Petr Čermák, Vladimír Zatloukal, Emil Cienciala, Radek Pokorný a kol.

KATALOG LESNICKÝCH ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

PETR ČERMÁK • VLADIMÍR ZATLOUKAL • EMIL CIENCIALA
RADEK POKORNÝ • JAN KADAVÝ • MICHAL KNEIFL • JIŘÍ KADLEC
LUMÍR DOBROVOLNÝ • ANTONÍN MARTINÍK • TOMÁŠ MIKITA
ZDENĚK ADAMEC • PETR KUPEC • ROMAN SLOUP • LUDĚK ŠIŠÁK
KAREL PULKRAB • MIROSLAV TRNKA • FRANTIŠEK JUREČKA

KATALOG LESNICKÝCH ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

ICELAND LIECHTENSTEIN NORWAY eea grants

Realizováno v rámci projektu EHP-CZ02-OV-1-019-2014 FRAMEADAPT Rámce a možnosti lesnických adaptačních opatření a strategií souvisejících se změnami klimatu

Podpořeno grantem z Islandu, Lichtenštejnska a Norska.
Supported by grant from Iceland, Liechtenstein and Norway

BRNO, PRAHA
2016

Mendelova univerzita v Brně – MENDELU
Lesnická a dřevařská fakulta – LDF: Ústav ochrany lesů a myslivosti, Ústav hospodářské úpravy lesa a aplikované geoinformatiky, Ústav nauky o dřevě, Ústav zakládání a pěstění lesa, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie, Ústav lesnické a dřevařské techniky, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny.
Agronomická fakulta – AF: Ústav agrosystémů a bioklimatologie

Česká zemědělská univerzita – ČZU
Fakulta lesnická a dřevařská – FLD: Katedra hospodářské úpravy lesa, Katedra ochrany lesa a entomologie, Katedra ekonomiky a řízení lesního hospodářství.

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

Norsk institutt for bioøkonomi / Norwegian Institute of Bioeconomy Research – NIBIO

Název programu:
CZ02 - Biodiverzita a ekosystémové služby / Monitorování a integrované plánování a kontrola v životním prostředí / Adaptace na změnu klimatu

Programová oblast:
PA 7 - Adaptace na změnu klimatu

Zprostředkovatel programu:
Ministerstvo financí České republiky
Partner programu:
Ministerstvo životního prostředí České republiky

OBSAH

1. ÚVOD 5
2. PŘEHLED RIZIKOVÝCH MOMENTŮ 9
3. PŘEHLED ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ 27
4. KATALOG RIZIKOVÝCH MOMENTŮ 51
5. KATALOG ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ 81
6. ZMĚNY PODMÍNEK PRO RŮST DŘEVIN 127
7. LITERATURA 143

1 ÚVOD

Narůstající lidská populace pro zabezpečení svých energetických potřeb stále intenzivněji využívá fosilní paliva, tedy původně sluneční energii uloženou ve formě chemických vazeb ve fosilních zbytcích organizmů. Důsledkem toho jsou emise skleníkových plynů v čele s oxidem uhličitým (CO_2). Koncentrace CO_2 se v ovzduší po několik tisíc let udržovala na úrovni pod 300 ppm. Od počátku průmyslové revoluce do roku 1988 však vzrostla již na 350 ppm, a v současnosti dosáhla hodnot kolem 400 ppm (s přibližným ročním nárůstem 1,5–2 ppm). Výzkumy dokládají spojitost mezi nárůstem koncentrací CO_2 a dalších skleníkových plynů v ovzduší s narůstajícími odchylkami klimatických parametrů Země oproti dlouhodobému normálu (teplot, srážek, rychlosti proudění větru aj.) charakterizujícím naši planetu přibližně do počátku 20. století.

V 80. letech 20. století byly podávány první vědecké důkazy o hrozbě globální klimatické změny. Problematice globální změny klimatu (GZK) se v širším měřítku dostalo prvé pozornosti v roce 1979 během První světové klimatické konference pořádané Světovou meteorologickou organizací (WMO) v Ženevě. V roce 1988 byl dvěma institucemi OSN, a to WMO a Programem Spojených národů pro životní prostředí (UNEP), založen Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC – Intergovernmental Panel for Climate Change). Počátkem dubna 2014 vyšla druhá část již páté hodnotící zprávy tohoto panelu. Poslední zpráva IPPC potvrzuje, že změna klimatu probíhá již nyní a její dopady v blízké budoucnosti zasáhnou všechny kontinenty i oceány (dokument navazuje na první část zprávy s názvem Fyzikální základy, která byla prezentována v září 2013).

Jedním z komplexních opatření k omezení klimatických změn a jejich důsledků je úsilí ke zvýšení kapacity „propadů“ vzdušného uhlíku zalesňováním a změnou hospodaření v lesích. Změna hospodaření však může být také nutná v důsledku malé adaptability současných, často umělých, lesních ekosystémů, u nichž dochází k rozpadu díky jejich nízké ekologické stabilitě a změně růstových podmínek prostředí. Klimatická změna se tedy významně dotýká lesního hospodářství ve dvou oblastech: i) budou výrazně ovlivněny růstové podmínky porostů a ii) s lesními porosty se počítá jako s významnými úložišti vzdušného uhlíku. To, jaký bude výsledný dopad klimatické

změny na lesní hospodářství, je tak v rukou i lesního hospodáře.
Lesy fixují až 70 % celkového uhlíku poutaného suchozemskými ekosystémy (WARING, SCHLESINGER, 1985) a mohou významně snižovat dopady GZK (LUYSSAERT et al., 2007). Je tedy nezbytné lesy obhospodařovat tak, aby byla zachována a zvyšována jejich zásoba uhlíku, minimalizovány jeho ztráty a maximalizován příjem uhlíku. Obhospodařování lesů nabízí několik možností vedoucích k navýšení sekvestrace uhlíku: i) jednoduše, zvýšit lesnatost (potenciálně především na úkor neobdělávaných zemědělských a degradovaných půd), ii) uvažovat o celém lese jako o funkční jednotce (struktura a funkce lesa jako komplex flóry, fauny a půdy adaptující se na měnící se podmínky prostředí) ukládající uhlík do biomasy a půdy, iii) podporovat trvale udržitelné lesnictví, tj. v souvislosti s udržením kladné uhlíkové bilance lesů současně s plněním dalších celospolečenských funkcí lesa a ekosystémových služeb (produkce dřeva, vliv na vodní bilanci krajiny, ochrana vodních zdrojů a půdy, zachování biodiverzity aj.) a iv) aplikovat celou škálu hospodářských opatření ve všech částech lesa soustavně ve stejném čase.
Pro Evropu předpovězené a v posledních dvaceti letech také pozorované změny chodu teplot a dynamiky distribuce srážek, zejména zvýšení četnosti tzv. „very wet days“ následovaných často kratšími i delšími suchými a teplými obdobími (PARRY et al. ,2000, TOLASZ et al., 2007) se odrážejí ve změně dostupné půdní vláhy (TRNKA et al., 2009; 2015) a následně jak v radiálním růstu, tak ve zdravotním stavu dřevin. Studie rekapitulující klimatické charakteristiky v České republice v období po roce 1990 a jejich dopady na rostliny (např. MOZNY et al., 2009; BRÁZDIL et al., 2009, HLAVINKA et al., 2009, PRETEL, 2012) ukazují, že ačkoliv zatímco většinou nejsou dosud zjištěny žádné signifikantní poklesy jarních měsíčních srážek (byť i ty byly v některých lokalitách pozorovány), kombinace vyššího celkového záření, vyšší teploty a deficit tlaku vodních par zvyšujících evapotranspiraci, společně s dřívějším začátkem vegetační doby vedou k rychlejšímu vyčerpání zásob vody v půdě (např. TRNKA et al., 2015). Jarní a letní epizody sucha jsou přitom prokazatelně nejen faktorem limitujícím růst rostlin, ale také významným predispozičním stresorem. Sucho zvyšuje citlivost k některým biotickým onemocněním (zejména lze očekávat vyšší uplatnění vaskulárních mykóz a chorob asimilačního aparátu) a stejně tak zvyšuje ohrožení hmyzími škůdci (zejména floeoxylofágů, ale v některých případech i defoliátorů). V konečném důsledku (sekundárně) tak může sucho způsobovat mortalitu stromů či jejich porostů (např. ALLEN et al., 2010) i v případech, kde samo o sobě mortalitní není. Obzvláště významným je tento fakt ve světle poznatku, že lesní porosty jako takové vliv sucha v krajině primárně eliminují (např. DEUTSCHER, KUPEC, 2014).
Ohrožení biotickými stresory při predikovaných změnách klimatu, lze ostatně očekávat nejen díky predispozici dřevin. Měnící se podmínky povedou u řady druhů škůdců k: (i) ke změnám v četnosti, délce a případně i v průběhu gradací (a tím i v abundanci populací); (ii) zkrácení délky trvání generací, zvýšení jejich počtu a v důsledku toho celkové změny populační dynamiky (opět včetně změn abundance); (iii) změnám v areálech rozšíření – posuny v rámci kontinentů, ale i transkontinentální přesuny a introdukce populací hmyzích škůdců a houbových chorob, migraci lze u nás očekávat především severním směrem a do výše položených oblastí, se změnou kontinentality ovšem může docházet také k posunu ve směru východ–západ, spolu s tím bude narůstat i riziko zavlečení nových a karanténních druhů; (iv) změnám v chování stávajících patogenů v důsledku změny fyziologických procesů hostitelů i patogenů (například urychlení metabolismu houbových patogenů a dřevních hub při vyšších teplotách) a vlivem zvýšené predispozice hostitelů (např. JANKOVSKÝ, 2000; JANOUŠ, 2002).
V případě predikovaného oteplení, změny úhrnů srážek či distribuce srážek (zejména výskyt přísušků) dojde k významné změně podmínek pro růst dřevin a jejich porostů. Lze tak očekávat rozsáhlé zdravotní problémy druhů v podmínkách na okraji jejich ekologických amplitud.

Scénáře dopadů klimatických změn jsou doprovázeny úvahami o produkci lesních porostů. Optimistické scénáře zvýšení produkce dřevní hmoty tak mohou, ale také nemusí být naplněny, rozdíly lze očekávat mezi jednotlivými regiony i druhy lesních dřevin. Změny v produkci dřevin se dále budou lišit v souvislosti s nadmořskou výškou a s ní spojenými růstovými podmínkami. Například u smrku můžeme v nižších vegetačních stupních očekávat pokles produkce v desítkách procent, zatímco ve vyšších nadmořských výškách (kde v současnosti růst limituje nízká teplota) je pravděpodobný nárůst produkce ve srovnatelných intencích (HLÁSNY, 2012). I tam, kde dojde k zvýšení produkce, nemusí to znamenat nárůst ekonomický, a to zejména právě u smrku. Rychlejší růst pravděpodobně povede k nižší hustotě dřeva smrku a tím i k zhoršení kvality produkce. Zároveň s tím dojde k snížení mechanické stability a tedy k nárůstu rizika zničení porostu větrem, sněhem a námrazou, tj. dojde k snížení bezpečnosti produkce a k nárůstu nákladů s ní spojených.
Ochrana a trvale udržitelné vyžívání lesních ekosystémů a krajiny vůbec vyžadují vysoce kvalifikovaný systém plánování a rozhodování o jejich managementu. Takový systém vyžaduje aktuální informace o stavu a vývoji území a jednotlivých ekosystémů, tj. kvalitní a efektivní monitoring s dlouhodobou perspektivou a průběžnou aktualizací. Kvalita a efektivnost informačního systému podmiňuje celý mechanismus rozhodování o managementu lesních ekosystémů a krajiny, tento mechanismus musí být schopen reagovat na konfliktní požadavky společnosti na využívání území. Vedle poznání adaptačních strategii ekosystémů pod vlivem GZK, je tedy třeba odhadnout a zhodnotit možná rizika či nové stresové faktory působící na ekosystémy a vytvořit vhodnou informační a dynamickou platformu pro kontinuální sledování těchto adaptačních změn s následnou přípravou konkrétních postupů a opatření pro jednotky lesního hospodářství.
Zajištění bezpečnosti a udržitelnosti produkce lesa jsou v současnosti klíčovými lesnickými problémy. Formulace a realizace potřebných adaptačních opatření by mělo probíhat na všech úrovních (evropské, národní, regionální i lokální) a zasahovat do všech lesnických disciplín od zakládání, šlechtění a pěstování porostů, přes ochranu až k hospodářské úpravě lesa. Managementové alternativy či změny bude potřebné hledat například v těchto oblastech či aspektech: (i) změny druhové skladby; (ii) využití přirozené obnovy generativní i vegetativní; (iii) změny obmýtí, obnovní doby; (iv) využití všech alternativ hospodářského tvaru a způsobu (tam, kde to bude relevantní); (v) podpora strukturní bohatosti lesa; (vi) změny výchovy (např. četnost zásahů, kritéria výběru atd.); (vii) šlechtění nových odolných genotypů či hybridů, podpora lokálních odolných fenotypů; (viii) intenzivnější protipožární opatření, precizace systémů požární ochrany.

Cíle Katalogu lesnických adaptačních opatření

Hlavním cílem tohoto Katalogu je vymezit a rámcově popsat obecné zásady hospodaření cíleného na podporu schopnosti adaptace ke změnám klimatu (od zakládání, respektive obnovy porostů po jejich těžbu), a to na úrovni celé ČR. Zásady hospodaření jsou formulovány v návaznosti na klíčové dokumenty adaptačních strategií – Strategie adaptace EU na změny klimatu (COM/2013/216), Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (2015) a v souladu se závěry Klíčové akce 6 Národního lesnického programu. Dalším východiskem pro náš návrh byla analýza výsledků prvního a opakovaného cyklu Inventarizace krajiny CzechTerra.
Vytvořený Katalog lesnických adaptačních opatření může být klíčem pro jejich výběr v konkrétních situacích, na konkrétních majetcích a lokalitách. Může efektivně sloužit jak vlastníkům lesa či lesním hospodářům, tak (a to zejména) orgánům státní a veřejné správy – jako podklad pro řízení i jako metodický materiál.

2 PŘEHLED RIZIKOVÝCH MOMENTŮ

Základní koncepcí Katalogu lesnických adaptačních opatření je možnost dvojího úhlu pohledu na adaptační opatření. Dopady probíhajících i očekávaných klimatických změn lze popsat prostřednictvím primárních a sekundárních rizik působících na lesní dřeviny, lesní porosty, lesní ekosystémy a lesní hospodářství. K těmto jednotlivým rizikovým momentům lze přiřadit komplex adaptačních opatření, která mohou uplatnění daného rizikového momentu omezit. Tento úhel pohledu je uplatněn v Přehledu rizikových momentů. Naopak k jednotlivým adaptačním lesnickým opatřením lze přiřadit jeden či více rizikových momentů, pro něž je aplikace daného adaptačního opatření relevantní. Tento úhel pohledu je uplatněn v Přehledu adaptačních opatření (kapitola 3).

V následujícím přehledu najdete dvanáct rizikových momentů. Pro každý z nich jsou rámcově vymezeny cíle, ke kterým by měla směřovat realizace adaptačních opatření, a dále rámcově popsána adaptační opatření pro rizikový moment jako celek i pro jeho jednotlivá subrizika (tam, kde bylo účelné jejich vymezení). Podrobnější popisy jednotlivých rizikových momentů jsou pak uvedeny v Katalogu rizikových momentů (kapitola 4).

SUCHO

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

- zlepšení vodní bilance
- udržení příznivých mikroklimatických a mezoklimatických podmínek
- snížení evapotranspirace
- snížení intercepce
- zvýšení infiltrace
- zvýšení retence
- snížení rizika plošného odumírání porostů suchem
- snížení rizika kalamitního výskytu biotických činitelů (po predispozici suchem)
- zvýšení druhové a strukturní bohatosti lesa
- revitalizace narušení půd převážně biologickou cestou
- snížení možnosti vlivu bořivého větru

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ SPECIFICKÁ PRO DANÉ SUBRIZIKO

primární nedostatek vody

- výsadba na podzim
- krytokořenná sadba
- vhodné skladování a přeprava sadebního materiálu
- výchova redukující počet jedinců (nižší odběr a menší intercepce)
- vyklizování biomasy z povrchu půdy (dílčí efekt)[1]
- úprava prostorové skladby – ovlivnění konkurence (nadzemní / podzemní)
- omezení záměrného (primární) i sekundárního odvodnění (špatně trasované cesty, koleje, rýhy)
- zvýšení prostorové diverzity porostů (vyšší ukládání sněhu) a zastoupení jehličnanů (zpomalení odtávání sněhu)

nedostatek vody při náhlém nárůstu teplot na začátku jara (fyziologická sypavka)

- obnova pod clonou porostu (omezená uplatnitelnost v boreální oblasti – limitující teplota pod porostem)

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK

- postupné snížení obmýtí
- zvýšení pestrosti dřevinné skladby – více hluboko kořenících (> infiltrace) a listnáčů (< intercepce a kyselá depozice); podpora dřevin s vyšší odolností k suchu a vyšší efektivitou využití vody
- využití pionýrských a melioračních dřevin
- podpora přirozených adaptačních procesů – maximalizace využití přirozené obnovy, využití vegetativní obnovy (+ udržení vhodného klimatu pro generativní obnovu)
- dvoufázová obnova na kalamitních holinách
- využívání síjí a podsíjí
- rozrůznění věkové a prostorové struktury – jednotlivé, hloučkovité a skupinovité smíšení (malé skupiny)
- maloplošné podrostní a nepasečné způsoby hospodaření
- vytváření kvalitního polopropustného porostního pláště
- časnější výchovné zásahy, podpora vitálních stromů (korun)

snížená schopnost příjmu vody poškozeným kořenovým systémem

zvýšená citlivost vůči přísuškům u dřevin s posunem kořenů k půdnímu povrchu – do H eventuálně H/A horizontu (důsledek acidifikace a nutriční degradace)

narušená mykorrhiza (důsledek acidifikace a nutriční degradace)

- zvýšení zastoupení dřevin s melioračním efektem
- zmenšení zastoupení neopadavých jehličnanů pro snížení kyselé depozice
- omezení stromové metody a zvýšení podílu dřeva ponechaného k dekompozici – zlepšení bazické saturace a mikroklimatu, omezení poškození kořenových náběhů
- ponechávání vyššího podílu biomasy k dekompozici (tenké dříví a kůra), omezení pálení klestu, výroby energetickou štěpky a stromových metod[2]
- úprava odtokových poměrů – rušení nevhodného odvodnění, revitalizace erozních rýh, kolejí a pojezdových tras soustřeďujících vodu, rozptylování vody soustředěné lesními cestami

[1] Vyklizování biomasy z půdního povrchu by v krátkodobém měřítku mělo vést k zlepšení přístupu vody k půdě (snížení intercepce), v dlouhodobém měřítku ovšem může být efekt odlišný – ponechaná biomasa může snížit výpar z půdy.
[2] Viz předchozí poznámka

ZVÝŠENÍ ČETNOSTI VÝSKYTU BOŘIVÝCH VĚTRŮ

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

- celkové zvýšení mechanické a ekologické stability porostů
- vytvoření druhově, věkově a prostorově rozrůzněných porostů
- dosažení dostatečného podílu pionýrských a cílových dřevin s výrazným stabilizačním efektem
- zlepšení stavu lesních půd
- omezení kořenových deformací při umělé obnově
- včasnost a odpovídající intenzita výchovy, včetně zpevňovacích sečí
- snížení podílu pasečného (zejména holosečného) způsobu hospodaření
- snížení poškození spárkatou zvěří
- snížení škod působených těžbou a transportem dřeva (popř. jiných materiálů)

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ SPECIFICKÁ PRO DANÉ SUBRIZIKO

bořivý vítr v monokulturách mělce kořenících dřevin (zejména smrkových)

- uplatnění pestré druhové skladby v obnově s dostatečným podílem hluboko kořenících dřevin
- důsledný zdravotní výběr
- realizace porostních přeměn

bořivý vítr v porostech se zhoršeným kotvením dřevin v důsledku acidifikace a nutriční degradace půd

- omezení stromové technologie (koloběh živin, omezení poškození těžbou)
- snížení podílu jehličnanů (snížení kyselé depozice)
- zvýšení podílu MZD

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK

- postupné snížení obmýtí
- použití jemnějších obnovních prvků
- včasná výchova s cílem maximalizace individuální i skupinové stability, podpora vitálních stromů
- podpora přirozené obnovy
- omezení holosečí, striktní dodržování směru obnovy kolmo na směr větru
- včasné přeměny a zpevňovací seče, využití větruvzdorných dřevin (pasečný les)
- vytváření odolného polopropustného porostního pláště
- zvýšení zastoupení hluboko kořenících dřevin a pionýrských dřevin s výrazným melioračním efektem, uplatnění zásady „min. 3 × 20 %“[1]
- jednotlivé, hloučkovité smíšení, malé skupiny
- vnášení dřevin s pozitivním vlivem na hydrický režim (např. snížení zamokření výsadbou olše)

bořivý vítr v porostech se zanedbanou nebo slabou porostní výchovou

- včasnost a odpovídající intenzita výchovných zásahů s individuální podporou vitálních stromů

bořivý vítr v porostech s vysokým rozsahem poškození loupáním a ohryzem

- snížení stavů zvěře a optimalizace mysliveckého managementu – použít legislativní, ekonomická i organizační opatření

bořivý vítr v porostech s mechanickým poškozením kmenů a kořenů transportem dřeva a mechanizací

- zlepšení technologické přípravy pracovišť
- řádné rozčlenění porostů
- šetrný transport dřeva
- optimalizace cestní sítě

bořivý vítr v imisně postižených oblastech

- na silikátových substrátech snížit zastoupení jehličnanů (zejména smrku) pod 50 %

bořivý vítr v horských polohách

- pěstování dřevin v bioskupinách – prostorová diferenciace
- obnova pod mateřským porostem nebo porostem pionýrských dřevin s postupným uvolňováním
- nepasečné způsoby hospodaření
- ponechávání vyššího podílu dřeva k dekompozici (zejména tenké a kůra, listnáče) – nepálit klest, netěžit štěpku, omezit stromové metody
- omezení škod zvěří, ochrana proti nim
- využití nových metod pro identifikaci rizika (modely proudění vzduchu apod.)
- biologická revitalizace půd – souběh s opatřeními uvedenými výše
- striktní dodržování správného postupu obnovy lesních porostů kolmo na směr bořivých větrů

[1] V dřevinné skladbě minimálně 3 dřeviny, přičemž zastoupení každé bude nejméně 20 %.

ZVÝŠENÍ ČETNOSTI EXTRÉMNÍCH SRÁŽEK

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

- zlepšení infiltračních, retenčních a odtokových poměrů s cílem zmenšit rizika vzniku povodní, eroze a sesuvů půdy
- zvýšení mechanické stability porostů – pevnější ukotvení stromů
- zvýšení druhové a strukturní bohatosti lesa
- zlepšení stavu lesních půd
- zvýšení podílu disponibilní vody pro lesní porosty – zpomalit odtok a zvýšit infiltraci tam, kde odtok významně sníží zásobu disponibilní vody (mimo území ohrožená sesuvy)

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ SPECIFICKÁ PRO DANÉ SUBRIZIKO

přívalové deště – erozní poškození

- přibližovací a vyklizovací linky vedené s malým spádem
- omezení soustřeďování vody v pojezdových rýhách a kolem cest (rozptylovat vodu)
- omezení pozemního soustřeďování dřeva
- zlepšení kvality půdního krytu (humusové formy a přízemní vegetace) z hlediska infiltrace
- ponechávání vyššího podílu mrtvého dřeva (překážky odtoku, stabilizace svahu)
- zvýšení podílu hluboko kořenících dřevin – zvýšení infiltrace (vytváření makropórů)
- zvýšené uplatnění pionýrských dřevin minimálně jako dočasné příměsi na půdách postižených acidifikací a degradací (zejména imisní oblasti se zhoršenými fyzikálními vlastnostmi půd a omezeným prokořeněním)
- úprava koryt toků – tak aby nedocházelo k nežádoucímu zvýšení odtoku v období mezi přívalovými srážkami

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK

- revitalizace erozních rýh, pojezdových tras, nevhodných nevyužívaných cest ve svazích a nevhodného odvodnění
- důsledné rozptylování vody soustředěné cestní sítí (z tohoto hlediska prověřit a upravit stávající komunikace)
- při projektování lesních cest v oblastech ohrožených sesuvy důsledně zohledňovat toto riziko
- úprava druhové skladby ve prospěch dřevin s melioračním efektem (revitalizace půd pro zlepšení infiltrace)
- při obnově lesa na podmáčených holinách využívat dvoufázovou obnovu
- zvýšení pestrosti dřevinné skladby – zejména dosažení dostatečného podílu hluboko kořenícícch dřevin
- prodloužení obnovních dob
- celkové omezení nebo vyloučení holosečí
- nepasečné způsoby hospodaření

sesuvy půdy

- zvýšení zastoupení dřevin s kořenovým systémem dobře vázajícím půdu (jilmy, klen, lípy, buk, duby, habr) – minoritní opatření (nízká účinnost)

mokrý sníh

- menší zastoupení neopadavých jehličnanů (nežádoucími účinky je snížení intercepce a případné zrychlení jarního odtávání sněhu)
- včasná a přiměřeně intenzivní výchova směřující k optimalizaci individuální i skupinové mechanické stability
- jednotlivé smíšení či malé skupiny – snížení pravděpodobnosti vzniku kompaktních sněhových závěsů

krupobití

- obnova pod mateřským porostem

TEPLOTNÍ EXTRÉMY

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

- vyšší zastoupení dřevin se širokou ekologickou amplitudou
- udržování porostního mikroklimatu
- optimalizace vodního režimu

extrémní výkyvy teplot, extrémně vysoké a nízké teploty

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK

- omezení odvodňování a zvýšení retence vody v území (odvodnění vede k zvýšení teplotní extremity)
- zvýšení zastoupení sukcesních dřevin (tolerantních vůči teplotním extrémům)
- přirozená obnova
- dvoufázová obnova, využití podsadeb a podsíjí
- celkové omezení nebo vyloučení holosečí
- nepasečné způsoby hospodaření
- revitalizace půd umožňující hlubší prokořenění (omezení kyselé depozice, využití melioračních a zpevňujících dřevin, více biomasy ponechané k dekompozici – podrobněji viz výše)

ZVÝŠENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI PŘEMNOŽENÍ LISTOŽRAVÉHO HMYZU

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

- snížení možnosti vzniku holožírů a plošného poškození porostů – dosažení druhové a strukturní bohatosti
- omezení abiotických, biotických i antropogenních predispozic
- podpora přirozených nepřátel

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK

- monitoring, prevence, včasné zjištění přemnožení
- rozvoj využití predátorů a parazitoidů – vývoj a ověření nových biologických prostředků na ochranu dřevin
- zvýšení druhové a strukturní bohatosti lesa – jednotlivé smíšení či smíšení v malých skupinách, věková rozrůzněnost = nižší riziko přemnožení

ZVÝŠENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI PŘEMNOŽENÍ KAMBIOXYLOFÁGNÍHO HMYZU

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

- omezení vzniku sucha – viz cíle u rizikového momentu „sucho“
- omezení dalších predispozic
- zajištění mechanické stability – viz cíle u rizikového momentu „zvýšení četnosti bořivého větru“
- revitalizovat acidifikované a degradované půdy

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ SPECIFICKÁ PRO DANÉ SUBRIZIKO	ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK
přemnožení v důsledku přísušků (predispozice a iniciace)	
omezení ztrát vody zrychleným odtokem a sníženou infiltrací – viz opatření u rizikového momentu „sucho“	monitoring, prevence, včasné vyhledání a sanace stromů napadených kambiofágním hmyzem zvýšení druhové, věkové a prostorové diverzity lesa, vyšší podíl MZD, limit podílu jehličnanů, zásada „minimálně 3 × 20 %“ – viz opatření u rizikového momentu „zvýšení četnosti výskytu bořivých větrů“ ponechání dostatku tlejícího dřeva – viz opatření u rizikového momentu „sucho“ rozvoj využití predátorů a parazitoidů – vývoj a ověření nových biologických prostředků na ochranu snížení obmýtí dlouhá obnovní doba, větší uplatnění výběrů a sukcesních dřevin
přemnožení v důsledku pozdního zpracování polomů, vývratů a napadených stromů (nejen u smrku)	
organizační a technologická opatření pro včasné vyhledání a sanaci stromů napadených kambiofágním hmyzem (a obecně – dodržování zásad prevence a ochrany)	
přemnožení vlivem fyziologického oslabení stromů z jiných příčin	
revitalizace acidifikovaných a degradovaných půd (podrobněji viz předchozí rizikové momenty)	

ŠÍŘENÍ NEPŮVODNÍCH INVAZIVNÍCH A KARANTÉNNÍCH DRUHŮ

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

- vytvoření bariér pro šíření
- vytvoření diversifikovaného systému zamezení, redukce či řízení jejich šíření

	ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK
šíření chorob a škůdců ***šíření jiných nepůvodních organismů***	precizace systému analýzy rizik precizace legislativy a vytvoření diferencovaných managementových zásad – dle typu území rozrůznit nutná a potřebná opatření revize myslivecké legislativy a praxe – vypuštění minimálních stavů pro introdukované invazní druhy zvěře, redukce početnosti těchto druhů v honitbách

ZVÝŠENÝ VÝSKYT DŘEVOKAZNÝCH HUB

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

- snížit podíl výskytu primárních hnilob
- minimalizovat poškození kmenů a kořenů umožňující infekci sekundárními dřevokaznými houbami
- minimalizovat výskyt deformací kořenů
- omezit negativní vlivy na přirozenou mikroflóru rhizosféry
- podpora ektomykorhiz

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ SPECIFICKÁ PRO DANÉ SUBRIZIKO

primární hniloby (zejména václavky a kořenovník vrstevnatý)

- omezení pěstování smrku na stanovištích ohrožených primárními hnilobami – zejména na bývalých zemědělských půdách a na bohaté ekologické řadě
- technologie pěstování sadebního materiálu nedeformující kořenový systém sazenic a minimalizující narušení mykorhizy
- přednostní využívání přirozené obnovy (vyloučení rizika deformací kořenového systému a narušení mykorhizy při výsadbě), případně využití síjí

sekundární hniloby (ranové hniloby)

- důsledný zdravotní výběr – snížení podílu stromů poškozených loupáním a ohryzem (prevence i ochrana)
- kvalitní technologická příprava pracovišť, rozčlenění porostů, směrové kácení

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK

- omezení pěstování jednotlivých druhů dřevin na pro ně nepříznivých stanovištích z hlediska predispozice a prezence hnilob
- omezení pěstování smrku, zejména na ohrožených stanovištích
- zlepšování půdních vlastností využitím přípravných dřevin (čerpání organického dusíku a vylepšení mykorhizních poměrů)
- dosažení únosných stavů spárkaté zvěře (základního předpokladu omezení škod loupáním a ohryzem), zajištění legislativní rámce umožňujícího účinnou korekci mysliveckého hospodaření dle míry poškození lesních porostů
- důsledné zvažování a omezování negativních vlivů na mikroflóru rhizosféry (například vlivem hnojení a vápnění lesních porostů)
- plné využití přirozené obnovy
- kvalita a vhodná technologie zalesňování, využívání podsíjí a síjí
- snížení obmýtí
- technologická kázeň, uplatňování vhodných transportních technologií s cílem omezit poškození kmenů a kořenů při těžbě a transportu dřeva
- případná poškození kmenů způsobená technickými prostředky včas ošetřit ochrannými fungicidními nátěry
- zvýšení druhové a strukturní bohatosti lesa – věková a druhová diverzifikace obecně snižuje riziko většího působení dřevokazných hub

ZVÝŠENÍ ČETNOSTI PŘEMNOŽENÍ DROBNÝCH HLODAVCŮ

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

» využívání v maximální míře přirozené obnovy

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ SPECIFICKÁ PRO DANÉ SUBRIZIKO	ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK
vyšší ztráty na semenech lesních dřevin (důsledkem je nižší množství jedinců z přirozené obnovy) » podpora vyšší plodivosti dřevin, větší stromové rozestupy = větší koruny » důsledné využívaní semenných roků pro přirozenou obnovu	» podpora přirozených nepřátel, (drobné šelmy, dravci, sovy), zlepšení hnízdních možností » omezení holosečného hospodaření » nepasečné způsoby hospodaření pro kontinuální přirozenou obnovu » zvýšení pestrosti dřevinné skladby
vyšší poškození jedinců vzniklých z přirozené nebo umělé obnovy » podpora vysokých počtů jedinců v přirozené obnově pro zajištění dostatku kvalitních nepoškozených jedinců	

ZVÝŠENÝ ROZSAH KALAMITNÍCH HOLIN A PROŘEDĚNÝCH POROSTŮ

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

» zvýšení ekologické stability lesa (včetně mechanické stability porostů)
» snížení kyselé depozice
» revitalizace degradovaných půd

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ SPECIFICKÁ PRO DANÉ SUBRIZIKO	ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK
destrukce porostů abiotickými faktory » včasné výchovné zásahy k mechanickému zpevnění porostů » zvýšení druhové a prostorové diverzity lesa » snížení podílu stromů poškozených loupáním a ohryzem » omezení poškození kmenů a kořenů při těžbě a transportu dřeva	» opatření uvedená u rizikového momentu „zvýšení četnosti výskytu bořivých větrů“ » uplatnění sukcesních dřevin při obnově kalamitních holin » využívání dvoufazové a souběžné obnovy lesa na kalamitních holinách » zvýšení druhové a strukturní bohatosti lesa » vytváření vhodného porostního okraje a naopak zamezení vzniku stěn dospělých porostů » podsadby a podsíje především do porostů stejnověkých (smrkových), s cílem předejít problémům s obnovou kalamitních holin » přiměřené omezení negativního vlivu nežádoucí vegetace (buřeně) – omezení konkurence při zachování ochranného efektu (ochrana proti škodám zvěří, snížení extremity teplot…) » dosažení únosných stavů zvěře umožňujících obnovu citlivých dřevin a zbraňující významnějšímu vzniku ohryzu a loupání
destrukce porostů biotickými faktory » opatření uvedená u „zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambioxylofágního hmyzu“	
destrukce porostů jinými faktory (imise, hynutí z nespecifických příčin) » dosažení vyššího podílu MZD (revitalizace půd) » ponechání biomasy k dekompozici (zejména tenké a nekvalitní listnaté dřevo a kůra) » snížení kyselé depozice (podíl jehličnanů blízký přirozenému zastoupení) » revitalizace acidifikovaných či degradovaných půd	

ACIDIFIKACE A NUTRIČNÍ DEGRADACE LESNÍCH PŮD

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

» postupná převážně biologická revitalizace půd

» zvýšení vitality a ekologické stability lesa

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ SPECIFICKÁ PRO DANÉ SUBRIZIKO

imisní zátěž (acidifikace, těžké kovy, jiné škodlivé látky)

» primární opatření mimo lesnický resort

vliv hospodaření (změna druhové skladby, holoseče, odvodnění, eroze, nadměrný odběr živin těžbou biomasy)

» revitalizační opatření ke zlepšení stavu půd a porostů

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK

» změna druhové skladby ve prospěch melioračních a zpevňujících dřevin

» snížení podílu jehličnanů, zejména smrku, na podíl blízký přirozené skladbě

» celkové omezení nebo vyloučení holosečí

» sanace erozních rýh, pojezdových tras a jiných liniových prvků odvodňujících území,

» omezení nového odvodňování

» omezení pálení klestu

» omezení používání stromových technologií,

» ponechání vyššího podílu dřeva k dekompozici (zejména tenké a nekvalitní listnaté dřevo a kůru)

ZVÝŠENÍ RIZIKA VZNIKU LESNÍCH POŽÁRŮ

OBECNÉ CÍLE HOSPODAŘENÍ (ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ)

» optimalizace systému predikce, prevence a hašení lesních požárů

» snížení frekvence nebezpečných aktivit způsobujících požáry

důsledek sucha a vysokých teplot – zvýšení pravděpodobnosti zapálení porostu, podmínky pro rychlé šíření požárů

ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ PRO RIZIKOVÝ MOMENT JAKO CELEK

» využití všech metod a možností pro predikci vzniku požáru, pro jeho včasné odhalení a účinné hašení

» navýšení podílu listnatých dřevin v ohrožených lokalitách

» vytváření protipožárních pásů (pásů z obtížně hořlavých dřevin) a dalších ochranných prvků

» při obnově požářišť používat sukcesní dřeviny

» preventivní informační kampaně s cílem omezit nebezpečné aktivity vedoucí k požárům, zpřísnění restriktivních opatření

3 PŘEHLED ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

V následujícím přehledu najdete dvacet adaptačních opatření. Pro každé z nich jsou vymezeny přínosy respektive cíle jejich realizace, vymezena rizika, která z jejich realizace vyplývají a přiřazeny rizikové momenty, pro něž je realizace daného adaptačního opatření relevantní. Tam, kde to bylo účelné, jsou adaptační opatření rozdělena na podopatření. Podrobnější popisy jednotlivých adaptačních opatření jsou pak uvedeny v Katalogu adaptačních opatření (kapitola 5).

ZMĚNA DŘEVINNÉ SKLADBY

– celkové zvýšení pestrosti dřevinné skladby – uplatnění principu minimálně 3 × 20 %[1], větší uplatnění sukcesních dřevin

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení četnosti extrémních srážek
- zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambioxylofágů a listožravého hmyzu
- zvýšený výskyt dřevokazných hub
- zvýšený podíl kalamitních holin a ředin
- zvýšení četnosti přemnožení drobných hlodavců
- acidifikace a nutriční degradace
- teplotní extrémy

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- zvýšení odolnosti a adaptability porostů
- snížení rizika rozpadu porostu (rozložení rizik)
- zvýšení strukturní bohatosti
- zvýšení mechanické stability
- zvýšení biodiverzity
- zlepšení stavu lesních půd (či alespoň zpomalení zhoršování, závisí na komplexnosti opatření)
- snížení teplotní extremity

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- možné snížení objemu a hodnoty produkce
- náročnější výchova
- snížení podílu jehličnanů spojené přináší na jedné straně zvýšení mechanické stability vůči sněhu, na druhé straně snižuje intercepci a zrychluje jarní odtávání sněhu
- zvýšené náklady na vnášení a udržení nových druhů, potenciálně i následně na jejich těžbu

– zvýšení podílu hluboko kořenících dřevin

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení četnosti extrémních srážek
- zvýšený podíl kalamitních holin a ředin
- acidifikace a nutriční degradace půd

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- zvýšení infiltrace, zlepšení koloběhu živin
- zvýšení mechanické stability a snížení rizika vzniku kalamitních holin
- zvýšení biodiverzity

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- zvýšené náklady na vnášení a udržení nových druhů, potenciálně i následně na jejich těžbu
- pravděpodobné snížení objemu produkce

– zvýšení podílu suchuodolných dřevin

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení pravděpodobnosti kalamitního přemnožení kambioxylofágního hmyzu

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení přímého i nepřímého poškození suchem
- zvýšení druhové pestrosti dřevinné skladby

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- pravděpodobné snížení objemu produkce
- náročnější výchova
- zvýšené náklady – na vnášení a udržení nových druhů dřevin, potenciálně i následně na jejich těžbu

– zvýšení zastoupení listnáčů a snížení zastoupení jehličnanů

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení rizika vzniku lesních požárů
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- mokrý sníh
- acidifikace a nutriční degradace
- zvýšený výskyt dřevokazných hub

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení intercepce
- snížení kyselých depozic
- biologická meliorace půd

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- pravděpodobné snížení objemu produkce
- snížení objemu dodávek jehličnatého dříví pro dřevozpracující průmysl a potenciálně možné snížení tržeb pro vlastníky za dříví
- náročnější výchova, zvýšené náklady na ni
- na jedné straně zvýšení mechanické stability vůči sněhu, na druhé straně snížení intercepce a zrychlené jarní odtávání sněhu

– zvýšení zastoupení melioračních a zpevňujících dřevin

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení četnosti extrémních srážek
- teplotní extrémy

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
» zvýšení mechanické stability » zlepšení půdních vlastností	» pravděpodobné snížení objemu produkce » snížení objemu dodávek jehličnatého dříví pro dřevozpracující průmysl a potenciálně možné snížení tržeb pro vlastníky za dříví » náročnější výchova » na jedné straně zvýšení mechanické stability vůči sněhu, na druhé straně snížení intercepce a zrychlené jarní odtávání sněhu » zvýšené náklady – na vnášení a udržení nových druhů dřevin

– zvýšení využití přípravných dřevin

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšený výskyt dřevokazných hub
- zvýšení četnosti extrémních srážek
- teplotní extrémy

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
» zlepšení půdních vlastností » řešení obnovy po kalamitě	» náročnější výchova

[1] V dřevinné skladbě minimálně 3 dřeviny, přičemž zastoupení každé bude nejméně 20 %.

PRODLOUŽENÍ OBNOVNÍ DOBY

relevantní pouze pro pasečné způsoby hospodaření

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti extrémních srážek
- zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambixylofágního hmyzu

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
» zlepšení půdoochranné funkce » zlepšení podmínek pro přirozenou obnovu » vyšší vertikální rozrůzněnost » přechod na nepasečné formy hospodaření	» při předržení pasečného porostu jeho snížená stabilita vůči bořivým větrům a snížená odolnost k biotickým škůdcům » možnost vzniku zabuřenělých ředin a mezer bez obnovy, následně pak zvýšené náklady na obnovu » zvýšené náklady na obnovní těžby a vyšší nároky na organizaci a provádění častějších zásahů s nižší intenzitou v obnovovaných porostech

POSTUPNÉ SNÍŽENÍ OBMÝTÍ

relevantní pouze pro pasečný způsob hospodaření v lese vysokokmenném, prioritní by však mělo být co nejširší uplatnění výběrů

V oblasti HÚL:
– postupné snižování obmýtí v rámcích platné legislativy při tvorbě LHP
– plánování reálné výše předmýtní těžby a nahodilých těžeb

V provozní praxi:
– nezašetřování méně atraktivních starých porostů na úkor přetěžování atraktivních porostů na počátku mýtnosti
– snížení podílu nahodilých těžeb v předmýtních porostech

Pokud se vyčerpají předchozí možnosti:
– úprava legislativy - snížení dolní meze doporučených rozpětí obmýtí pro HS (podmíněno správnou interpretací závazného ustanovení maximální celkové výše těžeb v praxi)

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

» sucho
» zvýšení četnosti bořivých větrů
» zvýšený výskyt dřevokazných hub
» zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambioxylofágního hmyzu

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

» snížení pravděpodobnosti plošného rozpadu porostu
» snížení množství dřeva znehodnoceného hnilobami
» snížení rizika kalamitních přemnožení hmyzích škůdců
» snížení podílu nahodilých těžeb
» snížení četnosti vzniku kalamitních holin a proředěných porostů
» snížení nákladů

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

» vyšší těžební procento zejména u starších porostů může vést k rozvoji pasečného hospodaření a k širšímu využívání umělé obnovy, včetně zkrácení obnovních dob
» chybná interpretace obmýtí jako předpisu těžeb (správně je to však horní limit) může znamenat skokové navýšení těžeb a tak i nárůstu emisí CO_2
» razantní (plošné náhlé) snížení obmýtí může v důsledku těžební nepřipravenosti porostů vést k nárůstu nahodilých těžeb (snížení obmýtí realizovat jen v předem stabilizovaných porostech schopných přirozené obnovy)
» snížení podílu zralostních stádií porostů (vyšší biodiverzita), může vést k poklesu biodiverzity v územích s vysokým podílem porostů se snižovaným obmýtím
» snížení půdoochranné funkce
» nižší využití růstového potenciálu dané dřeviny a produkčního potenciálu stanoviště

PLNÉ VYUŽITÍ PŘIROZENÉ OBNOVY

– větší uplatnění podrostních způsobů hospodaření s dlouhou obnovní dobou nebo výběrů
– omezení škod zvěří na přirozené obnově citlivých dřevin (dosažení únosných stavů spárkaté)
– větší využití přirozené obnovy sukcesních dřevin

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- teplotní extrémy
- zvýšení četnosti výskytu bořivých větrů
- zvýšený výskyt dřevokazných hub

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- zvýšení genetické variability
- vyšší uplatnění přírodního výběru – vyšší adaptabilita
- snížení rizika nezdaru zalesňování
- snížení nákladů na zalesňování
- snížení rizika primárních hnilob

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- ztížené docílení či udržení bohaté dřevinné skladby (při vzniku hustých nárostů převažující dřeviny)
- v rámci pasečného hospodářského způsobu pravděpodobně vyšší náklady na první výchovné zásahy
- nepravidelnost semenných let
- vznik zabuřenělých ředin na místech s neúspěšnou obnovou

ZMĚNY FORMY SMÍŠENÍ A TEXTURY POROSTŮ

– jednotlivé smíšení
– smíšení v malých skupinách
– zvýšení vertikální diverzity porostů

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení četnosti extrémních srážek (zejména mokrého sněhu)
- zvýšený výskyt dřevokazných hub
- zvýšení pravděpodobnosti
- přemnožení kambioxylofágů
- zvýšení pravděpodobnosti přemnožení listožravého hmyzu
- zvýšený podíl kalamitních holin a proředěných porostů

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- zvýšení mechanické stability
- zvýšení odolnosti proti biotickým škodlivým činitelům
- zvýšení biodiverzity
- snížení rizika kalamitních (plošných) rozpadů porostů

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- dlouhodobost realizace – ohrožení provozními chybami, změnami legislativy apod.
- nárůst nákladů na ochranu obnovy před zvěří
- zvýšení rizika poškození hlodavci
- v pasečném způsobu hospodaření nárůst nákladů na výchovu
- ztížená kontrola, evidence a pěstební péče

VÝMLADKOVÉ LESY

– nízký a střední les

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

» sucho

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
» omezení ztrát suchem při obnově porostů » nižší náklady na obnovu » na malých majetcích vyrovnanější produkce oproti vysokému lesu pasečnému	» nižší kvalita dřevní produkce » zvýšený odběr živin » opakovaně uplatňovaná vegetativní reprodukce může snížit adaptabilitu populací na některé změny prostředí » nepřijetí zejména velkými vlastníky z důvodu podstatně nižší ekonomické efektivnosti

PŘECHOD NA NEPASEČNÉ FORMY HOSPODAŘENÍ

včetně omezení holosečí jako důsledku přechodu na podrostní a výběrné formy

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

» sucho
» zvýšení četnosti bořivých větrů[1]
» zvýšení četnosti extrémních srážek
» teplotní extrémy
» zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambioxylofágního hmyzu
» zvýšení pravděpodobnosti přemnožení listožravého hmyzu
» zvýšení četnosti přemnožení drobných hlodavců
» zvýšený podíl kalamitních holin a proředěných porostů
» acidifikace a nutriční degradace půd

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
» nižší náklady na obnovu a pěstební činnost » zvýšení mechanické stability » zvýšení odolnosti proti biotickým činitelům » snížení rizika kalamitních (plošných) rozpadů porostů » větší výnosová vyrovnanost zejména na malých majetcích » vyšší šetrnost vůči půdě, postupné zlepšení stavu půd » pravděpodobně příznivější hospodářský výsledek » přirozenější podmínky pro vývoj klimaxových dřevin » snížení ztráty uhlíku při mineralizaci humusu » zachování nebo zvýšení genetické diverzity	» vyšší nároky na odbornost personálu » podmíněno vhodnou organizační strukturou (velikost úseků, personální zabezpečení, způsob zajišťování činností apod.) » podmíněno únosnými stavy zvěře » vyšší nároky na dopravní zpřístupnění » u nepřipravených porostů či u porostů v pokročilých stádiích obnovy, zejména u smrku, se zvýší riziko rozpadu horní etáže » pravděpodobně vyšší náklady na těžbu

[1] *S výjimkou poslední fáze clonné obnovy smrku.*

OMEZENÍ VYUŽITÍ STROMOVÉ METODY

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- zvýšení četnosti bořivého větru v porostech se zhoršeným kotvením dřevin v důsledku acidifikace a nutriční degradace půd
- sucho

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
- zlepšení koloběhu živin - snížení výparu	- zvýšená poptávka po biomase pro energetické účely, která by zvýšila tlak na využití stromové technologie a využívání nadzemní biomasy, či poptávka pro využití pro výrobu nábytkářských a konstrukčních produktů.

NOVÉ METODY PRO IDENTIFIKACI A PREDIKCI RIZIK

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení pravděpodobnosti kalamitního přemnožení listožravého či kambioxylofágního hmyzu

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
- územní diversifikace managementu dle rizika	- ekonomická náročnost nových metod – výběr vhodného modelu a zvýšené náklady spojené s evidencí a sběrem dat pro uvedené modely

PONECHÁVÁNÍ VYŠŠÍHO PODÍLU BIOMASY K DEKOMPOZICI

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení četnosti extrémních srážek – přívalové deště
- zvýšený rozsah kalamitních holin a proředěných porostů
- acidifikace a nutriční degradace půd

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
- zlepšení koloběhu živin - zvýšení biodiverzity - zlepšení mikroklimatu při povrchu půdy, - zlepšení hydrických poměrů (snížení rizika eroze, zpomalení odtoku, zlepšení retenční schopnosti půd)	- snížení objemu produkce - terénní překážky – ztížení pohybu po porostech - zvýšení rizika požáru - v okolí vodních toků riziko splavení dřeva a ohrožení příčných objektů na toku

SNÍŽENÍ VLIVU ZVĚŘE NA POROSTY

– management zvěře (především dosažení únosných stavů spárkaté zvěře)

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho[1]
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšený výskyt dřevokazných hub
- zvýšený rozsah kalamitních holin a proředěných porostů

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- umožnění realizace dalších adaptačních opatření, zejména pak: ZMĚNY DŘEVINNÉ SKLADBY, PLNÉHO VYUŽITÍ PŘIROZENÉ OBNOVY a ZMĚN FORMY SMÍŠENÍ A TEXTURY POROSTŮ
- zvýšení druhové diverzity porostů
- udržení minoritně zastoupených dřevin
- zvýšení genetické diverzity vznikajících porostů
- snížení nákladů na zalesňování a ochranu obnovy
- zvýšení odolnosti proti bořivému větru a mokrému sněhu
- snížení škod působených dřevokaznými houbami

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- negativní dopady na populaci zvěře při chybně realizovaném snižování její početnosti
- zvýšení škod na intenzivně navštěvovaných lokalitách při chybně realizovaném snižování její početnosti
- riziko politického a legislativního neúspěchu, a v nepřijetí daných opatření příslušnými zodpovědnými organizacemi a celou praxí v oblasti chovu zvěře a myslivosti

[1] Při pomalejším odrůstání díky suchu prodloužení doby, kdy může dojít k poškození zvěří, vyšší mortalita při koincidenci sucha a poškození okusem.

ZPEVNĚNÍ POROSTNÍCH OKRAJŮ, ZPEVŇOVACÍ PÁSY

– zpevňující prvky
– uplatnění odolných druhů dřevin a včasná a silná výchova

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- zvýšení mechanické stability
- zvýšení strukturní bohatosti
- zlepšení mikroklimatu

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- možné snížení objemu a kvality produkce v porostních okrajích
- poškozování zemědělskou praxí či jinými na lesní okraje navazujícími aktivitami
- poškození při těžbě
- lesnicko-politické změny
- podcenění tvorby, nebo nesprávná tvorba při výchově a obnově konkrétního porostu – prolámání porostního okraje
- nákladová náročnost odrazující vlastníky od realizace

ZMĚNY POSTUPŮ VÝCHOVY V PASEČNÉM LESE

– časnější výchovné zásahy
– intenzivní výchova zaměřená na individuální podporu vitální kostry porostu (zejména úrovňové zásahy ve smrkových porostech)
– výchova zaměřená na zvýšení druhové diverzity porostu (podporu příměsí)

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení četnosti extrémních srážek – mokrý sníh
- zvýšený výskyt dřevokazných hub
- zvýšení pravděpodobnosti kalamitního přemnožení kambioxylofágního hmyzu

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- zlepšená dostupnost vláhy
- zlepšená dostupnost živin
- zvýšená odolnost proti bořivému větru
- zvýšená odolnost proti biotickým škůdcům

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- ve starších nepřipravených porostech riziko rozpadu či ztrát na produkci
- neochota realizovat změny – vyšší odborná a časová náročnost

ZLEPŠENÍ TECHNOLOGICKÉ PŘÍPRAVY PRACOVIŠŤ PŘED TĚŽBOU

– přibližovací a vyklizovací linky vedené s malým spádem
– důsledná technologická příprava pracovišť – pracovní pole, transportní rozhraní směrové kácení, vyznačení linek, ochrana stromů v místech změny směrů přibližování apod. *(zejména u menších majetků, probíhá mnohdy živelně)*

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

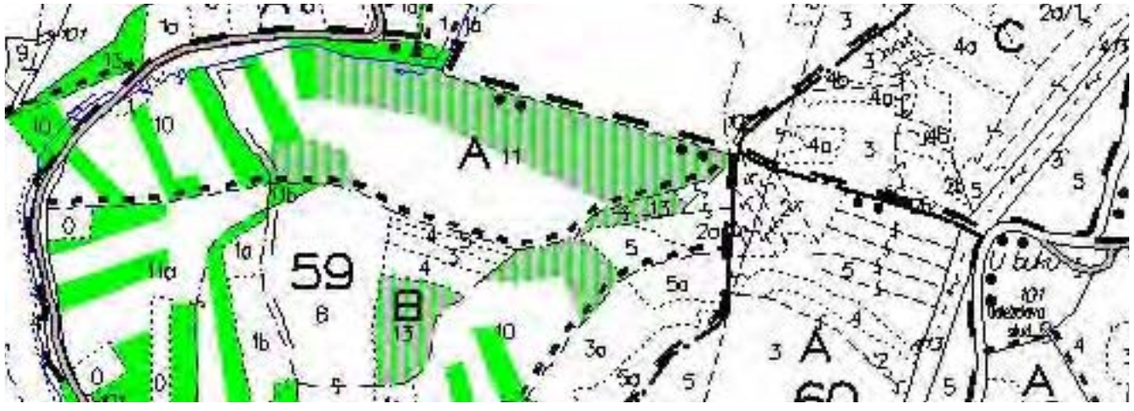
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení četnosti extrémních srážek
- zvýšený výskyt dřevokazných hub

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- omezení erozních jevů,
- snížení rozsahu a intenzity poškození kmenů s následným vznikem sekundárních hnilob
- zlepšení odtokových poměrů a kvality vod

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- obtížnější změna při již dříve provedené technologické přípravě pracovišť, pokud bude stávající technologie, pro kterou byl návrh vypracován, nahrazena technologií jinou



OMEZENÍ ŠKOD ZPŮSOBENÝCH MECHANIZACÍ

– zlepšení technologické přípravy pracovišť
– využití optimální technologie
– proškolení a hmotná zainteresovanost obsluhy na minimalizaci škod
– používání prostředků k ochraně kmenů před poškozením (odrazníky apod.)
– včasné ošetření vzniklých poškození

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti bořivých větrů
- zvýšení četnosti extrémních srážek
- zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambioxylofágního hmyzu
- zvýšený výskyt dřevokazných hub
- zvýšený rozsah kalamitních holin a proředěných porostů
- acidifikace a nutriční degradace půd

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení škod působených mechanizací na dřevní zásobě, obnově, půdě a vodě
- zvýšená odolnost proti bořivému větru
- omezení výskytu dřevokazných hub (hnilob)

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- možný nárůst nákladů na přibližování dřeva
- nedostupnost vhodné technologie v místě provádění těžebního zásahu

ÚPRAVA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

– omezit primární záměrné i sekundární odvodnění lesů

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti extrémních srážek – přívalové deště
- teplotní extrémy
- zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambioxylofágního hmyzu
- acidifikace a nutriční degradace půd

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení ztrát živin
- zmírnění teplotních extrémů
- zpomalení mineralizace humusu (snížení emise uhlíku)
- zvýšení zásob vody v území –vyrovnanější odtok

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- zvýšení rizika vývratů zejména u smrku
- nutnost přizpůsobení druhové skladby – pravděpodobně s nižší produkcí
- technologická omezení zejména v transportu dřeva

– úprava koryt toků – tak aby nedocházelo k nežádoucímu zvýšení odtoku v období mezi přívalovými srážkami

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- sucho
- zvýšení četnosti extrémních srážek – přívalové deště
- teplotní extrémy
- zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambioxylofágního hmyzu
- acidifikace a nutriční degradace půd

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení eroze

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- zvýšené náklady na technické úpravy koryta a další technická opatření

PROTIEROZNÍ ÚPRAVY

– revitalizace erozních rýh, pojezdových tras, nevhodných nevyužívaných cest ve svazích a nevhodného odvodnění

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- zvýšení četnosti extrémních srážek – přívalové deště
- zvýšení četnosti extrémních srážek – sesuvy půdy

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení eroze
- zlepšení odtokových poměrů

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- technologická omezení zejména v transportu dřeva

– realizace nových protierozních opatření

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- zvýšení četnosti extrémních srážek – přívalové deště
- zvýšení četnosti extrémních srážek – sesuvy půdy

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení eroze
- zlepšení odtokových poměrů

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- ekonomická a provozní náročnost realizace
- negativní ovlivnění odtoku při chybné realizaci
- omezení produkční plochy, technologická omezení zejména v transportu dřeva

– úpravy koryt toků

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- zvýšení četnosti extrémních srážek – přívalové deště
- zvýšení četnosti extrémních srážek – sesuvy půdy

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení eroze
- zlepšení odtokových poměrů

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- ekonomická a provozní náročnost realizace
- nežádoucí zvýšení odtoku v období mezi přívalovými srážkami

– omezení pozemního soustřeďování dřeva

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- zvýšení četnosti extrémních srážek – přívalové deště
- zvýšení četnosti extrémních srážek – sesuvy půdy

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení eroze
- zlepšení odtokových poměrů

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- zvýšené náklady

– projektování lesních cest zohledňující riziko sesuvů

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- zvýšení četnosti extrémních srážek – přívalové deště
- zvýšení četnosti extrémních srážek – sesuvy půdy

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)

- snížení eroze
- zlepšení odtokových poměrů

MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE

- zvýšené náklady

ROZVOJ VYUŽITÍ PREDÁTORŮ A PARAZITOIDŮ

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- zvýšení pravděpodobnosti přemnožení kambixylofágního hmyzu
- zvýšení pravděpodobnosti přemnožení listožravého hmyzu

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
» vývoj a ověření nových biologických prostředků na ochranu dřevin	» nežádoucí nechtěné rozšíření nepůvodního druhu » nežádoucí nepředvídané dopady biologických prostředků a biopreparátů na necílové populace » vyšší náklady

VYTVOŘENÍ DIFERENCOVANÝCH MANAGEMENTOVÝCH ZÁSAD VE VZTAHU K NEPŮVODNÍM INVAZIVNÍM A KARANTÉNNÍM ORGANISMŮM

RIZIKOVÉ MOMENTY, PRO JEJICHŽ ŘEŠENÍ JE ADEKVÁTNÍ

- šíření nepůvodních invazivních a karanténních druhů

PŘÍNOSY (CÍLE REALIZACE)	MOŽNÁ RIZIKA VYPLÝVAJÍCÍ Z REALIZACE
» precizace legislativy » rozrůznění managementových opatření dle typu území (přirozenost, stupeň ochrany, cíle hospodaření…)	

4 KATALOG RIZIKOVÝCH MOMENTŮ

V následujícím katalogu najdete podrobné specifikace rizikových momentů představených v kapitole 2. Pro každý z nich je uveden bližší popis, predikce výskytu při změnách klimatu, přehled nejvýznamnějších dopadů na les a lesní hospodářství a přehled navržených adaptačních opatření (v širším vymezení než v kapitole 2, kde jsou adaptační opatření uvedena jen výčtem).

SUCHO

Specifikace rizikového momentu

Jde o situace, kdy vodní deficit (větší vydej než příjem) vede u dřevin ke vzniku vodního stresu. Deficit může vzniknout zvýšeným výdejem vody, sníženým příjmem vody nebo kombinací obojího. Vysoká rychlost transpirace může přitom být způsobena nízkou vlhkostí vzduchu, vysokou teplotou a ozářeností, silným větrem. Nízký příjem vody může být dán jejím nedostatkem v půdě (nejčastěji), ale také vysokou koncentrací solí či nízkou teplotou půdy (zmrzlá voda v půdě). Negativní vliv na dřeviny mohou mít jak krátkodobé výrazné nedostatky vody (zejména v citlivých obdobích, např. při rašení), tj. přísušky, tak zejména dlouhodobější nedostatky. Obecně je limitující pro dřeviny zejména dostupnost vody ve vegetační sezóně, signifikantní vliv na radiální růst může mít i podzimní či zimní disponibilní zásoba vody (ovlivňuje ukládání karboxyhydrátů pro jarní růst, distribuci, biomasu a vitalitu kořenů).

Ohroženy jsou všechny dřeviny, míra jejich ohrožení se však liší. Z hlavních hospodářských dřevin je nejohroženější dřevinou smrk ztepilý s plošným kořenovým systémem a vysokými nároky na srážky (přirozený výskyt v oblastech s ročními srážkami 700–800 mm a více). Borovice lesní je dřevinou tolerující sucho (přirozený výskyt v oblastech ročními úhrny srážek 200–1800 mm), kritické pro ni budou zejména situace, kdy dojde k náhlé výraznější změně v dostupnosti vody. U dubu letního existují dva vyhraněné ekotypy, a to lužní se značnými nároky na vláhu (snáší i jarní záplavy) a lesostepní se schopností růstu na mělkých, v létě silně vysychavých, půdách. Dub zimní zvládá půdy s poměrně širokým rozpětím množství vody. Znatelnější změny dostupnosti vody ovšem i u dubů mohou být kritické. Buk má ekologické optimem ročních srážek cca 800–1000 mm, obecně má vyšší nároky na vodu než duby a obvykle také citlivěji reaguje na změny její dostupnosti v půdě – i poměrně malé změny mohou vést k znatelnému vodnímu stresu a to dokonce i na hydromorfních půdách (SCHARNWEBER et al., 2012). Znatelné rozdíly vykazuje buk mezi jednotlivými ekotypy a lokálními populacemi. V některých oblastech může buk zvládat období se sníženou dostupností vody, zatímco jinde i poměrně malé změny ve srážkovém režimu mohou mít na jeho růst či zdravotní stav negativní vliv (DITTMAR et al., 2003).

Predikce jeho výskytu při GZK

Podle většiny významných scénářů vývoje klimatu (IPCC, projekt ACACIA) lze předpokládat, že ve střední Evropě v 21. století nedojde k výrazným změnám ročních úhrnů srážek, očekávané jsou zejména změny v distribuci a extremitě srážek. Obecně ohroženější je východní část s vyšší kontinentalitou. Predikovány a v posledních dvaceti letech také pozorovány jsou změny chodu teplot a distribuce srážek, zejména zvýšení četnosti tzv. „very wet days“ následovaných často kratšími i delšími suchými a teplými obdobími (PARRY et al. ,2000, TOLASZ et al., 2007) a z toho vyplývajícího snížení dostupné půdní vláhy (TRNKA et al., 2009; 2015). Kombinace vyššího celkového záření, vyšší teploty a deficitu tlaku vodních par zvyšujících evapotranspiraci, společně s dřívějším začátkem vegetační doby vedou již nyní v řadě oblastí k rychlejšímu vyčerpání zásob vody v půdě (např. TRNKA et al., 2015). Podle většiny scénářů bude tento trend dále pokračovat.

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Negativní vliv na produkci lesa – přímý vliv na utváření letokruhu, omezení tvorby pupenů, z kterých v následujících letech vznikají výhony.

Predispozice a iniciace chřadnutí a odumírání dřevin – MCDOWELL et al. (2008) v souladu s Manionovo spirálou chřadnutí (MANION, 1991) jmenoval tři mechanismy, které mohou při suchu vést k plošnému hynutí stromů: (1) extrémní sucho a teplo vedou ke kavitaci vodních sloupců ve dřevě (vznik vzduchových bublin přerušujících tok vody v trachejích) a tak k hydraulickému selhání s následným uhynutím dřeviny; (2) chronický vodní stres vede k deficitu uhlíku („uhlíkové vyhladovění“) a k souvisejícím metabolickým omezením, v souvislosti s tím mají stromy také sníženou schopnosti bránit se biotickým činitelům; (3) vyšší teploty mohou vyvolat zvětšení populací těchto biologických činitelů, které jim umožní zdolat oslabené hostitelské dřeviny. Jednotlivé mechanismy se přitom uplatňují různě při různých intenzitách a délkách trvání stresu.

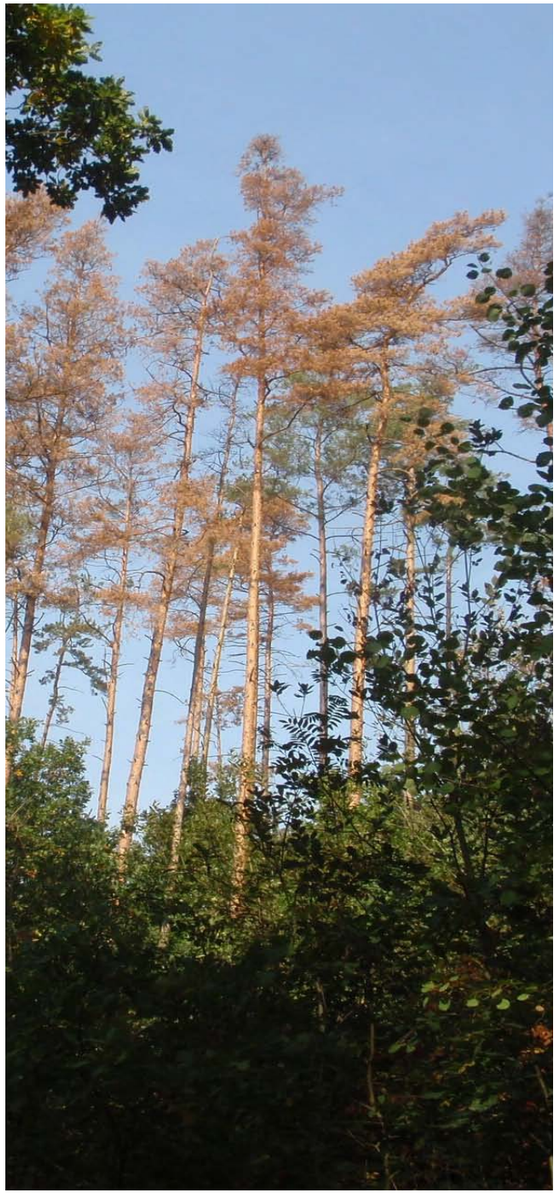
Zvýšení ohrožení biotickými stresory (viz předchozí bod) – příznivé podmínky pro gradace populací hmyzu, a to zejména vícegeneračních druhů jako jsou kůrovcovití brouci na smrku; jarní či letní přísušky jsou také typickým spouštěčem akutního průběhu napadení václavkami rodu *Armillaria*; předpokládat zde zvýšené uplatnění dalších hmyzích škůdců a houbových patogenů (např. vaskulárních mykóz, hub rodu *Phytophthora*); očekávané jsou změny v areálech škůdců a patogenů (VANHANEN et al., 2007) – posun směrem na sever a do vyšších nadmořských výšek.

Zvýšení ohrožení větrem a námrazou – důsledek předchozího proředění porostů suchem.

Zvýšení nezdarů zalesnění – zejména vlivem jarního sucha (viz výše).

Zvýšení rizika uplatnění lesních požárů – zejména v případě jarního a letního sucha.

Mechanické poškození jemných kořenů – především na těžkých jílovitých půdách může vlivem prosychání půdních horizontů docházet k rozpraskání půdy a mechanickému poškození jemných kořenů, celkové snížení resistence a rezilience



Navržená adaptační opatření:

postupné snížení obmýtí – zejména u smrku, cílem je především snížení rizika rozpadu porostu;

zvýšení pestrosti dřevinné skladby – cílem je snížení rizika plošného chřadnutí a zvýšení strukturní bohatosti, navýšit podíl kořenících dřevin (> infiltrace) a listnáčů (< intercepce a kyselá depozice), podmíněno snížením tlaku zvěře;

využití pionýrských a melioračních dřevin – zlepšení vlastností půd, včetně schopnosti držet vodu;

maximalizace využití přirozené obnovy – uplatnění přirozeného výběru při samozřeďování (selekce k vyšší adaptabilitě), zmenšení rizika nezdaru obnovy, podmíněno snížením tlaku zvěře;

využití vegetativní obnovy – cílem je snížení rizika nezdaru obnovy, možnost využití nízkého a středního lesa jako alternativy hospodaření;

dvoufázová, nebo souběžná obnova na kalamitních holinách – v první fázi využity pionýrské dřeviny, v druhé fázi cílové dřeviny; případně souběžné obnova cílových a přípravných dřevin;

využívání síjí a podsíjí – především pro přípravné dřeviny např. síje břízy na kalamitní holiny, podsíje při přeměnách druhové skladby i dřevinami cílovými (jedle), pro eliminace v sucha v první fázi obnovy využít přípravu půdy;

rozrůznění věkové a prostorové skladby – jednotlivé, hloučkovité a skupinovité smíšení (malé skupiny) s cílem úpravy porostního mikroklimatu a mezoklimatu, snížení plošných dopadů sucha;

maloplošné podrostní a nepasečné způsoby hospodaření – cílem je snížení rizika nezdaru obnovy (snížení rizika klimatické sypavky, zlepšení mikroklimatických podmínek pro obnovu), zvýšení možnosti uplatnění přirozené obnovy, snížení rizika plošného rozpadu (bohatá struktura vertikální i horizontální), podmíněno snížením tlaku zvěře;

vytváření kvalitního polopropustného porostního pláště – příznivý vliv na mikroklima a mezoklima;

časnější výchovné zásah, podpora vitálních stromů (korun) – cílem je snížení intercepce, snížení konkurence v kořenovém i korunovém prostoru u nejmladších stromů, dostatečné a včasné zvýšení individuální mechanické stability při co nejkratším narušení skupinové stability;

výsadba na podzim (dle průběhu počasí) – u primárního nedostatku vod, vyhýbání se jarním a letním přísuškům;

ponechávání vyššího podílu dřeva k dekompozici (nehroubí, větve, kůra), omezení pálení klestu a stromových metod;

úprava odtokových poměrů – zejména rušení nevhodného odvodnění, revitalizace erozních rýh, kolejí a pojezdových tras soustřeďujících vodu, rozptylování vody soustředěné lesními cestami;

opatření v porostech s porušenými či změněnými kořenovými systémy, narušenou mykorhizou – vyšší podíl dřevin s melioračním efektem, menší podíl neopadavých jehličnanů pro snížení kyselé depozice, omezení využití stromové metody.

ZVÝŠENÍ ČETNOSTI VÝSKYTU BOŘIVÝCH VĚTRŮ

Specifikace rizikového momentu

Termínem bořivý vítr jsou označovány větry, které mají destruktivní účinky na lesní dřeviny a jejich porosty. Takový charakter mohou mít v našich klimatických a geografických podmínkách: silný stálejší vítr, nárazový vítr, přepadové větry, větrné bouře, smršť a tornáda. Silné větrné poryvy zasahující větší území vznikají nejčastěji v zimním a jarním období při přechodu výraznějších front – při takových situacích vznikly například rozsáhlé polomy v letech 1990, 2007 či 2008. Vítr způsobuje široké spektrum mechanických poškození – dochází k ulamování větví či vrcholků, ke korunovým, podkorunovým i kmenovým zlomům, k přetrhání kořenů, k vývratům. Poškození je v porostech zpravidla skupinovité či plošné – padající stromy poškozují či strhávají další stromy ve směru větru. Kromě samotné produkce dřeva lesní polomy narušují a v některých případech zcela minimalizují ostatní mimoprodukční funkce lesa jako je rekreace, ekologická stabilita krajiny, ochrana půdy proti erozi a další.

Predikce jeho výskytu při GZK

V současnosti není jasná role globálních klimatických změn na lokální synoptické situace v průběhu roku. Příčiny celkově vyšších zaznamenaných škod způsobených silnými větry v posledních třech stoletích je nutné vidět především v dostatku informačních zdrojů, a také v rozvoji lidského osídlení a s tím spojenými většími způsobenými škodami. Z průzkumu výskytu silných větrů v českých zemích (BRÁZDIL et al., 2004) vyplývá, že do budoucna není možné dlouhodobě predikovat chování větru a výskyt vichřic na našem území. Obecně je možné konstatovat, že globální oteplování bude mít vliv na nestabilitu celkové termální stratifikace a nasycení atmosféry, což může mít za následek vyšší frekvenci výskytu silných větrů.

Výsledky některých odborných studií signalizují, že by se riziko polomů ve Střední Evropě mohlo působením klimatických změn během 21. století zvýšit, a to především v jehličnatých lesích. Například PANFEROV et al. (2009) modeloval riziko vzniku větrných polomů pro smrkové a borové porosty v oblasti Solling v Německu při různých scénářích rozvoje společnosti a od toho se odvíjející intenzity klimatických změn (dle IPCC). Riziko by se mělo během 21. století zvýšit. Při použití A1B scénáře dle (získávání energie z fosilních paliv a jiných zdrojů v rovnováze) je pravděpodobnosti poškození vyšší než při B1 scénáři (rychlý růst ekonomiky spolu s technologickým pokrokem, který klade důraz na ekologická a globální řešení problémů), při něm by v období 2041–2070 mohlo být riziko dokonce nižší než v současnosti (zatím však nic nenasvědčuje, že by se ekonomický a společenský vývoj ubíral tímto směrem). Pro smrkové porosty je při stejném klimatu a půdních podmínkách riziko poškození vyšší než pro borovice (u stejně starých porostů). Předpověď pro Českou republiku by velmi pravděpodobně (vzhledem k podobným podmínkám) byla obdobná německé. Rozsah škod bořivým větrem a umístění polomů budou samozřejmě nadále záviset na kombinaci místních podnebných a stanovištních faktorů, na zastoupení jednotlivých druhů dřevin, jejich věku a horizontální i vertikální struktuře porostů.

V průběhu posledních dvou desetiletí byly příčiny vzniku polomů zkoumány řadou dalších autorů (např. LOHMANDER, HELLES, 1987; PELTOLA, KELLOMÄKI,

1993; FRIDMAN, VALINGER, 1998; KERZENMACHER, GARDINER, 1998; GARDINER, QUINE, 2000; GARDINER, 2004; BYRNE, MITCHELL, 2013). Na jejich základě lze konstatovat, že vznik polomů je nejvíce ovlivněn lesnickým hospodařením (druhovou, věkovou a prostorovou skladbou lesních dřevin) a také celkovou strukturou krajiny, tj. prostorovým rozmístěním krajinných plošek s různým pokryvem. Významným faktorem zvyšujícím riziko škod působených bořivým větrem je poškození kmenů ohryzem a loupáním zvěří, mechanické poškození kmenů a kořenů těžbou a mechanizací a s tím související rozvoj sekundárních hnilob.

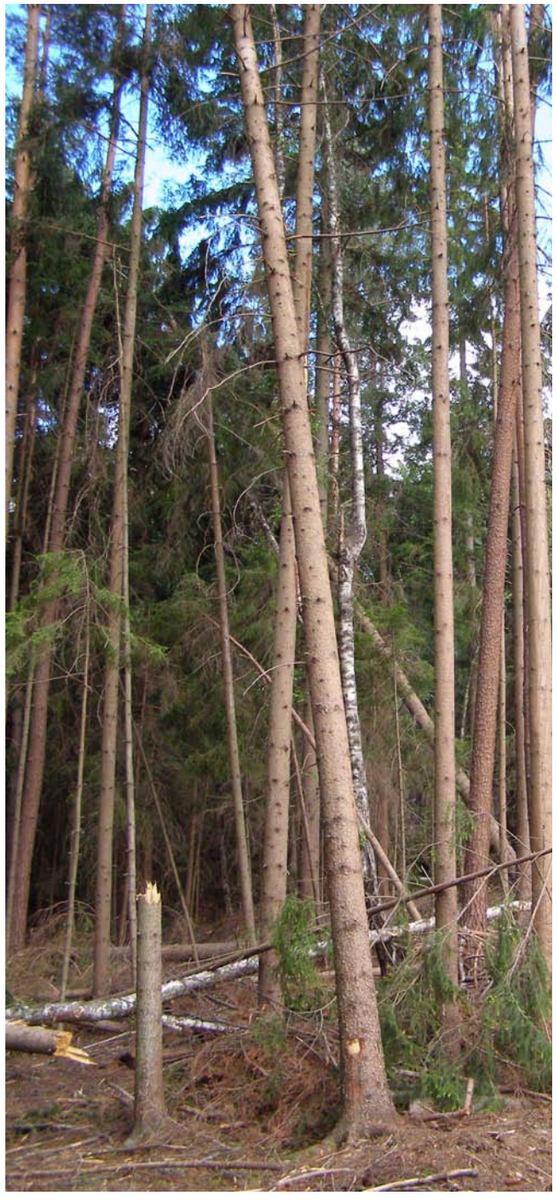
Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Dopady jsou dány především nárůstem nahodilých těžeb s ekonomickými a organizačními důsledky z toho vyplývajícími.

Ekonomické dopady – zvýšení nákladů (jak těžebních, tak následně nákladu na založení porostu vzhledem k nutnosti použití umělé obnovy, vyšší nutné ochraně na velkých holinách atd.), snížení výnosů (menší množství dříví), nižší zpeněžení.

Omezení možností využití jemnějších přírodě blízkých forem hospodaření, negativní dopady na vertikální a horizontální strukturu – po polomech zůstávají velké holiny, na kterých lze použít pouze umělou obnovu, vzniklé porosty jsou věkově, výškově unifikované, v důsledku toho v následných porostech zůstává vysoké riziko poškození větrem či sněhem, stejně tak hmyzími škůdci.

Omezení úmyslných těžeb a jejich důsledky – vysoké nahodilé těžby vedou k snížení úmyslných nahodilých těžeb a tím i k předržování kalamitou nepostižených porostů (a tak opět i zvyšování rizika jejich poškození), obvykle také vede vysoký objem nahodilých těžeb k menší či pozdnější realizaci výchovných těžeb.



Navržená adaptační opatření:

postupné snížení obmýtí – zejména v existujících poškozovaných, proředěných či rozpadajících se smrkových porostech;

prodloužení obnovních dob, použití jemnějších obnovních prvků – pro vyšší věkovou a prostorovou rozrůzněnost;

včasná výchova s cílem maximalizace individuální i skupinové stability, podpora vitálních stromů;

podpora přirozené obnovy – zamezení defektu kořenů, uplatnění přírodního výběru, podmíněno snížením tlaku zvěře;

omezení holosečí, striktní dodržování směru obnovy kolmo na směr větru;

včasné přeměny a zpevňovací seče, využití větruvzdorných dřevin (pasečný les);

vytváření odolného polopropustného porostního pláště;

zvýšení zastoupení hluboko kořenících dřevin a pionýrských dřevin s výrazným melioračním efektem, uplatnění zásady „min. 3 × 20 % “, podmíněno snížením tlaku zvěře;

jednotlivé, hloučkovité smíšení, malé skupiny;

vnášení dřevin s pozitivním vlivem na hydrický režim (např. snížení zamokření výsadbou olše);

obnova pod mateřským porostem nebo porostem pionýrských dřevin s postupným uvolňováním;

nepasečné způsoby hospodaření – zejména výběrný hospodářský způsob;

ponechávání vyššího podílu dřeva k dekompozici (zejména tenké a kůra, listnáče) – nepálit klest, netěžit štěpku, omezit stromové metody;

omezení škod zvěří, ochrana proti nim;

využití nových metod pro identifikaci rizika – mechanické metody (hodnotí stabilitu porostů na základě poznatků o stabilitě jedinců získaných na základě testování stability stromu vůči ohybu či zlomu); empirické metody (hodnotí stabilitu porostů na základě statistické analýzy přírodních faktorů, jako jsou např. klima, půda, reliéf, druhová skladba lesa apod.); poskytují prostorově lokalizovanou predikci rizika ohrožení lesních porostů větrem, nevýhodou je však stále nedostatek zdrojových dat – jsou většinou vázány na konkrétní kalamitu, na základě které dochází k tvorbě modelu, výsledky tak jsou vzhledem k heterogenitě přírodních poměrů komplikovaně obecně uplatnitelné; na základě digitálních modelů povrchu je možné také definovat vertikální strukturu porostů a jejich exponovanost dynamicky počítat na základě konkrétního zásahu při obnově lesa (MIKITA, BALOGH, 2015) – tento přístup je však nutné přenést již do fáze lesního hospodářského plánování při tvorbě hospodářských plánů a osnov. mechanicko-empirické (kombinace předchozích).

biologická revitalizace půd – souběh s opatřeními uvedenými výše;

striktní dodržování správného postupu obnovy lesních porostů kolmo na směr bořivých větrů – využití moderních technologií GIS a DPZ pro výpočet exponovanosti porostních okrajů.

ZVÝŠENÍ ČETNOSTI EXTRÉMNÍCH SRÁŽEK

Specifikace rizikového momentu

Extrémní srážkou rozumíme déšť vysoké intenzity, tzn. situaci, kdy za relativně krátký časový interval spadne relativně vysoké množství vody. V podmínkách České republiky se extrémní srážky obvykle charakterizují intenzitou srážky (ČHMÚ) nad 70 mm/12 h nebo 90 mm/24 h nebo 120 mm/48 h a představuje extrémní stupeň nebezpečí. Přívalový déšť bývá definován (ČHMÚ) jako silné přeháňky o intenzitě nad 40 mm/15 min nebo nad 50 mm/30 min nebo nad 70 mm/1 h nebo nad 90 mm/3 h, spojené s bouřkovou činností. Avšak ve většině případů mají pouze krátkou dobu trvání (do 30 minut) a jejich výskyt je pouze lokální (v řádech jednotek kilometrů čtverečních) s poměrně ostrým ohraničením.

Extrémní srážky působí na lesních porostech (i obecně) v zásadě primární a sekundární typ ohrožení. Primární typ ohrožení je dán přímým intenzivním působením dopadu vodních kapek, případně dopadem krup na lesní porosty, neméně důležitým aspektem je vliv v krátké době napadené sněhové pokrývky (zejména mokrého sněhu v jarních měsících). Sekundárním rizikovým momentem extrémních srážek jsou jednak relativně rychlé nasycení lesního půdního prostředí vodou, vedoucí až k zaplavení (působení hypoxie či anoxie na dřeviny, chemismus půdy a mikrobiální složky rhizosféry) a dále vznik tzv. bleskových povodní (BORGA et al., 2014; NOVÁK, TOMEK, 2015). Důsledky bleskových povodní jsou potom dalším rizikovým momentem, který má přímý vliv jednak na lesní porosty a jednak na lesnicko-hospodářskou infrastrukturu (lesní vodní síť, lesní dopravní síť atp.) a to zejména extremizací erozně-sedimentačního procesu.

Predikce jeho výskytu při GZK

Podle většiny významných scénářů vývoje klimatu (IPCC; projekt ACACIA; IPCC, 2007; EEA 2012) lze předpokládat, že ve střední Evropě v 21. století nedojde k výrazným změnám ročních úhrnů srážek, očekávané jsou změny v distribuci a extremitě srážek. Predikovány a v posledních dvaceti letech také pozorovány jsou změny distribuce srážek, zejména zvýšení četnosti tzv. „very wet days“ (PARRY et al. 2000, TOLASZ et al. 2007). Očekává se postupné zvyšování zvýraznění četnosti srážkových extrémů ve směru ze severozápadní Evropy na jihovýchod, což z východněji položených částí Evropy činí ty nejohroženější (BREDEMEIER, 2011). Je evidentní, že změna distribuce a intenzit srážek má výraznou korelaci spíše ke kumulované distribuci vyšších srážkových úhrnů v kratších obdobích, než k jejich v podmínkách střední Evropy "standardnímu" rozložení v průběhu roku (PILAŠ et al., 2014). Zvýšení četnosti extrémních srážek (resp. změna v distribuci srážek jako taková) se tak stává vedle sucha druhým hlavním atributem GKZ (LEHNER et al., 2006).

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Negativní vliv na celkový stav lesů – v souvislosti se suchými periodami a periodami s rychlým nástupem zamokření, či bleskových povodní pravděpodobně dojde k narušení vodního režimu lesů zejména v dolních částech toků a pánevních oblastech. Přívalové srážky v důsledku vysokého podílu odtoku snižují podíl vody, která z celkového srážkového úhrnu stačí infiltrovat do půdy, a tím snižují využitelnost srážek lesními porosty.

Přímé i nepřímé poškození lesních porostů (zlomy, vývraty a další poškození) – vývraty při zvýšeném zamokření půd v důsledku bleskových povodní, vznik zlomů v důsledku jarního mokrého sněhu, likvidace asimilačního aparátu při extrémních krupobitích atd.

Zvýšení ohrožení biotickými stresory – vznik příznivých podmínek (viz předchozí bod) pro infekce dřevokazných hub a gradace populací podkorního hmyzu.

Zvýšení ohrožení větrem – důsledek předchozího poškození porostů.

Zvýšení nezdarů zalesnění – zejména vlivem erozně-sedimentačního procesu.

Ohrožení lesotechnické infrastruktury – lesní vodní síť, lesní dopravní síť atd.

Navržená adaptační opatření:

CELKOVÁ

revitalizace erozních rýh, pojezdových tras, nevhodných nevyužívaných cest ve svazích a nevhodného odvodnění;

důsledné rozptylování vody soustředěné cestní sítí (z tohoto hlediska prověřit a upravit stávající komunikace);

zvýšení pestrosti dřevinné skladby – především dosažení dostatečného podílu hlubokokořenících dřevin, podmíněno snížením tlaku zvěře;

prodloužení obnovní doby;

při obnově lesa na podmáčených holinách využívat dvoufázovou obnovu;

celkové omezení nebo vyloučení holosečí;

nepasečné způsoby hospodaření.

PRO SUBRIZIKA PŘÍVALOVÉ DEŠTĚ – EROZNÍ POŠKOZENÍ A SESUVY PŮDY

zvýšení zastoupení dřevin s kořenovým systémem dobře vázajícím půdu (jilmy, klen, lípy, buk, dub, habr);

zvýšené uplatnění pionýrských dřevin minimálně jako dočasné příměsi na půdách postižených acidifikací a degradací (zejména imisní oblasti se zhoršenými fyzikálními vlastnostmi půd a omezeným prokořeněním);

přibližovací a vyklizovací linky vedené s malým spádem;

protierozní úpravy nejvíce ohrožených míst (terasování, průlehy);

při projektování lesních cest v oblastech ohrožených sesuvy důsledně zohledňovat toto riziko;

omezení pozemního soustřeďování dřeva;

úprava koryt toků – směrové poměry, výškové uspořádání koryt a průtočných průřezů, podélná opevnění, příčné objekty;

ponechávání vyššího podílu mrtvého dřeva (překážky odtoku, stabilizace svahu);

výmladkové lesy – tam, kde rychlostí obnovy přispějí k stabilizaci svahů.

PRO SUBRIZIKO MOKRÝ SNÍH

menší zastoupení neopadavých jehličnanů (nežádoucími účinky je snížení intercepce a případné zrychlení jarního odtávání sněhu);

včasná výchova směřující k maximalizaci individuální i skupinové mechanické stability;

jednotlivé smíšení či malé skupiny – snížení pravděpodobnosti vzniku kompaktních sněhových závěsů.

PRO SUBRIZIKO KRUPOBITÍ

obnova pod matečným porostem.

TEPLOTNÍ EXTRÉMY

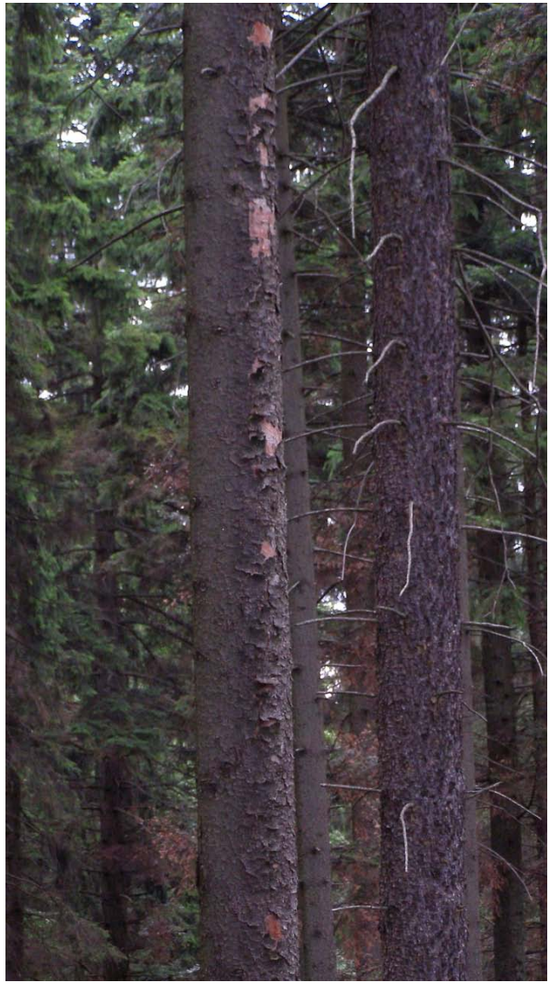
Specifikace rizikového momentu

Stanovištní podmínky vhodné pro růst dřevin, či daný druh, jsou charakterizovány v ČR nejčastěji, kromě půdních podmínek (trofických a hydrických), klimatickými charakteristikami stanoviště, které reflektuje vymezení a popis tzv. lesních vegetačních stupňů. Z klimatických parametrů je tak vedle slunečního záření, dostupnosti vody dalším z limitujících faktorů pro zdárný růst, vývoj, reprodukci a přežívání dřevin teplota. Rizikovým momentem jsou teploty blížící se minimálním a maximálním. Teplotní rozsah pro přežívání většiny suchozemských rostlin je celkově poměrně široký ca od -40°C do 55 °C. Pro rostliny mírného pásma je na obecné úrovni minimální teplotou pro fungování fyziologických procesů cca 4°C, maximální cca 41°C a optimální mezi 25 a 30°C. Vlivem mrazu dochází zejména k mechanickému poškození pletiv v důsledku tvorby ledu, naopak při vysokých teplotách dochází zejména k nevratným poškozením buněčných membrán a denaturaci bílkovin. Se zvyšující se teplotou narůstá různou měrou do určité hranice rychlost fotosyntézy, respirace, transpirace a rychlost dalších enzymatických reakcí. Tyto procesy ustávají při teplotách blížících se nule. Důležitá je také rychlost změn teploty v čase a v průběhu roku. S ohledem na délku dne tak do konce ledna nejsou například ani vyšší teploty schopny vyvolat rašení, neboť dřevina je v ontogenetickém vývoji řízena také délkou dne. Obdobně délka trvání a střídání teplot vede k indukci kvetení, stratifikaci a přípravě semen ke klíčení aj. Teplotní podmínky klíčení semen lze považovat za optimální pro jehličnany v rozmezí 15–25°C (minimální: 4–10°C a maximální: 30–40°C), pro listnáče jsou optimální teploty cca 20–25°C. Nejméně je teplotními rozdíly omezen růst kořenů. Pokud není zamrzlá půda, jsou schopny růst i v zimním období. Nejcitlivější k nízkým teplotám jsou květy a rašící a délkově přirůstající letorosty. Naopak nejcitlivější k vysokým teplotám jsou stromové orgány s vysokými požadavky na zásobení vodou vystavené přímému slunečnímu záření. Obecně jsou tyto teplotní extrémy nejvyšší na volné ploše (narůstají tedy s velikostí paseky) nebo na okrajích porostů.

Některé druhy dřevin tolerují extrémy (modřín, limba, bříza), naopak jiné vyžadují vyrovnané teplotní podmínky (jedle, tis, buk). Dřeviny lze z pohledu „tepelných požadavků“ rozdělit na ty s vysokými požadavky na teplotu (kaštan jedlý, jírovec maďal, dub, lípy, habr, javor mléč) a s nízkými nároky na teplotu (smrk, borovice, bříza, jeřáb).

U poškození mrazem jeho vznik a míra rozsahu závisí na období, druhu dřeviny a stanovišti. V zimním období, kdy jsou dřeviny ve vegetačním klidu, snáší mráz lépe – ke škodám dochází až při velmi nízkých teplotách (řádově cca -15 °C a nižších). Nejčastějším zimním poškozením jsou mrazové praskliny a kýly. Při časných mrazech nestačí neproběhnout doba tzv. „otužování“ (pozvolná adaptace na nízké teploty), letorosty navíc nemusí být ještě zcela zdřevnatělé, a tak může dojít k poškození i při teplotách cca -3 až -5 °C. Při pozdních mrazech (duben, květen, zejména v tzv. mrazových polohách) stačí k poškození citlivých rašících pupenů či nových prýtů opět teploty kolem cca -3 až -5 °C. Zimním mrazem častěji trpí dřeviny v nižších polohách, kde je více citlivých druhů dřevin a teploty často klesají (např. v pánevních oblastech) více než v horách; pozdním mrazem jsou poškozovány především dřeviny v tzv. mrazových polohách tj. ve sníženinách, do kterých stéká chladný vzduch, zvláště jsou-li zamokřené a dřeviny na jižních a jihovýchodních expozicích, kde dříve raší a častěji se tak mohou setkat s mrazem. Z poškození vysokými teplotami jsou nejpatrnější korní spály – popraskání a zasychání kůry na osluněné straně, později se odlupující a v pruzích opadávající.

Dalšími možnými poškozeními jsou: poškození kořenového krčku sazenic a mladých stromků, podlamování semenáčků; žloutnutí a nekrózy na listech a jehlicích, primárně na špičce a okraji čepele listu následně i mezi žilkami (stejné symptomy jako u poškození suchem), fialovění, předčasné červenání listů.



U rostlin přizpůsobených mírnému klimatu se kritické teploty pohybují, jak bylo již výš řečeno, většinou v rozmezí 40 až 50 °C. Zpomalení růstu či omezení tvorby některých orgánů však může u některých dřevin nastat již při teplotách mezi 25 až 30 °C. O výsledném působení vysokých teplot na dřevinu opět rozhodují další faktory, jako jsou druh dřeviny (či její ekotyp), růstová či vývojová fáze a stáří dřeviny, obsah vody v pletivech, zásobení pletiv kyslíkem, stanoviště, délka expozice kritických teplot, vývoj počasí před a po působení kritických teplot (srážky, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu). Žloutnutí a nekrózy mohou vznikat spolupůsobením vysokých teplot a intenzivního slunečního záření, ohrožena jsou především mladá pletiva (mladé listy, vrcholy letorostů…). Fialovění a červenání listů vzniká u citlivých dřevin při dlouhotrvajících vysokých teplotách spojených s vysokou ozářeností v důsledku nahromadění antokyanu. Při extrémně vysokých teplotách trvajících delší dobu se mohou objevovat také příznaky slunečního úžehu (spálení) na listech, například u některých kultivarů buku lesního. Konečným důsledkem extrémního dlouhotrvajícího horka mohou být rozsáhlá odumírání listových pletiv – narušení metabolismu nukleonových kyselin a bílkovin, hromadění dusíkatých sloučenin, tvorba toxických produktů rozkladu, poškození membrán, denaturace bílkovin.

Predikce jeho výskytu při GZK

Podle poslední zprávy IPCC došlo v letech 1900–2005 k nárůstu globální teploty o 0,74°C (IPCC 2007). Z analýzy a predikce vývoje klimatu v ČR vyplývá (DUBROVSKÝ et al.; 2005, MAREK et al., 2011), že statisticky významné jsou zejména teplotní klimatické extrémy. Roční extrémy denní maximální teploty a délky horkých období vykazují téměř na celém území ČR vzestupný trend (většinou statisticky významný), zatímco trendy ročních extrémů denních minimálních teplot a délky studených období jsou statisticky nevýznamné. Trend maximální délky horkého období se v severní části území ČR jeví významnější než v jižní části (MAREK et al., 2011).

S nárůstem teploty je spojeno i prodlužování délky vegetační sezóny. Zpráva IPCC dokládá, že trend oteplování na jaře je zřetelnější nad euroasijským kontinentem, zatímco trend oteplování na podzim je zřetelnější nad kontinentem severoamerickým. Zvýšená teplota na jaře vede k akceleraci fotosyntézy a růstu, tedy ke zvýšení příjmu uhlíku, zatímco dekompoziční procesy v půdním prostředí zůstávají potlačeny. Naopak na podzim je v důsledku zvýšené teploty příjem uhlíku nižší než míra dekompozičních procesů, což vede k negativní bilanci uhlíku v ekosystémech (PIAO et al., 2008). Rovněž bylo prokázáno, že globální oteplování zvyšuje riziko poškození rostlin pozdními jarními mrazy (GU et al., 2008). Z přehledu literatury dále vyplývá, že rostliny pěstované ve zvýšené koncentraci CO_2 jsou méně tolerantní k mrazům. Snížená tolerance je dána ztrátou aklimace rostlin na nízké teploty, která je způsobena vyšší teplotou listů v průběhu dne. Vyšší teplota listů v atmosféře se zvýšenou koncentrací CO_2 je důsledkem potlačené průduchové vodivosti a transpirace, která v průběhu dne listy ochlazuje (URBAN, 2003).

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

V souvislosti s probíhající globální změnou klimatu lze očekávat nárůst poškození především mladých porostů (kultur, nárostů a mlazin) pozdními mrazy, snížení produkce semen v důsledku omrzání květů a snížení výskytu přirozeného zmlazení. Dospělé porosty a především okrajové stromy budou trpět korní spálou. Vysoké teploty v jarním období povedou k rychlému nástupu rašení a expanzivnímu růstu a vývoji nových letorostů a listoví. Období vhodných podmínek pro obnovu a zalesňování budou kratší. Očekávané teplotní extrémy, často doprovázené suchem, v letním období budou zvyšovat požadavky dřevin na zásobování vodou z půdy. Vyšší teploty, delší vegetační sezóna a sucho pravděpodobně usnadní rychlejší a četnější rozvoj kalamitních škůdců. Vyšší teploty v zimním období dovolí pravděpodobně přežívání většímu množství kalamitních škůdců. Ohrožené dřeviny budou především ty s nízkými nároky na teplotu a s vysokými požadavky na zásobování vodou.

Bude tedy docházet k následujícím dopadům.

Snižování přírůstu a produkčního potenciálu lesa – předčasné odstranění (těžba) stromů a porostů z důvodu poškozování mrazy, v důsledku poškození vysokými teplotami, suchem.

Snižování hodnotové produkce dřeva – při působení sekundárních činitelů případně houbami dochází ke snížení kvality získaných sortimentů a současně ke snížení míry zpeněžení dříví.

Negativní ovlivnění plodnosti, výskytu a odrůstání přirozeného zmlazení.

Zvyšování nákladů na obnovu lesa – zvýšené vklady energie a materiálu. Jedná se především o náklady na umělou obnovu, nákup obalovaného sadebního materiálu, vyšší náklady na transport a skladování sadebního materiálu, při využití prostokořenného sadebního materiálu výrazné zkrácení vhodné doby výsadby, vyšší náklady na logistiku, zvýšené náklady na vylepšování jako důsledek zvýšené mortality.

Negativní ovlivnění vodní bilance lesních porostů.

Snížení potenciálu plnění ostatních funkcí lesa (rekreační, vodohospodářská, klimatická..)

Navržená adaptační opatření:

změny dřevinné skladby – preference dřevin s vyšší tolerancí k vysokým teplotám, méně trpících pozdními mrazy, s nižšími požadavky na dostupnost vody;

přechod od využívání hospodářského způsobu pasečného (s klimatickými extrémy na obnovovaných plochách) ***k nepasečným způsobům*** (podrostní a výběrný) nebo ***využívání obnovy lesa vegetativním způsobem*** resp. nízkého a středního tvaru lesa (alespoň po dobu přechodnou – období obnovy porostu); při přechodu k nepasečným způsobům hospodaření ve vysokém lese bude nutno zhodnotit vhodnou velikost či tvar kotlíků s ohledem na expozici a sklon terénu a možnost zmlazení i slunných dřevin;

využívání přípravných porostů nebo dokonce rychlerostoucích dřevin pro tvorbu vhodnějšího mikroklimatu převážně na rozsáhlejších kalamitních holinách nebo při zalesňování zemědělských půd;

péče o porostní okraje jako přechodové zóny zmírňující působení klimatických extrémů volné plochy;

zvyšování odolnosti lesních porostů cílenou výchovou – podpora přimíšených a vtroušených dřevin s vyšší tolerancí k teplotním extrémům;

podsadby a podsíje zejména v ohrožených porostech;

využití obalované sadby, využívání nejmodernějších technologií pro skladování a transport sadebního materiálu;

využití přípravy půdy pro usnadnění uchycení semen a odrůstání přirozené obnovy, neboť nejvýraznější teplotní extrémy jsou dosahovány na povrchu půdy a nejvíce vysychavý je svrchní humusový horizont;

další opatření vedoucí ke zvyšování kladné vodní bilance porostu.

ZVÝŠENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI PŘEMNOŽENÍ LISTOŽRAVÉHO HMYZU

Specifikace rizikového momentu

Přinejmenším v některých regionech lze očekávat častější a výraznější gradace listožravých druhů hmyzích škůdců. Důvody zvýšení pravděpodobnosti přemnožení budou vzestup predispozice dřevin (nižší odolnost), zlepšení klimatických podmínek pro vývoj a přezimování defoliátorů, zvýšení atraktivity a nutriční kvality asimilačního aparátu dřevin pro žír fytofágních zástupců (viz níže). Kromě druhů, které se u nás už v minulosti kalamitně uplatnili (zejména zástupci čeledí Erebidae, obalečovitých Tortricidae či píďalkovitých Geometridae), je možné, že se kalamitně uplatní i druhy, které se dosud v našich podmínkách nepřemnožují či dokonce nevyskytují.

Predikce jeho výskytu při GZK

Predikované nárůsty teplot mohou u řady druhů vést k nárůstu rizika gradace. Důležitým faktorem ovlivňující gradace přitom nebude jen teplota, ale také srážky, suchá období mohou přispět k vyššímu přežívání raných vývojových stádií (např. vlivem nižšího výskytu plísní) i k jejich vyšší mortalitě (například v důsledku menšího množství dostupné potravy). Zvýšení zimních teplot pak může vést k rozšíření oblasti výskytu druhů limitovaných zimními minimálními teplotami, a to do vyšších nadmořských výšek. Vyšší teploty a vyšší množství přežívajících defoliátorů mohou mít kladný vliv na oponenty, parazitoidy a zejména choroby. Alespoň v některých případech by klimatická změna mohla pozitivně ovlivnit početnost a aktivitu těchto organismů (může např. dojít k vyšší promořenosti hmyzích populací chorobami) a gradace jimi budou dříve brzděny. Případné mírnější zimy, pokud budou dostatečně vlhké, mohou mít významný vliv na infekci přezimujících stádií hmyzu entomopatogenními houbami a ovlivnit tak dynamiku populací škůdců v dalším roce. Odhadnout rozsah změn působení těchto zpětných vazeb je však komplikované.

Dalším z faktorů, který může výrazně ovlivnit gradace defoliátorů je nutriční hodnota přijímané potravy. Klimatické změny mohou vést ke změnám nutričních hodnot rostlinných pletiv a to jak k jejich snížení, tak

zvýšení, v závislosti na druhu rostliny a konkrétních podmínkách. Stejně tak může dojít ke změnám složení potravy, tj. k snížení či zvýšení obsahu některých látek – může přitom jít o látky konzumenty vyhledávané, stejně jako o nestravitelné či toxické. Snížení nutričních hodnot by na jedné straně mohlo vézt k zvýšení úmrtnosti larev, na druhé straně pak k zvýšení objemu konzumované potravy (např. v závislosti na pohyblivosti). Zvýšení nutriční hodnoty by mohlo na jedné straně zvýšit atraktivitu dřeviny (pro polyfágní druhy) a tak i intenzitu jejího napadení, na druhé straně pak vést k nižší spotřebě potravy, tj. k menšímu žíru (například viz DURY et al., 1998; BUSE et al. 1998; WATT et al. 1996; DOCHERTY et al., 1996, 1997; HENN et al., 2000).

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Ekonomické dopady – ekonomické důsledky rozpadů porostů (náklady na kontrolu, obranu a ochranu, snížení výnosů).

Zvýšení vlivu defoliátorů na celkový zdravotní stav a vitalitu stromů – zvýšení jejich významu v rámci epizod chřadnutí, respektive v souboru příčin tzv. komplexních onemocnění.

Navržená adaptační opatření:

monitoring, prevence, včasné zjištění přemnožení – precizace monitoringu, využití nových metod predikce a monitoringu výskytu (např. využití satelitních snímků, Model krátkodobých prognóz gradací bekyně mnišky /ČZÚ Praha, projekt NAZV – QJ1220317/);

rozvoj využití predátorů a parazitoidů – vývoj a ověření nových biologických prostředků na ochranu dřevin;

zvýšení druhové a strukturní bohatosti lesa – jednotlivé smíšení či smíšení v malých skupinách, vyšší věková rozrůzněnost snižující riziko přemnožení.

ZVÝŠENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI PŘEMNOŽENÍ KAMBIXYLOFÁGNÍHO HMYZU

Specifikace rizikového momentu

Kambioxylofágní hmyz je typickým mortalitním faktorem v oslabených, poškozených či chřadnoucích porostech, charakteristicky tomu tak bývá u epizod chřadnutí vyvolaných suchem. Mezi rizikové druhy patří zejména kůrovcovití brouci na smrku ztepilém: lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), lýkožrout severský (*Ips duplicatus*) nebo lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*). Při silných predispozicích mohou však být výrazné problémy způsobeny či spolupůsobeny i dalšími druhy, jako je např. lýkohub matný (*Pityophthorus pityographus*) či lýkožrout menší (*Ips amitinus*); kalamitně poškozenými mohou být i další, zejména jehličnaté, dřeviny. V důsledku postupující GKZ je však možné, že se kalamitně uplatní i druhy, které se v našich podmínkách dosud nepřemnožují či dokonce ani nevyskytují.

Predikce jeho výskytu při GZK

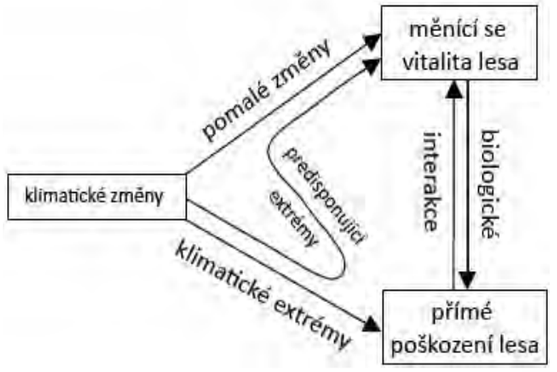
VAN VLIET (2008) uvádí, že 62 % pozorované proměnlivosti načasování fází životního cyklu organismů různých taxonů lze vysvětlit změnami podnebí. Očekávané zvýšení teploty ve vegetační sezóně (včetně zvýšení výskytu dní s extrémně vysokými teplotami) a častější období přísušků či sucha budou obecně vytvářet příznivé podmínky pro gradace populací hmyzu, a to zejména polyvoltinních druhů. Je také možné, že některé monovoltinní druhy se stanou druhy bivoltinními. Při vyšší teplotě bude na jaře dříve začínat aktivita zimujících jedinců, bude se zkracovat doba vývoje jedné generace a tak zároveň zvyšovat počet generací. S narůstající teplotou dojde navíc k prodloužení vegetační doby a tak i období, v kterém může vývoj škůdců probíhat – důsledkem bude opět zvýšení počtu generací (dokončení vývoje generace, jejíž vývoj byl dříve ukončen nevhodnými klimatickými podmínkami). Snáze tak bude moci dojít k strmým gradacím, které mohou mít výrazně destruktivními účinky. Pravděpodobnost přemnožení může být dále zvyšována častějšími větrnými bouřemi (nárůst jejich frekvence je součástí některých klimatických predikcí) a následnými polomy. Kromě přímých vlivů klimatických změn na biologii kůrovcovitých a na dřeviny samé (přímé poškození klimatickými extrémy, které umožní nálet kůrovcovitých), se projeví také vlivy nepřímé, tj. snížení vitality stromů a tak i jejich schopnosti odolávat atakům kabioxylofágů (viz obr.)

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Ekonomické dopady – ekonomické důsledky rozpadů porostů (náklady na kontrolu, obranu a ochranu, snížení výnosů).

Omezení možností využití jemnějších přírodě blízkých forem hospodaření, negativní dopady na vertikální a horizontální strukturu – po kalamitě zůstávají velké holiny, na kterých lze použít pouze umělou obnovu, vzniklé porosty jsou věkově, výškově unifikované, v důsledku toho v následných porostech zůstává vysoké riziko poškození větrem či sněhem, stejně tak hmyzími škůdci.

Omezení úmyslných těžeb a jejich důsledky – vysoké nahodilé těžby vedou k snížení úmyslných nahodilých těžeb a tím i k předržování kalamitou nepostižených porostů (a tak opět i zvyšování rizika jejich poškození), obvykle také vede vysoký objem nahodilých těžeb k menší či pozdnější realizaci výchovných těžeb.



Koncepční model dopadů z klimatických změn (klimatických extrémů a rostoucí teploty) na vitalitu lesa dle SCHLYTER et al. (2006) a ÖHRN (2012).

Navržená adaptační opatření:

monitoring, prevence, včasné vyhledání a sanace napadených stromů;

zvýšení druhové, věkové a prostorové diverzity lesa – včetně vyššího podílu MZD, limitu podílu jehličnanů, zásada „minimálně 3 × 20 %“;

rozvoj využití predátorů a parazitoidů – vývoj a ověření nových biologických prostředků na ochranu dřevin;

snížení obmýtí – obecné snížení rizika kalamitního přemnožení;

dlouhá obnovní doba, větší uplatnění výběrů a sukcesních dřevin.

ŠÍŘENÍ NEPŮVODNÍCH INVAZIVNÍCH A KARANTÉNNÍCH DRUHŮ

Specifikace rizikového momentu

Rozlišujeme invazivní nepůvodní druhy a invazní druhy. Jako invazivní nepůvodní druhy (invasive alien species) označujeme organismy, které člověk neúmyslně rozšířil nebo úmyslně vysadil mimo jejich původní areál rozšíření, a které mohou ohrožovat biologickou rozmanitost, zejména jiné druhy nebo biotop. Jako invazní druhy pak označujeme druhy, které se rychle rozšířily na nové území, tyto druhy přitom nemusí být nepůvodními druhy. Řada rychle se šířících druhů patří mezi škůdce či patogeny dřevin. V souvislosti s rozpady lesních porostů narušených důsledky klimatických změn pak mohou být velmi důležité také invazní schopnosti některých nepůvodních dřevin a bylinných druhů, které mohou výrazně komplikovat obnovu porostů a negativně ovlivňovat biodiverzitu lesa.

Karanténní škodlivý organismus je organismus, jehož případný výskyt je třeba povinně, podle zákona Zákon č. 326/2004 Sb., vyhlášky č. 215/2008 Sb., oznámit, aby bylo možné provést patřičná karanténní opatření. Tyto organismy tedy mají tzv. karanténní status, což znamená, že rostlinolékařské služby členských států EU jsou povinny vykonávat úřední ochranu proti jejich zavlékání a rozšiřování. Karanténní druhy jsou velmi často také nepůvodními invazivními druhy. V ČR je na lesních dřevinách v současnosti více než 30 druhů či skupin taxonů karanténních škodlivých druhů (KAPITOLA et al., 2011).

Predikce jeho výskytu při GZK

Řada studií považuje současné šíření invazivních druhů rychlostí a rozsahem výrazně převyšující obdobné události v minulosti a považuje je za projev globálních změn (např. RICCIARDI, 2007; PLESNÍK, 2009). Častý je předpoklad, že změna podnebí posílí schopnost nepůvodních druhů pronikat do nových oblastí a prosazovat se v nich na úkor původních druhů, protože narušené ekosystémy jsou obecně k biologickým invazím náchylnější (DUKES, MOONEY, 1999; CAPDEVILLA-ARGÜELES, ZILLETTI, 2008). Řada lesnicky významných druhů, které mají schopnosti invazního šíření, zejména zástupci hmyzu, patří mezi organismy, kterým se daří v rychle se měnícím prostředí – jsou krátkověcí, přizpůsobiví a jsou schopni rychle se šířit.

Změny klimatu mohou ovlivnit nejen šíření současných invazivních nepůvodních druhů (včetně druhů karanténních) a způsob jejich vysazování nebo zavlékání, ale také podnítit invaze původních druhů či již aklimatizovaných nepůvodních druhů, které se dosud invazně nechovaly (změna biologie druhu). Stejně tak mohou klimatické změny změnit účinnost podnikaných obranných či ochranných opatření (HELLMANN et al., 2008; PYKE et al., 2008).

Podstatnými pro rychlost a rizikovost invazí budou mezidruhové vztahy (patogen × hostitelská dřevina, predátor × kořist, škůdce × jeho parazit apod.) – klimatické změny budou působit na populace interagujících organismů, tj. invaze mohou být pozitivně i negativně ovlivněny změnou povahy či intenzity mezidruhového vztahu. Účinek změn klimatu na rizika spojená s invazivními druhy bude dále záviset na citlivosti jednotlivých druhů na klima, respektive na jeho konkrétní změny, a na vlastnostech konkrétních hostitelských ekosystémů a regionů. Přesnější predikce toho, se kterými druhy budou spojeny největší problémy, či které druhy se nejvíce budou šířit je proto nemožná. S touto nejistotou bude narůstat význam vývoje kvalitních metod identifikace potencionálně vysoce rizikových druhů, jejich brzkého odhalení v ekosystémech a postupů umožňující případnou rychlou reakci – realizaci potřebných opatření.

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Zvýšení rizika vzniku rychle se šířících biotických onemocnění či kalamitního žíru nových hmyzích škůdců – spojené s plošnými rozpady porostů, s omezenou či neexistující obranou a ochranou; sekundárně pak problémy s obnovou, s nízkou vertikální i horizontální strukturovaností atd.

Zarůstání ploch invazivními rostlinami – bylinami bránícími či konkurujícími obnově, či invazivními dřevinami – snížení biodiverzity, snížení strukturní bohatosti, zvýšení nákladů na obnovu a výchovu porostů.

Invazní šíření některých neuváženě introdukovaných druhů zvěře – přemnožené, invazně se šířící druhy zvěře (oblastně zejména jelen sika, lokálně muflon aj.) prakticky znemožňují přirozenou obnovu lesa bez intenzivní ochrany, tím je limitována změna druhové skladby nezbytná pro adaptaci na GKZ. Dochází k poklesu biodiverzity (včetně diverzity genofondu), rostou náklady na obnovu a její zajištění. Problém tkví již v myslivecké legislativě. Ačkoli zákon 449/2001 Sb. o myslivosti v § 3 deklaruje podporu a ochranu geograficky původních druhů zvěře, vyhláška 491/2002 Sb. o způsobu stanovení minimálních a normovaných stavů zvěře jde v § 5 nad rámec zákona. Stanoví minimální stavy zvěře i pro introdukované druhy zvěře jednoznačně naplňující kritéria invazního druhu (sika japonský a s. Dybowského – minimálně 10 ks/1000 ha, daněk a muflon – 15 ks/1000 ha). Problém je zvlášť palčivý vzhledem k dlouhodobému a systematickému podhodnocování skutečných stavů zvěře.

Navržená adaptační opatření:

precizace systému analýzy rizik – introdukce nových druhů či zjištění prezence nových nepůvodních druhů by mělo být doprovázeno analýzou očekávaných rizik se dvěma kroky: (1) zhodnocení následků introdukce a pravděpodobnosti etablování nepůvodního druhu, a to v různých typech prostředí (tj. zhodnocení rizika) a (2) výběr opatření použitelných pro snížení nebo regulování tohoto rizika (tj. management rizika), a to s ohledem na environmentální, socioekonomické i kulturní faktory;

precizace legislativy a vytvoření diferencovaných managementových zásad – na základě analýzy rizik podle typu území rozrůznit nutná a potřebná opatření; vycházet přitom z důkladného rozlišování různých krajinných situací, tj. rozlišovat kde a kdy je potřebné či nutné hubení konkrétních nepůvodních druhů, kde je neproveditelné a kde tyto druhy nevadí nebo jsou i přínosem – např. dřevina plnící půdoochranou funkci na stanovišti původním druhem nezalesnitelném či velmi obtížně zalesnitelném (např. akát), s nárůstem extremity klimatu bude zalesnění některých suchých lokalit vážným problémem;

revize myslivecké legislativy – vypuštění minimálních stavů pro introdukované invazní druhy zvěře;

systematická redukce introdukovaných nepůvodních druhů zvěře.

ZVÝŠENÝ VÝSKYT DŘEVOKAZNÝCH HUB

Specifikace rizikového momentu

Základním předpokladem vzniku infekce a následné kolonizace má u primárních parazitických dřevokazných hub predispozice hostitelské dřeviny. Nejčastější příčinou infekce je narušení vodního provozu dřeviny, a to ať suchem, respektive přísuškem (krátkodobým nedostatkem vody), tak zamokřením s následnou hypoxií. Citlivost jednotlivých dřevin je pak dána jednak jejich geneticky podmíněnou dispozicí, jednak stanovištními a porostními podmínkami (vliv konkurence). Studie věnované václavkám (*Armillaria* spp.) na smrku, ukazují, že nejvíce poškozené stromy byly často stromy předrůstavými (širší letokruhy v prvních 30 letech života) s vyšší transpirací a tím i vyššími nároky na vodu (JANKOVSKÝ, 2014). Ranové dřevokazné houby infikují rány, jejich hniloba je tedy umožněna poškozením kmenů zvěří (loupání a ohryz) nebo těžbou či přibližováním. Nejvýznamnější ranovou hnilobou je v podmínkách ČR hniloba pevníku krvavějícího (*Stereum sanguinolentum*) na smrku. Významný vliv na stabilitu stromu mají také další druhy hub vyvolávající hniloby kořenů či báze kmene: kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*) na smrku, hnědák Schweinitzův (*Phaeolus schweinitzii*) a ďubkatec smrkový (*Onnia circinata*) na jehličnanech, dřevomor kořenový (*Ustulina deusta*) a vějířovec obrovský (*Meripilus giganteus*) na listnáčích či šupinovka kostrbatá (*Pholiota squarrosa*) na jehličnanech i listnáčích.

Predikce jeho výskytu při GZK

Šíření a míra vlivu patogenu na dřevinu jsou obecně ovlivňovány stanovištními a klimatickými podmínkami. Jejich změny mohou následně vyvolat změny jak fyziologických procesů rostliny, tak vlastností dřevokazných hub, tj. jak zvýšení predispozice dřevin pro napadení houbami a rozvoj jimi vyvolaných hnilob, tak zvýšení schopnosti hub infikovat dřeviny (vhodnější podmínky pro šíření spor a jejich průnik do dřevin). Zvýšení extremity klimatu může také vést k vyšší četnosti vzniku prasklin kmene, které budou následně infikovány hnilobami.

Řada studií předpokládá, že se zvyšující se teplotou a stresem suchem (a tím sníženou odolností dřevin) by se václavky mohly stát agresivnějšími, s častějším akutním průběhem napadení, které může vést k velmi progresivnímu odumírání středně starých smrkových porostů, a to zejména s doprovodným atakem drobnějších kůrovcovitých jako jsou lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*) a lýkožrout severský (*Ips duplicatus*). Vyšší uplatnění hnilob může být krom toho podpořeno zvýšenou přítomností přístupných forem dusíku (především amonných iontů) v půdě. Naopak zvýšení obsahu CO_2 v ovzduší by podle některých studií mohlo vést k zpomalení šíření hnilob kmenem (např. HIGHLEY et al., 1983), jiné studie však tento vliv neprokázaly (např. EBANYENLE, 2012).

Výskyt kořenových hnilob může také iniciovat napadení vaskulárními mykózami. Postupující hniloba kořenů snižuje možnosti příjmu vody, zavadající strom je nalétáván kůrovci, kteří na svém těle přenáší spory hub rodu *Ophiostoma* (SOLHEIM, 1993; MRKVA, JANKOVSKÝ, 1996). Patogeni vaskulárních pletiv pak dále destabilizují hospodaření s vodou a prohlubují oslabení umožňující nálet kůrovců.

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Snížení stability porostů – zvýšený výskyt dřevokazných hub (včetně uplatnění již v mladším věku) společně s očekávanou vyšší frekvencí výskytu bořivých větrů povedou k zvýšení četnosti a velikosti polomů, včetně jejich sekundárních důsledků (např. vyšší uplatnění kůrovcovitých, negativní dopady na horizontální a vertikální strukturu atd.).

Zvýšení vlivu dřevokazných hub na celkový zdravotní stav a vitalitu stromů – zvýšení jejich významu v rámci epizod chřadnutí, respektive v souboru příčin tzv. komplexních onemocnění, kde kromě role predispoziční a iniciační budou častěji plnit roli konečného mortalitního faktoru (např. akutní průběh infekce václavkami).

Ekonomické dopady – dané horším zpeněžením dřeva zasaženého hnilobami, ekonomickými důsledky rozpadů porostů (zvýšené náklady, snížení výnosů).

Navržená adaptační opatření:

omezení pěstování dřevin na nepříznivých stanovištích z hlediska predispozice a prezence hnilob, zejména pak omezení pěstování smrku na ohrožených stanovištích jako jsou bývalé zemědělské půdy (ohrožení Heterebasidion annosum) či bohatá ekologická řada (ohrožení *Armillaria* spp.);

zlepšování půdních vlastností využitím přípravných dřevin (čerpání organického dusíku a vylepšení mykorhizních poměrů);

plné využití přirozené obnovy – vyloučení rizika deformací kořenového systému a narušení mykorhizy při výsadbě;

kvalita a vhodná technologie zalesňování – přednostní využívání přirozené obnovy (viz výše), využívání podsíjí a síjí; technologie pěstování sadebního materiálu nedeformující kořenový systém sazenic a minimalizující narušení mykorhizy;

důsledné zvažování a omezování negativních vlivů na mikroflóru rhizosféry – například negativních dopadů hnojení a vápnění lesních porostů;

dosažení únosných stavů spárkaté zvěře – základní předpoklad omezení škod loupáním a ohryzem, zajištění legislativní rámce umožňujícího účinnou korekci mysliveckého hospodaření dle míry poškození lesních porostů;

snížení podílu stromů s mechanickým poškozením napadaných sekundárními hnilobami – důsledný zdravotní výběr zaměřený na snížení podílu stromů poškozených loupáním a ohryzem a sekundárními hnilobami (zejména *Stereum sanguinolentum* na smrku); kvalitní technologická příprava pracovišť, rozčlenění porostů, směrové kácení, uplatňování vhodných transportních technologií s cílem omezit poškození kmenů a kořenů při těžbě a transportu dřeva, ošetření poškození fungicidy;

snížení obmýtí – snížení pravděpodobnosti většího rozšíření hnilob;

zvýšení druhové a strukturní bohatosti lesa – věková a druhová diverzifikace obecně snižuje riziko většího působení dřevokazných hub.

ZVÝŠENÍ ČETNOSTI PŘEMNOŽENÍ DROBNÝCH HLODAVCŮ

Specifikace rizikového momentu

Poškození dřevin ohryzem či konzumace semen při přemnožení drobných hlodavců mohou významně limitovat obnovu lesa. Poškozovanými dřevinami jsou zejména listnáče – jeřáb, buk, jasany, javory; z jehličnanů pak douglasky či modřín. Významné škody hrozí zejména od hraboše polního (*Microtus arvalis*), hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*), norníka rudého (*Clethrionomys glareolus*), myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*).

Predikce jeho výskytu při GZK

K přemnožení hlodavců přispívá suchý podzim a mírný průběh zimního počasí. Obojí lze v rámci předpovídaných klimatických změn očekávat. Jedním z tradičně uváděných faktorům ovlivňujícím jak denzitu hlodavců, tak výši škod na dřevinách, je sněhová pokrývka (výška a doba trvání). Vysoká sněhová pokrývka při chladném počasí chrání hlodavce před velkými změnami v teplotě vzduchu, zmenšuje jejich energetické nároky a zvyšuje počet přežívajících jedinců, navíc právě při sněhové pokrývce a vysokých populačních hustotách dochází nejčastěji ke konzumaci kůry dřevin. Některé z klimatických modelů přitom předpovídají, že s nárůstem teplot dojde k poklesu průměrné výšky sněhové pokrývky v nadmořských výškách nad cca 500 metrů, sněhová pokrývka v polohách pod 500 metrů by pak mohla zcela scházet či trvat jen velmi krátce. S růstem teplot však poklesne i ohrožení hlodavců chladem. Výsledný efekt klimatických změn na populace hlodavců je tak nejistý. Lze očekávat na jedné straně jejich vyšší početnosti při souběhu suchého podzimu a mírné zimy, kdy bude přežívat vysoké procento jedinců, na druhé straně v zimách s výraznými mrazovými epizodami bez sněhové pokrývky může dojít k silnému utlumení populací. Jedním z možných důsledků změn klimatu by mohlo být omezení cykličnosti přemnožování, k přemnožením by častěji mohlo docházet nepravidelně.

Faktorem vedoucím velmi pravděpodobně k zvýšení škod hlodavci na dřevinách je zvyšování podílu listnatých dřevin ve výsadbách, jejich atraktivita je pro hlodavce totiž znatelně vyšší než jehličnanů. Při snaze o maximální využití přirozené obnovy (v rámci adaptačních opatření) může také častěji docházet k situacím, kdy budou semenožravé druhy hlodavců (zejména myšice) silně limitovat zásobu semen a tak i omezovat přirozenou obnovu (početnost dřevin v náletech) nebo jí dokonce zcela zabrání (zejména při menší úrodě semen).

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Limitace obnovy lesa – zničení výsadeb, zabránění přirozené obnově či její poškození, včetně ekonomických dopadů (zvýšení nákladů na obnovu, náklady na ochranu a obranu).

Navržená adaptační opatření:

podpora přirozených nepřátel jako jsou drobné šelmy, dravci, sovy, zlepšení jejich hnízdních možností; omezení holosečného hospodaření;

nepasečné způsoby hospodaření pro kontinuální přirozenou obnovu;

maximalizace využití přirozené obnovy – podpora vyšší plodivosti dřevin, větší stromové rozestupy = větší koruny; důsledné využívaní semenných roků pro přirozenou obnovu;

podpora vysokých počtů jedinců v přirozené obnově pro zajištění dostatku kvalitních nepoškozených jedinců;

zvýšení pestrosti dřevinné skladby – snížení pravděpodobnosti přemnožení v reakci na semenný rok.

ZVÝŠENÝ PODÍL KALAMITNÍCH HOLIN A PROŘEDĚNÝCH POROSTŮ

Specifikace rizikového momentu

Jedná se o situace, které mohou nastávat z příčin biotických, abiotických i antropogenních. Kalamitní holiny a „řediny“, tedy plochy zcela bez mateřského porostu, nebo s neúměrně sníženým zakmeněním vzniklé neúmyslnou/nahodilou těžbou mají za následek snižovaní kvalitativní a kvantitativní produkce lesních porostů a dále vedou ke zvyšování nákladů na jejich následnou obnovu.

Z abiotických faktorů je nejčastější příčinou vzniku kalamit silný vítr (vichřice, orkán,…), námraza a jejich kombinace; z biotických faktorů to jsou hlavně kůrovci; z antropogenních pak imise, požáry, klimatické extrémy. Významným destabilizujícím faktorem zvyšujícím riziko vzniku ředin a holin stále zůstává ohryz a loupání působené zvěří.

Především velké kalamitní holiny znamenají rizika spojená s následnou obnovou lesních prostu, kdy klimatické extrémy spolu s vlivem zvěře a buřeně často znemožňují ujímání a odrůstání dřevin. Okus zvěří kromě ztrát a zhoršeného odrůstání obnovy obecně vede svou selektivitou k snižení druhové diverzity obnovy a působící tak proti navrhovaným níže uvedeným adaptačním opatřením. Prosvětlování porostu sice poskytuje následné obnově kryt i semennou banku, nicméně zabuřenění spolu s opakovaným návratem do porostu pro vypadávající stromy jsou limitujícím faktorem obnovy lesa.

Přesto, že kalamitní události a disturbance lze považovat za nedílnou součást procesů odehrávajících se v lesních ekosystémech, monokulturní stejnověké porosty riziko poškození výrazně zvyšují. Naproti tomu lesy bohatě strukturované se vyznačují vyšší mírou rezistence vůči kalamitním událostem (DVOŘÁK et al., 2001). V obecné rovině pak vykazují vyšší rezistenci vůči kalamitám porosty smíšené, listnaté, a hlubokokořenící.

Predikce jeho výskytu při GZK

V souvislosti s probíhajícími GKZ lze očekávat nárůst kalamitních události. Očekávané extrému v průběhu počasí (sucho, přívalové srážky, extrémní vítr) spolu s předpokládaným rozvojem kalamitních škůdců (kůrovci, václavka) a přetrvávajícími antropogenními vlivy budou ve zvýšené míře ohrožovat především labilní nepůvodní smrkové porosty (monokultury) v nižších a středních polohách.

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Snižování produkčního potenciálu lesa – předčasné odstranění (těžba) stromů a porostu z důvodu kalamitních události znamená nevyužití růstového potenciálu dřevin a porostů.

Snižování hodnotové produkce dřeva – při kalamitních událostech způsobených především abiotickými činiteli případně houbami dochází ke snížení kvality získaných sortimentů a současně tak k snížení míry zpeněžení dříví.

Zvyšování nákladů na obnovu lesa – zvýšené vklady energie a materiálu. Jedná se především o náklady na ochranu proti zvěři, buřeni případně vylepšování jako důsledek zvýšené mortality a zhoršených klimatických podmínek kalamitních holin.

Snížení potenciálu ostatních funkcí lesa (rekreační, vodohospodářská, klimatická) – omezení přístupu do lesa pro veřejnost po kalamitách, zhoršené odtokové poměry na holině, změněný klimatický režim na holinách.

Navržená adaptační opatření:

zvyšování stability lesních porostů intenzivní cílenou výchovou – podpora přimíšených stabilizujících dřevin, zlepšování štíhlostního kvocientu, zpevňovací seče;

vytváření vhodného porostního okraje a naopak zamezení vzniku stěn dospělých porostů;

vytváření bohatě strukturovaných porostů s předpokládanou vyšší stabilitou;

podsadby a podsíje především do porostů stejnověkých (smrkových), s cílem předejít problémům s obnovou kalamitních holin;

využívání dvoufazové a souběžné obnovy lesa na kalamitních holinách jako nástroje k snižování nákladu a tvorby bohatě strukturovaných porostů;

využití sukcesních dřevin při obnově holin, dosažení vyššího podílu MZD;

přiměřené omezení negativního vlivu nežádoucí vegetace (buřeně) – omezení konkurence při zachování ochranného efektu (ochrana proti škodám zvěří, snížení extremity teplot…);

včasné výchovné zásahy k mechanickému zpevnění porostů;

omezení poškození kmenů a kořenů při těžbě a transportu dřeva;

dosažení únosných stavů zvěře umožňujících obnovu citlivých dřevin (např. jedle, javory, jilmy) bez nadměrného rozsahu ochrany a zbraňující významnějšímu vzniku ohryzu a loupání.

ACIDIFIKACE A NUTRIČNÍ DEGRADACE LESNÍCH PŮD

Specifikace rizikového momentu

Acidifikace a nutriční degradace lesních půd jsou faktory, které dlouhodobě ovlivňují hospodaření v lesích v podmínkách České republiky. Pod těmito pojmy zahrnujeme procesy, které narušují půdní prostředí z hlediska jeho biochemismu a obsahu živin. To má vazbu na zdravotní stav lesa a jeho očekávanou schopnost plnit produkční a mimoprodukční funkce.

Česká republika prošla specifickým vývojem z hlediska emisí okyselujících látek a jejich depozic. Jedná se především o emise oxidu siřičitého (SO_2) a oxidů dusíku (NO_x). Depoziční zátěž v České republice kulminovala na přelomu 80. a 90. let, kdy na nejvíce postižených lokalitách došlo vlivem kyselých dešťů až k plošnému úhynu lesa (např. HRUŠKA, KOPÁČEK, 2005; HRUŠKA, CIENCIALA, 2005). Po nástupu výraznější plynofikace a odsiřování hlavních emisních zdrojů v polovině 90. let emise sirnatých okyselujících látek dramaticky klesly a dnes se pohybují na úrovni z konce 19. století. V případě emisí NO_x se však pokles zastavil zhruba na polovině extrémních hodnot 80. let minulého století a zůstává stále významný díky rostoucímu podílu emisí z mobilních zdrojů. Významný podíl depozice dusíku je dnes především v oblasti Moravskoslezského regionu.

Ačkoliv je přímé poškození listoví stromů vysokou koncentrací polutantů u nás již po dvě desetiletí prakticky bezvýznamné, narušení půdního prostředí dlouhodobou depozicí je faktor, se kterým se bude naše lesnictví vyrovnávat ještě po dlouhou dobu. Průvodním jevem okyselení půd je ochuzení půd o bazické kationty (Ca – vápník, K – draslík, Mg – hořčík a Na – sodík), které částečně proces okyselování neutralizují. Pokud horninové podloží není zvětráváním schopno tyto prvky doplňovat, dochází k úbytku těchto kritických prvků potřebných k výživě vegetace, tj. nutriční degradaci půd. Náchylné k tomuto procesu jsou především mělké horské půdy na kyselých horninách, které zvětrávají pomalu (HRUŠKA, KOPÁČEK, 2009). Souvisejícím problémem okyseleného půdního prostředí jsou vysoké koncentrace rozpustného hliníku (Al), které jsou pro rostlinu toxické, mění biologické vlastnosti půd a působí fyziologické problémy pro kořenový systém smrku a příjem hořčíku. To vede k další realokaci kořenů k povrchu půd, což zvyšuje citlivost smrku vůči vláhovému deficitu a dalším biotickým vlivům (PUHE, ULRICH, 2001). Obecným indikátorem takového rizika je nízký (menší než 1) poměr (Ca + Mg + K)/Al. Toto riziko se týká 60 % rozlohy lesních půd v České republice (CzechTerra 2015, nepublikované údaje).

Predikce jeho výskytu při GZK

Acidifikace a nutriční degradace v podmínkách lesních ekosystémů České republiky nemá přímou vazbu na globální změny klimatu (GZK). Zvyšování teploty a v principu také zvyšování koncentrace CO_2 může podpořit produkci biomasy a rozkladné procesy v půdě, ale kvantifikace tohoto vlivu je v praxi pod hranicí rozlišitelnosti dostupných metod. Pro chemismus půdního prostředí je významnější vliv lokání depozice okyselujících látek. V podmínkách České republiky je trend depozic síry a dusíku klesající (nebo setrvalý v případě NO_x), avšak v lokálních podmínkách může být stále významný. Do budoucna se však neočekává další výrazné zhoršování půdního chemismu vlivem depozic, pozornost je však nutno věnovat eutrofizaci lesa dusíkem a přetrvávání negativního vlivu historické depoziční zátěže. Významný může být odběr biomasy v kvantitě, která ovlivní koloběh živin v půdě a kvalitu půdního prostředí, tj. vlastní lesnické hospodaření na dané lokalitě.

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Narušený půdní chemismus vede k oslabení zdravotního stavu porostů a snižuje jejich odolnost vůči ostatním vlivům, jako jsou epizody sucha, větrné kalamity, napadení houbovými patogeny a hmyzími škůdci. Půdní chemismus je predispoziční faktor, jehož vliv na zhoršený zdravotní stav porostů je nepopiratelný, ačkoliv jej nelze jednoznačně separovat od efektu doprovodných a následných faktorů.

Navržená adaptační opatření:

změna druhové skladby ve prospěch listnatých dřevin (smíšených porostů s převahou listnatých dřevin) – listnaté dřeviny snižují množství kyselého spadu do půd zhruba o polovinu ve srovnání se smrkovými porosty, a to díky nižší specifické ploše svého listoví; jsou odolnější vůči hliníkové toxicitě a jejich hlubší prokořenění je v podmínkách půd s narušeným chemismem výhodou; mají pro regeneraci půd příznivější opad; v současnosti dosahuje plošný podíl listnatých dřevin 41 % (CzechTerra 2015), zastoupení je významnější především v mladších věkových třídách;

omezení holosečného způsobu hospodaření;

omezení odvodňování a odnosu živin odtokem po nevhodně vedených transportních liniích;

zvyšování podílu melioračních a zpevňujících dřevin (MZD) – o zvýšený podíl MZD při obnově vede k lepší regeneraci půd a koloběhu živin;

zvyšování podílu přirozené obnovy – podpora přirozeného výběru v rámci dřevinného genofondu;

zvyšování podílu tlejícího dříví v porostech – zvýšený podíl tlejícího dřeva má příznivý vliv na biodiverzitu, koloběh živin a přirozenou obnovu; objem dřeva ponechaného k zetlení v lesích ČR je 10,7 m^3/ha (CzechTerra 2015), zatímco doporučovaný objem je v rozmezí 20–30 m^3/ha.);

celkově méně intenzivní odnos biomasy (zvážit odkorňování aj.)

ZVÝŠENÍ RIZIKA VZNIKU LESNÍCH POŽÁRŮ

Specifikace rizikového momentu

Vznik a šíření lesních požárů jsou ovlivněny počasím, druhem a stavem porostu a topografií. Nejčastěji k požárům dochází v období sucha, vysokých letních teplot, nízké vlhkosti vzduchu a při větrném počasí. Nejlépe v lesním prostředí hoří suché klestí a tráva, dobře hoří také vyschlé borové jehličí, dubové a bukové listí. Naopak ležící smrkové jehličí odolává vznícení poměrně dobře, obdobně jako listí některých listnáčů (např. osiky). Ohroženy jsou proto zejména mezernaté porosty na vřesovištích, jehličnaté kultury s trávou či vřesem, borové porosty na suchých stanovištích. Více jsou ohroženy porosty na svazích (zejména prudkých) než na rovinách. Na svazích slunných expozic (JV, J, JZ) mohou porosty lépe vysychat, často mají také nižší zakmenění, vyšší pokryvnost travního či bylinného podrostu (brzy zasychajícího).

V podmínkách ČR jednoznačně dlouhodobě převládají nedbalostní příčiny vzniku požáru (dle klasifikace EFFIS). Rizikovými jsou proto lokality, které jsou pro návštěvníky lesa snadno dostupné a atraktivní pro volnočasové aktivity. Největší nebezpečí vzniku požáru nastává v jarním období a v období prázdnin, zejména pak v srpnu, kdy je v lesních porostech nejvíce snadno zápalného materiálu (zejména suchá tráva) a také je velmi vysoká návštěvnost lesa spojená s nebezpečnými aktivitami (pálení rostlinného materiálu, kouření, rozdělávání ohně).

Predikce jeho výskytu při GZK

Klimatická data z posledních dvou desetiletí ukazují v řadě regionů nárůst četnosti výskytu extrémně vysokých teplot a období s nízkými či nulovými srážkami, podle většiny klimatických modelů bude tento trend pokračovat. Od roku 2006 je pro hodnocení nebezpečí požárů vegetace v otevřené venkovské krajině České republiky využíván index nebezpečí požárů INP (MOŽNÝ, BAREŠ, 2013). Index využívá pět tříd pro hodnocení nebezpečí požárů vegetace: 1 – velmi nízké, 2 – nízké, 3 – střední, 4 – vysoké a 5 – velmi vysoké nebezpečí. Pro výpočet indexu je využíván maximální náraz větru v daném dni, půdní vlhkost v povrchové vrstvě půdy (měřená nebo modelová), maximální teplota vzduchu a průměrná vlhkost vzduchu. Řady průměrných počtů dnů s vysokým a velmi vysokým nebezpečím požárů (INP ≥ 4) a velmi vysokým nebezpečím požárů (INP = 5) vykazují pro Českou republiku statisticky významný vzestupný trend – 0,76 dne.rok^{-1} pro INP ≥ 4, respektive 0,07 dne.rok^{-1} pro INP = 5 v období 1951–2013. Průměrný počet dnů s vysokým a velmi vysokým rizikem požáru byl 26,6 pro období 1951–1980, pro období 1981–2010 pak již 38,8. Nejvyšší počty dnů s INP ≥ 4 připadly na roky 2012 (102 dny), 1976 (95), 2007 (81), 1973 (78), 2011 (76), 1992 (71) a 2003 (68). Roky 1992, 2003, 2007 a 2012 z tohoto soupisu představují zároveň roky s nejvyšším počtem lesních požárů za posledních 22 let (BRÁZDIL et al., 2015). Riziko vzniku lesních požárů tedy již prokazatelně roste a je vysoce pravděpodobné, že trend bude pokračovat.

Nárůst četnosti a velikosti požárů lze čekat zejména v nejohroženějších regionech s vysokým podílem snadno zápalných a dobře hořlavých porostů v západních a severních Čechách (např. Českosaské Švýcarsko), v Polabí a na jižní Moravě (zejména tzv. Moravská Sahara). V těchto oblastech ostatně k velkým lesním požárům v posledních letech došlo – v Českosaském Švýcarsku v roce 2006 v okolí Jetřichovic na Děčínsku (cca 18 ha), na Moravské Sahaře u Hodonína v roce 2012 (cca 174 ha).

Nejvýznamnější dopady na les a lesní hospodářství

Ekonomické dopady – lze očekávat znatelný nárůst přímých škod požárem na porostech (v suchých letech již nyní škody v desítkách milionů Kč za celou ČR, například v roce 2003 38 mil. Kč, v roce 2012 se zmíněným požárem u Hodonína 46 mil. Kč), stejně tak lze očekávat zvýšení nákladů na protipožární opatření a nákladů na obnovu a výchovu lesa na požářištích.

Obtížná obnova rozsáhlých požářišť – obnova rozsáhlých požářišť je komplikovaná (narušení půdního prostředí, extrémní mikroklima) s vysokým rizikem nezdaru zalesnění, s vysokými nároky na vyspělost sazenic a kvalitu zalesnění, přirozená obnova je zpravidla znemožněna, výsadby na požářištích jsou silně ohrožovány biotickými poškozeními (klikoroh, ponravy chroustů, drobní hlodavci).

Negativní dopady na vertikální a horizontální strukturu lesa – na rozsáhlých požářištích je komplikované nebo nemožné zabránit vzniku unifikovaných stejnověkých jednoetážových porostů (zejména při dodržování běžných limitů lesního hospodaření).

Navržená adaptační opatření:

využití všech metod a možností pro predikci vzniku požáru, pro jeho včasné odhalení a účinné hašení, například klasifikace vzniku lesního požáru (KVLP) pro ESRI ArcGIS (DOUDA, KLIMÁNEK, 2012), využití kamerových systémů Fire Watch v ohrožených lokalitách apod.;

navýšení podílu listnatých dřevin v ohrožených lokalitách – zejména na vysýchavých stanovištích v intenzivně navštěvovaných lesích jako jsou příměstské lesy, turisticky atraktivní lokality apod.; při obnově požářišť používat důsledně sukcesní dřeviny s cílem revitalizovat půdní prostředí, zmírnit extrémní mikroklima a dosáhnout druhové a prostorové diverzifikace následného porostu;

vytváření protipožárních pásů (pásů z obtížně hořlavých dřevin) a dalších ochranných prvků (dle rizika vzniku požáru) – zejména kolem potencionálních zdrojů požáru (chatové osady, zahrádkářské kolonie, tábořiště, železnice…);

preventivní informační kampaně s cílem omezit nebezpečné aktivity vedoucí k požárům, zpřísnění restriktivních legislativních opatření (+ zvýšení kontroly jejich dodržování).

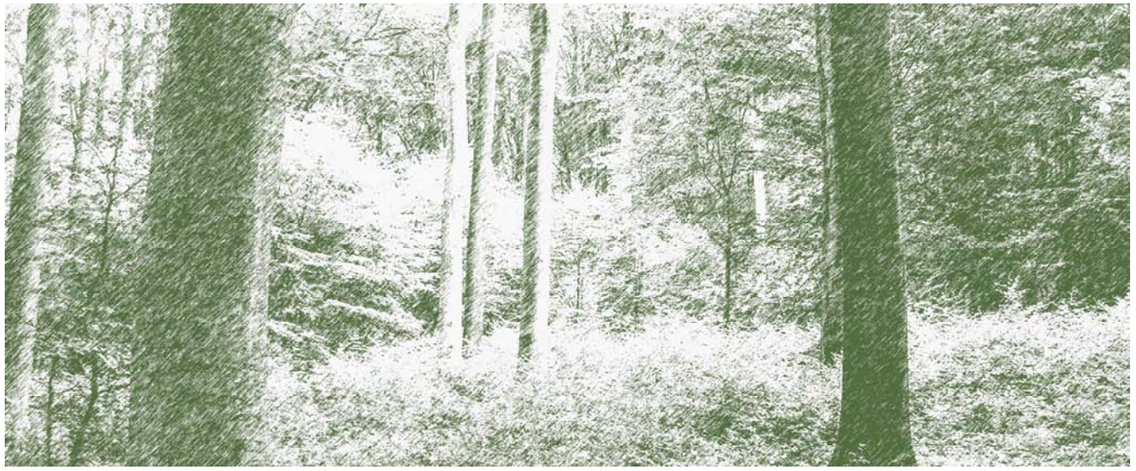
5 KATALOG ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

V následujícím katalogu najdete podrobné specifikace adaptačních opatření představených v kapitole 3. Pro každé opatření jsou uvedeny jeho základní cíle (jak byly definovány v kapitole 3), opatření je pak dále podrobněji popsáno, jsou vysvětleny důvody k jeho realizaci a rámcově vymezena možná rizika jeho realizace (možné nechtěné nežádoucí dopady na les či krajinu, provozní organizační či ekonomické limity atd.).

ZMĚNA DŘEVINNÉ SKLADBY

CÍLE:

- ***zvýšení odolnosti a adaptability porostů***
- ***snížení (rozložení) rizika rozpadu porostu***
- ***zvýšení strukturní bohatosti***
- ***zvýšení mechanické stability***
- ***snížení rizika vzniku kalamitních holin***
- ***zvýšení biodiverzity***
- ***zlepšení stavu lesních půd***
- ***zlepšení koloběhu živin***
- ***zvýšení infiltrace***
- ***snížení teplotní extremity***



Specifikace adaptačního opatření

Vzhledem k měnícím se podmínkám prostředí, opakovaným epizodám chřadnutí dřevin a plošným rozpadům porostů vlivem abiotických faktorů jsou změny dřevinné skladby nutné.

Jednotlivé druhy dřevin se při změně environmentálních podmínek nebudou moci na celé řadě míst bezpečně pěstovat (jakkoliv tam dnes jejich porosty jsou). A naopak příznivé podmínky pro některé z dřevin mohou nastat i na územích, kde dříve příznivé nebyly – zejména vertikální vymezení vhodných oblastí pro pěstování jednotlivých dřevin se bude vzhledem k rostoucím teplotám vzduchu posouvat (viz kapitola 6).

Základním cílem je dosáhnout co největší pestrosti druhové skladby, a to ve všech prostorových měřítcích. Navýšení zastoupení či uplatnění v dřevinné skladbě mimo dosavadní lokality se bude týkat především buku, dubů, javorů, líp, habru, z jehličnanů lze doporučit především širší uplatnění jedle a modřínu. Kromě všech dřevin již dnes zahrnutých jako cílové dřeviny do doporučených dřevinných skladeb jednotlivých hospodářských souborů bude potřebné více využívat přípravné dřeviny, jako jsou bříza, jeřáb, osika či olše. Otevřenou otázkou zůstává i širší uplatnění introdukovaných dřevin, a to pouze ve směsích.

Adaptační opatření lze rozdělit do podopatření:

- celkové zvýšení pestrosti dřevinné skladby – uplatnění principu minimálně 3 × 20 %, větší uplatnění sukcesních dřevin;
- zvýšení podílu hluboko kořenících dřevin;
- zvýšení podílu suchuodolných dřevin;
- zvýšení zastoupení listnáčů a snížení jehličnanů;
- zvýšení podílu melioračních a zpevňujících dřevin.

Důvody k jeho realizaci

Podíl listnáčů na celkové ploše lesů v ČR narůstá velmi pozvolně, v roce 2013 tvořil 26,2 % z celkové plochy lesů. Lesy v ČR jsou však stále z více než 50 % tvořeny smrkem. Jeho podíl na celkové ploše lesních porostů v dlouhodobém horizontu sice stabilně klesá (mezi roky 2000–2013 poklesl o 2,9 p.b.), nicméně, tento pokles je nerovnoměrný a neodráží změny podmínek pro bezpečné pěstování smrku, tj. nárůst teplot a změny distribuce srážek. Lze přitom předpokládat, že podíl území s akceptovatelnými podmínkami pro pěstování smrku bude již v roce 2030 pod hodnotou současného zastoupení smrku.

Základním důvodem pro požadavek celkového zvýšení pestrosti dřevinné skladby je odůvodněný předpoklad vyšší schopnosti druhově bohatých lesů adaptovat se na změny prostředí (včetně klimatických změn). Kromě druhového rozrůznění je zároveň potřebné věkové rozrůznění (viz adaptační opatření ZMĚNY FORMY SMÍŠENÍ A TEXTURY POROSTŮ a PŘECHOD NA MALOPLOŠNĚ PODROSTNÍ AVÝBĚRNÉ FORMY HOSPODAŘENÍ).

Na jednotlivé změny podmínek reagují odlišně jedinci různých dřevin (a různého věku). Lze přitom předpokládat, že alespoň některé ze zastoupených druhů dřevin budou schopny danou změnu podmínek zvládnout bez větších negativních dopadů – zvýšení bezpečnosti produkce je tak dané především rozložením rizika, lze totiž předpokládat, že nedojde k plošnému onemocnění či chřadnutí všech druhů dřevin najednou, znatelně vyšší je pak také mechanická stabilita smíšených porostů.

Další důvody pro tvorbu smíšených porostů mohou být biologické i ekonomické povahy. Biologické aspekty zahrnují snahy o zlepšování např. půdních podmínek, vodního režimu a mikro(mezo)klimatu nebo zvyšování biodiverzity. Ekonomické aspekty pak zahrnují snahy o zvyšování hodnotové produkce porostů přimíšením cenných hospodářských dřevin (modřín, třešeň, břek, javor klen, apod.).

Dalšími důvody pro intenzifikaci snahy o změny dřevinné skladby je fakt, že dosavadní změny dřevinné skladby lesů v ČR probíhají s řadou problémů. Podíl jedle se na celkové ploše lesů od roku 1995 stabilně pohybuje kolem 1 %, a to i přesto, že její podíl na umělé výsadbě činí téměř 5 %. Při obnově lesa se v posledních desetiletích stále více uplatňují listnaté stromy a to nejen duby a buk, ale i další druhy, jejich zastoupení v mladých porostech nad 10 let je ovšem velmi často znatelně nižší než při založení porostu. V obou případech je hlavní příčinou selektivní poškozování okusem. Změny dřevinné skladby tedy musí být doprovázeny změnami mysliveckého hospodaření a důslednou ochranou minoritně zastoupených dřevin (viz opatření SNÍŽENÍ VLIVU ZVĚŘE NA POROSTY).

Možná rizika realizace adaptačního opatření

- U některých směsí může dojít *snížení objemu a tak i hodnoty produkce*.
- *Náročnější výchova* smíšených porostů – zvýšení nároků na provozní personál.
- Snížení podílu jehličnanů přináší na jedné straně zvýšení mechanické stability vůči sněhu i větru, na druhé straně *snižuje intercepci a zrychluje jarní odtávání sněhu*.
- *Zvýšené náklady* na vnášení a udržení nových druhů dřevin.

» *Zvýšení mezidruhové kompetice* – nebezpečí těžko kontrolovatelné přirozené obnovy či invaze konkrétní dřeviny.

» *Omezení zavádění introdukovaných dřevin* do lesních směsí ve větším měřítku, které by pomohlo nahradit především porosty smrku.

» Potenciálně *možné zvýšené náklady na těžbu* a obnovu lesů, kdy jednotlivé druhy dřevin se budou těžit v různém stáří.

» *Snížení objemu dodávek jehličnatého dříví pro dřevozpracující průmysl a potenciálně možné snížení tržeb pro vlastníky za dříví* – nelze ovšem vyloučit, že bude v budoucnu nalezeno řešení využití listnatého dříví, které má v současné době většinou nižší zpeněžení než jehličnaté dříví.

PRODLOUŽENÍ OBNOVNÍ DOBY

CÍLE:

» ***zlepšení půdoochranné funkce***

» ***zlepšení podmínek pro přirozenou obnovu***

» ***vyšší vertikální rozrůzněnost***

» ***přechod na nepasečné formy hospodaření***

Specifikace adaptačního opatření

Obnovní doba jako termín, vymezující časový úsek od počátku obnovního zásahu po smýcení porostu, je úzce spojen s lesem věkových tříd. Zatímco v časové úpravě lesa věkových tříd má obnovní doba své nezpochybnitelné místo, v lesích bohatě strukturovaných (nepřetržitá obnovní doba) svůj význam ztrácí. Především v procesu přestavby lesa věkových tříd bude zásadní prodloužení obnovní doby jako prostředek k poskytnutí dostatečného časového prostoru pro nástup a širší využití přirozené obnovy, k uplatnění přírodního výběru a k práci s jednotlivými stromy a světlostním přírůstem. Vlastní prodloužení obnovní doby bude záviset na konkrétních stanovištních a porostních podmínkách (zejm. obnovované dřevině). Současná praxe pracuje z velké části s obnovní dobou do 10 let (borová a lužní stanoviště) a do 20 let (bukové a smrkové porosty). Přechod na bohaté porostní struktury bude znamenat, že uvedené hodnoty budou v dospělých porostech dvou- až trojnásobné. Výjimku mohou tvořit přestárlé a labilní (např. výrazně poškozené či přeštíhlené) porosty, případně porosty s nevhodnou druhovou skladbou. V mladších porostech, kde lze s cílenou přestavbou na bohatě strukturované porosty započít již dříve, se předpokládá obnovní doba nepřetržitá.

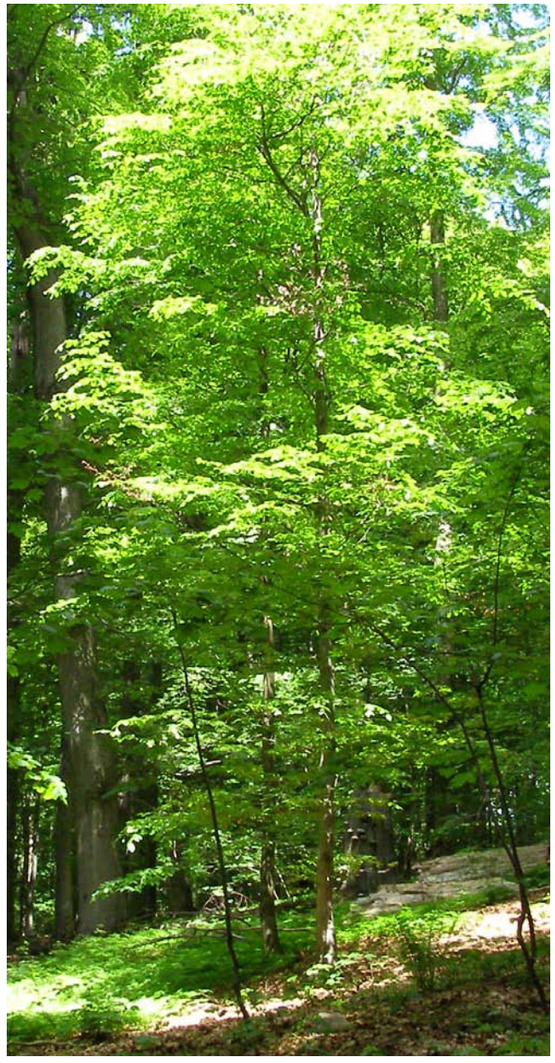
Důvody k jeho realizaci

Prodloužení obnovní doby je jedním z účinných časových opatření HÚL v lese věkových tříd pro realizaci konkrétních adaptačních opatření – zejména pro přechod na jemnější (nepasečné) formy hospodaření jako východiska ke stabilnějším lesním porostům a s tím i k širšímu využití přirozené obnovy, včetně optimalizace přírodního výběru. Porosty, u nichž bude docházet ke kontinuální dlouhodobé či nejlépe nepřetržité přirozené obnově v krytu mateřského porostu, budou vystaveny menším výkyvům klimatu než porosty vzniklé na holině.

Dlouhodobost a s ní spojená větší diverzita jsou obecnými východisky dosažení stability a odolnosti vůči biotickým i abiotickým činitelům. Naproti tomu krátká obnovní doba může být spojena s hospodářskými riziky (např. přísušek v konkrétním roce) a může vést až k odumření veškeré obnovy či k plošné dominanci nežádoucí či kompetičně silné dřeviny, atd. Prodloužením obnovní doby obecně dochází k iniciaci věkové, ale také prostorové diverzity v obnově, a tedy i struktuře budoucího porostu.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

- Při předržení pasečného porostu jeho *snížená stabilita vůči bořivým větrům a snížená odolnost k biotickým škůdcům*.
- Paušální prodlužování obnovní doby, např. u porostů poškozených, přeštíhlených nebo s nevhodnou dřevinnou skladbou) může vést k *produkčním, respektive ekonomickým ztrátám*.
- V porostech s nedostatečnou přirozenou obnovou, nebo obnovou umělou může docházet vlivem prodlužování obnovní doby ke *vzniku ředin s často agresivní buření* a k *zvýšeným nákladům na následnou obnovu*.
- rizikem jsou také *zvýšené náklady na obnovní těžby a vyšší nároky na organizaci* a *provádění častějších zásahů* s nižší intenzitou v obnovovaných porostech.



POSTUPNÉ SNÍŽENÍ OBMÝTÍ

CÍLE:

- ***snížení pravděpodobnosti plošného rozpadu porostu***
- ***snížení množství dřeva znehodnoceného hnilobami***
- ***snížení nákladů***
- ***snížení podílu nahodilých těžeb***
- ***snížení četnosti vzniku kalamitních holin a proředěných porostů***
- ***snížení rizika kalamitních přemnožení hmyzích škůdců***

Specifikace adaptačního opatření

Podstatou opatření je postupně snížit obmýtí tam, kde narůstá podíl nahodilých těžeb a vzrůstá riziko rozpadu porostu. V měnících se klimatických podmínkám spojených s epizodami chřadnutí je potřebné, aby mohlo být obmýtí přizpůsobováno situaci – v rámcových směrnicích by mohlo být uváděno běžné obmýtí (porosty bez známek dopadů GKZ, bez známek poškození) a spolu s ním maximální tolerované snížení (včetně popisu možných důvodů). V extrémních případech porostů s vysokým rizikem předčasného rozpadu by obmýtí mohlo být sníženo až na 60 let (zejména v existujících poškozovaných rozpadajících se smrkových porostech ve 2. a 3. lvs).

Adaptační opatření zahrnuje v oblasti HÚL:

- postupné snižování obmýtí v rámcích platné legislativy při tvorbě LHP;
- plánování reálné výše předmýtní těžby a nahodilých těžeb.

V provozní praxi:

- nezašetřování méně atraktivních starých porostů na úkor přetěžování atraktivních porostů na počátku mýtnosti;
- snížení podílu nahodilých těžeb v předmýtních porostech.

Pokud se vyčerpají předchozí možnosti:

- úprava legislativy – snížení dolní meze doporučených

rozpětí obmýtí pro HS (podmíněno správnou interpretací závazného ustanovení maximální celkové výše těžeb v praxi)

Důvody k jeho realizaci

Větší stresová zátěž povede k rychlejšímu stárnutí porostů a k vyššímu riziku rozpadu porostů; snížení obmytí může omezit ztráty, umožní také vyšší flexibilitu pro potřebné rekonstrukce dřevinného složení. Důvody k snížení obmýtí jsou proto nejen pěstitelské či environmentální, ale také ekonomické. Vlivem změn podmínek pro dřeviny bude docházet jak ke změnám v kulminaci hodnotového celkového průměrného přírůstu, tak ke změnám v nákladech. Například HANEWINKEL et al. (2010) ve svých modelech ekonomických dopadů změny klimatu na smrk ztepilý a buk lesní v jihozápadním Německu konstatují, že jako optimální se z pohledu ekonomického (maximální „land expectation values" na hektar dle KLEMPERER /1996/) bude u smrku obmýtí 80 let, u buku pak 130 let (je však nutné zmínit, že uvedené kalkulace jsou ovlivněny úrokovou mírou a cenami realizovaných sortimentů, které jsou v ČR od Německa odlišné).

Nutnost snížení obmýtí u smrku lze také demonstrovat na řadě studií věnovaných pravděpodobnosti přežívání jednotlivých smrků nebo jejich porostů (HOLUŠA et al., 2014). KOUBA (1989) odvodil, za použití empirických dat o poškození lesa a Weibullova rozdělení pravděpodobnost přežívání smrkových porostů, rizika spojená se zakládáním porostu a jejich poškozováním větrem a sněhem. Pravděpodobnost přežití 75 let stanovil 0,61, 100 let pak jen 0,57. GRIESS et al. (2012) použil na odvození funkcí přežívání dlouhodobé plochy monitoringu z jihozápadního Německa. Na základě série satelitních snímků od roku 1984 byl v této studii zkoumán vliv příměsi dřevin na pravděpodobnost přežití smrkových lesů. Pravděpodobnost přežití sto let v čistých porostech stanovil 0,83. NEUNER et al. (2014) v Bavorsku do analýzy kromě zastoupení dřevin zahrnul rovněž vliv edafických a klimatických faktorů. Na nepříznivých stanovištích vypočetl pravděpodobnost přežití sto let v čistém porostu 0,82. HLÁSNY et al. (2014) uvádí pravděpodobnosti odvozené na základě dat LHE Slovenské republiky za období 1990–2010. Pravděpodobnost přežití 75 let stanovil 0,4, přežití 100 let pak jen 0,25. V podmínkách ČR s výrazným zastoupením nepůvodních smrkových porostů v nižších a středních polohách je pravděpodobné, že se reálně budeme častěji blížit spíše „pesimickým" modelům KOUBY (1989) a HLÁSNÉHO et al. (2014).

Možná rizika realizace adaptačního opatření

Rizika jsou spojena zejména s příliš rychlým, unáhleným či chybně realizovaným snižováním obmýtí v územích s neodpovídajícím stavem lesních porostů.

- Vyšší těžební procento zejména u starších porostů může vést k *nežádoucímu rozvoji pasečného hospodaření* a k *širšímu využívání umělé obnovy*, včetně *zkrácení obnovních dob*.
- Chybná interpretace obmýtí jako předpisu těžeb může znamenat *skokové navýšení těžeb* a tak i nárůstu emisí CO_2.
- Unáhlené razantní (plošné náhlé) snížení obmýtí může v důsledku těžební nepřipravenosti porostů vést k *nárůstu nahodilých těžeb* – snížení obmýtí je potřebné realizovat jen v předem stabilizovaných porostech schopných přirozené obnovy.
- Snížení podílu zralostních stádií porostů (vyšší biodiverzita) může vést k *poklesu biodiverzity* v územích s vysokým podílem porostů se snižovaným obmýtím.
- *Snížení půdoochranné funkce* – v důsledku výše uvedených chybných kroků.
- *Nižší využití růstového potenciálu dané dřeviny a produkčního potenciálu stanoviště*.

PLNÉ VYUŽITÍ PŘIROZENÉ OBNOVY

CÍLE:

- ***zvýšení genetické variability***
- ***vyšší uplatnění přírodního výběru – vyšší adaptabilita***
- ***snížení rizika nezdaru zalesňování***
- ***snížení nákladů na zalesňování***
- ***snížení rizika primárních hnilob***

Specifikace adaptačního opatření

Obnova lesa je proces nahrazování stávajícího, zpravidla dospělého lesa novým pokolením lesních dřevin. Pokud nové pokolení lesa vzniká autoreprodukcí mateřského porostu, jedná se o obnovu přirozenou. Ta může být generativní – z přirozeně nalétnutých (opadaných) semen mateřských stromů, nebo vegetativní – z pařezových výmladků, kořenových výstřelků, popř. hříženců. Přirozená obnova je spojena s celou řadou hospodářských způsobů, ačkoliv obnova pod mateřským porostem převažuje. Může být ale vědomě využívána i při obnově porostů (zejména borových) holými sečemi a to buď ponecháním výstavků na pasekách, nebo očekávaným bočním náletem semen z okolních porostů (obnova vedle obnovovaného porostu). Předpokladem úspěšného začátku přirozené obnovy generativní, tj. vzniku náletu a biologicky zabezpečeného nárostu je zohlednění některých aspektů např. výskyt semenné úrody; přítomnost stromů schopných semenění v dostačujícím počtu a vhodně rozmístěných, které po druhové i genetické stránce vyhovují jako žádou-

cí druhy dřevin; vhodný stav půdy ke klíčení (vhodné klíční lůžko) semene, vzejití a počáteční přežití semenáčků; vhodné porostní a klimatické, zejména světelné podmínky (příznivý stav porostního klimatu) a příznivý chod povětrnosti od opadu semene po ujmutí semenáčků. Fruktifikace většiny lesních dřevin je v současné době velmi dobrá a na většině stanovišť ČR má přirozená obnova vysoký potenciál. Mnohé z uvedených faktorů lze také záměrně ovlivňovat souborem hospodářských opatření (práce se světlem, příprava půdy, výchova a pěstební péče, atd.). I přes zřetelný nárůst přirozené obnovy v posledních letech dosahuje její podíl rámcově pouze kolem 20 % z celkové obnovy lesa (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství 2014). Nízké využití přirozené obnovy je způsobeno především lidským faktorem – přetrvávajícím způsobem hospodaření (holosečné formy, alochtonní dřeviny), zažitými stereotypy, nevhodným stavem nepřipravených často labilních porostů s následným zabuřeněním, částečně též oprávněnou snahou o změnu druhové skladby vnášením melioračních a zpevňujících dřevin a v neposlední řadě také tolerancí vysokých stavů zvěře.
Adaptační opatření v sobě zahrnuje:

» větší uplatnění podrostních způsobů hospodaření s dlouhou obnovní dobou nebo výběrů;
» omezení škod zvěří na přirozené obnově citlivých dřevin (dosažení únosných stavů spárkaté);
» výchovné zásahy zaměřené na podporu fruktifikace zejména nedostatkových přimíšených dřevin;
» větší využití přirozené obnovy sukcesních dřevin;
» ve vhodných podmínkách uplatnění hospodářského tvaru lesa nízkého resp. středního (převážně přirozená obnova vegetativní).

Důvody k jeho realizaci

Primárním důvodem širšího uplatnění přirozené obnovy je zajištění větší adaptability lesních ekosystému na probíhající klimatické změny, jedná se o jedno z hlavních adaptačních opatření. Obnova probíhá zpravidla pod ochranou mateřských porostů a není tedy vystavena klimatickým výkyvům. Zpravidla také nedochází k deformacím kořenových systémů a tím ke zvýšení lability porostů v pozdějším věku. Další nespornou výhodou je možnost optimálního uplatnění přírodního výběru – vysoká genetická variabilita a přirozená selekce vitálních jedinců v konkrétních podmínkách. Nejlépe se přírodní výběr uplatní při nepasečném způsobu hospodaření (jakožto východiska ke stabilnějším a odolnějším porostům) s dlouhou či nepřetržitou obnovní dobou, jejíž délka bude záviset na ekologii zmlazované dřeviny. Větší podpora přirozené obnovy rovněž vede ke snižování rizik spojených s obnovou lesa po kalamitách – existující obnova zajistí snadnější obnovu dřevin cílových na holinách. Důvodem pro širší uplatnění přirozené obnovy je rovněž ekonomika hospodaření – přirozená obnova je v naprosté většině případů levnější než obnova umělá (např. POLENO, VACEK, 2007).

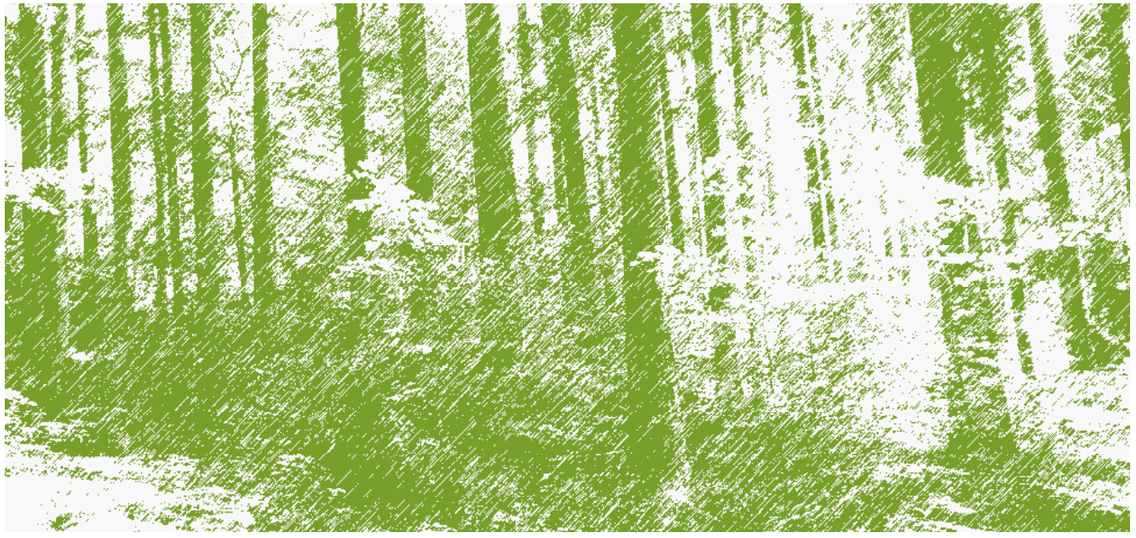
Možná rizika realizace adaptačního opatření

» *Přirozená obnova v porostech geneticky nevhodných*.
» *Nebezpečí přirozené obnovy dřevin kompetičně silných* (obnova 1 druhu a vznik monokultur) či *nežádoucích* (např. invazivních).
» Především v přestárlých nepřipravených porostech může při dlouhém čekání na přirozenou obnovu a prořeďování hrozit z*abuřenění nebo snížení stability porostu*.
» Lidský faktor – *větší náročnost na odbornou zdatnost lesnického personálu*.
» *Nebezpečí vysokých ekonomických ztrát v případě neúspěšnosti přirozené obnovy*.

ZMĚNY FORMY SMÍŠENÍ A TEXTURY POROSTŮ

CÍLE:

» ***zvýšení mechanické stability***
» ***zvýšení odolnosti proti biotickým škodlivým činitelům***
» ***zvýšení biodiverzity***
» ***snížení rizika kalamitních (plošných) rozpadů porostů***



Specifikace adaptačního opatření

Zvyšování stability a vitality lesních porostů pěstováním porostních směsí je pevně spojeno s tvorbou a změnami textury, druhu a formy smíšení lesních porostů. Tyto postupy jsou nerozlučně spjaty s předchozím vývojem porostů, s přeměnami a převody stejnověkých monokultur (např. SOUČEK, TESAŘ, 2008) na porosty smíšené (definice viz např. GRIESS, KNOKE, 2011), které vykazují vyšší míru ekologické stability, biodiverzity, větší rozsah a míru plnění celospolečenských efektů a služeb včetně možné vyšší hmotové produkce a ekonomického efektu.
Texturu porostu lze měnit rozrůzněním prostorové struktury a věkové skladby, vhodnými pěstebními zásahy, výběrem cílových stromů. Tohoto postupu lze také vhodně použít i ve stejnorodých porostech s nízkým podílem příměsi ostatních dřevin. Časové hledisko a naléhavost přeměn (změna druhové skladby) a přestaveb (změna druhové skladby spojená se změna tvaru

lesa, hospodářského způsobu, formy hospodaření) závisí na jejich aktuálním stavu a predikci vývoje odvíjející se také od stavu a předpokládaných změn prostředí daného stanoviště. Vývoj by měl být z časového hlediska promýšlen nejméně na dobu obmýtí hlavní dřeviny porostu. Cílem při tvorbě vhodné porostní směsi a formy smíšení je stanovení přesného a trvalého provozního cíle. V rámci jeho naplňování je neméně důležité nalezení kompromisu mezi přirozenou druhovou skladbou a plněním celospolečenských funkcí.

Z hlediska praktické realizace adaptačního opatření je třeba zvolit strategii postupů při přeměnách a přestavbách stávajících monokultur, nebo porostů s odumírající hlavní dřevinou a stanovení specifikace postupů přeměn a přestaveb podle typu stanoviště (SLT, CHS). Vlastní postupy realizace zahrnují: přeměnu (úpravu) dřevinné skladby porostu přiřaďováním obnovních sečí, přeměnu porostu kombinací předsunutých obnovních prvků s postupnou obnovou porostu a speciální postupy úpravy dřevinné i věkové skladby. Před realizací zvoleného postupu je z důvodu prevence rozpadu porostu potřebná jeho příprava. V praxi často využívaným a osvědčeným postupem je využití vnějšího i vnitřního zpevnění a stabilizace výchovou. Vhodné je také porosty rozčleňovat na pracovní pole s různou intenzitou a druhem zásahu (tvorba textury porostů) a zvážit přípravu půdy za účelem uchycení a odrůstání přirozené obnovy. Příprava půdy pak může být biologická (na stanovištích s výrazně špatnými fyzikálními vlastnostmi půdy), chemická (na chudých stanovištích a půdách se změněným chemizmem), mechanická (ruční – pomístní nebo mechanizační – s vyšším účinkem, avšak také vyšším rizikem poškození kořenového systému ponechaných stromů). Rychle a razantně, avšak s vědomím počátečních vyšších ekonomických nákladů a se zvážením všech následných ekonomických a ekologických aspektů, je možno postupovat umělou obnovou (výsev, podsadby, umělá obnova v kotlících apod).

Následná péče o nárosty a kultury pak spočívá v ochraně proti zvěři, vlivu buřeně, inter- a intraspecifické konkurenci a v úpravě světelných, teplotních a vlhkostních poměrů, aj.

Jednoznačný postup přestavby monokultur nelze a priori stanovit, použitý postup závisí na stanovištních podmínkách, současném i očekávaném stavu a způsobu využívání lesa. Vždy se, ale bude jednat o kombinaci několika hospodářských způsobů a obnovy minimálně jedné až dvou druhů dřevin. Pro minimalizaci rizik je nutno zvolit takové cíle a postupy, které budou konsensní nejen z pohledu lesního hospodáře, trhu se dřívím, dřeviny, stanoviště, ekologie a ochrany přírody, ale dokonce i v oblasti socioekonomické.

Adaptační opatření v sobě zahrnuje:

» jednotlivé smíšení;

» smíšení v malých skupinách;

» zvýšení vertikální diverzity porostů.

Důvody k jeho realizaci

Z důvodu šíření a gradace hmyzích škůdců, vzniku živelných kalamit apod., a především v důsledku četnějších, intenzivnějších i déle trvajících výskytu klimatických extrémů a syntaxi nespecifických důvodů chřadnutí dřevin je zřejmé, že je nutné opustit model lesa věkových tříd s pěstováním monokultur (druhově a věkově stejnorodých porostů) vykazujících extrémní nestabilitu. Tendenci k nestabilitě mají zpravidla také hospodářské lesy ponechané samovývoji, tj. bez cílených hospodářských zásahů, neboť v nich začnou postupně převládat stín snášející dřeviny (v našich podmínkách víceméně jen buk, jedle má jen velmi nízké zastoupení a je silně redukována zvěří) vytvářející porosty přeštíhlené, náchylné na rozvrat působením větru, ekonomicky méně efektivní. Lesnickým cílem by mělo být všude, kde je to možné, pěstovat smíšené porosty bohatších struktur s využíváním nepasečných forem hospodaření eliminujících výskyt extrémních podmínek volné obnovované plochy, na které je znesnadněna obnova a limitováno odrůstání dřevin. Přitom je však třeba volit takovou velikost obnovních prvků, aby docházelo ke spontánní obnově dřevin náročných na dostupnost světla. Stabilita smíšených porostů je založena na ekologických nárocích, dynamice růstu i rychlosti a míře adaptačních mechanismů jednotlivých druhů dřevin ve směsi a na jejich vzájemném ovlivňování. S ohledem na princip předběžné opatrnosti lze dokonce předpokládat, že při volbě stanovištně vhodného smíšení nejméně 2–3 dřevin bude zvýšena nejen stabilita a biodiverzita porostu, ale i produkce dřevní hmoty a ekonomický efekt. S přihlédnutím k novým klimatickým poznatkům i k praktickým zkušenostem z oblasti Severní Moravy lze za pozitivní ekonomický efekt považovat nejen lepší kvalitu či kvantitu produkce, ale také udržení stromového pokryvu jako takového, tj. zabránění rozpadu lesa s následnými negativními dopady (eroze apod.).

Současný stav porostů dává při využití přirozené obnovy předpoklad vzniku blíže určené struktury následného porostu vycházející z druhového složení porostu mateřského a porostů v blízkém okolí s ohledem na možnost šíření semen z mateřských stromů převážně anemo- či zoochoricky. Vychází také ze zdravotního stavu mateřských dřevin (plodnost dřevin apod.), přičemž textura porostu je dána jejich rozmístěním (především u dřevin s těžkými semeny) resp. volbou podílu přirozené a umělé obnovy, výběrem způsobu hospodaření, velikostí obnovních prvků apod. Toto usměrňuje v daných porostních podmínkách nebo podmínkách obnovní plochy uplatnění dřevin s rozdílnými ekologickými nároky (především na světlo, vodu, dostupnost živin aj.).

Možná rizika realizace adaptačního opatření

Hlavním rizika vyplývají zejména z dlouhodobosti realizace přestavby lesa, zejména v nepřipravených jehličnatých monokulturách. Postupné a dlouhodobé prořeďování a nutné předržování dospělých pasečně vzniklých porostů je v důsledku snížené mechanické stability a často špatného zdravotního stavu jednotlivých stromů rizikové. V závislosti na výchozím stavu lesa a cílové představě může být doba přestavby v daných stanovištních podmínkách delší než běžné obmýti. Na druhou stranu praxe ukazuje, že významné zvýšení druhové i prostorové diverzity lesa lze dosáhnout během 20–30 let. Významně k tomu může přispět i výchova soustavnou podporou vtroušených dřevin, šetřící životaschopné jedince v podúrovni a udržující životaschopnou i „předčasnou“ přirozenou obnovu. S prodlužující se délkou obnovní doby se zvyšuje možnost dosáhnout diferencovanou strukturu, na druhé straně se zvyšuje potenciální riziko poškození původního i následného porostu. Případná rizika poškozeni stabilních a jakostních porostů jsou kompenzována dobrým přírůstem nejkvalitnějších stromů i tvorbou vhodnějších ekologických podmínek pro obnovu dalších dřevin.

» *Ohrožení obnovy* – v období náletu, výsevu, výsadby ohrožuje přeměny zvýšený výskyt hlodavců, ptáků, zvěře a extrémní klimatické podmínky apod. Opožděné/předčasné uvolnění nárostů nebo výsadeb s ohledem na dynamiku a strategii růstu jednotlivých druhů dřevin může vést k převládnutí/potlačení cílových dřevin. Je třeba provádět úpravy prostorového uspořádání a opakované uvolňování. S ohledem na výše zmíněné je vhodné zvolit vhodnou dobu obnovy v roce semenné úrody nejvíce konkurenčně potlačované dřeviny. Při neúrodě semene nebo při nízké produkci životaschopných klíčivých semen hrozí narušení kontinuity přirozené obnovy a následné zabuřenění ředin vedoucí k nutnosti uplatnit umělou obnovou.

» *Ekonomické ztráty, finanční náročnost* – obnovní rozpracování mladých porostů za účelem dosažení vyšší druhové bohatosti porostu je nejvhodnější avšak může vést k produkčním a ekonomickým

ztrátám. Zahájení přeměn a přestaveb v dospívajících porostech (60–80 let) snižuje riziko ekonomických ztrát a nabízí dostatečný časový prostor pro dosažení smíšeného porostu s plánovanou prostorovou výstavbou. Zahájí-li se přestavba až v mýtním porostu, může byt její výsledek ohrožen nezbytností porost obnovit rychle, např. z důvodu rozpadu nebo pro dodržení globálně a necíleně stanovené doby obmýtí. Proces přestavby zpravidla vyžaduje přechodnou úpravu hospodaření a je zpravidla časově a finančně velmi náročný. Vždy se, ale bude jednat o kombinaci několika hospodářských způsobů a obnovy minimálně jedné až dvou dřevin.

VÝMLADKOVÉ LESY

CÍLE:

» ***omezení ztrát suchem při obnově porostů***

» ***nižší náklady na obnovu***

» ***na malých majetcích vyrovnanější produkce oproti vysokému lesu pasečnému***

Specifikace adaptačního opatření

Opatření spočívá ve změně hospodářského tvaru z lesa vysokého na les nízký nebo popř. les střední. Tyto tvary lesa jsou typické svým vysokým podílem jedinců vegetativního původu a jsou společně označovány jako výmladkové lesy. Noví jedinci vznikají z tzv. pařezových nebo kořenových výmladků. Protože tyto výmladky vznikají na původním kořenovém systému těžbou odstraněného jedince, tak mají dostatek živin a především vody z nižších vrstev půdního profilu. Naopak jedinci ve vysokém lese vzniklí generativní obnovou ať už umělou (sadbou nebo síjí) nebo přirozenou (ze semene mateřského stromu) mají v prvních fázích vývoje pouze malý kořenový systém, který nedosahuje do hlubších vrstev půdy a velmi špatně tak snáší snížení hladiny spodní vody nebo nedostatek srážek. A protože je nedostupnost vody a variabilní distribuce množství srážek ve vegetačním období očekávaným rizikem přímo spojeným s GKZ, mohou být výmladkové lesy alternativou pro obnovu porostů a to právě především v podmínkách v kterých lze problémy se suchem očekávat. V podmínkách vhodných pro výskyt a zdárný růst výmladkových lesů by tedy součástí rámcových směrnic hospodaření měly být i směrnice pro nízký nebo střední les (výmladkový les). Lze přitom počítat s potencionálním rozšířením výmladkových lesů až do 5. lesního vegetačního stupně na různých stanovištích.

Důvody k jeho realizaci

Stres suchem může být vyvolán nedostatkem srážek nebo nízkou hladinou spodní vody. S předpokládanou změnou klimatu by měly mít obě tyto příčiny variabilnější výskyt. Výmladkové lesy snášejí tento typ stresu obecně lépe než vysoký les, protože mají větší kořenový systém. Snížení přírůstu či odumírání stromů vlivem sucha je rizikové především ve vznikajících či zakládaných porostech – noví jedinci déle odrůstají do stádia zajištěnosti porostu. Jedinci vzniklí z výmladků mají v mládí velmi rychlý růst, a to díky dostatku živin

a vody, které dodává již existující kořenový systém a jsou tedy i při změněných klimatických podmínkách schopny rychle dosáhnout parametrů potřebných pro zajištění porostu. Hospodaření výmladkovými lesy lze tedy použít tam, kde jsou vhodná stanoviště pro typické dřeviny výmladkového lesa (dub, habr, lípa, olše, topol a jiné), ale hospodaření systémem vysokého lesa by bylo velmi rizikové (s ohledem na stres suchem), a to právě zejména při obnově porostů. Obnova porostů pomocí výmladkového lesa je ve srovnání s vysokým lesem také ekonomicky výhodná, protože náklady na obnovu jsou prakticky nulové z důvodu obnovení porostu pomocí výmladků. U obnovy porostu vysokého lesa vznikají navíc další náklady na vylepšování zapříčiněné vyšší mortalitou.

Odolnost výmladkového lesa vůči změnám klimatu byla prokázána v řadě studií. Např. RODRÍGUEZ-CALCERRADA et al. (2011) potvrdili, že odolnější vůči teplejším a sušším podmínkám jsou dokonce i opuštěné výmladkové lesy (také označovány jako nepravé kmenoviny, často jsou pěstovány jako vysoký les), ale pouze v případě, že se v nich začnou opět provádět výchovné zásahy. COTILLAS et al. (2009) simulovali 15 % redukci dešťových srážek na růst a mortalitu výmladkových dubových lesů ve Španělsku. Potvrdili, že snižování srážek nezvyšuje mortalitu stromů, ale snižuje půdní vlhkost. Snižování půdní vlhkosti ale nebylo zjištěno v porostech, kde byly prováděny výchovné zásahy jednotlivým výběrem. Jednotlivý výběr stromů může tedy zabránit snižování půdní vlhkosti při předpokládaných dopadech GKZ. OGAYA et al. (2003) srovnávali tloušťkový růst různých druhů dřevin v severozápadním Španělsku pod vlivem sucha vyvolaného redukcí srážek. Zjistili, že téměř všechny druhy měly v důsledku nedostatku srážek snížený přírůst, ale nejmenší snížení přírůstu bylo dosaženo u stromů s menší tloušťkou a také v podúrovni. Jelikož jedinci výmladkového lesa jsou také především pěstování pouze do menších rozměrů, tak lze předpokládat, že nedostatek srážek na ně nebude mít takový vliv jako na jedince z vysokého lesa. Z výsledků uvedených studií je tedy patrné, že výmladkové lesy jsou schopny lépe snášet nedostatek srážek než lesy vysoké. K podpoře odolnosti mohou být využity výchovné zásahy založené na zdravotním výběru jednotlivých stromů a snížení počtu jedinců v trsu. Pokud výchovné zásahy nebudou realizovány, dojde k odumření nekvalitních a nezdravých jedinců autoredukcí, takže porost jako celek bude schopen i přesto snášet snížené množství srážek.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

Rizika jsou dána zejména tím, že výmladkové lesy produkují především jakostní sortiment palivové dříví (s výjimkou výstavků v nízkém lese a horní etáže ve středním lese), takže nemohou plně nahradit sortimentní skladbu dříví produkovánou ve vysokém lese.

- *Nižší kvalita dřevní produkce* – v důsledku krátkého obmýtí, kdy jedinci nedorostou do požadovaných rozměrů a nedosáhnou cílených kvalitativních znaků.
- *Zvýšený odběr živin*, který souvisí s praktikovanou krátkou dobou obmýtí a odebíráním veškerého dříví z porostu; riziko je možné eliminovat např. prodloužením doby obmýtí a ponecháváním jistého množství dřeva po těžbě na ploše.
- *Opakovaně uplatňovaná vegetativní reprodukce může snížit adaptabilitu populací na některé změny prostředí*.
- *Nepřijetí zejména velkými vlastníky z důvodu podstatně nižší ekonomické efektivnosti* ve srovnání s lesem generativním, tedy vysokým, naopak u lesů malých vlastníků v příznivých přírodních podmínkách a na venkově může být situace jiná z důvodu relativně dobré dostupnosti a ekonomické nenáročnosti energie z dané biomasy ve srovnání s jinými zdroji energie.

PŘECHOD NA NEPASEČNÉ FORMY HOSPODAŘENÍ

CÍLE:

- ***nižší náklady na obnovu a pěstební činnost***
- ***zvýšení mechanické stability***
- ***zvýšení odolnosti proti biotickým činitelům***
- ***snížení rizika kalamitních (plošných) rozpadů porostů***
- ***větší výnosová vyrovnanost zejména na malých majetcích***
- ***vyšší šetrnost vůči půdě, postupné zlepšení stavu půd***
- ***pravděpodobně příznivější hospodářský výsledek***
- ***přirozenější podmínky pro vývoj klimaxových dřevin***
- ***snížení ztráty uhlíku při mineralizaci humusu***
- ***zachování nebo zvýšení genetické diverzity***

Specifikace adaptačního opatření

Jeden z hlavních obecných cílů lesnického hospodaření je v dlouhodobém měřítku stabilita lesa a trvalost produkce dřevní hmoty. V kontextu klimatických extrémů a narůstajících kalamitních událostí se jeví potřebné postupně měnit nejen druhovou skladbu lesů, ale také jejich prostorovou výstavbu směrem k bohatší struktuře. Výhodná také budou hospodářská (adaptační) opatření využívající tvořivých sil přírody, zejména přirozené obnovy. Dosažení těchto cílů znamená přechod od modelu lesa věkových tříd a pasečných způsobů hospodaření k jemnějším nepasečným formám. Ačkoliv struktura výběrného lesa tvoří vrchol takového přechodu (respektive převodu), je v našich přírodních podmínkách chápána spíše jako hospodářsko-úpravnický vzor. Cílový stav se pak může lišit dle konkrétních stanovištních a porostních podmínek a požadavků vlastníka, kdy lze, s vyloučením schematických holých a clonných sečí, použít či kombinovat řadu maloplošných hospodářských způsobů od maloplošně podrostního hospodaření a nepravidelných skupinových sečí (Femelschlag) až po skupinový či jednotlivý výběr. Výměra úmyslné holé seče by však rámcově neměla překročit 0,1 ha a šířku průměrné výšky těženého porostu. Cílem je les skupinově až jednotlivě smíšený, věkově, tloušťkově a prostorově rozrůzněný, s víceméně trvalou porostní zásobou na každé dílčí ploše.

Důvody k jeho realizaci

Myšlenka nepasečného hospodaření je ve středoevropském kontextu stará více než sto let a historii lesnictví provázela z různých důvodů. Obecně byl přijat GAYERŮV (1886) požadavek vrátit se ke smíšenému lesu namísto jehličnatých monokultur. Pokročilejším myšlenkovým směrem pak byl nepasečný Dauerwald (MÖLLER, 1922), který spolu se švýcarskou školou klasického výběrného hospodaření (H. Biolley) představují hlavní východisko pro dnešní pochopení principů a důvodů nepasečného hospodaření. Základní principy nepasečného hospodaření v dnešní době shrnuje hnutí Pro Silva (1989, 2012):

(1) optimální využívání produkčního potenciálu stanoviště tvorbou a pěstováním smíšených porostů;

(2) udržování nepřetržitosti porostního prostředí obnovními postupy neodkrývajícími půdu;

(3) využití produkční schopnosti každého cenného stromu.

Jeden z hlavních důvodů realizace nepasečného hospodaření v každé době byla snaha o posílení stability a vitality lesa spolu se zajištěním trvalosti výnosu.

Zvýšení mechanické stability u lesa s bohatší strukturou (oproti lesu věkových tříd) je dáno příznivějšími parametry kmenů a korun stromů (delší koruny, sbíhavější kmen a nižší těžiště) a bohatším kořenovým systémem. Systematická celoplošná výběrná těžba také zlepšuje celkový zdravotní stav lesa, neboť přednostně se odstraňují stromy nemocné a málo vitální, což zabraňuje šíření biotických škůdců.

Nezanedbatelný význam má rovněž posilování ekologické stability, jehož význam vhodně vystihuje anglický překlad nepasečného lesa „continuous cover forest“ – les neustále zakrývající půdu, tedy les chránící půdu a vznikající nárosty před negativními abiotickými vlivy (klimatickými extrémy) a dále nenarušení biogeochemických cyklů základních půdních elementů (viz. uhlíkové lesnictví). Zároveň se pozitivně ovlivňuje i vodohospodářská funkce lesa, neboť se zvyšuje retenční schopnost půd. Podpořena je rovněž biodiverzita – např. v ptačích oblastech (Natura 2000) se obvykle vyžaduje přítomnost určitého počtu dospělých stromů po ploše. V dnešní době probíhajících klimatických výkyvů a očekávaných změn se nepasečné hospodaření a výsledný les s bohatší strukturou jeví jako vhodné adaptační opatření pro zvýšení celkového odolnostního potenciálu lesa.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

Rizika jsou spojena zejména se schematickým či dogmatickým uplatňováním nepasečného hospodaření bez respektování konkrétních stanovištních a porostních podmínek.

» *Dlouhodobost záměru při přestavbě pasečného lesa* – je hlavním rizikem, zejména u nepřipravených jehličnatých monokultur. Zejména postupné a dlouhodobé prořeďování a nutné předržování dospělých pasečně vzniklých porostů je v důsledku snížené mechanické stability a často i zdravotního stavu jednotlivých stromů velmi rizikové. Další podmínkou je kontinuálně fungující přirozená obnova, v opačném případě hrozí vznik zabuřeněných ředin. Rizikový či problematický může být rovněž lidský faktor – dlouhodobost záměru přesahující profesní život lesníka a vyšší požadavky na odborné znalosti a dlouhodobé zkušenosti lesních hospodářů i dělníků.

» *Neúnosně vysoké stavy zvěře* – významné riziko ztěžující zajištění odpovídajícího rozsahu průběžně se dostavující přirozené obnovy a ochuzující druhovou skladbu obnovy (zejména o jedli).

» Pravděpodobně *vyšší náklady na těžební činnost a první pěstební zásahy*; tam, kde nebudou do porostů vnášeny další druhy dřevin, mohou být naopak nižší náklady na obnovu.

OMEZENÍ VYUŽITÍ STROMOVÉ METODY

CÍLE:

» ***zlepšení koloběhu živin***

» ***snížení výparu***

Specifikace adaptačního opatření

Stromová těžební metoda byla využívána v mýtních těžbách v převážně smrkových porostech. Důvodem pro její volby bylo přesunutí celého stromu na odvozní místo, kde byly po odvětvení a vydruhování zkoncentrovány výřezy dříví i biomasa větví pro následné využití. Při správně prováděné stromové metodě nedocházelo v mýtních těžbách k poškozování stojících stromů a při vhodném počasí ani k poškození půdy. Veškerá biomasa, mimo část jehličí, které se uvolnilo při pádu koruny na půdu, byla soustředěna na odvozním místě – v souvislosti s klimatickými změnami, acidifikací a nutriční degradací půd je tato úplná absence návratu živin do půdy v podstatné části stávajících smrkových porostů neakceptovatelnou. Cílem omezení využití stromové metody je zvýšit podíl tlejícího dřeva v porostech (viz adaptační opatření PONECHÁNÍ VYŠŠÍHO PODÍLU BIOMASY K DEKOMPOZICI). Stromová těžební metoda je využívána také v mladých smrkových porostech, v kterých není docilováno vyššího podílu sortimentů dříví. Zde ji však nelze doporučit z důvodu většího rizika poškození stojících stromů při vyklizování stromů z porostu. Jako alternativu jiných způsobů sanace lze stromovou metodu použít při nahodilé těžbě vyvolané napadením smrkového porostu podkorním hmyzem, v tomto případě je doplněna následným štěpkováním celých stromů pro zajištění eliminace dalšího množení podkorního hmyzu. Na nutričně dobře zásobených půdách může být stromová technologie zajímavá v mladých porostech přípravných dřevin (např. na kalamitních holinách), kde chceme využít jejich biomasu. Neceloplošná těžba přípravných porostů (v pruzích) v době mimo vegetaci (bez listí) se jeví po podrobnějších analýzách jako jedna z možných variant využití této technologie.

Důvody k jeho realizaci

Stromová těžební metoda není vhodná na přirozeně chudších stanovištích a stanovištích postižených degradací a acidifikací půd, na kterých využití nadzemní biomasy může způsobit další ochuzení stanoviště o živiny, které jsou obsaženy především v biomase asimilačního aparátu a tenkých větví (SIMANOV, 1995). Půdy silně a extrémně narušené acidifikací jsou přitom na podstatné části území se současnými smrkovými porosty středních a vyšších poloh (HRUŠKA, CIENCIALA, 2005). Při odstranění nadzemní biomasy bude navíc docházet k zintenzivnění výparu vody z povrchu půdy, jenž nebude kryta větvemi a asimilačním aparátem jako v případě těžební metody sortimentní a kmenové, kde zůstávají větve ležet na povrchu půdy. V předmýtních zásazích je důvodem pro omezení použití stromové metody také vyšší nebezpečí poškození stojících stromů v porostu. Také ve vazbě na adaptační opatření PŘECHOD NA NEPASEČNÉ FORMY HOSPODAŘENÍ, s cílem dosažení bohatší struktury převážně výběrným způsobem, není stromová ani kmenová technologie vhodná s ohledem na nepřípustné poškozování porostních složek – zejména ve spodním patře.

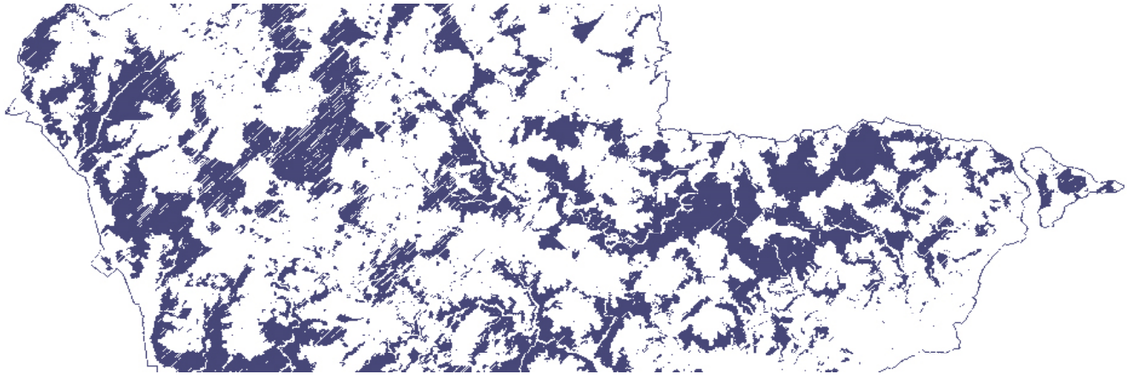
Možná rizika realizace adaptačního opatření

Rizikem může být zvýšená poptávka po biomase pro energetické účely, která by zvýšila *tlak na využití stromové technologie a využívání nadzemní biomasy*. Dalším rizikem může být poptávka po využití nehroubí pro zpracování na štěpku *a využití pro výrobu nábytkářských a konstrukčních produktů*.

NOVÉ METODY PRO IDENTIFIKACI A PREDIKCI RIZIK

CÍLE:

» ***územní diversifikace managementu dle rizika***



Specifikace adaptačního opatření

Identifikace i predikce rizik souvisejících s globální změnou klimatu jsou složitými procesy, které souvisí jak s postupy sběru dat a vyhodnocení škod na lesních porostech, tak s následným postupem rozhodování.

V současnosti existuje pro území ČR dostatek datových zdrojů popisujících lesní porosty a jejich stanoviště a rovněž krajinu jako celek. Problematická je však polohová přesnost těchto dat a také jejich dostupnost, aktuálnost a různá struktura po stránce formátové i obsahové.

Pro analýzu většiny rizik ohrožujících lesní porosty jsou zásadní nejenom informace o stanovišti, které jsou převážně dostupné formou webových mapových služeb na portálu ÚHÚL, ale také informace o aktuální věkové, druhové i prostorové struktuře lesa. Tyto informace jsou však plošně nedostupné a jsou jedním ze zásadních limitů pro modelování a analýzu rizik. Pro analýzu plošně rozsáhlých kalamit je rovněž stěžejní včasné zaznamenání okamžitého stavu po kalamitě.

Při následném procesu rozhodování je hledán optimální postup, jak na základě existujících alternativ dospět k optimalizovanému výsledku. Obvykle neexistuje žádný jednoduchý návod k řešení a každé rozhodnutí v sobě skrývá určité riziko. Kvalitu rozhodovacích procesů ovlivňují stanovené cíle, množství a kvalita informací, míra uplatnění poznatků teorie rozhodování, kvalita projektu řešení, kvalita objektu rozhodování a kvalita řízení rozhodovacího procesu.

Při hodnocení rizika ohrožení lesních porostů různými faktory (sucho, požáry, četnost výskytu ničivých větrů, gradace kambioxylofágního hmyzu apod.) vstupuje do procesu rozhodování celá řada proměnných, navíc s časovou i prostorovou variabilitou, které s menší či větší pravděpodobností jsme schopni modelovat a predikovat. Řešením rozhodovacího procesu je využití pokročilých metod v podobě systémů pro podporu prostorového rozhodování (Spatial Decision Support System – SDSS). Tyto systémy představují speciální typy informačních systémů, které kombinují různé systémy pro podporu rozhodování s integrací prostorové složky v prostředí geografických informačních systémů (GIS).

Při modelování vlivu změn klimatu na lesní porosty s pohledem na četnost výskytu různých rizikových faktorů zde vzniká nejistota, která je daná již samotnou nejistotou danou modelováním klimatických scénářů a s prostorovou variabilitou těchto změn. Navíc je obvykle proces rozhodování záležitostí několika zájmových skupin, kde každá má stanoveny jiné preference a jiná tak budou východiska pro ochranu přírody, ochranu lesa a pro ekonomické zhodnocení dřevní hmoty. Řešením je tak využití více scénářů s modelováním různých variant řešení.

Důvody k jeho realizaci

V případě kalamit, ať už se jedná o plošně rozsáhlé polomy či kůrovcové kalamity, je stěžejní rychlost zaznamenání rozsahu škod, neboť obvykle dochází k rychlé likvidaci poškozených lesních porostů. V těchto případech najdou uplatnění nové bezkontaktní technologie monitoringu a sběru prostorových dat v podobě leteckého laserového skenování nebo bezpilotních létajících prostředků (UAV), které umožňují sběr a vyhodnocení informací o rozsahu škod ve velmi krátké době včetně zaznamenání přesné prostorové informace. I v případě maloplošných škod (např. zvěří, suchem či mrazem) je pro přesné stanovení faktorů podílejících se na jejich vzniku žádoucí vedení detailní evidence o jejich výskytu nejen na úrovni jednotek prostorového rozdělení lesa, ale detailněji na úrovni prostorového vymezení jednotlivých bodových či plošných lokalit. Přesná prostorová evidence může následně výrazně pomoci při analýze a predikci těchto rizik.

Vzhledem ke komplexnosti většiny rizik je nutné pro jejich využívat pokročilé rozhodovací metody založené na analýze a syntéze dat pomocí vícerozměrných statistických metod, mezi které patří např. vícerozměrná regrese, diskriminační analýza, neuronové sítě, metoda Random Forest, PCA analýza a mnoho dalších. Variantou je rovněž využití již hotových nástrojů pro podporu prostorového rozhodování jako jsou např. MCDM (Multi-Criteria Decision Making tool), AHP (Analytic Hierarchy Process), EMDS (Ecosystem Management Decision Support), Net Viewer a řada dalších. Mezi nevýhody těchto nástrojů často patří specifické zaměření na řešení konkrétního problému a rovněž nutnost optimalizace procesu pro určitý typ úlohy. Výhodnějším řešením je proto vždy vytvoření vlastního statistického modelu pro hodnocení rizika pomocí výše zmíněných metod s optimalizací vstupních proměnných a výpočtu jejich významnosti v závislosti na konkrétních podmínkách.

Doporučené postupy pro identifikaci a predikci rizik:

» využití moderních metod sběru dat – leteckého laserového skenování a bezpilotních prostředků;

» využití vícerozměrných statistických metod;

» optimalizace vstupních proměnných v závislosti na konkrétní řešené lokalitě;

» využití více scénářů s modelováním různých variant řešení.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

» *Ekonomická náročnost nových metod* – výběr vhodného modelu a zvýšené náklady spojené s evidencí a sběrem dat pro uvedené modely.

» *Absence kvalifikovaného personálu* pro jejich širší uplatnění.

PONECHÁVÁNÍ VYŠŠÍHO PODÍLU BIOMASY K DEKOMPOZICI

CÍLE:

- ***zlepšení koloběhu živin***
- ***zvýšení biodiverzity***
- ***zlepšení mikroklimatu při povrchu půdy,***
- ***zlepšení hydrických poměrů (snížení rizika eroze, zpomalení odtoku, zlepšení retenční schopnosti půd)***

Specifikace adaptačního opatření

Mrtvé (tlející, odumřelé) dřevo zahrnuje odumřelé části živých stromů (suché větve či dutiny kmenů), stojící mrtvé stromy (souše), pahýly souší, pařezy, celé ležící kmeny, ležící silné a slabé větve, ale i ležící kusy fragmentovaného dřeva (ZHOU et al., 2007). V našich lesích na odumřelých stromech žije asi 1500 druhů hub a přes 1300 druhů hmyzu, z nichž přibližně 2/3 jsou druhy ohrožené (RAKUŠAN, 1998). Mrtvé dřevo zásadně ovlivňuje tok látek, energie a cyklus živin v ekosystému – zadržuje vodu v období sucha; postupně uvolňuje během svého rozkladu minerální prvky; procesy s rozkladem dřeva spojené, zejména působení mikroorganismů vedou nejen k zpřístupnění živin obsažené ve dřevě, ale také živin v půdě, které by jinak nebyly pro dřeviny využitelné. Látky uvolňované při rozkladu dřeva zvyšují sorpční komplex půd (SAMEC, FORMÁNEK, 2007). Mrtvé dřevo také poskytuje substrát pro klíčení semenáčků dřevin, je biotopem mnoha druhů živočichů tj. zvyšuje biodiverzitu (viz výše), příznivě ovlivňuje mikroklima půdního povrchu a svrchních vrstev půdy. Mrtvé dřevo dále ovlivňuje povrchový odtok – odumřelá dřevní hmota může zvyšovat stabilitu svahů, zabraňovat erozi půdy, zpomaluje odtok. Všechny z uvedených funkcí jsou významné a v kontextu měnícího se klimatu jejich význam dále narůstá. Ponechání vyššího množství biomasy v ekosystému může znatelně pomoci snaze lesníků udržet lesní prostředí ve stavu, který je pro dřeviny příznivý, nebo je pro ně alespoň tolerovatelný.

Opatření zahrnuje ponechávání stromů či lépe malých skupinek stromů na dožití, ponechávání pokácených kmenů, vývratů, ležících větví, vysokých pařezů. Formu a rozsah opatření je nutné volit ve vztahu k řadě provozních, bezpečnostních i organizačních podmínek – tj. minimalizovat ohrožení zdraví a majetku pádem stromů, neumožnit kalamitní přemnožení škůdců, nevytvářet závažné překážky těžebně-dopravním a pěstebním operacím apod. Cílem by měla být diverzifikovaná prezence mrtvého dřeva v lese, tj. ponechávání různých množství (až do množství cca 50 m^3ha^{-1}) na lokalitách dle jejich charakteru, účelu a způsobu hospodaření, dosažení dostatečného zastoupení jednotlivých stadií rozkladu, zastoupení různých druhů dřevin a různých dimenzí mrtvého dřeva. Zásady a postupy realizace jsou podrobně popsány v metodice MANAGEMENT MRTVÉHO DŘEVA V HOSPODÁŘSKÝCH LESÍCH (BAČE, SVOBODA, 2014).

Důvody k jeho realizaci

V přirozených lesích v našich podmínkách, tj. opadavém lese mírného pásma tvoří mrtvé dřevo 5 až téměř 50 % porostní zásoby, dle stanoviště, porostních parametrů, stádia vývoje lesa atd. V našich hospodářských lesích je jeho podíl převážně pod 5 %, často se limitně blíží nule, v absolutních číslech pak zpravidla nepřesahuje 10 m^3ha^{-1}, v některých regionech to pak je méně než 3 m^3ha^{-1} (JANKOVSKÝ et al., 2006). WWF navrhuje zvýšení objemu mrtvého dřeva v boreálních lesích a lesích mírného pásma na 20–30 m^3ha^{-1} do roku 2030 (WWF, 2004).

Důvody pro zvýšení podílu mrtvého dřeva jsou uvedeny výše, s očekávanými klimatickým změnami a s adaptačními lesnickými opatřeními v souvislosti s tím zaváděnými, význam mrtvého dřeva ještě narůstá, u řady z nich může mrtvé dřevo jejich účinnost znatelně zvyšovat či dokonce na některých stanovištích zcela podmiňovat (například využití přirozené obnovy).

Možná rizika realizace adaptačního opatření

- *Snížení objemu produkce*; snížení efektivnosti hospodaření vlastníků lesů, pokud jim nebudou za ponechání stromů či skupinek stromů poskytnuty náhrady.
- *Terénní překážky* – ztížený pohyb personálu a mechanizace.
- *Zvýšení rizika požáru* – zvýšení množství snadno zápalného, dobře hořlavého materiálu.
- V okolí vodních toků *riziko splavení dřeva a ohrožení příčných objektů na toku*.

SNÍŽENÍ VLIVU ZVĚŘE NA POROSTY

CÍLE:

- » ***zvýšení druhové diverzity porostů***
- » ***udržení minoritně zastoupených dřevin***
- » ***zvýšení podílu přirozené obnovy***
- » ***zvýšení genetické diverzity nově vznikajících porostů***
- » ***snížení nákladů na zalesňování a ochranu obnovy***
- » ***zvýšení odolnosti proti bořivému větru a mokrému sněhu***
- » ***snížení škod působených dřevokaznými houbami***

Specifikace adaptačního opatření

Loupaní a ohryz v odrůstajících porostech mají negativní vliv nejen na stabilitu dřevin ale i jejich ekonomické zhodnocení. Poškozování nárostů, náletů a kultur okusem je limitujícím faktorem zvýšení druhové diverzity dřevin a strukturní bohatosti lesa. Má selektivní charakter, nejvážněji poškozuje minoritně zastoupené dřeviny potřebné pro podporu druhové diverzity, zpevnění porostů, snížení rizika jejich plošných rozpadů při epizodách chřadnutí či pro revitalizaci půd. Zvěř také v řadě případů výrazně ovlivňuje dynamiku lesa, způsobuje zpoždění odrůstání dřevin a tím i značné ekonomické škody. Podstatné snížení vlivu zvěře na les potřebné k dosažení bohatosti struktur i druhů a k snížení rizik (vítr, dřevokazné houby…) není reálně řešitelné pasivní ochranou dřevin a jejich porostů (ať již mechanickou, chemickou či biologickou). Těžiště řešení musí spočívat v managementu spárkaté zvěře, zejména v dosažení jejích únosných stavů, tj. ve snížení početnosti. Tento hlavní krok by pak měl být doprovázen dalšími opatřeními, jako jsou zmiňovaná ochrana dřevin, zvyšování úživnosti honiteb (které by ostatně mělo být vedlejším produktem zvýšení bohatosti struktury lesa a jeho druhové diverzity) apod. Pro dosažení hlavního cíle je nutná změna legislativy. Klíčem k efektivnímu snižování stavů by měly být zásadní změny vykazování a posuzování přiměřenosti či únosnosti stavů. Koncept pozemního přímého sčítání je nefunkční, pracuje s velkými chybami, v řadě případů je navíc obcházen výkaznictvím „od stolu“. Objektivizace mysliveckého hospodaření musí být založena na posuzování stavů zvěře na základě zjištěných dopadů na vegetaci, jen takový postup může přinést potřebné změny. Metody založené na sledování okusu dřevin jsou využívány například v Bavorsku či Sasku. V Bavorsku je hodnoceno poškození terminálu: když je při šetření v terénu méně než 15 % jedinců zasaženo okusem, není redukce stavu zvěře nutná; zjištěný okus přesahující 30 % vede k likvidaci nejcitlivějších dřevin, pak je redukce stavů je nezbytná. Podle pravidel Saských lesů představuje únosný stav 1 % jedinců poškozených loupáním a 20 % okusem (SLOUP, 2007). Určitou možností pro přímá sčítání pak je do budoucnosti využití leteckého snímkování infrakamerami.

Důvody k jeho realizaci

Stavy spárkaté zvěře jsou jak v souhrnu celé ČR, tak na podstatné části jednotlivých regionů vyšší než stavy únosné, na úrovni ČR v současnosti dosahují historických maxim nebo se jim blíží. Sčítané stavy nejpočetnější srnčí zvěře kulminovaly v letech 2008 a 2009, kdy přesáhly 316 tisíc ks, v roce 2015 (zatím poslední tok kompletní myslivecké statistiky) dosahovaly necelých 286 tisíc ks, což je 145 % stavu v roce 1970 a 121 % stavu v roce 1990. Stavy zvěře jelena lesního po poklesu v devadesátých letech dvacátého století znovu rostly s maximem v roce 2012 – téměř 30 tisíci ks, v roce 2015 pak bylo nasčítáno necelých 23 tisíc ks, což je 135 % stavu v roce 1970 a 91 % stavu v roce 1990. Strmě dlouhodobě rostou populace daňka a jelena siky. U daňka je nárůst prakticky nepřetržitý, zejména posledních cca 15 let pak velmi strmý, v maximu v roce 2015 přesáhly jeho stavy 30 tisíc ks, což je 582 % stavu v roce 1970 a 251 % stavu v roce 1990 (významná část jovšem tvoří oborní chovy). Růst stavů jelena siky je ještě strmější, v maximu v roce 2013, stejně jako v ropce 2015 přesáhly stavy 10 tisíc ks, což je 1267 % stavu v roce 1970 a 421 % stavu v roce 1990. Stavy mufloní zvěře nejvíce narůstaly v osmdesátých letech minulého století a pak znovu cca od roku 2005. V maximu v letech 2010–2012 přesahovaly 21 tisíc ks, v roce 2015 to bylo téměř 20 tisíc ks, což je 287 % stavu v roce 1970 a 117 % stavu v roce 1990.

Negativní vlivy na obnovu lesa, na druhou skladbu, dynamiku lesa atd. jsou opakovaně popsány a doloženy (např. ČERMÁK, JANKOVSKÝ, 2006; ČERMÁK et al. 2011). Rozsah tohoto vlivu, respektive rozsah poškození okusem terminálního vrcholu, okusem bočních výhonů, vytloukáním a loupání či ohryzem kůry dokládají pravidelné inventarizace škod prováděné IFER – Ústavem pro výzkum lesních ekosystémů, s. r. o. od roku 1995 v pětileté periodě. První tři inventarizace ukazovaly nárůst poškození lesních porostů, šetření z roku 2010 konstatovalo, že nárůst poškození se zastavil a škody začaly být znatelněji diferencované dle druhů dřevin, věku i regionů. Okusem vrcholu bylo poškozeno 16 % jedinců v kulturách jehličnatých dřevin, 30 % jedinců v kulturách listnatých dřevin a polovina jedinců dřevin zpevňujících a melioračních. Podíl nově vzniklých poškození byl stále vysoký – u dřevin jehličnatých 6 %, u listnatých 15 % a u MZD dokonce 35 % (BERANOVÁ et al., 2011). V současnosti jsou již k dispozici aktuální výsledky inventarizace z roku 2015. Podle nich poškození obnovy okusem opět významně vzrostlo a dosáhlo nejvyšších hodnot za celou dobu sledování od roku 1995. Realizace významné části navrhovaných či možných adaptačních opatření na změnu klimatu bude efektivní jen v případě, že bude doprovázena sníženým tlakem zvěře na les a lesní prostředí.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

» *Nesprávné provedení redukce početnosti zvěře.* Nerovnoměrná redukce samčí a samičí zvěře či jednotlivých věkových tříd může vést k negativním dopadům jak na populaci zvěře, tak na lesní dřeviny a ekosystémy – stres spojený s narušenou sociální strukturou může lokálně vést k zvýšení škod, zejména loupáním a ohryzem v lokalitách zvěří intenzivně využívaných.

» *Společenský, tj. lidský faktor* – riziko politického a legislativního neúspěchu, a v nepřijetí daných opatření příslušnými zodpovědnými organizacemi a celou praxí v oblasti chovu zvěře a myslivosti.

ZPEVNĚNÍ POROSTNÍCH OKRAJŮ, ZPEVŇOVACÍ PÁSY

CÍLE:

» ***zvýšená odolnost proti bořivému větru***

» ***zlepšení mikroklimatu***

Specifikace adaptačního opatření

Mechanická stabilita je rozdílná pro jednotlivé druhy dřevin a je dále modifikována stanovištními podmínkami (půdními i klimatickými) a výchovou porostu. Ke zvýšení mechanické stability porostu je možné dospět: (i) změnou druhové skladby s využitím a držením tzv. zpevňujících druhů dřevin (hluboký, dobře ukotvený kořenový systém, méně rozložitá, řidší koruna apod.), (ii) výchovou porostů vhodně upravující těžiště stromu, štíhlostní koeficient kmene a tvar, velikost a výšku nasazení koruny, (iii) vhodnou volbou hospodářsko-úpravnického systému, prostorovou a časovou úpravou, (iv) úpravou prostorové struktury skrze texturu nesmíšených porostů, druh a formu smíšení a (v) způsobem realizace jak výchovných zásahů tak obnovních a mýtních těžeb.

Tvorba a udržování porostního pláště má vliv na ochranu vnitřních stromů proti působení bořivého větru, námraze, ledovce, vysoušení, mrazu, vysoké teplotě, vysoké ozářenosti, ohni, deflaci, imisím, přenosu prašných škodlivin, lavinám, přenosu choroboplodných zárodků, houbových patogenů, migraci hmyzích škůdců aj., a to tvorbou hluboce zavětveného okraje porostu.

Porostní plášť by měl být budován především u porostů a porostních stěn orientovaných kolmo na směr převládajících a/nebo bořivých větrů. Účinnost pláště se zvyšuje se zvyšujícím se zastoupením více druhů dřevin, jednotlivců s dobrou statickou stabilitou a zdravotním stavem, přičemž podíl listnáčů by měl tvořit aspoň 30 %. Důležitá je neporušenost vertikálního zápoje, především spodní vrstvy a zdravotní stav všech stromů tvořících porostní plášť. Při nutnosti jeho rychlého vytvoření je možné využít rychlerostoucích dřevin (stromového i keřového vzrůstu). Na rozhraní lesa a nelesních pozemků je vhodné, aby porostní plášť tvořil lem minimálně o šířce 15 m. Optimální šířka je pak ještě výrazně větší – vnější porostní plášť by měl být polopropustný, aby vítr tlumil a nepůsobil nadměrné turbulence.

K tvorbě porostního pláště je třeba přistupovat již u mladých porostů (co nejdříve je to možné, nejpozději pak ve věku 40–50 let). V pasečném hospodářství slouží k tvorbě odolnějšího porostního pláště především: (i) *rozluky* – rozčleňovací a zpevňující seče v rozsáhlých stejnověkých monokulturách nižšího věku (již při výšce do 5 m); (ii) *odluky* – seče eliminující poškození mladšího porostu před odtěžením sousedního mýtného v případě nevhodné orientace na směr působení větrů). Rozluka i odluka jsou v podstatě holými sečemi. Důležité je postupné mírné rozšiřování rozluk a odluk proti směru větru, aby se udržela střechovitá návětrná strana. Po rozluce či odluce by neměla vést přibližovací linka, která má za následek poškození kořenů a náběhu (sekundární hniloby) návětrných stromů.

Zpevňovací pásy (též *závory* – vznikají při seči výchovné) a žebra jsou stabilizační prvky porostu zvyšující odolnost porostů proti působení bořivých větrů a imisí. Jejich orientace je opět kolmo na směr větrů. Jsou to pásy o šířce ca 20 m založené či sestávající z druhově odolných dřevin (buk, javor, modřín apod.). Stabilitu porostu lze zajistit také tvorbou kostry porostu sestávající ze 100–200 vybraných jedinců s dobrou statickou stabilitou rovnoměrně rozmístěných po porostní ploše. Tyto stromy by měly vykazovat také dobrý zdravotní stav a perspektivu jeho udržení do doby obmýtí. Lze toho docílit intenzivnějšími probírkovými zásahy v mládí či včasným a postupným uvolňováním zvolených „kosterních“ stromů různého druhu (obsekem).

Důvody k jeho realizaci

S ohledem na četnější, intenzivnější i déle trvající výskyt klimatických extrémů, způsobujících poškození porostů abiotickými činiteli (vítr, sníh, námraza, inverze, imisní tok apod.) plošně ve velkém rozsahu, a stav lesních porostů, je třeba tyto především mechanicky stabilizovat. Mechanicky (i ekologicky) nestabilní porosty (vykazující nízkou míru rezistence i rezilience) jsou nejvíce ohrožené i při mírné změně podmínek prostředí či působení stresového faktoru jakéhokoli rázu. Důvody pro realizaci zpevňujících sečí, eliminaci tvorby rozsáhlých či chybně umístěných a orientovaných porostních stěn, pro tvorbu a udržování porostních plášťů, pěstování stromů s dostatečnou mechanickou stabilitou (štíhlostní koeficient, tvar, velikost a výšku nasazení koruny) a perspektivou jejího uchování (zdravotní stav, setrvalý přírůst aj.) je proto nezbytný, neboť může zásadním způsobem snižovat riziko kalamit, následných gradací hmyzu, výrazných změn cen na trhu dříví apod.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

» *Poškozování porostních plášťů* – pastvou dobytka, zvěří, neponechávání porostních plášťů při těžbě porostů na styku pole les, rozoráváním polí až do lesních okrajů, meliorací zemědělských pozemků, hnojením a aplikací chemických přípravků na ochranu polních rostlin, požárem, antropogenním zatížením, skládkami a vypouštěním odpadů, tlakem veřejnosti na zvýšení rekreační funkce, výstavbou obydlí, rekreačních a sportovních areálů apod. Poškozování porostních okrajů je zvýšené při provádění těžebních prací, manipulaci a transportu dříví z lesa (porostní pláště by měly být mýceny až v poslední fázi při obnovách porostů po zajištění vnitřních částí lesa proti působení větru, sněhu, námrazy apod.).

» *Podcenění, či opomenutí budování a péče o porostní okraje a pláště* při intenzifikaci lesního hospodářství a jednostranném zaměření na realizaci ekonomického efektu – nedodržení může vést k intenzivnímu a rychlému poškození či odumření porostu.

» *Podcenění či opomenutí zajištění stability lesa* při výchově a obnově konkrétního porostu.

» *Možné snížení objemu a kvality produkce v porostních okrajích*.

» *Lesnicko-politické změny a rozhodnutí* za účelem omezení možností pěstebních a hospodářských opatření a úprav, četné či zásadní změny v krátkodobém horizontu.

» *Nákladová náročnost v daných momentech realizace*, která může odradit množství vlastníků lesů od takových opatření, náročnost na motivační opatření včetně peněžních z veřejných zdrojů.

ZMĚNA VÝCHOVY V PASEČNÉM LESE PRO PŘECHOD NA NEPASEČNÝ ZPŮSOB HOSPODAŘENÍ

CÍLE:

» ***zlepšená dostupnost vláhy***
» ***zlepšená dostupnost živin***
» ***zvýšená odolnost proti bořivému větru***
» ***zvýšená odolnost proti biotickým škůdcům***

Specifikace adaptačního opatření

Toto opatření je logickou nedílnou součástí opatření PŘECHOD NA NEPASEČNÝ ZPŮSOB HOSPODAŘENÍ a realizuje se s výhodou již u mladých a středně starých porostů. Cílem konvenčních výchovných metod v lese věkových tříd je zajištění produkce lesa pomocí relativně vysokého počtu stromů se stejnověkou prostorově jednoduchou strukturou. Cílem alternativní výchovy během přechodu na nepasečný model hospodaření strukturu lesa je porosty diferencovat při současném zachování produkce založené na mnohem nižším počtu přírůstově výkonnějších stromů. Taková (necelo-plošná) výchova má být i ekonomicky méně nákladná v porovnání s konvenčními postupy. Výsledkem je stabilizovaný porost s víceméně rozrůzněnou strukturou ideálně připravený pro přechod na nepasečný způsob hospodaření. Dle výchozí porostní situace se postupuje následovně:

» *Výchova mladých porostů (z přirozené obnovy) pod porostní clonou, respektive v porostních mezerách*: minimalizace zásahů – ponechání přirozené autoselekci, popřípadě jen pomístní regulace smíšení či uvolňování vtroušených dřevin, první cílený zásah až při uvolňování jedinců ve fázi tyčoviny (d1,3 okolo 15 cm).
» *Výchova jehličnatých porostů na volné ploše*: pěstební zásah na principu strukturální probírky. Zásah se uskuteční v celém vertikálním profilu porostu s cílem podpořit zdravé přirůstavé stromy v hlavní úrovni i v podúrovni. Odstraňují se tedy obvykle stromy meziúrovňové. Případné porostní mezery po nahodilých těžbách jsou vhodným východiskem pro iniciaci přirozené obnovy, napomáhající další strukturalizaci, popřípadě je zde možné již v předstihu realizovat podsadby cílových dřevin. Intenzita zásahu je silnější a pohybuje se okolo 50 m^3/ha.
» *Výchova listnatých porostů na volné ploše*: pěstební zásah na principu Schädelinovy probírky, respektive probírkové metody cílových stromů – necelo-plošná dvoufázová výchova. V první fázi vývoje stromů (do získání ca 10–12 m bezsukého kmene) se zasahuje minimálně, čímž se podpoří výškový růst a ušetří náklady na pěstební činnost. Ve druhé fázi, po dosažení potřebné délky čistého kmene, se silnějším uvolněním korun definovaného počtu cílových stromů a systematickou péčí maximalizuje tloušťkový růst. Tím se u buku rovně minimalizuje riziko vzniku nepravého jádra, neboť mýtních dimenzí dosahují cílové stromy relativně brzy. Při postupné těžbě cílových stromů se hledají náhradníci v zašetřených meziprostorech a na místech po těžbě se začíná etablovat přirozená obnova. Intenzita zásahu je silnější a pohybuje se mezi 50– 100 m^3/ha.

Důvody k jeho realizaci

Hlavními důvody pro realizaci tohoto opatření je stabilizovat a lépe připravit porosty pro přechod na nepasečný způsob hospodaření. Dalším důvodem může být i snaha o ekonomickou racionalizaci výchovy, zejména v její nejvíce ztrátové časné fázi. Ostatní důvody jsou shodné s opatřením PŘECHOD NA NEPASEČNÝ ZPŮSOB HOSPODAŘENÍ.

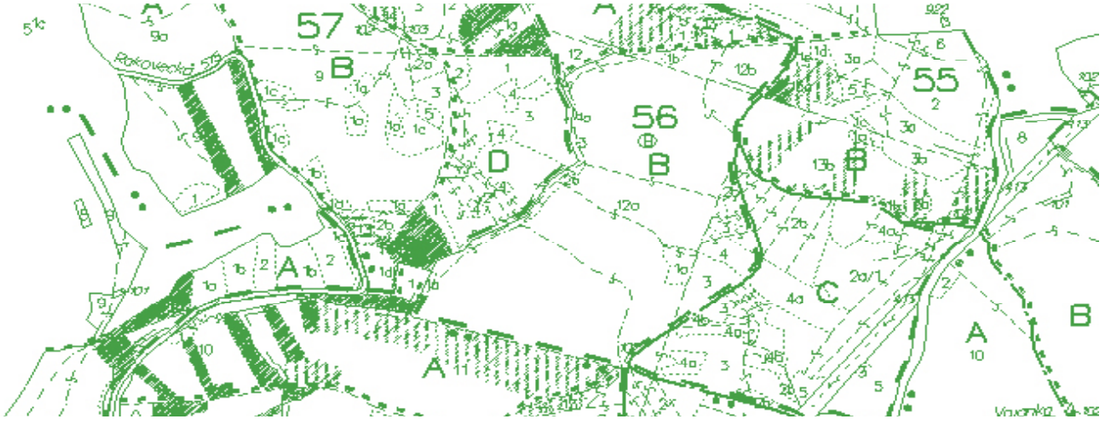
Možná rizika realizace adaptačního opatření

Hlavní riziko spočívá *v úrovňových zásazích ve středně starých pasečně vzniklých smrkových porostech, zejména s předchozí zanedbanou výchovou* (přeštíhlené porosty). Náhle uvolněné stromy s nedostatečně vyvinutými korunami i kořenovým systémem jsou vystaveny negativním povětrnostním vlivům (např. námraze) a hrozí předčasný rozpad porostů či ztráty na produkci. Rizika mohou nastat také v porostech bukových kdy pozdní začátek přechodu a předržení kmenovin může znamenat ekonomické ztráty způsobené horším zpeněžením ale i stabilitou porostu.
Další podstatné riziko spočívá ve *společenském faktoru a v míře ochoty zavádět toto adaptační opatření zejména v lesích menších vlastníků*, ale i v případě vlastníků, kteří budou považovat daný hospodářský způsob za odborně obtížnější a časově náročnější ve srovnání s pasečným způsobem hospodaření.

ZLEPŠENÍ TECHNOLOGICKÉ PŘÍPRAVY PRACOVIŠŤ PŘED TĚŽBOU

CÍLE:

- *omezení erozních jevů*
- *zlepšení odtokových poměrů a kvality vod*
- *snížení rozsahu a intenzity poškození kmenů s následným vznikem sekundárních hnilob*



Specifikace adaptačního opatření

Pro zlepšení technologické přípravy pracovišť před těžbou je třeba provádět vhodné rozčlenění porostů s trvalou sítí přibližovacích linek tak, aby se předcházelo poškozování stojících stromů v porostech, v kterých je umístěn pěstební zásah. Je velice důležité zohlednit terénní podmínky pro správné směrování přibližovacích linek v porostu. Před vlastním rozčleněním porostu je důležité určit, jaká bude použita těžební metoda s určením mechanizačních prostředků, jenž budou využity pro těžbu a následnou primární dopravu dříví na odvozní místo. Je potřeba stanovit alternativní mechanizační prostředky, které budou v dlouhodobém výhledu využívány tak, aby vlastní příprava pracovišť byla provedena s odpovídajícím návrhem šířky linky, hustotou linek v porostu i odpovídajícím prostorovým uspořádáním odvozního místa. Velice významné je i stanovení směru těžby, soustřeďování a odvozu dříví. Zvláště směrové kácení má významný vliv na snížení škod, jež vznikají v lesním porostu při vyklizování dříví. V závislosti na délce vyklizování je důležité předem stanovit i vhodnou délku vyklizovaného dříví tak, aby bylo minimalizováno poškození stojících stromů.

Adaptační opatření v sobě zahrnuje:

- přibližovací a vyklizovací linky vedené s malým spádem;
- důsledná technologická přípravu pracovišť – pracovní pole, transportní rozhraní směrové kácení, vyznačení linek, ochrana stromů v místech změny směrů přibližování apod. (zejména u menších majetků, probíhá mnohdy živelně).

Důvody k jeho realizaci

Při správné technologické přípravě pracovišť dochází k minimalizaci záboru lesní půdy pro vytvoření sítě linek a k omezení pojezdů mechanizačních prostředků po těchto linkách. Významným faktorem je i zkrácení přibližovací vzdálenosti a tím i omezení škod, které mohou vznikat na lesním ekosystému. Menší hustota linek snižuje plochu, na které může docházet k vyššímu výparu vody z půdy. Zvláště významná je příprava pracoviště na svazích s vyšším sklonem, kde by měla být primárně využita lanová dopravní zařízení (LDZ). Je potřeba vyloučit tvorbu svážnic v těchto terénech a důsledně využívat LDZ tak, aby se minimalizovalo poškození půdy i stromů. Velice významným, a často opomíjeným, faktorem je i dodržování směrového kácení tak, aby podélná osa výřezů byla orientována ve směru vyklizování. Zvláště na svazích občas dochází k pokácení stromu po vrstevnici, čímž se následně neúměrně zvyšuje poškození stojících stromů, za kterými se výřezy nacházejí, než se výřez dostane do odpovídajícího směru vyklizování. Velice málo jsou využívány odrazníky, které v místech vyústění linek na přibližovací cestu, případně na odvozní místo, mohou omezit poškození stojících stromů v těchto kritických místech. V případě šířky linek a přibližovacích cest není vhodné minimalizovat šířku linek a cest s cílem omezit zábor půdy, protože úzká linka je důvodem pro vznik škod na kořenových náběžích i poškození hlavních kořenů pojezdem strojů. Proto je vhodné dodržovat minimální šířku linek a cest odpovídající šířce stroje plus jeden metr a pro stroje s hydraulickým jeřábem ještě s rozšířením o jeden metr navíc.

Z poslední Inventarizace škod zvěří z roku 2015 (viz opatření SNÍŽENÍ VLIVU ZVĚŘE NA POROSTY) vyplývá, že v posledním sledovaném období došlo k významnému nárůstu poškození stromů mechanizací. Příčinami může být nedostatečná technologická příprava pracovišť či technologická nekázeň provozních pracovníků stejně jako vyšší frekvence zásahů (častější pohyb mechanizace) v souvislosti s vysokým objemem nahodilých těžeb.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

Rizikem adaptačního opatření je *obtížnější změna při již dříve provedené technologické přípravě pracovišť*, pokud bude stávající technologie, pro kterou byl návrh vypracován, nahrazena technologií jinou. Dalším rizikem je *míra ochoty realizovat daná opatření* zejména v lesích řady vlastníků, zejména vlastníků menších lesů, která pro ně mohou být finančně a časově náročná.

OMEZENÍ ŠKOD ZPŮSOBENÝCH MECHANIZACÍ

CÍLE:

- ***snížení škod působených mechanizací na dřevní zásobě, obnově, půdě a vodě***
- ***zvýšená odolnost proti bořivému větru***
- ***omezení výskytu dřevokazných hub (hnilob)***

Specifikace adaptačního opatření

Pro zabránění škodám působených mechanizací je velmi důležité zohledňovat terénní podmínky při volbě vhodného mechanizačního prostředku. Správný výběr omezí škody vznikající mechanizačními prostředky na půdě i stojících stromech z důvodu obtížného pohybu stroje v blízkosti limitního sklonu terénu pro daný stroj. Dalším významným faktorem je aktuální vlhkost půdy, jež má vliv na vznik škod na půdě. Těžebně-dopravní činnost je proto potřebné provádět v období, kdy je zajištěna optimální únosnost půdy. Vzhledem k aktuálním změnám v rozložení teplot a srážek lze jako nejoptimálnější období pro provádění těžebně-dopravní činnosti doporučit letní období, kdy vyschlá půda je dostatečně odolná vůči poškození, které působí mechanizační prostředky při svém pojezdu. Zimní období již neposkytuje dostatečnou záruku zamrznutí půdy do dostatečné hloubky, aby tato půda byla chráněna před negativním působením pojezdu mechanizačních prostředků. Z hlediska vybavení mechanizačních prostředků pro práci v lese je třeba využívat vybavení, jež snižuje měrný tlak na půdu (pásové prostředky, kolopásy), případně využívá možnosti práce s prostředkem s nízkotlakými pneumatikami, které budou huštěny na nižší pracovní tlak, i když v tomto režimu je vyšší riziko zničení pneumatiky. Velice vhodné je zvýšit podíl soustřeďování dříví lanovými dopravními zařízeními nejen v terénech s vyšším sklonem, ale i v terénech, kde je vyšší riziko poškození půdního povrchu z důvodu vyšší vlhkosti půdy.

Adaptační opatření v sobě zahrnuje:

- zlepšení technologické přípravy pracovišť;
- využití optimální technologie;
- proškolení a hmotná zainteresovanost obsluhy na minimalizaci škod;
- používání prostředků k ochraně kmenů před poškozením (odrazníky apod.);
- včasné ošetření vzniklých poškození.

Důvody k jeho realizaci

Správným nasazením mechanizačního prostředku ve správném období lze dosáhnout minimalizace škod, které budou způsobeny na lesní půdě, stojících stromech a, v případě zimního období, přirozené obnově. Poškození půdy vytvořením koleje a zhutněním půdy dochází ke snížení proudění mízy na straně stromu, kde došlo ke zhutnění půdy (NADEZHDINA et al., 2006). Omezení škod způsobených mechanizací bude mít pozitivní vliv na zdravotní stav porostu a též na stabilitu lesního porostu. Nepoškozené stromy při těžbě a dopravě dříví budou déle odolávat negativnímu působení dřevokazných hub a tím zajistí vyšší stabilitu porostu vůči negativním vnějším faktorům.

Z poslední Inventarizace škod zvěří z roku 2015 (viz opatření SNÍŽENÍ VLIVU ZVĚŘE NA POROSTY) vyplývá, že v posledním sledovaném období došlo k významnému nárůstu poškození stromů mechanizací. Příčinami může být nedostatečná technologická příprava pracovišť či technologická nekázeň provozních pracovníků stejně jako vyšší frekvence zásahů (častější pohyb mechanizace) v souvislosti s vysokým objemem nahodilých těžeb.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

Rizikem je *nedostupnost vhodné technologie v místě provádění těžebního zásahu*, případně zvýšené náklady na těžbu a soustřeďování dříví z důvodu nižší koncentrace dříví v porostu. Dalším rizikem je provedení těžebně-dopravní činnosti v nevhodném období při vyšší vlhkosti půdy. Rizikem pro realizaci adaptačního opatření může být i nedostatek finančních prostředků pro nasazení vhodné technologie, zvláště v případě využívání lanových dopravních zařízení.

Rizikem z ekonomického a finančního hlediska může být *vysoká cena technologií* a tedy nedostupnost pro mnoho podnikatelských subjektů, a vyšší nároky na finanční podpory – dotace z veřejných zdrojů při zavádění daných technologií. Na druhé straně však může dojít ke zvýšení kvality dřeva, jeho ceny, a tedy ke zlepšení hospodářského výsledku. Pokud dojde k intenzivnějšímu využití harvestorových technologií, může rovněž dojít ke snížení počtu vážných pracovních úrazů, což se pozitivně projeví v sociální i ekonomické oblasti.

ÚPRAVA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

CÍLE:

- ***snížení ztrát živin***
- ***zmírnění teplotních extrémů***
- ***zvýšení zásob vody v území – vyrovnanější odtok***
- ***zpomalení mineralizace humusu (snížení emise uhlíku)***
- ***snížení eroze***

Specifikace adaptačního opatření

Smyslem opatření je zejména zajistit dostatečné množství disponibilní vody pro lesní porosty v suchých, bezsrážkových periodách způsobených rozdílnou distribucí srážek v ročním období v důsledku GKZ. Na druhou stranu je smyslem opatření rovněž zadržení extrémních srážek tak, aby jejich kulminací v nesoustředěném i soustředěném odtoku nedocházelo k poškozování lesních porostů, resp. celého krajinného systému. Opatření má elementární význam zejména v pahorkatinných oblastech, tzn. v oblastech s nevyrovnanou roční vodní bilancí. Cílová opatření by měla být soustředěna zejména do příbřežní a doprovodné zóny drobných vodních toků (20–30 m, dle mikroreliéfu a celkového tvaru koryta), neboť z nejnovějších výzkumů vyplývá, že právě zde se ve většině případů odehrávají zásadní procesy ovlivňující odtok z povodí (GRIBOVSZKI et al., 2008; SAYAMA, 2009; WONDZELL et al., 2009; DEUTSCHER, KUPEC, 2016). Mělo by se jednat o stabilizaci výše popsané zóny pomocí technických úprav podélného i příčného sklonu a tvaru koryta v kombinaci s úpravou dřevinné skladby a zakmenění směrem k přirozeným lesním porostům. Těmito opatřeními lze zásadně ovlivnit stabilitu odtoků jak v suchých, tak v srážkově bohatých periodách.

Adaptační opatření v sobě zahrnuje:

- omezení primárního záměrného i sekundárního odvodnění lesů;
- úpravu koryt toků pro zamezení nežádoucího zvýšení odtoku v období mezi přívalovými srážkami.

Důvody k jeho realizaci

Celkový roční objem odtoku z lesů pro celou ČR činí v průměru 0,75–1,04 násobek odtoků ze zemědělských kultur. Tato hodnota kolísá podle vodnosti jednotlivých let, horní hodnoty 1,04 dosahuje v letech suchých (ŠVIHLA, 2001; KŘOVÁK, KUŘÍK, 2001). Specifická situace nastává právě v pahorkatinách, kde při relativně vyšších hodnotách územního výparu je rozdíl mezi objemem odtoku z lesů a zemědělských pozemků zpravidla vyšší. Z lesů odtéká v průměru jen asi 60–70 % odtoku z bezlesí (ŠVIHLA, 2001; DEUTSCHER, KUPEC, 2014). Změny v distribuci srážek v důsledku GKZ povedou ke změnám odtokových poměrů v lesních porostech a to jak ve smyslu povrchového, tak ve smyslu podpovrchového odtoku, jak ve smyslu soustředěného, tak ve smyslu nesoustředěného odtoku. Následkem toho dojde jednak ke změně vlhkostních poměrů lesních půd, jednak ke změně odtokových poměrů z lesních povodí, respektive dojde k zvýšení jejich rozkolísanosti. V průběhu roku tak bude běžně docházet k situacím s periodami suchými (se sníženým odtokem až bezodtoké – celé odtokové množství vytranspirováno lesními porosty) a mokrými, kdy bude v lesních porostech kritický přebytek vody se všemi negativními důsledky (nedostatek půdního kyslíku, neúnosnost stanovišť, eroze, vývraty atp.). Výše popsané bude mít evidentní dopady ekonomické i environmentální. Extremita tohoto procesu se projeví nejvíce ve smrkovém hospodářství v pahorkatinných oblastech, kde namnoze je smrk již dnes pěstován na hranici svého ekologického optima.

Dalším důležitým důvodem k realizaci opatření jsou dosavadní standardní hospodářské postupy, zejména pěstování smrku. V souvislosti s nepřipraveností lesnického provozu na důsledky GKZ (a to ať už z objektivních, či subjektivních důvodů) je adekvátní realizace opatření na úpravu odtokových poměrů v lesích jedním z prvních řešení, která mohou přinést (v souvislosti s úpravou organizačních aspektů pěstebních a hospodářsko-úpravnických opatření) relativně rychlou odezvu v procesu řešení dopadů GKZ.

Realizace úpravy odtokových poměrů v lesích by měla tvořit komplex biologických (pěstebních), biotechnických a technických opatření. Je zjevné, že relativně nejrychlejší odezvu na realizaci lze očekávat u technických opatření, relativně nejvyšší odezvu, avšak v nejdelším časovém horizontu, lze očekávat u opatření biologických (pěstebních).

Možná rizika realizace adaptačního opatření

Rizika jsou spojena zejména s příliš rychlými, unáhlenými či chybně realizovanými opatřeními k úpravě odtokových poměrů, zejména technické povahy:

- *Zvýšení rizika vývratů* zejména u smrku – zejména v důsledku přemokření lesních půd v extrémních srážkových periodách, kdy bude výrazně omezen podpovrchový odtok.
- *Nutnost přizpůsobení druhové skladby* – pravděpodobně s nižší produkcí (hodnotovou produkcí).
- *Technologická omezení zejména v transportu dřeva* – zejména v důsledku budování technických opatření (bariéry), případně při organizaci lesotechnických prací (ponechávání klestu, realizace klestových usměrňovačů povrchového odtoku, ponechávání vývratových jam atp.).
- *Zvýšené náklady na technické úpravy koryta a další technická opatření*, pokud nebudou na tyto činnosti poskytnuty podpory (dotace).

PROTIEROZNÍ ÚPRAVY

CÍLE:

» ***snížení eroze***

» ***zlepšení odtokových poměrů***

Specifikace adaptačního opatření

Smyslem opatření je realizace biologických, biotechnických či technických protierozních opatření tam, kde v důsledku jevů spojených s GKZ dojde k intenzifikaci erozně-sedimentačního procesu. Při řešení jednotlivých opatření je třeba vždy uvažovat erozně-sedimentační proces jako celek, jinými slovy je třeba řešit jak zabránění erozi, resp. eliminovat erozní činitele, tak sanovat, či stabilizovat nánosové sedimentační materiály. Optimálním řešením jsou opatření preventivní povahy, tzn. pomocí výše zmíněných opatření primárně erozně-sedimentačnímu procesu zabránit. Opatření by měla být soustředěna zejména na kriticky ohrožené části lesních celků, zejména na dílčí údolnice a strže, jakožto preferenční dráhy erozně-fluviálních procesů v povodích a výrazné terénní hrany a nestabilní části svahů. Mimo protierozní opatření technického rázu, lze využít vyššího podílu melioračních dřevin přirozené druhové skladby a jejich účelových výsadeb ve výše popsaných lokalitách. Je žádoucí, aby byla protierozní opatření realizována v souvislosti s opatřeními pro úpravu odtokových poměrů v povodí, neboť odtokový i erozní proces spolu velmi úzce souvisejí. Adaptační opatření spočívá jak v revitalizaci míst, které ji potřebují či vyžadují, tak v realizaci nových protierozních opatření.

Adaptační opatření v sobě zahrnuje:

» revitalizace erozních rýh, pojezdových tras, nevhodných nevyužívaných cest ve svazích a nevhodného odvodnění;

» realizace nových protierozních opatření;

» úpravy koryt toků;

» omezení pozemního soustřeďování dřeva;

» projektování lesních cest zohledňující riziko sesuvů.

Důvody k jeho realizaci

V lesích na území ČR je introskeletovou erozí (ISI), která je jedním z důsledků chřadnutí porostů, je potenciálně ohroženo přibližně 2,2 % půd všech lesů. Z toho většina v horských polohách (VACEK et al., 2003). Hlavním důvodem k realizaci opatření je prevence očekávané intenzifikace erozně-sedimentačního procesu v důsledku jevů spojených s GKZ (BELLAMY, 2008; SEGURA et al., 2014). Jedná se především o očekávané střídající se periody suché s periodami intenzivních dešťů. Je zjevné, že eroze lesních půd, ať už v důsledku sucha, či extrémních srážek může mít zcela fatální vliv na hospodaření v lesích a tím fakticky i na celé krajinné systémy. Důsledky erozně-sedimentačního procesu mohou dále zcela zásadně zasáhnout technickou infrastrukturu lesního hospodářství (lesní dopraví síť a její odvodňovací systémy), hrazení bystřin a úpravy lesních vodních toků, lesní malé vodní nádrže atp.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

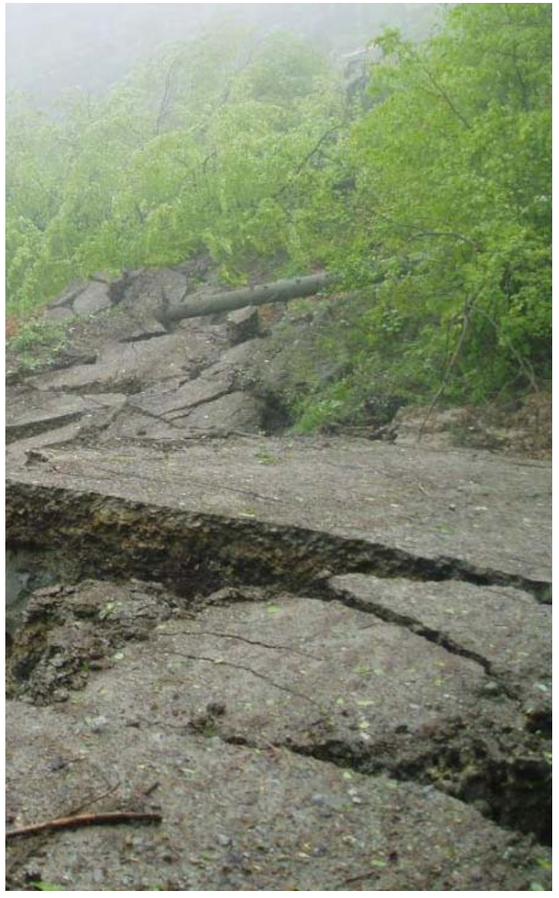
Rizika jsou spojena zejména s příliš rychlými, unáhlenými či chybně realizovanými protierozními opatřeními, určitým limitem může být také dostupnost finančních zdrojů. Jde zejména o tato rizika:

» *Ekonomická a provozní náročnost realizace*.

» *Technologická omezení zejména v transportu dřeva* – zejména v důsledku realizací technických, či organizačních protierozních opatření.

» *Omezení produkční plochy* – zejména v důsledku realizací technických protierozních opatření.

» *Nežádoucí zvýšení odtoku* v období mezi přívalovými srážkami.



ROZVOJ VYUŽITÍ PREDÁTORŮ A PARAZITOIDŮ

CÍLE:

» ***vývoj a ověření nových biologických prostředků na ochranu dřevin***

Specifikace adaptačního opatření

Obranná opatření proti škodlivým biotickým činitelům realizovaná chemickými prostředky mají často svou účinnost založenou na účinných látkách s nespecifickým účinkem, dochází tak k hubení necílových organismů, včetně parazitoidů a predátorů druhu, proti kterému zasahujeme, či chráněných živočichů. Takové zásahy jsou nežádoucí, jak z hlediska biodiverzity, tak z hlediska podpory přirozených autoregulačních a adaptačních mechanismů.

Kromě tradičních preventivních postupů biologické ochrany lesa, ke kterým patří podpora hnízdních možností hmyzožravého ptactva či dravců a sov, jsou dnes aktuální vývoje biologických prostředků a biopreparátů využívajících hmyzích parazitoidů (např. drobněnky z rodu *Trichogramma*), patogenních mikroorganizmů (např. entomopatogenní bakterie jako je *Bacillus thuringiensis*, entomopatogenní houby jako je *Beauveria bassiana* či entomopatogenní viry jako jsou například viry z čeledi *Baculoviridae*) a makroorganizmů (např. entomopatogenní háďátka).

Pro biologickou ochranu budou nadále používány tři základní postupy:

(i) *strategie inokulativní introdukce* (tzv. klasická biologická ochrana), kdy je parazit, predátor nebo patogen v malém množství záměrně introdukován do nového areálu rozšíření škodlivého organizmu, případně reintrodukován do areálu, ve kterém se již dříve vyskytoval;

(ii) *strategie augmentativní*, tj. přímá manipulace s populacemi přirozených nepřátel s cílem zvýšit jejich supresivní účinnost, je založena na masových chovech parasitů a predátorů, respektive velkokapacitních biotechnologiích produkce mikroorganizmů a jejich komerční dostupnosti ve formě standardních *biologických prostředků* (makroorganizmy) a *biopreparátů* (mikroorganizmy);

(iii) *strategie podpory a konzervace přirozených nepřátel* (zmíněná již výše).

Každý z těchto postupů má své výhody i nevýhody či rizika.

Důvody k jeho realizaci

Měnící se environmentální podmínky povedou v řadě případů k vyššími riziku mortalitního působení biologických stresorů. Potřeba zasahovat proti nim a zároveň nepůsobit negativně na biodiverzitu a adaptační schopnosti ekosystémů vede k zvýšené potřebě existence biologických prostředků či biopreparátů. Měnící se podmínky (zejména zvýšení teploty) zároveň mohou v případě některých antagonistů zlepšit možnosti jejich použití v biologické ochraně. Nové technologie zároveň nabízí nové možnosti, jak biologické prostředky a biopreparáty vyvíjet do podoby použitelné v běžné praxi. Lze například předpokládat, že při zavádění nových biopreparátů na bázi entomopatogenních virů sehrají hlavní úlohu změny v technologiích jejich produkce, zejména pak vyřešení produkce virových částic v nekompletních in vivo systémech (např. technologie replikace využívající specifické tkáňové kultury).

Možná rizika realizace adaptačního opatření

» Nežádoucí *nechtěné rozšíření nepůvodního druhu*.

» Nežádoucí *nepředvídané dopady biologických prostředků a biopreparátů* na necílové populace.

» *Vyšší náklady na aplikace*.

VYTVOŘENÍ DIFERENCOVANÝCH MANAGEMENTOVÝCH ZÁSAD VE VZTAHU K NEPŮVODNÍM INVAZIVNÍM A KARANTÉNNÍM ORGANISMŮM

CÍLE:

» ***rozrůznění managementových opatření dle typu území (přirozenost, stupeň ochrany, cíle hospodaření…)***

» ***precizace legislativy***

Specifikace adaptačního opatření

Pro kvalifikované, přitom však operativní rozhodování, plánování a realizaci opatření vůči těmto druhům je potřebná existence koncepce, která bude vymezovat přístup k těmto druhům na základě exaktního hodnocení rizikovosti jejich prezence na daném území. Tato diverzifikace musí být trojí:
(1) podle vlastností invazivních druhů (nebezpečnosti, strategie šíření atd.);
(2) podle vlastností, funkce a významu daného území (obhospodařovaných či spravovaných ploch);
(3) podle vlastností, dopadů případných zásahů proti těmto druhům (vliv na necílové organismy apod.).
Při realizaci opatření je nutné vycházet z důkladného rozlišování různých krajinných situací, tj. rozlišovat kde a kdy je potřebné či nutné hubení konkrétních nepůvodních druhů, kde je neproveditelné a kde tyto druhy nevadí nebo jsou i přínosem – např. dřevina plnící půdoochranou funkci na extrémním stanovišti původními druhy nezalesnitelném.

Důvody k jeho realizaci

Důvody pro vytvoření diferencovaných zásad zacházení s invazivními nepůvodními druhy jsou jak věcné, tak koncepčně-organizační či legislativní. Problematika managementu karanténních druhů pak musí být se systémem managementu invazivních druhů pevně provázána, velká část karanténních organismů patří mezi invazivní nepůvodní druhy. Věcnými důvody pro vytvoření koncepce jsou na jedné straně předpoklady snazšího a rychlejšího šíření některých invazivních druhů v podmínkách klimatických změn, na druhé straně předpoklad snížení odolnosti ekosystémů odolávat těmto invazím.
Celostátní strategie managementu invazivních druhů (kromě obecných cílů Státní politiky životního prostředí a obdobných koncepčních dokumentů) v podstatě neexistuje. Názory lesníků i ochránců přírody na invazivní nepůvodní druhy zahrnují širokou škálu přístupů od naprosté rezignace až po nereálný aktivismus namířený proti všem geograficky nepůvodním druhům. Současná právní úprava je navíc založena víceméně na pasivním přístupu, tj. především na regulaci záměrného rozšiřování. Chybí v ní mechanismy, které by umožnily přístup k nepůvodním druhům diferencovat, a to ať už z hlediska významnosti dopadů (nebezpečnost druhu) či historie presence druhu (nově zavlečený či již u nás etablovaný), tak z hlediska rozdílností mezi významem a charakterem lokality (od chráněných území nejvyšší kategorie po urbanizovaná a antropogenní stanoviště), viz výše. Agenda spojená s managementem invazivních druhů je vykonávána na úrovni obcí s rozšířenou působností, správami chráněných území, krajskými úřady, jejich přístup je roztříštěný, jak z důvodu absence koncepce, tak často z důvodu nedostatků potřebných informací.
Evropským parlamentem bylo v září 2014 schváleno Nařízení č. 1143/2014 o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů, a to s účinností od 1. ledna 2015. Klade si za cíl stanovit pravidla pro prevenci, minimalizaci a zmírnění nepříznivých dopadů spojených jak se záměrným, tak (z části) i nezáměrným zavlékáním nebo vysazováním a šířením invazních nepůvodních druhů na biologickou rozmanitost a ekosystémové služby. Nařízení stanovuje základní kritéria a podmínky posouzení rizik, nyní je potřebné nastavit jejich aplikaci tak, aby vznikl systém, který povede co nejlépe k požadovaným cílům.

Možná rizika realizace adaptačního opatření

Realizace je v podstatě bez rizik, jediným rizikem je případná chybnost vytvořených zásad, toto riziko lze ovšem minimalizovat zapojením co nejširšího fóra odborníků do přípravy a oponentury managementových zásad.
Realizací dojde k určitému omezení vlastníka – cílem diferencovaných zásad by mimo jiné mělo být omezit jeho práva rozhodování o vlastním hospodaření jen tam, kde je to potřebné – tam, kde dojde k ohrožení jiných majetků, ohrožení plnění celospolečensky významných mimoprodukčních funkcí apod.

6 ZMĚNY PODMÍNEK PRO RŮST DŘEVIN

Cílem analýzy a predikce klimatických podmínek pro pěstování dřevin bylo především zjistit, která území a jakou měrou budou klimatem limitována a dále pak jaké jsou a budou klimatické rámce pro změny dřevinné skladby.

Postup řešení

Prvním krokem byla analýza klimatických dat s následným výpočtem klimatických charakteristik nejprve pro lesní vegetační stupně (LVS) a dále pak pro vybrané hlavní hospodářské dřeviny (dub, buk a smrk) pro období 1961–1990 a 1991–2014 s následnou možnou predikcí vývoje v blízké budoucnosti (období 2021–2040 a 2041–2060). Zdrojem dat o LVS byla databáze Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem (ÚHÚL), konkrétně lesnická typologie, data o rozšíření dřevin byla převzata z volně dostupných mapových výstupů ÚHÚL zpracovaných na základě lesních hospodářských plánů (LHP). Současně byl proveden odhad možného vývoje klimatu v závislosti na nárůstu emisí radiačně aktivních plynů pro období 2021–2040, 2041–2060. Zpracování a analýza dat byla provedena v softwarech ArcGIS 10.3 a STATISTICA 10.

Ve spolupráci s Czechglobe – Centrem výzkumu globální změny AV ČR byla provedena analýza klimatických dat s následným výpočtem průměrných klimatických charakteristik pro LVS pro období 1961–1990 a 1991–2014. Pro každý meteorologický prvek bylo zvoleno několik klimatických charakteristik, které nejlépe vystihují změnu v extremitě klimatu. Pro každou klimatologickou charakteristiku byla zvolena metodika výpočtu, která bude dodržena i pro výpočet stejných charakteristik pro budoucí klima. Pro každou meteorologickou stanici byla vypočtena daná klimatická charakteristika. Tyto charakteristiky byly poté interpolovány do mapy s prostorovým rozlišením 500 m pomocí vlastní interpolační metody vyvinuté pro potřeby tohoto projektu a uzpůsobené meteorologickým prvkům v ČR (ŠTĚPÁNEK et al., 2009, 2011). Pro každou charakteristiku byla určena vhodná metoda a nejlep-

ší nastavení dané interpolace (např. výběr vhodných prediktorů). Při vytváření predikce klimatu byla připravena řada nezávislých proměnných pro pravidelný grid o velikosti 500 × 500 m plošně pokrývající území ČR. Celkem bylo hodnoceno 21 proměnných zahrnujících: průměrné roční teploty, srážky a globální radiaci, dále průměrné hodnoty teplot, srážek a radiace v měsících březen až květen, duben až červen a červen až srpen, půdní vlhkost v hloubce do 40 a do 100 cm, počet dní se stresem suchem v daných hloubkách, počet dní se stresem suchem, počet dní se srážkami menšími než 1 mm, počet dní s průměrnou teplotou nad 10 °C v souvislém období za sebou, počet dní s maximální teplotou nad 30 °C, počet dní počet dní s teplotou nad 5 °C, dostatkem vláhy a globální radiace.

Použité globální cirkulační modely

Predikce klimatu byla provedena pomocí tzv. globálních cirkulačních modelů (GCM, z angl. Global Circulation Model), což jsou modely všeobecné cirkulace atmosféry spojené s modelem oceánu. Jedná se o počítačové modely klimatického systému, které slouží pro výpočet pravděpodobných budoucích klimatických podmínek. Jsou založeny na řešení pohybových a termodynamických rovnic, které popisují procesy v klimatickém systému, pomocí metod numerické matematiky. Protože řešení těchto rovnic je výpočetně velice náročné, k realizaci GCM je nutné použít ty nejrychlejší superpočítače, které jsou v dnešní době k dispozici. Tato data jsou pak výpočetními centry poskytována dalším vědeckým týmům a sdílena prostřednictvím databází pod patronací Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC).

Z celkem 40 GCM, které jsou v současné době k dispozici, bylo pro potřeby projektu vybráno 5 modelů, které reprezentují celou šíři klimatického spektra:

» *IPSL (verze IPSL-CM5A-MR)* – země původu: Francie; model reprezentující nejlépe medián všech testovaných GCM;

» *HadGEM (verze HadGEM2-ES)* – země původu: Velká Británie; model reprezentující výraznější změnu rozložení srážek v našem regionu (úbytek letních a podzimních srážek a nárůst jarních srážek). Předchozí verze tohoto modelu byly použity ve většině studií na našem území citovaných mezivládním panelem pro změnu klimatu;

» *CNRM (verze CNMR-CM5)* – země původu: Francie; model s podobnou změnou teplot jako HadGEM, ale nárůstem srážek ve všech měsících zejména na jaře a na podzim; předchozí verze tohoto modelu byla použita jako hlavní řídící model tzv. Pretelovy zprávy z roku 2011;

» *BNU (verze BNU-ESM)* – země původu: Čína; reprezentuje GCM modely předpovídající pro naše území relativně nižší nárůst teplot a redukci srážek ve všech měsících kromě léta;

» *MRI (verze MRI-CGCM3)* – země původu: Japonsko; reprezentuje GCM modely předpovídající pro naše území relativně nižší nárůst teplot a nárůst srážek s výjimkou konce léta a podzimu.

Zvolené emisní scénáře

Predikce byla zároveň počítána pro 3 reprezentativní směry vývoje koncentrací (RCP, z angl. Representative Concentration Pathways). Jmenovitě se jednalo o RCP 2.6 (nízké emise), 4.5 (střední emise) a 8.5 (vysoké emise), kdy RCP 2.6 předpokládá razantní omezení vývoje koncentrace skleníkového plynu oxidu uhličitého v nadcházejících letech a je považován za poměrně nepravděpodobný. Současně je ale třeba konstatovat, že naplnění Pařížské dohody z podzimu roku 2015 vyžaduje vývoj emisí předpokládaných tímto scénářem. RCP 4.5 značí tzv. přechodný scénář budoucího vývoje, kdy emise nebudou striktně omezeny, ale zároveň bude regulován jejich růst a je považován za poměrně pravděpodobný. RCP 8.5 značí scénář s velmi vysokými emisemi oxidu uhličitého v budoucích letech, které nebudou nijak omezeny v budoucích letech.

Změna klimatu

Klima v měřeném období 1991–2014 a v modelovaných obdobích 2021–2040, 2041–2060 bylo porovnáváno s klimatem klimatického normálu 1961–1990. Tato srovnávací rovina byla zvolena s vědomím, že se jedná o krátké období, kratší než je pro klimatická srovnání zpravidla používáno. Důvody pro takto koncipované srovnání jsou tyto: (i) jde o období, které je rozhodující pro porosty, které aktuálně obhospodařujeme, porosty které jsou a budou vystaveny nejdříve dopadům klimatických změn; (ii) jde o období, pro které jsou k dispozici klimatická data z vysoké počtu klimatických stanic v ČR. Vzhledem k tomu, že cílem tohoto dílčího úkolu byl rámcově predikovat míru změny klimatických podmínek pro růst a pěstování dřevin, nikoliv změnu klimatu jako takovou, domníváme se, že jde o srovnávací rovinu, která je možnou, relevantní a pro pochopení rychlosti změn velmi demonstrativní.

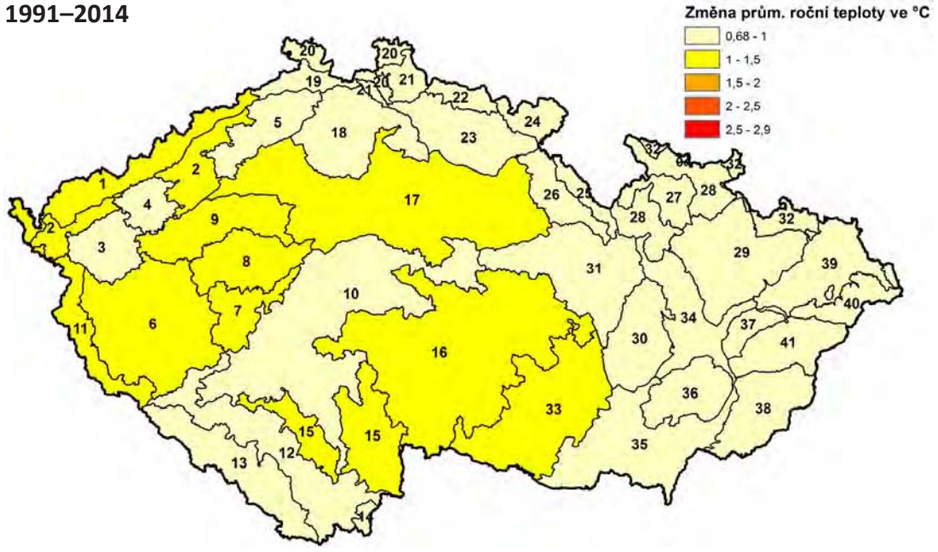
Již z jednoduchého porovnání měřených hodnot průměrných ročních teplot a sumy ročních srážek je možné konstatovat, že v období 1991–2014 došlo k výrazným změnám oproti předchozímu období, tj. vůči klimatickému normálu 1961–1990. V případě průměrných teplot došlo takřka na celém území ČR k výraznému oteplení v průměru o 0,96 °C s maximem až 1,55 °C. Vývoj beze změny, případně dokonce i s mírným ochlazením je možné najít pouze v oblasti Šumavy, respektive v její severní části. Menší oteplení bylo zjištěno také v oblasti Chřibů a části Dolnomoravského úvalu a pak v horské oblasti Jeseníků a Krkonoš. V případě průměrné sumy ročních srážek došlo na území ČR k velmi mírnému nárůstu srážek v průměru o 34 mm za rok, nicméně v některých částech (především v oblasti Dolnomoravského a Hornomoravského úvalu, Polabí, Nízkého Jeseníku, Ostravska, východní části Krkonoš) byl zaznamenán mírný pokles, a to i o více než 20 mm.

V blízké budoucnosti všechny výše jmenované GCM prognózují další vzestup teplot a z jejich porovnání vyplývají pouze malé rozdíly v celkovém navýšení teplot, mění se však plošná distribuce změn teplot u jednotlivých modelů. Výrazné rozdíly jsou naopak mezi výše zmíněnými scénáři vývoje emisí skleníkových plynů. V rámci dalších analýz však bylo pracováno pouze se scénářem RCP 4.5, který se jeví jako nejpravděpodobnější. Nejmenší průměrné oteplení na období 2041–2060 pak prom tenro scénář vykazuje model GCM MRI s hodnotou 1,95 °C a naopak největší u modelu HadGEM2 s hodnotou 2,89 °C oproti klimatickému normálu 1961–1990.

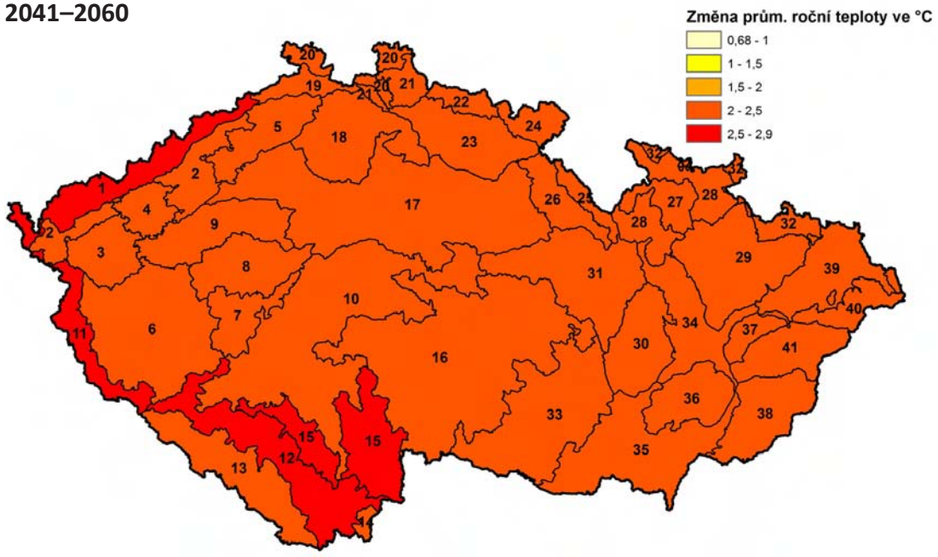
Vývoj průměrných ročních srážek je u jednotlivých GCM různý. Znatelný nárůst srážek pro takřka celé území ČR prognózují modely CNMR a MRI, modely BNU, HadGEM2 a IPSL předpokládají v průměru takřka neměnné srážky, avšak s výraznou prostorovou variabilitou – s lokálním nárůstem srážek na horách a převážně s poklesem v nižších polohách.

Z početné série zhotovených map prezentujeme na následující dvojstraně data generalizovaná pro přírodní lesní oblasti, a to situaci k roku 2014 (1991–2014) ve srovnání s klimatickým normálovým obdobím 1961–1990, tj. změnu již pozorovanou na naměřených datech a predikci pro období 2041–2060.

1991–2014

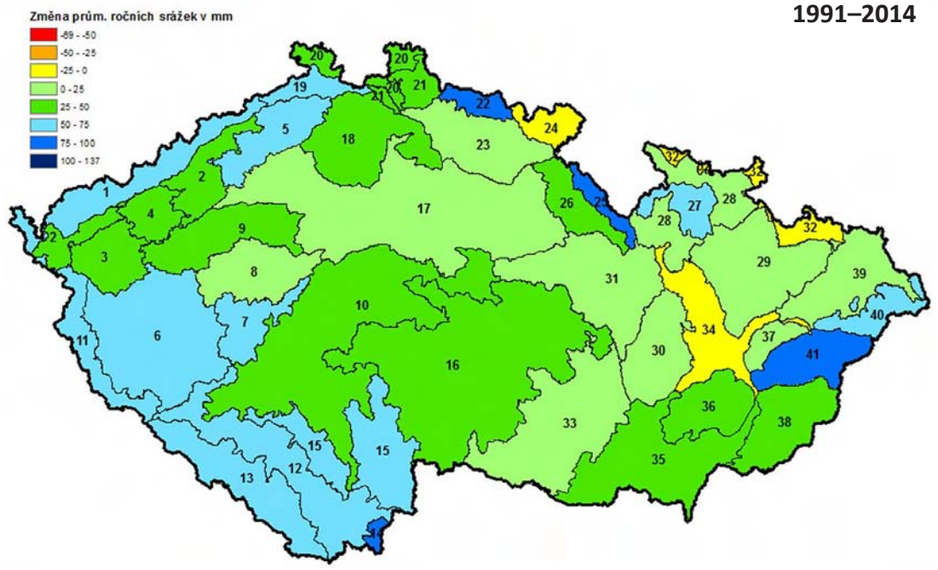


2041–2060

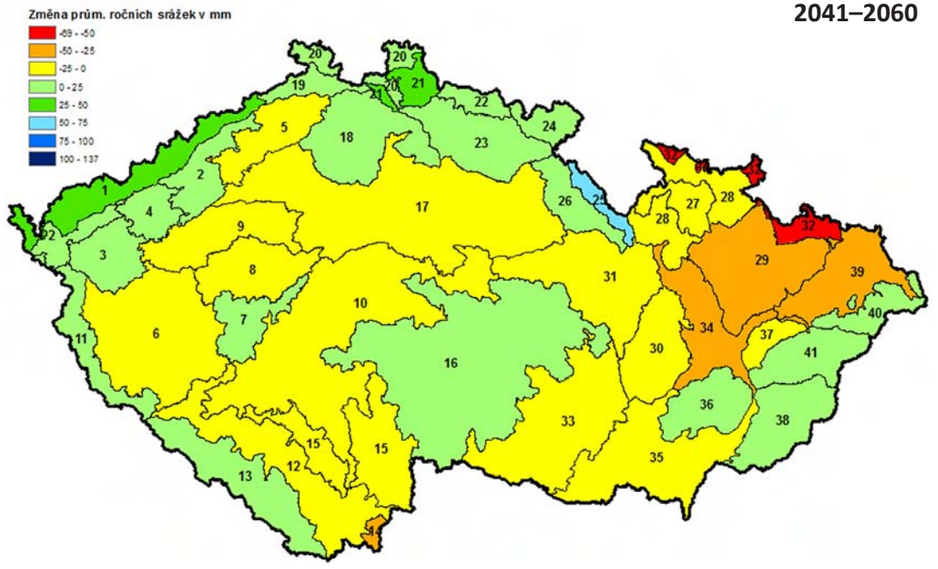


Změny průměrné roční teploty ve srovnání s klimatickým normálem1961–1990, průměry za PLO

1991–2014



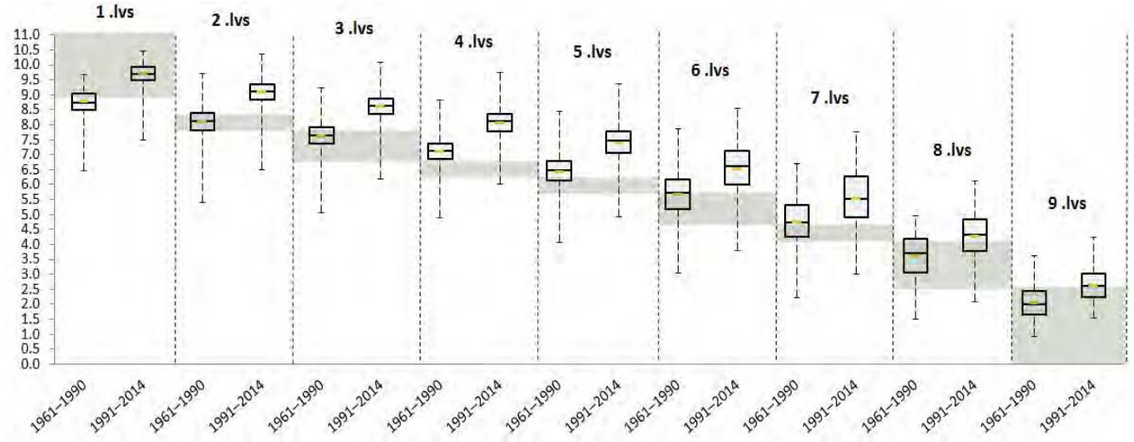
2041–2060



Změny průměrného ročního úhrnu srážek ve srovnání s klimatickým normálem1961–1990, průměry za PLO

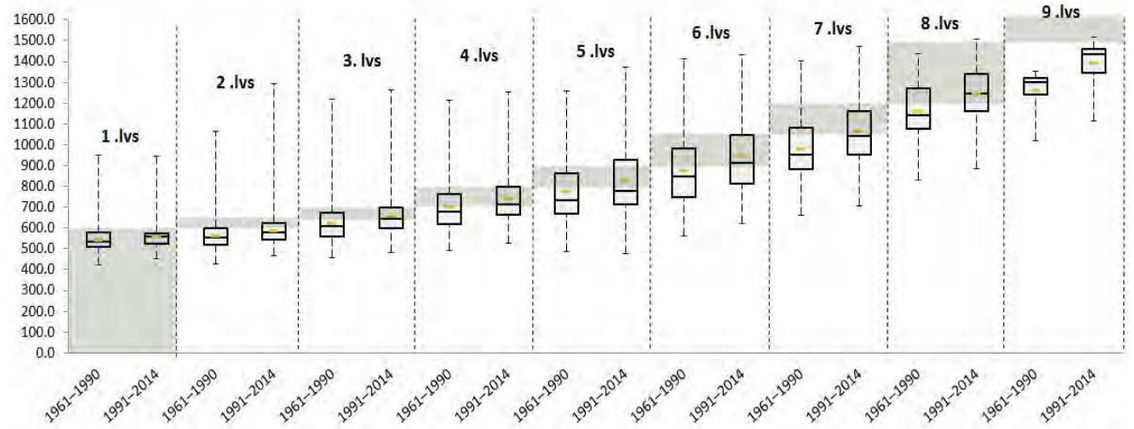
Změna klimatických charakteristik lesních vegetačních stupňů

Lesní vegetační stupeň (LVS) je plošně převažující klimaxová geobiocenóza determinovaná vegetací včetně náhradních geobiocenóz v určitém území, podmíněná makroklimatem a mezoklimatem v podmínkách měnící se nadmořské výšky (RANDUŠKA et al., 1986).
Na základě analýzy naměřených klimatických dat za období 1961–1990 a období 1991–2014 byla zjištěna výrazná změna v rozložení teplot a srážek v rámci jednotlivých LVS, kde došlo především u průměrných ročních teplot k výraznému nárůstu u všech LVS (viz krabicové grafy). Při porovnání měřených hodnot s literárními údaji (Plíva 1991), je většina intervalů za období 1991–2014 výrazně odlišná od předpokládaných hodnot. Za podstatné přitom považujeme hodnoty mezi 1. a 3. quartilem, extrémní hodnoty jsou vzhledem k vysokému stupni generalizace a povaze dat velmi pravděpodobně chybami. V případě průměrné sumy ročních srážek nedošlo mezi obdobími k výraznějším změnám, celkově došlo spíše k mírnějšímu nárůstu srážek v rámci všech LVS. Při porovnání s literárními údaji (PLÍVA, 1991) jsou uváděné hodnoty rovněž ve větší shodě se skutečností.



Průměrné roční teploty u jednotlivých LVS za období 1961–1990 a 1991–2014 (krabicový graf – průměr + 1.–3. quartil, svorky min-max, zeleně rozsah hodnot uváděných dle Plíva /1991/)

Jak je viditelné z krabicových grafů na této dvoustraně, charakteristiky jednotlivých LVS nejsou jednoznačně definovatelné pouze na základě klimatu, neboť jak v případě teplot tak (a to zejména) u srážek, dochází k překryvu intervalů. Mimo důvodů vyplývající z definice LVS (viz výše), je tento fakt důvodem, proč není možné v rámci modelování GKZ ve vztahu k růstu, zdraví a vitalitě dřevin mluvit o posunu vegetačních stupňů.
V případě oteplení, změny ročních úhrnů srážek (nebo úhrnů v klíčových obdobích vegetačních sezón) a změn distribuce srážek (zejména výskyt přísušků) dojde k významné změně podmínek pro růst a pěstování dřevin – lze tak očekávat na jedné straně rozsáhlé zdravotní problémy některých druhů v podmínkách na okraji jejich ekologických amplitud, na druhé straně pak šíření těchto či jiných druhů do oblastí, které se díky změně klimatu staly



Roční sumy srážek u jednotlivých LVS za období 1961–1990 a 1991–2014 (krabicový graf – průměr + 1.–3. quartil, svorky min-max, zeleně rozsah hodnot uváděných dle Plíva /1991/)

pro tyto druhý příhodnými. Vliv změny klimatických parametrů na dřeviny, jejich porosty a na celá lesní společenstva bude ovlivněn porostními a stanovištními poměry (hydrický a trofický režim, fyzikální vlastnosti půd, reliéf, expozice…). Ty mohou vliv klimatu brzdit či naopak zesilovat.
Sofistikovaná simulace vlivu klimatických změn na dřeviny zohledňující stanoviště je velmi komplikovaná, bylo by potřebné použít fyziologické a procesní modely, kterými lze modelovat reakci stromů na jednotlivé parametry v konkrétních podmínkách. Výsledky procesních modelů jsou však pak jen částečně ověřitelné empirickými daty (např. měřením evapotranspirace a bilance CO_2). Dalším krokem by muselo být parametrizování výsledků v růstových modelech, například pomocí dat z dendrochronologického výzkumu. Teprve takto kalibrované růstové modely by mohly poskytnout kvalitní prognózy možných změn v růstu a druhové skladbě lesů (KUPKA, 2002).
Samovolné šíření a ústup dřevin nelze v podmínkách střední Evropy v krátkém časovém horizontu (menším než obmýtí porostů) očekávat na velkých plochách – dřeviny mají obecně limitovány migrační schopnosti, středoevropská krajina je vertikálně i horizontálně velmi členitá, navíc značně fragmentalizovaná.

Modelování oblastí s vhodnými podmínkami pro pěstování dubu, buku a smrku

Byly zvoleny dva rozdílné přístupy. První jednodušší metoda byla založena na výpočtu tzv. De Martonneho indexu aridity (DEMARTONNE, 1926) založeného na vzájemném poměru průměrných ročních srážek a průměrných ročních teplot navýšených o 10 °C:

Iar=P/(T+10)

kde P jsou průměrné roční srážky a T průměrná roční teplota vzduchu.

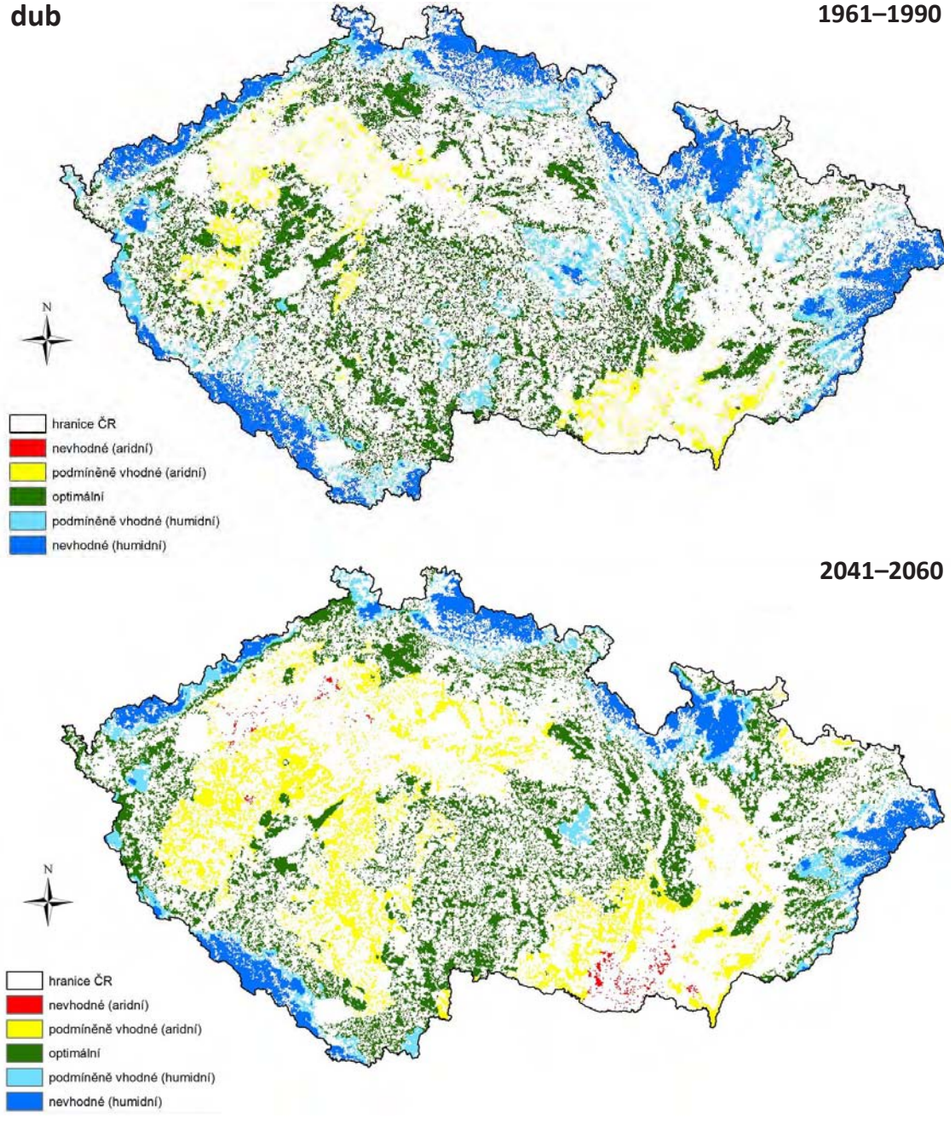
De Martonneho index byl jako jeden z indexů kombinujících teploty i srážky – je tak charakteristikou vyjadřující v současnosti nejvýznamnější klimatickou limitaci dřevin a to sucho.

Každá z dřevin má jiné ekologické nároky na klima, konkrétní zjištění hraničních hodnot je však obtížné. Dle literatury (shrnuto VINŠ et al., 1996) je např. smrk dřevinou s původním rozšířením ohraničeným roční izohyetou 800 mm nebo hodnotou de Martonneho indexu aridity Iar >60. Jeho přirozené rozšíření v zonálních společenstvech ČR od 6. LVS po hranic lesa, na azonálních vodou ovlivněných stanovištích pak smrk sestupuje až do nejnižších nadmořských výšek (PLÍVA, 2000). Jeho minimální nároky jsou nicméně poměrně vyhraněně definovány a jejich posun lze modelovat.

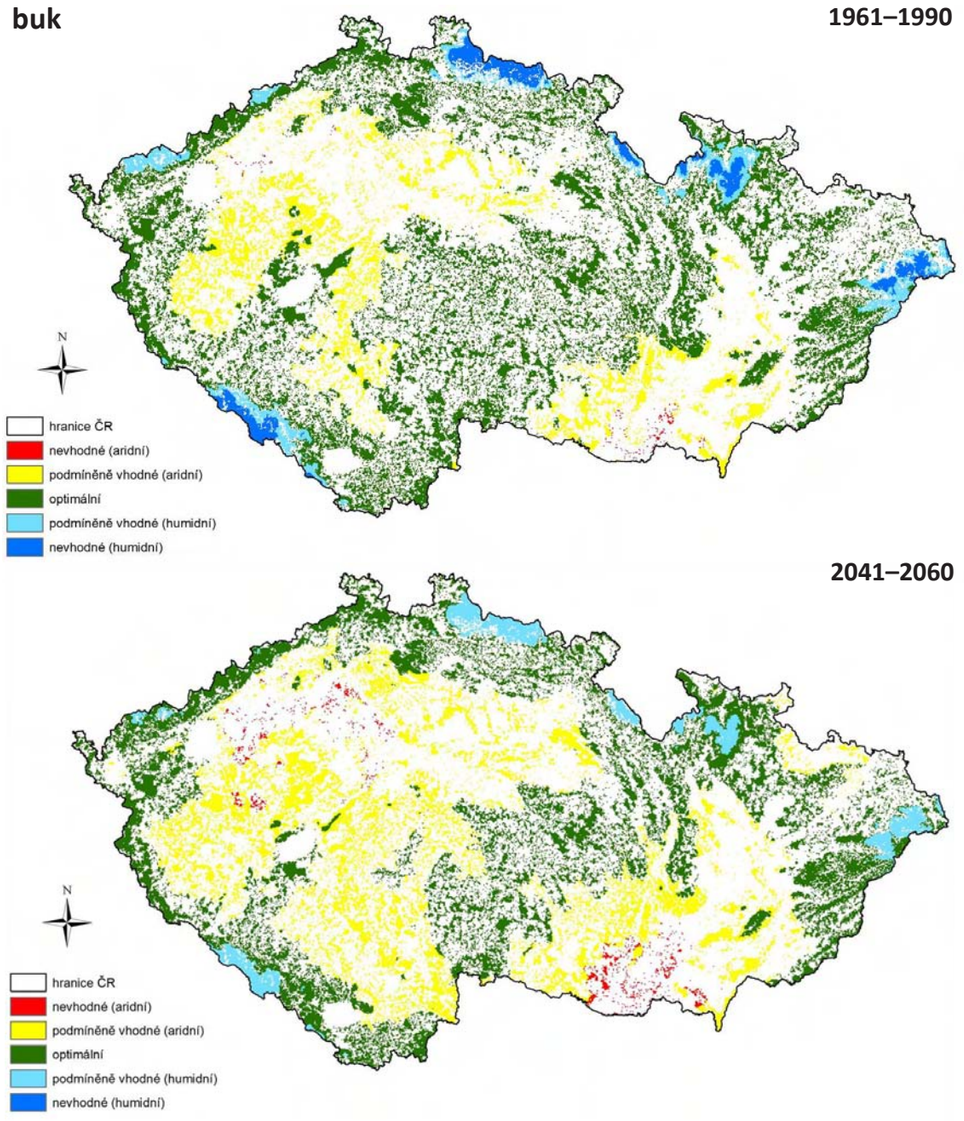
V případě dubu a buku jsou hraniční klimatické hodnoty pro jejich výskyt či bezpečný výskyt (bez nadměrného rizika odumírání) stále předmětem diskuzí. Obecně lze konstatovat, že dub letní a dub zimní jsou dřevinami níže položených, tj. teplejších oblastí České republiky. Jejich nároky na srážky a vodu v půdě se liší. U dubu letního existují dva vyhraněné ekotypy, a to lužní se značnými nároky na vláhu (snáší i jarní záplavy) a lesostepní se schopností růstu na mělkých, v létě silně vysychavých, půdách. Dub zimní zvládá půdy s poměrně širokým rozpětím množství vody od vysychavých stanovišť až po stanoviště s normálním hydrickým režimem. Přirozené rozšíření dubů je v zonálních společenstvech do 5. LVS, s maximem rozšíření ve 2. a 3. LVS, kde také dosahují produkčního optima (PLÍVA, 2000). Horní hranice rozšíření dubu zimního je limitována zejména teplotně, posun vhodných podmínek lze tedy opět relativně dobře modelovat. Duby byly společně modelovány proto, že jsou v lesnictví společně vykazovány.

Buk je dřevinou oceánického a suboceánického klimatu s ekologickým optimem ročních srážek mezi 800 až 1000 mm, nicméně celkově s poměrně širokou ekologickou amplitudou. Jeho rozšíření tak u nás sahá od 2. LVS do 7. LVS, místy i do spodních částí 8. LVS (PLÍVA, 2000), významnou roli v přirozených lesích hraje jeho konkurenceschopnost na daném stanovišti ve srovnání s dalším hlavními dřeviny, které ho doprovází. Toto široké rozšíření komplikuje vymezení hraničních hodnot klimatických parametrů – limitace klimatem je ze současného rozšíření obtížně odvoditelná. Modelování změn podmínek vhodných pro buk, respektive věrohodnost výstupů modelů navíc komplikují dosavadní poznatky o reakcích buku na změnu klimatu. Ukazuje se, že reakce mohou být velmi silně ovlivněny rozdíly mezi ekotypy, odlišnosti byly v některých případech zjištěny nejen mezi buky z různých geografických oblastí, ale i z různých nadmořských výšek, respektive vegetačních stupňů. Výstupy modelů lze na úrovni rámcového generalizovaného vymezení použít, použití pro menší území může být velmi problematické.

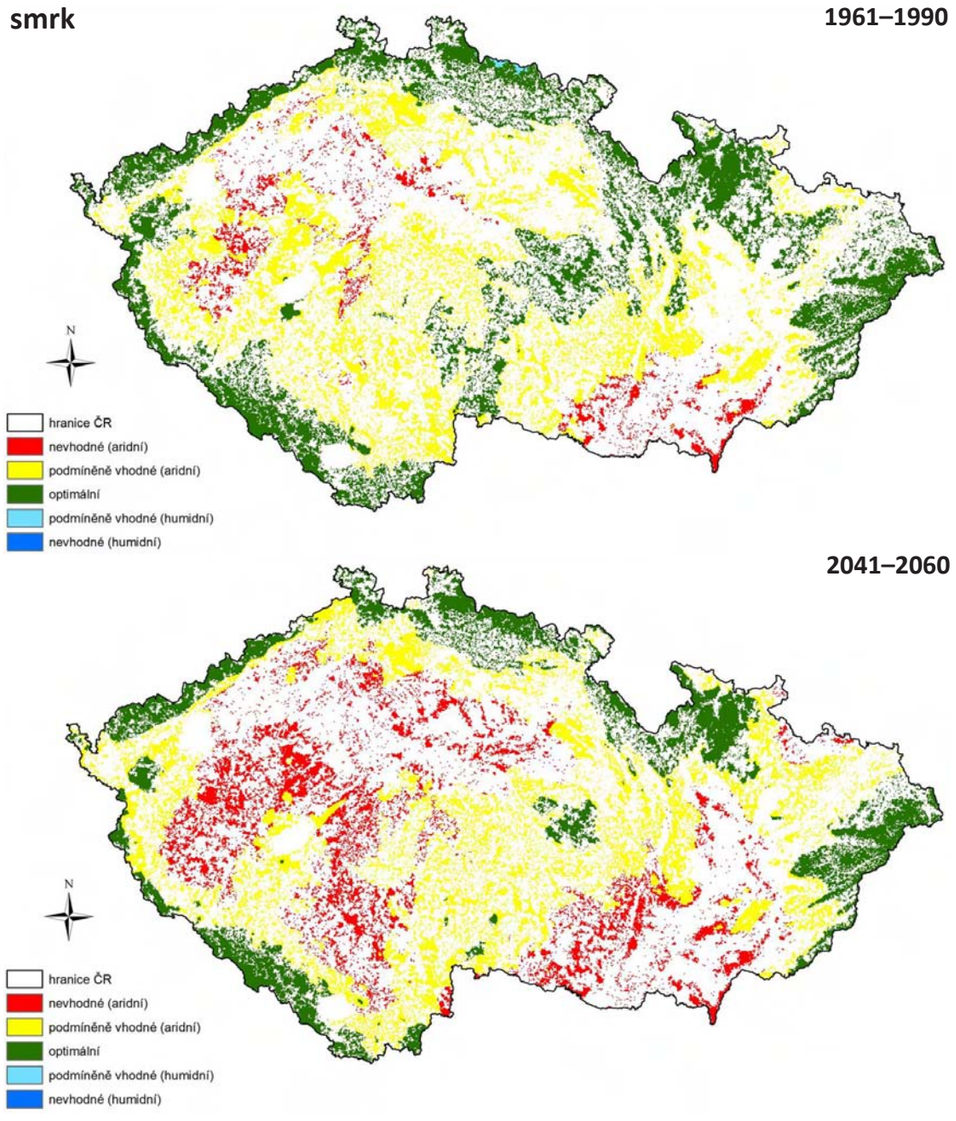
Vzhledem k uvedeným okolnostem byly proto nejprve definovány mezní hodnoty De Martonneho indexu aridity pro jednotlivé hospodářské dřeviny na území ČR. Současné skutečné rozšíření dřevin bylo převzato z databáze ÚHUL. Pro analýzu byly v případě dubu a buku byly vybrány veškeré lesní porosty na území ČR se zastoupením větším než 20 %, kde lze v převážné většině očekávat, že jde o porosty v podmínkách pro dřevinu ekologicky či produkčně optimální nebo alespoň o podmínky optimu blízké. V případě smrku, který dosahuje vysokého zastoupení v řadě lokalit v nižších polohách prokazatelně vzdálených jeho nárokům na klima, jsme pro analýzu zahrnuli pouze lesní porosty na stanovištích od 5. LVS výše (schematicky vymezené jako dosud klimaticky víceméně bezpečné oblasti pro pěstování smrku). Z důvodů chyb způsobených prostorovým měřítkem a mírou generalizace byly hraniční hodnoty definovány v rozsahu od průměru mínus směrodatná odchylka po průměr plus směrodatná odchylka. Na následujících třech stranách jsou pak prezentovány výstupy pro GCM IPSL, který je modelem mediánovým.



Podmínky pro pěstování dubu vymezeného na základě De Martonneho indexu (GCM IPSL) – srovnání normálového období 1961–1990 a predikce ro období 2041–2060



Podmínky pro pěstování buku vymezeného na základě De Martonneho indexu (GCM IPSL) – srovnání normálového období 1961–1990 a predikce ro období 2041–2060



Podmínky pro pěstování smrku vymezeného na základě De Martonneho indexu (GCM IPSL) – srovnání normálového období 1961–1990 a predikce ro období 2041–2060

Modelování vývoje vhodných klimatických podmínek nebylo realizováno pro další dvě významné hospodářské dřeviny – jedli bělokorou a borovici lesní. U borovice je nemožnost realizace takto koncipovaného modelu dána širokou ekologickou amplitudou – délka vegetační doby 90–200 dnů a roční úhrn srážek mezi 200 a 1800 mm. Tyto podmínky pokrývají celé území ČR, uplatnění borovice je dáno její konkurenceschopností, nikoliv klimaticky. U jedle je překážkou také její poměrně široká ekologická valence (2. až 7. LVS) a spolu s ní malý výskyt na území ČR a to zejména ve formě příměsi s malým zastoupením (nemožnost realizace prvního kroku modelování).

Vliv na výskyt určitého druhu dřeviny je dán celou škálou klimatických podmínek a jejich variabilitou v průběhu celého roku, nikoliv pouze ročními průměrnými hodnotami. Proto v dalším kroku byly modelovány optimální podmínky rozšíření dřevin s využitím vícerozměrné statistické analýzy metody Random Forest (Náhodný les), kdy vstupem byly veškeré nezávislé proměnné za období 1961–1990 vztažené k jednotlivým druhům dřevin. Výsledky byly následně aplikovány na další sledovaná období. Jde o kombinovanou učící metodu pro klasifikaci a regresi, metodu která vytvoří více rozhodovacích stromů při učení a následně vydá modus (nejčastější hodnotu) tříd vrácených jednotlivými stromy. Termín pochází z náhodných rozhodovacích lesů, které zavedl (HO, 1995). Metoda kombinuje myšlenku „baggingu“ (BREIMAN, 1996) s náhodným výběrem příznaků (features), aby zkonstruovala skupinu stromů s řízenou variancí. Procedura užívání náhodných lesů patří mezi nejslibněji se rozvíjející metody. Principem metody je vytvoření skupiny M stromů P1, ..., Pm, která by rozhodovala o zařazení objektu do daných tříd. Je tedy třeba vhodně zkombinovat klasifikační funkce jednotlivých stromů (Breiman 2001). Vytvořená klasifikační funkce je pak aplikovatelná na data se změnou nezávislých proměnných.

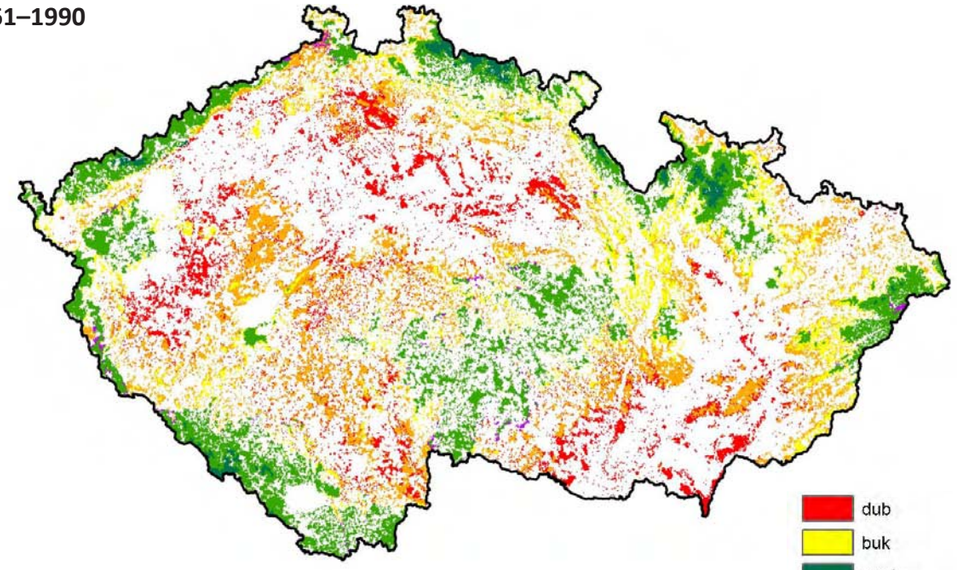
Výsledky vícerozměrné analýzy potvrzují očekávaný a v předchozích analýzách zjištěný trend úbytku oblastí vhodných pro pěstování smrku (z cca 37 % na cca 7 % PUPFL) s tím, že při kombinaci více klimatických proměnných pak pro období 2041–2060 dochází k velkému úbytku i oblastí klimaticky vhodných pro pěstování buku (z cca 43 % na cca 13 %), což může být dáno jednak zvýšením teplot, ale hlavně nepravidelností srážek a úbytkem srážek v jarním období. Naopak klimatické podmínky pro pěstování dubu budou dle klimatických modelů příznivé (vzestup z cca 20 % na 80 %).

Z celé škály klimatických proměnných byly jako významné pro rozšíření dubu identifikovány následující: průměrná roční teplota, průměrná teplota za vegetační období, počet dnů s teplotou vyšší než 10 °C a dále pak počet dnů s Tmax nad 30 °C. V případě buku je hodnocení vlivu klimatických proměnných složitější vzhledem k jeho široké ekologické valenci. Pro úspěšné modelování bylo nutné brát v úvahu veškeré proměnné. Nejlepší výsledky pak byly dosaženy při modelování oblastí vhodných pro pěstování smrku, kdy jako nejvýznamnější proměnné byly určeny průměrná roční teplota vzduchu, dále pak teplota v jarních měsících od března do června, globální radiace v jarních měsících a dále pak počet dní s teplotou nad 10 °C.

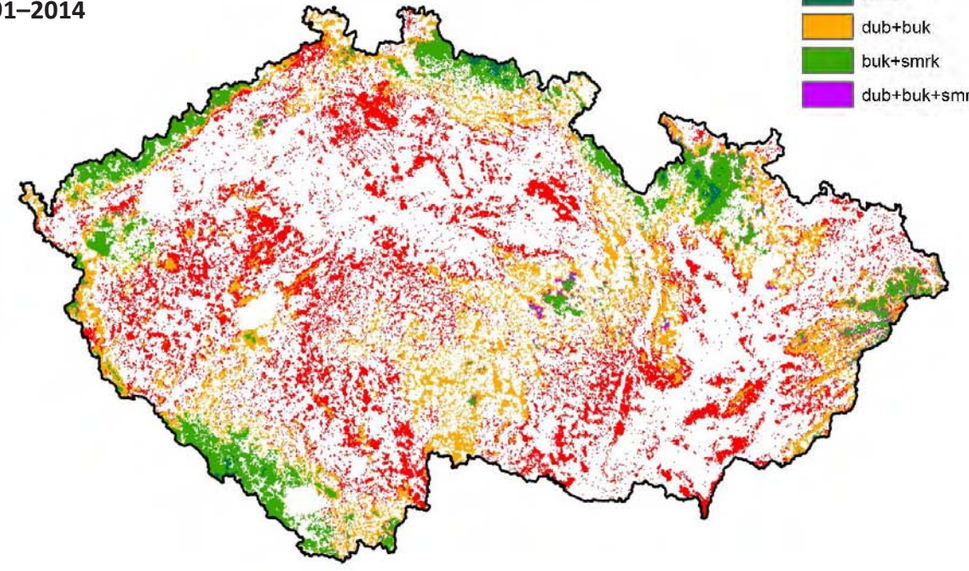
V případě vícerozměrné analýzy dat nebylo možné identifikovat oblasti, které by se natolik klimaticky výrazně odlišovaly od podmínek v období 1961–1990, že by „vypadly“ z nastavené škály, tj. kde by bylo výhledově problematické udržet kteroukoliv z modelovaných dřevin.

Ze srovnání výsledků modelu IPSL se současným rozšířením smrkových porostů na území ČR vyplývá, že zatímco v letech 1961–1990 rostlo více jak 3/4 porostů s převahou smrku (se zastoupením nad 75 % smrku) v oblastech klimaticky vhodných pro jeho pěstování, v období 1991–2014 to již bylo pouze necelých 50 % a v období 2041–2060 pak vhodné podmínky pro pěstování bude mít pouze 20 % současných porostů s převahou smrku. V případě lesních porostů se zastoupením smrku nad 40 %, bude situace ještě horší: zatímco v období 1961–1990 rostlo 54 % porostů v klimaticky vhodných podmínkách, v období 2041–2060 to bude pouze 11 % těchto porostů.

1961–1990

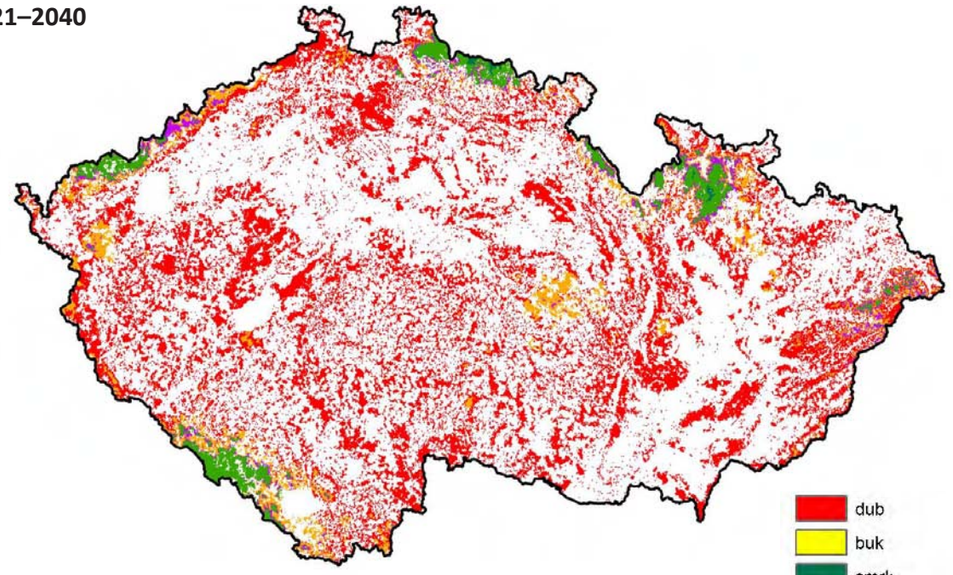


1991–2014

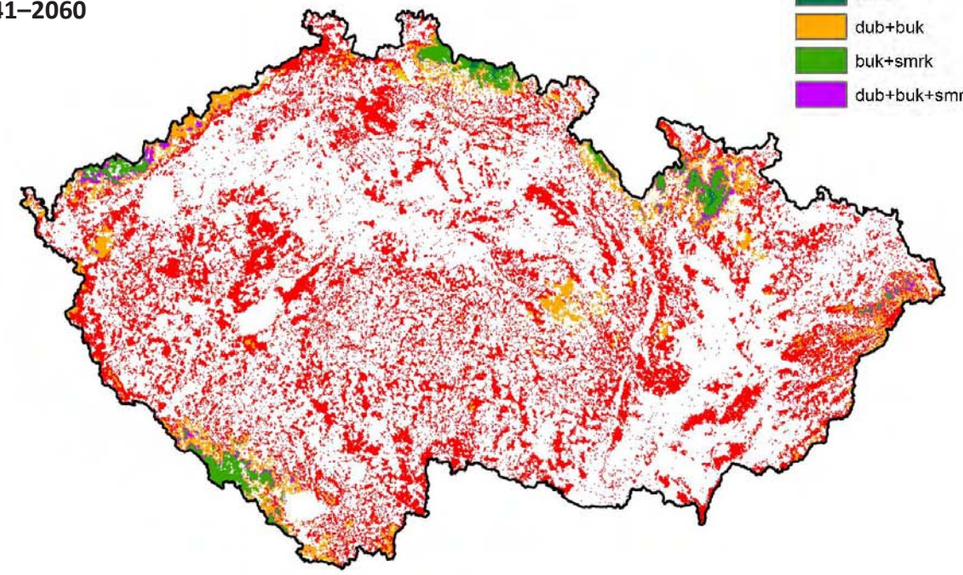


Podmínky pro pěstování dřevin vymezené vícerozměrnou statistickou metodou Random Forest (GCM IPSL)

2021–2040



2041–2060



Podmínky pro pěstování dřevin vymezené vícerozměrnou statistickou metodou Random Forest (GCM IPSL)

7 LITERATURA

ALLEN, C. D., MACALADY, A. K., CHENCHOUNI, H., BACHELET, D., MCDOWELL, N., VENNETIER, M., KITZBERGER, T., RIGLING, A., BRESHEARS, D. D., HOGG, E. H., GONZALEZ, P., FENSHAM, R., ZHANG, Z., CASTRO, J., DEMIDOVA, N., JLIM, H., ALLARD, G., RUNNING, S. W., SEMERCI, A., COBY, N. (2010): A global overview of drought and heat–induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. Forest Ecology and Management, 259, 660–684. DOI: 10.1016/j.–foreco.2009.09.001

BAČE, R., SVOBODA, M. (2014): Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích. Certifikovaná metodika. 39 pp. http://home.czu.cz/storage/74451_mmd2014.pdf

BELLAMY P. H., (2008): UK losses of soil carbon – due to climate change? Presentation given at the Conference "Climate Change – can soil make a difference?"

BERANOVÁ, J., APLTAUER, J., ČERNÝ, M. (2011): Inventarizace škod zvěří – Výsledky čtvrtého celorepublikového opakování. Lesnická práce 90(2), http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-90-2011/lesnicka-prace-c-2-11/inventarizace-skod-zveri-vysledky-ctvrteho-celorepublikoveho-opakovani

BORGA, M., STOFFEL, M., MARCHID, L., MARRAF, F., JAKOBE, M. (2014): Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: Flash floods and debris flows. Journal of Hydrology, 518, Part B, 194–205. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.05.022

BRÁZDIL, R., TRNKA, M., DOBROVOLNÝ, P., CHROMÁ, K., HLAVINKA, P., ŽALUD, Z. (2009): Variability of droughts in the Czech Republic, 1881–2006. Theoretical and Applied Climatology, 97, 297–315. DOI: 10.1007/S00704–008–0065–X.

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ŠTEKL, J., KOTYZA, O., VALÁŠEK, H., JEŽ, J. (2004): History of Weather and Climate in the Czech Lands VI: Strong winds. Masarykova Universita, Brno, 378 pp.

BRÁZDIL, TRNKA et al. (2015): Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Historie počasí a podnebí v Českých zemích, svazek XI. Centrum výzkumu globální změny klimatu AV ČR, v.v.i., Brno, 400 pp.

BREDEMEIER, M. (2011): Forest, climate and water issues in Europe. Ecohydrology, 4 (2): 159–167.

BREIMAN, L. (1996): Bagging predictors. Machine Learning, 24: 123–140.

BREIMAN L. (2001): Random forests. Machine Learning, 45: 5–32.

BUSE, A., GOOD, J. E. G., DURY, S., PERRINS, C. M. (1998): Effects of elevated temperature and carbon dioxide on the nutritional quality of leaves of oak (Quercus robur L.) as food for the winter moth (Operophtera brumata L.). Functional-Ecology, 12(5), 742–749.

BYRNE, K. E., MITCHELL, S. J. (2013): Testing of WindFIRM/ForestGALES_BC: a hybrid-mechanistic model for predicting windthrow in partially harvested stands. Forestry, 86, 185–199. http://dx.doi.org/10.1093/forestry/cps07

CAPDEVILLA-ARGÜELES, L., ZILLETTI, B. (2008): A perspective on climate change and invasive alien species. Council of Europe Strasbourg, 26 pp.

COTILLAS, M., SABATÉ, S., GRACIA, C., ESPELTA, J. M. (2009): Growth response of mixed mediterranean oak coppices to rainfall reduction. Could selective thinning have any influence on it? Forest Ecology and Management, 258, 1677–1683.

ČERMÁK, P., JANKOVSKÝ, L. (2006): Škody ohryzem, loupáním a následnými hnilobami. Lesnická práce, s.r.o., edice Folia Forestalia Bohemica, svazek 1, 52 pp.

ČERMÁK, P., MRKVA, R., HORSÁK, P., ŠPIŘÍK, M., BERANOVÁ, P., ORÁLKOVÁ, J., PLŠEK, J., KADLEC, M., ZÁRYBNICKÝ, O., SVATOŠ, M. (2011): Impact of ungulate browsing on forest dynamics. Lesnická práce, s.r.o., edice Folia Forestalia Bohemica, 80 pp.

DE MARTONNE, E. (1926): Aréisme et indice artidite. Comptes Rendus de L'Acad Sci, Paris, 182: 1395–1398.

DEUTSCHER, J., KUPEC, P. (2014): Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic. Environmental Monitoring and Assessment. DOI: 10.1007/s10661-014-3661-5

DEUTSCHER, J., KUPEC, P., DUNDEK, P., HOLÍK, L., MACHALA, M., URBAN, J. (2016 In print). Diurnal dynamics of streamflow in an upland forested micro-watershed during short precipitation-free periods is altered by tree sap flow. Hydrological processes.

DITTMAR, C., ZECH, W., ELLING, W. (2003): Growth variations of Common beech (Fagus sylvatica L.) under different environmental conditions in Europe – a dendroecological study. Forest Ecology and Management, 173, 63–78.

DOCHERTY, M., HURST, D. K., HOLOPAINEN, J. K., WHITTAKER, J. B., LEA, P. J., WATT, A. D. (1996): Carbon dioxide-induced changes in beech foliage cause female beech weevil larvae to feed in a compensatory manner. Global-Change-Biology, 2(4), 335–341.

DOCHERTY, M., WADE, F. A., HURST, D. K., WHITTAKER, J. B., LEA, P. J. (1997): Responses of tree sap-feeding herbivores to elevated CO2. Global-Change-Biology, 3(1), 51–59.

DOUDA, P., KLIMÁNEK, M. (2012): Klasifikace rizika vzniku lesního požáru pomocí GIS. Lesnická práce, 91(7).

DUBROVSKÝ, M., NEMEŠOVÁ, I., KALVOVÁ, J. (2005): Uncertainties in climate change scenarios for the Czech Republic. Inter-Research, 29(2), 139–156.

DUKES, J. S., MOONEY, H. (1999): Does global change increase the success of biological invaders? Trends in Ecology & Evolution, 14, 135–139.

DURY, S. J., GOOD, J. E. G., PERRINS, C. M., BUSE, A., KAYE, T. (1998): The effects of increasing CO2 and temperature on oak leaf palatability and the implications for herbivorous insects. Global-Change-Biology, 4(1), 55–61.

DVOŘÁK, L., BACHMANN, P., MANDALLAZ, D. (2001): Sturmschäden in ungleichförmigen Beständen. Schweiz. Z. Forstwes., 152(11), 445–452.

EBANYENLE, E. (2012): Effects of elevated atmospheric CO2 and O3 on wood density, antomical proerties and decomposition of Northern Hardwoods. Dissertation, Michigan Technological University, http://digitalcommons.mtu.edu/etds/131.

EEA (2012): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. Copenhagen, Denmark.

FRIDMAN, J., VALINGER, E. (1998): Modelling probability of snow and wind damage using tree, stand, and site characteristics from Pinus sylvestris sample plots. Scandinavian Journal of Forest Research, 13(1), 348–356.

GARDINER, B. A. (2004): Windbreaks and Shelterbelts. In BURLEY, J., EVANS, J., YOUNGQUIST, J. A. (eds.) Encyclopedia of Forest Sciences. Elsevier, Oxford.

GARDINER, B. A., QUINE, C. P. (2000): Management of forests to reduce the risk of abiotic damage – a review with particular reference to the effects of strong winds, Forest Ecology and Management, 135, 261–273.

GRIBOVSZKI, Z., KALICZ, P., SZILÁGYI, J., KUCSARA., M. (2008): Riparian zone evapotranspiration from diurnal groundwater level fluctuations. Journal of Hydrology, 349, 6–17.

GRIESS, V. C., ACEVEDO, R., HÄRTL, F., STAUPENDAHL, K., KNOKE T. (2012): Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce. Forest Ecology and Management, 267, 284–296.

GRIESS, V. C., KNOKE, T. (2011): Growth performance, windthrow, and insects: meta-analyses of parameters influencing performance of mixed-species stands in boreal and northern temperate biomes. Canadian Journal of Forest Research, 41(6), 1141–1159.

GU, L., HANSON, P., MAC POST, W., KAISER, D., YANG, B., NEMANI, R., PALLARDY, S., MEYERS T. (2008): The 2007 eastern US spring freezes: Increased cold damage in a warming world? Bioscience, 58, 253–262.

HANEWINKEL, M., HUMMEL, S., CULLMANN, D. A. (2010): Modeling and economic evaluation of forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. Forest Ecology and Management, 259(4), 710–719.

HENN, M., SCHOPF, R., FLEISCHMAN, F., OßWALD, W. (2000): Einfluss von CO_2 und N auf die Nahrungsqualität der Buche (Fagus sylvatica) für den Schwammspinner (Lymantria dispar, Lymantriidae, Lepidoptera). Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie, 13, 433–436.

HELLMANN, J. J., BYERS, J. E., BIERWAGEN, B. G., DUKES, J. S. (2008): Five potential consequences of climate change for invasive species. Conservation Biology, 2, 534–543.

HIGHLEY, T. L., BARLEV, S. S., KIRK, T. K., LARSEN, M. J. (1983): Influence of O_2 and CO_2 on Wood Decay by Heartrot and Saprot Fungi. Phytopathology, 73(4), 630–633.

HLÁSNY, T. (2012): Jak může ovlivnit změna klimatu smrkové porosty v ČR? Lesnická práce 91(1).

HLÁSNY, T., MÁTYÁS, C., SEIDL, R., KULLA, L., MERGANIČOVÁ, K., TROMBIK, J., DOBOR, L., BARZCA, Z., KONÔPKA, B. (2014): Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? Lesnícky časopis – Forestry Journal, 60, 5–18.

HLAVINKA, P., TRNKA, M., SEMERÁDOVÁ, D., DUBROVSKÝ, M, ŽALUD, Z., MOŽNÝ, M. (2009): Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. Agricultural and Forest Meteorology, 149, 431–442. DOI: 10.1016/j.agrformet.2008.09.004.

HOLUŠA, J. et al. (2014): Integrované hodnocení dopadů hmyzích škůdců a houbových patogenů na smrkové porosty ČR jako východisko pro jejich operativní management. Neperiodická zpráva výzkumného projektu NAZV-QJ1220317 za rok 2014.

HO, T. K. (1995): Random decision forest. Proceedings of the 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition, August 14–18, Montreal, Canada: 278–282.

HRUŠKA, J., CIENCIALA, E. (2005): Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. 2. vydání, 153 pp.

HRUŠKA, J., KOPÁČEK, J. (2005): Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost. Edice PLANETA, XII(5), 24 pp.

HRUŠKA, J., KOPÁČEK, J. (2009): Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy. I. Emise okyselujících sloučenin. Živa 21, 93–96.

IPCC (2007): Climate change 2007: an assessment of the Intergovernmental Panel on climate change.

ISAEV, A. S., OVCHINNIKOVA, T. M., PAĽNIKOVA, E. N., SUKHOVOĽSKII, V. G. (1997): Simulation modelling of the population dynamics of Bupalus piniarius in different climatic scenarios. Lesovedenie, 4, 40–48.

JANKOVSKÝ, L. (2000): Rizika aktivizace houbových patogenů a hmyzích škůdců lesních dřevin v souvislosti s předpokládanou klimatickou změnou. Zprávy lesnického výzkumu 4/2000.

JANKOVSKÝ, L., TOMŠOVSKÝ, M., BERÁNEK, J., LIČKA, D. (2006): Analýza postupů ponechávání dřeva k zetlení z hlediska vlivu na biologickou rozmanitost. 102 pp. http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u22/OZCHP-Tlejici_%20drevo_v_lesich_-_vliv_na_biodivezitu-20080821.pdf

JANKOVSKÝ, L. (2014): Role houbových patogenů v chřadnutí smrku. In: NOVÁK, J., DUŠEK, D. (eds.) Chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy. Sborník přednášek odborného semináře 14. 10. 2014, Budišov nad Budišovkou, 20–30.

JANOUŠ, D. (2002): Pravděpodobný dopad klimatické změny na evropské lesy. Lesnická práce 81(2).

KAPITOLA, P., RŮŽIČKA, T., KROUTIL, P. (2011): Karanténní škodlivé organismy na lesních dřevinách. SRS Praha, 63 pp., http://eagri.cz/public/web/file/129866/A5_publikace_web.pdf

KERZENMACHER, T., GARDINER, B. A. (1998). A mathematical model to describe the dynamic response of a spruce tree to wind. Trees—Structure and Function, 12, 385–394.

KLEMPERER, W. D. (1996): Forest Resource Economics and Finance. McGraw-Hill Series in Forest Resources. U.S.A. 551 pp.

KOUBA, J. (1989): The theory of an estimate of the development of calamities and of management of the process of forest adjustment to normal forest. Lesnictví, 35, 925–944.

KŘOVÁK, F., KUŘÍK, P. (2001): Vliv lesních ekosystémů na odtokové poměry krajiny. Aktuality šumavského výzkumu. Srní, 75–79.

KUPKA, I. (2002): Vliv možných klimatických změn na zastoupení dřevin v našich lesích. Lesnická práce 81(1).

LEHNER, B., DÖLL, P., ALCAMO, J., HENRICHS, T., KASPAR, F. (2006): Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. Clim Change, 75: 273–299.

LOHMANDER, P., HELLES, F. (1987): Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter. Scandinavian Journal of Forest Research, 2(1–4), 227–238.

LUYSSAERT S, I. INGLIMA, M. JUNG ET AL. 2007. The CO2–balance of boreal, temperate and tropical forest derived from a global database. Global Change Biology, 13, 2509–2537.

MANION, P. D. (1991): Tree disease concepts. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ. 402 pp.

MAREK, M. V. ET AL. (2011): Uhlík v ekosystémech České republiky v měnícím se klimatu. Academia Praha, 257 pp.

MRKVA, R., JANKOVSKÝ, L. (1996): Patogeni vaskulárních pletiv a jejich význam v procesu chřadnutí jehličnatých dřevin. Lesnická práce, 75, 207–209.

MCDOWELL, N., POCKMAN, W. T., ALLEN, C. D., BRESHEARS, D. D., COBB, N., KOLB, T., SPERRY, J., WEST, A., WILLIAMS, D. G., YEPEZ, E. A. (2008): Mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? New Phytologist, 178(4), 719–739.

MOŽNÝ, M., BAREŠ, D. (2013): Czech Fire-Danger Rating System. The Integrated Warning Service System. Czech Hydrometeorological Institute, Praha.

MOŽNÝ, M., TOLASZ, R., NEKOVAR, J., SPARKS, T., TRNKA, M., ŽALUD, Z. (2009): The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. Agricultural and Forest Meteorology, 149, 913–919.

NEUNER, S., ALBRECHT, A., CULLMANN, D., ENGELS, F., GRIESS, V. C., HAHN, W. A., HANEWINKEL M., HÄRTL, F., KÖLLING, C., STAUPENDAHL, K., KNOKE, T. (2014): Survival of Norway spruce remains higher in mixed stands under a dryer and warmer climate. Global Change Biology. DOI: 10.1111/gcb.12751

NOVÁK, P., TOMEK. M. (2015): Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí. Certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací. Ministerstvo pro místní rozvoj. 54 pp.

OGAYA, R., PEÑUELAS, J., MARTÍNEZ-VILALTA, J., MANGIRÓN, M. (2003): Effect of drought on diameter increment of Quercus ilex, Phillyrea latifolia, and Arbutus unedo in a holm oak forest of NE Spain. Forest Ecology and Management, 180(1–3), 175–184.

ÖHRN, P. (2012): The spruce bark beetle Ips typographus in a changing climate – Effects of weather conditions on the biology of Ips typographus. Swedish University of Agricultural Sciences, 27pp., http://pub.epsilon.slu.se/8619/1/ohrn_p_120320.pdf.

PANFEROV, O., DOERING, C., RAUCH, E., SOGACHEV, A., AHRENDS, B. (2009): Feedbacks of windthrow for Norway spruce and Scots pine stands under changing climate. Environmental Ressearch Letters, 4 (10pp), DOI: 10.1088/1748-9326/4/4/045019.

PARRY, M. L. (ed.). (2000): Assessment of Potential Effects and Adaptation for Climate Change in Europe: The Europe ACACIA Project. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, United Kingdom, 320 pp.

PELTOLA, H., KELLOMÄKI, S. (1993): A mechanistic model for calculating windthrow and stem breakage of Scots pines at stand age. Silva Fennica, 27(2), 99–111.

PILAŠ, I., MEDVED, I., MEDAK, J. MEDAK, D. (2014): Response strategies of the main forest types to climatic anomalies across Croatian biogeographic regions inferred from FAPAR remote sensing data. Forest Ecology and Management, 326, 58–78. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.04.012

PIAO, S., CIAIS, P., FRIEDLINGSTEIN, P., PEYLIN, P., REICHSTEIN, M., LUYSSAERT, S., MARGOLIS, H., FANG, J., BARR, A., CHEN, A., GRELLE, A., HOLLINGER, D. Y., LAURILA, T., LINDROTH, A., ANDREW D. RICHARDSON, A. D., VESALA, T. (2008): Net carbon dioxide losses of northern ecosystems in response to autumn warming. Nature 451, 49–52. DOI: 10.1038/nature06444

PLESNÍK, J. (2009): Biologická rozmanitost a změna podnebí. Současný stav a předpověď dalšího vývoje. Ochrana přírody, 2009, zvláštní číslo, http://www.casopis.ochranaprirody.cz/zvlastni-cislo/biologicka-rozmanitost-a-zmena-podnebi/.

PLÍVA, K. (1991): Přírodní podmínky v lesním plánování. ÚHUL. Brandýs nad Labem.

PLÍVA, K. (2000): Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle souborů lesních typů. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem. 170 pp.

POLENO, Z. VACEK, S. (2007): Pěstování lesů II. – teoretická východiska pěstování lesů. MZe ČR, Praha, 463 pp.

PRETEL, J. (2012): Klimatické změny a jejich dopady na život lidí. Manuscript, 40 pp. Web. 25 Feb. 2014 http://projekty.osu.cz/zemepisnove/wp–content/uploads/3.1.Klimatické–změny–a–jejich–dopady–naživot–lidí.pdfhttp://projekty.osu.cz/zemepisnove/wp–content/uploads/3.1.Klimatické–změny–a–jejich–dopady–naživot–lidí.pdf

PUHE, J. ULRICH, B. (2001): Global climate change and human impacts on forest ecosystems: postglacial development, present situation, and future trends in central Europe. Ecological Studies 142, Springer, Berlin, 593 pp.

PYKE, C. R., THOMAS, R., PORTER, R. D., HELLMANN, J. J., DUKE, J. S., LODGE, D. M., CHAVARRIA, G. (2008): Current practices and future opportunities for policy on climate change and invasive species. Conservation Biology, 22, 585–592.

RAKUŠAN, C. (1998): Odumřelé stromy a jejich význam. Silva Bohemica, 8(8), 12.

RANDUŠKA, D., VOREL J., PLÍVA. K. (1986): Fytocenológia a lesnícka typológia. Bratislava. Príroda. 339 pp.

RICCIARDI A. (2007): Are modern biological invasions an unprecedented form of global change? Conservation Biology, 21, 329–336.

RODRÍGUEZ-CALCERRADA, J., PÉREZ-RAMOS, I.M., OURCIVAL, J.M., LIMOUSIN, J.M., JOFFRE, R., RAMBAL, S. (2011): Is selective thinning an adequate practice for adapting Quercus ilex coppices to climate change? Annals of Forest Science, 68(3), 575–585.

SCHARNWEBER T., MANTHEY, M., WILMKING, M. (2012): Differential radial growth patterns between beech (Fagus sylvatica L.) and oak (Quercus robur L.) on periodically waterlogged soils. Tree Physiology, 33(4), 425–437.

SAMEC P., FORMÁNEK P. (2007): Mikrobiologie lesních půd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 126pp.

SAYAMA, T., MCDONNELL, J. J. (2009): A new time-space accounting scheme to predict stream water resi-dence time and hydrograph source components at the watershed scale. Water Resources Research, 45, W07401, DOI: 10.1029/2008WR007549.

SCHLYTER, P., STJERNQUIST, I., BÄRRING, L., JÖNSSON, A. M., NILSSON C. (2006): Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. Climate Research, 31(1), 75–84.

SEGURA, C., SUN, G., MCNULTY, S., ZHANG, Y. (2014): Potential impacts of climate change on soil erosion vulnerability across the conterminous United States. Journal of Soil and Water Conservation. 69(2): 171–181. DOI:10.2489/jswc.69.2.171

SIMANOV, V. (1995): Energetické využívání dříví. Terrapolis, Olomouc, 115 pp.

SLOUP, M. (2007): Škody zvěří na lesních porostech. Lesnická práce, 86(12), http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-86-2007/lesnicka-prace-c-12-07/skody-zveri-na-lesnich-porostech

SOLHEIM, H. (1993): Ecological aspects of fungi associated with the spruce bark beetles Ips typographus in Norway. In Ceratocystis and Ophiostoma. Taxonomy, Ecology and Pathogenicity. APS Press St. Paul, Minnesota, 235–242.

SOUČEK, J., TESAŘ, V. (2008): Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů – recenzovaná metodika, Lesnický průvodce 4, VÚLHM Opočno.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., SKALÁK, P. (2009): Data quality control and homogenization of air temperature and precipitation series in the area of the Czech Republic in the period 1961–2007. Adv. Sci. Res. 3, 23–26.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., HUTH, R. (2011): Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series: an example of Central European daily time series. Idöjárás 115(1–2): 87–98.

ŠVIHLA, V. (2001): Vliv lesa na odtokové poměry na malém povodí. Lesnická práce 2. Retrieved from http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-2-01/vliv-lesa-naodtokove-pomery-na-malem-povodi. Ac-cessed 5 Feb 2014.

TOLASZ, R. at al. (2007): Atlas podnebí Česka. 1. vyd. Praha – Olomouc: Český hydrometeorologický ústav – Univerzita Palackého v Olomouci, 360 pp.

TRNKA, M., BRÁZDIL, R., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P., DOBROVOLNÝ, P., ZAHRADNÍČEK, P., BALEK, J., SEMERÁDOVÁ, D., DUBROVSKÝ, M., HLAVINKA, P., EITZINGER, J., WARDLOW, B., SVOBODA, M., HAYES, M., ŽALUD, Z. (2015): Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. International Journal of Climatology, DOI:1002/joc.4242.

TRNKA, M., KYSELÝ, J., MOŽNÝ, M., DUBROVSKÝ, M. (2009): Changes in Central–European soil–moisture availability and circulation patterns in 1881–2005. International Journal of Climatology, 29, 655–672.

VACEK, S. et al. (2003): Horské lesy České republiky. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 313 pp.

VANHANEN, H., VETELI, T. O., PÄIVINEN, S., KELLOMÄKI, S., NIEMELÄ, P. (2007): Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth – a model study. Silva Fennica, 41(4), 621–638.

VAN VLIET, A. (2008): Monitoring, analysing and communicating phenological changes. Ph.D. thesis, University of Wageningen, the Netherlands, 177 pp.

VENÄLÄINEN, A., KORHONEN, N., KOUTSIAS, N., XYSTRAKIS, F., URBIETA, I.R., MORENO, J. M. (2014): Temporal variations and change of forest fire danger in Europe in 1960–2012. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 1477–1490.

VINŠ, B. et al. (1996): Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice. Národní klimatický program ČR. Praha, ČHMÚ: 134.

WARING, R. H., SCHLESINGER, W. H. (1985): Forest Ecosystems: Concepts and Management. Academic Press Orlando, 340 pp.

WATT, A. D., LINDSAY, E., LEITH, I. D., FRASER, S. M., DOCHERTY, M., HURST, D. K., HARTLEY, S. E., KERSLAKE , J. (1996): The effects of climate change on the winter moth, Operophtera brumata, and its status as a pest of broadleaved trees, Sitka spruce and heather. Implications of Global environmental change for crops in Europe, 1–3 April 1996, Churchill College, Cambridge, UK. Aspects-of-Applied-Biology, 45, 307–316.

WEST, A., WILLIAMS, D., YEPEZ, E. A. (2008): Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? Tansley review. New Phytologist, 178, 719–739.

WONDZELL, S. M, GOOSEFF, M. B., MCGLYNN, B. L. (2009): An analysis of alternative conceptual models relating hyporheic exchange flow to diel fluctuations in discharge during baseflow recession. Hydrological Processes. DOI: 10.1002/hyp7507

ZHOU, L., DAI, L. M., GU, H. Y., ZHONG, L. (2007): Review on the decomposition and influence factors of coarse woody debris in forest ecosystem. Journal of Forestry Research, 18(1), 48–54.

KATALOG LESNICKÝCH ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

PETR ČERMÁK ● VLADIMÍR ZATLOUKAL ● EMIL CIENCIALA ● RADEK POKORNÝ
JAN KADAVÝ ● MICHAL KNEIFL ● JIŘÍ KADLEC ● LUMÍR DOBROVOLNÝ
ANTONÍN MARTINÍK ● TOMÁŠ MIKITA ● ZDENĚK ADAMEC ● PETR KUPEC
ROMAN SLOUP ● LUDĚK ŠIŠÁK ● KAREL PULKRAB ● MIROSLAV TRNKA
FRANTIŠEK JUREČKA

Realizováno v rámci projektu EHP-CZ02-OV-1-019-2014
FRAMEADAPT Rámce a možnosti lesnických adaptačních opatření a strategií souvisejících se změnami klimatu

Grafická úprava, sazba: Petr Čermák
Fotografie: Jakub Beránek, Petr Čermák, Libor Jankovský, Pavel Kovaříček, Radomír Mrkva, Dagmar Palovčíková

Jako e-knihu ve formátu pdf
vydala Mendelova univerzita v Brně roku 2016.
152 stran. Vydání první.

Podpořeno grantem z Islandu, Lichtenštejnska a Norska.
Supported by grant from Iceland, Liechtenstein and Norway