovanou adaptační strategii
 - Doplněný dílčí výstup z roku 2010: Syntéza výsledků dosavadních výzkumů v předmětné oblasti projektu a literární rešerše
6. Lesnická adaptační strategie
 - Návrh základních doporučení pro smrkové a smrkové smíšené hospodářské soubory

Předkládaná závěrečná zpráva projektu

Zásadním výstupem této závěrečné zprávy je lesnická adaptační strategie, která uvádí obecné provozně uplatnitelné zásady vhodného adaptačního managementu. Zásady rozpracovává do konkrétních opatření lesnického hospodaření pro 17 smrkových hospodářských souborů.

Východiskem adaptační strategie jsou výsledky vlastních šetření a analýz, které řešitelský tým v průběhu řešení projektu zpracoval. Tyto výchozí podklady byly podrobně prezentovány v průběhu řešení projektu. V této závěrečné zprávě jsou zpracovány ve formě čtyř klíčových podkladových studií, které obsahují rámcový popis použitých metodických postupů a zásadní výsledky. Dále jsou formou shrnutí předloženy výsledky doplňkových a podpůrných studií dokončených v předchozích letech řešení.

Pokladové studie zpracované v rámci projektu LASPROBES

V souladu s cíli projektu byly v rámci řešení projektu zpracovány čtyři klíčové výzkumné úkoly:

1. Fyziologický experiment a mikroklimatické šetření
2. Pěstební experiment
3. Monitoring zdravotního stavu porostů do 60 let věku
4. Multikriteriální analýza

Pro řešení úloh byly použity vlastní specifické metodické postupy a získány cenné a často jedinečné výstupy. V kompletním znění jsou podkladové studie uvedeny v realizačním výstupu projektu z pátého roku řešení. V následujících kapitolách je pro každou z podkladových studií k dispozici zestručněný metodický postup a zásadní výsledky a závěry, které pokládáme za východiska navržené adaptační strategie.

Výsledky jsou v této souhrnné zprávě prezentovány ve zkrácené podobě a jsou uvedeny vždy shrnujícím komentářem.

Fyziologický experiment a mikroklimatické šetření

Úvod

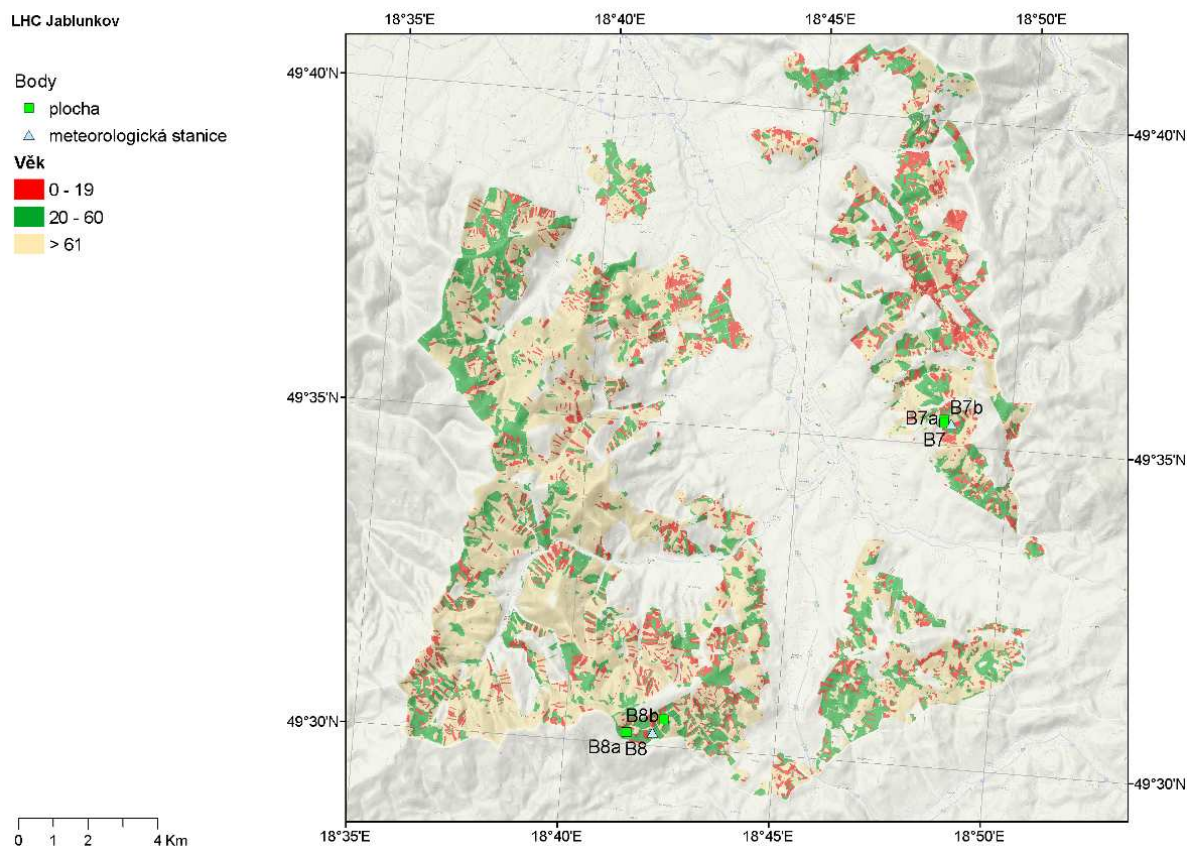
Fyziologická šetření byla koncipována jako nedílná součást výzkumného řešení projektu LASPROBES. Cílem těchto šetření bylo analyzovat chování smrku v lokálních porostních podmínkách, a to především z hlediska jeho reakce na periody přísušku. Tento výstup obsahuje klíčové výsledky, analýzu a interpretaci těchto měření ve vazbě na základní cíle projektu.

Fyziologický experiment zahrnuje kontinuální měření mikroklimatických a fyziologických veličin na čtyřech plochách fyziologického experimentu dvou lokalit v revírech Písek a Mosty. Obě lokality byly vybaveny klimatickou stanicí s kontinuálním měřením základních mikroklimatických veličin (radiace, teplota, vlhkost, srážky). Na čtyřech plochách fyziologického experimentu bylo v letech 2011 až 2013 realizováno sezónní měření kmenového přírůstu, půdního sacího potenciálu a transpiračního proudu smrkových vzorníků doplněných jedlí. Hlavní pozornost na všech plochách byla věnována fyziologii smrkových vzorníků, zaměřené specificky na příjem vody a detekci vláhového deficitu. V roce 2011 bylo fyziologické šetření rozšířeno o čtyři lokality pěstební experimentu, a to v revírech Tyra a Mosty. Účelem bylo podpořit pěstební experiment kontinuálním měřením kmenového přírůstu a půdních vlhkostních poměrů. Program fyziologického měření byl v roce 2012 a 2013 doplněn o analýzy půdního chemismu. V říjnu roku 2013 byl základní program fyziologického měření ukončen a do konce řešení projektu byl v oblasti udržován pouze redukovaný program fyziologického a mikroklimatického monitoringu jako podpora pro dlouhodobě sledování klíčových parametrů růstového prostředí v zájmové oblasti.

Materiál a metody

Plochy fyziologického experimentu

Fyziologický experiment byl založen na čtyřech základních plochách na lokalitách revírů Písek a Mosty (Obr. 1, Tabulka 1). Na těchto plochách bylo realizováno pilotní fyziologické měření v roce 2010 a v rozšířeném spektru v letech 2011 až 2013. Jednotlivé lokality jsou podpořeny měřením mikroklimatu pomocí meteorologických stanic, které byly instalovány na jaře roku 2010 a poskytovaly kontinuální informace nepřerušovaně po celou dobu trvání projektu.



Obr. 1: Rozmístění základních ploch fyziologického experimentu v Mostech (B8a, B8b) a Písku (B7a, B7b), a meteorologických stanic (B8 na ploše dílce 302E, B7 na ploše dílce 215D) na zájmovém území. Podkladem je mapa porostů s věkovými kategoriemi (podle platného LHP k roku 2009).

Tabulka 1: Základní plochy fyziologického experimentu, jejich kategorizace, interní označení identifikace porostní skupiny (PSK), nadmořská výška a věk podle údajů LHP k roku 2009, vztaženém pro rok 2013.

Lokalita/Revír	Kategorie	Označení	Identifikace PSK (kód)	Nadm. výška (m)	Věk (roky)
Mosty (MZ)	Zdravý	B8a	1272-301-A-a-03	845	33
Mosty (MR)	Riziko	B8b	1272-302-B-a-05	790	51
Písek (PZ)	Zdravý	B7a	1272-215-B-a-04	700	40
Písek (PR)	Riziko	B7b	1272-215-D-a-04	670	37

V každém z identifikovaných porostů byla vytyčena vlastní plocha experimentu, a to ve tvaru čtverce o rozměrech 50x50 m. Na plochách bylo v dubnu roku 2010 provedeno základní dendrometrické šetření pomocí technologické sestavy Field-Map (www.field-map.cz). Pro každý z porostů je tedy k dispozici mapa rozmístění jednotlivých stromů a další údaje umožňující kvantifikaci základních dendrometrických veličin (Tabulka 2).

Tabulka 2: Dendrometrické informace k základním plochám fyziologického experimentu (měřeno v dubnu r. 2010 a říjnu r. 2013) – údaje nezahrnují stojící souše.

Identifikace plochy	Dřevina	Objem hroubí b.k. (m ³ /ha)		Objem kmene s.k. (m ³ /ha)		Výčetní základna (m ² /ha)	
		2010	2013	2010	2013	2010	2013
B8a (Mosty MZ)	Smrk ztepilý	181.6	232.6	206.8	262.0	24.8	28.5
	Jedle bělokorá	12.6	17.9	15.6	21.7	2.2	2.6
	Buk lesní	26.1	35.3	33.8	44.3	4.7	5.8
	Celkem	220.2	285.8	256.1	256.0	31.7	36.8
B8b (Mosty MR)	Smrk ztepilý	239.9	261.8	270.1	293.1	29.3	29.5
	Jedle bělokorá	14.5	19.0	16.9	21.9	1.8	2.1
	Buk lesní	5.9	7.9	6.9	9.0	0.9	1.1
	Celkem	260.3	288.7	293.8	324.0	32.0	32.7
B7a (Písek PZ)	Smrk ztepilý	219.3	238.6	247.7	267.0	27.2	26.9
	Jedle bělokorá	151.4	173.1	172.9	196.5	17.9	19.4
	Buk lesní	5.2	6.0	5.9	6.8	0.7	0.8
	Celkem	375.9	417.7	426.5	470.2	45.8	47.1
B7b (Písek PR)	Smrk ztepilý	291.6	344.5	329.8	386.3	35.7	38.4
	Jedle bělokorá	13.8	18.9	16.1	21.8	1.8	2.2
	Buk lesní	2.5	3.4	3.0	3.9	0.3	0.4
	Celkem	307.9	366.8	348.9	412.1	37.9	41.0

Podíl souší na plochách fyziologického experimentu není v tabulkách výše zahrnut. Jejich podíl vyjádřený počtem jedinců s výčetní tloušťkou nad 7 cm a frakcí výčetní základny (bez souší) pro jednotlivé plochy a rok měření uvádí Tabulka 3. V průběhu experimentu mezi lety 2010 a 2013 došlo k odtěžení části stromového inventáře, a to z důvodu sanitární těžby (plochy B8a a B8b, revír Mosty) kombinované s regulérní probírkou (plochy B7a, B7b, revír Písek). Množství odtěženého hroubí dosáhlo úrovně 6.3 a 7.0 m³/ha na plochách B8a a B8b, a 25.3 a 27.6 m³/ha na plochách B7a a B7b.

Tabulka 3: Relativní podíl souší na plochách fyziologického experimentu vyjádřen vzhledem k počtu živých stromů a vzhledem k výčetní základně v jednotlivých letech.

Plocha	Podíl souší k počtu živých stromů, 2010 (%)	Podíl souší k počtu živých stromů, 2013 (%)	Podíl souší k výčetní základně, 2010 (%)	Podíl souší k výčetní základně, 2013 (%)
B8a	0.0	0.8	0.0	0.7
B8b	8.3	15.7	3.4	12.8
B7a	3.4	2.7	0.8	1.5
B7b	1.3	1.4	1.0	0.6

Meteorologické stanice: umístění, měřené veličiny a instrumentace

Meteorologické stanice byly instalovány v revírech Písek (porostní skupina 215D-a-02, nadmořská výška 675 m) a Mosty (porostní skupina 304C-a-01, nadmořská výška 805 m) na mytínách poblíž lokalit základních ploch fyziologického experimentu (Obr. 1). Kontinuálně měřené charakteristiky zahrnovaly následující veličiny a přístrojové vybavení:

1. Globální radiace (W/m^2): EMS 11 – senzor globální radiace. Vyráběn EMS Brno. Bližší informace viz http://www.emsbrno.cz/r.axd/ems_v_EMS11_u_pdf.jpg?ver=
2. Teplota vzduchu ve 2 m ($^{\circ}C$): EMS 33 – čidlo teploty a vlhkosti vzduchu. Zajišťuje měření teploty v rozsahu -40 až $+60$ $^{\circ}C$ s přesností $\pm 0,3$ $^{\circ}C$ a měření vlhkosti vzduchu v rozsahu 0–100 % s přesností ± 2 %. Vyráběn EMS Brno. Bližší specifikace je dostupná na webové adrese http://www.emsbrno.cz/r.axd/ems_v_EMS33_u_pdf.jpg?ver=
3. Relativní vlhkost vzduchu ve 2 m (%): EMS 33 – čidlo teploty a vlhkosti vzduchu, viz výše.
4. Srážky (mm/10 min): MetOne 370 – automatický srážkoměr. Měří srážky s rozlišením 0,2 mm. Vyráběn firmou Met One, Oregon, USA. Bližší specifikace je dostupná na webové adrese: http://www.emsbrno.cz/r.axd/ems_v_370_u_pdf.jpg?ver=

Měření bylo zahájeno 24. 3. 2010 a pokračovalo po celou dobu řešení projektu. Data byla měřena v minutových a ukládána v desetiminutových intervalech. V druhém roce řešení byly měřené údaje stanice Písek zkorelovány se souběžným měřením klimatických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) v oblasti (teplota: Lysá hora, srážky – Jablunkov; J. Pretel 2010) a nalezeny adekvátní přepočtové rovnice pro vyjádření dlouhodobých trendů pro lokalitu této stanice. To umožnilo navázání dlouhodobých měření stanic ČHMÚ (od roku 1950) ke konkrétním údajům meteo-stanice Písek projektu LASPROBES a následnou analýzu dlouhodobého vývoje klíčových meteorologických údajů pro tuto oblast. Pro účely meziročního srovnání teplot vegetační periody bylo toto období vyjádřeno intervalem 183 dnů od 1. dubna do 30. září.

Půdní vodní potenciál

Půdní vodní potenciál byl měřen v každém z porostů na čtyřech fyziologických plochách v devíti (rok 2010) a šesti (rok 2011, 2012, 2013) opakováních, a ve třech opakováních na čtyřech vybraných plochách pěstebního experimentu (rok 2011, 2012, 2013). Vzhledem ke skeletnatosti a hloubce minerálního horizontu půd byla všechna čidla zakopána v hloubce ca. 10–15 cm. Použité senzory (Delmhorst Instrument Co., http://www.emsbrno.cz/r.axd/ems_v_GB_u_pdf.jpg?ver=) připojené k dataloggerům SP3 (EMS Brno) zaručují měření vodního potenciálu v rozsahu 0–1.5 MPa. Data byla měřena od 15. 4. 2010 do listopadu 2013 v hodinových intervalech.

Změny obvodu kmene

V každém ze čtyř porostů základních ploch fyziologického experimentu byly instalovány páskové dendrometry, a to v počtu 10 nebo 11 kusů. Automatické dendrometry (DRL 26, přesnost 1 μm , rozsah měření do 65 mm, EMS Brno, http://www.emsbrno.cz/r.axd/ems_v_DRL26_u_pdf.jpg?ver=), zaznamenávající změny obvodu kmene v hodinových intervalech, byly instalovány na stromy se souběžným měřením transpirace. Další dendrometry byly manuální (DB 20, Rozlišení 0,1 mm, rozsah měření do 50 mm, EMS Brno, http://www.emsbrno.cz/r.axd/ems_v_DB20_u_pdf.jpg?ver=), tj. vyžadovaly manuální odečet v průběhu vegetační sezóny. Dendrometry byly instalovány s cílem pokrýt tloušťkové rozpětí smrkových jedinců v jednotlivých porostech.

Transpirační proud

V roce 2010 byl transpirační proud měřen pouze pilotně na lokalitě Mosty, v letech 2011 až 2013 pak kontinuálně zhruba od konce dubna nebo počátku května do října na obou lokalitách fyziologického experimentu projektu LASPROBES (Mosty, Písek).

Transpirační proud byl měřen na kmenech stromů, přibližně v prsní výšce, metodou tepelné bilance kmene (typem přístroje EMS 51). Data byla měřena v desetiminutových intervalech, do paměti dataloggeru se ukládaly desetiminutové průměry měřených hodnot. Přístrojové vybavení zahrnovalo:

- o EMS 51 – jednokanálový přístroj pro měření transpiračního proudu stromu. Instalace možná na kmeny o průměru vyšším než 12 cm. Set přístrojů je připojen k běžnému dataloggeru registrujícímu napětí. Vyráběn EMS Brno. Bližší specifikace: http://www.emsbrno.cz/r.axd/pdf_v_EMS51_leaflet_u_pdf.jpg?ver=
- o EdgeBox V8 – datalogger zaznamenávající až 8 napěťových a 2 pulzní vstupy. Vyráběn EMS Brno. Bližší specifikace: http://www.emsbrno.cz/r.axd/ems_v_EdgeBox_V8_u_pdf.jpg?ver=

Vlastní čidla technologie k měření transpiračního proudu byla v zájmu pokrytí co největšího počtu vzorníků instalována na jednu stranu obvodu kmene vybraných stromů.

Fyziologická měření a mikroklimatická měření ve vazbě na pěstební experiment

Na vybraných plochách pěstební experimentu projektu LASPROBES (ID 1107, 1108 na revíru Mosty, 1053, 1054 na revíru Tyra) bylo instalováno kontinuální měření kmenového přírůstu a půdního sacího potenciálu obdobnou technikou, jako v případě základních fyziologických ploch. Kmenový přírůst byl v letech 2011 až 2013 měřen mimo jednu výjimku pouze na smrkových vzornících na každé z těchto ploch. Použity byly vždy tři automatické páskové dendrometry DRL 26, které byly doplněny pěti manuálními dendrometry DB 20. Na stejných plochách bylo uskutečněno také měření půdního sacího potenciálu. Lokalita ploch 1053, 1054 (revír Tyra, Javorový vrch) byla od roku 2011 podpořena mini-stanicí pro měření mikroklimatu. Měření na této stanici zahrnovalo srážky, teplotu a vzdušnou vlhkost a poskytovalo kontinuální záznam do konce vegetační sezóny roku 2013.

Postup analýzy kmenového přírůstu

Měřené údaje obvodového přírůstu kmene (ΔO_s , mm) automatických i manuálních dendrometrů byly pro objektivní zpracování a v případě manuálních dendrometrů také z důvodu potřebné interpolace aproximovány robustní logistickou funkcí ve tvaru

$$\Delta O_s = p_1 * (1 - e^{\frac{-DayNo^{p_3}}{1000 * p_2}})$$
Rovnice 1

kde *DayNo* je číselný údaj dne v roce a p_1 , p_2 , p_3 jsou hledané parametry funkce. Důležitá je hodnota parametru p_1 , která udává hodnotu celkového obvodového přírůstu za vegetační sezónu.

Postup analýzy transpiračního proudu

V letech 2013 a 2014 se analyzovaly výsledky měření transpiračního proudu. Na tomto základě se identifikoval a kvantifikoval vodní deficit dřevin na fyziologických plochách během vegetační sezóny. Analýza se opírala o klasickou evaporační teorii (Penman 1948, 1953, Monteith 1965) a její modifikaci, založenou na explicitním vyjádření vodivosti stomat inverzí klasické evaporační rovnice na bázi studie Lohammar *et al* (1980). V této souhrnné zprávě je připraveno srovnání měřených údajů

transpiračního proudu pro všechny tři sezóny let 2011, 2012 a 2013 a čtyři plochy fyziologického experimentu. K tomu bylo využito měření na smrkových vzornících a vyjádřeno průměrnou hodnotou specifického transpiračního proudu za den (kg/cm/d) pro každou ze čtyř ploch. Tato hodnota je porovnávána v relativním zobrazení a s referenční evaporací podle Penmana (1953) a kvantifikována těsnost tohoto vztahu pomocí lineární regrese a koeficientu determinace (R^2).

Půdní chemismus

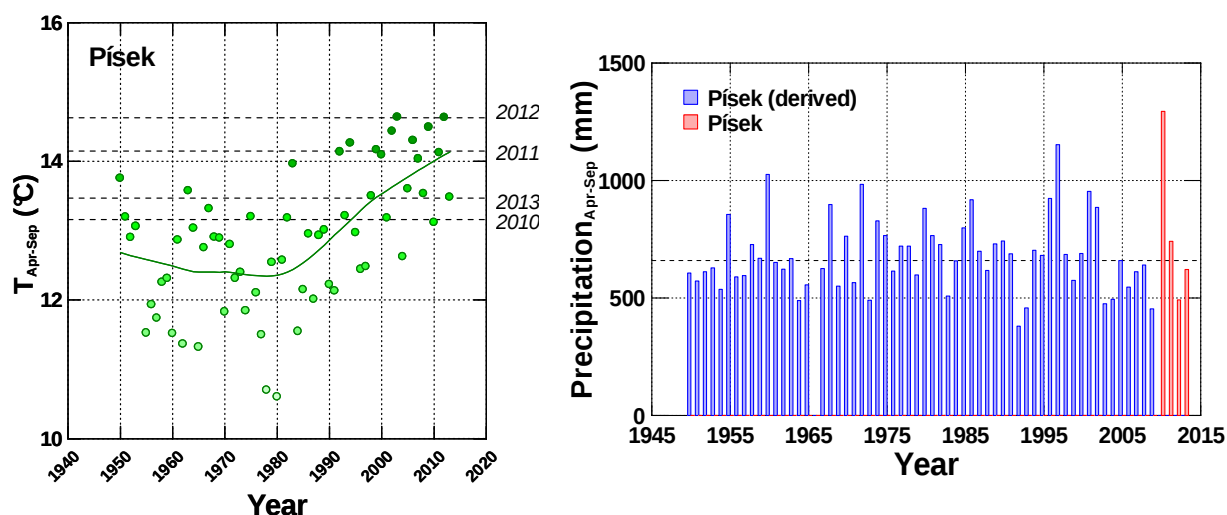
Plán řešení projektu původně nezahrnoval vlastní analýzu chemismu a předpokládal využití dostupných informačních zdrojů v této problematice. Postup analýz však vyústil v dodatečné šetření půdního chemismu v zájmové oblasti LHC Jablunkov. Na podzim roku 2012 byl skupinou pracovníků Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (JČU) proveden odběr vzorků půd na obou plochách fyziologického experimentu v Mostech. Vzorky byly odebrány ve třech opakováních pro každý ze základních horizontů, tj. O (směs opadu a fermentační vrstvy), amorfní humusový horizont (A) a minerální horizont (odběrová hloubka zhruba 10 cm v rámci minerálního horizontu). Každý ze vzorků pro laboratorní analýzu byl směsným vzorkem ze čtyř odběrových míst. Po převozu do laboratoře byly vzorky homogenizovány prosetím přes 2 mm síto a rozděleny do dvou sub-vzorků. Jeden byl vysušen při laboratorní teplotě a využit pro chemické analýzy, druhý byl skladován ve vlhkém stavu v polyetylenových sáčkách po dobu 4 týdnů při teplotě 4°C a použit pro analýzu biologické a biochemické aktivity půdy. Chemické analýzy zahrnovaly obsah celkového C a N, poměr C/N, NH_4 , NO_3 a pH (KCl). Biologické a biochemické analýzy zahrnovaly respiraci půdy, C, N a P v mikrobiální biomase, nitrifikaci a mineralizaci N. Rozšířené půdní odběry, zabezpečené řešiteli projektu, byly realizovány v roce 2013 na všech plochách fyziologického experimentu v obou lokalitách (Mosty a Písek) a také na lokalitě Javorový (revír Tyra) na podzim roku 2013. Lokalita Javorový v revíru Tyra se lišila od ostatních lokalit tím, že na ní bylo v minulosti realizováno vápnění (v roce 1985 a 1989). Veškeré laboratorní analýzy byly provedeny v laboratoři Přírodovědecké fakulty JČU (tým prof. Hany Šantrůčkové) a zahrnovaly kvantifikaci živinových prvků, hliníku, stanovení půdní acidity a obsahu C a N pro jednotlivé půdní horizonty. Výstupy těchto půdních šetření byly součástí řešení za rok 2014.

Výsledky a závěry

Fyziologický experiment projektu LASPROBES přinesl řadu konkrétních údajů o lokálním mikroklimatu, průběhu půdní vlhkosti a odezvě stromů a porostů ve formě měřeného kmenového přírůstu a aktuální transpiraci stromů a porostů. To bylo doplněno šetřením chemických vlastností půd. Experiment byl založen na kontinuálním měření mikroklimatických a fyziologických veličin na čtyřech plochách. Ty byly umístěny ve dvou lokalitách zájmové oblasti, doplněné o dvě další lokality pěstební experimentu.

Meteorologické charakteristiky

Přímo měřené meteorologické údaje byly vztaženy na dlouhodobé řady stanic ČHMÚ, což umožnilo analýzu mikroklimatu v období od roku 1950 a porovnání aktuálních údajů s dlouhodobým vývojem. Z tohoto srovnání vyplývá, že aktuální teplota vegetační sezóny byla v průměru o 1.4 °C vyšší, než v období let 1961-1990 (Obr. 2 vlevo). Rok 2012 byl jeden ze dvou nejteplejších (spolu s rokem 2003) od roku 1950. Pro oblast je doložen výrazný trend růstu teplot vegetačního období za poslední tři desetiletí.



Obr. 2: Vlevo: průměrná teplota vegetační periody (zde období duben až září) na stanici Písek v letech 2010 a 2013 ve srovnání dlouhodobého měření z let 1950 až 2010. Vpravo: srážkové úhrny pro vegetační období (duben až září) na stanici Písek; údaje let 1950 až 2009 (modře) jsou odvozeny z měření na stanici Jablunkov, údaje let 2010 až 2013 jsou skutečná měření stanice Písek (červeně)

Z hlediska extrémních hodnot zaznamenané teploty, nejteplejší den z doby měření od března roku 2010 v rámci projektu LASPROBES byl zaznamenan 8. 8. 2013 na lokalitě Písek s nadmořskou výškou zhruba 700 m. n. m. Teplota vzduchu tohoto dne na této lesní lokalitě dosáhla hodnoty 35.4, resp. 35.1 °C (průměr za 10 minut nebo za 1 hodinu), a denní průměr 28.9 °C. Tomu odpovídá i rekordní hodnota sytostního doplnku, který přesáhl 4.1 kPa během dne a 2.5 kPa v denním průměru. Přes tento teplotní extrém byl rok 2013 vzhledem k dlouhodobému trendu od roku 1950 z hlediska své vegetační sezóny relativně příznivý, a to jak z hlediska teplot, tak i srážek (viz níže).

Z hlediska extrémních hodnot měřených srážek byl nejvyšší denní úhrn zaznamenan dne 18. 5. 2010, a to 96.4 mm. Tento rok byl extrémní i z hlediska celosezónního: s úhrnem 1293 mm za období duben až září je srážkově nejbohatší za období nejméně od roku 1950 (Obr. 2 vpravo). Srážky v jarním

období tohoto roku způsobily lokální záplavy a významný sesuv půdy v zájmové oblasti LHC Jablunkov.

Statistiku klíčových klimatických charakteristik pro vegetační sezónu (duben až září, celkem 183 dnů) pro obě meteo-stanice projektu uvádí Tabulka 4. Každý rok ze sledovaných let měřeného období byl svým způsobem z hlediska klimatických charakteristik specifický. Jak bylo uvedeno výše, rok 2010 byl srážkově nejbohatší a teplotně průměrný. Rok 2011 byl srážkově i teplotně velmi příznivý s absencí extrémních hodnot. Rok 2012 byl nejteplejším ze sledovaného období (a druhý nejteplejší rok od roku 1950), s nejvyšší průměrnou teplotou a nejvyšší průměrnou hodnotou potenciální evapotranspirace. Rok 2013 byl i přes absolutní denní teplotní maximum teplotně i srážkově průměrný. To potvrzují shodně měření obou stanic, přičemž teplotní rozdíly mezi stanicí Mosty a stanicí Písek lze připsat především rozdílu v nadmořské výšce, která činí 100 m.

Potenciální evapotranspirace (PET) podle Penmana (1953) pro lokalitu Písek dosahuje zhruba hodnot mezi 500 až 600 mm, přičemž srážkově bohatý rok 2010 představuje nejmenší hodnotu, zatímco nejteplejší sezóna v roce 2012 znamená rovněž nejvyšší PET z tohoto období. Obdobná situace platí pro stanici Mosty (Tabulka 4).

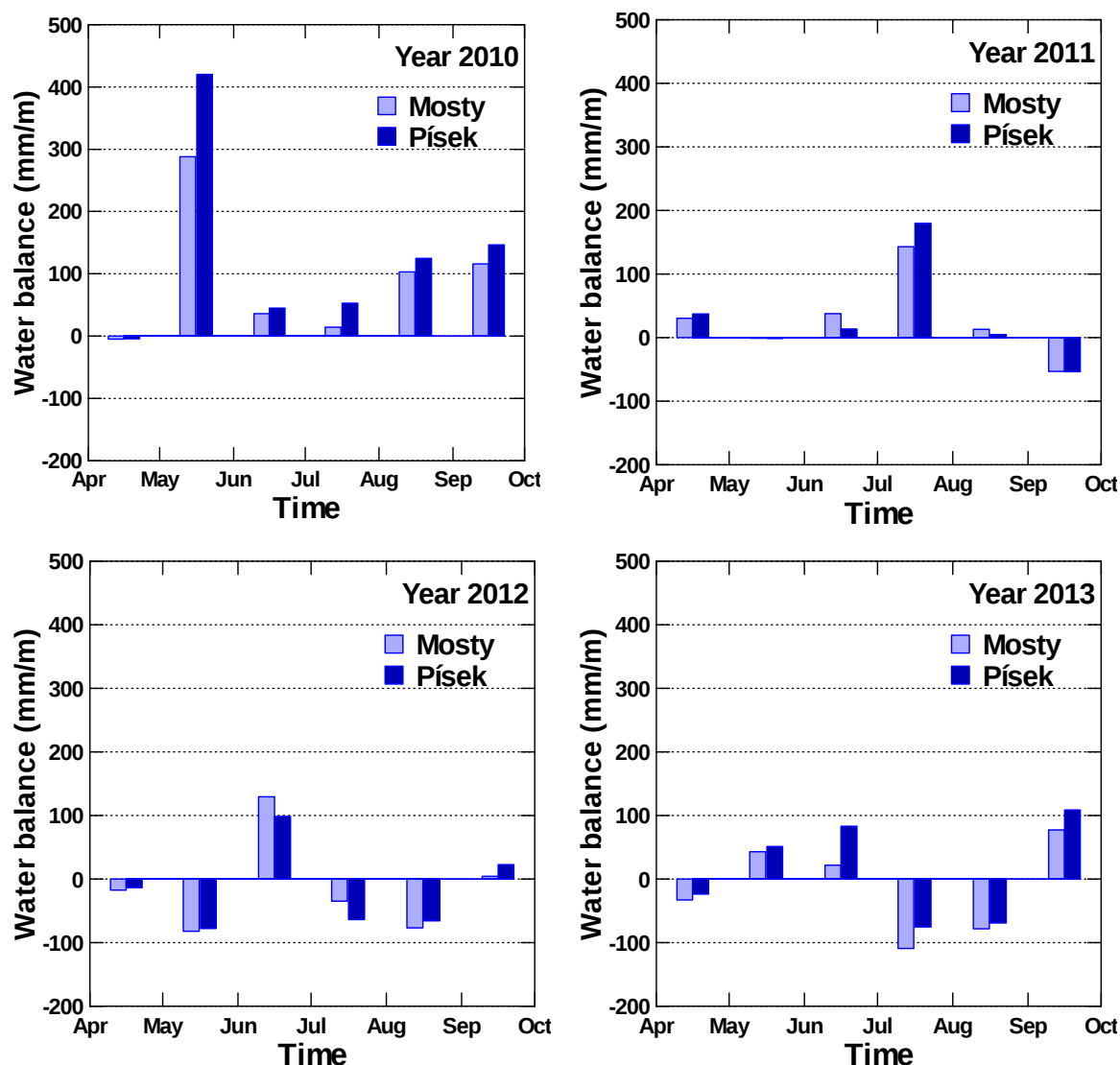
Tabulka 4: Srovnání meteorologických charakteristik vegetační sezóny (zde období duben – září) let 2010 až 2013 na klimatických stanicích v revírech Mosty a Písek. Příslušná maxima během tohoto čtyřletého období jsou zvýrazněna tučně.

Mosty, ca. 800 m n. m.	2010	2011	2012	2013
Teplota vzduchu – průměr/max. denních hodnot (°C)	12.38/24.2	13.35/24.4	13.73/25.3	12.76/ 26.8
Sytostní doplněk – průměr/max. denních hodnot (kPa)	0.28/1.29	0.32/1.04	0.42/1.52	0.35/ 2.07
Srážky (mm)	1087	762	556	530
Potenciální evapotranspirace (mm, Penman)	535	587	633	609
Písek, ca. 700 m n. m.	2010	2011	2012	2013
Teplota vzduchu – průměr/max. denních hodnot (°C)	13.16/25.2	14.15/26.1	14.63/26.3	13.49/ 28.9
Sytostní doplněk – průměr/max. denních hodnot (kPa)	0.36/1.49	0.42/1.50	0.55/2.00	0.44/ 2.58
Srážky (mm)	1293	741	493	620
Potenciální evapotranspirace (mm, Penman)	506	560	592	546

Jednoduchá vláhová bilance pro stanici Písek během sezóny (srážky – PET v měsíčním kroku; Obr. 3) indikuje, že zatímco v roce 2010 srážky výrazně přesahují PET během celé sezóny, v roce 2011 je na konci sezóny indikován vodní deficit. V roce 2012 je pak výrazný vodní deficit vyčíslen pro tři měsíce vegetační sezóny. Vzhledem k tomu, že sněhová pokrývka byla na plochách patrná ještě během dubna 2012, skutečný vláhový deficit lze předpokládat především pro měsíce červenec a srpen tohoto roku. Rok 2013 byl v tomto ohledu skutečně podobný roku 2012, tj. s výraznějším vláhovým deficitem v měsících červenec a srpen, zatímco srážky během měsíce června byly zjevně dostatečné.

Pro správnou interpretaci aktuálních údajů mikroklimatických měření je klíčové srovnání teplotních průměrů a srážkových úhrnů v dlouhodobém měřítku. Z hlediska teplot bylo během měřených let projektu (2010-2013) nejteplejší vegetační období roku 2012. Tato sezóna s průměrnou denní teplotou 14.6 °C patří společně rokem 2003 ke dvěma vůbec nejteplejším sezónám za celé analyzované období 63 let od roku 1950. Zároveň všechny roky měřeného období (Tabulka 4) měly

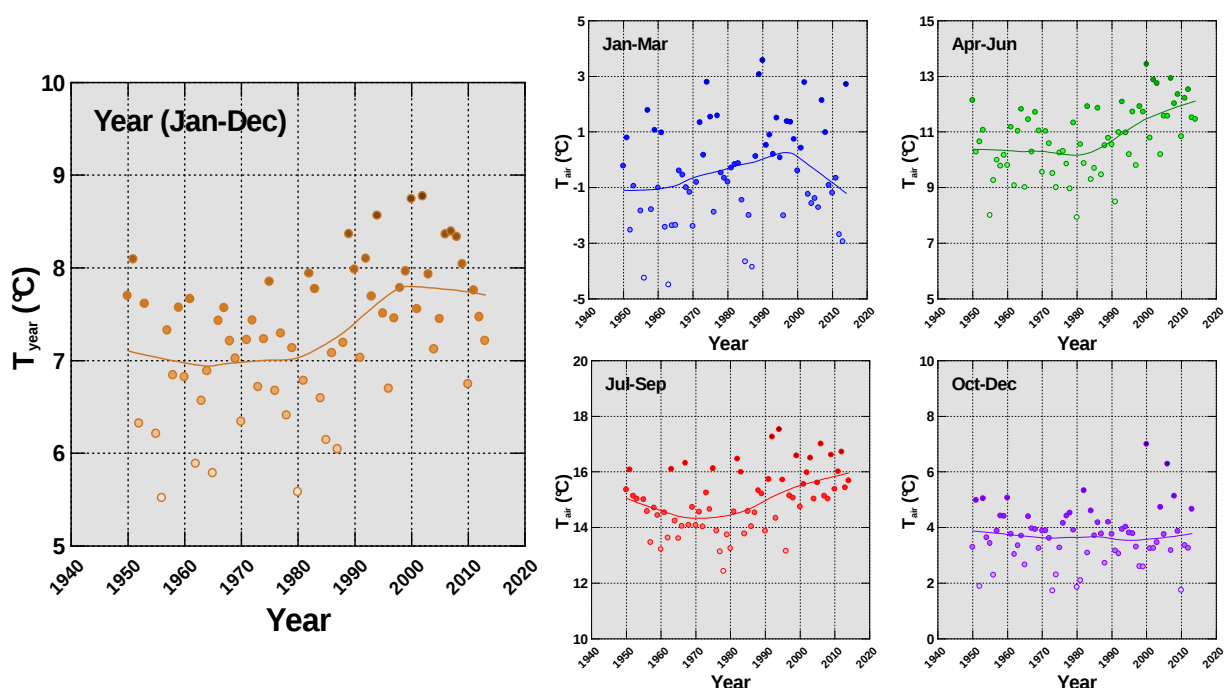
teplotu vegetační periody výrazně vyšší než 30 letý normál z let 1961-1990 (12.4 °C), a to v průměru o 1.43 °C.



Obr. 3: Vodní bilance na bázi měsíčních hodnot (*Water balance*) srážkových úhrnů a potenciální evapotranspirace podle Penmana pro vegetační období vegetačních sezón (duben až září) pro stanici Písek a Mosty v letech 2010 až 2013. Podmínky vodního deficitu indikují záporné hodnoty vodní bilance.

Trend celoročních teplot pro lokalitu Písek (Obr. 4 vlevo) dobře odpovídá trendu zvyšování globální teploty od roku 1950 s celkovým nárůstem o zhruba 0.7 °C za toto období (viz např. <https://www2.ucar.edu/climate/faq/how-much-has-global-temperature-risen-last-100-years>), a to včetně patrné stagnace nárůstu teplot zhruba od roku 1998. Rozbor po čtvrtletích (Obr. 9 vpravo) ukazuje specifický vývoj pro oblast LHC Jablunkov: zimní měsíce ukazují značnou meziroční variabilitu, jarní měsíce pak nejsilnější a relativně konzistentní nárůst teplot o zhruba 2 °C, letní měsíce tento nárůst kopírují, ale méně výrazně (zhruba 1.5 °C), zatímco podzimní teploty zůstávají bez signifikantního trendu a výraznější variability, mimo extrémní hodnoty v několika posledních letech. Obecně se tedy lesnictví v oblasti LHC Jablunkov musí vyrovnat se zjevným nárůstem teplot během

vegetační sezóny a obecně s teplotní extremitou v zimních měsících, která je ovšem pro tuto oblast typická i v dřívějších letech.



Obr. 4: Trend teplot za období od roku 1950 do roku 2013, vztahující se k lokalitě Písek. Celoroční průměr (vlevo) a teplotní trend po kvartálech (Jan-Mar: leden-březen, Apr-Jun: duben-červen, Jul-Sep: červenec – září, Oct-Dec: říjen-prosinec). Připraveno na základě údajů LASPROBES a ČHMÚ.

Z hlediska srážek nelze pozorovat žádný trend – dvě z měřených sezón byly srážkově nadprůměrné (2010, 2011), další dvě srážkově podprůměrné (2012, 2013). Během trvání projektu však byly zaznamenány historicky nejvyšší srážky od roku 1950 (r. 2010, úhrn za vegetační sezónu duben-září činil 1293 mm). Meziroční variabilita (extremita) srážek v dlouhodobém měřítku prokazatelně roste. To také znamená, že při neměnném srážkovém úhrnu klesá reálná využitelnost srážek biotou.

Z hlediska srážkových úhrnů bylo vegetační období roku 2013 s hodnotou 620 mm celkově mírně podprůměrné vzhledem k období od roku 1950 je zřejmé, že rok 2010 s úhrnem 1293 mm zůstává pro tuto oblast srážkově výjimečný, což se projevilo ve formě lokálních až regionálních záplav koncem května, kdy srážkové úhrny dosáhly maxima téměř 100 mm/den a během tří dnů celkem 245 mm. Na Jablunkovsku byla tato sezóna srážkově bohatší i ve srovnání s rokem 1997, který znamenal nejhorší záplavy v regionu Severní Moravy za posledních minimálně 60 let. Naproti tomu, vegetační sezóna roku 2011 byla svým úhrnem 741 mm srážkově mírně nadprůměrná vzhledem k dlouhodobému průměru lokality Písek, který dosahuje 693 mm. Rok 2012 se projevoval vláhovým deficitem a naměřený sezónní úhrn 491 mm na stanici Písek znamená jednu z celkem sedmi vegetačních sezón s úhrnem menším než 500 mm od roku 1950. Rok 2013 byl v tomto ohledu na stanici Písek příznivější (viz výše), zatímco pro lokalitu Mosty byl právě rok 2013 nejsušší v rámci období trvání projektu LASPROBES. To se projevuje i relativně výraznějším vláhovým deficitem indikovaným pro rok 2013 a tuto lokalitu (Obr. 3 vpravo).

Z dlouhodobých srážkových úhrnů nevyplývá změna trendu, tj. srážky jsou bez závislosti na roce ($p=0.971$). Přesto však prokazatelně roste variabilita srážek, což lze doložit statistikou rozptylu jednotlivých dekád. Např. standardní odchylka srážek pro stanici Písek pro dekádu 50., 70. a 90. let dosáhla hodnot 152, 109 a 219 mm, zatímco obdobný údaj pro dekádu 2004-2013 je již 241 mm.

Při interpretaci klimatických údajů je nutno upozornit na to, že zatímco teploty vykazují prostorovou variabilitu úměrnou především výškovému gradientu, u srážek je typická výraznější prostorová heterogenita (lokálnost srážek). To dokládají i údaje tří stanic na LHC Jablunkov – např. sezónní úhrn v roce 2012 dosáhl 491 mm na lokalitě Písek (700 m n. m.), zatímco na lokalitě v Mostech (800 m n. m.) byl tento úhrn 556 mm a na lokalitě ploch pěstební experimentu 1053/1054 na Javorovém (revír Tyra, nadmořská výška 930 m n. m.) pak srážkový úhrn dosáhl 689 mm za tuto sezónu. V roce 2013 dosáhly sezónní srážky na Javorovém 785 mm, což je obdobně vyšší ve srovnání s níže položenými lokalitami v Písku a Mostech (viz Tabulka 4).

Pro produkční lesnictví je kriticky důležitá především vláhová bilance v první polovině vegetačního období. Srážkové úhrny pro období duben až červenec ($n=122$ dní) v letech 1950 až 2013 ($n=62$ let s dostupnými údaji) dosahují v průměru 475 mm. Tři srážkově nejchudší roky z hlediska tohoto čtyřměsíčního období jsou rok 1950 (312 mm), 1992 (252 mm) a 2007 (317 mm)¹. Naopak, tři srážkově nejbohatší pro období duben až červenec byly roky 1960 (815 mm), 1997 (960 mm) a 2010 (876 mm). Z tohoto pohledu mělo období let 2010-2014 řešení projektu pouze dvě sezóny s podprůměrným srážkovým úhrnem, a to rok 2012 (76 % obvyklého úhrnu) a rok 2013 (86 % obvyklého úhrnu). Ostatní roky byly srážkově nadprůměrné.

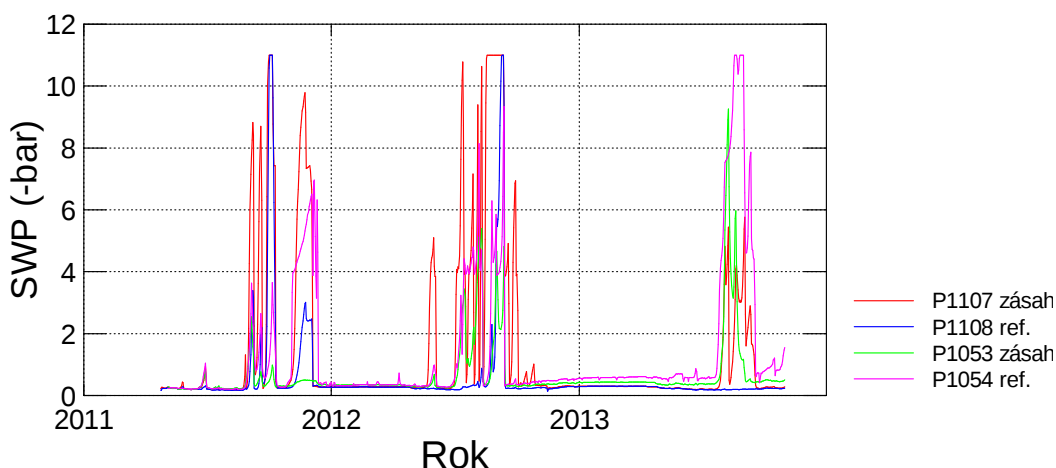
Fyziologické charakteristiky

Vláhová bilance a fyziologická měření doložily periodu přísušku během druhé poloviny růstové periody let 2011, 2012 a 2013, s čímž korespondovala i růstová dynamika stromů během této sezóny. Redukce transpiračního proudu byla významná především v letech 2012 a 2013. Aktuální redukce příjmu vody (transpirace) u smrku zhruba odpovídala srážkovým a půdně-vlhkostním poměrům (vláhovému deficitu), ale částečně se projevil jiný mechanismus velmi pravděpodobně související se stavem kořenového systému v prostředí půd s narušeným půdním chemismem a silným obsahem hliníku. Další fyziologický rozbor této problematiky však přesahuje rámec tohoto projektu. Vláhový deficit je však výrazný a projevil se také redukcí přírůstu.

Fyziologické charakteristiky šetřené v rámci fyziologického experimentu projektu zahrnují vodní sací potenciál a teplotu půdy, obvodový přírůst kmene, transpirační proud a půdní chemismus.

Měření vodního potenciálu poměrně spolehlivě detekuje období snížené dostupnosti vody v půdě a doplňuje tak informaci měřeného obvodového přírůstu kmene a transpiračního proudu dřevin. Měření vodního potenciálu během celého sledovaného období projektu LASPROBES odpovídá meteorologické situaci jednotlivých let. Vodní deficit v půdě byl zaznamenán v druhé polovině nebo na konci vegetační sezóny let 2011-2013. Nejsilněji se vodní deficit projevil v roce 2012 (Obr. 5).

¹ Rok 2007, který inicioval současnou epizodu chřadnutí smrku v oblasti, je vůbec srážkově nejchudší od roku 1950 pro periodu měsíců duben-květen, i podstatnou část června.



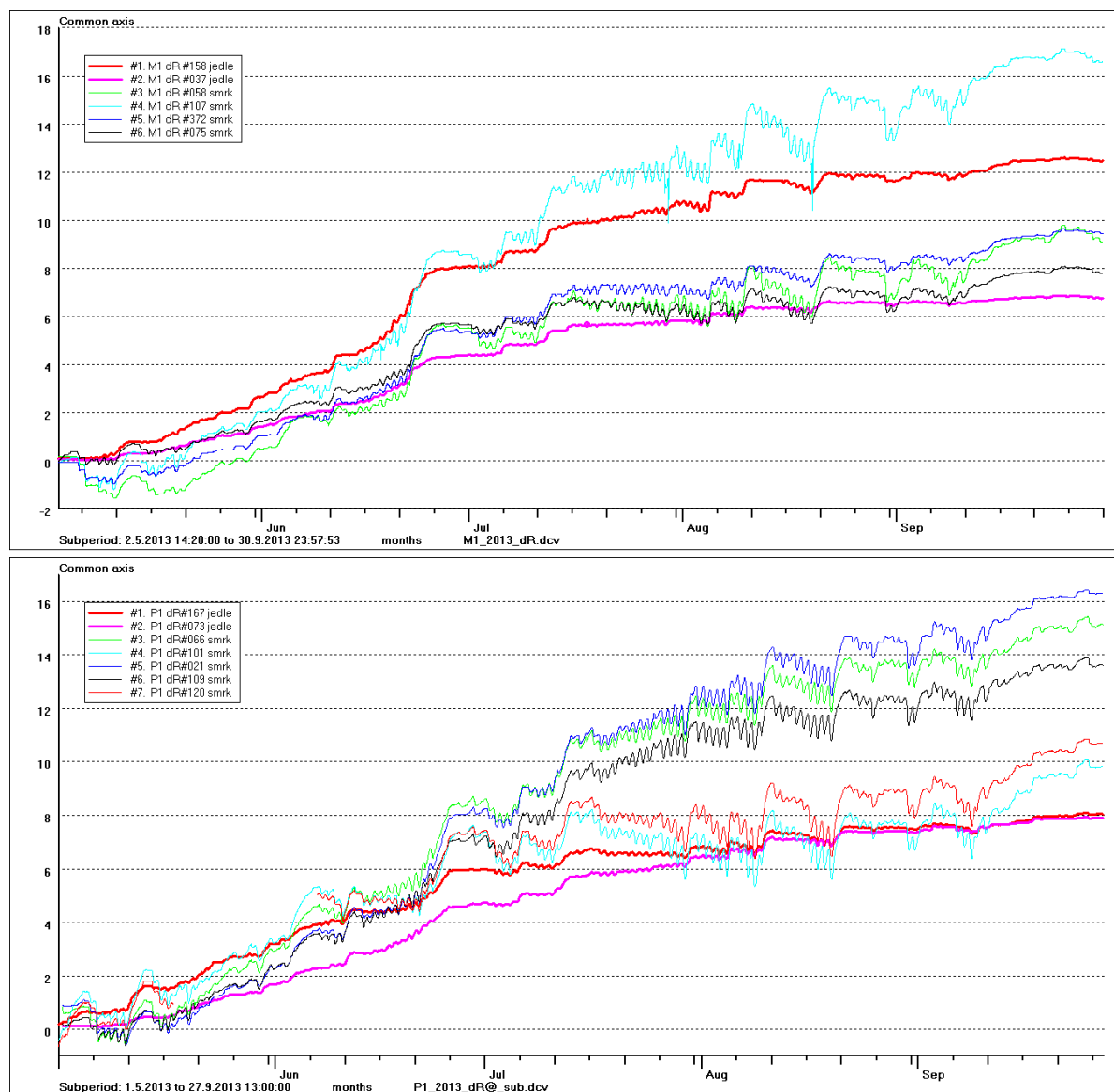
Obr. 5: Průměrná hodnota půdního sacího potenciálu (SWP) na vybraných plochách lesopěstebního experimentu v revíru Mosty (P1107, P1108) a Tyra (lokalita Javorový, P1053, P1043) během tří let realizovaného měření.

Další měřenou veličinou prostředí byla **teplota půdy**, která byla měřena pro každou z trojic čidel půdní vlhkosti na čtyřech plochách fyziologického experimentu a na čtyřech plochách pěstebního experimentu. Toto měření dokládá, že za sledované období let 2010 až 2014 byla půda výrazně promrzlá pouze v zimním období roku 2011, které odpovídá minimálním zaznamenaným teplotám vzduchu. Maximální hodnoty svrchního minerálního horizontu dosáhly zhruba 20°C v letních měsících. Ze záznamů je poměrně jasně patrný ostrý nástup vegetační sezóny po odtání sněhové pokrývky s následnou intra-denní variabilitou ve vazbě na amplitudu teplot vzduchu.

Nedílnou součástí fyziologického šetření bylo **měření obvodového přírůstu kmene**. Jeho cílem bylo především zachycení růstové reakce stromu na periody přísušku a poskytnutí detailní informace o růstu kmene v průběhu vegetační sezóny. Cenné je především měření automatickými dendrometry, jejichž přesnost umožňuje zachytit denní oscilace obvodu kmene, které jsou citlivým indikátorem vláhového deficitu v půdě. Měření pomocí automatických dendrometrů zachycují změny obvodu kmene v intra-denním rozlišení. Průběh takto registrovaného obvodového přírůstu na příkladu vegetačního období roku 2013 uvádí Obr. 6. Typická pro období beze srážek je rostoucí oscilace obvodu kmene v souvislosti se změnami (pod)tlakových poměrů ve vodivých pletivech kmene odpovídající intenzivní transpiraci během dne a následné dosycování pletiv během nočních hodin. Výše uvedená oscilace kmene je silnější pro smrk, který jako mělce kořenící dřevina musí na podmínky vodní deficit reagovat výrazněji. U vzorníků jedle jsou křivky přírůstu zřetelně vyrovnanější a denní oscilace kmene menší.

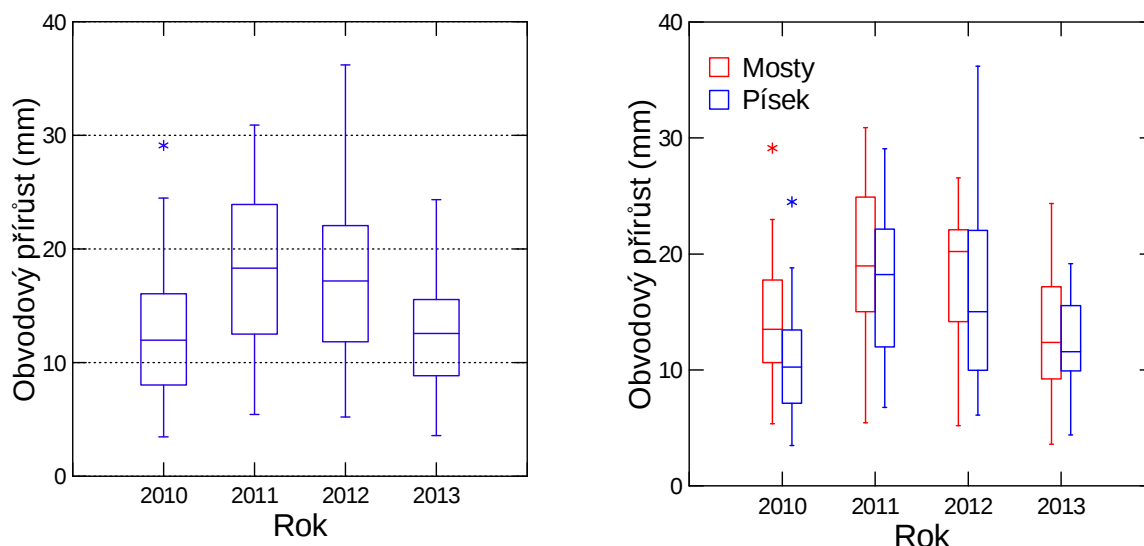
V souvislosti s pozorovanou odezvou přírůstu smrku je zajímavé to, že stresové podmínky se projevují i v době, kdy půdní čidla identifikují dostatek půdní vláhy. Smrk je tedy evidentně fyziologicky limitován při svém příjmu vody. To může být důsledkem narušeného půdního chemismu (viz níže), a to specificky toxicitou hliníku, který může ovlivňovat kořenové vlášení, a tím i aktivní kořenovou absorpční plochu. To by také vysvětlovalo postupně klesající příjem vody smrku a redukci transpirace během vegetační sezóny, který je patrný na Obr. 9 (horní a střední graf) a Obr. 10 (viz níže). Hypotézu o významné toxicitě hliníku, která ovlivňuje absorpční schopnost kořenového systému a zvyšuje fyziologickou zátěž smrku v oblasti, podporují přímá měření transpirace a analýzy půdního chemismu. Se zvýšenou fyziologickou zátěží smrku by rovněž mohlo souviset houbové napadení václavkou, které

je v zájmové oblasti LHC Jablunkov nebývale výrazné (na 59 % ploch pěstebního experimentu bylo v roce 2013 převládající příčinou odumření smrku v porostech ve věku 21-60 let).



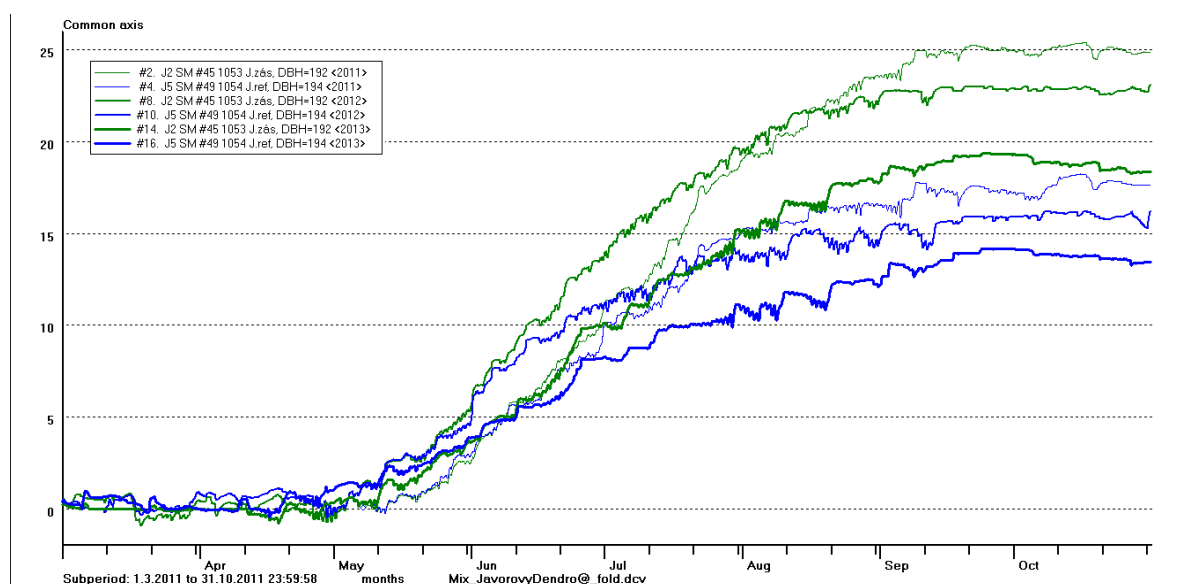
Obr. 6: Tloušťkový (obvodový) přírůst kmene stromů na fyziologické ploše Mosty zdravá (nahore) a Písek zdravá (dole) v průběhu vegetační sezóny roku 2013, měřené automatickými dendrometry. Obvodový přírůst pro dva vzorníky jedle je zvýrazněn silnější čarou.

Informace o obvodovém přírůstu poskytuje také poměrně velmi přesnou informaci o absolutní hodnotě přírůstu. V případě opakovaného měření v několika letech tak lze porovnat růst a produkci měřených stromů mezi jednotlivými roky (Obr. 7).



Obr. 7: Krabicový graf hodnot přírůstu na vzornících umístěných na plochách fyziologického experimentu v letech 2010-2013 – souhrnně (vlevo) a podle lokalit ploch fyziologického experimentu (vpravo).

Z hlediska přírůstu byl optimální rok 2011 s dobrým rozložením srážek během sezóny. Obvodový přírůst dřevin v teplotně výraznějším roce 2012 byl díky výraznějšímu vláhovému deficitu v druhé polovině roku mírně nižší, než v roce 2011. V roce 2013 byl přírůst výrazně menší než v optimálním roce 2011, a to zjevně vlivem vláhového deficitu v druhé polovině sezóny, který byl obdobný, jako v roce 2012. Odezva přírůstu na vodní deficit byla silnější v roce 2013, opakovaném roce s výrazným vláhovým deficitem. Výrazné rozdíly v růstu mezi jednotlivými roky dokládají silný vliv aktuálních meteorologických podmínek během roku, a tudíž úzkou vazbu mezi aktuální produkcí a klimatem v dané oblasti. Výše uvedené potvrzují i záznamy obvodového přírůstu na vybraných plochách pěstební experimentu (Obr. 8).

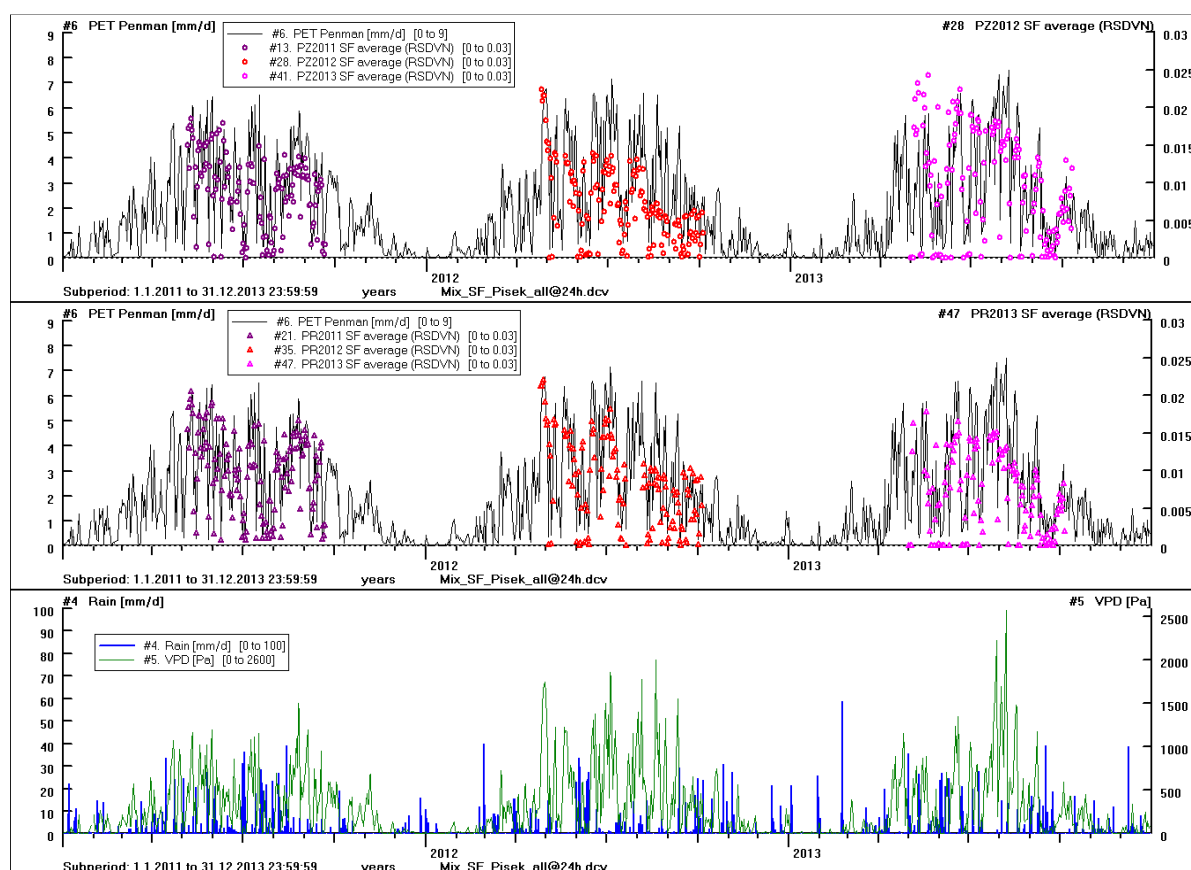


Obr. 8: Měřený přírůst na dvou vzornících smrku v letech 2011 až 2013 na plochách pěstební experimentu na lokalitě Javorový, revír Tyra.

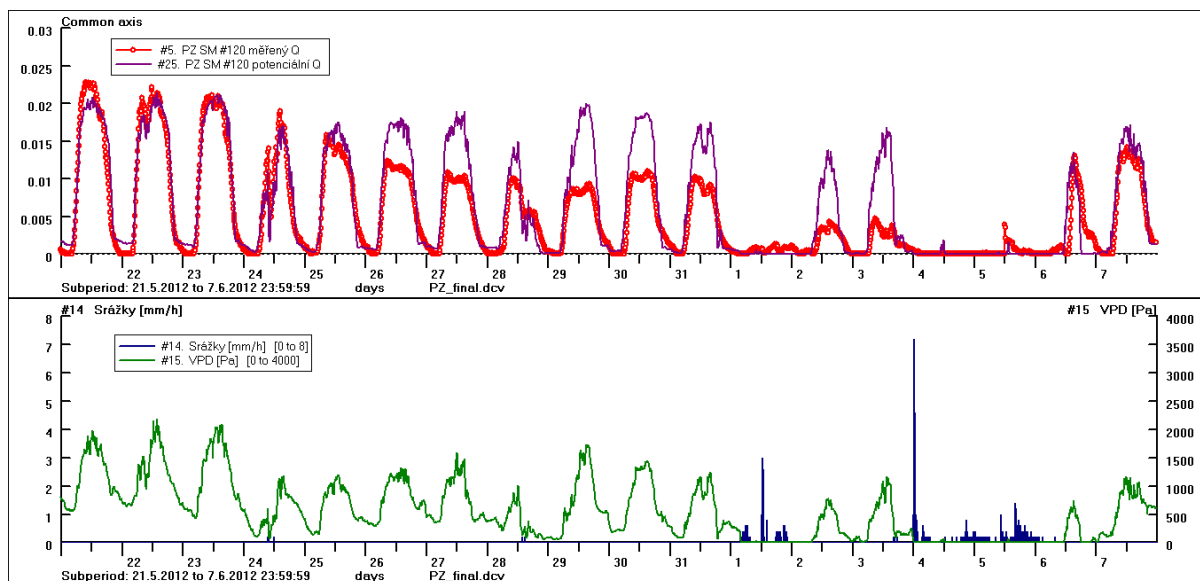
Na Obr. 8 je zobrazen kontinuální přírůst po dobu tří vegetačních sezón let 2011-2013 na dvou vzornících smrku. V obou případech je maximum dosaženo v roce 2011 (tenké křivky), zatímco teplejší sezóna roku 2012 znamenala včasnější limitaci růstu ke konci sezóny (středně silné křivky), a v roce 2013 je patrný projev silnějšího deficitu od srpna a přírůst je v obou případech nejslabší (silné křivky).

Hlavním cílem přímého **měření transpiračního proudu** bylo ověřit chování smrku z hlediska vodního režimu – specificky příjem vody během vegetační sezóny v závislosti na lokální mikroklimatologii. Přehled měřeného transpiračního proudu během vegetačních sezón let 2011 až 2013 je zde uveden pro fyziologické plochy obou lokalit, tj Mosty a Písek, a to v relativním porovnání denních hodnot s potenciální evaporací (Penman 1953).

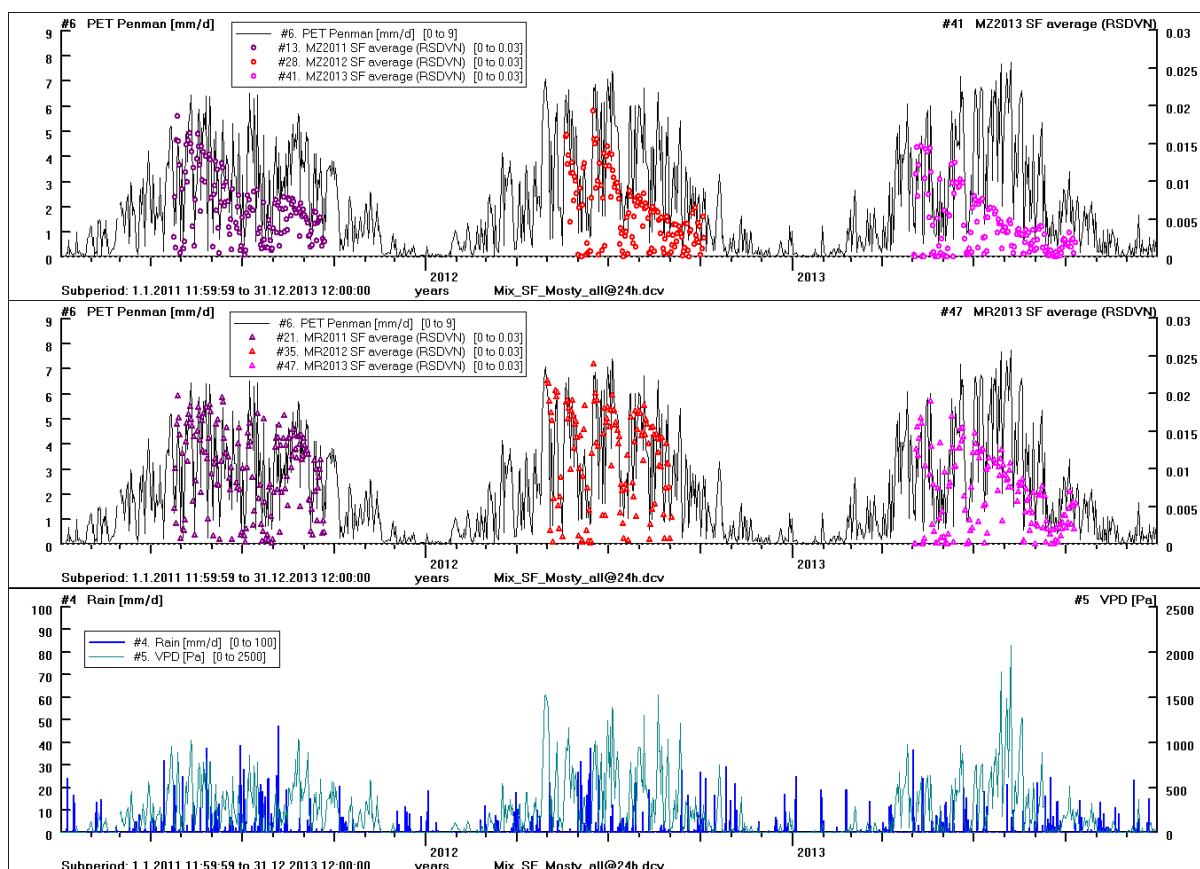
Obr. 9 dokládá, že na obou fyziologických plochách lokality Písek je zřetelná dobrá korespondence měřených hodnot s průběhem potenciální evaporace především v roce 2011, zatímco v letech 2012 a 2013 je patrný snížený příjem vody během druhé poloviny sezóny, který neodpovídá evaporačním požadavkům. Epizodu sucha ilustruje v minutových hodnotách také Obr. 10. Lineární regrese mezi měřenou transpirací a potenciální evaporací během sezóny potvrzuje výše uvedené relativně vysokým koeficientem determinace (R^2): ten dosahuje v jednotlivých letech pro plochu PZ hodnoty 0.81, 0.73 a 0.78, a pro plochu PR pak 0.87, 0.82 a 0.87.



Obr. 9: Měřený průměrný denní specifický transpirační proud (symboly) smrku na lokalitě Písek, plocha PZ (Písek zdravý, nahoře) a PR (Písek riziko, střed) v relativním srovnání s potenciální denní evapotranspirací (černá linie, Penman 1953). Ve spodním grafu jsou údaje denních srážkových úhrnů (Rain; modré sloupce) a sytostního doplňku (VPD; zelená linie).



Obr. 10: Příklad typického nástupu vodního deficitu: období 21.5 -8. 6. 2012, plocha PZ na lokalitě Písek, smrk #120, průběh měřeného a potenciálního transpiračního proudu (nahore) ve srovnání s klimatickými charakteristikami (dole). Měřená a potenciální transpirace se postupně stále silněji rozcházejí a smrk není schopen přijmout vláhu v potřebném množství. Po nové srážkové epizodě se potenciální a skutečná transpirace znovu scházejí.



Obr. 11: Měřený průměrný denní specifický transpirační proud (symboly) smrkových vzorníků na lokalitě Mosty, plocha MZ (nahore) a MR (střed) v relativním srovnání s průběhem potenciální denní evapotranspirace (černá linie, Penman 1953). Ve spodním grafu jsou denní srážkové úhrny (Rain; modré sloupce) a sytostní doplněk (VPD; zelená linie).

Situace byla obdobná pro měření na lokalitě Mosty (Obr. 11 výše): relativně dobrá byla korespondence měřeného průtoku s potenciální evaporací v letech 2011 a 2012 na pouze ploše MR, kde se nejvýraznější deficit projevil v roce 2013, zatímco na ploše MZ je patrná redukce příjmu vody i během vlhkého roku 2011.

Redukce aktuální transpirace smrku v průběhu sezóny vzhledem k průběhu evaporačních požadavků vyjádřených proměnnými typu potenciální evaporace nebo evapotranspirace, popř. sytostního doplňku, je v zásadě vždy způsobena zhoršeným příjmem vody kořenovým systémem. Ta je ovlivněna vlastní dostupností vody v půdním profilu a stavem kořenového systému, resp. jeho schopností vodu přijímat. V případě period sucha, doložených lokálním měřením klimatických veličin, měřením transpiračního proudu (Obr. 10), měřením půdního potenciálu a indikací oscilace obvodu kmene pomocí citlivých automatických dendrometrů, je tedy možné potvrdit působení přísušku. Přísušek byl zjevný v především v letech 2012 až 2013, a projevil se především v druhé polovině vegetační sezóny. Zároveň však měřené údaje dokládají přirozeně značnou heterogenitu v měřené transpiraci mezi porosty – plochami fyziologického experimentu. Na plochách lokality Písek je redukce transpiračního proudu obdobná jako na lokalitě Mosty. To odpovídá klimatickým charakteristikám jednotlivých sezón a vyjádření vláhového deficitu na Obr. 3. Na plochách MZ a MR v lokalitě Mosty je redukce příjmu vody silnější, a to především na lokalitě MZ. To zhruba odpovídá nezávislé kvantifikaci vláhového deficitu na základě klimatických údajů (Obr. 3), kdy především situace v roce 2013 byla méně příznivá pro lokalitu Mosty. Zároveň se dynamika příjmu vody, a to zejména na ploše MZ (Obr. 11), nedá plně vysvětlit mikroklimatem ani vodní bilancí v půdě, jak dokládají půdní sondy. Domníváme se proto, že redukce příjmu vody na této ploše také souvisí se stavem kořenového systému, podmíněného nevhodným půdním chemismem s vysokou koncentrací hliníku v kombinaci s vysokou kyselostí půd a nízkou nasyceností bázemi (viz sekce Půdní chemismus níže).

Půdní chemismus

Z hlediska půdního chemismu je zřejmé, že půdy v zájmové oblasti jsou nadále silně ovlivněny acidifikací a nutriční degradací. Je doložen výskyt těžkých kovů, přetrvávající kyselost a velmi nízký obsah živin a vysoké koncentrace hliníku (Fiala 2013, půdní rozbory v rámci tohoto projektu). Celkově je stav půdního prostředí zájmové oblasti LHC Jablunkov i v celorepublikovém kontextu problematický a současný chemismus půd se podílí na zhoršeném zdravotním stavu porostů v zájmové oblasti.

Zájmová oblast LHC Jablunkov patří k imisně nejzatíženějším oblastem České republiky se silně narušeným půdním prostředím dlouhodobou acidifikací a nutriční degradací (viz např. Plíva a Žlábek 1986, Klimo a Kulhavý 1994, 1997, Hruška a Cienciala 2005, Borůvka et al. 2006, 2007, 2008). Je doložena také silná koncentrace těžkých kovů v této oblasti, a to i v celorepublikovém kontextu (Obr. 13).

Z hlediska aktuální půdní acidity (2013) charakterizované nejčastěji hodnotami pH_{KCl} mezi 3 až 3.5 (půdní rozbory provedené v rámci tohoto projektu) lze lesní půdy všech tří šetřených lokalit (Písek, Mosty, Tyra) kategorizovat jako velmi silně kyselé, v případě lokality Mosty dokonce jako extrémně kyselé kategorizace dle Fiala (2013). Půdní kyselost je o něco příznivější na lokalitě Javorový, kde se efekt opakovaného vápnění projevuje i po 25 letech od aplikace.

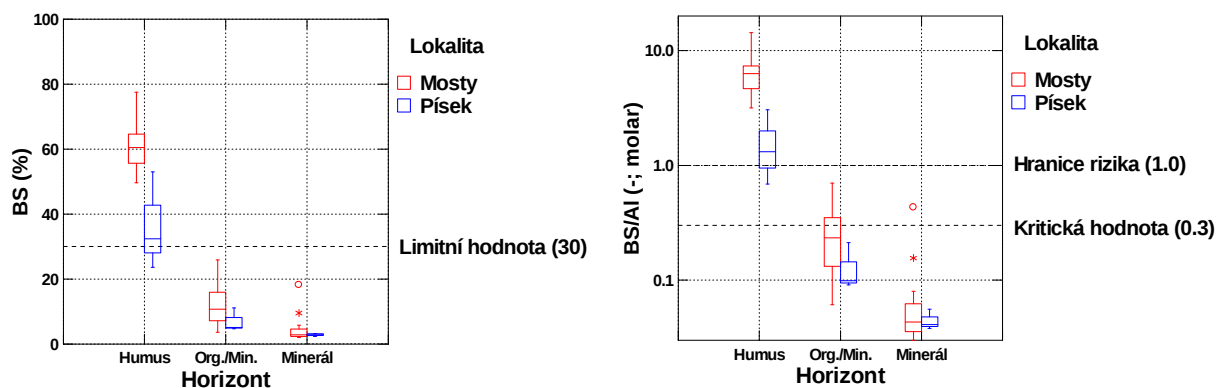
Větší rozdíly ukazuje stanovení bazické saturace. Hodnoty bazické saturace se pohybují pod limitem 30 % v případě ploch na lokalitách Mosty a Písek pro svrchní část minerálního horizontu (půdní rozbor provedené v rámci tohoto projektu). Vápněná lokalita Javorový (revír Tyra) je z hlediska bazické saturace relativně příznivější než ostatní lokality v celém půdním horizontu, ačkoliv pro minerální horizont se i na této lokalitě hodnoty blíží kritické hladině. Srovnání středních hodnot klíčových půdních veličin šetřených v zájmové oblasti s jinými regiony uvádí Tabulka 5.

Tabulka 5: Střední hodnoty (medián v případě LASPROBES) obsahu přístupných prvků, pH, nasycenosti bázemi a poměr C/N v minerálním horizontu.

Lokalita	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Al (mg/kg)	pHKCl (-)	BS %	C/N (-)
LASPROBES (2012-2013)	49	84	29	5857	3.4	3.1	25
Beskydy 2006	25	65	20	650	3.5	5	20
Beskydy 2004	100	135	35	3700	4	-	-
Orlické hory	38	55	21	406	4.5	25	20
Jizerské hory	-	25	20	-	3.5	8	-
Středočeská pahorkatina	40	60	15	400	4	15	16

Zdroje: Jizerské hory (Slodičák et al., 2005); Beskydy 2006, Orlické hory a Středočeská pahorkatina (Šrámek et al., 2008b, 2009, 2010); Beskydy 2004 (Fiala et al., 2005).

Z hlediska rizik pro zdravotní stav smrku je zásadní poměr bazické saturace a hliníku (BS/Al), který je indikátorem dostupnosti živin a množství uvolňovaného toxického hliníku. Zde byly zjištěné hodnoty pod hranicí rizika výrazně pro obě lokality Písek a Mosty (minerální horizont; Obr. 12). Obdobnou informaci podává poměr Ca/Al (zde nezobrazeno).

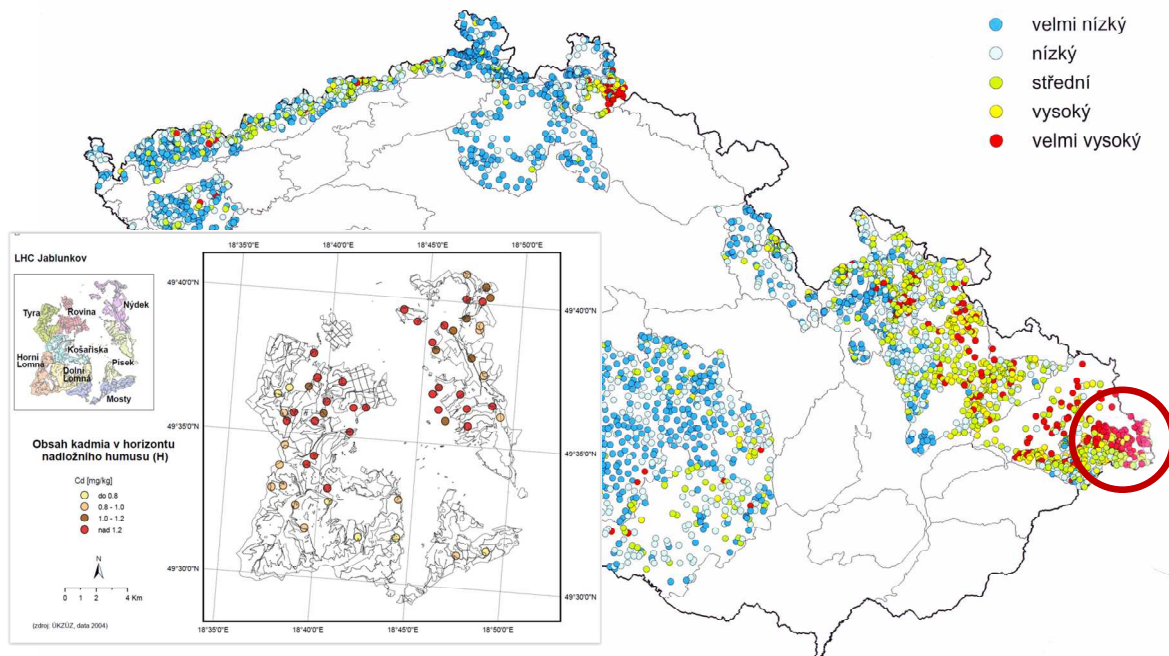


Obr. 12: Vlevo – hodnoty bazické saturace (BS), vpravo – poměr BS/Al pro jednotlivé půdní horizonty s uvedením kritických hodnot pro minerální horizont podle Fialy et al (2013). V obou případech jsou zobrazeny střední hodnoty v krabicovém diagramu pro vzorky z lokalit Mosty a Písek.

Průměrné hodnoty obsahu prvků (K, Ca, Mg, Al) z odběrů na fyziologických plochách Mosty a Písek, a na lokalitě Javorový (Tyra) jsou podle klasifikační stupnice hodnocení kritických hladin prvků Fiala et al. (2013) nevyhovující především na lokalitě Písek, přičemž hodnoty na lokalitě Mosty se nacházejí rovněž blízko těmto limitům. V případě hliníku (Al) se ukazuje jako nevyhovující (příliš vysoký) obsah

pro minerální horizont na lokalitě Javorový (Tyra) a pro organogenní horizont A také na lokalitách Mosty a Písek.

Obsah kadmia v horizontu nadložního humusu



Obr. 13: Obsah kadmia (Cd) v horizontu nadložního humusu v zájmové oblasti ve srovnání s jinými regiony v České republice (připraveno na bázi údajů a podkladové mapy ÚKZÚZ - Fiala et al. 2013).

Monitoring zdravotního stavu mladých a středněvěkových porostů

Úvod

V rámci řešení projektu LASPROBES byla připravena nová monitorační síť specificky zaměřená na porosty mladé (do 20 let) a porosty středního věku (21-60 let podle platného LHP), které mají pro lesnickou praxi a řešení problematiky zhoršování zdravotního stavu smrkových porostů zásadní význam. Síť pokrývá celou zájmovou oblast LHC Jablunkov. Na monitorační síti proběhlo inventarizační šetření na počátku vegetační sezóny 2010 a opakované šetření v závěru vegetační sezóny 2013.

Hodnocení šetření zdravotního stavu porostů a jeho změn z monitorační sítě na LHC Jablunkov z obou let šetření je důležitou vstupní informací o stavu a vývoji zdravotního stavu lesních porostů. Vyhodnocení bylo provedeno na úrovni jednotlivých stromů (ca. 17 tisíc hodnocených jedinců v obou letech), jednotlivých ploch (285 ploch s opakovaným šetřením) a statisticky souhrnně pro LHC Jablunkov. Z výsledků monitoračního šetření v letech 2010-2013 vyplývá, že smrk v mladých a středněvěkových porostech na LHC Jablunkov má v porovnání se situací celorepublikovou zhoršený zdravotní stav. Trend zdravotního stavu smrku mezi šetřeními v letech 2010 a 2013 je určován zejména průkazným nárůstem podílu souší a stromů s charakteristickým václavkovým roněním, a to především v porostech II. věkové třídy. Celkově však zhoršení zdravotního stavu mezi lety 2010 a 2013 zůstává na hranici statistické průkaznosti. Vysoké riziko václavkového hynutí je ve smrkových porostech III. věkové třídy (41-60 let), v nichž se vyskytují všechny indikátory václavkového hynutí (tj. václavkové ronění, náhlá redukce výškového přírůstu, vznik suchého vrcholu) v nadprůměrném podílu. Rozhodující příčinou vzniku souší byl výskyt václavky smrkové, následovaný zlomy.

Vyhodnocení údajů monitorační sítě přineslo široké spektrum údajů o stavu a změnách zdravotního stavu smrkových porostů v zájmové oblasti ve vztahu k věku porostů, plošnému výskytu (revíry), nadmořské výšce a tloušťkové dimenzi.

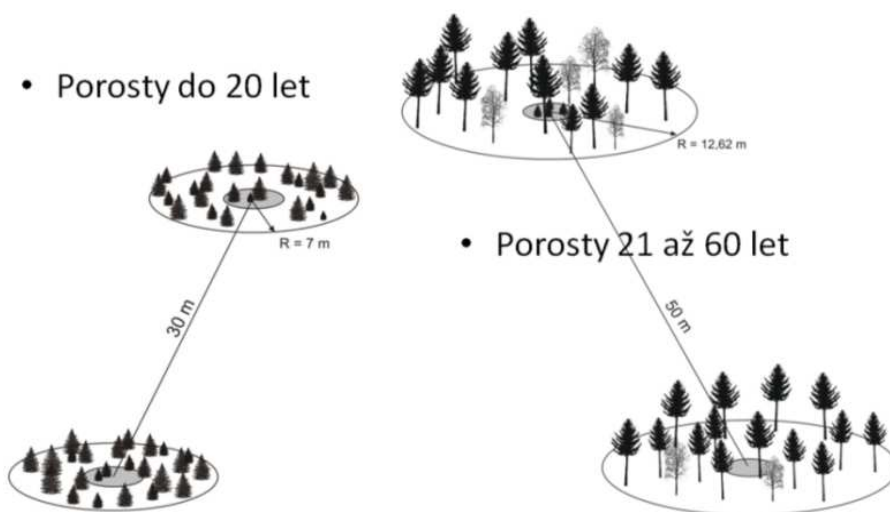
Materiál a metody

Popis monitorační sítě a v ní realizovaného šetření

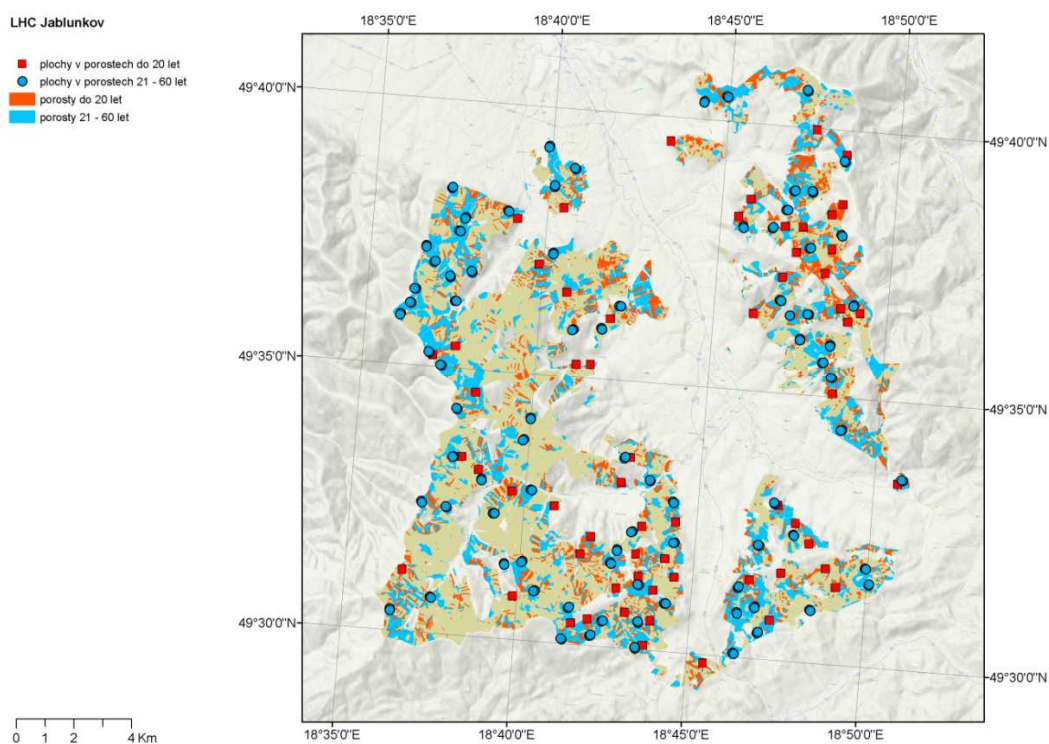
Monitorační síť projektu LASPROBES byla navržena s cílem vytvořit objektivní a efektivní systém pro hodnocení zdravotního stavu. Objektivita je zaručena použitím statistických postupů při zakládání sítě náhodným výběrem, a znovu při statistickém vyhodnocování údajů. Efektivita je zaručena použitím adekvátní metodiky hodnocení, organizace a technologie sběru dat v terénu. Monitorační síť je zaměřena výlučně na mladé (věková třída I) a středněvěké (věková třída II a III) porosty, které jsou z hlediska lesnického hospodaření a případných specifických lesopěstebních zásahů významné.

Monitorační síť projektu je založena na celém území LHC Jablunkov a zahrnuje porosty dvou kategorií podle jejich věku: i) porosty mladé do věku 20 let, ii) porosty středněvěké ve věkovém rozmezí 21-60 let. V takto vymezených porostech byly náhodným výběrem založeny dvojice kruhových ploch. V případě mladých porostů má plocha poloměr 7 m (plocha 154 m²) a vzdálenost mezi jednotlivými plochami je 30 m (Obr. 14). V případě středněvěkých porostů má plocha poloměr 12.62 m (plocha 500 m²) a vzdálenost mezi jednotlivými plochami je 50 m. Celkem je na území LHC Jablunkov rozmístěno 285 ploch, z toho 122 v porostech do 20 let a 163 v porostech ve věku 21-60 let (Obr. 15). Tyto plochy jsou rozmístěny ve výškovém gradientu od 360 do 1012 m n. m. s průměrem ca. 640

m n. m. Představu o založené monitorační síti a rozmístění inventarizačních ploch na LHC Jablunkov poskytuje Obr. 13.



Obr. 14: Dvojice monitoračních ploch založených v porostech ve věku do 20 let (vlevo) a ve věkovém rozmezí 21-60 let, jejich dimenze a rozestupy.



Obr. 15: Rozmístění duplexů ploch monitorační sítě na LHC Jablunkov, s vylíčením mladých porostů (do 20 let; červená barva) a středněvěkových porostů (21-60 let, modře) generovaných náhodným výběrem a doplněné (ostatní). Z důvodu rozlišení symboly dvojic ploch splývají (překrývají se), skutečný počet ploch je dvojnásobný než je vizuálně patrné.

Šetření v monitorační síti v roce 2010 a 2013

První (základní) šetření na plochách monitorační sítě bylo realizováno v období duben až červen 2010. Šetření zahrnovalo následující skupiny hodnocených a měřených atributů:

- Popis základních charakteristik inventarizační plochy (např. identifikační číslo, souřadnice středu plochy, magnetická deklinace, identifikace porostní skupiny)
- Popis stanoviště (např. bohatost struktury, popis organické vrstvy půd)
- Měření a popis živých stromů a souší (komplexní popis a měření)
- Popis obnovy (komplexní hodnocení)
- Popis odumřelého dřeva (např. výskyt, včetně pařezů, pokryvnost klestem)
- Další informace

Opakované šetření zdravotního stavu v monitorační síti projektu se uskutečnilo v roce 2013 během podzimních měsíců. Interval mezi měřeními tedy činil čtyři vegetační sezóny za roky 2010 až 2013. Rozsah šetření v roce 2013 byl identický jako v roce 2010 s výjimkou některých popisných charakteristik stanoviště, které zůstávají nezměněny. V roce 2013 bylo kromě toho doplněno hodnocení náhlé redukce výškového přírůstu u smrku. U tohoto parametru nebylo proto možné navázat na výsledky hodnocení z roku 2010.

Metodika zpracování výsledků monitoringu

Hodnota opakovaného šetření porostů v monitorační síti spočívá v možnosti objektivní kvantifikace a posouzení změn ve sledovaných indikátorech. Šetření musí metodicky zohlednit jak případné dorostlíky na plochách sítě (tj. stromy, které v mezidobí překročily registrační tloušťkovou dimenzi v jednotlivých inventarizačních kruzích), tak i změny v počtu stromů vlivem cílených lesnických zásahů a vznikem souší. Technologie Field-Map (www.field-map.cz) specifika opakovaného šetření plně podporuje. Použité matematicko-statistické postupy umožňují kvantifikovat pro každou úlohu (výsledek) příslušný interval spolehlivosti. To umožňuje porovnávat výsledky dvou následných šetření z hlediska významnosti rozdílů mezi nimi.

Specifickým problémem při zpracování dat opakovaného šetření je zajištění návaznosti dat obou inventarizačních cyklů tak, aby bylo možno vyhodnotit změny sledovaných veličin. Východisky pro dosažení tohoto základního cíle je adekvátní technologie pro sběr dat opakovaného šetření, kvalifikovaná obsluha této technologie a v neposlední řadě metodické postupy a nástroje umožňující následnou kontrolu a očištění dat finální databáze.

Data byla analyzována na třech úrovních:

1. Data zpracovaná po jednotlivých stromech (popisné údaje základního souboru)
2. Data zpracovaná na úrovni jednotlivých monitoračních ploch (% poškození na plochu)
3. Statistická inventarizace na úrovni LHC Jablunkov podle zvolených kategoriálních proměnných (statistické zpracování pomocí nástroje *Field-Map Inventory Analyst*)

Ad. 1: Data zpracovaná po jednotlivých stromech

Základní soubor hodnocených údajů vychází ze šetření konkrétních stromových jedinců v monitorační síti ploch. Jedná se o značně velký soubor údajů měřených a vizuálně hodnocených stromů, jejichž

konkrétní počet uvádí Tabulka 6. Přínos analýzy na úrovni jednotlivých stromů spočívá v možnosti kategorizovat výstupy podle širšího spektra proměnných.

Tabulka 6: Počet hodnocených jedinců všech dřevin a z toho smrku, v členění podle počtu živých stromů a stojících souší, a počet výškových vzorníků smrku na monitoračních plochách. To vše za roky 2010, 2013 a celkem v obou letech.

Popis kategorie	Počet hodnocených jedinců, 2010 (n)	Počet hodnocených jedinců, 2013 (n)	Počet hodnocených jedinců, oba roky (n)
Celkem jedinců, živých i souší	8 570	8 483	17 053
Celkem jedinců živých	8 175	7 889	16 064
Celkem jedinců souší	395	594	989
Počet jedinců smrku živých	6 743	6 300	13 047
Počet jedinců smrku souší	382	573	955
Počet výškových vzorníků smrku	1 533	1 989	3 522

Hodnocení jednotlivých indikátorů zdravotního stavu na úrovni jednotlivých stromů je založeno na relativním vyjádření, tj. kvantifikaci podílu výskytu daného jevu v procentech.

Pro vybrané závislosti byla rovněž hodnocená statistická průkaznost, a to pomocí logistické regrese. Tato statistika je vhodná pro posouzení vlivu nezávislých proměnných na dvouhodnotovou (0, 1) vysvětlovanou proměnnou. Logistická regrese poskytuje vyjádření i) statistické průkaznosti analyzované závislosti (zde parametr $p < 0.05$), ii) (zvýšené) šance výskytu vzhledem k referenční veličině či proměnné a iii) plochu ohraničenou křivkou operační prahové charakteristiky (ROC z anglického termínu *Receiver Operating Characteristic*): při ROC=0.5 je závislost nulová, rostoucí hodnota ROC v rozmezí nad 0.5 do 1.0 udává vliv nezávislé proměnné či více nezávislých proměnných.

Ad. 2: Data zpracovaná pro jednotlivé monitorační plochy

Zpracování údajů monitorační sítě na úrovni ploch představuje kvantifikaci sledovaného jevu pro každou individuální plochu v daném roce šetření, a to nejčastěji formou relativního podílu. Takto byla připravena databáze údajů, která umožňuje efektivní kvantitativní statistické hodnocení změn mezi jednotlivými roky šetření. Na úrovni ploch byly vyjádřeny a analyzovány následující indikátory:

- a) četnost zlomů (% podíl zlomů z živého inventáře, pouze SM)
- b) četnost souší (% podíl souší z celkového počtu registrovaných stromů, pouze SM)
- c) mechanické poškození (% podíl poškozených stromů z živého inventáře, pouze SM)
- d) loupání (% podíl loupáných stromů z živého inventáře, pouze SM)
- e) výron pryskyřice (% podíl jedinců s roněním z živého inventáře, pouze SM)
- f) IUFRO vitalita (% podíl vzorníků se sníženou vitalitou z celkového počtu vzorníkových stromů, pouze SM)
- g) barevné změny (% podíl vzorníků s výskytem barevných změn z celkového počtu vzorníkových stromů, pouze SM)
- h) suchý vrchol (% podíl vzorníků se suchým vrcholem z celkového počtu vzorníkových stromů, pouze SM)

- i) redukovaný výškový přírůst (% podíl vzorníků s redukovaným přírůstem z celkového počtu vzorníkových stromů, pouze SM, rok 2013)

Mimo individuální indikátory výše byl rovněž použit souhrnný indikátor zdravotního stavu pro porosty mladé a středněvěké, který vyloučil mechanické vlivy (c) a škody zvěří (d). Z ostatních šesti indikátorů sledovaných v obou letech (konkrétně a, b, e, f, g, h) byl kvantifikován průměr. Tento kompozitní indikátor zdravotního stavu porostů na plochách byl označen zkratkou CI6.

Následná statistická analýza byla provedena neparametrickým testem (Mann-Whitney U test nebo Kruskal-Wallis test) pro vyjádření statistické významnosti změn četností pro daný indikátor s limitem $p < 0.05$. Tyto analýzy byly připraveny v prostředí nástroje SYSTAT v. 13.1 (Systat Software, Inc., USA).

Ad. 3: Statistická inventarizace na úrovni LHC Jablunkov (mladé a středněvěké porosty)

Obecně lze postup celkového statistického zpracování dat opakovaného šetření shrnout do následujících kroků:

- Příprava databáze opakovaného šetření pro zpracování
- Identifikace a oprava chybných hodnot
- Modelování chybějících hodnot (výška stromu).
- Výpočet odvozených veličin (objem kmene)
- Výpočet rozdílových veličin (přírůst)
- Statistické vyhodnocení souhrnných inventarizačních dat.

Údaje statistické inventarizace jsou vyhodnoceny s využitím běžných metod vázaných na použitou výběrovou metodu. Základní statistikou je celkové množství (např. zásoba, počet stromů, rozloha za celek nebo vyhodnocovací jednotku), průměrná hodnota (např. průměrná hektarová zásoba) a interval spolehlivosti stanovený pro hladinu $\alpha = 0.05$.

Při výpočtu vybraných průměrných hodnot jsou používány dva postupy pro výpočet průměru vázaného na jednotku rozlohy. Průměrné hektarové veličiny převádějí aritmetický průměr vyhodnocované veličiny vypočtený pro soubor inventarizačních ploch na hektar (hodnota aritmetického průměru je vydělena rozlohou inventarizační plochy v hektarech). Dalším použitým postupem je tzv. normalizovaný průměr. Ten je vypočten tak, že hodnota vyhodnocované veličiny za inventarizační plochu je vztažena ne k rozloze celé inventarizační plochy, ale pouze k části, jejíž velikost je dána zastoupením vyhodnocované kategorie. Tímto postupem jsou zpracovány například údaje hektarových zásob jednotlivých dřevin apod.; tyto údaje korespondují s dosud používanými hektarovými zásobami na redukované ploše.

Základní úlohy statistické inventarizace nejsou zpracovány pro všechny zastoupené dřeviny samostatně, ale zpracovávají se dle navržených skupin dřevin (Tabulka 7). Tímto přístupem se dřevinné druhy s málo-četným výskytem agregují do větších skupin, které jsou obecně vhodnější pro statistické vyhodnocení dat.

Pro další zpracování dat statistické inventarizace je nezbytné doplnit soubor měřených údajů o ty údaje a veličiny, které nebyly přímým měřením v terénu zjišťovány (např. dopočítání výšek u všech stromů, kvantifikace objemu atd.).

Pro stromy, jejichž výška nebyla přímo měřena, je údaj výšky vypočten pomocí modelu parametrizovaného pro jednotlivé inventarizační cykly na základě souboru měřených stromů. Celkem bylo na plochách inventarizačního šetření v obou cyklech změřeno 3522 vzorníkových stromů, což představuje 20.6 % z celkového počtu registrovaných stromů na inventarizačních plochách.

Objem hroubí kmene s kůrou a bez kůry byl pro jednotlivé stromy inventarizačních ploch vypočten podle standardně používaných objemových rovnic různých autorů (smrk, borovice – Korsuň, jedle – Hubač, Šebík, habr, dub, modřín – Čermák, jasan, buk – Hubač, bříza – Košut).

Tabulka 7: Rozdělení dřevin do skupin dřevin

Skupina dřevin	Dřevina
Smrk ztepilý	Smrk ztepilý
Ostatní jehličnany původní	Jedle bělokorá Borovice lesní Modřín evropský
Ostatní jehličnany nepůvodní	Smrk pichlavý Smrk omorika Jedle obrovská Douglaska tisolistá
Buk	Buk lesní
Ostatní listnáče (krátkověké)	Bříza bradavičnatá Jeřáb ptačí Třešeň ptačí Olše lepkavá Olše šedá Topol osika Vrba jíva Vrby ostatní
Ostatní listnáče (dlouhověké)	Dub letní Dub zimní Dub červený Habr obecný Javor mléč Javor klen Jasan ztepilý Jilm drsný Lípa srdčitá Lípa velkolistá

Pokročilá technologie *Field-Map* (www.fieldmap.cz) je použita nejen v terénu, ale i při přípravě dat a zejména při jejich zpracování. Už v terénu jsou data ukládána do datové báze a jsou k dispozici v běžných datových formátech (mapy v *ArcView shapefile*, tabulky atributů ve formátu *Paradox* nebo *MS Access*).

Pro další zpracování jsou použity speciální nástroje *Field-Map Data Processing Tools* pro výpočet doplňkových údajů, klasifikaci, reklasifikaci a agregaci dat. Data statistické inventarizace jsou v plném rozsahu vyhodnocena nástrojem *Field-Map Inventory Analyst*.

Kromě uvedených nástrojů mohou být data dále zpracovávána libovolnými dalšími softwarovými nástroji, protože použití standardních formátů umožňuje snadný přenos dat. To se týká především zpracování mapových výstupů, v daném případě byl použit ArcGIS.

Interpretace výsledků dat

Opakované šetření poskytlo řadu informací o stavu mladých a středněvěkových porostů v zájmové oblasti projektu (LHC Jablunkov). Pro účely objektivní interpretace byly zjištěné výsledky doplněné kontextovými údaji z obdobných regionálních a celorepublikových šetření. Zjištění stavu lesních ekosystémů cestou statistické inventarizace přináší zajímavé výsledky až při svém opakování. Dobrou zkušeností v tomto směru jsou např. opakovaná statistická šetření poškození lesních porostů zvěří nebo opakované cykly provozních inventarizací.

Výsledky inventarizačního šetření je však možno porovnávat s výsledky zjištěnými stejnými postupy venkovního sběru dat a zpracování výsledků. Zde se ideálně nabízí srovnání s údaji statistického šetření projektu Inventarizace krajiny České republiky CzechTerra (viz www.czechterra.cz, Černý et al. 2010) a Národní inventarizace lesů (NIL, www.uhul.cz).

Terénní šetření projektu CzechTerra proběhlo v letech 2008-2009 na celkem 1599 plochách náhodně rozmístěných v čtvercové síti 7x7 km rozmístěné po celé České republice. Z celkového počtu ploch bylo 680 s dřevinnou vegetací, z toho 603 ryze lesních ploch a rozptýlená zeleň. Více než 100 samostatných vyhodnocených úloh popisuje stav lesního prostředí v České republice. Tyto výsledky byly zveřejněny v roce 2010 a jsou dostupné na internetových stránkách www.cezhterra.cz.

První cyklus NIL proběhl v letech 2001-2004 na 13 977 inventarizačních plochách a výsledky byly zveřejněny v roce 2007.

Dále byly výsledky konfrontovány s výstupy čtvrtého opakování celorepublikové inventarizace škod zvěří (šetření roku 2010) a výsledky monitoringu zdravotního stavu lesů v Beskydech z let (1992-2000), v textu se uvádí jako „Projekt VaV Beskydy“. Kompletní citace jsou uvedeny v závěrečné kapitole.

Pro komparativní porovnání zdravotního stavu porostů s růstovými podmínkami zjištěnými z monitorační sítě projektu na LHC Jablunkov bylo vybráno celkem 12 relevantních úloh. Pro dvě z nich (podíl jedinců smrku s výronem pryskyřice a podíl jedinců smrku se snížením výškového přírůstu) jsou připraveny pouze analýzy výsledků vlastního šetření bez srovnání. Jedná se o specifické indikátory, které dosud nebyly standardní součástí inventarizačních studií. Vybrané úlohy jsou sestaveny do následujících skupin:

- A. Indikátory zdravotního stavu – Ronění (1), Snížení výškového přírůstu (2), Výskyt suchého vrcholu (3), Barevné změny (4), Zlomy (5), Mechanické poškození (6), Loupání (7), Souše (8)
- B. Taxační charakteristiky – Zásoba hroubů (9), Dřevinná skladba (10), Výskyt odumřelého dřeva (11), Bohatost struktury lesa (12)

Výsledky a závěry

Z výsledků monitoračního šetření v letech 2010-2013 vyplývá, že smrk v mladých a středněvěkových porostech na LHC Jablunkov má v porovnání se situací celorepublikovou zhoršený zdravotní stav. Trend zdravotního stavu smrku mezi šetřeními v letech 2010 a 2013 je určován zejména průkazným nárůstem podílu souší a stromů s charakteristickým václavkovým roněním, a to především v porostech II. věkové třídy. Celkově však zhoršení zdravotního stavu mezi lety 2010 a 2013 zůstává na hranici statistické průkaznosti.

Zhoršený zdravotní stav je indikován především pro středněvěké porosty. Statisticky průkazný je v nich nárůst podílu souší, ke kterému dochází navzdory vysoké intenzitě asanačního managementu. Vysoké riziko václavkového hynutí je ve smrkových porostech III. věkové třídy (41-60 let), v nichž se vyskytují všechny indikátory václavkového hynutí v nadprůměrném podílu. Rozhodující příčinou vzniku souší byl výskyt václavky smrkové, následovaný zlomy.

Nejvíce zhoršený zdravotní stav smrku se zjistil na revíru Nýdek, následují revíry Rovina, Tyra a Horní Lomná.

Zdravotní stav smrku negativně ovlivňuje poškození mladých i středněvěkových smrkových porostů loupáním a ohryzem a rovněž mechanickým poškozením kmenů. Zjištěný stav je závažný. Důsledky se negativně projeví na stabilitě porostů a na kvalitě a zpeněžitelnosti výtěže.

Přehledné hodnocení ZMĚN zdravotního stavu za období 2010-2013 (na bázi ploch)

Robustní hodnocení změn zdravotního stavu nabízí srovnání jednotlivých indikátorů ze šetření v roce 2010 a 2013 na bázi relativního výskytu daného jevu na úrovni monitorační plochy. Výsledky shrnuje Tabulka 8 níže.

Tabulka 8: Jednotlivé indikátory zdravotního stavu mladých a středněvěkových porostů včetně souhrnného indikátoru CI6 (viz text), s uvedením p-hodnoty testu shody populací údajů za mezi roky 2010 a 2013: statisticky významné rozdíly ($p < 0.05$) jsou uvedeny červeně, rozdíly na hranici průkaznosti pak navíc kurzívou

Mladé porosty		Středněvěké porosty	
Indikátor	p-hodnota	Indikátor	p-hodnota
Ronění	0.017	Ronění	0.054
Vitalita	0.844	Vitalita	0.838
Suchý vrchol	0.862	Suchý vrchol	0.409
Barevné změny	0.367	Barevné změny	0.732
Zlom	0.586	Zlom	0.225
Mechanické poškození	0.901	Mechanické poškození	0.546
Loupání	0.798	Loupání	0.737
Souše	0.904	Souše	0.009
CI6	0.332	CI6	0.056

Tabulka 8 shrnuje výsledky testu jednotlivých indikátorů zdravotního stavu a kompozitní (souhrnný) indikátor zdravotního stavu smrku CI6 pro jejich změnu mezi hodnocenými lety, a to na úrovni souboru ploch mladých a středněvěkových porostů:

- V mladých porostech dochází ke statisticky významné změně pouze pro výskyt ronění, který prokazatelně stoupl mezi roky 2010 a 2013. U ostatních indikátorů nebyla prokázána změna, a proto i souhrnný indikátor CI6 se jeví jako neprůkazný.
- Pro středněvěké porosty je rovněž identifikován nárůst četnosti ronění, ačkoliv v tomto případě je tato změna na hranici statistické průkaznosti. Statisticky jednoznačně průkazný je však nárůst počtu souší za toto období. Souhrnný indikátor zdravotního stavu středněvěkých porostů indikuje zhoršení, ačkoliv i zde je tato změna na hranici statistické průkaznosti.

Celkově lze tedy říct, že z dat monitorační sítě je indikováno zhoršování zdravotního stavu mezi lety 2010 a 2013, které se projevuje především obecným nárůstem výskytu václavkového ronění a nárůstem počtu souší ve středněvěkových porostech.

Souhrnné STATICKÉ hodnocení zdravotního stavu (na bázi stromů)

Maximální využití hodnocených údajů za obě kampaně měření (v letech 2010 a 2013) nabízí jejich souhrnná statická analýza, tj. analýza spojené databáze všech hodnocených stromů bez dalšího členění po letech (viz Tabulka 6). Cílem této analýzy je identifikovat souvislosti mezi projevem jednotlivých indikátorů zdravotního stavu smrku v závislosti na různých klasifikátorech. K testovaným klasifikátorům patří i) věková třída (závislost na věku porostu) ii) revír (plošná identifikace), iii) nadmořská výška (tři kategorie) a iv) tloušťková dimenze (citlivost podle kategorií průměru kmene). Výsledky pro klíčové indikátory zdravotního stavu podle těchto klasifikátorů shrnuje Tabulka 9.

Zhoršený zdravotní stav (nadprůměrné hodnoty ve třech ze šesti indikátorů) vykazují smrky ve III. věkové třídě. Středněvěké porosty vykazují horší zdravotní stav než porosty do 20 let.

- Nejvíce nadprůměrných hodnot indikujících zhoršený zdravotní stav se zjistilo na revíru Nýdek (5/6), následují revíry Horní Lomná a Tyra 4/6), dále Rovina a Košařiska (3/6) a revíry Písek (2/6). Na revírech Dolní Lomná a Mosty žádný z hodnocených indikátorů zhoršeného zdravotního stavu nedosáhl nadprůměrné hodnoty. Všechny indikátory václavkového hynutí v nadprůměrných hodnotách se zjistily na revírech Rovina a Horní Lomná, dva ze tří těchto indikátorů dosahovaly nadprůměrné hodnoty na revírech Nýdek a Tyra. Jeden ze tří indikátorů václavkového hynutí dosahoval nadprůměrné hodnoty na revírech Písek a Košařiska.
- Z hlediska nadmořské výšky se nejvíce nadprůměrných hodnot (4 ze 6) indikujících zhoršený zdravotní stav smrku zjistilo v polohách nad 800 m, z toho jsou indikátory václavkového hynutí nadprůměrné ve dvou ze tří indikátorů.
- V každé ze tří hodnocených tloušťkových tříd jsou nadprůměrným podílem zastoupeny dva ze šesti znaků zhoršeného zdravotního stavu smrku, avšak z hlediska václavkového hynutí jsou více ohroženy smrky s výčetní tloušťkou nad 25 cm.

Tabulka 9: Souhrnný přehled indikátorů zdravotního stavu smrku podle klasifikátorů z dat obou šetření (2010+2013, v případě sníženého přírůstu pouze 2013), s průměrnými hodnotami za celý soubor v prvním řádku tabulky.

Klasifikátor	Podíl SM se zlomem, (%)	Podíl SM s barevnými změnami, (%)	Podíl SM se suchým vrcholem, (%)	Podíl SM se snížením přírůstu, (%)	Podíl SM s roněním, (%)	Podíl souší, (%)
Celý soubor	8.8	5.1	1.4	7.6	5.0	6.8
Věková třída						
Věková třída I	2.2	4.7	1.0	3.9	7.9	1.6
Věková třída II	7.7	5.5	1.5	6.7	4.1	7.7
Věková třída III	17.3	4.2	1.6	14.0	7.8	5.4
Revír						
Revír Nýdek	9.8	13.5	1.7	4.4	8.0	15.2
Revír Písek	9.6	4.4	2.9	5.5	2.5	5.4
Revír Mosty	7.8	3.9	0.7	3.1	2.4	4.5
Revír D. Lomná	6.5	1.6	0.6	2.1	1.1	3.9
Revír H. Lomná	10.7	2.3	2.7	14.6	8.3	3.8
Revír Košařiska	5.1	8.2	1.3	6.3	5.3	9.0
Revír Rovina	1.7	2.9	3.2	28.9	19.8	4.5
Revír Tyra	13.4	5.0	0.4	14.4	6.4	7.3
Nadmořská výška						
Do 600 m n. m.	5.1	5.2	1.4	7.4	5.2	5.6
600-800 m n. m.	10.3	4.1	2.3	7.2	4.8	8.2
Nad 800 m n. m.	11.8	6.2	0.0	8.5	5.1	6.6
Tloušťková dimenze						
DBH 7 až 15 cm	9.0	4.4	0.9	7.6	3.8	11.2
DBH 15 až 25 cm	8.7	5.8	1.6	6.1	4.8	6.4
DBH nad 25 cm	8.8	4.5	1.4	10.2	7.3	1.9

Poškození mechanizací a loupáním shrnuje Tabulka 10. Z výsledků je zřejmé, že poškození mechanizací narůstá s věkovou třídou a tloušťkou stromu. Nadprůměrné hodnoty poškození pak byly zjištěny na revíru Dolní Lomná a Rovina. Intenzita loupání rovněž narůstá s věkem a tloušťkou stromů. Nejpoškozenější porosty se nacházejí na revíru Nýdek, Mosty, Košařiska a Roviny.

Tabulka 10: Souhrnný přehled indikátorů poškození kmene smrku podle klasifikátorů z dat obou šetření (2010 a 2013) po stromech, s průměrnými hodnotami za celý soubor v prvním řádku tabulky.

Klasifikátor	Podíl SM s mechanickým poškozením, (%)	Podíl SM poškozených loupáním, (%)
Celý soubor	4.2	29.4
Věková třída		
Věková třída I	0.5	31.4
Věková třída II	3.1	25.9
Věková třída III	11.2	44.5
Revír		
Revír Nýdek	2.0	43.9
Revír Písek	2.7	18.1
Revír Mosty	2.2	43.0
Revír D. Lomná	6.8	25.0
Revír H. Lomná	4.3	12.6
Revír Košařiska	3.7	35.6
Revír Rovina	6.2	34.1
Revír Tyra	3.8	26.2
Nadmořská výška		
Do 600 m n. m.	5.1	30.0
600-800 m n. m.	4.3	27.9
Nad 800 m n. m.	2.5	30.5
Tloušťková dimenze		
DBH 7 až 15 cm	0.8	28.4
DBH 15 až 25 cm	3.8	27.6
DBH nad 25 cm	9.3	35.7

Podrobnější hodnocení indikátorů zdravotního stavu za rok 2010 a 2013

1. Podíl jedinců smrku s roněním pryskyřice

Ronění pryskyřice se hodnotí u všech jedinců smrku (nad 7 cm výčetní tloušťky), a to v dolní části kmene, ca. do 1.5 m výšky. Je to ronění nesouvisející s mechanickým poškozením kmene nebo poškozením zvěří. Většinou se jedná o drobné výrony pryskyřice na více místech na kmeni.

Výskyt ronění pryskyřice na smrku se mezi šetřeními v letech 2010-2013 zvýšil (Tabulka 11). Podíl „zdravých“ porostů smrku, tj. bez nebo pouze s mírným výskytem ronění pryskyřice (v rozmezí do 10 %), mezi lety 2010-2013 poklesl v mladých porostech (do 20 let) z 97 na 85 % a ve středněvěkových porostech z 94 na 80 %. Zřetelně se v obou věkových kategoriích zvýšil podíl rozlohy porostů se střední intenzitou (11-30 %) výskytu ronění pryskyřice. V mladých porostech vzrostl podíl střední intenzity ronění o 6 %, ve středněvěkových porostech dokonce o 10 %. V roce 2010 nebyly zjištěny žádné plochy mladých nebo středněvěkových porostů postižených roněním nad 30 %. V roce 2013 byly již plochy s vyšší intenzitou ronění smrku (31-50 % a nad 50 % poškozených jedinců) zjištěny.

V mladších porostech je nárůst podílu rozlohy takto postižených porostů výraznější - činí 6 %, v porostech středněvěkých ca. 3 % rozlohy (Tabulka 11).

Tabulka 11: Ronění pryskyřice na smrku podle věkových kategorií - podíl rozlohy porostní půdy podle intenzity poškození smrku roněním pryskyřice.

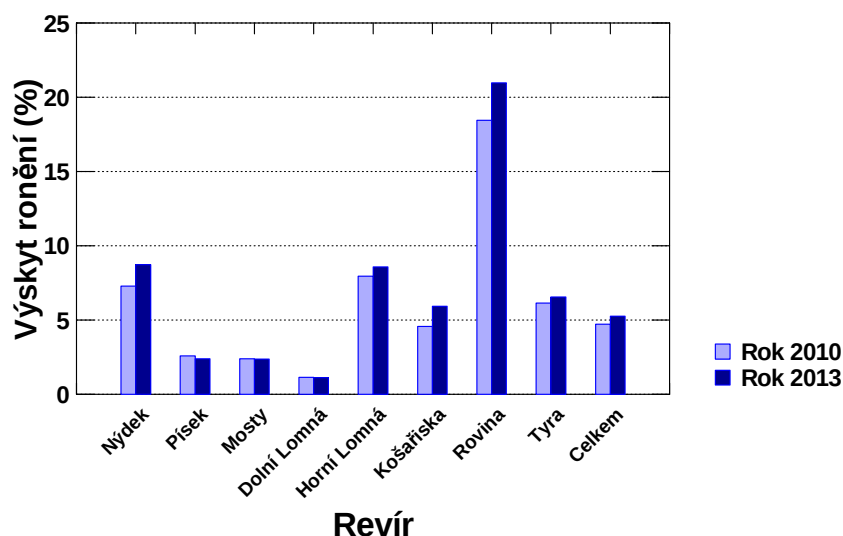
Podíl smrku s roněním pryskyřice	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)
0-10 % poškozených jedinců	96.6	85.1	94.3	80.4
11-30 % poškozených jedinců	3.4	9.0	5.7	16.3
31-50 % poškozených jedinců	0	3.0	0	2.0
≥ 50% poškozených jedinců	0	3.0	0	1.3

Vyjádřeno v objemových jednotkách, v roce 2010 bylo v porostech do 20 let roněním pryskyřice postiženo 1 % a ve středněvěkých porostech (21-60 let) 3 % zásoby hroubí smrku. K roku 2013 se podíl zásoby smrku postižené roněním pryskyřice zvýšil v obou věkových kategoriích na 6 %. V porostech do 20 let je však výsledek pravděpodobně ovlivněn dorůstáním stromů do dimenze hroubí.



Obr. 16: Václavkové ronění na kmeni se vyskytuje na starších i mladších jedincích smrku. Na obrázku vlevo je navíc ronění z mechanického poškození.

- Vazba výskytu václavkového ronění na věkovou třídu je statisticky neprůkazná a celkově lze z těchto údajů charakterizovat výskyt ronění jako na věku nezávislý jev.
- Výskyt ronění je poměrně výrazně prostorově závislý, což dokládá analýza podle jednotlivých revírů LHC Jablunkov. Závislost potvrzuje i analýza logistickou regresí ($p < 0.001$, $ROC = 0.705$). Roněním pryskyřice jsou nejvíce postiženy smrky na revíru Rovina, kde se ronění zjistilo na téměř 18 % smrků, následují revíry Nýdek a Horní Lomná se 7 - 8 % postižených smrků. Nejnižší výskyt ronění je na revíru Dolní Lomná (1 %). Mezi lety 2010-2013 došlo k nárůstu podílu smrků postižených roněním zejména na revírech Rovina, Nýdek, Košařiska, mírnější nárůst byl zaznamenán na území LS Horní Lomná a Tyra. Přehled o vývoji podílu ronění pryskyřice na smrku podle revírů v letech 2010-2013 podává Obr. 17.
- Vzhledem k plošné heterogenitě údajů, výskyt ronění z dat podle stromů celkově neprokazuje závislost na nadmořské výšce. Při vyloučení revíru Tyra (se specifickým výskytem ronění na exponovaných plochách ve velké nadmořské výšce) je však již patrná závislost výskytu ronění na nadmořské výšce, kdy četnost roste v nižších polohách ($p = 0.002$, $ROC = 0.539$).
- Výskyt ronění průkazně závisí na výčetní tloušťce (DBH); v celém souboru dat (mladých i středněvěkových porostů) jsou roněním více postiženy silnější stromy ($p < 0.001$, $ROC = 0.560$). S vývojem mezi šetřeními 2010-2013 se tato závislost zvýraznila, což může být částečně ovlivněno tloušťkovým přírůstem během let mezi šetřeními.



Obr. 17: Výskyt ronění pryskyřice na smrku podle revírů v letech 2010-2013 podle jednotlivých revírů LHC Jablunkov a celkem.

2. Podíl jedinců smrku se snížením výškového přírůstu

Hodnocení položky snížení výškového přírůstu se provádí pouze pro prvních 10 zaujatých živých jedinců smrku na inventarizační ploše. Tyto stromy jsou v databázi označeny jako vzorníky. Strom s redukováným výškovým přírůstem má letošní vrcholový prýt o více než 50 % kratší než byl loňský přírůst, nebo růst několika posledních ročních přírůstů (přeslenů).

Snížením výškového přírůstu s intenzitou vyšší než 10 % poškozených jedinců smrku bylo v roce 2013 postiženo zhruba 12 % rozlohy mladých porostů a 26 % rozlohy středněvěkých porostů. Postiženy jsou tedy zejména středněvěké porosty – konkrétní kvantifikaci tohoto indikátoru podle kategorií stupně poškození shrnuje Tabulka 12. Pro rok 2010 nejsou komparativní údaje k dispozici.

Tabulka 12: Snížení výškového přírůstu smrku - podíl rozlohy porostní půdy podle intenzity poškození smrku.

Podíl smrku se snížením výškového přírůstu	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)
0-10 % poškozených jedinců	-	88.1	-	73.9
11-30 % poškozených jedinců	-	4.5	-	17.0
31-50 % poškozených jedinců	-	4.5	-	6.5
≥ 50% poškozených jedinců	-	3.0	-	2.6

- Podíl z počtu smrků se snížením výškového přírůstu vzrůstá s věkovou třídou. To dokládá i statistika binární regrese ($p < 0.001$, $ROC = 0.622$), která kvantifikuje relativní šanci výskytu sníženého přírůstu jako 0.442x a 0.248x menší pro II. a I. věkovou třídu vzhledem k třídě III.
- Z hodnocení podle revírů vyplývá, že nejvyšší podíl smrků se snížením výškového přírůstu je na revíru Rovina (téměř 29 %), následují revíry Horní Lomná (téměř 15 %) a Tyra (přes 14 %). Nejnižší podíl smrků s náhlým snížením výškového přírůstu připadá na revíry Dolní Lomná (2 %) a Mosty (3 %).
- Závislost výskytu snížení výškového přírůstu na nadmořské výšce není jednoznačná. Mezi frekvencí výskytu snížení přírůstu smrku v jednotlivých výškových polohách jsou jen nepatrné rozdíly.
- Naproti tomu, vztah dimenze smrku k četnosti výskytu náhle sníženého výškového přírůstu je silný a statisticky průkazný ($p = 0.016$, $ROC = 0.564$), což koresponduje s trendem podle věkových kategorií.

3. Podíl jedinců smrku se suchým vrcholem

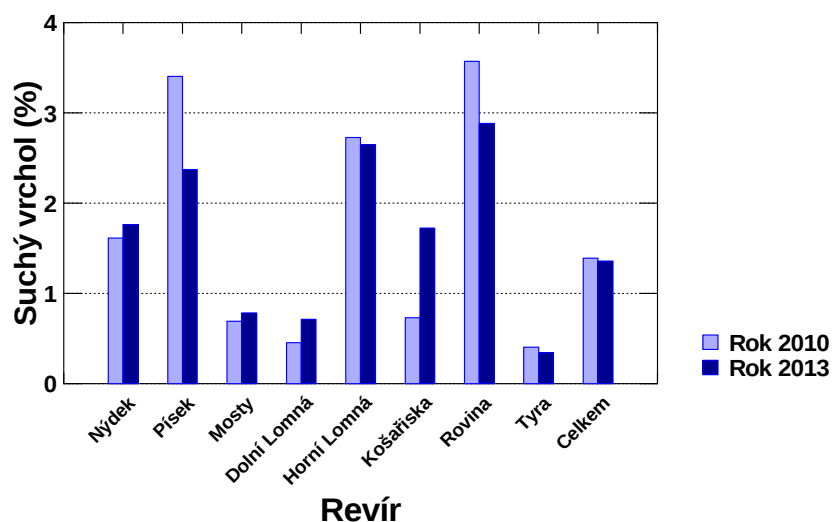
Hodnocení položky suchý vrchol se provádí pouze pro prvních 10 zaujatých živých jedinců smrku na inventarizační ploše. Tyto stromy jsou v databázi označeny jako vzorníky. Suchý vrchol může znamenat odumřelý vrcholový prýt a případně konce větví v blízkosti vrcholu. Ostatní listoví ve vrcholu koruny je zjevně zachováno. Pokud strom utrpěl vrcholový zlom a doposud nebyl schopen tento zlomený vrchol nahradit, pak hodnocení stavu vrcholu nelze provést (v databázi k suchému vrcholu je uvedeno pole „nehodnoceno“).

V intenzitě výskytu suchého vrcholu není podle výsledku monitoringu z roku 2013 významný rozdíl mezi porosty mladými a středněvěkými. Mezi šetřeními 2010 a 2013 však v mladých porostech došlo ke zvýšení podílu rozlohy s vysokou intenzitou tohoto druhu poškození (Tabulka 13).

Tabulka 13: Výskyt suchého vrcholu u smrku - podíl rozlohy porostní půdy podle intenzity poškození smrku.

Podíl smrků se suchým vrcholem	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)
0-10 % poškozených jedinců	98.3	94.0	94.2	95.4
11-30 % poškozených jedinců	1.7	3.0	4.5	2.6
31-50 % poškozených jedinců	0	0	0.6	1.3
≥ 50% poškozených jedinců	0	3.0	0.6	0.7

- Podíl smrků s výskytem suchého vrcholu se v rozmezí I. až III. věkové třídy mírně zvyšuje s věkem porostu.
- Podíl stromů se suchým vrcholem dosahuje v takřka 90 % případů hodnot mezi 1-3 %. Hodnoty přesahující 3 % byly zjištěny lokálně na revíru Rovina a na revíru Písek. Mezi lety 2010 -2013 však podíl takto poškozených smrků na revíru Písek a Rovina klesal. Přehled o vývoji podílu smrku s výskytem suchého vrcholu podle revírů v letech 2010-2013 podává Obr. 18.
- Nejvyšší podíl smrků s výskytem suchého vrcholu (přes 2 %) se zjistil v polohách 600-800 m n. m. V polohách nad 800 m n. m. se výskyt suchého vrcholu nezjistil. Mezi šetřeními nevykazuje výskyt suchého vrcholu zřetelný trend.
- V porovnání s výsledky monitoringu 1993-2000 z Beskyd (Černý et al. 2001, 2002) je na LS Jablunkov výskyt suchého vrcholu u smrku zjištěný v období 2010-2013 v rámci tohoto projektu podstatně vyšší než na šetřených beskydských lokalitách před 13-17 lety (Tabulka 14). Rovněž v porovnání s výsledky monitoringu z roku 2003 na Šumavě, která je růstovými poměry blízká Beskydům, je současný výskyt suchého vrcholu na LS Jablunkov ca dvojnásobně častý.



Obr. 18: Podíl smrku s výskytem suchého vrcholu podle revírů v letech 2010-2013 na LS Jablunkov

Tabulka 14: Vývoj výskytu suchého vrcholu v jednotlivých letech: průměrná hodnota, počet hodnocených ploch, minimální a maximální hodnoty, Beskydy, Šance. Převzato ze závěrečné zprávy Projektu VaV (Černý et al 2001, 2002).

Výskyt jevu „suchý vrchol“	Rok pozorování						
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	2000
Průměr, %	-	0.9	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0
Počet ploch, n	-	139	140	140	139	139	129
Minimum, %	-	0	0	0	0	0	0
Maximum, %	-	22.2	9.5	8.3	6.1	7.1	4.3

4. Podíl jedinců smrku s barevnými změnami

Hodnocení položky barevné změny asimilačního aparátu se provádí pouze pro prvních 10 zaujatých jedinců smrku na inventarizační ploše. Tyto stromy jsou v databázi označeny jako vzorníky. Hodnotí se barevné změny především v horní třetině koruny. V databázi se uvádí žloutnutí slabé (žlutozelené) či silné (zelenožluté), přičemž vždy je zjevně patrná odchylka od zelené barvy zdravých (sousedních) jedinců. Při statistickém zpracování se intenzita žloutnutí jedince klasifikovala souhrnně jako výskyt žloutnutí, protože hodnocení tohoto indikátoru může být zatíženo subjektivitou.

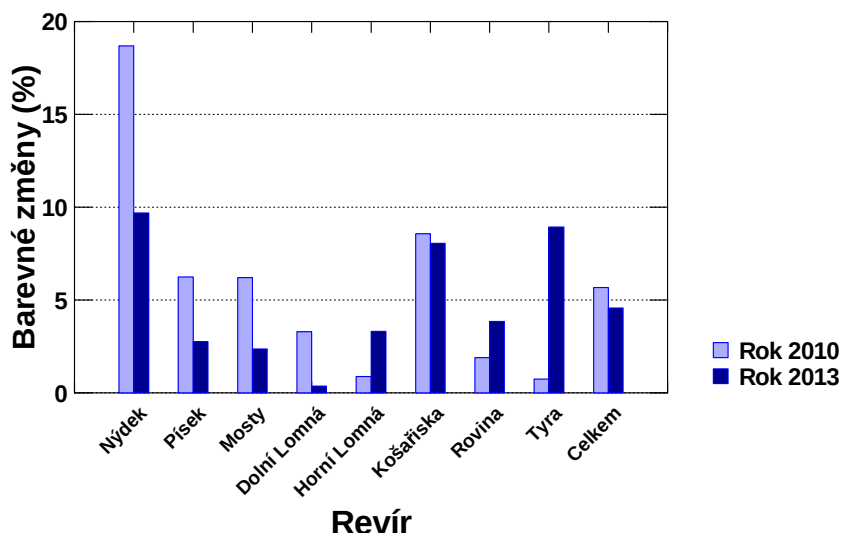
Intenzita výskytu barevných změn asimilačního aparátu je jev, který obvykle nevykazuje trendy ani přímé závislosti např. na věku porostů nebo nadmořské výšce. Stejně tomu je i na LHC Jablunkov. Podíl poškozených jedinců je v obou věkových kategoriích obdobný (88-89 % a 85-88 %) a nebyly zaznamenány žádné výrazné rozdíly mezi hodnocením 2010 a 2013 (Tabulka 15).

Tabulka 15: Barevné změny - podíl rozlohy porostní půdy podle intenzity poškození smrku barevnými změnami.

Podíl smrku s barevnými změnami	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)
0-10 % poškozených jedinců	89.7	88.1	84.6	87.6
11-30 % poškozených jedinců	0	4.5	10.9	10.5
31-50 % poškozených jedinců	6.9	2.9	3.2	1.3
≥ 50% poškozených jedinců	3.4	4.5	1.9	0.7

- Podíl smrků s barevnými změnami asimilačního aparátu mezi šetřeními 2010-2013 mírně poklesl. Jeho výskyt v závislosti na věkové třídě není jednoznačný.
- V prostorovém srovnání se nejvyšší podíl výskytu barevných změn na asimilačním aparátu smrku zjistil na revíru Nýdek, kde podle šetření 2010 dosahoval téměř 19 %, do roku 2013 však poklesl na necelých 10 %. Druhý nejvyšší podíl barevných změn (téměř 9 %) se v roce 2013 zjistil na revíru Tyra. Tam však byl ještě v roce 2010 podíl barevných změn nejnižší mezi revíry a činil necelé 1 %. Mezi šetřeními 2010-2013 došlo tak na revíru Tyra k největšímu nárůstu výskytu tohoto jevu. Kromě revíru Tyra došlo k nárůstu podílu počtu stromů s výskytem barevných změn také na revíru Horní Lomná a na revíru Rovina. Významný výskyt barevných změn se zjistí také na revíru Košařiska, který dosahuje úrovně 8 až 9 %. K poklesu podílu počtu smrků s barevnými změnami mezi šetřeními 2010-2013 došlo na revírech Dolní

Lomná, Mosty a Písek. Přehled o vývoji podílu smrku s výskytem barevných změn asimilačního aparátu podle revírů v letech 2010-2013 podává Obr. 19.



Obr. 19: Podíl smrku s výskytem barevných změn asimilačního aparátu podle revírů v letech 2010-2013 na LHC Jablunkov

- Výskyt barevných změn v závislosti na třídě výčetní tloušťky je nejednoznačný.
- Podíl počtu stromů smrku s barevnými změnami asimilačního aparátu vykazuje značnou variabilitu v čase. Je to zřejmé jak z výsledků monitoringu 2010-2013 v rámci tohoto projektu, tak z porovnání s relevantními výsledky z jiných oblastí. Současný výskyt barevných změn na asimilačním aparátu smrku na LS Jablunkov je nižší, než stav zjištěný dříve v Beskydech na lokalitě Šance pro období 1992-2000 (Tabulka 16).

Tabulka 16: Vývoj počtu stromů vykazujících barevné změny v jednotlivých letech: průměrná hodnota, počet hodnocených ploch, minimální a maximální hodnoty, Beskydy Šance. Převzato ze závěrečné zprávy Projektu VaV.

Výskyt jevu „barevné změny“	Rok pozorování						
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	2000
Průměr, %	1.2	4.5	22.0	7.7	5.6	4.7	14.2
Minimum, %	0	0	0	0	0	0	0
Maximum, %	24.0	100	83.3	45.7	33.3	36.8	85.7
Počet ploch, n	137	138	141	140	138	139	129

5. Podíl stromů poškozených zlomem

Pod pojmem „poškození stromů zlomem“ jsou kromě zlomů kmene zahrnuty i vrcholové zlomy a ohnutí stromu. Ke zlomu nebo ohnutí stromu dochází obvykle vlivem sněhového závěsu, působením větru, námrazou nebo ledovkou, výjimečně i z jiných příčin. Pokud strom zlom přežije, vytvoří obvykle postupně jeden nebo více náhradních vrcholů. Tentýž strom může být zlomem postižen i opakovaně.

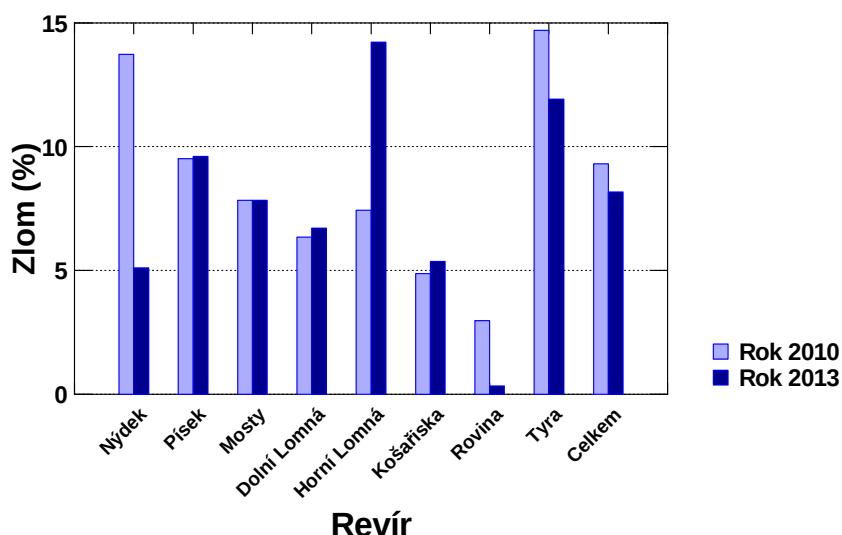
Vznik zlomů, zejména kmenových je jedním z faktorů podílejících se na vzniku smrkových souší. Podíl smrků s výskytem zlomu je vyšší v kategorii středněvěkových porostů oproti porostům do 20 let. Souvisí to mj. s vývojem tvarových parametrů kmene (Tabulka 17).

Tabulka 17: Poškození zlomy - podíl stromů s výskytem zlomů z celkového počtu jedinců smrku. Výsledky statistické inventarizace z roku 2010 a 2013.

Dřevina	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Poškozeno zlomem, 2010, (%)	Poškozeno zlomem, 2013, (%)	Poškozeno zlomem, 2010, (%)	Poškozeno zlomem, 2013 (%)
Smrk ztepilý	1.4	2.2	10.3	8.6
Buk lesní	11.2	4.7	2.2	2.0
Všechny dřeviny	3.9	2.6	9.2	7.1

Podíl smrku s výskytem zlomu na LHC Jablunkov nevybočuje výrazněji z celorepublikových průměrů. Např. v rámci inventarizace krajiny CzechTerra bylo zjištěno poškození zlomem u 10 % jedinců všech dřevin a 8 % jedinců smrku. V kategorii smrk, věk 21-60 let, to bylo 10 %. V rámci NIL ČR byl zjištěn zlom u 14 % jedinců všech dřevin.

- Podíl smrku s výskytem zlomů na celkovém počtu smrků se mezi I. až III. věkovou třídou významně s věkem zvyšuje.
- Nejnižší podíl smrků s výskytem zlomů byl zjištěn na nejnižše položeném revíru Rovina, kde mezi monitoringy v letech 2010-2013 klesl z 3 % na 0.3 %. K výraznému poklesu podílu počtu smrků postižených zlomy došlo v tomto období také na revíru Nýdek, a to z téměř 14 na 5 %. Kolem 5 % se pohybuje podíl smrků postižených zlomy také na revíru Košařiska, tam se však mezi šetřeními tento podíl mírně zvýšil. Na revíru Dolní Lomná je zlomy postiženo téměř 7 % smrků, na revíru Mosty téměř 8 % a na revíru Písek necelých 10 % smrků. Na těchto třech revírech se podíl zlomů smrku mezi šetřeními výrazně neměnil. Nejvyšší podíl smrků se zlomy se zjistil na výše ležících revírech Horní Lomná a Tyra. Podíl smrků se zlomy na Horní Lomné výrazně vzrostl ze 7 na 14 %. Přehled o vývoji podílu smrku s výskytem zlomů podle revírů v letech 2010-2013 podává Obr. 20.
- Se zvyšující se nadmořskou výškou podíl smrku s výskytem zlomů vzrůstá. Významný nárůst podílu smrků se zlomem je zejména mezi kategoriemi nadmořské výšky do 600 m a 600-800 m. Tato vazba byla ověřena i statisticky logistickou binární regresí ($p < 0.001$, $ROC = 0.594$). Šance výskytu zlomů klesá vzhledem k nejvyšším polohám (nad 800 m n. m.) 0.858x pro střední polohy (600-800 m n. m.) a 0.402x pro polohy pod 600 m n. m. Souvisí to zjevně s mocností sněhové pokrývky a pásmem vzniku námrazy.
- Výskyt zlomů smrku ve vztahu k výčetní tloušťce nemá zřetelný trend.



Obr. 20: Podíl smrku s výskytem zlomů podle revírů v letech 2010-2013 na LHC Jablunkov

6. Podíl stromů s mechanickým poškozením

Mechanickým poškozením kmene se rozumí poškození kmenů nebo kořenových náběhů způsobené nešetrnou hospodářskou činností v porostech, výjimečně i jinými příčinami, např. pádem stromů nebo kamenů. Pro všechny zaujaté stromy (stromy na ploše) se hodnotí poškození kmene mechanického původu. Sleduje se intenzita (rozsah) poškození a stáří poškození. Pokud se na kmeni vyskytuje více oddělených ran, pak se celková intenzita poškození načítá.

Mechanické poškození stromů vznikající převážně při těžbě a transportu dřeva má kumulativní charakter a jeho riziko se zvyšuje se zvětšující se hmotností kmenů, s nimiž se manipuluje. Tomu odpovídá vyšší podíl tohoto poškození ve středněvěkových (hmotnatějších) porostech oproti porostům mladým i určitý nárůst mezi šetřeními. Zjištěný nárůst podílu mechanického poškození kmenů mezi léty 2010 a 2013 ve středněvěkových porostech je poměrně vysoký. Jednou z příčin může být vysoká intenzita asanačního managementu ve středněvěkových porostech a s ní související vysoká frekvence pohybu mechanizace v porostech (Tabulka 18). Mechanické poškození kmene může být částečně eliminováno zdravotními výběry při výchově porostů.

Tabulka 18: Mechanické poškození kmene - podíl počtu stromů, které vykazují známky mechanického poškození z celkového počtu stromů dřeviny. Výsledky statistické inventarizace z roku 2010 a 2013.

Dřevina	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Poškozeno, 2010 (%)	Poškozeno, 2013, (%)	Poškozeno, 2010 (%)	Poškozeno, 2013 (%)
Smrk ztepilý	0.3	0.2	3.4	4.2

Podíl zásoby s výskytem mechanického poškození kmene v porostech do 20 let dobře koresponduje s podílem podle počtu stromů. Ve středněvěkových porostech je podíl zásoby s mechanickým poškozením kmene vyšší než podíl z počtu stromů a mezi šetřeními se takřka nezvyšuje. To naznačuje, že mechanickým poškozením kmene jsou dotčeny spíše hmotnaté smrky. Rozdíl mezi podílem poškození podle zásoby a podle počtu stromů může být ovlivněn přesunem části stromů přes registrační tloušťku v rámci inventarizačních kruhů (Tabulka 19).

Tabulka 19: Mechanické poškození kmene - podíl zásoby hroubí b.k. vykazující známky mechanického poškození z celkové zásoby hroubí dřeviny. Výsledky statistické inventarizace - šetření z roku 2010 a 2013

Dřevina	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Poškozeno, 2010 (%)	Poškozeno, 2013 (%)	Poškozeno, 2010 (%)	Poškozeno, 2013 (%)
Smrk ztepilý	2.4	4.4	7.3	6.9

Zjištěné výsledky lze porovnat s výsledky celorepublikové inventarizace škod zvířet (2010), při které bylo v porostech všech dřevin v celém věkovém rozpětí mechanizací poškozeno v průměru 5 % jedinců všech dřevin a 6 % jedinců smrku. V porostech středního věku pak bylo mechanizací poškozeno v průměru 3 % jedinců všech dřevin a 3 % jedinců smrku. Při celorepublikové inventarizaci CzechTerra bylo mechanické poškození zjištěno u 10 % jedinců smrku a 7 % jedinců všech dřevin. Ve věkové kategorii 21- 60 let bylo mechanické poškození zjištěno u 5 % jedinců. Výskyt mechanického poškození v zájmové oblasti tedy nijak významně nevybočuje od celorepublikových údajů.

- Podíl stromů smrku s výskytem mechanického poškození vzrůstá s věkovou třídou a rovněž s výčetní tloušťkou, což spolu souvisí. To je v souladu s kumulativním charakterem tohoto druhu poškození a rovněž s narůstajícím rizikem vzniku tohoto poškození se zvětšujícími se rozměry a hmotnostmi těžných a transportovaných kmenů.
- Nadprůměrný podíl smrků s mechanickým poškozením se v roce 2010 i 2013 zjistil v polohách do 600 m n. m. a na revírech Rovina a Dolní Lomná. Výskyt mechanického poškození mezi lety významně vzrostl na revíru Horní Lomná.

7. Podíl stromů poškozených loupáním

Pod pojmem loupání kmene je zahrnuto loupání i ohryz kmene. Loupání a ohryz kmene spárkatou zvířet je plošné poškození kůry a lýka stromů. Jako loupání se označuje strhávání pruhů kůry a lýka v podélném směru, vzniká v předjaří a během vegetace (v době mízy). K ohryzu dochází obvykle v zimním období, na ohryzu jsou vždy patrné stopy zubů.

Poškození stromů loupáním (vč. poškození ohryzem) má kumulativní charakter. K poklesu podílu poškozených stromů dochází, pokud úbytek poškozených stromů zdravotním výběrem nebo odumřením převažuje nad nově vznikajícím poškozením. Podíl stromů smrku poškozených loupáním je na LHC Jablunkov obecně vysoký a dosahuje zhruba 30 % (Tabulka 20). V období mezi šetřeními 2010-2013 se tento podíl mírně zvýšil, a to výrazněji v porostech do 20 let. Buk je loupáním poškozen obecně méně než smrk.

Tabulka 20: Poškození loupáním - podíl počtu stromů poškozených loupáním z celkového počtu stromů dřeviny. Výsledky statistické inventarizace z roku 2010 a 2013.

Dřevina	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Poškozeno, 2010 (%)	Poškozeno, 2013 (%)	Poškozeno, 2010 (%)	Poškozeno, 2013, (%)
Smrk ztepilý	29.1	32.7	28.4	29.2
Buk lesní	3.6	1.9	6.2	3.5
Všechny dřeviny	23.2	24.2	23.4	23.0

Zjištěný podíl poškození mladých i středněvěkových smrkových porostů loupáním a ohryzem i jeho vzestup zejména v porostech do 20 let mezi šetřeními je závažný. Významně překračuje republikové hodnoty (CzechTerra, NIL), ačkoliv tyto rozdíly částečně souvisí s vyšším relativním zastoupením smrku v porostech na LHC Jablunkov. V rámci NIL bylo zaznamenáno 11 % stromů všech dřevin poškozených loupáním a ohryzem. V rámci inventarizace CzechTerra bylo zjištěno poškození u 20 % jedinců smrku a 14 % jedinců všech dřevin. Nejblíže stavu na LHC Jablunkov jsou výsledky celorepublikové inventarizace škod zvěří, ve které bylo v porostech středního věku zjištěno poškození loupáním v průměru u 14 % jedinců všech dřevin a u 25 % jedinců smrku. Je však nutno mít na zřeteli, že republikové výsledky zahrnují i území mimo jelenářské oblasti, kde je poškození stromů loupáním výjimečné. Problém poškození zásoby smrku loupáním je o to významnější, že v důsledku hynutí smrku a postupného snižování jeho zastoupení, bude velmi pravděpodobně objem produkce smrkového dřeva v zájmové oblasti klesat.

- Podíl smrků ve věku do 60 let poškozených loupáním a ohryzem je na LS Jablunkov v průměru 29 %. Podíl loupání podle věkových tříd vypovídá o vývoji tohoto poškození v čase. Nadprůměrný podíl smrků poškozených loupáním a ohryzem se zjistil ve III. věkové třídě, ačkoliv mezi šetřeními došlo k poklesu výskytu tohoto poškození ze 48 na 40 %. Tento dílčí pokles je však důsledkem snížené atraktivity těchto porostů z hlediska loupání a s tím související převahy asanace smrků poškozených loupáním nad vznikem nového poškození.
- Nejvyšší podíl loupáných smrků je na revírech Mosty a Nýdek (v roce 2013 více než 46 %). Mezi šetřeními v letech 2010 a 2013 došlo na těchto revírech k nárůstu podílu loupáných smrků. Významně nadprůměrný je podíl loupáných smrků také na revírech Košařiska a Rovina (34 - 35 %).
- Podíl loupání podle tříd nadmořské výšky se pohybuje zhruba kolem průměrné hodnoty.
- S podílem loupání podle věku dobře koresponduje podíl loupání podle výčetní tloušťky. Ten v tloušťkové třídě 7-15 cm mezi šetřeními vzrostl a v roce 2013 dosáhl mírně nadprůměrné hodnoty. Podíl loupání smrku v tloušťkové třídě nad 25 cm byl nadprůměrný, ale mezi šetřeními v letech 2010 a 2013 klesal.

8. Podíl odumřelých stojících stromů (souší)

Podíl souší v zájmové oblasti je jedním z klíčových indikátorů zdravotního stavu a intenzity sanačního managementu. Podíl souší mezi roky 2010 a 2013 stoupl ($p < 0.001$, $ROC = 0.590$). Je to způsobeno nárůstem podílu souší především ve středněvěkových porostech, což dokládá analýza na úrovni hodnocených stromů (Tabulka 21) a také na úrovni jednotlivých ploch (Tabulka 8). Nárůst počtu souší ve středněvěkových porostech je statisticky průkazný (Mann–Whitney U test, $p = 0.009$).

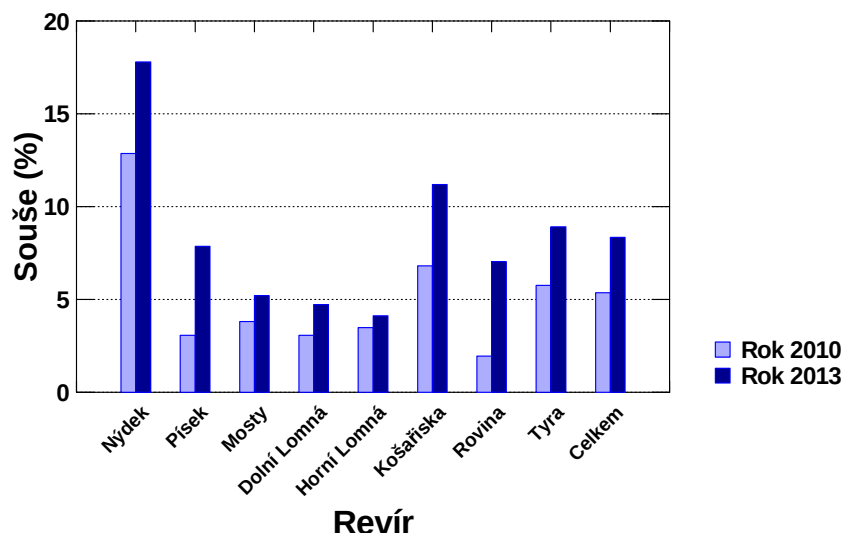
Tabulka 21: Podíl souší z počtu celkového počtu stromů dřeviny. Výsledky statistické inventarizace z roku 2010 a 2013.

Dřevina	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Podíl souší na počtu stromů, 2010, (%)	Podíl souší na počtu stromů, 2013, (%)	Podíl souší na počtu stromů, 2010, (%)	Podíl souší na počtu stromů, 2013, (%)
Smrk ztepilý	1.7	2.9	6.9	13.6
Buk lesní	0	0	1.3	4.0
Všechny dřeviny	1.3	2.0	5.9	11.6

Statisticky průkazný nárůst podílu souší ve středněvěkových porostech v období 2010-2013 při probíhajících výchovných zásazích a sanačním managementu svědčí o zhoršujícím se zdravotním stavu této věkové kategorie. O intenzitě výchovných a asanačních zásahů ve středněvěkových porostech vypovídá následující: podle růstových tabulek (Černý et al., 1996) činí na AVB 30 úbytek počtu stromů smrku v intervalu 40-45 let 11.9 % při plném zakmenění, podle monitoringu poklesl za tři roky ve středněvěkových porostech při reálném zakmenění počet stromů smrku o 11.5 %, to v přepočtu na 5 let odpovídá 19.2 %, v tomto úbytku stromů nejsou zahrnuty stojící souše; to dokládá značnou intenzitu realizovaných zásahů.

V porovnání s republikovými údaji pro celé věkové rozpětí je podíl souší smrku z celkového počtu smrků ve středněvěkových porostech v roce 2010 o polovinu vyšší a do roku 2013 dále vzrostl. To vypovídá o horším zdravotním stavu středněvěkových smrkových porostů na LS Jablunkov ve srovnání s republikovými údaji (3 % podle NIL i CzechTerra pro všechny dřeviny bez rozlišení, 4.2 % pro věkovou kategorii 21-60 let).

- V období mezi lety 2010-2013 se podíl smrkových souší zvýšil z 5.4 na 8.3 %. Nejvyšší podíl smrkových souší z počtu smrků je v porostech II. věkové třídy: podíl souší z dat obou šetření činí 7.7 %. V této věkové třídě je podíl smrkových souší nejvyšší i podle jednotlivých šetření (2010, 2013), dosahuje 5.7 %, resp. 9.8 %, a mezi šetřeními vzrostl o více než 4 %. Nejnižší podíl smrkových souší se zjistil v I. věkové třídě, kde z celého souboru dat činí 1.6 %, má tam však mezi šetřeními největší relativní nárůst (z 0.9 na 2.0 %). Druhý nejnižší podíl souší se zjistí ve III. věkové třídě, kde z celého souboru dat činí 5.4 %, mezi lety 2010-2013 však zaznamenal mírný pokles.
- Podíl smrkových souší na celkovém počtu smrků vzrostl mezi lety 2010-2013 na všech revírech LS Jablunkov. Nejvyšší podíl smrkových souší v obou šetřeních se zjistil na revíru Nýdek (15.2 %). Mezi lety 2010-2013 tam vzrostl z 12.9 na 17.8 %. Druhý největší podíl souší z počtu stromů smrku z obou šetření (2010, 2013) je na revíru Košařiska (9.0 %). Ve sledovaném období se jejich podíl zvýšil z 6.9 na 11.2 %. Třetí největší podíl z počtu smrkových souší v obou šetřeních je na revíru Tyra (7.3 %), ve sledovaném období vzrostl z 5.8 na 8.9 %. K největšímu nárůstu podílu smrkových souší došlo během sledovaného období na revíru Rovina, kde jejich podíl vzrostl z 2.0 na 7.0 %, a dále na revíru Písek. Nejnižší podíl smrkových souší z celkového počtu smrků do 60 let je na revíru Horní Lomná (3.8 %), tam také byl ve sledovaném období jejich nárůst nejnižší. Přehled o vývoji podílu souší smrku podle revírů v letech 2010-2013 podává Obr. 21.
- Podíl souší se zvýšil zhruba o 3 % napříč jednotlivými pásmy nadmořské výšky, závislost výskytu souší na nadmořské výšce tedy není patrná.
- Podíl smrkových souší z celkového počtu smrků je nejvyšší v intervalu výčetní tloušťky 7-15 cm, kde z dat obou šetření činí 11.2 %, s výčetní tloušťkou klesá a v tloušťkách nad 25 cm činí jen 1.9 %. Vazba výskytu souší na tloušťkovou dimenzi je statisticky průkazná ($p < 0.001$, $ROC = 0.624$). Vzhledem ke kategorii silných stromů (DBH nad 25 cm) je šance výskytu souší ve středních dimenzích (15-25) zhruba 3.5x vyšší, u malých dimenzí (DBH do 15 cm) pak 6.3x vyšší. To odráží vliv kompetičních vztahů mezi stromy v porostu.



Obr. 21: Podíl souší smrku podle revírů v letech 2010-2013 na LHC Jablunkov

Taxační charakteristiky porostů zjištěné v rámci monitoringu

Taxačními údaji se rozumí porostní charakteristiky související s dřevinnou skladbou, zásobou hroubí apod. Jedná se o údaje dopočtené na základě údajů o jednotlivých stromech.

Navzdory prokazatelně zhoršeným půdním podmínkám a příznakům hynutí smrk v mladých a středněvěkových porostech velmi dobře přirůstá.

V porostech do 20 let je vyšší zastoupení listnáčů (včetně sukcesních dřevin) na úkor smrku, než v porostech středněvěkových. To vypovídá o probíhající změně dřevinné skladby. Tento trend je v souladu s republikovými údaji.

Porostní zásoba se v úlohách vyhodnocujících inventarizační údaje vyjadřuje objemem hroubí. Do objemu hroubí se započítává objem částí kmene a větví, jejichž tloušťka s kůrou neklesne na tenkém konci pod 7 cm. Stromy s výčetní tloušťkou pod 7 cm a pařezy se do objemu hroubí nezapočítávají. Objem hroubí se v souladu se zažitou praxí vyjadřuje v m³ bez kůry (m³ b. k.).

Zásoba hroubí hlavních dřevin a její změna za čtyři vegetační sezóny období odpovídá růstovým poměrům oblasti (Tabulka 22). U smrku i buku odpovídá zhruba absolutní výškové bonitě (AVB) 30. U smrku této AVB přibližně odpovídá i změna zásoby mezi monitoringy jaro 2010 - podzim 2013 (zařazení monitoračních ploch do věkových kategorií se při opakovaném měření neposouvalo). Pomalejší nárůst zásoby buku může souviset s jeho relativně nižším produkčním potenciálem a ústupem do podúrovně ve směsi se smrkem.

Tabulka 22: Hektarová zásoba hroubí hlavních dřevin. Výsledky statistické inventarizace z roku 2010 a 2013.

Dřevina	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Zásoba hroubí m ³ /ha, 2010	Zásoba hroubí m ³ /ha, 2013	Zásoba hroubí m ³ /ha, 2010	Zásoba hroubí m ³ /ha, 2013
Smrk ztepilý	53	85	264	311
Buk lesní	51	68	263	283

Výše hektarové zásoby smrku i buku vypovídá o relativní příznivé bonitě těchto dřevin, navzdory zhoršeným vlastnostem půd (viz výsledky půdních rozborů) a příznakům hynutí (viz výše).

Hektarová zásoba hroubí smrku na LS Jablunkov je podle výsledků monitoringu vyšší (s výjimkou středněvěkových porostů v roce 2010) než republiková hektarová zásoba hroubí zjištěná v prvním cyklu NIL (zásoba hroubí na ha v porostech do 20 let činí 22.4 m³ a v porostech do 60 let 276.9 m³ na ha). To vypovídá o spíše nadprůměrné bonitě smrku v zájmovém území. Výrazně vyšší hektarová zásoba hroubí v porostech do 20 let na LS Jablunkov oproti zásobě republikové zřejmě souvisí s rychlejším dorůstáním mladých porostů do dimenzí hroubí v důsledku vyšší bonity.

Pro všechny zaujaté živé stromy a stojící souše (pokud je to s ohledem ke stupni rozkladu možné) se na inventarizační ploše (subploše) zjišťuje druh dřeviny. Do výpočtu rozlohy vstupují inventarizované živé stromy příslušné dřeviny jim odpovídajícími plochami. V tabulce se uvádí rozloha a procentický podíl dané dřeviny a celkem.

V zájmové oblasti převažuje smrk (Tabulka 23). Jeho zastoupení v mladých porostech je však podstatně nižší, než v porostech středněvěkových. Souběžně s tím se zvyšuje zastoupení buku a krátkověkých listnáčů. Nízký podíl krátkověkých listnáčů ve středněvěkových porostech je zřejmě důsledkem jejich cílené redukce výchovou v minulosti.

Tabulka 23: Dřevinná skladba – podíl skupin dřevin na rozloze lesa. Výsledky statistické inventarizace z roku 2010 a 2013.

Dřevina	Porosty do 20 let věku		Porosty 20-60 let věku	
	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)
Smrk ztepilý	54.1	55.2	78.7	77.3
Ostatní jehličnany původní	2.7	2.0	1.5	1.8
Ostatní jehličnany nepůvodní	0.6	0.6	0.5	0.7
Buk lesní	27.4	26.6	13.7	14.8
Ostatní listnáče krátkověké	10.3	10.9	1.3	1.0
Ostatní listnáče dlouhověké	4.1	4.7	4.3	4.4

Z rozdílů v plošném zastoupení skupin dřevin v mladých porostech oproti porostům středněvěkým je patrná probíhající změna druhové skladby spočívající v poklesu zastoupení smrku ve prospěch listnáčů. Výrazný je zejména rozdíl v zastoupení krátkověkých listnáčů zahrnujících sukcesní dřeviny. Mírný vzestup zastoupení smrku mezi šetřeními v letech 2010-2013 v mladých porostech zřejmě souvisí s rychlejším odrůstáním smrku ve srovnání s bukem a jedlím. Nasvědčuje tomu i podstatně pomalejší nárůst hektarové zásoby hroubí buku v porovnání se smrkem při opakovaném šetření v mladých porostech.

Z porovnání republikových údajů o zastoupení smrku mezi NIL (jehličnaté porosty do 20 let se nachází na 60 % rozlohy ČR, ve věku 40-60 let pak na 63 % rozlohy) a CzechTerra (zastoupení smrku v ČR činí v porostech do 20 let věku 37 % a ve středněvěkových 45 %, rozloha jehličnatých porostů v rámci ČR činí 61 %, v nadmořské výšce nad 700 m n. m. pak 63 % rozlohy) je, podobně jako na LS Jablunkov, patrný nižší podíl smrku v porostech do 20 let a obecně náznak poklesu zastoupení smrku v čase.

Vyšší zastoupení smrku v zájmové oblasti oproti údajům za republiku souvisí s vyšší nadmořskou výškou této oblasti.

Mezi šetřeními provedenými v letech 2010-2013 v rámci tohoto projektu není vzhledem ke krátkosti intervalu mezi šetřeními patrný trend ve vývoji zastoupení skupin dřevin. Rozdíl se pohybuje v rozpětí statistické chyby (Tabulka 23).

Podíl smrku na zásobě je mírně vyšší než jeho podíl na rozloze (viz výše). Souvisí to s jeho nadprůměrnou hmotností a rychlejším odrůstáním. V mladých porostech má smrk oproti porostům středněvěkým na zásobě nižší podíl, vyšší je v mladých porostech podíl buku a dlouhověkových listnáčů. Tyto výsledky korespondují i s celorepublikovými daty: jehličnaté porosty tvoří 77 % celkové zásoby hroubů, a smrk se podílí na celkové zásobě 57 % podle NIL a smrkové porosty se podílí na celkových zásobách 52 %, v nadmořské výšce nad 700 m n. m. pak 78 % podle CzechTerra.

V zájmové oblasti LHC Jablunkov výrazně převládají porosty s jednoduchou strukturou (jednovrstevné). V porostech do 20 let se les s jednoduchou strukturou nachází na 90 % rozlohy této věkové kategorie. V porostech středněvěkových (21 až 60 let) je tento plošný podíl 93 % (výsledky inventarizace 2013).

Podíl rozlohy lesa s jednoduchou strukturou na LHC Jablunkov je vyšší než republikový průměr, který činí 85.6 % podle výsledků inventarizace krajiny CzechTerra a 83.4 % podle výsledků prvního cyklu NIL. Tento rozdíl v bohatosti struktury lesa je však odrazem toho, že národní reference zahrnuje celé věkové rozpětí lesa, zatímco na LHC Jablunkov se hodnotily pouze porosty do 60 let věku.

V rámci monitoringu byl šetřen i výskyt odumřelého ležícího dřeva. Do tohoto šetření se nezahrnuje zpracované dřevo (např. posedy, lavičky atd.) ani čerstvě pokácené dříví připravené k odvozu. Zapomenuté dříví v lese, popř. neodvezené staré skládky dřeva, se však do tohoto šetření zahrnují. Suché větve se posuzují odděleně od ležícího hroubí.

Na LHC Jablunkov se odumřelé dřevo v dimenzi hroubí vyskytuje v rozmezí 53-59 % rozlohy v mladých porostech a v rozmezí 80-87 % rozlohy porostů středněvěkových (Tabulka 24). To dobře odpovídá průměru v rámci republiky, který dosahuje 78 % podle výsledků inventarizace krajiny CzechTerra. Podíl ploch s výskytem odumřelého nehroubí (klestu) je v mladých a středněvěkových porostech LS Jablunkov oproti republikovému průměru nižší, výsledek je ovlivněn tím, že šetření nezahrnovalo celé věkové rozpětí porostů. Podle NIL se tlející dřevo nehroubí vyskytuje na 97 % rozlohy porostů, podle CzechTerra se tlející dřevo nehroubí vyskytuje na 95 % rozlohy porostů.

Tabulka 24: Podíl rozlohy lesních porostů s výskytem odumřelého dřeva. Výsledky statistické inventarizace z roku 2010 a 2013.

Přítomnost odumřelého dřeva	Porosty do 20 let věku		Porosty 20-60 let věku	
	Podíl 2010 (%)	Podíl 2013 (%)	Podíl 2010 (%)	Podíl 2013 (%)
Nevyskytuje se	9.8	11.5	0.6	8.0
Odumřelé dřevo do 7 cm (klest)	37.7	29.5	12.9	12.3
Odumřelé dřevo nad 7 cm	52.5	59.0	86.5	79.7

Pěstební experiment

Úvod

Pěstební experiment tvořil významnou součást výzkumného řešení projektu LASPROBES. Návrh koncepce a řešení pěstební experimentu byly realizovány po konzultaci a v součinnosti se zadavatelem a odborným personálem na LS Jablunkov. Cílem pěstební experimentu bylo přinést poznatky využitelné pro lesnickou praxi, a to na bázi konkrétních experimentů v oblasti. Pěstební experiment byl zakládán s tím, že bude sledován dlouhodobě a přesáhne vlastní dobu trvání projektu LASPROBES.

Identifikace a konkrétní rozmístění experimentálních ploch bylo realizováno na bázi vlastní monitorační sítě projektu a úvodního šetření zdravotního stavu mladých a středněvěkových porostů v oblasti LHC Jablunkov. Ještě v roce 2010 bylo na vybraných plochách provedeno detailní mapování a měření a následně byl vyznačen a realizován pěstební zásah. V roce 2011 a 2014 byla k vybraným plochám realizována společná pochůzka se zadavatelem, oponenty projektu a zástupci provozu LS Jablunkov. V letech 2011, 2012 a 2013 byla na plochách provedena opakovaná rekognoskace zdravotního stavu. Na podzim roku 2013 bylo realizováno opakované hodnocení zdravotního stavu v celé monitorační síti projektu LASPROBES, zahrnující mladé a středněvěké porosty. Jeho součástí bylo také hodnocení ploch pěstební experimentu.

Tento výstup přináší souhrnnou informaci o zdravotním stavu porostů na pěstebních plochách. Ačkoliv dosavadní doba trvání pěstební experimentu je dosud krátká (3 sezóny), umožnila v závislosti na uplatněném managementu vznik a rozvinutí některých příznaků hynutí smrku. Zásahový management se projevil vzestupem podílu václavkového ronění v I. a zejména II. věkové třídě. Výstup přináší plné vyhodnocení údajů a odpovědi na základní otázky pěstební experimentu formulované v prvním roce řešení jako východiska pro adaptační management.

Materiál a metody

Otázky pěstební experimentu a strategie šetření

Strategie rozmístění ploch pěstební experimentu byla podmíněna formulováním otázek, na které má pěstební experiment dát ve střednědobém horizontu odpověď. Konkrétní otázky pěstební experimentu byly formulovány následovně:

1. Jsou u obnovy rozdíly v hynutí smrku mezi umělou a přirozenou obnovou?
2. Liší se průběh hynutí smrku u nesmíšených a smíšených porostů?
3. Jak se projeví na průběhu hynutí výchovný zásah na podporu tvorby korun v mladých porostech?
4. Jak se na průběhu hynutí projeví úmyslný výchovný zásah ve středněvěkových porostech?
5. Jak se na dynamice hynutí projeví asanace hynoucích stromů?

Je evidentní, že ověření výše uvedených otázek je z hlediska vlastní realizace náročným cílem, a to zejména vzhledem k předpokládané variabilitě stanovištních a porostních podmínek v oblasti. To si vynucuje hustou monitorační síť a ideálně velký počet opakování experimentů k identifikaci

statisticky signifikantních závislostí ve vysoce heterogenním souboru. Konkrétně dostupné zdroje však skutečný rozsah experimentů budou vždy limitovat.

Efektivním řešením je využití základní monitorační sítě projektu (podrobněji viz výše, Obr. 13). Monitorační síť projektu LASPROBES je základem pro ověřování otázek pěstební experimentu 1 a 2 výše. Vlastní šetření v monitorační síti proběhlo v letech 2010 a opakovaně v roce 2013 (podrobněji viz výše).

Pro ověření otázek 3, 4 a 5 byly v rámci monitorační sítě projektu LASPROBES vybrány konkrétní plochy lesopěstební experimentu. Byly založeny komparativní páry ploch, jedna s realizovaným zásahem, a jedna kontrolní (referenční).

Založení ploch pěstební experimentu

Vlastní lokalizace ploch pěstební experimentu byla provedena v roce 2010 na základě předběžné analýzy údajů základního monitoračního šetření na monitorační síti projektu LASPROBES: Vyhledávaly se porosty s převahou smrku jednak v kategorii mladých porostů (do 20 let věku), jednak v kategorii středněvěkových porostů (ve věku 21-60 let). V kategorii středněvěkových porostů se hledaly jednak porosty bez zjevných příznaků chřadnutí, jednak porosty s příznaky chřadnutí. Po předběžném výběru následovala terénní rekognoskace, která potvrdila, popřípadě vyvrátila, vhodnost ploch (zásahové a kontrolní) k začlenění do finálního výběru. Přihlíželo se přitom k podobnosti dendrometrických a taxačních charakteristik komparativních ploch. Ve dvou případech bylo nutné založit vždy jednu z komparativních ploch znovu tak, aby byly obě plochy srovnatelné. Ve 2. roce řešení se provedl test komparability párů ploch pěstební experimentu. Jedním z kritérií pro srovnatelnost a interpretovatelnost údajů z párových ploch pěstební experimentu je jejich podobnost z hlediska klíčových dendrometrických charakteristik. Základním údajem je tloušťkové rozdělení, které bylo testováno párovým testem na shodu průměrů (t-test). S výjimkou jednoho páru ploch (1035, 1036, revír Mosty) byla potvrzena podobnost výčetních tloušťek v rámci dvojic ploch u všech případů. Kolem každé plochy bylo vytyčeno a vyznačeno ochranné pásmo.

Výčet ploch lesopěstební experimentu uvádí Tabulka 25.

Tabulka 25: Sestava ploch pěstební experimentu, jejich identifikace (ID), ověřovaná otázka, příslušná porostní skupina (PSK), souřadnice středů ploch, nadmořská výška a typ plochy v rámci páru ploch.

ID plochy*	Ověřovaná otázka	Identifikace PSK	X (m) S-JTSK	Y (m) S-JTSK_	Nadm. v. (m)	Typ plochy
233	3	1272-418-D-a-01a	-442620.41	-1139289.63	843	se zásahem
234	3	1272-418-D-a-01a	-442623.61	-1139316.89	853	kontrolní
261	3	1272-617-B-a-02b	-444179.89	-1131538.27	530	se zásahem
262	3	1272-617-B-a-02b	-443986.00	-1131515.88	523	kontrolní
501	3	1272-126-A-a-01	-440488.40	-1123808.38	448	se zásahem
500	3	1272-126-A-a-01	-440444.43	-1123855.08	460	kontrolní
503	3	1272-126-C-a-01b	-439063.85	-1123865.81	513	se zásahem
502	3	1272-126-C-a-01b	-439033.60	-1123874.21	510	kontrolní
1009	4	1272-324-A-a-03	-435910.78	-1140058.38	573	se zásahem
1010	4	1272-324-A-a-03	-435877.97	-1140096.13	582	kontrolní

ID plochy*	Ověřovaná otázka	Identifikace PSK	X (m) S-JTSK	Y (m) S-JTSK_	Nadm. v. (m)	Typ plochy
1035	4	1272-316-B-a-03	-438390.53	-1139294.25	601	se zásahem
1036	4	1272-316-B-a-03	-438365.53	-1139251.00	602	kontrolní
1039	4	1272-125-B-a-04	-438200.41	-1126734.00	597	se zásahem
1040	4	1272-125-B-a-04	-438192.59	-1126783.50	598	kontrolní
1053	4	1272-802-E-a-03	-448067.25	-1126884.00	920	se zásahem
1054	4	1272-802-E-a-03	-448021.94	-1126905.13	928	kontrolní
91059	5	1272-110-D-a-04	-434672.39	-1124514.98	648	se zásahem
1060	5	1272-110-D-a-04	-434680.69	-1124478.25	638	kontrolní
1083	4	1272-215-B-a-04	-435118.96	-1132008.58	707	se zásahem
1084	4	1272-215-B-a-04	-435162.71	-1131983.94	707	kontrolní
1107	4	1272-307-B-a-03a	-441834.50	-1139204.38	906	se zásahem
1108	4	1272-307-B-a-03a	-441878.22	-1139180.13	913	kontrolní
1109	5	1272-120-C-a-04	-435897.06	-1127496.38	565	se zásahem
91110	5	1272-120-C-a-04	-435849.48	-1127494.89	550	kontrolní
1133	5	1272-122-D-a-05	-436697.88	-1126176.00	523	se zásahem
1134	5	1272-122-D-a-05	-436648.63	-1126167.38	509	kontrolní
1171	5	1272-212-B-a-06	-435469.81	-1131465.63	729	se zásahem
1172	5	1272-212-B-a-06	-435422.00	-1131451.00	739	kontrolní
1181	4	1272-401-B-a-03	-446522.13	-1138439.13	737	se zásahem
1182	4	1272-401-B-a-03	-446505.84	-1138486.50	744	kontrolní
1183	4	1272-507-C-a-03a	-448508.69	-1136502.38	691	se zásahem
1184	4	1272-507-C-a-03a	-448545.84	-1136468.88	696	kontrolní
1199	4	1272-622-C-a-06a	-441423.84	-1135597.88	461	se zásahem
1200	4	1272-622-C-a-06a	-441444.97	-1135552.50	468	kontrolní
1501	4	1272-126-A-a-06	-440398.31	-1123774.41	457	se zásahem
1500	4	1272-126-A-a-06	-440452.67	-1123724.71	440	kontrolní

* Předřazená cifra 9 indikuje posunuté plochy vzhledem k plochám základní monitorační sítě

Měření na plochách

Na všech plochách pěstebního experimentu bylo v roce 2010 kromě základního inventarizačního šetření provedeno opakované měření s detailnějším rozsahem. Především byly zaměřeny pozice všech stromů. Na všech stromech se hodnotily následující indikátory zdravotního stavu: specifický (václavkový) výron pryskyřice, souše, zlomy, loupání vč. ohryzu kmene a mechanické poškození kmene. Na 10 výškovaných vzornících se hodnotily indikátory zdravotního stavu patrné v koruně stromu. Těmi jsou náhlá redukce výškového přírůstu, suchý vrchol, barevné změny asimilačního aparátu a vitalita. Plochy, které byly založeny nově mimo základní monitorační síť projektu, byly do této sítě integrovány. Rozsah venkovního šetření na vybraných plochách pěstebního experimentu je dokumentován na struktuře projektu Field-Map, která je uvedena jako součást prvního roku řešení. Kompletní metodika tohoto šetření je uvedena v rámci 4. roku řešení projektu. Všechny plochy středněvěkových porostů byly rovněž zakresleny graficky s rozmístěním jednotlivých stromů a vyznačením zásahu na ploše.

Realizace pěstebního zásahu na plochách

Plochy pěstebního experimentu k ověření otázek 3, 4 a 5, se zakládaly ve smrkových (nebo převážně smrkových) porostech do 60 let věku. Na každé zásahové ploše byl proveden specifický zásah. Stejný zásah se vyznačil i v ochranném pásmu zásahových ploch, vytvářejícím zhruba 20 m široký lem po obvodu vlastní experimentální plochy. Obvod ochranných pásem zásahových i referenčních ploch pěstebního experimentu je vyznačen po vnějším obvodu ležatými kříži na kmenech. Středů ploch nejsou přímo značeny. Jejich dohledání se provádí odměřením od navigačního stromu vyznačeného vně plochy kruhem po obvodu kmene. Nejbližší strom od středu plochy má v patě kmene na hmoždince nerezavějící kovový štítek s číslem.

Pro ověření vlivu zásahu na podporu tvorby korun v mladých porostech (otázka 3) se na zásahové ploše provedl silný zásah redukující počet smrků. Při redukci počtu smrků se přihlíželo, kromě rozestupu, ke zdravotnímu stavu a tvarovým vlastnostem jedinců. Zpravidla se ponechávaly veškeré přímíšené a vtroušené dřeviny. Do přímíšených dřevin se zasahovalo pouze výjimečně, např. při podpoře jedle, dubu, borovice apod. na úkor břízy.

Pro ověření vlivu zásahu na zdravotní stav porostů (otázky 4 a 5) byl pěstební experiment situován do porostů středněvěkových. Pro ověření otázky 4 (vliv výchovného zásahu) byl na zásahových plochách každého páru provedena podúrovňová probírka střední intenzity nebo uvolnění vtroušených dřevin. Pro ověření otázky 5 (vliv asanace chřadnoucích stromů) se na zásahových plochách s počínajícími příznaky hynutí vyznačil zdravotní výběr. Kromě stromů s příznaky hynutí se vyznačovaly i stromy jinak poškozené, nejčastěji vrcholovým zlomem nebo loupáním.

Umístění zásahových i referenčních ploch pěstebního experimentu probíhalo v úzké spolupráci s personálem LS Jablunkov. Revírníci (nebo jimi pověřené osoby) byli seznámeni s charakterem provedených zásahů a způsobem jejich realizace. K realizaci zásahů na experimentálních plochách došlo do konce října 2010. V ochranném pásmu referenčních ploch lesopěstebního experimentu se stejně jako na referenční ploše nezasahovalo.

Šetření na plochách lesopěstebního experimentu v letech (2011-2013)

V roce 2011 bylo na všech plochách pěstebního experimentu provedeno opakované šetření zdravotního stavu. Na zásahových plochách byla provedena kontrola realizovaného zásahu. Všechny zaujaté stromy na plochách pěstebního experimentu ve středněvěkových porostech byly fyzicky očíslovány s čísly směřujícími do centra plochy. Byla připravena podrobná dokumentace k plochám, zahrnující základní dendrometrické charakteristiky, schémata rozmístění stromů, údaje o provedeném zásahu a fotodokumentaci. Na pěstebních plochách 1053, 1054 v lokalitě Javorový na revíru Tyra a na plochách 1107, 1108 v revíru Mosty se pro zajištění návaznosti na fyziologický experiment instalovalo kontinuální měření tloušťkového přírůstu (dendrometry) a půdního sacího potenciálu. V blízkosti ploch 1053, 1054 byla instalována meteo-stanice měřící srážky, teplotu a vzdušnou vlhkost. Ve 2. roce řešení projektu se zpracovaly tabelární a grafické údaje k plochám pěstebního experimentu (situační mapy, schémata ploch, kompletní sada taxačních údajů v tabulární podobě, v případě zásahových ploch rovněž kompletní údaje o zásahu, a fotodokumentace).

Pro každou z ploch pěstebního experimentu byly tabelárně zpracovány údaje o tloušťce, výšce a objemu středního kmene podle zastoupených dřevin a celkem, vypočtena skutečná zásoba hroubí podle dřevin a celkem, přepočtena na hektar a zjištěna hektarová tabulková zásoba podle růstových a taxačních tabulek hlavních dřevin České republiky (Černý *et al.* 1996). Dále byl kvantifikován počet

stromů podle dřevin a celkem v přepočtu na hektar. Z poměru skutečné a tabulkové zásoby byly vypočteny redukované plochy jednotlivých dřevin a na jejich základě zjištěno zastoupení dřevin a zakmenění. Tyto výpočty byly provedeny pro porost před zásahem a po realizovaném zásahu.

Pro plochu s realizovaným zásahem byly spočítány parametry zásahu, a to tloušťka a výška středního vytěženého kmene, objem vytěženého hroubí na hektar, počet vytěžených stromů na hektar a intenzita zásahu vyjádřená v objemu výchozí zásoby hroubí.

Pro každou plochu bylo zpracováno tloušťkové rozložení porostu a v případě zásahových ploch také tloušťková struktura zásahu. V případě ploch středněvěkových porostů byla tloušťková struktura, dřevinná skladba, skutečná poloha stromů a rozvržení zásahu rovněž znázorněna na mapkách ploch. Charakter většiny ploch také dokresluje připojená fotodokumentace. V roce 2011 byl rovněž proveden výše zmíněný test komparability párových ploch.

V roce 2012 byly všechny plochy znovu navštíveny. Na plochách byl zrevidován výskyt souší a ronění. Vybrané vzorníkové stromy pro měření výšky byly proměřeny pomocí technologie Field-Map s cílem retrospektivní kvantifikace přírůstu, kdy byl podle viditelnosti zaměřen vrchol a další přesleny odpovídající výšce stromů v roce 2011 a 2010, popř. starší při dostatečné viditelnosti. Měření zahrnovalo celkem 272 smrkových jedinců v počtu 8 až 13 na každou plochu. Dále byla zjišťována možná příčina odumření u souší. V této souvislosti bylo odebráno 20 vzorků mycelia z napadených smrkových jedinců (z celé oblasti LHC Jablunkov) k laboratorní identifikaci druhu václavky. Výsledky terénního šetření se statisticky zpracovaly do tabelární a grafické podoby v členění podle ploch pěstebního experimentu (situační mapy, schémata ploch, fotodokumentace). V roce 2013 proběhlo opakované šetření na všech plochách ve vazbě na opakovaný monitoring celé monitorační sítě projektu LASPROBES. Na plochách byly revidovány indikátory zdravotního stavu ve stejném rozsahu jako v minulých letech. Výsledky byly statisticky zpracovány a okomentovány (viz níže).

Metodika zpracování výsledků

Analýza údajů v této zprávě využívá částečně údaje celé monitorační sítě a zároveň údaje ploch samotného pěstebního experimentu. Metodika zpracování výsledků se opírá o postupy uplatněné pro hodnocení celé monitorační sítě.

V této dílčí zprávě byla data analyzována na dvou úrovních:

1. Statistická inventarizace na úrovni LHC Jablunkov podle zvolených kategorických proměnných (statistické zpracování pomocí nástroje *Field-Map Inventory Analyst*)
2. Data zpracovaná po jednotlivých stromech (popisné údaje základního souboru)

Pro vybrané závislosti byla rovněž hodnocená statistická průkaznost, a to pomocí logistické regrese. Tato statistika je vhodná pro posouzení vlivnosti nezávislých proměnných na dvouhodnotovou (0, 1) vysvětlovanou proměnnou. Logistická regrese poskytuje vyjádření i) statistické průkaznosti analyzované závislosti (zde parametr $p < 0.05$), ii) (zvýšené) šance výskytu vzhledem k referenční veličině či proměnné a iii) plochu ohraničenou křivkou operační prahové charakteristiky (ROC z anglického termínu *Receiver Operating Characteristic*): při ROC=0.5 je závislost nulová, rostoucí hodnota ROC v rozmezí nad 0.5 do 1.0 udává vliv nezávislé proměnné či více nezávislých proměnných.

Výsledky a závěry

Doba trvání pěstební experimentu (prakticky 3 sezóny) umožnila v závislosti na uplatněném managementu vznik a rozvinutí některých příznaků hynutí smrku. Tato doba však nebyla dostatečně dlouhá na to, aby se rozdílný management mohl zřetelně projevit.

Výsledky naznačují, že realizace výchovného, resp. asanačního zásahu se může projevit rozvojem příznaků václavkového hynutí. Zásahový management se na zhoršení zdravotního stavu smrku nejzřetelněji projevil vzestupem podílu václavkového ronění, ten byl statisticky průkazný v I. a zejména ve II. věkové třídě. Ve středněvěkových porostech III. věkové třídy se výchovný (resp. asanační) zásah průkazně zvýšeným výskytem ronění již neprojevil.

Napadení václavkou se rovněž ukázalo jako převažující příčina vzniku smrkových souší. Jedná se téměř výhradně o václavku smrkovou (*Armillaria ostoyae*). Druhou nejvýznamnější příčinou mortality smrku jsou zlomy. Výskyt zlomů s věkem narůstá. Ostatní příčiny vzniku smrkových souší byly podle šetření v období 2011-2013 minoritní. Některé indikátory zdravotního stavu smrku se v průběhu trvání pěstební experimentu vyskytly pouze v nízkých počtech neumožňujících další statistickou stratifikaci či klasifikaci.

Vyhodnocení výsledků pěstební experimentu vzhledem k základním otázkám, které byly formulovány při založení pěstební experimentu v rámci projektu LASPROBES, přineslo pro adaptační management následující odpovědi:

1. Jsou u obnovy rozdíly v hynutí smrku mezi umělou a přirozenou obnovou?

Mortalita umělé obnovy smrku v mladých porostech (do 20 let) je vyšší než mortalita obnovy přirozené. Výsledek nevypovídá o příčině mortality.

Pro vyhodnocení se použila data po plochách z obou měření (2010, 2013) na celé monitorační síti v mladých porostech (do 20 let). Ve středněvěkových porostech se umělá obnova nezjistila (proto nebylo srovnání možné). Sledovala se pouze přirozená obnova smrku vysoká 0.1- 0.5 m. Vyšší (starší) obnova se nehodnotila kvůli nejistotě určení, zda se jedná o obnovu přirozenou či umělou. Z hodnocení byla rovněž vyloučena obnova kombinovaná (souběžný výskyt přirozené i umělé obnovy). Výsledky na bázi statistického zpracování uvádí Tabulka 26.

Tabulka 26: Mortalita přirozené a umělé obnovy smrku (0.1-0.5 m výšky) v porostech do 20 let z dat šetření 2010, 2013 v celé monitorační síti.

Obnova	Živá (tis. ks)	Odumřelá (tis. ks)	Celkem (tis. ks)	Mortalita (%)
Přirozená	11 168	907	12 075	7.5
Umělá	67	13	80	16.6

Z výsledků monitoringu vyplývá, že umělá obnova smrku ve velikostní třídě 0.1-0.5 m výšky vykazuje více než dvojnásobnou mortalitu (16.6 %) oproti obnově přirozené (7.5 %). Výrazná převaha přirozené obnovy nad umělou, zjištěná inventarizací, je do značné míry ovlivněna skutečností, že se evidují jedinci od 0.1 m výšky. Ti jsou reprezentováni především přirozenou obnovou, zatímco umělá obnova smrku zpravidla přichází v úvahu až kolem výšky nad 0.2 m. Nízkou mortalitu u přirozené

obnovy ovlivňuje skutečnost, že semenáčky vysoké kolem 0.1 m po odumření rychleji zaniknou, takže s odstupem několika let se nezjistí.

2. Liší se průběh hynutí smrku u nesmíšených a smíšených porostů?

V polohách nad 600 m zdravotní stav smrku nezávisí na jeho porostním zastoupení. V nižších polohách (do 600 m) a imisně exponovaných polohách (revír Rovina) je intenzita hynutí v porostech smíšených vyšší než v porostech nesmíšených.

Podkladem analýzy jsou inventarizační data z celé monitorační sítě (285 ploch, viz kapitola níže). Hodnotil se procentický podíl stromů smrku s výskytem indikátorů zhoršeného zdravotního stavu z celkového počtu smrků. Hodnocenými indikátory byly: výskyt souší, zlomů, václavkového ronění, barevných změn asimilačního aparátu, náhlé redukce výškového přírůstu, suchého vrcholu, loupání vč. ohryzu, mechanického poškození a ostatního poškození.

Tabulka 27 uvádí kategorie porostů podle podílu smrku v jednotlivých letech šetření a pro věkové kategorie. Ve sledovaném období (2010-2013) se snížil podíl rozlohy jak mladých, tak středněvěkových porostů se zastoupením smrku do 60 %. Úměrně tomu vzrostl podíl rozlohy porostů se zastoupením smrku nad 60 %. Rozhodující vliv na to měl nárůst rozlohy porostů se zastoupením smrku 60-89 %. Naopak podíl rozlohy porostů se zastoupením smrku 90 % a více v obou věkových kategoriích mezi šetřeními mírně poklesl. Rozloha porostů, v kterých je podíl smrku vyšší než 60 %, je mírně vyšší v kategorii porostů středněvěkových ve srovnání s porosty mladými (o 3 % v roce 2010 a o 5 % v roce 2013). Podíl rozlohy porostů se zastoupením smrku 90 % a více je k roku 2013 ve středněvěkových porostech o 7 % nižší než v mladých porostech (do 20 let věku) zakládaných později (Tabulka 27).

Tabulka 27: Zastoupení smrku v porostech - podíl na celkové rozloze porostní půdy.

Podíl smrku	Porosty do 20 let věku		Porosty 21-60 let věku	
	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)	Podíl na rozloze, 2010, (%)	Podíl na rozloze, 2013, (%)
1-60 %	22.4	17.9	18.5	13.0
60-90 %	8.6	14.9	19.8	27.4
90 a více %	68.9	67.1	61.5	59.4

Tabulka 28 uvádí procentický podíl jedinců smrku podle poškození pro celkový soubor stromů hodnocených v obou letech měření monitorační sítě (2010, 2013) v porostech s různým zastoupením smrku, a to v kategoriích do 60 % (92 a 89 ploch v letech 2010 a 2013), 60-90 % (57 a 59 ploch v letech 2010 a 2013) a 90 a více % (136 a 137 ploch v letech 2010 a 2013).

Tabulka 28: Zdravotní stav smrku (SM) podle jeho zastoupení v porostu - procentický podíl jedinců smrku podle druhu poškození (indikátoru) z údajů dat monitorační sítě let 2010 a 2013 (2x285 ploch, pro indikátor snížený přírůst pouze za rok 2013, tj. 285 ploch).

Typ poškození (indikátor)	Podíl SM do 60 % (%)	Podíl SM 60- 90 % (%)	Podíl SM 90 a více % (%)	Celý soubor (%)
Souše	14.2	9.4	5.7	6.8
Zlomy	13.2	10.2	8.1	8.8
Ronění	6.8	4.9	5.0	5.0
Výskyt suchého vrcholu	4.6	2.1	0.8	1.4
Snížený přírůst	10.2	11.0	5.8	7.5
Barevné změny	3.4	5.2	5.2	5.1
Mechanické poškození	3.3	4.5	4.1	4.2
Loupání	36.5	27.6	29.6	29.4

V porostech se zastoupením smrku 60-89 % se v nadprůměrném podílu vyskytují dva ze tří indikátorů václavkového hynutí, a to: výskyt suchého vrcholu a náhlá redukce výškového přírůstu.

S přihlédnutím ke všem hodnoceným indikátorům se zdravotní stav smrku v porostech s jeho zastoupením nad 90 % jeví obecně jako nejpriznivější (Tabulka 28).

Z podrobnější analýzy však vyplynulo, že při posuzování zdravotního stavu smrku podle jeho zastoupení je nezbytné vzít v úvahu závislost na nadmořské výšce (Tabulka 29). V porostech se zastoupením smrku do 60 % je nejvyšší frekvence výskytu václavkového ronění. V polohách do 600 m n. m. je (12.3 %), ale ta ve vyšších polohách výrazně klesá – na 5.2 % v polohách 600-800 m n. m. a 4.1 % v polohách nad 800 m n. m. Rovněž frekvence výskytu suchého vrcholu v porostech se zastoupením smrku do 60 % vykazuje výraznou závislost na nadmořské výšce: s rostoucí nadmořskou výškou se výskyt suchého vrcholu snižuje, a to z 12.0 % v polohách do 600 m n. m. na 1.5 % v polohách 600-800 m n. m. a v polohách nad 800 m se výskyt suchého vrcholu již vůbec nezjistil. Také frekvence výskytu náhlé redukce výškového přírůstu u smrku v porostech s jeho zastoupením do 60 % s nadmořskou výškou zřetelně klesá: z 22.4 % v polohách do 600 m n. m. na 6.6 % v polohách 600-800 m n. m., a v polohách nad 800 m se výskyt náhlé redukce výškového přírůstu u smrku nezjistil. V polohách nad 600 m n. m. již tedy není zřejmá jednoznačná závislost zdravotního stavu smrku na jeho zastoupení. Největší frekvence výskytu smrků s příznaky václavkového hynutí je v porostech s nejnižším zastoupením smrku (kategorie do 60 %) v polohách do 600 m n. m. Při zastoupení smrku 60 % a více se již zřetelná závislost výskytu indikátorů václavkového hynutí na nadmořské výšce neprojevuje.

Vliv smíšení smrku na jeho zdravotní stav byl dále analyzován také ve vztahu k lokalitě. Prokázalo se, že nejproblematictější lokalitou je revír Rovina, který se nachází převážně v nižších polohách exponovaných silnějšímu depozičnímu zatížení.

Tabulka 29: Zdravotní stav SM (průměr indikátorů redukováný přírůst, výskyt ronění a suchý vrchol) v závislosti na kategorii výškové polohy (nadmořské výšce) a zastoupení SM v porostu – údaje opakovaného šetření v letech 2010 a 2013 (redukováný přírůst pouze v roce 2013)².

	Podíl SM do 60 %	Podíl SM 60-90 %	Podíl SM nad 90 %	Celý soubor
Polohy do 600 m n. m. (104 ploch)				
Ronění	12.3 %	5.3 %	5.0 %	5.2 %
Suchý vrchol	12.0 %	0.7 %	0.9 %	1.4 %
Redukovaný přírůst	22.4 %	0.9 %	5.0 %	7.4 %
Průměr všech tří indikátorů	15.6 %	5.7 %	3.6 %	4.7 %
Polohy 600 – 800 m n. m. (124 ploch)				
Ronění	5.2 %	4.8 %	4.7 %	4.8 %
Suchý vrchol	1.5 %	4.1 %	1.5 %	2.3 %
Redukovaný přírůst	6.6 %	8.4 %	6.7 %	7.2 %
Průměr všech tří indikátorů	4.4 %	5.8 %	4.3 %	4.7 %
Polohy nad 800 m n. m. (57 ploch)				
Ronění	4.1 %	4.5 %	5.2 %	5.1 %
Suchý vrchol	0 %	0 %	0 %	0 %
Redukovaný přírůst	0 %	15.5 %	6.7 %	8.5 %
Průměr všech tří indikátorů	1.4 %	6.7 %	4.0 %	4.5 %

3. Jak se projeví na průběhu hynutí výchovný zásah na podporu tvorby korun v mladých porostech?

Podíl smrkových souší v porostech do 20 let je nízký. Poněkud příznivější stav zásahových ploch z hlediska výskytu souší je do značné míry ovlivněn uplatněným zdravotním výběrem poškozených a chřadnoucích smrků.

Realizace silného zásahu na podporu tvorby korun v mladých porostech nevedla na plochách pěstebnímu experimentu ke zvýšení intenzity hynutí, ale projevila se statisticky slabě průkazným vzestupem podílu václavkového ronění.

Odpověď na výše uvedenou otázku byla hledána rozbořením celkového souboru údajů pěstebnímu experimentu, tj. zahrnující mladé i středněvěké porosty. Počet souší na lesopěstebních plochách v průběhu let vzrostl, a to z průměrného podílu 6.0 % na celkovém stromovém inventáři v roce 2010 na 8.8 % v roce 2013. Na referenčních plochách (bez zásahu) v tomto období podíl souší vzrostl z 6.2

² Počty porostů (monitoračních ploch) podle kategorií nadmořské polohy a smíšení smrku (SM), uplatněné ve výpočtech v Tabulce 9, a to z původního celkového počtu 243 a 254 ploch s nenulovým zastoupením SM v roce 2010 a 2013. Finální počty ploch odpovídají parametrům hodnocení indikátorů SM (min. dimenzi stromů).

Poloha	Rok 2010			Rok 2013		
	SM do 60 %	SM 60-90 %	SM > 90 %	SM do 60 %	SM 60-90 %	SM > 90 %
do 600 m n. m.	12	17	50	11	17	49
600-800 m n. m.	20	21	45	19	26	47
nad 800 m n. m.	2	14	33	3	11	37

na 11.5 %, zatímco na zásahových plochách poklesl z 5.9 na 4.7 % (Tabulka 30). Příčinou rozdílu je sanační management na zásahových plochách.

Tabulka 30: Vývoj podílu souší smrku na celkovém počtu smrků na plochách pěstební experimentu a v monitorační síti

Období	Bez zásahu, (%)	Se zásahem, (%)	Pěstební experiment celkem, (%)	Monitorační síť celkem, (%)
Oba roky celkem	8.9	5.4	7.3	6.8
2010 (před zásahem)	6.2	5.9	6.1	5.4
2013 (po zásahu)	11.5	4.7	8.8	8.3
Rozdíl 2013-2010	5.3	-1.2	2.8	3.0

Na plochách pěstební experimentu v porovnání s celou monitorační sítí je poněkud vyšší podíl smrkových souší (7.3 oproti 6.8 % v průměru z obou šetření). Souvisí to zřejmě s tím, že na referenčních plochách představujících 50 % ploch pěstební experimentu se neprovádějí asanační zásahy. V porovnání s celorepublikovým průměrem (podle NIL 2001-2004, CzechTerra 2010) je podíl souší na plochách pěstební experimentu více než dvojnásobný.

V mladých porostech do 20 let je podíl smrkových souší na pěstebních plochách nejnižší - v roce 2010 zde nebyla zjištěna žádná souše. V porostech středněvěkových byl v roce 2010 před zásahem zjištěn shodný podíl souší, a to 7 %. V roce 2013 se v těchto porostech bez managementu zvýšil na takřka 13 %, což vůči roku 2010 představuje nárůst o 6 %. Ve středněvěkových porostech s managementem se projevil vliv zásahu a podíl souší se v roce 2013 oproti roku 2010 snížil (Tabulka 31).

Tabulka 31: Vývoj podílu souší v porostech po věkových kategoriích, před a po provedeném zásahu.

Období	Porosty do 20 let		Porosty 21-60 let *	
	Bez zásahu (%)	Se zásahem (%)	Bez zásahu (%)	Se zásahem (%)
2010	0.0	0.0	7.0	7.0
2013	2.6	0.0	12.9	5.5
Rozdíl 2013-2010	2.6	0.0	5.9	-1,5

Vliv zásahu na výskyt souší je doložen i statisticky pomocí logistické regrese. Ta potvrzuje identický podíl souší v rámci párových ploch (n=36) při zahájení pěstební experimentu (p=0.784, ROC=0.507), a to na základě 1648 hodnocených smrkových vzorníků. Ke konci roku 2013 byl rozdíl mezi výskytem souší na nezásahových oproti zásahovým plochám průkazný (p<0.001, ROC=0.601). Na plochách bez zásahu je šance výskytu souší 2.632x vyšší, než na plochách s provedeným zásahem. To však souvisí především s aplikovaným managementem, kdy na zásahových plochách byly výchovným, resp. sanačním zásahem chřadnoucí a poškozené smrky odstraněny, zatímco na referenčních (nezásahových) plochách zůstaly.

Významným indikátorem zdravotního stavu je výskyt václavkového ronění podle věku (Tabulka 32) a jeho odezva na provedený výchovný zásah. V mladých porostech (I. věkové třídě) se v roce 2010 (před zásahem) téměř nezjistily známky václavkového ronění. Do roku 2013 výrazně vzrostl podíl smrků s příznaky václavkového ronění na zásahových plochách. Ve II. věkové třídě do roku 2013

vzrostl podíl smrků s roněním na plochách s provedeným zásahem zhruba čtyřnásobně vzhledem k plochám referenčním. Ve III. věkové třídě není vzhledem k heterogenitě údajů vliv zásahu na výskyt ronění jednoznačný. Důsledkem managementu je tedy zvýšení četnosti václavkového ronění u smrku, a to především ve II. věkové třídě.

Vliv zásahu na výskyt ronění u smrku vzhledem k věkové třídě je rovněž doložen statisticky pomocí logistické regrese. Ta při zahájení experimentu potvrzuje identický podíl výskytu ronění v rámci párových ploch ($n=36$) pro každou věkovou třídu pěstebního experimentu. Ke konci roku 2013 byl rozdíl mezi nezášahovými a zášahovými plochami ve výskytu ronění průkazný zejména pro II. věkovou třídu ($p<0.001$, $ROC=0.641$, $n=1003$), slaběji průkazně pro I. věkovou třídu ($p=0.029$), zatímco pro III. věkovou třídu byl vliv zásahu na výskyt ronění neprůkazný ($p=0.825$).

Z uvedeného je zřejmé, že na plochách s realizovaným zásahem je nárůst výskytu václavkového ronění během sledovaného období v I. a zejména ve II. věkové třídě vyšší než na plochách bez zásahu. K největšímu nárůstu podílu smrků s václavkovým roněním došlo v porostech II. věkové třídy.

Tabulka 32: Vývoj podílu stromů smrku vykazujících známky ronění po věkových třídách a před a po provedeném zásahu.

	Věková třída I		Věková třída II		Věková třída III	
Období	Bez zásahu (%)	Se zásahem (%)	Bez zásahu (%)	Se zásahem (%)	Bez zásahu (%)	Se zásahem (%)
2010	0.0	0.7	2.6	3.7	8.1	4.6
2013	0.9	6.4	5.5	15.5	8.6	7.6
Rozdíl 2013-2010	0.9	5.7	2.8	11.7	0.5	3.0

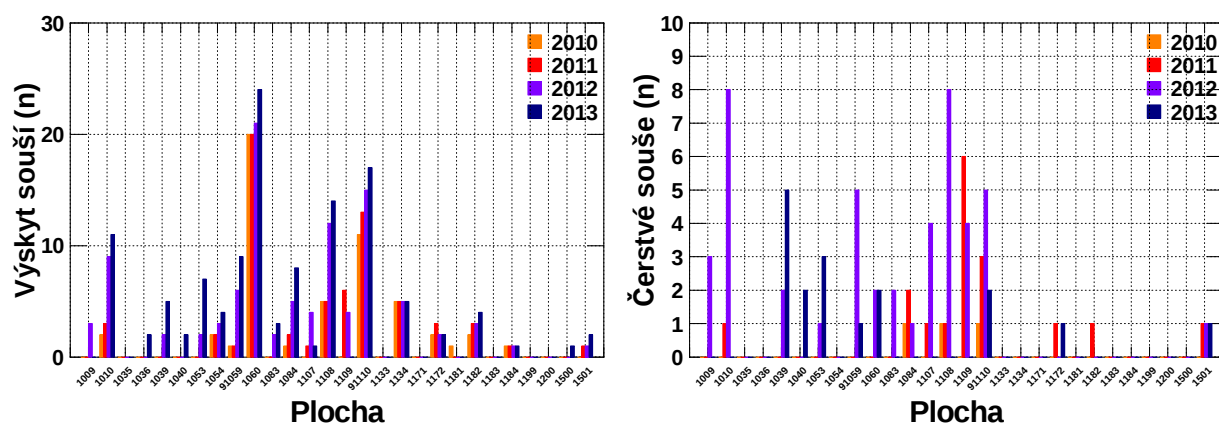
4. Jak se na průběhu hynutí projeví úmyslný výchovný zásah ve středněvěkových porostech?

Úmyslný výchovný zásah se ve středněvěkových porostech v období let 2010-2013 neprojevil nárůstem podílu nově vzniklých souší, projevil se však statisticky průkazným vzestupem václavkového ronění.

Při posuzování vlivu výchovného zásahu ve středněvěkových porostech (21-60 let) na průběh hynutí smrku se hodnotil vývoj podílu souší. Na referenčních plochách vzrostl podíl souší mezi šetřeními v letech 2010-2013 z 2.2 % na 7.8 %, zatímco na zášahových plochách z 3.8 % na 5.7 % (Tabulka 33). Pokud se však na referenčních plochách ve středněvěkových porostech uvažují v roce 2013 pouze souše, které oproti roku 2010 přibýly, je podíl souší smrku na celkovém počtu smrků na referenčních i na zášahových plochách téměř shodný (5.6 % resp. 5.7 %). Vývoj počtu souší na pěstebních plochách pro středněvěké porosty během let 2010 až 2013 je také zobrazen na Obr. 22.

Tabulka 33: Vliv realizovaného výchovného zásahu v relativně zdravých středněvěkových porostech (otázka 4) na výskyt smrkových souší. Data ploch pěstebního experimentu 2010, 2013.

	Porosty pěstebního experimentu, podíl souší	
Období	Bez zásahu (%)	Se zásahem (%)
2010	2.2	3.8
2013	7.8	5.7
Rozdíl 2013-2010	5.2	1.9



Obr. 22: Výskyt všech souší (vlevo) a čerstvých souší (vpravo) na plochách pěstební experimentu v letech 2010 až 2013.

Vliv výchovného zásahu na průběh hynutí smrku ve středněvěkových porostech (21-60 let) se však projevil rozdílným vývojem podílu smrku s výskytem václavkového ronění (Tabulka 34, Obr. 23). Na referenčních plochách vzrostl podíl smrku s výskytem ronění mezi šetřeními v letech 2010-2013 o 4.3 %, zatímco na zásahových plochách vzrostl z téměř o 10 %. Zatímco v roce 2010 před realizací výchovného zásahu na zásahové ploše byl mezi podílem václavkového ronění na referenční ploše oproti ploše zásahové rozdíl neprůkazný ($p=0.354$), v roce 2013 byl již vyšší podíl václavkového ronění na zásahové ploše podle logistické regrese jasně průkazný ($p=0.001$).

Tabulka 34: Vliv realizovaného výchovného zásahu v relativně zdravých středněvěkových porostech (otázka 4) na výskyt václavkového ronění. Data ploch pěstební experimentu 2010, 2013

Období	Porosty pěstební experimentu, podíl stromů s roněním	
	Bez zásahu (%)	Se zásahem (%)
2010	1.6	2.3
2013	5.9	12.1
Rozdíl 2010 – 2013	4.3	9.8

Zřetelně vyšší výskyt václavkového ronění byl zaznamenán na zásahových plochách pěstební experimentu, kde v průměru z obou šetření činí 7.2 % oproti 4.2 % na plochách referenčních (Tabulka 35). Podstatně vyšší je na zásahových plochách rovněž dynamika vývoje ronění. Přestože na zásahových i referenčních plochách byl podíl smrků s výskytem ronění v roce 2010 před realizací zásahu téměř shodný (3.1-3.3 %), zvýšil se na zásahových plochách na 13.0 %, zatímco na plochách referenčních (bezzásahových) pouze na 5.2 %. Podíl smrků s václavkovým roněním tak na zásahových plochách vzrůstal ca 4.5krát rychleji než na plochách, kde se nezasahovalo (Tabulka 35). Realizace zásahu tedy vedla k zřetelnému zvýšení výskytu václavkového ronění.

Vyšší nárůst výskytu václavkového ronění na plochách se zásahem může souviset s mechanickým narušením povrchové vrstvy půd a kořenového systému jako doprovodného jevu při realizaci zásahu a použití techniky v porostech.

Tabulka 35: Vývoj podílu stromů smrku vykazujících známky václavkového ronění na celkovém počtu smrků na všech plochách pěstebního experimentu a v monitorační síti

Období	Bez zásahu, (%)	Se zásahem, (%)	Pěstební experiment celkem, (%)	Monitorační síť celkem, (%)
Oba roky celkem	4.2	7.2	5.5	5.0
2010 (před zásahem)	3.1	3.3	3.2	4.7
2013 (po zásahu)	5.2	13.0	8.2	5.3
Rozdíl 2013-2010	2.2	9.6	5.0	0.5

Vliv zásahu na výskyt ronění u smrku je doložen i statisticky pomocí logistické regrese. Ta při zahájení experimentu potvrzuje identický podíl výskytu ronění v rámci párových ploch ($n=36$) pěstebního experimentu ($p=0.754$, $ROC=0.5$) na základě 1625 hodnocených smrkových vzorníků. Ke konci roku 2013 byl rozdíl mezi nezasahovými a zásahovými plochami ve výskytu ronění průkazný ($p<0.001$, $ROC=0.601$, $n=1379$). Na plochách bez zásahu je šance výskytu ronění 0.367x nižší než na plochách s provedeným zásahem.



Obr. 23: Čerstvé václavkové ronění (vlevo) a silnější starší václavkové ronění (vpravo) na smrku na plochách pěstebního experimentu. Výskyt václavkového ronění patří k významným indikátorům zdravotního stavu smrku a jeho napadení václavkou. K úhynu smrku s roněním však může dojít v průběhu několika let.

5. Jak se na dynamice hynutí projeví asanace hynoucích stromů?

Asanace hynoucích stromů ve středněvěkových porostech s příznaky chřadnutí se v období let 2010-2013 projevila mírným nárůstem podílu nově vzniklých souší a statisticky průkazným vzestupem podílu václavkového ronění.

Vliv asanace hynoucích stromů ve středněvěkových porostech (21-60 let) na průběh hynutí smrku se zřetelně projevil rozdílným vývojem podílu smrku s výskytem václavkového ronění. Na referenčních plochách poklesl podíl smrku s výskytem ronění mezi šetřeními v letech 2010-2013 z 10.7 % na 5.7 %,

zatímco na zásahových plochách vzrostl z 8.8 % na 23.0 % (Tabulka 36). Zatímco v roce 2010 před realizací asanačního zásahu na zásahové ploše byl mezi podílem václavkového ronění na referenční ploše oproti ploše zásahové podle logistické regrese rozdíl neprůkazný ($p=0.568$), v roce 2013 byl již vyšší podíl václavkového ronění na zásahové ploše podle logistické regrese jasně průkazný ($p \leq 0.001$).

Také zde pozorovaný nárůst výskytu václavkového ronění na plochách se zásahem pravděpodobně souvisí s mechanickým narušením povrchové vrstvy půd a kořenového systému jako doprovodného jevu při realizaci zásahu v porostech.

Tabulka 36: Vliv realizovaného asanačního zásahu ve středněvěkových porostech s příznaky chřadnutí (otázka 5) na výskyt václavkového ronění. Data ploch pěstebnímu experimentu 2010, 2013.

Období	Porosty pěstebnímu experimentu, podíl stromů s roněním	
	Bez zásahu, (%)	Se zásahem, (%)
2010	10.7	8.8
2013	5.7	23.0
Rozdíl 2013 – 2010	-5.0	14.2

Na plochách pěstebnímu experimentu ve středněvěkových porostech s příznaky chřadnutí se hodnotil vliv asanace hynoucích stromů na průběh hynutí. Na referenčních plochách vzrostl podíl souší mezi šetřeními v letech 2010-2013 z 20.4 % na 27.3 %, zatímco na zásahových plochách poklesl z 16.3 % na 7.6 % (Tabulka 37). Pokud se však na referenčních plochách ve středněvěkových porostech uvažují v roce 2013 pouze souše, které oproti roku 2010 přibýly, je podíl souší smrku na celkovém počtu smrků na referenčních plochách 6.6 % a na zásahových plochách 7.6 %. Z uvedeného je zřejmé, že asanační zásah podíl souší sice snížil, ale podíl nových souší vzniklých po roce 2010 je na zásahových a referenčních plochách zhruba stejný.

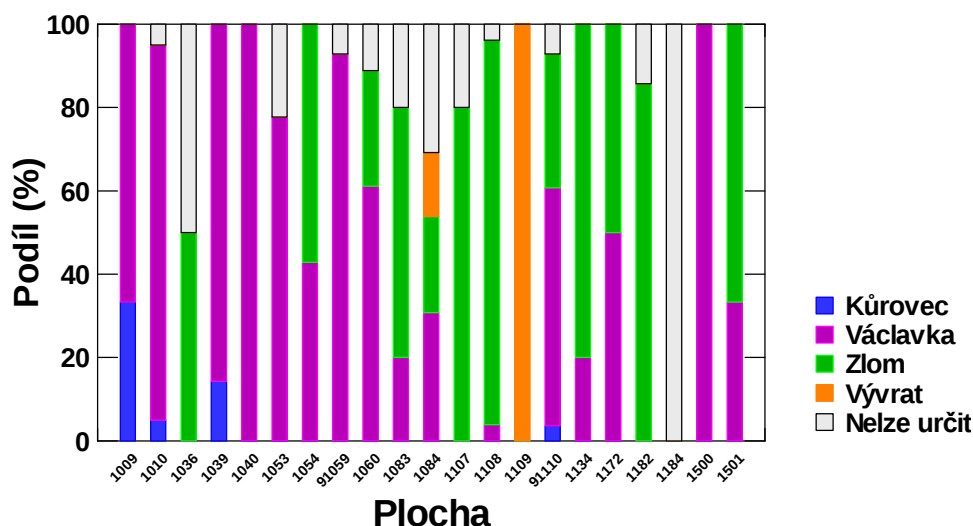
Tabulka 37: Vliv realizovaného asanačního zásahu ve středněvěkových porostech s příznaky chřadnutí (otázka 5) na výskyt smrkových souší. Data ploch pěstebnímu experimentu 2010, 2013

Období	Porosty pěstebnímu experimentu, podíl souší	
	Bez zásahu (%)	Se zásahem (%)
2010	20.4	16.3
2013	27.3	7.6
Rozdíl 2013-2010	+7.1	-8.7

Podíl souší vyjádřený poměrem jejich výčetní plochy k výčetní ploše celkové na plochách pěstebnímu experimentu také narůstá. Průměr na plochu stoupl z 2.8 % v roce 2010 na 6.5 % v roce 2013. Je ale nutno upozornit, že se jedná o plochy se speciálním zásahovým/nezásahovým režimem a počet těchto ploch ($n=28$) je omezený. Pro statisticky průkaznou identifikaci vývoje podílu souší pro celou zájmovou oblast LHC Jablunkov je vhodnější využití údajů monitorační sítě projektu. Změna výskytu souší během let 2010 a 2013 je však obdobná jako na celé monitorační síti.

Václavka jako dominantní příčina vzniku smrkových souší

Co je příčinou vzniku smrkových souší? Podle opakovaného šetření pěstebních ploch v roce 2012 a 2013 byl nejčastější příčinou odumření smrku výskyt václavky (16 ploch) a zlom (12 ploch). Ostatní důvody vzniku souší, tj. vývrát nebo kůrovec, byly identifikovány výjimečně (Obr. 24). Ve srovnání s předchozím rokem 2012 byla patrná progresse václavkového hynutí, která byla v roce 2013 nově identifikována na 6 plochách pěstebního experimentu.



Obr. 24: Příčina odumření stromu u souší vyjádřená jako relativní podíl na celkovém počtu souší identifikovaných v roce 2012 a 2013 na dané pěstební ploše.

Výsledek laboratorního určení druhu václavky ze dvaceti vzorků mycelií odebraných v roce 2012 je poměrně jednoznačný – ve většině případů se jedná o *Armillaria ostoyae* (václavka smrková), pouze v jednom případě byl druh určen jako *Armillaria cepistipes* (václavka cibulkotřenná, synonymum také václavka drobná). Tento výsledek odpovídá známé ekologii a rozšíření václavek v České republice (Doc. Michal Tomšovský – osobní komunikace 2013).

Multikriteriální analýza zdravotního stavu porostů

Úvod

Zdravotní stav porostů obecně je podmíněn řadou faktorů zahrnujících půdní, klimatické a jiné vlivy růstového prostředí, jako např. depoziční zátěž. Posoudit význam a vliv jednotlivých faktorů a parametrů prostředí na zdravotní stav porostů je ambiciózním cílem, a to pro vysokou heterogenitu projevů těchto faktorů a zřejmou provázanost jejich působení. To plně platí i pro zájmovou oblast projektu LASPROBES.

Tento materiál navazuje na úvodní plošnou analýzu stavu lesů v oblasti LHC Jablunkov ve vztahu k nezávislým veličinám, která byla připravena ve čtvrtém roce řešení projektu. Jejím cílem bylo využít postupy multikriteriální analýzy faktorů podmiňujících stav lesů v oblasti LHC Jablunkov k vysvětlení současného zdravotního stavu lesních porostů v oblasti spektrem dostupných měřitelných nezávislých veličin. Ty zahrnují klimatické charakteristiky, depoziční zátěž, vlastnosti půd a lesnickou typologii.

Obecným cílem je zvýšit porozumění o konkrétním působení faktorů prostředí na zdravotní stav lesů jako předpoklad pro vhodná a účinná adaptační opatření lesnického managementu – adaptační strategii.

Materiál a metody

Základem této analýzy jsou metodické postupy nasazené dříve v rámci projektu VaV „Rajonizace lesních půd ČR v závislosti na jejich acidifikaci a nutriční degradaci“ (VaV-640/03/03, Černý et al. 2005). Metodické kroky zahrnují i) přípravu a zpracování vstupních geografických dat, ii) kombinaci geografických datových vrstev, iii) přípravu verifikačních údajů a iv) statistickou analýzu dat.

Metodika přípravy a zpracování vstupních dat GIS

Zpracování geografických dat se v rámci tohoto projektu skládalo z několika kroků:

1. Vybudování geografické databáze
2. Převedení vrstev na společný formát a rozlišení
3. Převedení vrstev na společnou stupnici (reklasifikace vrstev)

1. Vybudování geografické databáze

V první řadě bylo nutno vybudovat geografickou databázi. Řešení projektu se opírá o existující data obsažená v geologických, klimatických a dalších mapách. Mapové podklady byly převzaty jednak z projektu Rajonizace lesních půd ČR v závislosti na jejich acidifikaci a nutriční degradaci (Černý et al. 2005), anebo byly připraveny z aktualizovaných dat.

Data lze podle účelu rozdělit do dvou základních skupin. Na jedné straně jsou to informace o přirozeném potenciálu stanoviště (geologie, srážky, teploty, typologie), a na straně druhé jsou to informace o imisním zatížení, tedy antropogenním stresovém faktoru (depozice síry a dusíku).

Mapové vstupy byly k dispozici ve vektorovém formátu georeferencovaném klasifikovaném rastrovém formátu nebo jako data databáze (MS Excel). Jejich výčet uvádí Tabulka 38.

Tabulka 38: Přehled zdrojových vrstev vstupujících do multikriteriální analýzy

Geografická vrstva	Formát	Zdroj	Datum získání
Geologická mapa	ArcInfo coverage	ČGS	leden 2004
Atmosférická depozice S	Data ve formátu XLS	ČHMÚ	březen 2013
Atmosférická depozice N	Data ve formátu XLS	ČHMÚ	březen 2013
Průměrné roční teploty	ArcInfo grid	ČHMÚ	listopad 2003
Typologická mapa	ESRI shapefile	ÚHUL	platný LHP
Mapa solární radiace	ArcInfo grid	IFER	2013

2. Převedení vrstev na společný formát a rozlišení

Jelikož se primární geografické vrstvy lišily formátem a rozlišením, bylo nutné je všechny převést na společný formát a společné rozlišení. Pro sjednocení formátu všech vstupních vrstev byl použit rastrový model. Vektorové vrstvy byly převedeny na rastr a rastrové vrstvy byly převzorkovány tak, aby polohy středů buněk všech rastrů sdílely stejné souřadnice. Rozlišení rastrů je 100 metrů a umístění středů buněk je v souřadnicích končících číslovkou 50 (např. -610250, -1123550) souřadného systému S-JTSK Křovák.

3. Převedení vrstev na společnou stupnici (škálování)

Po synchronizaci formátů a rozlišení měly vrstvy různé stupnice (kvantitativní či kvalitativní). Bylo tudíž nutné reklasifikovat všechny vstupní vrstvy na stupnici společnou, vyjadřující vztah k vlivu na chřadnutí smrku. Všechny vstupní vrstvy byly proto převedeny na společnou relativní stupnici pomocí nelineární regresní funkce v obecném tvaru

$$y = bottom + \frac{top - bottom}{1 + e^{-slope(x - shift)}} \quad \text{Rovnice 1}$$

kde x je nezávislá proměnná, y je hodnota na reklasifikované stupnici (0 až 1), $bottom$ a top představují spodní a horní limit rozsahu, $slope$ je sklon křivky a $shift$ je posun křivky na ose x . Poslední dvě jmenované veličiny jsou hledanými parametry transformační křivky.

Výše uvedeným postupem byly standardizovány vstupní proměnné pro depozici síry a dusíku, osvit (radiace) a teploty, zatímco v případě geologické mapy a typologické mapy byly standardizované vrstvy přímo převzaty z projektu Rajonizace lesních půd v ČR (Černý et al. 2005). Následuje podrobnější popis vstupních mapových vrstev:

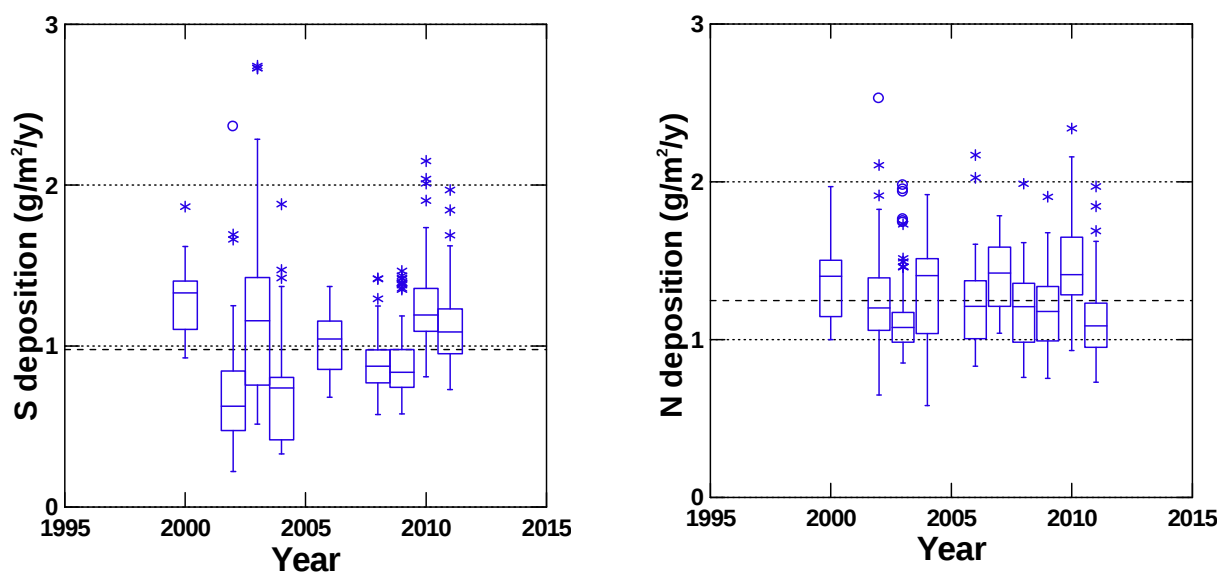
Geologická mapa

Geologická mapa a její klasifikace na stupnici vyjadřující vztah k acidifikaci a nutriční degradaci půd jako predispoziční faktor chřadnutí smrku byla kompletně převzata z projektu Rajonizace lesních půd v ČR (Černý et al. 2005). Klasifikace geologických jednotek byla provedena na základě geochemické reaktivity a alkalinity hornin, což je podmíněno mineralogickým složením hornin. Horniny byly tedy

klasifikovány z hlediska geochemické vhodnosti horninového substrátu pro růst rostlin. Výsledný klasifikovaný rastr zdrojového projektu byl oříznut na zájmové území LHC Jablunkov.

Mapy celkové atmosférické depozice síry a dusíku

Pro řešení projektu byla použita data celkové depozice síry a dusíku ČHMÚ (Iva Hůnová, osobní komunikace 2013, Hůnová et al. 2011, 2014). Zdrojová data byla k dispozici v bodové vrstvě v síti 1x1 km pro celkem 9 let v období od roku 2000. Protože v tomto období nedochází k žádnému signifikantnímu trendu depozic obou polutantů, byl pro další analýzy použit průměr pro každý výchozí bod rastrové sítě za toto období (Obr. 25).



Obr. 25: Depozice síry (vlevo) a dusíku (vpravo) – krabicový graf vstupních dat pro jednotlivé roky období; celková střední hodnota je zvýrazněna přerušovanou čarou.

Následně byla zdrojová bodová vrstva interpolována v prostředí ArcGIS do rastru na společné rozlišení všech vstupních vrstev, které je 100x100 m. K této interpolaci byla použita metoda IDW s parametrem $power=1$.

Pro transformaci údajů depozice síry na stupnici standardizovanou stupnici pro zájmové území LHC Jablunkov byla použita funkce podle Rovnice 1 výše, s parametry $slope=-7.208$ a $shift=0.854$. Obdobně bylo postupováno pro údaje depozice dusíku, které byly transformovány podle Rovnice 1 s parametry $slope=-6.713$ a $shift=0.943$. Výsledná relativní stupnice v obou případech diferencuje zájmové území podle relativní depozice těchto prvků, přičemž pro zdravotní stav smrku je vyšší hodnota více kritická.

Mapa průměrných ročních teplot

Zdrojová data průměrných ročních teplot byla převzata z projektu Rajonizace lesních půd v ČR (Černý et al. 2005). Data byla interpolována do rastru na společné rozlišení všech vstupních vrstev 100x100 m. Následně byla data transformována podle Rovnice 1 pro zvýraznění lokálního gradientu pro zájmové území LHC Jablunkov s parametry $slope=-2.201$ a $shift=6.092$. Také zde je platí, že čím vyšší je průměrná teplota, tím vyšší je riziko zhoršeného zdravotního stavu smrku.

Typologická mapa

Obdobně jako v případě geologické mapy, i v případě klasifikace typologické mapy byl metodický postup převzat z projektu Rajonizaci lesních půd ČR (Černý et al. 2005). Metodickým podkladem klasifikace je dřívější projekt VaV 640/3/99 „Systém komplexního hodnocení půd“ (Macků 1999). Klasifikace půd je založena na hodnocení odolnosti vůči acidifikaci a nutriční degradaci na základě souboru půdních vlastností, zejména výměnné sorpční kapacity a stupně nasycení sorpčního komplexu. Typologická tabulka SLT je následně klasifikována podle pufrální schopnosti a převedena na lineární stupnici, viz Černý et al. (2005). Pro zájmové území byla tato mapa převzata beze změny mimo přeškálování na relativní stupnici 0 až 1.

Mapa solární radiace

Na základě digitálního modelu terénu zájmové oblasti byla v prostředí ESRI ArcGIS pomocí nástroje *Area Solar Radiation* vytvořena mapa solární radiace. Ta zobrazuje množství dopadajícího slunečního záření pro zvolený časový úsek. Výsledný rastr standardizovaných hodnot pro zájmové území tedy indikuje relativní intenzitu radiace, přičemž pro zdravotní stav smrku je rizikovější vyšší radiační expozice, zatímco zástin je považován pro zdravotní stav příznivější.

Kombinace geografických datových vrstev

Multikriteriální analýza je kombinací řady veličin ovlivňujících zdravotní stav smrkových porostů. Plošná analýza pracuje s daty v prostorovém uspořádání. Při prvotní absenci vhodné verifikační veličiny lze optimální kombinaci vrstev vypovídající o „ohrožení smrku“ vytvořit aritmetickým nebo váženým průměrem všech klasifikovaných vrstev. Vážený průměr lze použít v případě, pokud některé vrstvy mají lepší vypovídací schopnost, což lze řešit expertním posouzením významu jednotlivých vrstev. Výsledkem je pak mapa, která zobrazuje rozčlenění zájmového území podle vlivu na chřadnutí smrku.

Celkem bylo připraveno celkem sedm kombinací vrstev – scénářů:

1. Celkem 6 vrstev, každá vrstva má stejnou váhu (Scénář A1)
2. Celkem 5 vrstev, mimo solární radiace, ostatní vrstvy mají stejnou váhu (A2)
3. Celkem 6 vrstev, váha vrstvy geologie poloviční (A3)
4. Celkem 6 vrstev, váha vrstvy solární radiace poloviční (A4)
5. Celkem 6 vrstev, váha vrstvy průměrných ročních teplot poloviční (A5)
6. Celkem 6 vrstev, váha vrstvy typologie poloviční (A6)
7. Celkem 6 vrstev, váha depozice síry a dusíku poloviční (A7)

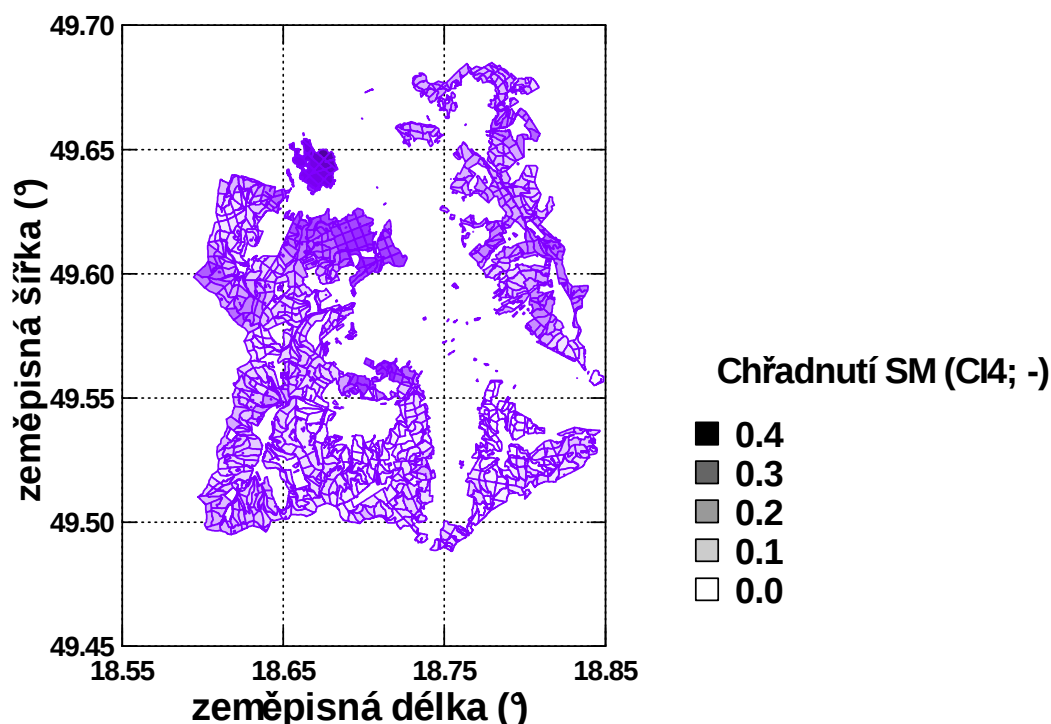
Příprava verifikačních údajů

Mimo subjektivní posouzení vlivu (vah) jednotlivých proměnných vstupujících do finální vrstvy (jak uvedeno výše) lze pro kvantifikaci vlivnosti jednotlivých faktorů využít postupy vícerozměrné regresní analýzy, pokud je k dispozici relevantní nezávislá verifikační proměnná charakterizující zdravotní stav porostů. Pro tuto potřebu byly využity údaje o zdravotním stavu porostů smrku z inventarizačního šetření projektu LASPROBES. Konkrétně byla využita čtyři kritéria hodnocení zdravotního stavu smrkových porostů: i) ronění pryskyřice u živých stromů, ii) redukce přírůstu vrcholových prýtů,

iii) výskyt suchého vrcholu a iv) výskyt souší. Pro posouzení byly tyto faktory na úrovni ploch zprůměrovány a převedeny jako index (CI4) na relativní stupnici 0 až 1. Tyto údaje byly následně interpolovány do rastru o velikosti buňky 100x100 m. K interpolaci byla použita metoda IDW (*Inverse Distance Weighted*). Do interpolace vstupovaly údaje ze třech nejbližších bodů (inventarizačních ploch). Pro statistické zpracování byly pak údaje přepočteny jako střední hodnoty na úrovni ploch polygonů jednotlivých dílců - jednotek rozdělení lesa dle platného LHP v zájmovém území LHC Jablunkov. Tato verifikační proměnná (CI4) je v plošném zobrazení uvedena na Obr. 26.

Vícerozměrná regresní analýza

Pro objektivní statistickou analýzu vlivnosti jednotlivých proměnných a identifikaci jejich optimální kombinace byla využita vícerozměrná regresní analýza. Pro její nasazení byly údaje vstupních i verifikačních dat vyjádřeny identicky jako střední hodnota na úrovni jednotlivých oddělení a dílců na LHC Jablunkov (n=1042).



Obr. 26: Prostorová informace o zdravotním stavu mladých a středněvěkových smrkových porostů na úrovni jednotlivých dílců v oblasti LHC Jablunkov na bázi údajů monitorační sítě šetřených v roce 2013.

Výsledky a závěry

Výstupy multikriteriální analýzy identifikují vazbu nezávislých veličin na zdravotní stav porostů v prostorovém detailu zájmové oblasti LHC Jablunkov. Multikriteriální analýza nezávisle potvrdila význam lokálního chemismu půd, který je společně s teplotním režimem stanoviště zásadním rizikem pro pěstování smrku. To by mělo být zohledněno při identifikaci vhodných či nevhodných stanovišť pro smrkové hospodářství.
Doložený vliv dlouhodobé depozice jako indikátoru narušeného půdního chemizmu acidifikací a eutrofizací (s velmi pravděpodobným doprovodným vlivem těžkých kovů) je klíčovým problémem pro lesnické hospodaření v oblasti. Jeho zásadní řešení však leží mimo resort lesnictví, které má jen limitované možnosti jak depoziční vnos ovlivnit.
Lesnické hospodaření však může dostatečně pružně reagovat na další z významných vlivů pro smrkové hospodářství, čímž je prokazatelně teplotní režim stanoviště (s doprovodným efektem přísušku v letních měsících). Průkazně se zvyšující teplota vegetačního období a nejistota ohledně budoucího vývoje klimatických parametrů vyžaduje, aby lesnická adaptační strategie dostatečně zohlednila ekologickou amplitudu smrku, posunula těžiště jeho uplatnění do vyšších nadmořských výšek a obecně zvýšila porostní stabilitu.
Regionálně byly multikriteriální analýzou identifikovány jako pro smrk nejvíce rizikové revíry Rovina, Nýdek a severní část revíru Písek. Šetřené údaje <i>in-situ</i> to do značné míry potvrzují.
Multikriteriální analýza se principiálně zabývala klimatickými, biogeochemickými a fyziologickými jevy. Nezačlenila proto explicitně efekt jiných, antropogenně přímo podmíněných faktorů ovlivňujících zdravotní stav smrkových porostů v oblasti, jakými jsou mechanické poškození a škody zvěří. Je nutno zdůraznit, že dopad těchto faktorů na ekonomiku smrkového hospodaření může být stejně zásadní, jako vliv narušeného půdního chemismu v oblasti.

Subjektivní kombinace datových vrstev podmiňujících zdravotní stav smrku

V úvodní fázi multikriteriální analýzy pro zájmové území LHC Jablunkov bylo připraveno celkem sedm kombinací (označeny A1 až A7) multikriteriální analýzy založené na subjektivním posouzení vah jednotlivých vstupních veličin (viz výše). Jak je uvedeno v metodice výše, vstupní vrstvy jednotlivých proměnných byly kombinovány buďto stejnou vahou (A1, A2), nebo vždy poloviční vahou jedné z nezávislých proměnných (A3 až A7). Úspěšnost těchto subjektivních kombinací lze posoudit porovnáním s prostorově identicky vyjádřenými indikátory zdravotního stavu smrku. Údaje pro toto posouzení shrnuje Tabulka 39 níže.

Obecně nejúspěšnější subjektivní kombinací nezávislých proměnných je model A2, který má pro všechny relevantní indikátory zdravotního stavu smrku nejvyšší hodnoty korelačního koeficientu (Tabulka 39). Model A2 kombinuje depozici síry, depozici dusíku, geologii, typologii a teplotu identickou vahou, a vylučuje pouze vliv radiace. Tento model je v prostorovém vyjádření uveden na Obr. 27. Tento výstup identifikuje potenciálně nejohroženější nebo nejméně vhodné oblasti pro pěstování smrku v rámci LHC Jablunkov. Je zřejmé, že k nim patří především revíry Rovina, Nýdek, Tyra a severní část revíru Písek.

Tabulka 39: Vazba mezi indikátory zdravotního stavu ze šetření monitorační sítě roku 2013 a nezávislými veličinami ve specifických kombinacích A1 až A7 (viz metodika) je vyjádřena korelačním koeficientem. Silnější vazba je vyjádřena v barevné škále zelenou barvou.

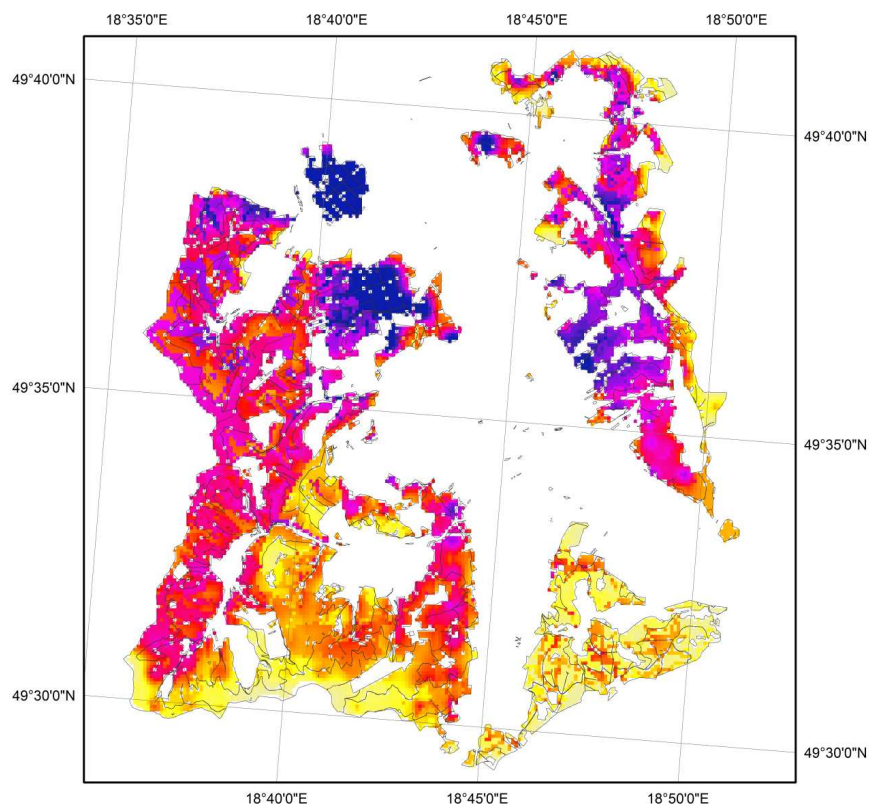
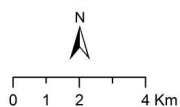
Indikátor	Kombinace mapových vrstev						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Zlomy	-0.07	-0.13	-0.11	-0.10	0.02	-0.09	-0.06
Souše	0.26	0.30	0.30	0.29	0.26	0.27	0.11
Mechanické poškození	0.07	0.10	0.06	0.09	0.05	0.07	0.08
Loupání	-0.03	-0.02	-0.06	-0.03	-0.02	-0.04	0.00
Ronění	0.43	0.49	0.41	0.47	0.35	0.44	0.43
Barevné změny	0.18	0.22	0.20	0.20	0.18	0.18	0.06
Suchý vrchol	0.37	0.40	0.34	0.40	0.31	0.38	0.38
Redukce přírůstu	0.41	0.45	0.36	0.45	0.36	0.41	0.42
Zdravotní stav (CI4)	0.52	0.58	0.50	0.57	0.45	0.53	0.48

LHC Jablunkov



Pět faktorů, stejná váha
(bez solární radiace)

Vliv na chřadnutí smrku



Obr. 27: Kompozit pěti vstupních vrstev determinujících zdravotní stav smrkových porostů s uplatněním identické váhy pro každou z vrstev.

Je evidentní, že existuje velké množství možných kombinací vstupních vrstev pro vyjádření prostorové variability ohrožení smrkových porostů. Zde uvedený mapový výstup A2 (Obr. 27) lze považovat za jistý souhrn empirických znalostí a předpokladů, které vymezují oblasti podle rizika chřadnutí smrku, ale představuje pouze identifikaci nejvhodnějšího modelu ze sedmi testovaných subjektivně zvolených variant A1 až A7. Objektivní posouzení vlivnosti jednotlivých proměnných lze dosáhnout pouze analytickým, tj. statistickým hodnocením vzhledem k vhodné verifikační veličině. Výsledky tohoto kroku uvádí následující sekce výsledků.

Statistické posouzení vlivnosti jednotlivých veličin na zdravotní stav smrku

Pro objektivní, tj. statistickou analýzu vlivu nezávislých veličin podmiňujících zdravotní stav smrku v oblasti byl využit postup vícenásobné regresní analýzy. Její úspěšnost je však zcela podmíněna kvalitou a vypovídací schopností verifikačních údajů – v tomto případě údaje hodnocení zdravotního stavu z monitorační sítě projektu v roce 2013.

V rámci úvodního testování vlivu jednotlivých nezávislých proměnných byla identifikována relativně slabá vazba k intenzitě nahodilé těžby (vyjádřeno objemovou intenzitou nebo frekvencí v posledních letech). Naproti tomu, vazba šetřeného zdravotního stavu středněvěkých porostů se ukázala průkazná a silnější: model kombinující depozici síry, geologii, typologii a teplotu v zájmové oblasti vysvětlil 29 % prostorové variability zdravotního stavu.

Indikační výsledky loňského roku byly do značné míry potvrzeny komplexní analýzou relevantních údajů monitoračního šetření roku 2013.

Vícerozměrná regrese v případě verifikační veličiny $CI4^3$ charakterizující zdravotní stav smrkových porostů na základě venkovního šetření ukázala, že optimální model obsahuje čtyři nezávislé vstupní proměnné: depozice síry, teplotu, typologii a geologii, zatímco radiace a depozice dusíku byly analýzou vyloučeny (depozice dusíku byla postupem automaticky eliminována pro značnou korelaci s depozicí síry). Tento model agregovaný na úrovni jednotlivých dílců na LHC Jablunkov vysvětluje 36 % variability nezávislé proměnné (Obr. 28). Tento výsledek je v rámci řešené problematiky s inherentní heterogenitou vstupních i verifikačních proměnných poměrně průkazný.

Z nezávislých proměnných je přitom vazba typologie nejslabší a na hranici významnosti (viz statistiky modelu na Obr. 28). Redukovaný model zahrnující pouze tři proměnné, tj. teplotu, depozici síry a geologické poměry, je téměř stejně silný a vysvětluje 35 % celkové variability zdravotního stavu (Obr. 29). Tento model tří nezávislých proměnných je také uveden v prostorovém zobrazení na Obr. 30.

Parametrizovaný model tří proměnných (depozice síry, geologie, teplotních poměrů, Obr. 29, Obr. 30) je tedy optimální kombinací dostupných nezávislých proměnných, která dokládá jejich vazbu na zdravotní stav mladých a středněvěkých porostů smrku v zájmové oblasti LHC Jablunkov (Obr. 26).

³ Testovány byly také další kombinace indikátorů zdravotního stavu, kombinující další proměnné. I ty potvrdily volbu čtyř nezávislých proměnných.

Dependent Variable	Zdravotní stav (CI4; %)					
N	1010					
Multiple R	0.598					
Squared Multiple R	0.358					
Adjusted Squared Multiple R	0.355					
Standard Error of Estimate	0.048					

Regression Coefficients $B = (X'X)^{-1}X'Y$

Effect	Coefficient	Standard Error	Std. Coefficient	Tolerance	t	p-Value
CONSTANT	-0.038	0.010	0.000	.	-3.771	0.000
Síra	0.105	0.006	0.481	0.943	18.462	0.000
Geologie	0.083	0.007	0.292	0.946	11.246	0.000
Typologie	-0.049	0.017	-0.075	0.946	-2.879	0.004
Teplota	0.082	0.006	0.371	0.952	14.299	0.000

Analysis of Variance

Source	SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
Regression	1.273	4	0.318	139.960	0.000
Residual	2.286	1005	0.002		

Obr. 28: Vybrané statistické výstupy regresní analýzy pro identifikovaný optimální model čtyř nezávislých proměnných.

Dependent Variable	Zdravotní stav (CI4; %)					
N	1010					
Multiple R	0.594					
Squared Multiple R	0.352					
Adjusted Squared Multiple R	0.351					
Standard Error of Estimate	0.048					

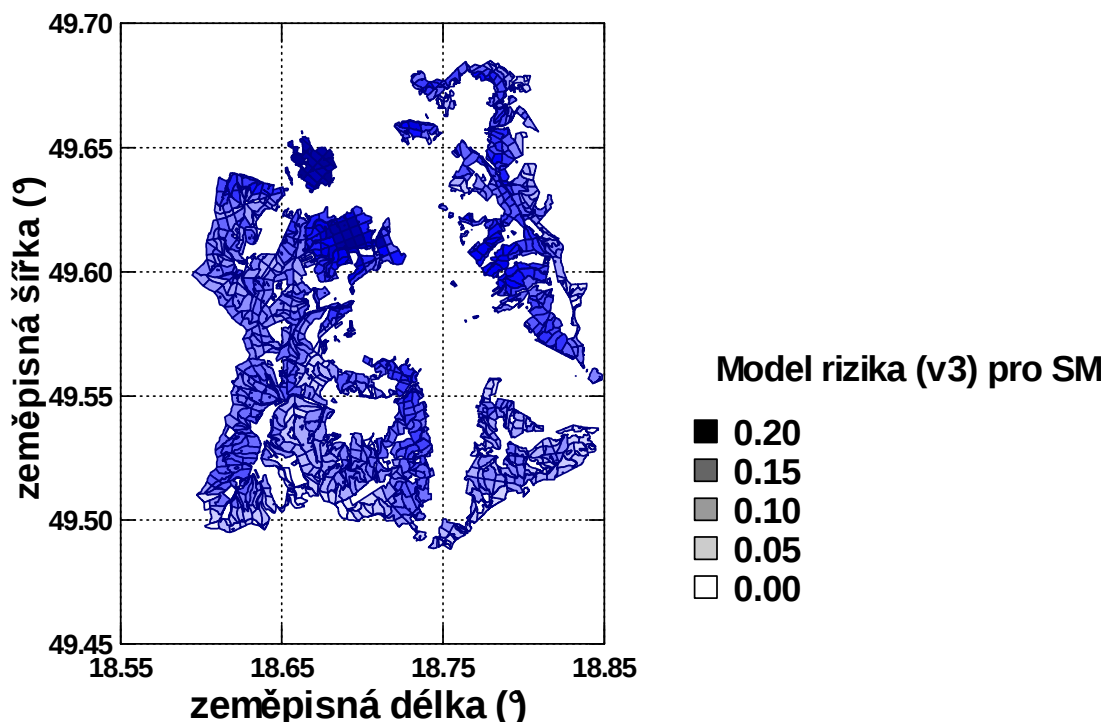
Regression Coefficients $B = (X'X)^{-1}X'Y$

Effect	Coefficient	Standard Error	Std. Coefficient	Tolerance	t	p-Value
CONSTANT	-0.062	0.006	0.000	.	-10.483	0.000
Síra	0.104	0.006	0.475	0.948	18.235	0.000
Geologie	0.079	0.007	0.280	0.974	10.876	0.000
Teplota	0.085	0.006	0.381	0.972	14.824	0.000

Analysis of Variance

Source	SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
Regression	1.255	3	0.418	182.527	0.000
Residual	2.305	1006	0.002		

Obr. 29: Vybrané statistické výstupy regresní analýzy pro identifikovaný optimální model tří nezávislých proměnných (obdobně jako v Obr. 28, ale mimo vliv typologie).



Obr. 30: Prostorový model rizika (v relativním vyjádření) pro zdravotní stav smrku na základě parametrů tří vysvětlujících proměnných modelu v3 (Obr. 29).

Aktuální zdravotní stav porostů je v této analýze určen kompozitním indexem zahrnujícím čtyři indikátory (CI4, Obr. 26). Proto je významné i posouzení vazby jednotlivých indikátorů k výslednému parametrizovanému modelu (varianty modelu v3 a v4 na Obr. 28 a Obr. 29). Ta je vyjádřena pomocí korelační matice, kterou pro všechny relevantní proměnné shrnuje Tabulka 40. Je zřejmé, že nejméně významnou vazbu má výskyt souší, který je v oblasti značně regulován sanačními zásahy. Nejvýznamnější z indikátorů se jeví výskyt václavkového ronění. Zároveň je doloženo, že kombinace indikátorů (CI4) je průkaznější proměnnou než kterýkoliv ze samostatných projevů zdravotního stavu smrkových porostů.

Tabulka 40: Korelační matice jednotlivých proměnných, kompozitního indikátoru zdravotního stavu smrku CI4 vs. identifikovaný prostorový model tří (3v) nebo čtyř (4v) nezávislých pro zájmovou oblast LHC Jablunkov

	Souše	Ronění	Suchý vrchol	Reduk. přírůst	Zdrav. stav (CI4)	Model (3v)	Model (4v)
Souše	1						
Ronění	0.187	1					
Suchý vrchol	0.189	0.246	1				
Red. přírůst	0.110	0.628	0.586	1			
Zdrav. stav (CI4)	0.484	0.766	0.685	0.863	1		
Model (3v)	0.223	0.536	0.442	0.468	0.594	1	
Model (4v)	0.238	0.542	0.446	0.46	0.598	0.993	1

Výstup multikriteriální analýzy lze interpretovat následovně:

- 1) Riziko chřadnutí smrku průkazně roste s depozicí síry a s průměrnou teplotou lokality, a je podmíněno specifikou geologického podloží stanoviště.
- 2) Depoziční charakteristiky jsou nejprůkaznějšími nezávislými indikátory zdravotního stavu smrku v oblasti. Obě depoziční proměnné, tj. síra a dusík, jsou významné určující veličiny, ale vzhledem k jejich podobnému plošnému projevu⁴, je pro konstrukci modelu vybrána pouze jedna z nich, a to síra. Zároveň se depozice síry ukázala jako relativně lepší indikátor rizika zdravotního stavu smrku než depozice dusíku. Depozice síry (a dusíku) je indikátorem lokální dlouhodobé depoziční zátěže a obecně narušený půdní chemismus je jednou z určujících veličin determinujících zdravotní stav smrkových porostů v zájmové oblasti. To dokládají rovněž údaje o půdním chemismu uvedené v rámci studie fyziologického experimentu projektu.
- 3) Teplotní poměry jsou další významnou veličinou průkazně ovlivňující zdravotní stav smrkových porostů v zájmové oblasti. Tato analýza tedy potvrzuje známé riziko pěstování smrku výrazně mimo jeho optimum v rámci lesní vegetační stupňovitosti a navazuje na doložené poznatky o mikroklimatu v rámci studie fyziologického experimentu projektu.

⁴ Ve statistice je nutno zohlednit problém tzv. kolinearity – příliš silné vazby mezi nezávislými proměnnými. To je v rámci této analýzy případ depozičních proměnných dusíku a síry. Moderní analytické nástroje tuto vazbu při hledání optimálního modelu vícenásobné regrese automaticky zohledňují.

Shrnutí výsledků podkladových studií projektu

V následujícím shrnutí jsou zvlášť uváděny výsledky podkladových studií, které byly řešeny v průběhu trvání projektu. Obsahují vlastní výsledky řešitelského týmu a znamenají zásadní východiska pro formulaci adaptační strategie.

V samostatné subkapitole jsou uvedeny výsledky dalších podpůrných analýz a východisek projektu (literární rešerše, ekonomická studie, analýza těžebních možností atd.) zpracovaných v předchozích letech. Z hlediska formulování adaptační strategie měly tyto analýzy spíše doplňkovou roli.

Závěry z podkladových studií

Fyziologický experiment a mikroklimatická měření

1. Fyziologický experiment projektu LASPROBES přinesl řadu konkrétních údajů o lokálním mikroklimatu, průběhu půdní vlhkosti a odezvě stromů a porostů ve formě měřeného kmenového přírůstu a aktuální transpiraci stromů a porostů. To bylo doplněno šetřením chemických vlastností půd. Experiment byl založen na kontinuálním měření mikroklimatických a fyziologických veličin na čtyřech plochách. Ty byly umístěny ve dvou lokalitách zájmové oblasti, doplněné o dvě další lokality pěstebního experimentu.
2. Meteorologické údaje byly vztaženy na dlouhodobé řady stanic ČHMÚ, což umožnilo analýzu mikroklimatu v období od roku 1950 a porovnání aktuálních údajů s dlouhodobým vývojem. Z tohoto srovnání vyplývá, že aktuální teplota vegetační sezóny byla v průměru o 1.4 °C vyšší, než v období let 1961-1990. Rok 2012 byl jeden ze dvou nejteplejších (spolu s rokem 2003) od roku 1950. Pro oblast je doložen výrazný trend růstu teplot vegetačního období za poslední tři desetiletí.
3. Z hlediska srážek nelze pozorovat žádný trend – dvě z měřených sezón byly srážkově nadprůměrné (2010, 2011), další dvě srážkově podprůměrné (2012, 2013). Během trvání projektu však byly zaznamenány historicky nejvyšší srážky od roku 1950 (r. 2010, úhrn za vegetační sezónu duben-září činil 1293 mm). Meziroční variabilita (extremita) srážek v dlouhodobém měřítku prokazatelně roste. To také znamená, že při neměnném srážkovém úhrnu klesá reálná využitelnost srážek biotou.
4. Vláhová bilance a fyziologická měření doložila periodu příušku během druhé poloviny růstové periody let 2011, 2012 a 2013, s čímž korespondovala i růstová dynamika stromů během této sezóny. Redukce transpiračního proudu byla významná především v letech 2012 a 2013. Aktuální redukce příjmu vody (transpirace) u smrku zhruba odpovídala srážkovým a půdně-vlhkostním poměrům (vláhovému deficitu), ale částečně se projevil jiný mechanismus velmi pravděpodobně související se stavem kořenového systému v prostředí půd s narušeným půdním chemismem a silným obsahem hliníku. Další fyziologický rozbor této problematiky však přesahuje rámec tohoto projektu. Vláhový deficit je však výrazný a projevil se také redukcí přírůstu.
5. Z hlediska půdního chemismu je zřejmé, že půdy v zájmové oblasti jsou nadále silně ovlivněny acidifikací a nutriční degradací. Je doložen výskyt těžkých kovů, přetrvávající kyselost a velmi nízký obsah živin a vysoké koncentrace hliníku (Fiala 2013, půdní rozbor v rámci tohoto projektu). Celkově je stav půdního prostředí zájmové oblasti LHC Jablunkov i

v celorepublikovém kontextu problematický a současný chemismus půd se podílí na zhoršeném zdravotním stavu porostů v zájmové oblasti.

6. Program fyziologického šetření přinesl některé další cenné informace, které nebylo možno plně zpracovat do této zprávy, ale předpokládá se jejich zhodnocení formou vědeckých publikací. Ačkoliv byl základní fyziologický program měření projektu LASPROBES ke konci roku 2013 ukončen, řešitelský kolektiv v oblasti udržuje omezený program měření přírůstu automatickými a manuálními dendrometry, půdní vlhkosti a lokální meteorologie. Tento redukovaný program může být v případě zájmu ze strany zadavatele využit jako podkladové šetření pro dlouhodobý monitoring zdravotního stavu v oblasti LHC Jablunkov.

Pěstební experiment

1. V zájmové oblasti LHC Jablunkov byl v roce 2010 založen pěstební experiment k ověření sady otázek relevantních pro lesnický provoz. Pěstební experiment byl zakládán s tím, že bude sledován dlouhodobě a přesáhne vlastní dobu trvání projektu LASPROBES.
2. Doba trvání pěstebního experimentu (prakticky 3 sezóny) umožnila v závislosti na uplatněném managementu vznik a rozvinutí některých příznaků hynutí smrku. Tato doba však nebyla dostatečně dlouhá na to, aby se rozdílný management mohl zřetelně projevit.
3. Výsledky naznačují, že realizace výchovného, resp. asanačního zásahu se může projevit rozvojem příznaků václavkového hynutí. Zásahový management se na zhoršení zdravotního stavu smrku nejzřetelněji projevil vzestupem podílu václavkového ronění, ten byl statisticky průkazný v I. a zejména ve II. věkové třídě. Ve středněvěkových porostech III. věkové třídy se výchovný (resp. asanační) zásah průkazně zvýšeným výskytem ronění již neprojevil.
4. Napadení václavkou se rovněž ukázalo jako převažující příčina vzniku smrkových souší. Jedná se téměř výhradně o václavku smrkovou (*Armillaria ostoyae*). Druhou nejvýznamnější příčinou mortality smrku jsou zlomy. Výskyt zlomů s věkem narůstá. Ostatní příčiny vzniku smrkových souší byly podle šetření v období 2011-2013 minoritní. Některé indikátory zdravotního stavu smrku se v průběhu trvání pěstebního experimentu vyskytly pouze v nízkých počtech neumožňujících další statistickou stratifikaci či klasifikaci.
5. Vyhodnocení výsledků pěstebního experimentu vzhledem k základním otázkám, které byly formulovány při jeho založení v rámci projektu LASPROBES, přineslo pro adaptační management následující odpovědi:
 1. **Jsou u obnovy rozdíly v hynutí smrku mezi umělou a přirozenou obnovou?** Mortalita umělé obnovy smrku v mladých porostech (do 20 let) je vyšší než mortalita obnovy přirozené. Výsledek nevypovídá o příčině mortality.
 2. **Liší se průběh hynutí smrku u nesmíšených a smíšených porostů?**
V polohách nad 600 m zdravotní stav smrku nezávisí na jeho porostním zastoupení. V nižších polohách (do 600 m) a imisně exponovaných polohách (revír Rovina) je intenzita hynutí smrku v porostech smíšených vyšší než v porostech nesmíšených.
 3. **Jak se projeví na průběhu hynutí výchovný zásah na podporu tvorby korun v mladých porostech?**
Podíl smrkových souší v porostech do 20 let je nízký. Poněkud příznivější stav zásahových ploch z hlediska výskytu souší je do značné míry ovlivněn uplatněným zdravotním výběrem poškozených a chřadnoucích smrků. Realizace silného zásahu na podporu tvorby korun v mladých porostech nevedla na plochách pěstebního experimentu ke

zvýšení intenzity hynutí, ale projevilo se statisticky slabě průkazným vzestupem podílu václavkového ronění.

4. Jak se na průběhu hynutí projeví úmyslný výchovný zásah ve středněvěkových porostech?

Úmyslný výchovný zásah se ve středněvěkových porostech v období let 2010-2013 neprojevil nárůstem podílu nově vzniklých souší, projevil se však statisticky průkazným vzestupem václavkového ronění.

5. Jak se na dynamice hynutí projeví asanace hynoucích stromů?

Asanace hynoucích stromů ve středněvěkových porostech s příznaky chřadnutí se v období let 2010-2013 projevila mírným nárůstem podílu nově vzniklých souší a statisticky průkazným vzestupem podílu václavkového ronění.

Plošný monitoring zdravotního stavu porostů do 60 let věku

1. V rámci řešení projektu LASPROBES byla připravena nová monitorační síť specificky zaměřená na porosty mladé a porosty středního věku, které mají pro lesnickou praxi a řešení problematiky zhoršování zdravotního stavu smrkových porostů zásadní význam. Síť pokrývá celou zájmovou oblast LHC Jablunkov. Na monitorační síti proběhlo inventarizační šetření na počátku vegetační sezóny 2010 a opakované šetření v závěru vegetační sezóny 2013.
2. Z výsledků monitoračního šetření v letech 2010-2013 vyplývá, že smrk v mladých a středněvěkových porostech na LHC Jablunkov má v porovnání se situací celorepublikovou zhoršený zdravotní stav. Trend zdravotního stavu smrku mezi šetřeními v letech 2010 a 2013 je určován zejména průkazným nárůstem podílu souší a stromů s charakteristickým václavkovým roněním, a to především v porostech II. věkové třídy. Celkově však zhoršení zdravotního stavu mezi lety 2010 a 2013 zůstává na hranici statistické průkaznosti.
3. Zhoršený zdravotní stav je indikován především pro středněvěké porosty. Statisticky průkazný je v nich nárůst podílu souší, ke kterému dochází navzdory vysoké intenzitě asanačního managementu. Vysoké riziko václavkového hynutí je ve smrkových porostech III. věkové třídy (41-60 let), v nichž se vyskytují všechny indikátory václavkového hynutí v nadprůměrném podílu. Rozhodující příčinou vzniku souší byl výskyt václavky smrkové, následovaný zlomy.
4. Nejvíce zhoršený zdravotní stav smrku se zjistil na revíru Nýdek, následují revíry Rovina, Tyra a Horní Lomná.
5. Zdravotní stav smrku negativně ovlivňuje poškození mladých i středněvěkových smrkových porostů loupáním a ohryzem a rovněž mechanickým poškozením kmenů. Zjištěný stav je závažný. Důsledky se negativně projeví na stabilitě porostů a na kvalitě a zpeněžitelnosti výtěže.
6. Navzdory prokazatelně zhoršeným půdním podmínkám a příznakům hynutí smrk v mladých a středněvěkových porostech velmi dobře přirůstá.
7. V porostech do 20 let je vyšší zastoupení listnáčů (včetně sukcesních dřevin) na úkor smrku, než v porostech středněvěkých. To vypovídá o probíhající změně dřevinné skladby. Tento trend je v souladu s republikovými údaji.

Multikriteriální analýza zdravotního stavu lesa

1. Výstupy multikriteriální analýzy identifikují vazbu nezávislých veličin na zdravotní stav porostů v prostorovém detailu zájmové oblasti LHC Jablunkov. Multikriteriální analýza nezávisle potvrdila význam lokálního chemismu půd, který je společně s teplotním režimem stanoviště zásadním rizikem pro pěstování smrku. To by mělo být zohledněno při identifikaci vhodných či nevhodných stanovišť pro smrkové hospodářství.
2. Doložený vliv dlouhodobé depozice jako indikátoru narušeného půdního chemizmu acidifikací a eutrofizací (s velmi pravděpodobným doprovodným vlivem těžkých kovů) je klíčovým problémem pro lesnické hospodaření v oblasti. Jeho zásadní řešení však leží mimo resort lesnictví, které má jen limitované možnosti jak depoziční vnos ovlivnit. Může však reagovat adaptačními opatřeními.
3. Lesnické hospodaření však může dostatečně pružně reagovat na další z významných vlivů pro smrkové hospodářství, čímž je prokazatelně teplotní režim stanoviště (s doprovodným efektem přísušku v letních měsících). Trend růstu teplot vegetačního období za poslední tři desetiletí a nejistota ohledně budoucího vývoje klimatických parametrů vyžaduje, aby lesnická adaptační strategie dostatečně zohlednila ekologickou amplitudu smrku, posunula těžiště jeho uplatnění do vyšších nadmořských výšek a obecně zvýšila porostní stabilitu a druhovou diverzitu.
4. Regionálně byly multikriteriální analýzou identifikovány jako pro smrk nejvíce rizikové revíry Rovina, Nýdek a severní část revíru Písek. Údaje šetření *in situ* to do značné míry potvrzují.
5. Multikriteriální analýza se principiálně zabývala klimatickými, biogeochemickými a fyziologickými jevy. Nezačlenila proto explicitně efekt jiných, antropogenně přímo podmíněných faktorů ovlivňujících zdravotní stav smrkových porostů v oblasti, jakými jsou mechanické poškození a škody zvěří. Je nutno zdůraznit, že dopad těchto faktorů na ekonomiku smrkového hospodaření může být stejně zásadní, jako vliv narušeného půdního chemismu v oblasti.

Shrnutí dalších relevantních výsledků projektů

Závěry aktualizované rešerše literatury

Klima, imise

- Trend rostoucí teploty a nerovnoměrné rozdělení srážkových úhrnů jsou klíčové abiotické faktory růstového prostředí v zájmové oblasti, které podmiňují zdravotní stav smrku v oblasti (např.: Klimo a Kulhavý 1997, Čermák *et al.* 2009, Hadaš 2009, Janouš *et al.* 2003, 2009, Slodičák a Šrámek 2009, Pretel 2010). Rostoucí teplota zvyšuje evaporační požadavky prostředí, což je zejména pro smrkové hospodářství vážným rizikem, a to především v nižších polohách.
- Aktuální srážkové poměry během vegetační sezóny mohou rizika pro zdravotní stav smrku až extrémně zvýšit (jako např. v roce 2003), ale i snížit (rok 2009, 2010).
- Půdní prostředí je dlouhodobě ovlivněno depozicí acidifikačních a nitrifikačních látek a s velkou pravděpodobností podmiňuje zhoršený zdravotní stav porostů a jejich odolnost vůči výkyvům abiotických parametrů prostředí (např. Černý *et al.* 2001, Fiala *et al.* 2005). Na druhé straně, depozice již nedosahuje kritických hodnot a zájmová oblast se v tomto ohledu

zásadně neliší od jiných oblastí v republice poblíž průmyslových aglomerací (Hruška *et al.* 1999, 2009, Hruška a Cienciala 2005, Šrámek *et al.* 2005, 2009). V blízkém výhledu je nutno věnovat pozornost pokračující eutrofizaci lesa dusíkem, která je díky vlastnostem olistění dřevin nejvýraznější u smrkových porostů (Fiala *et al.* 2005, 2013).

- Lesní půdy Jablunkovska jsou značně kontaminovány imisemi těžkých kovů. Oproti jiným oblastem republiky jsou výrazně zvýšeny zejména obsahy kadmia a zinku, nad republikovým průměrem jsou rovněž obsahy mědi a olova (Fiala *et al.* 2005, 2013).

Půdní chemismus

- Oblast LS Jablunkov je zcela zřejmě oblastí silně narušenou z hlediska dlouhodobé acidifikace a nutriční degradace lesních půd. S výjimkou fosforu však nelze pro tuto oblast zaznamenat zhoršující se trend dalších půdních parametrů, včetně půdní kyselosti. (Např.: Klimo a Kulhavý 1994, 1997, Holuša 1995, Borůvka *et al.* 2006, 2008, Fiala *et al.* 2006, Šrámek *et al.* 2009)
- Živiny, a to především hořčík a vápník, jsou deficitní především v minerálním horizontu (např. Janouš *et al.* 2009), Zásoba živin v organickém horizontu je nízká až kritická.
- Nevývážená výživa, přítomnost rizikových prvků, vysoká acidita a uvolňování toxických forem hliníku evidentně přispívají k zhoršenému zdravotnímu stavu porostů (Hruška *et al.* 1999, Borůvka *et al.* 2007, 2008, Batista 2011).
- Vliv dřevinného složení porostu na půdní chemismus byl potvrzen, ale v lokálně specifických podmínkách může být utlumen (silnější depozicí apod.). (Např. Lochman 1986, Lochman *et al.* 1996, Podrázský *et al.* 2003, Podrázský a Ulbrichová 2004, Borůvka *et al.* 2008)
- O aplikaci plošné chemické meliorace a souvisejících dopadech na prostředí nepanuje shoda. Argumentace připomínají obdobné diskuze vhodnosti plošné chemické meliorace porostů, které byly vedeny dříve v souvislosti s řešením projektů zaměřených na problematiku oblast Jizerských hor (Vavříček 2001, Rusek 2001, Hruška a Cienciala 2005, Slodičák *ed.* 2005, Drápelová a Kulhavý 2008, Kula 2009).
- Vzhledem k významu půdních poměrů na stav lesa je nutno problematiku průběžně sledovat, a to především na plochách s případnou chemickou meliorací půdního prostředí.

Zdravotní stav lesa

- Dlouhodobý zdravotní stavu smrkových porostů podle stupně defoliace obecně pro oblast Beskyd a Moravskoslezského kraje nemá zhoršující se trend. (Černý *et al.* 2001, 2002, Šrámek *et al.* 2008) V lokálním měřítku jednotlivých lesních správ a revírů se však defoliace může značně lišit, což platí i pro severní oblast LS Jablunkov.
- Hodnocení defoliace obecně není schopno dostatečně rychle zachytit symptomy lokálního radikálního zhoršování zdravotního stavu, jak je pozorováno na LS Jablunkov. Defoliace je pouze doprovodným jevem a jako indikační charakteristika je nedostatečná, a to zvláště pro mladší porosty.

Ostatní faktory

- Chřadnutí smrku na Jablunkovsku má multifaktoriální charakter. Podílí se na něm:
i) alochtonnost zdejších smrkových porostů zejména na živných stanovištích nižších poloh,
ii) klimatické změny - zejména periody přísušků, na které je mělce kořenící smrk citlivý,
iii) acidifikace a nutriční degradace půd a kontaminace půd těžkými kovy, posilující tendenci k mělkému prokořenění a zvyšující citlivost smrku k přísuškům, iv) mechanické poškození

kmenů smrku s následnými sekundárními hnilobami. (Např. Holuša 2004, Mauer a Palátová 2009, Šrámek *et al.* 2009)

- Snížená vitalita smrku vede k výrazné aktivizaci biotických škodlivých činitelů, vedoucí až k postupnému odumírání lesa. Zásadní je působení václavky, která u smrku přechází do akutní formy onemocnění, způsobující odumírání kambiálních pletiv a rychlé usychání, na oslabených smrkových porostech je rovněž zvýšené riziko přemnožení zejména lýkožrouta smrkového a lýkožrouta severského (např. Cudlín *et al.* 2009, Půlpán 2009, Šrámek *et al.* 2009).

Doporučení pro výchovu a obnovu porostů

- Literární zdroje se obecně shodují v tom, že výchovu smrkových porostů je nezbytné diferencovat zejména podle jejich zdravotního stavu a zaměřit ji na zvýšení stability porostů, zrychlení koloběhu živin a podporu přímíšených dřevin. V detailních postupech výchovy se již doporučení jednotlivých autorů liší. (např. Cudlín *et al.* 2009, Tesař 1978, Slodičák 1990, Šrámek *et al.* 2008, Slodičák a Šrámek 2009)
- Zcela nezbytná je zásadní změna druhové skladby současných smrkových porostů na porosty smíšené s převahou listnatých dřevin. Smrk by měl být z cílové druhové skladby vyloučen ve 3. a 4. LVS (s výjimkou smrku pocházejícího z nadějně přirozené obnovy - v podílu do 10 %), v 5. LVS se doporučuje udržet podíl smrku v rozmezí 10 - 20 %, v 6. LVS do 30 % a na oglejených stanovištích vyšších poloh (CHS 57) do 40 %. Redukce smrku se doporučuje i na kyselých stanovištích (CHS 53). Snížený podíl smrku by měl být nahrazen produkčně zajímavými dřevinami s melioračními účinky. (Např. Cudlín *et al.* 2009, Holuša *et al.* 2009, Čermák a Holuša 2012)
- Z listnáčů se jako náhrada za snížený podíl smrku doporučuje (diferencovaně podle stanovištních podmínek) třešeň ptačí, jasan ztepilý, osika, klen, ale i jilm drsný, lípy, habr obecný, břízy, případně jíva. Jednotný názor však není na další zvyšování podílu buku lesního. (Např. Cudlín *et al.* 2009, Holuša *et al.* 2009, Slodičák a Šrámek 2009)
- Z jehličnanů se jednoznačně doporučuje zvýšení podílu jedle bělokoré (dle podmínek až na 10 – 30 %), na vhodných stanovištích se doporučuje i zvýšení podílu borovice lesní (Např. Cudlín *et al.* 2009). Z introdukovaných jehličnatých dřevin je jednoznačně doporučována příměs modřínu opadavého (do 10 %), některými autory i douglasky tisolisté (např. Slodičák a Šrámek 2009, Půlpán 2014). U introdukovaných dřevin je nutno mít na zřeteli, že jejich zavádění je omezeno na území mimo CHKO.
- U chřadnoucích smrkových porostů se s přihlédnutím ke zdravotnímu stavu porostů doporučuje zkrácení obmýtí, popřípadě prodloužení obnovní doby, resp. obojí tak, aby porosty před jejich rozpadem bylo při obnově možno využít ke zvýšení diverzity následného porostu (např. Slodičák a Šrámek 2009).

Vyhodnocení lesnického hospodaření podle údajů LHE/LHP na LHC Jablunkov

1. Lesnické hospodaření na LHC Jablunkov bylo v letech 2005 až 2011 určováno převážně vysokým podílem nahodilých těžeb⁵. V letech 2006 až 2010 výrazně převýšily a v letech 2007 a 2008 téměř eliminovaly uplatnění těžeb úmyslných. Na počátku sledovaného období dominuje nahodilá těžba způsobená živelnými faktory, následovaná nahodilou těžbou kůrovcovou, která se rozvinula v letech 2007 a 2008. Postupně roste význam ostatních nahodilých těžeb, způsobovaných převážně václavkovým hynutím.
2. Ačkoliv se situace v nejvíce ohrožených revírech v posledních letech stabilizovala, zdravotní stav smrkových porostů a z něj vyplývající podíl nahodilých těžeb zůstávají omezujícím faktorem pro cílené lesnické hospodaření. Stále platí, že kůrovcovými a ostatními nahodilými těžbami jsou zasaženy nejvíce revíry s jižní expozicí (Nýdek, Písek) a nízko položené (Rovina). Chladnější severní expozice (Tyra) a vyšší polohy (Horní Lomná) jsou naopak postiženy relativně méně.
3. Na hynutí smrku reaguje druhové složení obnovy, ve které se dominantně uplatňuje buk. Je však evidentní, že bude nutno výrazněji podpořit uplatnění jedle a ostatních nesmrkových příměsí (včetně sukcesních dřevin). S tím souvisí důsledný management udržující únosné stavy spárkaté zvěře.

Výhled těžebních možností, hospodaření

1. Cílem uplatnění adaptačních opatření ve scénáři s intenzivní změnou dřevinné skladby (S4) je především zpomalit postup hynutí smrku a stabilizovat lesní porosty zejména změnou druhové skladby, dosáhnout postupné revitalizace narušených lesních půd biologickou cestou, zachovat genofond adaptovaných ekotypů původních hlavních dřevin, to vše při minimalizaci produkčních ztrát.
2. Z ekonomického porovnání scénářů současného hospodaření (S1) a scénáře S4 vyplývá, že výše těžby celkové bude v obou scénářích až do roku 2060 klesat (ve scénáři S1 na 72 % oproti roku 2020). Ve scénáři S4 bude tento propad o zhruba 4 % větší. Po roce 2060 se začne objem těžby celkové opět zvyšovat. Pokles těžeb v obou scénářích je především důsledkem nevyrovnané věkové struktury současných porostů. Lze předpokládat, že větší propad celkové těžby do roku 2060 bude v ekonomické oblasti postupně vyrovnán vyšší bezpečností produkce, a to zejména v mladých porostech vzniklých po roce 2020.
3. Zvyšuje se podíl těžeb předmýtních na úkor těžeb mýtních. Tato skutečnost se nepříznivě promítne do sortimentní skladby výtěže.
4. Významně vzroste zastoupení jedle, buku a dalších listnáčů na úkor smrku. To se projeví nárůstem výkonů pěstební činnosti. Nepříznivý ekonomický dopad lze v tomto případě zmírnit snížením stavu spárkaté zvěře.

⁵ Aktualizované informace LHE do roku 2013 potvrzují, že podíl nahodilých těžeb znovu překročil 50 %.

Ekonomické posouzení

1. Ekonomické posouzení možných scénářů lesnického hospodaření porovnává dva kontrastní scénáře z více možných. Srovnává základní scénář (S1) představující pokračování současného hospodaření podle základních hospodářských doporučení LHP s kombinovaným transformačním scénářem (S4), uplatňujícím adaptační lesnickou strategii reagující na současné hynutí a rozpad smrkových porostů. Do základního scénáře S1 není zahrnuta prognóza vývoje nahodilých těžeb v důsledku hynutí smrku (pro obtížnou předvídatelnost). Cílem uplatnění adaptačních opatření ve scénáři S4 je především zpomalit postup hynutí smrku a stabilizovat lesní porosty zejména změnou druhové skladby, dosáhnout postupné revitalizace narušených lesních půd biologickou cestou, zachovat genofond adaptovaných ekotypů původních hlavních dřevin, to vše při minimalizaci produkčních ztrát.
2. Z ekonomického porovnání scénářů vyplývá, že výše těžby celkové bude v obou scénářích až do roku 2060 klesat. Při rychlém průběhu hynutí smrku může být propad těžby celkové v základním scénáři S1 větší než ve scénáři S4 uplatňujícím adaptační opatření. Lze předpokládat, že větší propad celkové těžby do roku 2060 podle scénáře S4 uplatňujícího adaptační strategii bude v ekonomické oblasti postupně vyrovnán vyšší bezpečností produkce, a to zejména v mladých porostech vzniklých po roce 2020. Po roce 2060 se začne objem těžby celkové opět zvyšovat. Součástí modelu a ekonomického posouzení není produkční efekt plynoucí z postupné revitalizace půd při uplatnění adaptačního managementu. Ten se uplatní rovněž ve prospěch scénáře S4.
3. V důsledku současné nevyrovnané věkové skladby porostů se v obou scénářích zvyšuje podíl těžeb v předmýtních (o 4 až 8 %) na úkor těžeb mýtních. Tato skutečnost se nepříznivě promítne do sortimentní skladby výtěže.
4. V důsledku uplatňování adaptační strategie podle scénáře S4 vzroste významně v obnovním cíli zastoupení jedle, buku a dalších listnáčů na úkor smrku. To se projeví v nárůstu objemu výkonů pěstební činnosti oproti scénáři základnímu (S1). V roce 2020 to představuje nárůst ve srovnatelné ploše pěstebních výkonů o 9 %, v roce 2040 o 13 %. Úprava druhové skladby je však nezbytným vkladem do ozdravení a stabilizace lesních porostů v oblasti. Bez tohoto opatření je dlouhodobá udržitelnost hospodaření a s tím souvisejících ekonomických výsledků nepravděpodobná. Významnou nákladovou položkou související se změnou druhové skladby jsou výkony ochrany kultur a mladých porostů před škodami působenými spárkatou zvěří, především ochrana jedle a listnáčů. Nepříznivý ekonomický dopad lze v tomto případě zmírnit snížením stavu spárkaté zvěře.
5. Monetární porovnání obou scénářů poukazuje na skutečnost, že dlouhodobé zvýšení bezpečnosti produkce změnou způsobu hospodaření může vést ke snížení zisku z lesnického hospodaření. To v hodnocených deceniích činí zhruba 6 až 7 %.
6. Přestože scénář uplatňující adaptační strategii vychází jako celek oproti základnímu scénáři ekonomicky náročnější (což se předpokládalo), lze očekávat, že ekonomický vklad do uplatněných adaptačních opatření se v průběhu produkčního cyklu generace lesa vzniklé po jejich uplatnění vrátí ve zvýšené stabilitě lesa a vyšší bezpečnosti produkce, ale i ve spolehlivějším plnění ostatních funkcí lesa. Bonusem může být produkční efekt plynoucí ze zlepšení stavů půd.

Adaptační strategie

Úvod

Projekt Lesnická adaptační strategie pro Beskydy (LASPROBES) se zabývá návrhem mitigačních a adaptačních opatření reagujících na aktuální problematiku hynutí smrku v zájmové oblasti LHC Jablunkov. Předkládaná adaptační strategie se opírá především o vlastní šetření a analýzy. Adaptační strategie řeší čtyři hlavní cíle, pro které předkládá prostředky k jejich dosažení. Uvádí obecné zásady vhodného adaptačního managementu. Ty rozpracovává do konkrétních základních opatření lesnického managementu diferencovaného pro 17 smrkových hospodářských souborů.

Východiska – poznatky z řešení projektu LASPROBES

Poznatky projektu LASPROBES o i) současném stavu porostů a jeho vývoji, ii) faktorech podmiňujících zdravotní stav smrku v oblasti, iii) možnostech lesnického managementu a iv) důsledcích chřadnutí smrku pro hospodaření lze shrnout následovně:

i. Současný stav porostů

- Monitoring zdravotního stavu porostů ukázal, že i přes intenzivní sanační management oblasti není zdravotní stav smrku v oblasti LHC Jablunkov stabilizován a je horší v porovnání republikovým průměrem. V období 2010 až 2013 se průkazně zhoršil zdravotní stav smrkových porostů z hlediska četnosti souší a václavkového ronění. Velmi silné jsou škody zvěří.

ii. Faktory podmiňující zdravotní stav smrku v oblasti

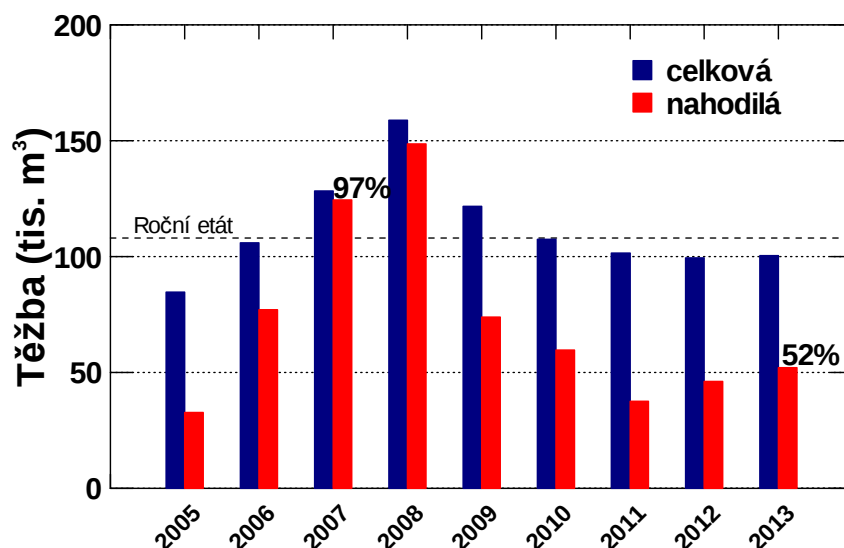
- V oblasti je doložen výrazný nárůst teplot - vegetační sezóna je v průměru o 1.4 °C vyšší než v letech 1960-1990. Narůstá variabilita srážkových úhrnů. Smrk v oblasti je stresován zhoršeným příjmem vody, a to především v letních měsících v druhé polovině vegetační sezóny. Redukce příjmu vody je způsobena konkrétním nedostatkem vláhy a stavem kořenového systému v prostředí acidifikovaných a nutričně degradovaných půd. Půdy jsou ovlivněny dlouhodobou depozicí imisí.
- Imisní zatížení a teplotní gradient do značné míry vysvětlují lokální variabilitu zdravotního stavu smrku v oblasti: kritické jsou nízké polohy a polohy emisně exponované. Zhoršený zdravotní stav smrku se projevuje především zvýšenou četností napadení václavkou smrkovou, která je dominantní příčinou vzniku souší.

iii. Možnosti lesnického managementu

- Lesnický management může na aktuální stav smrkových porostů reagovat zejména postupnou změnou druhové skladby, zkrácením doby obmýtí v porostech již postižených a úpravou pěstebních postupů tak, aby nedocházelo ke kritickému rozvratu smrkových skupin již v období výchovných zásahů. Dosavadní výsledky pěstebního experimentu dokumentují, že realizace výchovného, resp. asanačního zásahu ve smrkových porostech vede k výraznějšímu rozvoji příznaků václavkového hynutí. To platí zejména pro II. věkovou třídu, kde je nárůst podílu václavkového ronění po zásahu jednoznačně průkazný. Silný zásah na podporu tvorby korun v mladých porostech do 20 let nevedl na plochách pěstebního experimentu ke zvýšení intenzity hynutí, ačkoliv se zde může nově projevit ronění a také výraznější škody zvěří v po zásahu.

iv. **Důsledky chřadnutí smrku pro lesnické hospodaření**

- Smrkové hospodářství v oblasti LHC Jablunkov je v důsledku chřadnutí smrku silně svázáno nutností realizovat sanační těžbu. Podíl nahodilých těžeb na těžbě celkové za období 2005 až 2013 činí 61 %, a ačkoliv již nedosahuje extrémních hodnot z let 2007 a 2008, v posledních letech znovu stoupá a v roce 2013 dosáhl 52 % (Obr. 31). To dokumentuje, že smrkové hospodářství v současném rozsahu není trvale udržitelné s dopady na ekonomiku hospodaření pro příští decénia.



Obr. 31: Objem těžby celkové a těžby nahodilé na LHC Jablunkov v období let 2005 až 2013 na podkladě údajů LHE.

- Modelová analýza alternativních scénářů hospodaření do roku 2060 dokumentuje, že obecně je nutno na LHC Jablunkov do roku 2060 očekávat postupné snížení produkce z důvodu nerovnoměrné k věkové struktury porostů (relativně menší zastoupením středněvěkových porostů), a to na hodnoty v rozmezí zhruba 70-80 % hodnoty současného etátu. Úprava hospodaření směrem k vyššímu zastoupení listnatých dřevin povede k vyššímu propadu produkce o necelých 5 % vzhledem k základnímu scénáři bez výrazné změny současných parametrů hospodaření. Lze předpokládat, že v ekonomické oblasti bude tento dopad postupně vyrovnán vyšší bezpečností produkce, a to zejména v mladých porostech vzniklých po roce 2020.
- Vyšší zastoupení jedle, buku a dalších listnáčů na úkor smrku povede ke zvýšení biodiverzity a celkové stabilizaci lesních porostů. Ekonomická újma z částečně snížené produkce v příštích decéniích tak může být kompenzována snížením ztrát v důsledku očekávaného poklesu nahodilých těžeb a posílením významu mimoprodukčních funkcí lesa, a to zejména vodohospodářské a protierozní na svahových partiích, a rekreační v rámci celé oblasti.

Na podkladě výše uvedených zjištění projekt LASPROBES připravil konkrétní lesnickou adaptační strategii reagující na měnící se růstové prostředí a zhoršený stav lesních ekosystémů s dominancí smrku. Ta je rozvedena níže.

Cíle adaptační strategie

- a. Snížení rizika plynoucího z chřadnutí a hynutí smrku, popř. některé jiné hlavní dřeviny
- b. Zpomalení postupu hynutí smrku
- c. Omezení produkčních ztrát souvisejících s hynutím smrku
- d. Postupná revitalizace půd převážně přirozenou cestou ve střednědobém horizontu

Prostředky k dosažení cílů

Ad a: Snížení rizika plynoucího z chřadnutí a hynutí smrku, popř. některé jiné hlavní dřeviny

Prostředkem je snížení nepřírozeně vysokého zastoupení smrku ohroženého hynutím⁶ a zvýšení druhové a prostorové diverzity lesních porostů. Potřeba zvýšení druhové a prostorové diverzity vyplývá mj. z nejistot dalšího vývoje. K dosažení výše uvedeného cíle je nezbytné zejména:

- i. Podstatné snížení podílu smrku na obnově:
 - výrazné omezení (příp. vyloučení) umělé obnovy smrku od 5. LVS níže
 - využití pouze přiměřeného podílu přirozené obnovy smrku a jeho uplatnění převážně jako dočasné výplňové a ekonomické dřeviny.
- ii. Dosažení pestré druhové skladby s dostatečným zastoupením dřevin aktuálně neohrožených hynutím (s uplatněním principu „minimálně 3 krát 20“⁷) :
 - podstatné zvýšení zastoupení buku⁸ a jedle (od 3. LVS výše), v nižších polohách i dubů (ve 2.-4. LVS) jako hlavních dřevin a ve větším uplatnění přimíšených dřevin (klenu, lip, borovice, třešně a mimo ZCHÚ i modřínu a douglasky) v obnově
 - plné využití přirozené obnovy nesmrkových příměsí, včetně sukcesních dřevin, jejich uvolňování, podpora a ochrana před škodami působenými zvěří a útlakem buřeny

⁶ Potřeba změny druhové skladby spočívající ve snížení zastoupení smrku a navýšení podílu listnáčů a jedle vyplývá z poznatků tohoto projektu (vyhodnocení LHE, identifikace a definice stresorů - viz fyziologický experiment, z poznatků o zdravotním stavu SM porostů do 60 let - viz monitoring, z analýzy faktorů zdrav. stavu - viz multikriteriální analýza, a z aktualizované literární rešerše).

⁷ Princip „minimálně 3 krát 20“ spočívá v docílení druhové skladby porostů tvořené nejméně třemi dřevinami s minimálním zastoupením 20 %, např. SM 20, BK 60, JD 20. Pokud jsou zastoupeny více než tři dřeviny, zastoupení příměsí se načítá, např. SM 20, BK 50, JD 15, MD 10, DG 5 nebo BŘ 60, OS 10, SM 10, MD 10, DB 10.

⁸ Ve prospěch podstatného zvýšení zastoupení buku v PLO 39 a 40 svědčí jeho vysoké původní přirozené zastoupení v této oblasti - kolem 50 % (Plíva a Žlábek 1986, Slodičák a Novák 2010), jeho příznivý vliv na revitalizaci půd (Jonáš 1983, Bredemeier 1987, Borůvka et al. 2006, Pavlů et al. 2007, Šrámek et al. 2006, 2009, 2010, Batista 2011) a významná je jeho vysoká plasticita a tolerance buku k iontům Al (Kulhavý 2002, Majdi a Persson 1992 in Lepšová 2003). Je však nutno mít na zřeteli, že s těžbou bukového hroubí bude z ekosystému odebíráno více základních živin než např. těžbou smrku. Ani buk není zcela prost rizika hynutí v budoucnu, ať již v souvislosti s překročením jeho tolerance některým ze stresorů, nebo rozšířením dosud nevýznamného patogenu (např. tracheomykóz, Litvinovsko - Pešková 2014, osobní sdělení). Na zřeteli je nutné mít i rychlejší jarní odtávání sněhu od bukovými (obecně listnatými) porosty.

- snížení škod působených zvěří na obnově listnáčů a jedle úpravou stavů spárkaté zvěře (včetně srncí) a dalšími mysliveckými opatřeními (úprava poměru pohlaví a věkového složení populace, systém příkrmování, zimovací obůrky aj.)
 - širší uplatnění zejména produkčně využitelných sukcesních dřevin, na nejpostiženějších lokalitách i s využitím jednoho produkčního cyklu porostů s převahou sukcesních dřevin (především břízy a osiky)⁹.
- iii. Úprava zastoupení dřevin výchovou, zejména:
- redukce smrku výchovou ve prospěch nesmrkových příměsí cílové skladby, včasné uvolnění přimíšených dřevin v mladých porostech (již ve stádiu zapojování porostu)¹⁰
 - tolerance přirozené obnovy sukcesních dřevin (v rámci péče o kultury a v prořezávkách je neredukovat ve prospěch smrku), uplatňuje se zejména v mladých porostech, v nichž není dosaženo stanoveného zastoupení cílových listnáčů a jedle
 - ve středněvěkových a dospívajících porostech s převahou smrku citlivé uvolňování přimíšených a vtroušených dřevin včetně dřevin potlačených (např. tzv. podkápek jedle) a omezení jejich poškozování při těžbě a transportu dřeva
 - v dospívajících porostech uvolnění korun perspektivních cílových listnáčů a jedle k podpoře jejich plodnosti.
- iv. Úprava obmýtlí a obnovní doby ve smrkových hospodářských souborech se zřetelem na zdravotní stav a dynamiku hynutí smrku a potřeby obnovy dřevin obnovního cíle.
- v. Předstih obnovy stinných přimíšených dřevin (zejm. jedle a buku), využití krytu obnovovaných porostů.
- vi. Začleňování vhodných přimíšených vitálních dřevin v rozpadajících se předmýtních porostech s převahou smrku do následného porostu.

Ad b: Zpomalení postupu hynutí smrku

Prostředkem je uplatnění managementu omezujícího vliv rozhodujících stresorů podílejících se na chřadnutí smrku, zejména:

- i. Uplatňování pěstebních postupů zlepšujících stabilitu porostů a dostupnost vláhy a živin (zejména silné zásahy redukující počet jedinců smrku v mladých porostech do 5 m horní výšky)¹¹.
- ii. Omezení výchovných a sanačních¹² zásahů ve smrkových porostech II. věkové třídy, tj. v porostech 21-40 let starých (v nichž zásahy vedly k nejvíce průkaznému nárůstu příznaků václavkového napadení)¹³.

⁹ Vysoký revitalizační potenciál sukcesních dřevin dokládá řada autorů (např.: Emmer 1998, Emmer et al. 2000, Podrázský a Ulbrichová 2004)

¹⁰ doporučuje např. Slodičák et al. (2008)

¹¹ Potřeby vyplývá z poznatků fyziologického experimentu, který definuje stresory a z pěstebního experimentu a z aktualizované literární rešerše, např. Slodičák et al. (2008)

¹² Sanačními zásahy se zde, na rozdíl od zdravotních výběrů při výchově, rozumí pokácení a vyvezení nebo ošetření stromů napadených patogenními organizmy s významným rizikem dalšího šíření (např. některých kůrovců)

- iii. soustavné tlumení kůrovců¹⁴.
- iv. omezení škod působených zvěří (loupání, ohryz) a mechanického poškození¹⁵.

Ad c. Omezení produkčních ztrát souvisejících s hynutím smrku

Prostředkem je úprava obmýtí a obnovní doby s přihlédnutím k rozsahu chřadnutí a hynutí smrku¹⁶.

- i. Zachování únosného podílu smrku¹⁷ (z části jako výplňové a dočasné ekonomické dřeviny), který nepovede k významné destabilizaci lesa a zvýšené acidifikaci půd¹⁸.
- ii. Uplatnění únosného podílu osvědčených introdukovaných, resp. zdomácnělých dřevin (především douglasky a modřínu) k částečné kompenzaci ztráty produkce smrku¹⁹.
- iii. Využívání dřevin s komerčně využitelnou produkcí (včetně dřevin sukcesních) pro dosažení melioračního efektu a zvýšení druhové diversity.

Ad d. Postupná revitalizace půd převážně přirozenou cestou ve střednědobém horizontu

Prostředkem jsou postupy postupné revitalizace stanoviště.

- i. Zvýšení podílu listnatých melioračních dřevin a jedle, zejména dřevin hluboko kořenících, schopných navracet vyplavené živiny ze spodních půdních horizontů zpět do koloběhu²⁰.
- ii. Doplnkové využití pomístní chemické meliorace, zejména při obnově živinově náročných listnáčů²¹.
- iii. Omezení celkového zastoupení jehličnanů (vzhledem ke kyselé depozici)²².
- iv. Na plochách s půdou nejvíce postiženou nutriční degradací obnova hynoucích smrkových porostů na porosty s převahou produkčně využitelných sukcesních dřevin (BŘ, OS)²².
- v. Ponechávání dostatečného podílu dřeva k dekompozici, zejména tenkého dříví a klestu²².

¹³ Poznatky pěstebního experimentu (rizika zásahů)

¹⁴ Vyplývá z vyhodnocení LHE a z aktualizované literární rešerše

¹⁵ Poznatky monitoringu zdravotního stavu mladých a středněvěkových porostů - vyhodnocení mechanického poškození a škod zvěří ve SM porostech do 60 let

¹⁶ Vyplývá z poznatků monitoringu zdravotního stavu mladých a středněvěkových porostů a z aktualizované literární rešerše

¹⁷ Vzhledem k nejistotám dalšího vývoje, nevylučujícím případnou revitalizaci smrku, se ve 3. a 4. LVS uvažuje se zachováním části přirozené obnovy smrku do zastoupení ca + až 10 % a v 5. a 6. LVS se smrkem jako trvalou příměsí zpravidla 5-30 % (podle souborů lesních typů). Tato příměs otevírá možnost alternativnímu řešení, umožňujícímu v případě revitalizace smrku podstatné zvýšení jeho zastoupení výchovou.

¹⁸ Vyplývá z poznatků aktualizované literární rešerše.

¹⁹ Vyplývá z cíle omezit produkční ztráty související s hynutím smrku a z poznatků aktualizované literární rešerše

²⁰ Vyplývá z poznatků půdních rozborů) a z aktualizované literární rešerše

²¹ Při obnově živinově náročných listnáčů na nutričně degradovaných půdách doporučuje doplňkovou chemickou melioraci např. Ulrich (1995)

²² Vyplývá z poznatků aktualizované literární rešerše.

Obecné zásady adaptačního managementu

Změna druhové skladby^{23, 24}

- i. Souhrnné zastoupení jehličnanů by kvůli kyselé depozici nemělo cílově překročit 30 %, na vodou neovlivněných stanovištích 6. LVS max. 50 % a na oglejených a podmáčených stanovištích vyšších poloh (5. a 6. LVS) s přirozeně vyšším podílem JD a SM, výjimečně i více.
- ii. Cílová druhová skladba pro 2.-3. LVS (zaujímá 1 % rozlohy LHC Jablunkov) SM 0-+, JD 0-10, BO 0-+, MD 0-10, DG 0-10, DB 30-60, BK 0-30, ostatní listnáče (LP, JS, JL, JV, TŘ, HB, OLL, BŘ, OS - dle SLT) souhrnně 40-60.
- iii. Cílová druhová skladba pro 4. LVS (zaujímá 21 % rozlohy LHC Jablunkov) SM +-10, JD 5-20 (vodou ovlivněné SLT 20-40), BO +-10, MD 0-10, DG 0-10, BK 30-70, ostatní listnáče (LP, JS, JL, JV, KL, TŘ, OLL, BŘ, OS - dle SLT) souhrnně 10-50.
- iv. Cílová druhová skladba pro 5. LVS (zaujímá 69 % rozlohy LHC Jablunkov) SM 5-20, JD 10-20 (vodou ovlivněné SLT až 40), BO 0-+, MD 0-10, DG 0-10, BK 30-60, ostatní listnáče (LP, JS, JL, JV, TŘ, OLL, BŘ, OS - dle SLT) souhrnně 10-50.
- v. Cílová druhová skladba pro 6. LVS (zaujímá 9 % rozlohy LS Jablunkov) SM 10-30, JD 10-20 (vodou ovlivněné SLT až 40), BO 0-+, MD 0-10, DG 0-+, BK 30-50, ostatní listnáče (JS, JL, KL, OLL, OLŠ, BŘ, OS - dle SLT) souhrnně 10-50.
- vi. Alternativa pro silně zatížené plochy s rychlým postupem hynutí (2.-6. LVS) BŘ, OS celkem 50 - 100, ostatní +-50.

Přirozená obnova

- Přirozená obnova SM se podporuje nejvýše do podílu odpovídajícího obnovnímu cíli. Při vyšším podílu přirozené obnovy smrku lze využít smrk jako dočasnou výplňovou a ekonomickou dřevinu; jeho zastoupení se pak dle účelu využití redukuje výchovou na cílový podíl.
- Obnova nesmrkových příměsí, zejména listnáčů (včetně sukcesních) a jedle se podporuje a využívá v plném rozsahu.
- Souvislá přirozená obnova smrku, zejména pokud její podíl překračuje obnovní cíl, se prosazuje silnou sadbou stanovištně vhodných listnáčů, popř. DG.

²³ Cílové druhové skladby vycházejí z Plíva, K. (1991) a Vokoun, J. (1997).

²⁴ Doporučené zastoupení dřevin v cílové skladbě je uvedeno rámcovým rozpětím, ve kterém by se mělo zastoupení dřevin pohybovat, dává tak při realizaci dostatečný prostor pružně reagovat nejen lokálně na soubor lesních typů, ale i na porostní typ, dynamiku rozpadu porostů, vývoj zdravotního stavu jednotlivých dřevin a na rozdílné „provozní“ podmínky. Zároveň dává široký prostor pro uplatnění principu „minimálně 3 krát 20“

Umělá obnova

- Umělá obnova smrku se uplatňuje pouze v 5. a zejména 6. LVS, kde má SM přirozené zastoupení, a to pouze v případech, kdy není z přirozené obnovy dosaženo minimální zastoupení SM podle cílové druhové skladby.
- Při umělé obnově smrku se doporučuje uplatnit snížené hektarové počty udávané vyhláškou pro smrk jako přimíšenou dřevinu.
- Pro výsadbu stinných klimaxových dřevin (JD, BK) do rozpadajících se smrkových porostů se přednostně využívají vznikající mezery a podsadby proředěných míst.

Specifický režim výchovy zaměřený na zlepšení vlhkostních a živinových a zvýšení stability smrkových porostů²⁵

- i. V chřadnoucích smrkových porostech do věku 20 let se ke zvýšení disponibilní vláhy a živin provádí obvykle jeden silný prořezávkový zásah k redukci počtu jedinců, uplatňuje se především zdravotní výběr²⁶, podporují se nesmrkové příměsi (včetně BŘ, zvláště při nedostatku cílových listnáčů a JD), upravuje se rozestup.
- ii. V dosud zdravých smrkových porostech do věku 20 let a v porostech SM s příměsí listnáčů a JD se provádí obvykle dva prořezávkové zásahy; 1. zásah při výšce porostu kolem 2 m (nejpozději do 5 m výšky) s redukcí ca na 1600 (na extrémních stanovištích 1900) jedinců/1 ha²⁷, 2. zásah slabší intenzity je zaměřen především na podporu nesmrkových příměsí a kosterních stromů.
- iii. V mladých smíšených smrkových porostech se zastoupením buku, jedle, příp. dalších příměsí $\geq 30\%$, se zaměřuje výchova na redukci počtu jedinců smrku a na dosažení cílové druhové skladby s převahou listnáčů a jedle.
- iv. V porostech smrku ve věku 21-40 let, ve kterých se již provedly intenzivní výchovné zásahy (viz výše), se provádí pouze sanační zásahy k zamezení šíření nebezpečných škůdců (kůrovcovitých) a nezbytné uvolnění nesmrkových příměsí, od dalších výchovných zásahů do 40 let se zpravidla upouští.

²⁵ Z vyhodnocení výsledků pěstebního experimentu vyplývá, že provedení výchovného nebo sanačního zásahu zvyšuje riziko výskytu projevů václavkového napadení. Trvání projektu bylo příliš krátké na to, aby se plně projevilo následné václavkové hynutí. Průkazně se po zásahu nárůst příznaků václavkového napadení projevil pouze ve smrkových porostech II. věkové třídy (tj. 21-40 let). Slabě průkazný byl v mladých porostech (do 20 let) a neprůkazný v porostech III. věkové třídy (41-60 let). Při rozhodování o managementu výchovných a sanačních zásahů v porostech I. - III. věkové třídy se bralo zároveň v úvahu riziko destabilizace nevychovávaných smrkových porostů vzhledem k rozvrácení sněhem a bořivým větrem a stres plynoucí z výživové deficiencie a sezónních přísušků. Navržený výchovný režim představuje kompromisní řešení.

²⁶ Tesař 1978, Slodičák 1990, Slodičák a Šrámek, 2009

²⁷ Slodičák a Šrámek, 2009

- v. Ve smrkových porostech, v nichž se nerealizovaly silné prořezávky ve věku do 20 let, se již opožděné silné zásahy s ohledem na zvýšené riziko destabilizace porostu neprovádějí, pouze se podporují nesmrkové příměsi a provádějí se sanační zásahy k tlumení kůrovcovitých.
- vi. Ve smrkových porostech nad 40 let se provádí pouze mírná podúrovňová výchova, podpora příměsí (uvolnění korun), zdravotní výběry a sanační zásahy.

Úprava obmýtí a obnovní doby se zřetelem na zdravotní stav a charakter porostů

- i. V chřadnoucích smrkových porostech převažuje postup obnovy „za hynutím“, zkrácení obmýtí pouze vytváří prostor pro nezbytný aktivní management (úpravu druhové skladby výchovou, využívání potenciálu přirozené obnovy apod.); neprovádí se preventivní redukce smrku obnovou.
- ii. V chřadnoucích porostech smrku, tj. v porostech s podílem chřadnoucích jedinců smrku 30 % a více (václavkové ronění, suchý vrchol, náhlá redukce výškového přírůstu), se doporučuje snížit obmýtí o 10-20 let.
- iii. V porostech smrku v rozpadu s rychlým průběhem hynutí (rozpad, proředění), v nichž se uvažuje s vloženou generací produkčních sukcesních dřevin (BŘ, OS), se doporučuje zkrácení obmýtí o 20-30 let a obnovní doby na 20-30 let.
- iv. Ve smíšených porostech smrku s příměsí stinných dřevin (zejm. jedle a buku) 30 % a více se doporučuje prodloužení obnovní doby na 40 let.
- v. V ostatních případech se doporučuje ponechat obmýtí a obnovní dobu beze změny.

Tvorba hospodářských souborů

Tvorba hospodářských souborů spočívá ve vymezení cílových hospodářských souborů a definování porostních typů.

Vymezení cílových hospodářských souborů (dále CHS)

Vymezení CHS respektuje Rámcové vymezení cílových hospodářských souborů v Příloze č. 4 vyhlášky 83/1996 Sb. a vychází z rozloh souborů lesních typů na LHC Jablunkov. Naprosto převládající je CHS 55 - hospodaření na živných stanovištích vyšších poloh, na který připadá ca 53 % rozlohy LHC, dále CHS 51 - hospodaření na exponovaných stanovištích vyšších poloh (24 %), CHS 45 - hospodaření na živných stanovištích středních poloh (17 %), další CHS mají jen malé zastoupení: CHS 47 - hospodaření na oglejených stanovištích středních poloh (3 %) a CHS 53 - hospodaření na kyselých stanovištích vyšších poloh (1 %). Minoritní CHS byly podle příbuznosti k výše uvedeným agregovány. Podrobná struktura a způsob agregace CHS je zřejmý přímo z tabulárního přehledu uvedeného níže (Tabulka 41). Pro smrkové hospodářské soubory těchto CHS jsou zpracována základní doporučení. Řešeny nejsou porosty rezonanční vymykající se zaměření tohoto projektu.

Na zbývající CHS 19 a 01 připadá podíl rozlohy do 1 %, rozloha smrkových porostů na nich je málo významná, základní hospodářská doporučení se pro ně proto nezpracovávala.

Diferenciace smrkových porostních typů²⁸ podle rozsahu chřadnutí a zastoupení příměsí

Pro tvorbu hospodářských souborů (dále HS) je nezbytné definovat porostní typy. Na CHS s významným zastoupením smrku jsou navrženy porostní typy s přihlédnutím ke zdravotnímu stavu smrku (intenzitě chřadnutí, resp. hynutí) a jeho zastoupení, resp. zastoupení přimíšených dřevin (zejména JD a BK).

Porostní typ:

- **SM zdravé (a slabě poškozené)** - porosty s výraznou převahou smrku ($SM \geq 70 \%$) zdravé nebo se slabými příznaky hynutí ($u < 30 \%$ jedinců);
- **SM chřadnoucí** - porosty s výraznou převahou smrku ($SM \geq 70 \%$) chřadnoucí, s příznaky hynutí $u \geq 30 \%$ jedinců a se zakmeněním > 7 ;
- **SM v rozpadu** - porosty s výraznou převahou smrku ($SM \geq 70 \%$), příznaky hynutí $u \geq 30 \%$ jedinců a zakmeněním ≤ 7 ;²⁹
- **SM smíšené (SM+JD+BK) zdravé** - smrkové s příměsí (SM+BK+JD) s podílem zdravého nebo slabě chřadnoucího SM $< 70 \%$ a podílem BK a JD $\geq 30 \%$, projevy chřadnutí SM $u < 30 \%$ jedinců;
- **SM smíšené (SM+JD+BK) chřadnoucí** - smrkové s příměsí (SM+BK+JD) s podílem chřadnoucího SM $< 70 \%$ a významným podílem BK a JD $\geq 30 \%$; projevy chřadnutí SM $u \geq 30 \%$ jedinců;

Vymezení těchto porostních typů k hospodářským souborům je zřejmé z uspořádání, které uvádí Tabulka 41.

²⁸ Projekt neřeší nesmrkové porosty

²⁹ Kriterium limitního zakmenění se uplatňuje pouze ve smrkových předmýtních porostech (neprocloněných za účelem obnovy) s příznaky chřadnutí a hynutí

Tabulka 41: Tvorba hospodářských souborů (agregace souborů lesních typů do cílových hospodářských souborů (CHS), definování porostních typů a rozpětí sběrných hospodářských souborů). Nejvýznamnější CHS jsou barevně zvýrazněny, přiřazené CHS jsou uvedeny v závorkách. Hospodářské soubory, pro které jsou zpracována základní doporučení, jsou podbarveny šedě.

Cílový hospodářský sobor	19 (29)	41 (43)	45	47 (57, 59)	51	53	55	01
Plošný podíl na LHC	1 %	1 %	17 %	3 %	24 %	<1 %	53 %	<1 %
SLT, LT	2L	3F	3H	3O	5A	5K	5B	4Y
	3L	4A	4B	3V	5F	6K	5D	5Y
	3U	4F	4D	4O	5N	mimo	5H	6Y
	5L	4N	4H	4G	6F	svahové	5S	3J
		4K9	4S	4V	6N	LT	5U	5J
		4S9	mimo	5O	6A		6H	6Z
		4B9	svahové	5V	5K9		6S	
		3D9	LT	5P	6K9		mimo	
		4D9		5G	5S9		svahové	
		(4K)		5G	6S9		LT	
				6G	5B9			
					6B9			
					5D9			
					5U9			
Porostní typ	Hospodářský soubor							
SM zdravé (a slabě poškozené)	191	1411 do 1511	1451	1471	1511	1531	1551	011
SM chřadnoucí	191	2411 do 2511	2451	2471	2511	2531	2551	011
SM v rozpadu		3411 do 3511	3451	3471	3511	3531	3551	011
SM rezonanční (sběrný pro CHS 41, 43, 45, 51, 53, 55, 01)					4511			
SM smíšené (SM+JD+BK) zdravé		1412 do 1552	1452 do 1552	1472 do 1552	1512 do 1552		1552	
SM smíšené (SM+JD+BK) chřadnoucí		2412 do 2552	2452 do 2552	2472 do 2552	2512 do 2552		2552	

Struktura a obsah rámcových směrnic

Pro hospodářské soubory vytvořené podle výše uvedených zásad jsou pro smrkové hospodářské soubory spadající do CHS 45, 47, 51, 53 a 55 zpracována základní hospodářská doporučení. Ta zahrnují hospodářský způsob, resp. jeho formu, obmýtití, obnovní dobu, počátek obnovy a minimální podíl melioračních a zpevňujících dřevin (MZD), dále cílovou druhovou skladbu (v případě potřeby diferencovanou podle SLT), výčet MZD, způsob výchovy do 40 let a výčet nepůvodních dřevin. Tato doporučení rámcových směrnic jsou zpracována pro 17 smrkových a smíšených smrkových hospodářských souborů a uvedena v Příloze 1.

Závěr

Na základě dosavadních poznatků vztahujících se k problematice hynutí smrku a k lesnickému hospodaření v oblasti LHC Jablunkov, vycházejících především z vlastních šetření a analýz provedených v rámci řešení tohoto projektu, doplněné literární rešerší, je zpracována lesnická adaptační strategie. Zahrnuje mitigační a adaptační opatření reagující na multifaktoriální charakter chřadnutí a hynutí smrku v zájmové oblasti. Ta jsou pro 17 smrkových a smíšených smrkových hospodářských souborů rozpracována do hospodářských doporučení rámcových směrnic.

Příloha 1

Návrh základních doporučení pro smrkové a smrkové smíšené hospodářské soubory

HS	Porostní typ	Základní doporučení					Cílová druhová skladba	Meliorační a zpevňující dřeviny	6
		1	2	3	4	5			
45	Živná stanoviště středních poloh: 3H, 4B, 4D, 4H, 4S mimo strmé svahové 16.7 % rozlohy								
1451	SM porosty zdravé nebo se slabými příznaky hynutí	(n,p)N (n,p)H (n p)P	90	30	71	25	BK 60 - 80, JD 10 - 20, SM 5 - 10, MD + - 10, DG 0-10, DB _z + - 10, LP 5 - 10, KL, HB, JS, TŘ + Na 3H: DB _z 40 - 50, BK 30 - 50, JD 10, LP 10, MD + - 10, DG +, SM + - 5, HB, JV + Na 4S, 4B alternativně BK 100, JD, KL, SM +	BK, JD, LP, JV, JS, JL, DB, JDO, HB, TR	MD, DG, JDO
2451	SM porosty chřadnoucí	(n)H (n)N	80	30	61	25	BK 60, JD + - 10, LP 10 - 20, KL + - 10, MD + - 10, DG 0-10, DB _z + - 10, BŘ, SM, HB, JS, TŘ + Na 3H: DB _z 40 - 50, BK 30 - 50, JD 10, LP 10, MD + - 10, DG, SM, HB, JV + Alternativně přechodná: BŘ (OS) 50-70, BK, SM, JD, LP, JV, KL, JS, JŘ, JIV - příměs Σ 30-50		
3451	SM porosty v rozpadu	N H	70	20	61	10	Přechodná: BŘ (OS) 60-80, BK, SM, JD, LP, JV, KL, JS, JŘ, JIV - příměs Σ 20-40		
Výchova do 40 let: V <u>chřadnoucích smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> jeden silný prořezávkový zásah k redukcí počtu jedinců, uplatňuje se především zdravotní výběr, podporují se nesmrkové příměsi. <u>Ve zdravých smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> se provádí obvykle dva prořezávkové zásahy; 1. zásah při výšce porostu kolem 2 m (nejpozději do 5 m výšky) s redukcí ca na 1600 jedinců/1 ha, 2. zásah slabší intenzity je zaměřen především na podporu nesmrkových příměsí. V porostech <u>smrku ve věku 20-40 let</u> , ve kterých se již provedly intenzivní výchovné zásahy (viz výše) se provádí pouze sanační zásahy k zamezení šíření nebezpečných škůdců (kůrovcovitých) a nezbytné uvolnění nesmrkových příměsí, od dalších výchovných zásahů do 40 let se zpravidla upouští.									

Projekty Grantové služby LČR
Lesnická adaptační strategie pro měnící se prostředí v podmínkách Moravskoslezských Beskyd (LASPROBES)

HS	Porostní typ	Základní doporučení					Cílová druhová skladba	Meliorační a zpevňující dřeviny	6
		1	2	3	4	5			
Ve smrkových porostech, v nichž se nerealizovaly silné prořezávky ve věku do 20 let, se již opožděné silné zásahy neprovádějí, pouze se podporují nesmrkové příměsi a provádějí se sanační zásahy k tlumení kůrovcovitých.									
47 (57) (59)	Oglejená stanoviště středních a vyšších poloh: 3, 4, O, V (vč. 5, 6, P, O, V, 4, 5, 6, G) celkem 3.2 % rozlohy								
1471	SM porosty zdravé nebo se slabými příznaky hynutí	pN(n) pP (np)H	100	40	81	25 5-20 pro G	3O, 3V, 4V, 4O: BK 30 - 40, JD 20 - 40, DB _L + - 30, SM + - 20, JV + - 10, OS + - 10, DG, BŘ, LP, OLL+; 5V, 5O: SM 10 - 20, JD 30 - 40, BK 20 – 40, OS + - 10, DG JS, KL, OL, BŘ + 5P, 6P, 5G, 6G: SM 10 - 30, JD 30 - 60, BK + - 20, OS 10, BŘ, BŘ _p + - 20, OL + - 10, BO 4G místo BK→ DB _L + - 30	BK, JD, LP, JV, JS, JL, DB, JDO, HB Odchylky: na 5G, 6G: BK, JD, JV, OLL, OS na 5O (též BŘ, OS) na 4G (též OLL, OS),	MD, DG
2471	SM porosty chřadnoucí	(n)N (n)H	90	30	71	25 5-20 pro G	3O, 3V, 4V, 4O: BK 30 - 40, JD 20 - 30, OS 10 - 20, BŘ 10 - 20, LP + - 10 DB _L + - 10, SM + - 10 , JV + - 10, DG, OLL+; 5V, 5O: JD 30 - 40, BK 20 – 40, OS 10 - 20, SM + - 10, KL + - 10, JS, DG, OL, BŘ +; 5P, 6P, 5G, 6G: SM 10 - 20, JD 30 - 60, BK + - 20, OS 10, BŘ, BŘ _p + - 20, OL, BO +; (úhrnné zastoupení jehličnanů do 50 %) 4G místo BK→ DB _L + - 30 Alternativně přechodná:		

Projekty Grantové služby LČR
Lesnická adaptační strategie pro měnící se prostředí v podmínkách Moravskoslezských Beskyd (LASPROBES)

HS	Porostní typ	Základní doporučení					Cílová druhová skladba	Meliorační a zpevňující dřeviny	6
		1	2	3	4	5			
							OS (BŘ, BŘ _p) 50-70, BK, SM, JD, LP, JV, KL, JS, JŘ, JIV, OLL- průměr Σ 30-50		
3471	SM porosty v rozpadu	N H	80	20	71	5 -10	Přechodná: OS (BŘ, BŘ _p) 60- 80, BK, SM, JD, LP, JV, KL, JS, JŘ, JIV, OLL- průměr Σ 20-40	BK, JD, LP, JV, JS, JL, DB, JDO, HB Odchylky: na 5G, 6G: BK, JD, JV, OLL, OS na 5O (též BŘ, OS) na 4G (též OLL, OS),	MD, DG
Výchova do 40 let: V <u>chřadnoucích smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> jeden silný prořezávkový zásah k redukcí počtu jedinců, uplatňuje se především zdravotní výběr, podporují se nesmrkové příměsi. <u>Ve zdravých smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> se provádí obvykle dva prořezávkové zásahy; 1. zásah při výšce porostu kolem 2 m (nejpozději do 5 m výšky) s redukcí ca na 1600 jedinců/1 ha, 2. zásah slabší intenzity je zaměřen především na podporu nesmrkových příměsí. V porostech <u>smrku ve věku 20-40 let</u>, ve kterých se již provedly intenzivní výchovné zásahy (viz výše) se provádí pouze sanační zásahy k zamezení šíření nebezpečných škůdců (kůrovcovitých) a nezbytné uvolnění nesmrkových příměsí, od dalších výchovných zásahů do 40 let se zpravidla upouští. Ve smrkových porostech, v nichž se nerealizovaly silné prořezávky ve věku do 20 let, se již opožděné silné zásahy neprovádějí, pouze se podporují nesmrkové příměsi a provádějí se sanační zásahy k tlumení kůrovcovitých.									
51 (41) (43)	Exponovaná stanoviště (středních a) vyšších poloh: 5, 6 F, A, N S9, K9, B9 (3F, D9, 4 F, A, N, B9, K9, S9) 24.4 % rozlohy								
1511	SM porosty zdravé nebo se slabými příznaky hynutí	pP nP pN nN	120	40	101	30	BK 40 - 60, JD 10 - 30, SM 10 - 30, KL + - 10, MD + - 10, DG 0-10, BO 0 - 15, BŘ + - 10, DB ₂ 0 - 5, JL, JS, LP +	BK, JD, JV, JS, JL, LP, DG	MD, DG
2511	SM porosty chřadnoucí	(n,p)P (n)N pN	100	30	81	30	BK 40 - 60, JD 10 - 20, SM + - 20, KL + - 15, MD + - 10, DG 0-10, BO 0 - 15, DB ₂ 0 - 5, LP + - 10, BŘ 10 - 20, JL, JS, TR +	Odchylky: na 6N 4N, 5N a svahové typy 4K, 5K, 6K bez JS a JL	

Projekty Grantové služby LČR
Lesnická adaptační strategie pro měnící se prostředí v podmínkách Moravskoslezských Beskyd (LASPROBES)

HS	Porostní typ	Základní doporučení					Cílová druhová skladba	Meliorační a zpevňující dřeviny	6
		1	2	3	4	5			
							Alternativně přechodná: BŘ 50-70, OS, BK, SM, JD, LP, JV, KL, JS, JŘ, JIV - příměs Σ 30-50		
3511	SM porosty v rozpadu	(n)N N	90	30	71	20	Přechodná: BŘ 60-80, OS, BK, SM, JD, LP, JV, KL, JS, JŘ, JIV - příměs Σ 20-40	BK, JD, JV, JS, JL, LP, DG Odchylky: na 6N 4N, 5N a svahové typy 4K, 5K, 6K bez JS a JL	MD, DG
Výchova do 40 let: V <u>chřadnoucích smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> jeden silný prořezávkový zásah k redukcí počtu jedinců, uplatňuje se především zdravotní výběr, podporují se nesmrkové příměsi. Ve <u>zdravých smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> se provádí obvykle dva prořezávkové zásahy; 1. zásah při výšce porostu kolem 2 m (nejpozději do 5 m výšky) s redukcí ca na 1600 jedinců/1 ha (na silně exponovaných až extrémních stanovištích na 1900 jedinců/1 ha) , 2. zásah slabší intenzity je zaměřen především na podporu nesmrkových příměsí. V porostech <u>smrku ve věku 20-40 let</u>, ve kterých se již provedly intenzivní výchovné zásahy (viz výše) se provádí pouze sanační zásahy k zamezení šíření nebezpečných škůdců (kůrovcovitých) a nezbytné uvolnění nesmrkových příměsí, od dalších výchovných zásahů do 40 let se zpravidla upouští. Ve smrkových porostech, v nichž se nerealizovaly silné prořezávky ve věku do 20 let, se již opožděné silné zásahy neprovádějí, pouze se podporují nesmrkové příměsi a provádějí se sanační zásahy k tlumení kůrovcovitých.									
53	Kyselá stanoviště vyšších poloh: 5K, 6K (mimo 5K9, 6K9) 1 % rozlohy								
1531	SM porosty zdravé nebo se slabými příznaky hynutí	n(p)P n(p)N	120	40	101	25	BK 40-70, JD 10-20, SM 10 - 20, BO + - 10 (20), BŘ + -10, MD + - 5, LP + - 10, (DB ₂ + - 10), DG 0 – 10	BK, JD, LP, DG	MD, DG
2531	SM porosty chřadnoucí	(n)N (n)H	100	30	81	25	BK 40 - 50, JD 10 - 20, SM + - 10, BO 10 - 20, BŘ 10 -20, MD + - 5, LP + - 10, (DB ₂ + - 10), DG 0 – 10, HB + Alternativně přechodná BŘ 50 - 70, BO + - 30, BK, SM, JD, DG, LP, OS, JŘ, JIV- příměs Σ 30-50 +		

Projekty Grantové služby LČR
Lesnická adaptační strategie pro měnící se prostředí v podmínkách Moravskoslezských Beskyd (LASPROBES)

HS	Porostní typ	Základní doporučení					Cílová druhová skladba	Meliorační a zpevňující dřeviny	6
		1	2	3	4	5			
3531	SM porosty v rozpadu	N, H	91	30	71	15	Přechodná: BŘ 70-80, BK, BO, SM, JD, DG, LP, OS, JŘ, JIV - příměs Σ 20-30		
Výchova do 40 let: V <u>chřadnoucích smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> jeden silný prořezávkový zásah k redukcí počtu jedinců, uplatňuje se především zdravotní výběr, podporují se nesmrkové příměsi. <u>Ve zdravých smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> se provádí obvykle dva prořezávkové zásahy; 1. zásah při výšce porostu kolem 2 m (nejpozději do 5 m výšky) s redukcí ca na 1600 jedinců/1 ha, 2. zásah slabší intenzity je zaměřen především na podporu nesmrkových příměsí. V porostech <u>smrku ve věku 20-40 let</u>, ve kterých se již provedly intenzivní výchovné zásahy (viz výše) se provádí pouze sanační zásahy k zamezení šíření nebezpečných škůdců (kůrovcovitých) a nezbytné uvolnění nesmrkových příměsí, od dalších výchovných zásahů do 40 let se zpravidla upouští. Ve smrkových porostech, v nichž se nerealizovaly silné prořezávky ve věku do 20 let, se již opožděné silné zásahy neprovádějí, pouze se podporují nesmrkové příměsi a provádějí se sanační zásahy k tlumení kůrovcovitých.									
55	Živná stanoviště vyšších poloh: 5,6 B, H, S, D (vč. 5U) mimo exp. svahy (9); HS 1552 a 2552 jsou sběrné. 53.0 % rozlohy								
1551	SM porosty zdravé nebo se slabými příznaky hynutí	nH nN nP pP pN pH	110	30	91	25	BK 40 - 60, JD 10 - 20, SM 10 - 30, MD + - 10, KL + - 10, DG 0 - 10, JS, JL, TŘ, JŘ	na CHS 55: BK, JD, LP, JV, JS, JL, JDO, TR	MD DG JDO
2551	SM porosty chřadnoucí	(n)N (n)H	100	30	81	25	BK 50 - 60, JD 10 - 20, SM + - 20, MD + - 10, KL + - 10, DG 0 - 10, JS, JL, TŘ, JŘ Alternativně přechodná: BŘ 50 - 70, OS + - 30, BK + - 50, JD + - 10, SM + - 10, LP + - 10, KL + - 10, JS, JŘ. TŘ - příměs Σ 30-50		
3551	SM porosty v rozpadu	N H	80	20	71	15	Přechodná: BŘ 70-80, OS, BK, SM, JD, LP, JV, KL, JS, JŘ, TŘ, JIV - příměs Σ 20-30		

Projekty Grantové služby LČR
Lesnická adaptační strategie pro měnící se prostředí v podmínkách Moravskoslezských Beskyd (LASPROBES)

HS	Porostní typ	Základní doporučení					Cílová druhová skladba	Meliorační a zpevňující dřeviny	6
		1	2	3	4	5			
Výchova do 40 let: V <u>chřadnoucích smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> jeden silný prořezávkový zásah k redukci počtu jedinců, uplatňuje se především zdravotní výběr, podporují se nesmrkové příměsi. <u>Ve zdravých smrkových</u> porostech <u>do věku 20 let</u> se provádí obvykle dva prořezávkové zásahy; 1. zásah při výšce porostu kolem 2 m (nejpozději do 5 m výšky) s redukcí ca na 1600 jedinců/1 ha, 2. zásah slabší intenzity je zaměřen především na podporu nesmrkových příměsí. V porostech <u>smrku ve věku 20-40 let</u>, ve kterých se již provedly intenzivní výchovné zásahy (viz výše) se provádí pouze sanační zásahy k zamezení šíření nebezpečných škůdců (kůrovcovitých) a nezbytné uvolnění nesmrkových příměsí, od dalších výchovných zásahů do 40 let se zpravidla upouští. Ve smrkových porostech, v nichž se nerealizovaly silné prořezávky ve věku do 20 let, se již opožděné silné zásahy neprovádějí, pouze se podporují nesmrkové příměsi a provádějí se sanační zásahy k tlumení kůrovcovitých.									
1552	Zdravé smíšené por. SM s významným podílem JD a BK (JD + BK ≥ 30 %)	nN nP pP pN	120	40	101	30	3. a 4. LVS: BK 50 - 80, JD 10 - 20, SM 5 - 10, MD + - 10, DB _z + - 10, LP 5 - 10, DG, KL, HB, JS, TŘ + 5. a 6. LVS: BK 50 - 60, JD 10 - 20, SM 10 - 30, MD + - 10, KL + - 10, DG,+	BK, JD, LP, JV, JS, JL, JDO, TR na přidružených CHS: 41 ještě HB, DG, ne JDO, TR 45 ještě DB, HB 47 ještě DB, HB, ne TR 51 ještě DG, ne JDO 53: BK, JD, LP, DG	MD DG JDO
2552	Chřadnoucí smíšené por. SM s významným podílem JD a BK (JD + BK ≥ 30 %)	nH nN nP pP pN pH	110	40	91	30	3. a 4. LVS: BK 60 - 80, JD 10 - 20, SM +, MD + - 10, DB _z + - 10, LP 5 - 10, KL + - 10, BŘ, OS, HB, JS, TŘ + 5. a 6. LVS: BK 50 - 60, JD 10 - 20, SM + - 10, MD + - 10, KL + - 10, DG,BŘ, OS +		
Výchova do 40 let: V mladých smíšených smrkových porostech do 20 let se zastoupením buku, jedle, příp. dalších příměsí ≥ 30 %, se zaměřuje výchova na redukci počtu jedinců smrku a na dosažení cílové druhové skladby s převahou listnáčů a jedle. Ve smíšených smrkových porostech ve věku 20-40 let, ve kterých se již provedly intenzivní výchovné zásahy (viz výše) se provádí pouze uvolnění nesmrkových příměsí a nezbytné sanační zásahy k zamezení šíření nebezpečných škůdců (zpravidla kůrovcovitých).									

Základní doporučení: 1 - hospodářský způsob, 2 - doporučené obmýtí, 3 - obnovní doba, 4 - počátek obnovy, 5 - % MZD (vyhl.č.83/96 Sb.), 6 - regionálně nepůvodní dřeviny

Podíl a výčet MZD podle příloh č. 3 a 4 vyhlášky 83/1996 Sb. U smrkových porostů v rozpadu je podíl MZD snížen se zřetelem na zrychlený postup obnovy

Literatura

- Batista M. (2011). Interakce půda-rostlina z hlediska transportu prvků v prostředí lesních půd ovlivněných acidifikací. Dizertační práce. ČZU v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra pedologie a geologie, Praha, s. 73.
- Borůvka L., Pavlů L., Drábek O., Nikodem A., Němeček K. a Vašát R. (2006). Toxicita hliníku v lesních komplexech s mimorádně zhoršujícím se zdravotním stavem. Zpráva o výsledcích projektu
- Borůvka L., Pavlů L., Drábek O., Nikodem A. (2007). Toxicita hliníku v lesních komplexech s mimořádně zhoršujícím se zdravotním stavem. Část 1. – Analýza půd v oblasti LS Jablunkov (zpracované výsledky)
- Borůvka L., Pavlů L., Drábek O., Nikodem A. (2008). Acidifikace a znečištění lesních půd v oblasti Slezských Beskyd. Eds. Sobeckí J., Kulhavý J, Sborník příspěvků Konference České pedologické společnosti a Spcietas pedologica slovac. Bratislava s 239- 246.
- Bredemeier M. (1987). Quantification of ecosystem-internal proton production from the ion balance of the soil. *Plant and Soil*, 101, 273-280.
- Cudlín P. a kolektiv (2009). Pracovní sekce 2 - Analýza environmentálních stresových rizik ekosystému spojená s adaptačními změnami způsobenými GZ. Zpráva o průběhu řešení projektu VaV SP/2d1/93/07 „CzechTerra – adaptace uhlíkových deponií v krajině v kontextu globální změny“.
- Čermák P., Holuša O. (2012). Návrhy změn hospodaření ve Slezských Byskydech. Lesnická práce 2/2012, s 20-21.
- Čermák P., Rybníček M., Žid T., Kolář T., Bočková H., Přemyslovská E. (2009). Klimatické faktory jako predispoziční a iniciační faktory chřadnutí smrkových porostů ve Slezských Beskydech. Příspěvek do sborníku z mezinárodní konference (Čeladná 2009) zpracován v rámci projektu MŽP ČR Czech Terra VaV SP/2d1/93/07.
- Černý M. a kol. (1996). Růstové tabulky hlavních dřevin ČR.
- Černý M. a kol. (2001). Analýza a vyhodnocení příčin chřadnutí lesů v Beskydech. Etapa II – Vyhodnocení a syntéza dat monitoringu. Projekt VaV/620/2/00, 23 stran.
- Černý M. a kol. (2002). Analýza a vyhodnocení příčin chřadnutí lesů v Beskydech. Etapa III. Projekt MŽP VaV/620/2/00, 6 stran + přílohy.
- Černý M. a kol. (2010). Inventarizace krajiny CzechTerra. Koncepce a výstupy projektu. Listopad 2010, 107 stran.
- Černý, M., Vopěnka, P., Cienciala, E., Beranová, J., Macků, M., Hruška, J. (2005). Rajonizace lesních půd ČR v závislosti na jejich acidifikaci a nutriční degradaci. Závěrečná zpráva projektu VaV/640/03/03, 63 stran a přílohy.
- Drápelová I., Kulhavý J. (2008). Účinek vápnění na revitalizaci lesních půd - vyhodnocení dlouhodobého experimentu. Eds. Sobeckí J., Kulhavý J, Sborník příspěvků Konference České pedologické společnosti a Spcietas pedologica slovac. Bratislava s 239- 246.

- Emmer, I.M., Fanta, J., Kobus, A.T., Kooijman, A., Sevink, J. (1998). Reversing borealization as a means to restore biodiversity in Central-European mountain forests - an example from the Krkonose Mountains, Czech Republic. *Biodiversity and Conservation*, Vol 7, Issue 2, 229-247.
- Emmer, I.M., Wessel, W.W., Kooilman, A., Sevink, J., Fanta, J. (2000). Restoration of degraded central-european mountain forest soils under changing environmental circumstances. In: Klimo E., Hager H., Kulhavý J. (eds.). *Spruce monocultures in Central Europe - problems and prospects*. EFI Proceedings 23, 81-92.
- Fiala P., Reininger D. a Samek T. (2005). Výsledky průzkumu stavu výživy lesa v přírodní lesní oblasti č.40 Moravskoslezské Beskydy. Závěrečná zpráva. ÚKZÚZ Brno, Odbor agrochemie, půdy a výživy rostlin.
- Fiala P., Reininger D. a Samek T. (2006). The survey of forest nutrition in the natural forest region (NFR) Moravsko-slezské Beskydy with particular regard at Jablunkov pass. Zpráva k projektu.
- Fiala et al. (2013). Průzkum výživy lesa na území České republiky 1996 – 2011. UKZUZ Brno, p. 149
- Hadaš P. (2009). Stav klimatu a imisí v Beskydech. Příspěvek do sborníku z mezinárodní konference (Čeladná 2009) zpracován v souvislosti s řešením výzkumného záměru MSM č. 6215648902 „Revitalizace horských lesních ekosystémů poškozených imisemi“.
- Holuša J. (1995) Půdní kyselost a obsah živin v lesních půdách Beskyd. Zpravodaj Beskydy "Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd" 7, 191-196.
- Holuša J. (2004). Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology* vol. 51: 11-15.
- Holuša O., Čermák P., Žid T., Cudlín P. (2009). Návrh adaptačních opatření při chřadnutí porostů smrku ztepilého (*Picea abies* Karts.) v oblasti Slezských Beskyd. MZLU v Brně, ÚHÚL Brandýs nad Labem, AV ČR, Brno - Frýdek-Místek (Dílčí zpráva projektu CzechTerra).
- Hruška J., Krám P., Schwarz O. (1999). Kyselý dešť stále s námi - Modelování dlouhodobé acidifikace lesních půd. *Lesnická práce*, 6/99.
- Hruška J. a Cienciala E. (2005). Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. Česká geologická služba, Praha
- Hruška J., Oulehle F., Krám P., Skořepová I. (2009). Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy. 2. Vliv depozice síry a dusíku na půdy a lesy. *Živa* 3/2009, p. 141 – 144.
- Hůnová I. (2013) Depozice síry a dusíku, osobní sdělení, ČHMÚ
- Hůnová, I., Kurfürst, P., Maznová, J., Coňková, M. (2011). The contribution of occult precipitation to sulphur deposition in the Czech Republic. *Erdkunde Archive for Scientific Geography* 65, 247-259.
- Hůnová, I., Maznová, J., & Kurfürst, P. (2014). Trends in atmospheric deposition fluxes of sulphur and nitrogen in Czech forests. *Environmental Pollution*, 184, 668–675.
- Janouš D., Hadaš P. a Dubrovský M. (2003). Dopady klimatické změny v Moravskoslezských Beskydech. *Lesnická práce* 80, 24-25.

- Janouš D., Cudlín P., Čermák P., Marek M.V. (2009). Globální klimatická změna a regionální dopady na lesy v Beskydech. Příspěvek do sborníku z mezinárodní konference (Čeladná 2009) zpracován v souvislosti s řešením projektu CzechTerra VaV SP/2d1/93/07.
- Jonáš, F. (1983). Vliv imisí na vývoj lesních půd na lokalitě Jelení hora. *Lesnictví* 29, 359-368.
- Klimo E. a Kulhavý J. (1994). Funkce půdy při poškozování lesních porostů imisemi v Beskydech. *Zpravodaj Beskydy "Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd"* 6, 61-66.
- Klimo E. a Kulhavý J. (1997). Současný stav a prognóza vývoje lesních porostů Moravskoslezských Beskyd. Zpráva k projektu, MZLU Brno.
- Kula E. (2009). Půdní a epigeická fauna stanovišť ovlivněných vápněním a její dynamika. Edice grantové služby LČR č. 6. 438 s. ISBN 978-80-86945-15-6.
- Kulhavý J. (2002). Degradace lesních půd v důsledku acidifikace. *Pedologické dny 2002, Sborník z konference na téma „Degradace půdy“*. Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 65-71.
- Lohammar T., Larsson S., Linder S., Falk S. (1980). FAST – simulation models of gaseous exchange in Scots pine. In: *Structure and Function of Northern Coniferous Forests – An Ecosystem Study* (T Persson, ed). *Ecological Bulletins* 32, 505-523.
- Lochman V. (1986). Současný vývoj lesních půd v Krušných horách. *Práce VÚLHM* 68, 9-48.
- Lochman V., Chlebek A. a Jarabáč M. (1996). Změny chemismu půdy na výzkumných plochách povodí Červík a Malá Ráztoka. *Zpravodaj Beskydy "Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd"* 8, 93-98.
- Macků J. (1999). Systém komplexního hodnocení půd, dílčí část lesní půdy. Závěrečná zpráva projektu VaV/640/3/99, AOPK Brno.
- Majdi, H., Persson, H. (1992). Spatial distribution of fine roots, rhizosphere and bulk soil chemistry in an acidified *Picea abies* stand. *Scand. J. For. Res.* 7, 00-00. In: Lepšová A. (2003). Effects of acidification and chemical restoration measures on ectomycorrhizal system of forest tree species, especially Norway spruce.
- Mauer O., Palátová E. (2009). Kořenový systém a chřadnutí smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.). Příspěvek do sborníku z mezinárodní konference (Čeladná 2009) zpracován v souvislosti s řešením výzkumného záměru MSM 6215648902 a vznikl za finanční podpory grantu NAZV QG60060.
- Monteith J. L. (1965). Evaporation and atmosphere. In: G.E.Fogg (Editor), *The State and Movement of Water in Living Organisms*, 19th Symp. Soc. Exp. Biol., Cambridge, The Company of Biologists, Cambridge, pp. 206-234.
- Národní inventarizace lesů v České republice 2001-2004. Úvod, metody a výsledky. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2007, 224 stran. ISBN 978-80-7084-587-5.
- Pavlu, L., Borůvka, L., Nikodem, A., Rohošková, M., Penížek, V. (2007). Altitude and forest type effects on soils in the Jizera Mountains region. *Soil and Water Research* 2: 35-44.
- Penman H.L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. London Ser. A* 193: 120-146

- Penman H.L. (1953). The physical basis of irrigation control. In: P.M.Synge (Editor), Report of the Thirteenth International Horticultural Congress 1952, Vol. II. The Royal Horticultural Society, London, pp. 913-924.
- Pešková V. (2014). Výskyt tracheomykóz na buku (osobní sdělení), VÚLHM
- Plíva K., Žlábek I. (1986). Přírodní lesní oblasti ČR - SZN Praha, 313p. Účelová publikace MLVH ČR.
- Plíva, K. (1991). Funkčně integrované lesní hospodářství 1. Přírodní podmínky v lesním plánování, ÚHÚL Brandýs n. L., 1991, účelová publikace: 108-216.
- Podrázský V., Remeš J., Ulbrichová I. (2003). Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts. – Czech Republic. Journal of Forest Science, 49, 2003, č. 4, s. 141-147.
- Podrázský V., Ulbrichová I. (2004). Restoration of forest soils on reforested abandoned agricultural lands. Journal of Forest Science, 50, 2004, č. 6, s. 249-255.
- Pretel J., (2010). Klimatické údaje meteorologických stanic Jablunkov a Lysá hora –měření teploty a strážkových úhrnů ČHMÚ od roku 1950. (Osobní sdělení).
- Půlpán L. (2009). Kůrovci na smrku a opatření k eliminaci gradačních situací na příkladu Beskyd. Příspěvek do sborníku z mezinárodní konference (Celadná 2009), 162-171.
- Půlpán L. (2014). Extrémní počasí stupňuje gradaci kůrovců na severovýchodě Moravy. Lesnická práce, roč. 93, č 4/2014, s. 8.
- Rusek J. (2001). Vliv acidifikace eutrofizace, lesního hospodaření a vápnění lesních půd na půdní faunu. In Hruška, J., Cienciala, E. eds. (2001): Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví, MŽP 2001.
- Slodičák M. (1990). Kritéria pěstebního výběru v mladých smrkových porostech. Závěrečná zpráva. Opočno, VÚLHM VS 1990, 90 stran
- Slodičák M. ed. (2005). Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Edice Grantové služby LČR, číslo: 02, LČR Hradec Králové, 232 stran.
- Slodičák, M. et al. (2008). Lesnické hospodaření v Krušných horách. [Forestry management in the Krušné hory Mts.]. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2008. 480 s. - ISBN 978-80-86945-04-0 (LČR Hradec Králové); 978-80-86461-91-5 (VÚLHM Strnady).
- Slodičák M. a Šrámek V. (2009). Chřadnutí lesních porostů na LS Jablunkov - stav, příčiny a návrh opatření. Příspěvek do sborníku z mezinárodní konference (Celadná 2009), 66-79.
- Slodičák M., Novák J. (2010). Ekologické aspekty pěstování smrkových porostů v imisních oblastech Beskyd, sborník semináře „30 let od imisní kalamity v Beskydách“, s. 25-28. Slodičák 1990
- Šrámek V., Kulhavý J., Vejvustková M., Maxa M., Fadrhonsová V., Novotný R., Lomský B., Záhora J. (2005). Vliv současných depozic dusíku na zvyšování přírůstu a kvalitu výživy smrkových porostů, VÚLHM závěrečná zpráva projektu NAZV QC1723, 54 s. in Slodičák, M., Novák, J. (2010): Ekologické aspekty pěstování smrkových porostů v imisních oblastech Beskyd. Sborník semináře „30 let od imisní kalamity v Beskydech“. Čeladná, ČLS,o.s., MZe ČR, LČR s.p.

- Šrámek V., Vejpusťková M., Novotný R. a Hellebrantová K. (2008). Žloutnutí smrkových porostů v oblasti Slezských Beskyd – rozsah a dynamika poškození. *Journal of Forest Science* 54 (2), 55-63.
- Šrámek V., Vortelová L., Lomský B. (2008b). BIOSOL - evropský projekt monitoringu lesních půd v České republice. Eds. Sobeckí J., Kulhavý J, Sborník příspěvků Konference České pedologické společnosti a Spcietas pedologica slovac. Bratislava s. 287- 297.
- Šrámek V., Soukup F., Slodičák M. a kolektiv (2009). Chřadnutí lesních porostů na LS Jablunkov – určení komplexu příčin poškození a návrh opatření na revitalizaci lesa. Edice Grantové služby LČR, číslo: 05, 100 stran.
- Šrámek V., Lomský B., Novotný R., Lochmanová Z., Fadrhonsová V., Vortelová L. (2010). Dynamika obsahu hlavních živin ve smrkových a bukových porostech v ČR - Možnosti zajištění výživy lesních dřevin jako předpoklad trvale udržitelného pěstování lesů. Zpráva o průběhu řešení NAZV v roce 2010, VÚLHM Jíloviště-Strnady, 28 s.
- Tesař V. (1978). Kritéria posuzování potřeby a účinnosti pěstebních zásahů v mladých smrkových porostech ovlivňovaných imisemi. Závěrečná zpráva. Opočno, VÚLHM VS 1978, 93 stran
- Tomšovský M. (2013). Determinace druhů václavky podle vzorků mycelia, osobní sdělení.
- Ulrich B. (1995). Der ökologische Bodenzustand – seine Veränderung in der Nacheiszeit, Anspruche der Baum arten. *Forstarchiv*, vol. 66: 117-127 s.
- Vavříček D. (2001): Některá rizika vyplývající z povrchového vápnění lesních ekosystémů ve vyšších polohách. s. 188-120. In Hruška, J., Cienciala, E. (eds.) (2001): Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví, MŽP 2001.
- Vokoun, J. (1997): Hospodářská doporučení podle hospodářských souborů a podsouborů. Rozpracování příloh č. 2, 3 a 4 vyhlášky č. 83/1996 Sb. Příloha časopisu lesnické práce 1/97. 48 s.