

# Život s kůrovcem: Dopady, výhledy a řešení



Tomáš Hlásny, Paal Krokene, Andrew Liebhold, Claire Montagné-Huck,  
Jörg Müller, Hua Qin, Kenneth Raffa, Mart-Jan Schelhaas,  
Rupert Seidl, Miroslav Svoboda a Heli Viiri



## AUTOŘI

Tomáš Hlásny, Czech University of Life Sciences in Prague, the Czech Republic

Paal Krokene, Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Norway

Andrew Liebhold, Czech University of Life Sciences in Prague, the Czech Republic

Claire Montagné-Huck, Université de Lorraine, Université de Strasbourg, AgroParisTech, CNRS, INRA, BETA, France

Jörg Müller, Julius-Maximilians-University Würzburg, Bavarian Forest National Park, Germany

Hua Qin, University of Missouri-Columbia, USA

Kenneth Raffa, University of Wisconsin – Madison, USA

Mart-Jan Schelhaas, Wageningen Environmental Research, Wageningen University and Research, Netherlands

Rupert Seidl, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria

Miroslav Svoboda, Czech University of Life Sciences in Prague, the Czech Republic

Heli Viiri, Natural Resource Institute, Finland

## PODĚKOVÁNÍ

Tato zpráva těží z cenných připomínek externích recenzentů, Marca Hanewinkela (Univerzita ve Freiburgu), Johanny Witzell (Švédská univerzita zemědělských věd) a Georga Winkela (Evropský lesnický institut). Rádi bychom jim vyjádřili díky za jejich pohled a připomínky, které pomohly tuto studii vylepšit. Zároveň upozorňujeme, že recenzenti nejsou odpovědní za případné nedostatky.

Tato studie byla financována EFI Multi-Donor Trust Fund na podporu strategií, podporovaného rakouským, českým, finským, německým, norským, španělským, švédským, italským a litevským státním rozpočtem.

ISSN 2343-1229 (tisk)  
ISSN 2343-1237 (online)

ISBN 978-952-5980-90-5 (tisk)  
ISBN 978-952-5980-89-9 (online)

Hlavní redaktor: Lauri Hetemäki  
Odpovědný redaktor: Rach Colling  
Grafická úprava: Grano Oy

Omezení odpovědnosti: Názory předkládané v této publikaci jsou názory jejích autorů a nemusí nutně představovat názory Evropského lesnického institutu nebo financujících institucí.

Doporučená citace: Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M.-J., Seidl, R., Svoboda, M., Viiri, H. 2019. Život s kůrovcem: Dopady, výhledy a řešení. Od vědy ke strategii 8. Evropský lesnický institut.



## Obsah

Souhrn.....	4
1. Cíl a východiska: Evropské lesy pod náparem kůrovce .....	6
2. Současný stav poznatků o podkorním hmyzu .....	8
2.1 Ekologie kůrovce .....	8
2.2. Historická perspektiva.....	11
2.3. Předpokládaný budoucí vývoj.....	11
3. Dopady přemnožení kůrovce .....	14
3.1 Dopady na ekosystémy a biodiverzitu .....	14
3.2 Dopady na ekosystémové služby .....	14
3.3 Ekonomické dopady .....	14
3.4 Společenské dopady.....	17
4. Management přemnožení kůrovce.....	19
4.1 Multifunkční a produkční lesy .....	19
4.2 Lesy, kde je prioritou ochrana přírody a biodiverzity.....	29
5. Regionální perspektivy .....	33
5.1 Vichřice Gudrun v jižním Švédsku .....	33
5.2 Západní Beskydy ve Střední Evropě .....	34
5.3 Lýkohub v severoamerických Skalisticích horách .....	35
6. Doporučení pro management a tvorbu strategií .....	38
6.1 Východiska .....	38
6.2 Doporučení.....	38
Glosář .....	40
Literatura.....	41
Příloha A: Nástroje a opatření pro management přemnožení kůrovců.....	44
Příloha B: Potřeby výzkumu, vývoje a inovací.....	49

## SOUHRN

Evropské lesy poskytovaly lidské společnosti po staletí mnohé ekosystémové služby a generovaly značné ekonomické hodnoty. Některé z těchto benefitů jsou stále více ohrožovány změnou klimatu, která znásobuje vliv různých disturbančních činitelů, jako jsou např. kůrovci. Zranitelnost evropských lesů nepříznivě ovlivnil i jejich dlouhodobý management. Například smrk ztepilý byl pro svůj rychlý růst a příznivé technické vlastnosti v minulých stoletích hojně vysazován mimo areál svého přirozeného rozšíření. Tím vznikly rozsáhlé plochy tzv. sekundárních smrkových lesů, které měly stále větší problémy se zdravotním stavem a vitalitou, a byly náchylné k poškození činiteli, jako je vítr, sucha a kůrovec.

Tato studie má za cíl pomoci při tvorbě evropských a národních lesnických strategií, přispět k lepšímu pochopení působení kůrovce na lesy, a poskytnout vědecká východiska pro lesnické strategie umožňující zvládat současné kůrovcové kalami.

### Dopady kůrovců na lesní ekosystémy a společnost

Kůrovci tvoří různorodou skupinu hmyzu s celosvětovým výskytem. Převážná většina druhů žije v mrtvých stromech či jejich částech, a hraje cenovou roli v cyklu živin nebo slouží jako potrava pro jiné organismy. Je zde však několik přemnožujících se druhů – v Evropě zejména lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.) – které, pokud jsou jejich populace málo početné, kolonizují pouze oslabené a umírající stromy, a až po nárůstu populačních hustot, napadají v masovém měřítku i stromy zdravé. Tyto, tzv. epidemické druhy, představují jeden z ústředních problémů lesního hospodářství a mají rozsáhlý dopad na krajinu, společnost, ekonomiku i životní prostředí.

V posledních letech rozsah napadení jehličnatých lesů kůrovcem značně narostl a zasáhl země jako je Rakousko, Česko, Německo, Slovensko, ale

i Severní Amerika. Tato přemnožení mají zásadní a dlouhodobý dopad na lesní ekosystémy, který může být vnímán jako pozitivní (posílení biologické rozmanitosti) nebo jako negativní (omezení zachycování uhlíku nebo snížení produkce dřeva). Napadení kůrovcem má vliv na regionální ekonomiky, trhy, zaměstnanost a společenské funkce lesa. Některá nedávná přemnožení kůrovce a úsilí o jejich aktivní management dokonce vedla k politickým konfliktům a občanským nepokojům.

### Změna klimatu zintenzivňuje přemnožení kůrovců

V důsledku synchronizujícího vlivu extrémního počasí (zejména vln horka a sucha) dosáhla některá z posledních kůrovcových přemnožení nadnárodních rozměrů. Díky změně klimatu bude riziko vzniku tohoto typu přemnožení dále narůstat co do územního rozsahu i intenzity. Dojde k urychlení vývojového cyklu kůrovce, snížení obranyschopnosti stromů a expanzi kůrovce na nová území. Očekává se, že tato přemnožení budou přicházet ve vlnách, jejichž spouštěcím mechanismem budou vichřice nebo silnější výskyt sucha, a budou současně zasahovat rozsáhlá území.

### Strategie managementu kůrovce

V této studii jsou zpracovány strategie managementu přemnožení kůrovce pro dvě skupiny evropských lesů: pro lesy, kde je hlavním cílem produkce dřeva, a pro lesy, kde je prioritou zachování biologické rozmanitosti, přírodních procesů a dalších hodnot souvisejících s ochranou přírody. Na těchto základech je pak možné zformulovat postupy managementu lesů s různým charakterem multifunkčního obhospodařování. Ve studii jsou kriticky zhodnocena v současnosti používaná opatření pro management kůrovce a jsou zde zpracována doporučení pro jejich využívání v kontextu různých cílů hospodaření.



## Strategická doporučení

### Jasně definovat cíle hospodaření

Zda je napadení kůrovcem považováno za hrozbu nebo přirozenou součást správného fungování ekosystému, záleží na formulaci hospodářských cílů pro daný les. Pro snížení rizika společenských konfliktů a zvýšení legitimity cílů hospodaření musí **být tyto cíle jasně stanoveny ve spolupráci s nejrůznějšími zainteresovanými stranami**. Zapojení místních komunit a dalších stran do formulace cílů hospodaření vyžaduje výzkum společenských aspektů disturbancí, který však momentálně v Evropě schází. Rozšíření vzdělávacích a komunikačních programů na všech úrovních je nutným opatřením pro šíření nových informací a **revizi případných nesprávných přístupů k přírodním disturbancím a jejich managementu**.

### Posílit koordinaci na evropské úrovni

Posílení mezinárodní spolupráce v oblasti ochrany lesa, monitorování škůdců a dalších oblastí lesnického hospodaření je nutnou podmínkou úspěšného managementu rozsáhlých přemnožení kůrovce. Mezisektorové **plány krizového managementu** (zahrnující například lesnictví, finance, dopravu, bezpečnost obyvatelstva apod.) jsou nutným nástrojem pro zmírňování nežádoucích dopadů přemnožení kůrovce na majitele lesů a společnost. Mezinárodní nebo evropské iniciativy, jako je *EFI Risk Facility*, mohou poskytnout účinnou podporu při přípravě krizových plánů, jakož i při přenosu aktuálních vědeckých poznatků ohledně managementu disturbancí do praxe a legislativy.

### Přijmout holistický přístup orientovaný na úroveň krajiny

Účinný management přemnožení kůrovce vyžaduje **integraci širokého spektra postupů a opatření, které zahrnují monitoring, sanitární těžby, koordinované pěstitelské aktivity a režim nezasahování**. Hlavními prvky tohoto přístupu jsou:

- Vyvážený důraz na (i) v současnosti převládající postupy orientované na snižování rizika a prevenci vzniku přemnožení kůrovce, a na (ii) opatření

podporující resilienci lesa, tj. schopnost lesa přirozeně a rychle se obnovit po napadení kůrovcem nebo jiných disturbancích.

- Podpora managementu přemnožení kůrovce (nebo obecně disturbancí) na úrovni krajiny, například narušováním propojenosti populací kůrovce a komplexů hostitelských stromů s cílem omezit možnost šíření škůdce. Tento přístup vyžaduje kvalitní koordinaci a komunikaci mezi majiteli lesů, například prostřednictvím společenstev vlastníků lesů.
- Přijetí legislativy, která podpoří implementaci širšího spektra metod a opatření ochrany lesa a tvorbu strategií managementu disturbancí přizpůsobených specifickým cílům hospodaření a konkrétnímu prostředí.
- Uvolnění zákonných omezení, která brání komplexnějšímu přístupu k managementu disturbancí. Například požadavek urychleného zalesnění kalamitních ploch často vede k tvorbě homogenních porostů, které jsou vysoce náchylné k budoucím disturbancím.
- Přehodnocení současných přístupů k nahodilým těžbám a hromadnému odchytávání brouků z pohledu současného vědeckého poznání účinnosti a možných vedlejších vlivů těchto metod. Tímto je možné vyhnout se například neefektivnímu využití zdrojů, nežádoucím dopadům nahodilých těžeb na prostředí nebo možnému zneužívání existujících nástrojů státní lesnické politiky (jako jsou např. snížená daň na dříví pocházející z nahodilých těžeb).
- Podpora sdílení údajů o škůdcích a chorobách shromažďovaných národními institucemi, a vytvoření jednotného mezinárodního systému monitorování kůrovce v Evropě.

# 1. Cíl a východiska: Evropské lesy pod náporem kůrovce

Tato studie byla sestavena v reakci na narůstající intenzitu dopadů kůrovcových kalamit na evropské lesy. Jejím cílem je podpořit tvorbu inovativních strategií managementu přemnožení kůrovce, informovat o tom, jak adekvátně reagovat na další zesílení těchto disturbancí, a jaký postoj zaujmout ke společenským konfliktům vyvolaným některými přemnoženími a úsilím o jejich potlačení. Kriticky zde hodnotíme stávající přístupy k managementu kůrovce v lesích s různými hospodářskými cíli (produkce dřeva, ochrana přírody apod.) a s různou lesnickou historií. Reagujeme také na protichůdné reakce lesních hospodářů, ekologů a dalších zúčastněných stran na některá přemnožení a přístupy k jejich managementu. Snažíme se objasnit důvody a motivace těchto protichůdných postojů a zformulovat doporučení, která mohou tyto konflikty smířit.

Evropské lesy poskytovaly po staletí lidské společnosti mnohé ekosystémové služby a generovaly značné ekonomické hodnoty. Z důvodu rychlého růstu a příznivých technických vlastností byl v minulosti hojně vysazován zejména smrk ztepilý, a to i mimo oblasti svého přirozeného výskytu, což se stávalo na úkor jiných dřevin z přirozené druhové skladby. Opakované vysazování několika generací smrku, nezřídka s využitím nepůvodního reprodukčního materiálu, vedlo ke vzniku rozsáhlých ploch tzv. sekundárních lesů. V posledních desetiletích čelily tyto lesy rostoucím problémům se zdravotním stavem a byly silně poškozeny různými typy disturbancí, z nichž nejvýznamnější jsou vítr, sucho a kůrovec. Nepříznivou situaci dramaticky zhoršila probíhající změna klimatu, která dále oslabila obranyschopnost stromů a vytvořila mimořádně vhodné podmínky pro množení kůrovce. Dopady změn klimatu se obzvláště silně projevují v lesích s homogenní dřevinnou a věkovou strukturou, která usnadňuje reprodukci a šíření kůrovce. Kombinace vysazování smrku mimo oblast jeho přirozeného výskytu a změna klimatu tak v mnoha oblastech dotlačily smrk na pomyslnou ekologickou hranici podmínek umožňujících jeho přežití. Nedávné události však naznačují, že smrkové lesy jsou stále více ohroženy i v areálu jejich přirozeného rozšíření.

Přemnožení kůrovců mají zásadní a dlouhodobé dopady na lesní ekosystémy. Podle cílů hospodaření formulovaných pro jednotlivé lesy mohou být kůrovci

považováni za přirozenou součást dynamiky ekosystémů, kde přispívají k jejich normálnímu fungování, nebo naopak, za nebezpečné konkurenty člověka o lesní zdroje a ekonomický profit. Dopady přemnožení tudíž mohou být vnímány na jedné straně jako pozitivní (například pro posílení biologické rozmanitosti) a na druhé straně jako negativní (snížení kvality produkčních a regulačních ekosystémových služeb jako je zachycování uhlíku, regulace kvality vody nebo narušení produkčních řetězců dřeva a biomasy).

Přemnožení kůrovců mají také nepříznivý vliv na regionální ekonomiku a trh s dřevem, kde vyvolávají celou řadu kaskádovitě propojených procesů. Tyto vlivy zahrnují například dočasný vliv na trhy s dřevem (jako je převis nabídky a pokles cen), vliv na netržní hodnoty a turistický ruch, sníženou míru akumulace uhlíku, ale i zvýšenou poptávku po lesních dělnících s dopadem na regionální zaměstnanost. Přemnožení kůrovců také ovlivňují sociální aspekty využívání lesa – může docházet k ohrožení lidí suchými stromy, ke ztrátě estetických hodnot, zvýšení rizika svahových pohybů (sesuvy, eroze, uvolňování kamení), poškození lesních cest, poklesu hodnoty nemovitostí nebo ke konfliktům spojeným s využíváním půdy či ztrátou společenské identity. V současnosti je povědomí o těchto společenských aspektech vlivu disturbancí omezené – z důvodu rostoucího počtu obyvatel, kteří budou těmto vlivům vystaveni, je to však oblast, které je potřebné v dalším období věnovat pozornost.

V Evropě existují značné rozdíly ve vnímání významu disturbancí a v přístupech k jejich managementu. V případě lesů s vysokou hodnotou z hlediska ochrany přírody a biodiverzity někteří politici a část veřejnosti vnímá kůrovcové kalamity jako krok na cestě k obnovení „autentické divočiny“ a možnost vybudování přírodních laboratoří pro pozorování a studium procesů obnovy ekosystémů (Müller 2011). Řada jiných však vnímá tentýž stav jako „mrtvý les“ a selhání správného hospodaření s lesem. Podobné rozpory jsou patrné i v případě aktivně obhospodařovaných lesů. Například skandinávské země se stále častěji vzdávají úsilí o zastavení šíření kůrovce pomocí intenzivních opatření, buď z důvodu pochybností o jejich účinnosti, nebo problematického dopadu těchto opatření na životní prostředí a biodiverzitu. Například zatímco v letech 1977–1981 bylo během přemnožení kůrovce



v jižním Norsku použito 600 000 lapačů, dnes je jich instalováno pouhých 500 a slouží jen pro účely monitoringu. Naproti tomu, v některých středoevropských a východoevropských zemích se různé typy lapačů, lapaču a sanitárních těžeb stále intenzivně používají (například roční instalace 40 000 lapačů zařízení na Slovensku, 35 000 v Česku nebo 15-30 000 v Rumunsku; Galko a kol. 2016). Nahodilé těžby jsou realizovány na tisících hektarů a mnohdy představují víc než 50% celkové roční těžby dřeva.

Značné rozdíly ve vnímání role kůrovce a způsobů jeho managementu zdůrazňují, jakou výzvu představuje snaha vypracovat obecně platná doporučení pro lesní hospodářství a ochranu přírody v rámci ekologicky, společensky, historicky a politicky rozmanitého evropského prostoru. Další potíže souvisejí s nedostatečným vědeckým porozuměním účinnosti tradičních opatření ochrany lesa a povahy budoucí dynamiky disturbancí, jako jsou vítr nebo kůrovec. Je zřejmé, že řada těchto nejistot zůstane nevyřešena mnoho let, a

nelze proto čekat s formulací doporučení až na dobu, kdy budeme mít k dispozici komplexnější vědecké poznatky. Tuto studii jsme tak sestavili na základě aktuálně dostupných informací, přičemž poukazujeme i na mezery v poznacích, které mohou mít na naše doporučení vliv.

Tato studie je určena zejména pro podporu tvorby evropských a národních strategií a politik zaměřených na lesy a lesnictví. Má pomoci lépe porozumět komplexnosti vlivu kůrovce na lesy a poskytnout vědecký základ pro tvorbu strategií hospodaření v podmínkách změny klimatu a s tím souvisejícími přemnoženími kůrovců. Uvádíme také přehled nejdůležitějších mezer v poznacích ohledně dopadů přemnožení kůrovce a způsobů jeho managementu s cílem identifikovat priority pro financování budoucího výzkumu. V neposlední řadě může tato zpráva napomoci zlepšit jednotlivé úrovně lesnického vzdělávání tak, aby lépe reagovaly na stav aktuálních poznatků o kůrovci, jeho dopadech na les a způsobech jeho managementu.



## 2. Současný stav poznatků o podkorním hmyzu

Stav vědeckého poznání o kůrovcích a jejich interakci s prostředím za posledních několik desetiletí významně pokročil. Zatímco odborná a vědecká komunita tyto informace aktivně využívá a sdílí, přenos těchto poznatků do tvorby různých politik a strategií je nedostatečný. Úvodem zde proto shrneme současné poznatky z této oblasti a usnadníme tak porozumění doporučením, která jsou zpracována v kapitole 6.

### 2.1 Ekologie kůrovce

Kůrovci představují různorodou skupinu hmyzu vyskytující se po celém světě. Převážná většina z asi 6 000 druhů kůrovců žije jen v mrtvých stromech a jejich částech, a tím plní důležitou roli při koloběhu živin v lesním ekosystému nebo slouží jako potrava pro jiné organizmy. Některé druhy kůrovců však mohou zásadním způsobem ovlivňovat les tím, že jsou schopny hromadně a koordinovaně útočit na stromy a množit se pod kůrou stromů. Některé druhy mohou kolonizovat živé stromy, ale jenom pokud byly vystaveny silnému stresu a jejich obranné mechanismy jsou oslabeny. A nakonec je zde několik „problematických“ druhů, které mohou kolonizovat stresované nebo umírající stromy, pokud je populace brouků malá. Za příznivých podmínek jsou však schopny velikost své populace v krátké době mnohonásobně

zvětšit a ve velkých počtech útočit a usmrctvat i zdravé stromy. Tyto druhy představují pro lesní hospodářství největší riziko a mají zásadní ekonomické, ekologické a sociální dopady.

Největší počet kůrovců schopných přemnožit se a usmrctvat zdravé stromy se vyskytuje v Severní Americe. V Evropě je nejrozšířenější lýkožrout smrkový, *Ips typographus*, jehož výskyt zhruba odpovídá rozšíření smrkových porostů (hostitelské dřeviny). Několik dalších druhů kůrovců, které napadají hlavně smrky, může mít za jistých okolností regionální význam. Tyto druhy se často vyskytují společně s lýkožroutem smrkovým a zahrnují například lýkožrouta severského *Ips duplicatus*, lýkožrouta menšího *Ips amitinus*, nebo lýkožrouta lesklého *Pityogenes chalcographus*. Zde se zaměřujeme zejména na *Ips typographus*, ale prezentovaná doporučení mohou být uplatněna i na většinu ostatních druhů.

Dospělý kůrovec proniká pod kůru do lýka, v jehož vnitřních vrstvách buduje komůrky a láká do nich jedince opačného pohlaví. Po kopulaci vytvářejí samičky matečné chodbičky, do kterých kladou vajíčka. Pokud je strom napaden velkým počtem brouků, mohou samičky vylétnout a naklásť vajíčka v dalších stromech méně obsazených konkurujícími jedinci – tento jev se nazývá sesterské rojení. Jakmile se larvy vylíhnou, budují potravní (tzv. larvální nebo larvové)



**Obrázek 1.** Chodba lýkožrouta smrkového *Ips typographus* s larvami. Foto: Roman Modlinger.



chodbičky směrem od matečných chodeb. Následují vývojové fáze kukly a mladých (žlutých) brouků. Noví dospělí brouci vylétnou ze stromu a rozptýlí se na různá stanoviště vhodná k hibernaci – ovšem jenom pokud se jedná o tzv. univoltinní druh, tedy tvořící jednu generaci za rok. Pokud druh tvoří za rok více generací, jako je tomu v případě lýkožrouta smrkového ve velké části Evropy, dospělci vylétnou, napadnou nové stromy a celý proces se opakuje. Rychlost vývoje brouků a někdy také počet generací za rok se zvyšují s teplotou, proto se v souvislosti se změnou klimatu očekává nárůst velikosti populací kůrovců.

Úspěšná kolonizace zdravého stromu je obvykle pro strom smrtící, protože stovky brouků napadnou a zničí vnitřní vrstvy kůry, a tím přeruší transport živin ke kořenům. Brouci také infikují stromy patogenními houbami, které po čase blokují transport vody v běli. Každý druh kůrovce, který je schopen usmrtit stromy, je obvykle schopen kolonizovat pouze jeden rod stromů a může strom kolonizovat pouze jednou generací – pak jsou potravní zdroje vyčerpány. Počet potomků se zvyšuje s průměrem stromu a tloušťkou lýka. Za optimálních podmínek se počet jedinců může během jedné generace zvýšit víc než patnáctkrát, což představuje teoretický 225-násobný přírůstek počtu brouků za rok, pokud populace kůrovce vytvoří dvě generace ročně.

Většina kůrovců je jistým způsobem asociovaná s mikroorganismy, např. lýkožrout smrkový s houbou způsobující modráni dřeva (*Endoconidiophora*

*polonica*) a bakteriemi. Tyto vztahy fungují různě, od obvyklejších, kde mikroorganismy využívají brouků především jako prostředku k transportu, až po velmi specifické mutualistické vztahy, ze kterých získávají prospěch obě strany. *E. polonica* a další mikroorganismy mohou pomáhat broukům s poskytováním živin jejich larvám, překonáváním obranných mechanismů stromů, ochranou proti patogenům a zvyšováním tolerance vůči nízkým teplotám.

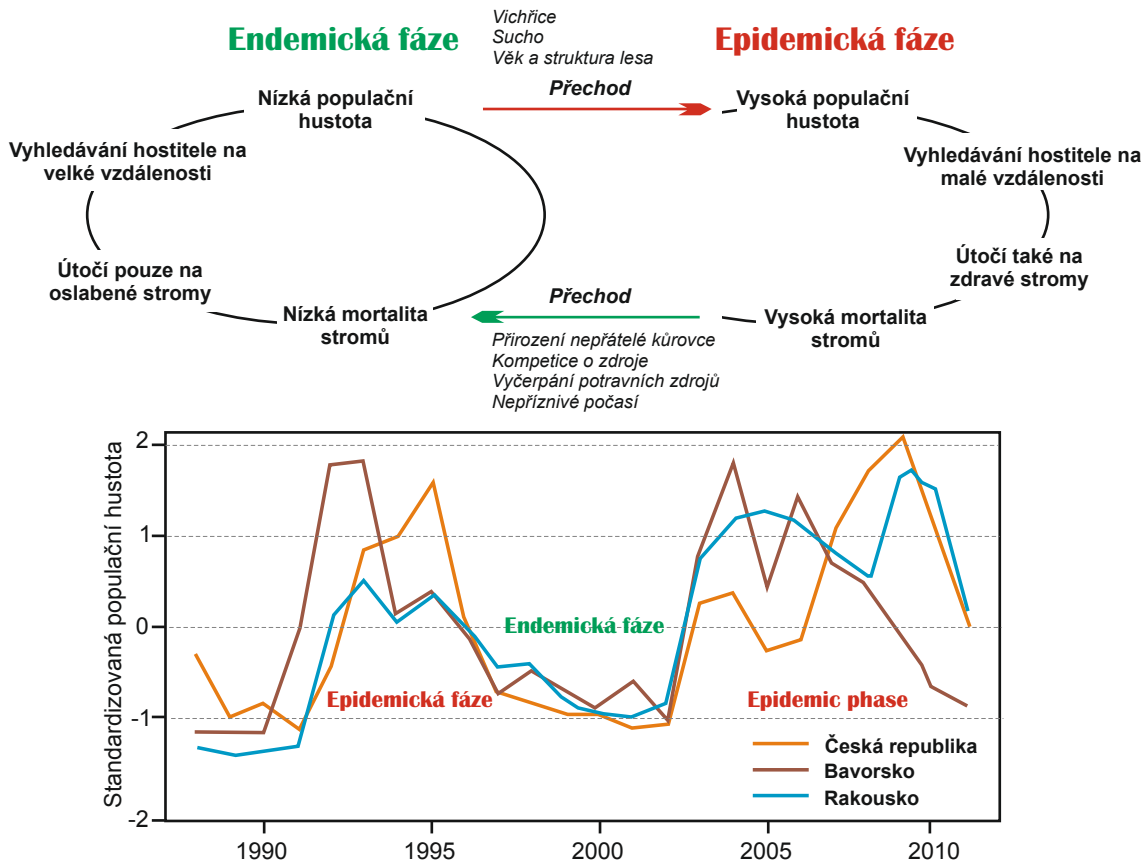
Kůrovci mají řadu přirozených nepřátel, jako jsou predátoři (hlavně datlovití ptáci, jiní brouci, mouchy a roztoči), paraziti (vosy a hlístice), a různé patogenní organismy. Přirození nepřátelé zabíjejí část každé generace kůrovců během různých fází jejich vývojového cyklu. Velké ztráty v populaci kůrovců také mohou být způsobeny konkurencí jiných druhů hmyzu specializujících se na ten samý potravní zdroj.

Stromy disponují sofistikovanými chemickými, anatomickými a fyziologickými obrannými mechanismy, které jim většinou umožní se proti útoku kůrovce úspěšně ubránit. Příkladem obranných reakcí jsou nekrotické léze, které se vytvoří na kůře kolem místa napadení kůrovcem, produkce terpenů a dalších toxických látek. Tyto obranné prostředky mohou být smrtící jak pro dospělé brouky, tak pro jejich potomky a houbové symbionty.

Kůrovci mají k dispozici dva hlavní způsoby k překonání obranných mechanismů stromů. Obranné stromů se dokážou vyhnout kolonizací pouze mrtvých



**Obrázek 2.** Smrky zteplilé usmrcené lýkožroutem smrkovým, Rakousko, severní hřeben Alp, Foto: Rupert Seidl.



**Obr. 3.** Schéma populační dynamiky kůrovce (upraveno podle Kautz a kol. 2014). Malou a stabilní populaci kůrovce (endemická fáze) pravidelně narušují různé externí faktory, jako je sucho nebo vítr, které způsobují přechod do epidemické fáze (horní panel). Pro druh *Ips typographus* trvá epidemická fáze obvykle několik let. Snížení velikosti populace a návrat do endemické fáze (kolaps přemnožení) jsou způsobovány faktory, jako jsou přirození nepřátelé a konkurence, ale i nepříznivé počasí nebo vyčerpání vhodných potravních zdrojů. Spodní graf ukazuje přechod mezi endemickou a epidemickou fází během synchronního přemnožení lýkožrouta smrkového v Česku, Bavorsku (Německo) a Rakousku. Hodnoty populační hustoty byly normalizovány pro možnost porovnání mezi regiony (upraveno podle Seidl a kol. 2014).

nebo odumírajících jedinců, jako jsou stromy vyvrácené větrem, nebo silně fyziologicky oslabených stromů, například vlivem sucha, kořenové infekce, přílišné hustoty porostů, nebo defoliace. Druhým způsobem je masivní útok velkého počtu brouků koordinovaný tzv. agregačními feromony (chemickou signalizací), které umožňují v krátké době nasměrovat stovky brouků k jedinému stromu, který společně napadnou. Zdravý strom je schopen odolat určitému počtu brouků, ale pokud jejich počet překročí jistou hranici, strom už nedokáže útočníky dále odrazet. Tato schopnost hromadných koordinovaných útoků je klíčovým prvkem adaptace, který umožňuje kůrovcům kolonizovat i zdravé stromy.

Lokální populace kůrovců mohou být ve fázi zvýšeného nebo kalamitního (tzv. epidemického) stavu, kdy už dokáží úspěšně kolonizovat zdravé stromy, nebo v základním (endemickém) stavu, kdy je většina

stromů schopna útokům kůrovce odolat a kůrovci se proto musí uchýlit ke kolonizaci mrtvých nebo silně oslabených stromů (Obr. 3). Po většinu času udržují přirozené faktory, jako efektivní obranné mechanismy stromů, pestrá struktura porostů, nepříznivé počasí, konkurenti a přirození nepřátelé, populace kůrovce v základním (endemickém) stavu (Raffa a kol. 2008). Přechod do epidemické fáze však může být vyvolán ve velice krátké době působením různých disturbancí (v našich podmínkách zejména větru) nebo specifických klimatických podmínek, které sníží odolnost stromů a/nebo zvýší početnost brouků.

Dostupnost vhodných hostitelských stromů je klíčovým faktorem určujícím schopnost populace kůrovců překročit tzv. epidemický práh a přejít z endemické do epidemické fáze. Konkrétní mechanismy spouštějící přechod do epidemické fáze jsou větrné polomy, které představují velké množství materiálu

k reprodukci kůrovce s minimální schopností obranných reakcí; sucho nebo vysoký věk stromu, které mohou rovněž oslabit obranné schopnosti stromů; teplé počasí, které může snížit mortalitu brouků během přezimování a urychlit jejich vývoj; způsoby hospodaření, které mohou napomáhat rozvoji populací kůrovce; a imigrace kůrovce z jiných oblastí, která může přímo zvýšit populaci kůrovce v dané lokalitě.

I když přemnožení kůrovce mají obvykle značné dopady na les, tato epidemická období jsou obvykle přerušované dlouhými endemickými fázemi s nízkými početnostmi kůrovce. Tento vzorec se uplatňuje pro všechny druhy kůrovce schopné přecházet do stavu přemnožení. Jakmile kůrovec překročí tzv. epidemický nebo erupční práh, přestane se zaměřovat jen na oslabené stromy, které poskytují podmínky pouze pro omezenou reprodukci, a začne se zaměřovat na napadání zdravých stromů, ve kterých je schopen dosáhnout mnohem vyššího reprodukčního úspěchu – dochází zde tedy k pozitivní zpětné vazbě. Šíření kůrovce pokračuje, dokud není vyčerpána zásoba vhodných hostitelských stromů a zbývající stromy jsou nevhodné pro udržení vysoké míry reprodukce, nebo dokud nedojde ke snížení populace nepříznivými podmínkami prostředí, jako jsou nízké teploty. Bez ohledu na dlouhou historii výzkumů kůrovce, je jen velmi málo známo o tom, jaké mechanismy vedou ke kolapsu přemnožení.

K nárůstu velikosti populace kůrovce nad epidemický práh častěji dochází v homogenních porostech, protože velké souvislé plochy vhodných hostitelských dřevin umožňují synchronní rozvoj populace v celém území. Naopak různorodé porosty mají tendenci umožňovat relativně malé nárůsty populací kůrovce následované jejich poklesem, protože počet vhodných hostitelů, které mohou kůrovci úspěšně napadat, se vyčerpává s každým úspěšným náletem. Kromě toho, prostorově izolované disturbance, jako je lesní požár, obvykle nevyvolají překročení epidemického prahu ani na relativně homogenních stanovištích (Powell a kol. 2012). Důležitou skutečností je, že ačkoliv mnoho druhů kůrovce se přemnoží v reakci na abiotické disturbance, většina z nich nepřechází do fáze dynamického (samogenerujícího) rozvoje způsobeného napadáním zdravých stromů, ale jejich počet roste a klesá s nárůstem a poklesem počtu stromů ovlivněných disturbancemi (Raffa a kol. 2008). Schopnost druhu překračovat epidemický práh a udržovat ve zdravých porostech vysokou populační hustotu nelze proto automaticky předpokládat, ale musí být podrobena pečlivé experimentální analýze.

## 2.2. Historická perspektiva

V posledních letech několik vědních disciplín přispělo k objasnění historické role přemnožení kůrovce v různých částech světa. Dendrochronologické rekonstrukce přemnožení kůrovce napadajících borovice v Severní Americe (druhy rodu *Dendroctonus*) odhalily výskyt prostorově vysoce synchronizovaných přemnožení v minulých staletích, která zasahovala rozsáhlá území (Jarvis a Kulakowski 2015). Tyto přemnožení sehrály v minulosti důležitou roli ve tvorbě krajiny a v regionální dynamice lesa. Rekonstrukce disturbančních režimů v Evropě prokázala, že horské smrkové lesy byly historicky formovány nepříliš častými, středně až velmi závažnými disturbancemi jako jsou vichřice a přemnožení kůrovce (Čada a kol. 2016). Například v Českém lese došlo v letech 1700 až 1900 minimálně k pěti závažným přemnožením. Podobné důkazy existují i pro horské oblasti Karpat. Tato zjištění naznačují, že napadení kůrovcem, podobně jako další přírodní disturbance (požáry nebo vichřice), významně ovlivňovaly dynamiku lesa na úrovni krajiny, a to i v dobách před významnějším vlivem člověka.

## 2.3. Předpokládaný budoucí vývoj

Intenzita kůrovcových kalamit v posledních desetiletích v Evropě výrazně vzrostla. Objem smrkového a borového dříví poškozeného kůrovcem se zvýšil za posledních čtyřicet let téměř o 700 %, ze 2,1 milionu m<sup>3</sup> v období 1971–1980 na 14,5 milionů m<sup>3</sup> ročně v letech 2002–2010 (Seidl a kol. 2014). Tento nárůst byl zčásti způsoben historickými změnami struktury a dřevinné skladby lesa, protože evropské lesy byly v uplynulých staletích značně ovlivněny člověkem. Kromě vysazování smrku ztepilého v oblastech mimo areál jeho přirozeného rozšíření, zvýšil zranitelnosti evropských lesů vůči napadení kůrovcem i nárůst zásob a změna věkové struktury.

Celkově byly změny ve struktuře a složení lesa odpovídající asi za polovinu pozorovaného nárůstu intenzity kůrovcových disturbancecí za poslední desetiletí (Seidl a kol. 2011). Druhá polovina připadá na změnu klimatu, včetně nárůstu frekvence a intenzity extrémních klimatických událostí a různé interakce těchto vlivů.

Faktory, které přispěly ke zvýšení intenzity kůrovcových disturbancecí v minulosti, budou sehrávat důležitou roli také v budoucnu. Protože struktura lesa se mění jen velmi pomalu, stále existují velké plochy smrkových porostů náchylných k napadení kůrovcem.



Změna klimatu bude probíhat v následujících desetiletích s narůstající intenzitou – je proto zapotřebí očekávat i další nárůst intenzity poškozování evropských lesů kůrovcem. Očekává se, že objem dřeva napadeného kůrovcem v Evropě v letech 2021–2030 vzroste na 17,9 milionů m<sup>3</sup> ročně (tato hodnota představuje medián z různých scénářů vývoje klimatu a hospodaření s lesy). Z toho vyplývá, že rozsah poškození lesa kůrovcem v blízké budoucnosti překročí rámce posledních 40 let.

V dalších desetiletích se předpokládá nárůst intenzity kůrovcových kalamit v celém mírném pásmu Evropy. Největší relativní krátkodobé nárůsty se předpokládají v sub-atlantickém regionu Evropy, tj. v Německu, Francii, Dánsku, Holandsku, Belgii a Lucembursku. Pro tento region se odhaduje, že průměrné objemy napadených stromů za rok v období 2021–2030 dosáhnou šestinásobek objemů z let 1971–2010 (Seidl a kol. 2014). Tyto krátkodobé trendy mají pokračovat po celé 21. století. Simulace pro Rakousko například naznačují, že i mírné oteplení o 2,4°C, vede k troj až pětinasobnému nárůstu objemu napadeného dříví do konce 21. století v porovnání s obdobím let 1990–2004. Z toho kromě jiného vyplývá, že s dalším oteplováním klimatu začne kůrovec ohrožovat i přirozená stanoviště smrku, jakými jsou například horské lesy v Alpách.

Kromě střední Evropy budou kůrovci stále více schopni dosahovat epidemických hladin i v severských zemích. Do konce století bude lýkožrout smrkový schopen vytvořit dvě generace za rok v jižním Švédsku, Dánsku, jižním Finsku a Pobaltských zemích (Jönsson a kol. 2011). Obecně budou přemnoženími kůrovce nejvíce postiženy oblasti teplejšího a suššího klimatu (Sommerfeld a kol. 2018). Navíc, k přemnožením kůrovce nebude docházet postupně, ale ve vlnách. Tyto se budou vyskytovat synchronizovaně na

územích velkých několik set kilometrů a synchronizace bude způsobena výskytem regionálních klimatických extrémů, jako jsou frontální bouře a dlouhá období sucha a horka (jako ve střední Evropě v roce 2018) (Senf a Seidl 2018).

Změna klimatu silně urychluje vývoj kůrovce, protože (1) usnadňuje jeho přežití a vývoj (například možnosti vytvoření další generace v roce), (2) zvětšuje areál rozšíření kůrovce tím, že umožňuje jeho expanzi do vyšších nadmořských výšek a zeměpisných šířek, (3) zvyšuje pravděpodobnost výskytu klimatických extrémů regionálního rozsahu, jako jsou sucha, která oslabují obranyschopnost stromů, a (4) usnadňuje napadení a usmrčení stromů vystavených útoku další generaci kůrovce v pozdějším létě, proti které už mohou mít vyčerpané obranné mechanismy. Kromě změny dynamiky populací lýkožrouta smrkového a oslabení obranyschopnosti hostitelských stromů, zvyšuje změna klimatu také riziko invaze nepůvodních druhů kůrovců (viz Poznámka 1).

Dopady rostoucího tlaku kůrovce jsou silně ovlivněny vývojem porostů po předchozích disturbančních událostech. Lesy postižené kůrovcem v nedávné minulosti nebudou znovu napadeny po několik desetiletí, protože zásoba vhodných hostitelských dřevin je zde vyčerpána a mladé stromy neposkytují pro vývoj kůrovce příznivé podmínky. Vhodnost stromů pro napadení kůrovcem se zvyšuje s věkem, a například lesy, které byly kůrovcem zasaženy v 19. století, jsou kůrovci vystaveny znovu v současnosti. V dlouhodobém horizontu se intenzita přemnožení kůrovce sníží i bez jakýchkoliv lidských zásahů. Důvodem je, že kůrovci nakonec vyčerpají zásobu vhodných hostitelských dřevin a v teplejších a sušších podmínkách vyvolaných změnou klimatu dojde v oblastech, jako je střední Evropa, k přirozenému nástupu zejména listnatých druhů dřevin (Temperli a kol. 2013).



### Poznámka 1. Invazivní nepůvodní kůrovci

V důsledku globalizačních tendencí jsou lesy ve všech částech světa stále častěji vystavovány vlivu mnoha druhů nepůvodních organismů, včetně hmyzu, patogenů, savců a rostlin. Díky rozvoji mezinárodního obchodu dochází prostřednictvím pohybu dřeva a dřevěných obalů k zavlečení cizích druhů podkorního a dřevokazného hmyzu do regionů, které nejsou jejich přirozeným domovem. I když mezinárodní dohody z poslední doby vyžadují fyto-sanitární ošetření dřeva, které je předmětem obchodu, tyto snahy nejsou dostatečné a k zavlečení cizích druhů škůdců dochází a bude docházet i nadále.

I když většina nepůvodních druhů podkorního a dřevokazného hmyzu nezpůsobuje v lesích významné škody, jsou známy případy, kdy byly dopady velice nepříznivé. Hmyzí škůdci a jejich hostitelské stromy sdílejí společnou evoluční historii, v rámci které si stromy vyvinuly proti škůdcům jistou rezistenci. Škůdci proto v rámci přirozeného areálu jejich rozšíření obvykle úspěšně kolonizují pouze stromy mrtvé nebo oslabené. Pokud jsou však škůdci zavlečeni do nových oblastí, mohou přijít do styku s hostitelskými stromy, které jsou sice blízké příbuzné jejich domácím hostitelům, ale nemají proti těmto cizím druhům škůdců vyvinutou přirozenou rezistenci. Tento jev dobře ilustruje škůdce jasanů krasec *Agrilus planipennis*. Ve své domovině, kterou je Asie, napadá pouze umírající jasanů, *Fraxinus* spp. Po invazi na nová území, například do Severní Ameriky, však kolonizuje místní jasanů, které nejsou proti němu odolné, a většinu svých hostitelů zabíjí. Podobný jev byl pozorován po invazi drtníka *Xyleborus glabratus* do Severní Ameriky. Tento druh a jeho houbový symbiont *Raffaelea lauricola* mohou ve své domovské jihovýchodní Asii úspěšně kolonizovat jen mrtvé stromy, zatímco v Severní Americe dokážou úspěšně napadat a zabít velké počty zdravých hostitelských stromů čeledi rododendronů.

V případě kůrovců je často důvodem jejich úspěšné kolonizace hostitele symbióza s houbami. Invazní druhy často rozvíjejí symbiotické vztahy s novými druhy hub, které zvyšují jejich virulenci. Například v Číně, kam byl zavlečen lýkohub *Dendroctonus valens*, si tento druh vyvinul novou symbiózu s místními houbami, což bylo hlavní příčinou vysoké mortality napadených stromů.

Do Evropy bylo zavlečeno nejméně 18 druhů nepůvodních druhů kůrovců, které se zde rychle usazují (Kirkendall a Faccoli 2010). I když zatím invaze žádného z těchto druhů nemá katastrofický dopad, řada z nich se ještě šíří, a je proto předčasné hodnotit celkové důsledky této invaze. Navíc, jelikož rychlost a rozsah objevování nových druhů se stále zvyšuje, je důvod k obavám z druhů, které dosud nebyly zavlečeny nebo objeveny. Například v Jižní Kalifornii a v Jižní Africe byl nedávno objeven polyfágní drtník *Euwallacea fornicatus* (pocházející z Asie), který zde působí rozsáhlé škody na evropských druzích hostitelských stromů. V případě zavlečení proto představuje zjevnou hrozbu i pro evropské lesy.



### 3. Dopady přemnožení kůrovce

Kůrovci jsou významnou složkou přirozené dynamiky lesa s různými dopady na lesní ekosystémy. Tyto dopady jsou tak rozmanité, jak se různí prostorová škála kůrovcových kalamit, tj. od usmrcování jednotlivých stromů až po rozsáhlou mortalitu lesa na úrovni velkých krajinných celků.

#### 3.1 Dopady na ekosystémy a biodiverzitu

Přemnožení kůrovce „resetuje“ sukcesní vývoj lesa, snižuje primární produktivitu v prvních letech po napadení a výrazně mění strukturu lesa. Rozsáhlé kůrovcové kalamity mají značný dopad na biogeochemické cykly v lesních ekosystémech. Snižují schopnost lesa pohlcovat a ukládat uhlík, protože jeho sekvestrace se snižuje se ztrátou asimilačních orgánů. Ztráty uhlíku z půdy jsou vyšší díky vyšší teplotě půdy a zvýšené aktivitě dekompozitorů. Ovlivněn je také dusíkový cyklus, protože napadení kůrovcem zvyšuje rychlost mineralizace dusíku a zvyšuje tak dostupnost dusíku pro asimilační orgány další generace stromů. Napadení kůrovcem může také vyvolat ztráty dusíku z ekosystému, například v podobě vyluhování dusičnanů. Po napadení kůrovcem se mění i vodní režim lesa. Protože napadené stromy spotřebovávají méně vláhy, objem dostupné vody v půdě a její povrchový odtok se po přemnožení kůrovce zvyšují. Mění se i časová distribuce povrchového odtoku, protože se snižuje zachycování srážek v korunách (intercepce) a zrychluje tání sněhu.

V oblastech, kde byla v minulosti hospodářskými zásahy změněná druhová skladba lesa ve prospěch smrku, může kůrovec usnadnit a urychlit vznik stanovištěně vhodnější dřevinné skladby (Thom a kol. 2017). Kůrovcové kalamity tak mohou přispět ke vzniku druhově a strukturálně rozmanitější krajiny.

Zvýšený průnik světla a dostupnost většího množství mrtvého dřeva po přemnožení kůrovce jsou prospěšné mnoha druhům lesních živočichů. Na přemnožení proto pozitivně reaguje řada druhů, včetně některých vzácných a ohrožených chráněných druhů (Beudert a kol. 2015). Nedávné studie z národního parku Bavorský les – který byl během posledních 25 let značně zasažen kůrovcem – ukázaly, že počet rostlinných a živočišných druhů v kůrovcem napadených lesích se vyrovnal počtu v pralesovitých porostech (Hilmers a kol. 2018). Lesy napadené kůrovcem

jsou také vhodným prostředím pro důležité chráněné druhy, jako je tetřev (*Tetrao urogallus*) nebo jeřábek lesní (*Bonasa bonasia*). Nicméně, vliv napadení kůrovcem na jednotlivé druhy silně závisí na habitatových požadavcích daného druhu a na jeho životní strategii, proto jsou v literatuře zdokumentovány vlivy jak pozitivní, tak negativní. Je také důležité uvést, že pozitivní vliv kůrovce na biodiverzitu může být v případě řady druhů eliminován odstraněním mrtvého dřeva.

#### 3.2 Dopady na ekosystémové služby

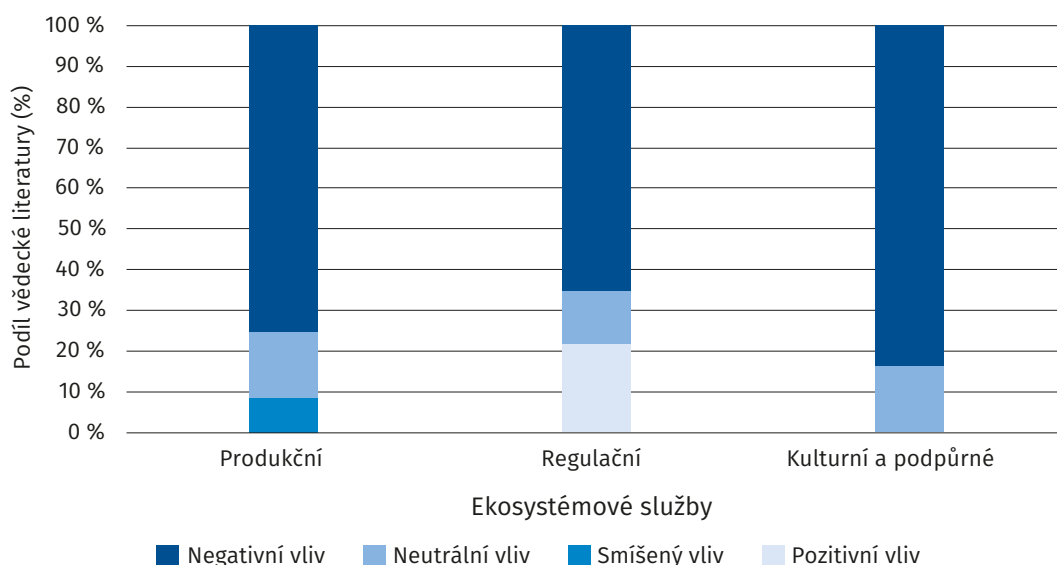
Stabilní lesní společenstva pozitivně přispívají ke kvalitě života člověka prostřednictvím ekosystémových služeb, které poskytují lidské společnosti. Napadení kůrovcem má obvykle značně negativní dopad na ekosystémové služby. Globální meta-analýza vlivu disturbance na ekosystémové služby ukázala, že všechny typy ekosystémových služeb, tj. produkční, regulační, kulturní a podpůrné, jsou přemnoženími kůrovce ovlivněny především negativně (Thom a Seidl 2016; Obr. 4).

Produkce dřeva je kůrovcovými kalamitami ovlivněna negativně, především kvůli nutnosti předčasného zmýcení, znehodnocení dřeva zamodráním a vyšším nákladům na těžbu a obnovu lesa. Změny dusíkového cyklu v důsledku kůrovcových kalamit, jak byly popsány výše, mohou dočasně a lokálně snížit kvalitu vody, zatímco dlouhodobé vlivy na rozsáhlejších územích jsou minimální (Beudert a kol. 2015). Negativně je ovlivněna klimaregulační funkce, zejména díky zvýšenému uvolňování uhlíku z napadených lesů. Kůrovcové kalamity tak přispívají ke globálnímu oteplování uvolňováním uhlíku do atmosféry, což může následně dále zvýšit intenzitu budoucích přemnožení. Změny vodního cyklu napadených lesů (tj. snížené zachycování srážek a snížená transpirace) mohou zvyšovat riziko povodní a eroze půdy, i když tyto účinky jsou silně modulovány místními podmínkami a použitými způsoby managementu (zejména intenzitou a distribucí nahodilých těžeb).

#### 3.3 Ekonomické dopady

Z ekonomické a tržní perspektivy mají kůrovcové kalamity významné dopady na celý hodnotový řetězec **lesnicko-dřevařského sektoru**. Tyto dopady se týkají dřevních i nedřevních komodit, výrazně se liší ve své





**Obr. 4.** Vliv kůrovcových kalamit na jednotlivé skupiny ekosystémových služeb. Sloupcový graf ukazuje typy dopadů (od pozitivního po negativní) na různé ekosystémové služby podle výsledků 41 vědeckých studií. Zdroj: Thom a Seidl (2016).



**Obr. 5.** Vytěžené kůrovcové dřevo, které nelze umístit na trh z důvodu poklesu cen dříví. Okolí kalamitní oblasti Telč v České republice, 2018. Foto: Roman Modlinger.

povaze a intenzitě, mohou mít místní, regionální až globální dopady (včetně dopadů na mezinárodní obchod), a jejich vlivy mohou být krátkodobé i dlouhodobé. Dopady kůrovcových kalamit mohou vytvořit složitý systém obchodních ztrát ale i zisků. Z těchto důvodů kůrovcové kalamity vyvolávají opodstatněné obavy ohledně jejich vlivu na stabilitu trhu a udržitelnosti celého systému lesního hospodářství.

Většina dopadů kůrovcových kalamit na trh se dřívím souvisí s realizací masivních a časově

synchronizovaných nahodilých těžeb. Primárním cílem těchto operací je generovat zisk z prodeje kalamitního dříví dřív, než dojde k jeho dalšímu znehodnocení a dřevo se stane neprodejným. Po rozsáhlých kůrovcových kalamitách je realizace nahodilých těžeb a zpeněžení kalamitního dříví v podstatě jedinou cestou, jak dosáhnout z daného lesa příjmu, než během dalších 70–100 let odroste nová generace.

Realizace nahodilých těžeb se v první fázi projeví nárůstem zásob vytěžené dřevní hmoty, co je často

provázeno strategickými opatřeními, jako jsou dotace nebo regulace ročního etátu. To může vést ke krátkodobě pozitivní tržní dynamice, včetně zvýšení zaměstnanosti v souvislosti s aktivitami jako těžba, doprava, zpracování dřeva apod. Následně může dojít ke zvýšení objemu exportu dřeva. V případě rozsáhlejších přetrvávajících kalamit může dojít k zahlcení trhu dřevem – majitelé lesa se v obavě z přetrvávající kalamity a snižování cen dříví snaží kácet jak kalamitní, tak zdravé dřevo. Trh se chová v souladu s pravidlem „prodej plodí nový prodej“ a následuje kolaps cen dřeva (Holmes, 1991). Například v České republice klesly ceny dřeva v roce 2018 v reakci na masivní přemnožení kůrovce z 56–64 euro za m<sup>3</sup> (2011–2017) na 14–16 euro za m<sup>3</sup>. Podobně, vichřice Gudrun v roce 2005 a následné přemnožení kůrovce způsobily propad cen dřeva ve Švédsku ze 40 na 25 euro za m<sup>3</sup>, i když ceny během několika následujících let opět stouply na původní výši (SFA 2010) (další podrobnosti viz v kapitole 5.1).

Velké objemy kalamitního dříví vyvolávají problémy v pilařském průmyslu, protože dodávky mohou překročit kapacitu pil a způsobit problémy s dlouhodobým skladováním dříví, které nese další rizika a náklady. Export může také ovlivnit ceny dříví na vzdálených trzích.

Po napadení stromů kůrovcem se zvyšuje znehodnocení a klesá kvalita dřeva, přičemž tento proces

graduje od tzv. zelené přes červenou k šedé fázi napadení. Například *E. polonica* (zamodráni) způsobuje viditelné poškození po dvou až devíti měsících od napadení. I když zamodráni neovlivňuje strukturní integritu dřeva, ovlivňuje jeho estetický vzhled a snižuje jeho hodnotu pro spotřebitele. Jak dřevo vysychá a degraduje, oslabuje se i jeho struktura. Loeffler a Anderson (2017) uvádějí, že v případě borovice pokroucené (*Pinus contorta*) „podíl dříví vhodný jako řezivo se snižuje o 15 % při přechodu ze zelené do červené fáze, a o dalších 50 % mezi červenou a šedou fází“. Tito autoři také zjistili, že kvůli vadám dřeva jako jsou díry, zamodráni, zámolky, hniloba a praskliny se na přechodu ze zelené přes červenou do šedé fáze napadení zvyšují náklady na těžbu, nakládání, přepravu a řezání na pile přibližně o 45 % pro každou jednotlivou činnost.

V krátkodobém horizontu mohou mít dřevozpracovatelské subjekty prospěch z dostupnosti levného kalamitního dříví. Naopak, producenti dříví, včetně těch, kteří nejsou přemnožením kůrovce přímo zasaženi, čelí sníženým cenám dříví a zvýšeným nákladům na těžbu nebo obnovu lesa (např. z důvodu nárůstu cen sazenic). Tímto způsobem mohou kůrovcové kalamity vyvolat krátkodobé negativní dopady na ekonomiku lesního hospodářství. Například v období let 1977–2004 způsobilo přemnožení lýkohuba *Dendroctonus frontalis* v jižní části Spojených států čistou krátkodobou ekonomickou ztrátu v hodnotě asi 375 milionů dolarů. Producenti dřeva přišli o 1,2 miliardy dolarů a zpracovatelé vydělali 837 milionů na nižších cenách dříví (Pye a kol. 2011). Pro Evropu nejsou podobné údaje k dispozici, ale i jiné severoamerické studie došly k podobným závěrům.

V dlouhodobém horizontu, v průběhu pokalamitní obnovy lesa, dochází k opětovnému poklesu nabídky, snížení exportu a k nárůstu cen dříví z důvodu jeho nižší dostupnosti na trhu. Tento nárůst však obvykle není schopen kompenzovat počáteční pokles, takže, podobně jako výše zmíněný krátkodobý dopad, je i celkový dlouhodobý účinek na ekonomiku lesního hospodářství negativní (Pye a kol. 2011; Bogdanski a kol. 2011).

Kromě dopadů na soukromé (nestátní) vlastníky lesa, ovlivňují kůrovcové kalamity a jejich management i státní rozpočet, kde se zvyšují výdaje a klesá příjem z výběru daní. Další dopad na státní podniky může spočívat v omezení plánovaných těžeb s cílem snížení skladových zásob a snaha o zmírnění poklesu cen.



## Okno 2.

### Fáze napadení stromů kůrovcem



**Zelená fáze:** Počáteční fáze napadení, kdy stromy ještě nevykazují viditelné symptomy v korunách

**Červená fáze:** Fáze, ve které dochází ke změně barvy jehličí. Může trvat 1–2 roky od vzniku napadení.

**Šedá fáze:** Fáze, ve které z napadených stromů již opadlo jehličí.



Ekonomické důsledky kůrovcových kalamit se netýkají jen trhu se dřevem. Z dalších negativních dopadů je možné uvést například snížení objemu uhlíku zachyceného lesy. Pokud absorpce uhlíku lesy v členské zemi EU poklesne pod stanovenou „referenční hodnotu“, podle pravidel LULUCF Evropské unie musí daný členský stát kompenzovat tento pokles jinými mitigačními opatřeními, které generují nové náklady. Do budoucna mohou být vlastníci lesů také kompenzováni za ekosystémové služby, které jejich lesy poskytují (Pohjola a kol. 2018). Protože napadení kůrovcem má rozsáhlý negativní dopad na ekosystémové služby, mohou být tyto příjmy negativně ovlivněny. Kůrovcové kalamity mohou také snižovat hodnotu nemovitého majetku v postižených územích. Například mortalita borovic způsobená lýkohubem v americkém Coloradu způsobila ztrátu hodnoty domů v rozmezí 5,1% až 22%, podle okresu, doby a intenzity přemnožení. Současně se obecně zvýšily ceny domů v oblastech, které kůrovcem postiženy nebyly (Cohen a kol. 2016). Kůrovcovými kalamitami může být ovlivněna rekreační hodnota lesa, i když výsledky výzkumu jsou v tomto směru nejednoznačné. Například Rosenberger a kol. (2013) uvádí, že středně závažné až závažné přemnožení lýkohuba v Národním parku Skalisté hory v USA způsobila významné ztráty celkové rekreační hodnoty území. Na druhé straně, Dhar a kol. (2016) zjistili, že návštěvnost kanadských národních parků a výnosy z ní, nebyly přemnožením kůrovce nijak ovlivněny.

S ohledem na množství faktorů, které ovlivňují tržní podmínky, a rozmanitou povahu dopadů přemnožení kůrovce, jsou naše aktuální schopnosti komplexního monetárního ohodnocení těchto dopadů omezené. Přemnožení kůrovce však generuje (alespoň v krátkodobém měřítku) komplexní systém „vítězů a poražených“, který je pro potřeby efektivního managementu nezbytné pochopit. Rozsáhlými přemnoženími kůrovce jsou nejzranitelnější menší majitelé lesů a malé dřevařské podniky, jakož i nedostatečně diverzifikované ekonomiky závislé na lesním hospodářství.

### 3.4 Společenské dopady

Kromě ekonomických aspektů jsou pro formulaci lesnických politik a strategií velmi důležité i reakce místních obyvatel a dalších zainteresovaných skupin. Hlavní společenské dopady přemnožení kůrovce souvisejí s rizikem zranění padajícími stromy, ve ztrátě

estetické hodnoty lesa, snížené průchodnosti lesních cest, konfliktech spojených s využitím půdy, ztrátě komunitní identity, snížené kvality zážitků návštěvníků parků nebo v emocích jako jsou obavy, strach nebo smutek. Kromě toho, nedávné přemnožení kůrovců a snahy o jejich management v několika chráněných oblastech Evropy vyvolaly paralyzující politické konflikty a společenské nepokoje. Například v Polsku úsilí o zvládnutí kůrovcové kalamity v Białowiežských lesích vedlo k veřejným demonstracím vyjadřujícím nesouhlas se zvolenou lesnickou strategií, které si vyžádaly dokonce zásah Evropské unie. Kromě těchto negativních dopadů některé studie naznačují i pozitivní vlivy, jako lepší výhled na krajinné scenérie a zvýšené ekologické povědomí obyvatel, což kladně hodnotí jak místní obyvatelé, tak návštěvníci.

Vnímání ekologických rizik a reakce na ně jsou ve velké míře společensky konstruované procesy a jako takové závisí na způsobech jejich prezentace a argumentace. Müller (2011) ukázal, že politické konflikty související s managementem kůrovcové kalamity v německém národním parku Bavorský les vycházely z protikladných sociálně-kulturních přístupů různých skupin k přírodním disturbancím. Většina těchto případů měla společného jmenovatele, kterým byly rozdílné názory na roli přírodních disturbancí v lesích, protikladné postoje k hodnotám lesů postižených disturbancemi a nedostatek vhodných platform pro dlouhodobou diskusi mezi jednotlivými zainteresovanými stranami, které se na managementu disturbancí aktivně podílejí nebo jsou jimi různým způsobem dotčeny (jako jsou vlastníci lesů, zástupci organizací ochrany přírody, vědci, občanská sdružení apod.).

Uvážíme-li význam a rozsah probíhajících kůrovcových kalamit, je překvapivé, jak málo pozornosti se věnuje výzkumu jejich společenských dopadů – toto se týká zejména Evropy (Müller 2011 je zřídka výjimkou). V Severní Americe existuje několik systematických studií ohledně reakcí lidí na kůrovcové kalamity (viz studie citované v Qin a kol. 2015). Bylo zde zjištěno, že vnímání rizik, jaké pro les představuje kůrovec, je ovlivněno řadou faktorů, včetně demografických charakteristik (jako je věk nebo pohlaví), místa pobytu, předchozích zkušeností se situacemi tohoto druhu, vnímané intenzity dopadu na les, předchozích poznatků týkajících se kůrovce a vztahu k majitelům lesa. Vnímání rizik souvisejících s kůrovcovými kalamitami se obecně zvyšuje s věkem, zkušenostmi s rizikovými událostmi, a vyšším povědomím ohledně přírodních disturbancí. Naopak, vztahy mezi vnímáním





**Obr. 6.** Mortalita borovic způsobená lýkohubem v okolí obydlí v severním a středním Coloradu v USA. Autor: Courtney Flint.

rizik, pohlavím a spokojeností s lesním hospodařením (důvěrou ve správu lesa) jsou dost nejasné.

Další faktory ovlivňující reakce místního obyvatelstva na napadení škůdci zahrnují rozlohu vlastněné lesní půdy, preference majitelů lesa ve smyslu „produkce dříví nebo scénická/krajinotvorná funkce“, náklady na prevenci a zmírňování dopadů kůrovce, obavy o ochranu přírody, zdroje informací o lese nebo existence lesních hospodářských plánů. Nejdůležitější faktory podporující aktivní přístup ke kůrovcovým kalamitám jsou zkušenosti komunity s podobnými mimořádnými situacemi, podíl na společenských aktivitách obecně, společenské vztahy a existující sociální sítě (Flint a Luloff 2007; Qin a kol. 2015).

Různé skupiny obyvatel mohou rozdílně vnímat přemnožení kůrovců a také na ně odlišně reagovat. Místní návštěvníci národního parku mají obvykle negativnější vztah k napadení kůrovcem než ostatní turisté. Ve srovnání se starousedlíky mohou nově příchozí vnímat více bezprostředního rizika souvisejícího s přítomností kůrovce. Nově příchozí jsou kritičtější směrem k organizacím odpovědným za management lesa, ale je méně pravděpodobné, že by se sami aktivně zapojili do aktivit souvisejících s managementem.

Reakce lidí na kůrovcové kalamity jsou ovlivněny socioekonomickými a dalšími charakteristikami místních komunit (Parkins a MacKendrick 2007; Qin a Flint 2010). Je proto velmi důležité udržovat rovnováhu mezi různými komunitními kontexty a managementem lesa tím, že při managementu kůrovcových kalamit bude přiměřeně zohledněna i perspektiva těchto komunit. Společenský rozměr kůrovcových kalamit se liší i v závislosti na aktuální fázi přemnožení a probíhajících změn lesní krajiny. Například výzkum reakcí místní komunity na přemnožení lýkohuba *Dendroctonus rufipennis* na poloostrově Kenai na Aljašce ukázal, že i když se dopady přemnožení postupem času snižovaly, obavy z bezprostřední hrozby pro osobní majetek a bezpečnost (například z důvodu možného vzniku požáru) zůstaly vysoké. Tato studie také naznačila mnohem vyšší složitost sociálních odezev, než se obecně předpokládalo (Qin a kol. 2015).

Navzdory skutečnosti, že přemnožení kůrovce mají významný společenský rozměr a dopady, existuje v evropském kontextu v této oblasti jen velmi málo studií. Je zřejmé, že připravenost na budoucí intenzivní kůrovcové kalamity vyžaduje zásadní rozšíření našich vědomostí o jejich společenských dopadech a způsobech, jak se s nimi efektivně vypořádat.



## 4. Management přemnožení kůrovce

Účinný management přemnožení kůrovce začíná jasnou formulací hospodářských cílů pro daný les, tj. formulací hlavních požadovaných hodnot, které má les přinášet (ekonomické, ekologické, sociální). V souladu s tímto východiskem jsme zde zformulovali strategie managementu kůrovcových kalamit pro lesy s dvěma rozdílnými hospodářskými cíli, které jsou relevantní pro evropské lesnictví. Pro zjednodušení je zde budeme označovat jako **multifunkční a produkční lesy (MFPL)** a **lesy s vysokou hodnotou z hlediska ochrany přírody a biodiverzity (OPB)**.

MFPL jsou lesy, jejichž hlavním účelem je produkce dřeva, i když je v evropských podmínkách zpravidla doprovázena řadou dalších ekosystémových služeb. Management kůrovce je v těchto lesích obvykle striktně vyžadován zákonem nebo jinými mechanismy. OPB jsou lesy, kde je kladen největší důraz na zachování biodiverzity, přírodních procesů a dalších hodnot souvisejících s ochranou přírody. Tyto lesy poskytují také další důležité ekosystémové služby a posilují kulturní identitu místních komunit. Je zde možné realizovat jen omezený rozsah opatření proti kůrovci, který je stanovený zákonem nebo jinými nástroji. Patří sem zejména národní parky, přírodní rezervace a chráněné přírodní oblasti.

V Evropské lesnické praxi a legislativě samozřejmě existuje mnoho lesů, ve kterých je kladen důraz na různou kombinaci těchto cílů hospodaření. Management přemnožení kůrovce se proto nemůže řídit jedním obecně platným postupem. Naopak, je důležité definovat správnou kombinaci postupů vhodnou pro dané přírodní podmínky a cíle hospodaření. Pro usnadnění tvorby strategií managementu kůrovce “na míru” jsme sestavili komplexní seznam opatření proti kůrovci, který je uvedený v příloze A.

### 4.1 Multifunkční a produkční lesy

#### 4.1.1 Snižování rizika napadení kůrovcem

Základním prvkem managementu disturbancí v Evropě je snaha o snižování rizika jejich vzniku. Využívání tohoto postupu vyžaduje důkladné kvantitativní pochopení mechanismů, jak management ovlivňuje pravděpodobnost rizika poškození porostů a zranitelnost lesa různými činiteli (Jactel a kol. 2009). Příliš intenzivní opatření zaměřené na snižování rizika disturbancí mohou ve středně a dlouhodobém měřítku vytvořit zranitelné porosty s vysokými zásobami

biomasy, které jsou náchylné na různé typy poškození. V tomto případě mohou snahy o snižování rizika vyvolat opačný efekt, než bylo původně zamýšleno. Jedná se o jev známý z managementů lesních požárů jako tzv. *firefighting trap*. Předpokládá se, že podobný jev se může týkat i dlouhodobé prevence vzniku přemnožení kůrovce. Místo managementu orientovaného striktně na snižování rizika vzniku disturbancí je proto potřebné uvažovat spíše o vyvážené kombinaci prevence disturbancí a opatření podporujících resilienci lesa (podrobněji v sekci 4.1.3).

#### Snížení doby obmýtí

Zranitelnost lesa různými činiteli často závisí na věku porostů, přičemž různé činitele postihují různá věková stádia. Například *Ips typographus* upřednostňuje stromy starší 60 let, nebo s průměrem kmene větším než 20-25 cm (ačkoliv v epidemické fázi může napadat a rozmnožovat se i v menších a mladších stromech). Podobný vztah existuje mezi věkem porostu a jeho zranitelností větrem, který může vyvolat nebo posílit přemnožení kůrovce.

Doba obmýtí smrkových porostů v mnoha regionech Evropy přesahuje 100 let, v důsledku čehož vznikají rozsáhlé komplexy lesů, které jsou vysoce náchylné na poškození větrem a podkorním hmyzem. Například Hlásny a kol. (2017) zjistili, že pravděpodobnost, že smrkový porost na Slovensku dosáhne 100 let, byla v období 1998-2009 nižší než 25 %. Z těchto důvodů se zkrácení doby obmýtí jeví jako vhodný nástroj pro adaptaci lesů na narůstající intenzitu kůrovcových přemnožení. Optimální doba obmýtí však silně závisí na lokálních podmínkách jako je produktivita stanovišť, dřevinná skladba nebo používaný pěstební systém. Konkrétní doporučení pro snížení doby obmýtí proto musí být založena na regionálních studiích. Snížení obmýtí může vyžadovat například úpravy lesnické legislativy, která v mnoha zemích není dostatečně flexibilní. Zkrácené obmýtí také vyžaduje častější těžební operace, které mohou mít zvýšené požadavky na dostupnost porostů pomocí lesní cestní sítě.

Zkrácení doby obnovy lesa může mít i některé nežádoucí důsledky. Může například vést k dočasnému nadbytku dříví na trhu s negativním dopadem na ceny, nebo může snížit dodávku kulatiny o větších průměrech. Snížené obmýtí může také způsobit ztrátu některých habitatů významných z hlediska ochrany

biodiverzity a snížit kvalitu podpůrných (voda, živiny) a kulturních (estetika, kulturní dědictví) ekosystémových služeb. Snížené zásoby uhlíku v lese v důsledku zkráceného obmýtí mohou negativně ovlivnit úsilí zaměřené na zmírňování změny klimatu. Změna doby obmýtí by se proto měla aplikovat jen na základě jasné formulace místních hospodářských cílů a kvantitativního zhodnocení dopadů na všechny relevantní ekosystémové služby.

### **Snižování dostupnosti hostitelských dřevin a tvorba druhově bohatých porostů**

Management podporující diverzitu dřevin je dlouhodobě považován za důležitou součást adaptace lesů na změnu klimatu, včetně zmírňování dopadů různých disturbancí. Tvorbě druhově bohatých lesů byla věnovaná zvýšená pozornost zejména v souvislosti s přestavbou sekundárních smrkových porostů. V podmínkách změny klimatu však tyto postupy mohou nabýt důležitosti i v původních smrkových porostech v horských oblastech.

Důležitým argumentem pro tvorbu druhově pestřejších porostů je tzv. pojišťovací hypotéza. Ta říká, že druhově bohatší porosty jsou odolnější vůči dopadům různých disturbancí než monokultury (mají vyšší rezistenci) a rychleji se obnovují (mají vyšší resilienci) (Jactel a kol. 2009). Kromě toho, vyšší druhová diverzita pozitivně ovlivňuje kvalitu mnoha ekosystémových služeb. Druhově bohaté lesy jsou také méně náchylné na vznik přemnožení kůrovce, protože je v nich nižší dostupnost a koncentrace hostitelských dřevin, poskytují větší prostor pro populace přirozených nepřátel a konkurentů kůrovce a dochází v nich k vyšší produkci nehostitelských volatilních látek, které mohou odpuzovat kůrovce (tzv. hypotéza semiochemické diverzity, viz str. 25).

Griess a kol. (2012) například zjistili, že zvýšením druhové diverzity porostů může u smrkové monokultury v západním Německu vzrůst při současných klimatických podmínkách pravděpodobnost dosažení věku 100 let z 80 % na 97 %. Význam tvorby druhově bohatých porostů dále narůstá v podmínkách změny klimatu. Neuner a kol. (2014) zjistili, že pravděpodobnost přežití 120-leté smrkové monokultury se v důsledku nepříznivého klimatu snížila o 24% – toto snížení však bylo jenom 7% v případě smíšeného porostu. Tvorbě druhově smíšených porostů by tedy měla být věnována pozornost zejména ve smrkových monokulturách mimo areál přirozeného výskytu smrku, kde je riziko vzniku přemnožení obzvláště

vysoké. Marini a kol. (2011) zjistil, že riziko disturbancí v Alpách je 7x vyšší v oblastech, které byly teplejší, než je oblast přirozeného výskytu smrku. Je však důležité mít na paměti, že význam stanoviště se v podmínkách změny klimatu snižuje. Přemnožení kůrovce posílená změnou klimatu ohrožují smrkové porosty v rámci celého areálu jejich výskytu – některá z posledních přemnožení v Alpách již zasáhla původní subalpínské smrkové porosty blízko horní hranice lesa.

Negativní vlivy pěstování smrku na nepůvodních stanovištích mohou být částečně zmírněny volbou vhodné směsi dřevin a podporou vertikálně a horizontálně diferencované struktury porostů, ačkoliv změna klimatu tyto možnosti výrazně snižuje. Navzdory tomu však platí, že smrk může být s vysokou pravděpodobností udržen v různých směsích i mimo areál svého přirozeného výskytu a jeho komerční (a další) využití tak bude moci být zachováno. Zde mohou lesním hospodářům pomoci například různé ekosystémové modely, pomocí kterých je možné vyhodnotit změnu vhodnosti stanoviště pro smrk a další dřeviny v důsledku změny klimatu.

Proměna smrkových monokultur na smíšené lesy může být urychlena, pokud využijeme probíhající kalamitní situace pro vytvoření nových druhově bohatých porostů. Stále častěji se přitom využívají příměsi nepůvodních druhů dřevin s vysokou produktivitou, dobrými melioračními vlastnostmi a tolerancí vůči suchu. Příkladem je douglaska (*Pseudotsuga menziesii*), která je v současnosti nejvýznamnější introdukovanou dřevinou v Evropě a je považována za důležitou alternativu při přeměně sekundárních smrkových porostů. Je zde však důležité zvažovat potenciální nepříznivé dopady, jako je možnost zavlečení nových druhů škůdců (např. *Dendroctonus pseudotsugae*) a možnosti, že domácí škůdci a patogeny mohou napadnout nepůvodní druhy dřevin. Podrobnější rozbor možných dopadů a přínosů využití geograficky nepůvodních dřevin je však mimo rozsah této studie (viz například Spiecker a kol. 2019).

### **Přímá kontrola populací kůrovce**

#### *Sanitární těžby*

Pravidelné vyhledávání a odstraňování napadených stromů (sanitární těžby) je jedním z nejpoužívanějších způsobů ochrany lesa před kůrovcem v Evropě. Tato praxe je účinná při snižování velikosti populací a prevence jejich nárůstu zejména pokud je populace v endemické fázi a je možná důkladná detekce napadených stromů. V těchto podmínkách sanitární těžby



nejen snižují celkovou velikost populace, ale i narušují propojenost lokálních populací kůrovce (Seidl a kol. 2016).

Wermelinger (2004) formuloval pravidla, která je při realizaci sanitárních těžeb potřebná dodržet: (1) napadené stromy musejí být detekovány a skáceny před vylíhnutím nové generace brouků, (2) kmeny musí být ošetřeny tak, aby bylo celé potomstvo usmrceno předtím, než jsou kmeny přesunuty na odvozní místa, nebo kmeny musí být urychleně odstraněny z lesa, (3) pokud se již pod kůrou nachází dospělci, musí být usmrceni spálením kůry nebo štěpkováním. V terénních podmínkách je často náročné tyto zásady správně dodržet. Je zde však několik možností, které mohou zvýšit účinnost sanitárních těžeb i v podmínkách současných silnicích přemnožení.

Klíčovou částí realizace sanitárních těžeb je detekce nově napadených stromů. Standardně se realizuje na základě vizuálního mapování lesnickým personálem, který identifikuje napadené stromy například na základě drtinek vznikajících při tvorbě chodbiček. Vizuální detekce je však časově vysoce náročná a efektivnost detekce variabilní. Perspektivním způsobem zlepšení detekce je využití technologií dálkového průzkumu země, včetně záznamů s vysokým rozlišením, pořízených z kamer instalovaných na dronech v kombinaci s poloautomatickým zpracováním záznamů. Nejnovější výzkumy potvrdily, že tento přístup může detekovat napadené stromy ještě ve fázi, než je viditelná změna barvy jehličí (tzv. “zelená fáze útoku”; Abdullah a kol. 2018). Využití této technologie je však často limitováno nedostatkem kvalifikovaného personálu schopného využívat tyto technologie a zpracovávat pořízené záznamy. Kromě toho, legislativa v současnosti v mnoha zemích omezuje využití dronů v terénu. Jelikož je pomocí dronů možné zachytit jen relativně malé území, perspektivním nástrojem pro velkoplošné mapování je využití nových satelitních skenerů s vysokým rozlišením, jako je Sentinel 2. V blízké budoucnosti očekáváme rychlý vývoj metod pro včasnou detekci napadených stromů a vznik uživatelsky přívětivých a cenově dostupných lesnických aplikací.

Některé experimenty ukázaly, že stopovací psi mohou být trénováni tak, aby rozeznali feromony charakteristické pro různé fáze náletu kůrovce a byli schopni určit napadené stromy. Na rozdíl od lidí, kteří se musejí spoléhat na vizuální znaky napadení, psi dokážou detekovat napadené stromy až na vzdálenost 150 m. Stopovací psi nemohou být využiti ve větším měřítku,



**Obr. 7.** Experimentální použití stopařského psa pro detekci stromů napadených kůrovcem v České republice, Stříbrná Skalice, 2018. Psovodem je Annette Johanson. Foto: Roman Modlinger.

mohou být však užiteční za různých specifických podmínek.

Při sanitárních těžbách je důležité, že pokud stromy nemohou být odstraněny z lesa před rojením, broukům v pokácených stromech musí být zabráněno v napadení okolních stromů. Odkorňování a následné štěpkování nebo pálení kůry jsou osvědčené metody, které usmrtí většinu brouků. Tyto metody jsou však pracné a vyžadují specializované nástroje. V poslední době byla vyvinuta a testovaná metoda tzv. proškrábávání nebo drážkování kůry, která představuje méně pracnou alternativu k odkorňování. Thorn a kol. (2016) zjistili, že pomocí odkorňování je možné zničit 96 % brouků, zatímco účinnost proškrábávání byla 89 % (v porovnání s neošetřenými kontrolními stromy). Proškrábávání kůry má také menší dopad na biodiverzitu vázanou na mrtvé dříví, je pozitivněji vnímáno návštěvníky lesa a může být levnější, pokud je realizováno pomocí některého z nově vyvinutých zařízení (Hagge a kol. 2018). Účinnost této metody při kontrole populací kůrovce na úrovni porostu nebo krajiny však silně závisí na schopnosti včasné detekce napadených stromů a jejich skácení.

Fumigace, tj. použití plyných insekticidů, je další možností prevence vylétávání brouků z napadených skácených kmenů. Napadené kmeny se





**Obr. 8.** Drážkování kůry v národním parku Bavorský les v Německu. Fotografie: Jörg Müller.

zakryjí neprodyšnou plachtou a po jistou dobu se vystaví účinkům plynného pesticidu. Původně používaný pesticid metylbromid byl v Evropské unii zakázán z důvodu nepříznivých dopadů na životní prostředí a lidské zdraví. Jako alternativní fumigant se v poslední době začal využívat ethandinitril (EDN). Fumigace je méně náročný způsob ošetření kmenů než odkorňování nebo seškrabování kůry, vyžaduje však další testování. Další způsoby usmrcení brouků v napadených kmenech zahrnují přímou aplikaci insekticidů nebo insekticidní sítě. Obecně však může mít aplikace insekticidů nepříznivé dopady na prostředí a může kolidovat se standardy certifikace udržitelného hospodaření v lesích, jako je FSC nebo PEFC.

#### *Odstraňování stromů poškozených abiotickými činiteli*

Protože větrné polomy a další abiotické faktory mohou vyvolat nebo zesílit probíhající přemnožení, je management takto postižených porostů důležitou součástí prevence. Čerstvé větrem poškozené stromy jsou pro kůrovce atraktivní potravní zdroj, který upřednostňuje před zdravými stromy, z důvodu jejich oslabených

nebo chybějících obranných mechanismů. V závislosti na aktuálních podmínkách, jako je teplota a poměr vyvrácených nebo zlomených stromů, mohou brouci obvykle kolonizovat poškozené stromy během jedné nebo dvou následujících sezón. V první fázi na větrem poškozené stromy nalétávají brouci z okolních větrem zasažených porostů. Když je tento potravní zdroj vyčerpán, výrazně zvětšená populace kůrovce větrem zasaženou oblast opouští a může kolonizovat zdravé stromy v okolí. Vybudování velké populace kůrovce je výrazně rychlejší, pokud teplota umožňuje vytvoření více než jedné generace za sezónu. Velké větrné polomy tak mohou vyvolat přechod populace kůrovce do epidemické fáze i v případech pro kůrovce nevhodného počasí (Marini a kol. 2017). Naopak klimatické faktory jsou důležitým spouštěčem přemnožení v situacích, kdy je objem větrem poškozených stromů nižší. Některé studie naznačují, že rozptýlená poškození porostů větrem vyvolají přemnožení kůrovce snáze než soustředěné poškození (Potterf a Bone 2017).

Aby se zabránilo nárůstu velikosti populace kůrovce, doporučuje se odstranit větrem poškozené stromy před jejich nalétnutím nebo před vylétnutím první generace. Přemnožení může být zabráněno zejména pokud jsou větrem zasažené oblasti malé a soustředěné, a těžba může být vykonána včas a s vysokou intenzitou.

Odstranění větrem poškozených stromů také usnadňuje následnou obnovu porostů a ochranu zmlazení. V případě větších ploch zasažených větrem, mohou být stanoveny priority zpracování kalamity s využitím různých modelů pro hodnocení rizik, které zohledňují faktory jako je struktura sousedících porostů nebo výskyt kůrovcem napadených stromů v okolí.

V případech rozsáhlých ploch zasažených větrem nebo v situacích, kdy je již populace kůrovce velká, je účinnost nahodilých těžeb nejasná. V těchto případech mohou logistické problémy výrazně ztížit včasné a důkladné zpracování kalamity, zatímco vedlejší dopady těžby mohou být značné. V důsledku těžebních operací mohou být narušeny procesy přirozené obnovy, může dojít k nepříznivým dopadům na biodiverzitu a různé ekosystémové služby (Leverkus a kol. 2018). Zároveň mohou být oslabeny přirozené mechanismy ekologické resilience lesa. Odstraňování větrem poškozených stromů může také negativně ovlivnit populace různých predátorů kůrovců (ačkoliv jejich vliv na průběh přemnožení a vliv nahodilých těžeb na jejich populace není dostatečně znám). Další negativní vlivy nahodilých těžeb souvisí se zhutněním pudy v

důsledku pohybu těžebních mechanismů, které ovlivňuje následnou obnovu, včetně zvýšeného stresu sazenic suchem. Naopak, ponechání větrem poškozených stromů představuje důležitý prvek resilience následného porostu a může pozitivně ovlivnit přirozenou obnovu, vlastnosti půdy, přísun živin a heterogenitu lesní krajiny.

Je zřejmé, že při současné úrovni poznatků nejsme schopni jednoznačně odpovědět, zda větrem (nebo jinak) poškozené stromy mají být odstraňovány nebo ne. Z komplexnosti výše popsaných procesů je však zřejmé, že při rozhodování o zpracování kalamity by měly být zvažovány faktory jako reálná možnost prevence vzniku přemnožení a eventuální nežádoucí dopady v mnohem větší míře, než je tomu v současnosti.

#### *Odchyty kůrovce*

Kromě realizace různě zaměřených sanitárních těžeb se při managementu přemnožení kůrovce hojně využívají různé způsoby odchyty brouků. Využívání pastí se zaměřuje buď na monitoring populací kůrovce, včetně detekce invazních druhů, nebo na celkové snížení velikosti populace a zabránění napadení zdravých stromů.

Při odchyťování se využívají například lapače navázané druhově specifickými feromony nebo primárními atraktanty hostitelských dřevin, které mohou lákat celou řadu druhů podkorního hmyzu. Odlišnou strategií je využití navázaných stojících stromů nebo častěji pokácených (zpravidla nenavázaných) stromů, tzv. lapáků. Po jejich obsazení brouky mohou být lapáky buď ošetřeny pesticidem nebo odstraněny z porostu. V současnosti je velmi málo důkazů potvrzujících, že vnašené stojící stromy, lapáky nebo lapače mohou efektivně snížit velikost populace kůrovce a zabránit tak útoku na zdravé stromy. Tak jako v případě většiny jiných opatření zaměřujících se na kontrolu populace kůrovce, i zde je reálná účinnost tohoto opatření nejasná, zejména pokud se jedná o velkoplošné nasazení. V praxi je často účinnost odchyty brouků přeceňována, zatímco náklady spojené s aplikací tohoto opatření nejsou správně zohledňovány. Feromonové pasti obvykle zachytí jen 3 – 10 % celkové populace kůrovce při relativně vysokých nákladech (Wermelinger 2004). Z důvodu nepříznivého poměru „nákladů a výnosů“ bylo již v současnosti v mnoha oblastech Skandinávie, Německa nebo Francie od masového využívání lapačů upuštěno a využívají se zejména pro účely výzkumu a monitoringu.



**Obr. 9.** Trojnožka s feromonovou návnadou ošetřená insekticidem používaná pro odchyt kůrovce v České republice, Libavě, 2018. Foto: Roman Modlinger.

Další vývoj v oblasti odchyty brouků může zahrnovat různé inteligentní pasti, které odliší mezi cílovými a necílovými druhy hmyzu, vyhodnotí časový průběh odchyty nebo poskytnou informace o početnosti a fenologii různých hmyzích společenstev, jako jsou například přirození nepřítelé kůrovce. Dalšími inovacemi v této oblasti jsou autonomní lapačí systémy s automatickým přenosem dat do řídicího střediska, které budou mít snížené náklady na údržbu a zajistí dostupnost údajů o zachyceném hmyzu téměř v reálném čase. Obecně bude hlavní oblastí využití pastí monitoring a včasné výstrahy, nikoliv však snaha o kontrolu populace kůrovce.

#### **Management lesa v krajině s ohledem na šíření kůrovce**

Míra propojenosti hostitelských stromů a populací kůrovce v krajině je významný determinant rizika napadení porostů (Seidl a kol. 2016). Současný management kůrovce se však prioritně orientuje na úroveň porostů a opomíná faktory působící na úrovni krajiny. Management konfigurace lesa v krajině je



proto důležitá součást kontroly populací kůrovce. Příkladem je zaměření sanitárních opatření na napadené porosty, které působí jako zdroje šíření kůrovce a jsou prostorově propojeny s dalšími komplexy hostitelských dřevin.

K dalším postupům patří předělování rizikových porostů s vysokým zastoupením dospělých smrků pásy porostů s nízkou nebo žádnou atraktivitou pro kůrovce, jako jsou například listnaté dřeviny nebo mladší věková stadia smrku. Tyto pásy mohou být považovány za analogii protipožárních pásů využívaných v lesích s vysokým rizikem vzniku požárů. V případě kůrovce však musí být široké několik stovek metrů – například Kautz a kol. (2011) zjistili, že 65 % nových napadení lýkožroutem smrkovým se vyskytlo ve vzdálenosti do 100 m od loňských ohnisek, a 95 % všech nových napadení bylo ve vzdálenosti do 500 m.

V případě správné realizace mohou úpravy konfigurace krajiny snížit riziko šíření kůrovce do okolí a rozvoj velkých přemnožení. Může se tak předejít vzniku velkoplošných přemnožení, ačkoliv pozitivní vliv těchto zásahů se může projevit až po desetiletích. Faktorem, který obvykle znemožňuje tento přístup, je různorodá vlastnická struktura lesa. Je proto nevyhnutelné zlepšit komunikaci s majiteli lesů a dalšími zainteresovanými skupinami. To může vyžadovat zřízení nových platforem, které by aktivně podporovaly komunikaci vlastníků a koordinaci jejich aktivit.

### **Karanténní opatření proti invazním nepůvodním druhům hmyzu**

Podobně jako jinde ve světě, i v Evropě dochází k nárůstu intenzity zavlečení různých nepůvodních druhů podkorního a dřevokazného hmyzu. Jedná se o proces, který představuje zásadní riziko pro evropské lesy (viz poznámka 1). K dispozici je několik způsobů, jak šíření nepůvodních druhů zamezit. Hlavní cestou zavlečení škůdců jsou dřevěné obalové materiály (jako jsou palety), které se používají v nákladní přepravě zboží. Základním nástrojem pro prevenci invaze je proto kontrola a ošetřování obalových materiálů. V roce 2005 byla uzavřena „Mezinárodní dohoda o ochraně rostlin“, která implementovala „Mezinárodní normu pro rostlinolékařská opatření č. 15“ (ISPM 15), zahrnující povinné tepelné nebo chemické ošetření veškerého dřevěného obalového materiálu, který je přepravován mezi zeměmi. Implementace opatření ISPM 15 skutečně snížila míru kontaminace obalových materiálů a riziko invaze, ale zcela ho pochopitelně neeliminovála. Kromě toho, evropské země mají

relativně nedostačující kontrolu dovozu živých rostlin, což je další důležitá vstupní brána pro podkorní a dřevokazný hmyz. Riziko introdukce hmyzích škůdců proto může být sníženo zavedením přísnějších opatření pro přepravu dřevěného obalového materiálu a dovozu živých rostlin.

V případě, že prevence zavlečení selže, musí být populace škůdců eradikovány v počátečních fázích kolonizace nového prostředí. Pro tento účel mnoho evropských zemí provozuje monitorovací systémy zaměřující se na nepůvodní druhy podkorního a dřevokazného hmyzu. Tyto programy obvykle využívají pasti navazané primárními atraktanty hostitelských dřevin nebo specializovanými feromony. V současnosti však neexistuje žádná ucelená celoevropská síť monitoringu. Zřízení takového programu by výrazně rozšířilo možnosti včasné detekce a eradikace invazních druhů hmyzu.

Dojde-li ke kolonizaci nového prostředí invazními druhy podkorního a dřevokazného hmyzu, škůdci se mohou dále šířit dopravou napadeného dřevěného obalového materiálu, kmenů, kulatiny nebo palivového dříví. Riziko tohoto šíření v rámci kontinentů může být sníženo různým ošetřováním těchto produktů (například tepelně), nebo zavedením karanténních zón, které omezují pohyb těchto produktů.

Pro řešení problémů invazních škůdců a chorob bylo navrženo množství opatření, včetně sdílení nákladů souvisejících s šířením zavlečených druhů mezi hlavními zainteresovanými stranami (Hantula a kol. 2014). Tento typ opatření by však kolidoval se zájmy importérů a dalších stran, protože porušuje „Dohodu o sanitárních a fyto-sanitárních opatřeních“ (SPS) a další úmluvy. Pro podmínky Evropy obecně doporučujeme zaměřit se na zlepšení opatření biologické bezpečnosti v souladu s SPS a „Mezinárodní konvencí o ochraně rostlin“, což je oblast, ve které Evropa zaostává za jinými rozvinutými regiony.

### **Další opatření**

Kromě výše zmíněných postupů jsou pro různé specifické podmínky nebo cíle hospodaření k dispozici i další opatření, která mohou zamezit vzniku přemnožení kůrovců. Patří sem například zlepšování vitality stromů probírkami (jako preventivní opatření, nikoliv jako reakce na vznik přemnožení), podpora početnosti přirozených nepřátel kůrovců, použití různých postupů biologické ochrany lesa, například zavedením patogenů jako je *Beauveria basiana*, nebo použití antiagregačních feromonů a lepových pásů. Tyto



postupy mohou být různě zakomponovány do uceleného systému integrovaného managementu kůrovců, přičemž však musí být dodrženy obecné principy zformulované v této studii.

Úplně nové přístupy ke kontrole populací kůrovců představují metody v oblasti funkční genomi-ky. Jednou z rychle se rozvíjejících technologií pro kontrolu škůdců z této oblasti opatří RNA inferen-ce (RNAi), která je oproti jiným metodám silně dru-hově specifická. Ačkoliv účinnost této metody se mezi různými druhy hmyzu podstatně liší, je pozoruhodné, že obzvláště dobře funguje v případě brouků (Yoon a kol. 2018). Ačkoliv technologie insekticidů založe-ných na RNAi zatím není dostupná pro praktickou ochranu lesa, je to jeden ze slibných směrů výzkumu metod pro kontrolu škůdců. Pro praktické použití je zapotřebí další výzkum, který zhodnotí možné vlivy na necílové druhy, přetrvávání insekticidů v prostředí, možný vznik rezistence, metody průmyslové produk-ce a vhodné postupy pro velkoplošné nasazení.

Další progresivní oblastí je využití postupů na zá-kladě hypotézy semiochemické diverzity, která spočí-vá v zavedení antiatraktantů na bázi nehostitelských dřevin, které broukům znesnadní lokalizaci hostitel-ské dřeviny (Zhang a Schlyter 2003). V současnos-ti jsou již k dispozici syntetické směsi antiatraktan-tů, které jsou identické směsím získaným z listů a kůry nehostitelských dřevin. V případě druhu *I. ty-pographus* a *D. ponderosae* byl empiricky zjištěn silný utlumující efekt vyvolaný umělým zvýšením semio-chemické diverzity. Přirozený nárůst semiochemické diverzity v čase přemnožení kůrovce je pravděpodob-ně také jedním z mechanismů resilience smíšených jehličnato-listnatých lesů (Karvemo a kol. 2016).

#### 4.1.2 Reakce na napadení kůrovcem

Napadení produkčních lesů kůrovcem obvykle vede k řadě reakcí managementu lesa orientovaných na zamezení dalšího šíření napadení a zmírnění ekonomických a dalších dopadů.

Vliv sanitárních a ekonomicky motivovaných těžeb obvykle nelze odlišit, protože stromy odstraněné ze sani-tárních důvodů mohou být následně umístěny na trh, a stromy odstraněné z důvodu zmírnění ekono-mických ztrát snižují velikost potravních zdrojů pro kůrovce. Primární motivace těchto dvou postupů je však odlišná. Ekonomicky motivované těžby napade-ných nebo jinak poškozených stromů představují tra-diční součást managementu disturbancí. Ekonomická motivace pro realizaci těžeb (tedy prevence další

Poznámka: V anglické literatuře, o kterou se tato studie převážně opírala, se v sou-vislosti s realizací nahodilých těžeb pou-žívají termíny “salvage logging” a “sanita-tion (sanitary) logging”. Ačkoliv používání těchto termínů se mezi autory liší, obec-ně platí že “sanitation logging” se týká odstraňování stromů s cílem zmírnit nebo eliminovat přemnožení, zabránit jejímu vzniku nebo dalšímu šíření. Naopak, “sal-vage logging” se používá spíše v souvis-losti s těžbami zaměřených na zmírnění ekonomických dopadů, ochrany lidí a in-frastruktury před padajícími stromy apod. – tedy operace, které nemají přímí sani-tární cíl. Zatímco termín “sanitation log-ging” je do češtiny možné přeložit jako sani-tární těžby, pro “salvage logging” jasný ekvivalent nemáme. V dalším textu bude-me proto, v závislosti od kontextu, použi-tvat termín “ekonomicky motivované těž-by napadených nebo jinak poškozených stromů”.

degradace dřeva a jeho prodej za sníženou cenu) je legitimní hospodářský cíl v lesích orientovaných na produkci dřeva. Müller a kol. (2018) na základě roz-boru 42 případů ze všech kontinentů však uvádí, že přístup k poškozenému dřevu před jeho dalším zne-hodnocením je primární motivací pro realizaci těch-to těžeb, bez ohledu na to, zda-li se jedná o lesy, které jsou předmětem ochrany přírody nebo o hospodář-ské lesy.

Ekonomická efektivita těžeb napadených nebo ji-nak poškozených stromů se liší mezi zeměmi a v čase. Efektivita souvisí s rychlostí zpracování kalamitní hmoty, protože kvalita dřeva rychle klesá například z důvodu zamodráání. Těžby mohou přinášet ekono-mický zisk, je-li trh se dřevem aktivní a ceny dřeva ještě nebyly ovlivněny dostupností velkých obje-mů kalamitního dříví. Obecně jsou těžby kalamitní hmoty ekonomicky efektivnější v případě zpracová-ní kůrovcem napadených stromů než stromů poško-zených větrem, kdy jsou stromy často mechanicky po-škozeny. Profitabilita těchto těžeb může také záviset na možnostech a kapacitách dočasného skladování



**Obr. 10.** Přirozená obnova ve smrkovém lese, Rakousko. Foto: Rupert Seidl.

kalamitního dříví. Zlepšení skladovacích kapacit a postupů (jako jsou například mokré sklady) je důležitou součástí připravenosti lesního hospodářství na narůstající intenzitu disturbancí.

V některých případech mohou být náklady spojené s realizací těžeb větší, než je hodnota vytěženého dříví. Týká se to například současné situace ve střední Evropě, kde výrazný pokles ceny dříví a omezené skladové kapacity zpochybňují ekonomický smysl dalších těžeb (toto souvisí pouze s ekonomickým nikoliv sanitárním hlediskem). Kromě toho, například zasažené porosty s nízkou tržní hodnotou, ale dobrými výchozími podmínkami pro přirozenou obnovu, je ekonomicky smysluplnější ponechat nezpracované. Z těchto důvodů je ponechání stromů usmrcených kůrovcem v lese potřebné považovat za jeden z legitimních způsobů managementu, obzvláště když tyto stromy již nejsou aktivním zdrojem brouků.

Ponechání mrtvých stromů v lese vyvolává obavy ohledně možnosti vzniku požárů a ohrožení infrastruktury nebo lidského zdraví padajícími stromy. Odstraňování mrtvých stromů může například snížit zásoby paliva v lese nebo narušit jeho horizontální a vertikální kontinuitu. Zatímco odstraňování mrtvých stromů, například s cílem ochrany energetické

infrastruktury, cest a budov, je nezpochybnitelnou prioritou managementu, v případě rizika vzniku požárů není situace natolik jasná. Většina vědeckých studií naznačuje, že přemnožení kůrovce zásadním způsobem nezvyšuje riziko vzniku požárů. Vznik korunových požárů primárně závisí na výskytu extrémního sucha (Black a kol. 2013; Simard a kol. 2011).

Zvýšená intenzita těžby v důsledku zpracování kůrovcových kalamit je často důvodem napětí mezi různými zainteresovanými stranami, zejména s ohledem na hlavní motivace pro realizaci těžeb a jejich možné vedlejší dopady. Tyto obavy souvisí například s nepříznivým dopadem nahodilých těžeb na různé kulturní, regulační a podpůrné ekosystémové služby (Leverkus a kol. 2018). Podobně jak tomu bylo v případě sanitárních těžeb, i realizace ekonomicky motivovaných těžeb napadených nebo jinak poškozených stromů si vyžaduje o hodně komplexnější zhodnocení jejich ekonomiky a možných vedlejších dopadů, než je tomu v současnosti.

#### 4.1.3 Management podporující resilienci lesa

Resilience je schopnost ekosystému udržet si své funkce i v případě narušení (disturbanci) různými činiteli





**Obr. 11.** Tzv. biologické dědictví po zasažení lesa větrem a kůrovcem, Vysoké Tatry, Slovensko. Foto: Rupert Seidl.

(Holling, 1973). Hlavními ukazateli resilience jsou rychlá regenerace po disturbancech a schopnost návratu do stavu funkčně blízkému (tedy nikoliv nevyhnutelně identickému) stavu před disturbancech. Resilience lesa je intenzivně diskutovaným konceptem, protože je stále zřejmější, že eliminace vlivu disturbancech na les není proveditelná, a v mnoha ohledech vlastně ani žádoucí.

Přirozená resilience lesa souvisí se skutečností, že stromy se vyvíjely a přizpůsobovaly různým disturbancečním vlivům po miliony let. Například stromy postižené suchem (které je významným predispozičním faktorem přemnožení kůrovce) dokážou rychle obnovit růst v následujících, vlhčích letech – této schopnosti se říká technická resilience (*engineering resilience*). Na úrovni ekosystémů se schopnost obnovy po disturbancech nazývá ekologická resilience. Pokud disturbance způsobí zásadní změnu ekosystému (například když selže obnova a dojde k přechodu zapojeného lesa na ekosystém typu savany), dojde k překročení hranic ekologické resilience. Příklad takové zásadní změny najdeme v evropských středomořských ekosystémech, kterým dříve dominoval dub cesmínovitý (*Quercus ilex*), a které se posléze změnilly na křovinaté ekosystémy (macchie nebo maquis) v důsledku

silného narušení lidskou činností (Henne a kol. 2015). Je důležité si uvědomit, že překročení hranice ekologické resilience ekosystému může vyvolat rychlou sérii procesů, které mohou vést ke kolapsu stávajících ekosystémů a jejich proměny na nové.

Koncept resilience není omezen jen na ekologickou stabilitu, ale může být rozšířen i na sociální oblast. Sociální resilience, jako přirozená analogie k ekologické resilience, je schopnost různých společenských skupin vyrovnat se s vnějšími biofyzikálními, sociálními a ekonomickými disturbancech bez závažného narušení. V lesním hospodářství se například často zabýváme udržením ekosystémových funkcí poskytovaných člověku i pod vlivem přírodních disturbancech (Seidl a kol. 2016).

#### **Proč je les resilientní?**

Evropské lesy se prokazatelně vyznačují vysokou ekologickou resilience vůči stále intenzivnějším přemnožením kůrovců, se kterými se v poslední době setkáváme. Například v národním parku Bavorský les, který byl postižen jedním z nejrozsáhlejších a nejzávažnějších přemnožení kůrovce ve Střední Evropě za poslední desetiletí, dosáhl průměrný počet jedinců v obnově 15 let po kalamitě cca 2 000 stromů na ha

(Zeppenfeld a kol. 2015). Regenerace sice byla rychlejší v sousedních obhospodařovaných lesích, kde však vyžadovala značné náklady (například na vysazování). I bez lidského zásahu tak ekologická resilience vedla k úplné obnově původní hustoty kmenů rovnající se cílovým hodnotám stanoveným pro obhospodařované lesy.

Pochopení mechanismů resilience představuje aktivní oblast výzkumu, neboť dosud zcela nerozumíme všem procesům vedoucím k obnově po disturbancech, nebo k prudkým změnám ekosystémů následujících po překročení limitů jejich resilience. Klíčové faktory formující resilienci jsou následující:

**Prostorové interakce:** porosty napadené kůrovcem se často obnovují díky semenům z okolních nenapadených porostů. To znamená, že vhodný prostorový kontext napadeného porostu výrazně posiluje schopnost obnovit se po disturbancech, například s využitím blízkých zdrojů reprodukčního materiálu.

**Biologické dědictví** (biological legacies): tento pojem zahrnuje všechny biologické prvky (původního) ekosystému, které disturbance přežijí a stanou se

zdrojem obnovy – jedná se o jakousi ekologickou paměť ekosystému. Biologické dědictví představují například banky semen, živé stromy nenapadené kůrovcem, podrost, mrtvé stromy sloužící jako vhodný substrát ke klíčení semenáčků, a mykorrhiza, která usnadňuje růst obnovujících se porostů.

**Rozmanitost reakcí** (*response diversity*, Mori a kol. 2013): tento koncept vyjadřuje skutečnost, že různé stromy v lese reagují na disturbance odlišně, a tím posilují schopnost obnovy ekosystému jako celku. Například, pokud jsou porosty obklopující oblast napadenou kůrovcem druhově rozmanité a obsahují nejen klimaxové druhy (se semeny schopnými šířit se na relativně nízkou vzdálenost), ale i druhy pionýrských dřevin schopnými šířit se na velkou vzdálenost, může dojít k obnově zasažených porostů mnohem rychleji.

#### **Jak můžeme posílit resilienci managementem lesa?**

Management lesa zaměřený na podporu resilience je často diametrálně odlišný od tradičních přístupů zaměřených na minimalizaci rizika disturbancecí. Zatímco základem druhého přístupu je prevence



**Obř. 12.** Letecký snímek smrkového lesa s vysokou strukturální diverzitou v národním parku Bavorský les v Německu. Autor: Jörg Müller.



disturbancí (např. napadení kůrovcem), v konceptu resilience považujeme disturbance za přirozenou součást dynamiky ekosystému, kterou nelze zcela kontrolovat (Holling a Meffe, 1996). Prevence přirozených disturbancí, k nimž patří i napadení škůdci, je totiž v rozporu s přirozenou dynamikou ekosystémů (a tudíž není plně v souladu ani s přírodě blízkým hospodařením). Navíc, dlouhodobá prevence disturbancí menšího rozsahu může do budoucna zvýšit náchylnost ekosystému k velkoplošným disturbancím.

Přirozené disturbance je také možné považovat za příležitost přizpůsobit les rychle se měnícím podmínkám prostředí. Podpoříme-li strukturní bohatost a rozmanitost dřevinné skladby vzniklou v důsledku disturbancí (místo abychom se snažili ji „korigovat“), můžeme zvýšit odolnost lesního ekosystému vůči budoucím disturbancím. Tento postup může doplnit klasické přístupy k ochraně lesa – např. tradiční ochrana lesa se může zaměřit na vysoce hodnotné porosty nebo stromy, u nichž lze rizika efektivně snižovat, zatímco posilování resilience a akceptování vlivu disturbancí se může uplatnit v jiných částech lesa (Seidl, 2014).

Konkrétní opatření managementu lesa podporující resilienci zahrnují:

- Tvorbu lesů se zastoupením klimaxových i pionýrských druhů. Takto smíšené lesy se obnovují po disturbancích daleko rychleji než stejnorodější lesy, zejména díky větší rozmanitosti reakcí (viz výše).
- Zakládání bohatě strukturovaných porostů. Pokud je horní patro lesa zničeno kůrovcem, spodní patro může ihned využít dostupné zdroje jako je světlo, voda a živiny, a převzít plnění nejdůležitějších funkcí lesa. Podpora spodního patra lesa je také účinným prostředkem urychlení obnovy po disturbancích. Navíc, podpora vysoké strukturní rozmanitosti krajiny omezuje šíření kůrovce. Zajistí také přítomnost dospělých stromů v blízkosti napadených porostů, které se mohou stát zdrojem semen a podpoří tak přirozenou obnovu.
- Zachování pozůstatků původních porostů (tzv. biologického dědictví, viz výše) zahrnuje zejména ponechání přeživších stromů a jejich zakomponování do následného porostu, nebo ponechání části mrtvých stromů.
- Udržování kapacit lesních školek na úrovni umožňující rychlé zalesnění kalamitních ploch žádoucími dřevinami.
- Regulaci stavů zvěře tak, aby nedocházelo k ohrožení obnovy žádoucích druhů dřevin.

Management podporující resilienci má tu výhodu, že je účinný proti různým typům disturbancí, jako je vítr nebo další hmyzí škůdci. Protože nemůžeme s jistotou říci, jakým vlivům budou naše lesy v budoucnu čelit, je podpora resilience silným nástrojem pro management lesa i v podmínkách nejistot souvisejících se změnou klimatu (Seidl, 2014).

V neposlední řadě jsou důležitou součástí tvorby resiliентních lesů opatření podporující schopnost společnosti správně reagovat na výskyt disturbančních událostí. Tato opatření zahrnují např. budování lesní infrastruktury (lesních cest apod.) umožňující rychle a cíleně reagovat na napadení kůrovcem (Seidl a kol. 2016), budování vztahů s místními obyvateli a udržování komunikace se všemi zainteresovanými stranami podílejícími se na managementu kůrovcových kalamit (viz také příloha A).

## 4.2 Lesy, kde je prioritou ochrana přírody a biodiverzity

Druhou kategorií lesů, pro kterou jsme zde vypracovali doporučení, jsou lesy sloužící k ochraně přírody a biodiverzity (OPB, v originální verzi této zprávy High Conservation Value Forests). Většina lesů kategorie OPB jsou přísné přírodní rezervace a oblasti divoké přírody (kategorie Ia a Ib) nebo národní parky (kategorie II) podle IUCN. Nespádají sem například lesy v programu Natura 2000, ve kterých se realizuje standardní management.

V Evropě se smrkové porosty nacházejí na 38 % území kategorie I a II IUCN (Hagge a kol. 2018) a může v nich tedy dojít k přemnožení lýkožrouta smrkového. Při managementu přemnožení kůrovce v OPB jsou obecně zohledňována odlišná kritéria, než je tomu v lesích obhospodařovaných primárně za účelem produkce dřeva, ekonomického zisku a uspokojování dalších společenských požadavků. Management přemnožení kůrovce v OPB musí být realizován v souladu s cíli, jako je ochrana ohrožených druhů a přírodních procesů, kvalita rekreačního prostředí nebo poskytování ekosystémových služeb, jako je například produkce kvalitní pitné vody.

V OBP můžeme odlišit tři typy přemnožení kůrovce, které vyžadují odlišné reakce ze strany správy těchto území:

- **Přemnožení původních druhů kůrovců, jako je *I. typographus*, v areálu přirozeného výskytu jejich hostitelské dřeviny.** Z důvodu koevoluce hostitelských dřevin, kůrovců a mnoha dalších druhů

je v tomto případě aktivní zásah vyžadován pouze zřídka. Původní druhy hmyzu jsou součástí přírodních systémů, přispívají k jejich přirozené dynamice a často zvyšují biodiverzitu ekosystémů.

- **Přemnožení kůrovců, kteří rozšiřují areál svého přirozeného výskytu a migrují do nových oblastí (například expanze do vyšších nadmořských výšek a zeměpisných šířek v důsledku změny klimatu).** Rozšíření areálu přirozeného výskytu kůrovce může ovlivnit předmět ochrany přírody a narušit přirozenou dlouhodobou dynamiku ekosystémů. V tomto případě je nutno zvažovat aktivní zásah pro snížení dopadu tohoto typu přemnožení.
- **Přemnožení nepůvodních druhů kůrovců.** Invazní druhy mohou vážně narušit lesy, které jsou předmětem ochrany přírody. Tyto události mohou vyžadovat národně nebo mezinárodně koordinované akce zaměřené na zastavení invaze, eradikaci škůdců nebo vysazení rezistentních genotypů dřevin, jak tomu bylo například u kaštanu *Castanea dentata* po zavlečení nepůvodního houbového patogenu do Severní Ameriky.

#### **Původní druhy kůrovců s pozitivním vlivem na biodiverzitu**

Při managementu OBP někdy podceňujeme dynamickou povahu lesa a zejména pak důležitou roli opakujících se disturbancí (včetně přemnožení kůrovců) pro biodiverzitu. Z tohoto přístupu pak plynou nerealistická očekávání ohledně vysokého zastoupení dospělých nebo přestárých porostů v krajině. Příkladem změny obecného povědomí ohledně důležitosti přírodních disturbancí pro dynamiku lesa, je situace po výskytu velkých požárů v Yellowstonském národním parku v USA v roce 1988. V souvislosti s těmito událostmi byl důkladně zdokumentován význam požárů pro přirozené ekosystémové procesy, což pomohlo změnit postoj veřejnosti k disturbancím a jejich managementu.

Podobná situace se udála i v Evropě, jako následek velkoplošného přemnožení lýkožrouta smrkového v Bavorském národním parku v devadesátých letech (Thorn a kol. 2017). Raná sukcesní stádia lesa byla shledána jako mimořádně hodnotná pro ochranu biodiverzity. Velké množství druhů organismů, včetně ohrožených, je adaptovaných na sukcesii následující po přemnožení kůrovce, poškození lesa větrem nebo požárem. Dokonce i druhy o kterých se původně předpokládalo, že se specializují na přestárle porosty, jako je tetřev *Tetrao urogallus*, prosperují

v heterogenních krajinách vzniklých následkem disturbancí.

Nejnovější výzkumy naznačují, že přemnožení kůrovců vytváří heterogenní strukturu lesa a porosty s komplexní výstavbou, které poskytují vynikající podmínky pro druhy vyžadující tento typ prostředí. Příkladem je jeřábek lesní, *Bonasa bonasia*, který obývá husté porosty s množstvím pionýrských druhů, ale také ve svém teritoriu vyžaduje vysoké stromy a mezery v dospělých porostech. Dalším příkladem je netopýr černý, *Barbastella barbastellus*, který přebývá v prostorech pod kůrou stromů usmrčených kůrovcem, které jsou obklopeny živými stromy. Pro lov upřednostňuje porosty se sníženým zápojem, které mohou vzniknout v důsledku přemnožení kůrovce.

Aktivní management přemnožení kůrovce v OBP tedy obvykle není z hlediska ochrany biodiverzity žádoucí. Negativní vlivy aktivního managementu musí být zvažovány obzvláště v případech, jsou-li druhy, které jsou předmětem ochrany přírody, závislé na dostupnosti stromů usmrčených kůrovcem nebo se kůrovci živí. Tento problém byl diskutován například v souvislosti s realizací nahodilých těžeb v Białowiežském pralese, kde se vyskytují datli a ohrožení brouci druhů *Cucujus cinnaberinus* nebo *Pytho kolwensis*, kteří se živí pod kůrou stromů usmrčenými kůrovci.

#### **Původní kůrovci ohrožující druhy, které jsou předmětem ochrany**

Mohou nastat případy, kdy silné přemnožení kůrovce v OBP ohrozí lokální populace druhů, které jsou předmětem ochrany. Riziko je vysoké zejména pokud se tyto populace vyskytují na malých územích v homogenní porostní struktuře. Příkladem z USA je endemická veverka *Tamiasciurus hudsonicus grahamensis*, populace, které se výrazně zmenšily v důsledku přemnožení lýkohubů rodu *Dendroctonus* spp. Populace veverky stále přežívá, ale v důsledku přemnožení lýkohubů a lesních požárů v současnosti zůstává posledních 35 jedinců, přičemž riziko jejich vyhynutí je značné (Koprowski, osobní komunikace). Dalším příkladem je původní severoamerický datel *Leuconotopicus bodalis*. Jeho výskyt je závislý na stálé přítomnosti živých přestárých borovic s rozkládajícím se jádrovým dřevem. Přemnožení kůrovců zde bylo shledáno jako hlavní faktor snižující velikost habitatu tohoto druhu. Tyto případy jasně poukazují, že intenzivní přemnožení kůrovce může ohrozit existenci některých ohrožených druhů. V případě smrkových porostů v Evropě však doposud tyto rizika nebyly zaznamenány.



### Kůrovci rozšiřující areál jejich výskytu

Novým problémem některých OBP jsou kůrovci, kteří v důsledku změny klimatu rozšiřují svůj areál do vyšších nadmořských výšek a zeměpisných šířek. Kůrovci zde mohli napadat evolučně nepřipravené (naivní) hostitelské stromy, které v jejich evoluční historii nebyly s těmito škůdci v kontaktu a postrádají tak účinné obranné mechanismy. Příkladem je výškový posun areálu rozšíření lýkohuba *D. ponderosae* v Severní Americe do porostů borovice bělokmenné (*P. albicaulis*), která postrádá evolučně vytvořené obranné mechanismy proti tomuto kůrovci (Raffa a kol. 2013). Došlo tak k rozsáhlé mortalitě borovic, v důsledku čehož byla snížena dostupnost borových šišek, které představují významný potravní zdroj pro medvědy grizzly a jiné organismy. Kromě toho došlo k dalším nepříznivým dopadům na prostředí. V Evropě dochází například k rozšíření areálu lýkožrouta severského (*I. duplicatus*), který může dále zvýšit tlak na současné smrkové porosty jak v produkčních lesích, tak i v OPB. Protože tento druh je v Evropě původní a jeho potravní preference jsou podobné lýkožroutu smrkovému, při jeho rozšiřování může dojít ke kompetici mezi těmito dvěma druhy. Je proto nepravděpodobné, že v důsledku rozšíření *I. duplicatus* dojde k zásadnímu zvýšení rizika pro smrkové porosty. Dalším příkladem může být rozšíření druhu *I. typographus* do Severní Evropy v reakci na nárůst teploty vzduchu (viz kapitola 2). V důsledku této expanze může dojít ke změně dlouhodobých disturbančních režimů a budoucích trajektorií vývoje OPB v severní Evropě. V současnosti však v souvislosti s těmito jevy nejsou známa žádná konkrétní rizika pro ochranu přírody a biodiverzity.

### Invaze nepůvodních kůrovců

Další výzvou pro management OBP je invaze nepůvodních druhů hmyzu a patogenů. Dobře zdokumentovaným příkladem je krasec, *Agrilus planipennis*, asijský druh, který v současnosti napadá jasany a ovlivňuje na ně vázanou biodiverzitu v rozsáhlých územích Severní Ameriky. Zatímco jednotlivé stromy mohou být, například v urbánních oblastech, chráněny pomocí pesticidů, v současnosti neexistuje žádný nástroj pro kontrolu tohoto škůdce na úrovni lesních porostů nebo krajiny. Podobně lýkohub *Dendroctonus valens* a jeho symbiotické houby mají pouze nepatrný dopad na lesy v jejich přirozeném prostředí v Severní Americe, v současnosti však způsobuje rozsáhlou mortalitu borovic v Číně po jeho náhodném zavlečení.

Také kůrovec *Scolytus multistriatus*, který přenáší houbového původce grafiózy jilmů, kompletně transformoval severoamerické jilmové lesy. Tento patogen byl přitom v jeho přirozeném areálu neškodný. Protože většina těchto invazí probíhá na velkých územích, jsou možnosti jejich managementu v rámci OPB omezené. Doposud však v evropských smrkových lesích nebyl zaznamenán výskyt žádného invazního škůdce, který by způsoboval jejich plošnou mortalitu.

### Možnosti managementu kůrovce v malých OBP

Mnoho původních lesů v Evropě se vyskytuje pouze na malých územích. Tyto staré stromy a porosty jsou vysoce hodnoceny jak ze strany ochrany přírody, tak i ze strany veřejnosti a zpravidla se na ně vztahuje přísná ochrana. Příležitostně se proto realizuje jejich aktivní ochrana, například s využitím insekticidů, antiagregačních feromonů nebo lepových pastí. Motivací pro tento typ zásahů je jak ochrana vysoce hodnotných stromů, tak i snížení rizik souvisejících s pádem mrtvých stromů nebo větví v rekreačních oblastech. Dalším důvodem ochrany může být zachování stromů, které jsou zdrojem hodnotného genetického materiálu, vykazujícího například odolnost vůči invazním škůdcům. Například jedinci jedle bělokmenné, kteří přežili napadení patogenem rzi vejmutovkové (*Cronartium ribicola*), jsou v současnosti chráněni vůči napadení lýkohubem, jako hodnotný zdroj rezistentního reprodukčního materiálu. Tento typ managementu je však z důvodu vysokých nákladů obvykle omezen na relativně malý počet stromů a není využitelný pro ochranu lesů na větších územích.

### Možnosti boje proti kůrovci ve velkých OBP

Management přemnožení kůrovce ve velkých OBP je podobný managementu v produkčních lesích, a zahrnuje například sanitární těžby (Müller a kol. 2018). V poslední době však větší počet studií poukázal na nepříznivé dopady tohoto typu managementu na cíle hospodaření v OBP, včetně ztráty původních druhů, změny skladby společenstev, snížené míry přirozené obnovy nebo ztráty některých z hlediska biodiverzity významných prvků, jako je mrtvé dřevo a stromy nezasažené přemnožením kůrovce.

Müller a kol. (2018) zjistil, že nahodilé těžby tvoří součást managementu OPB, obzvláště v Evropě a Asii, a tato praxe je veřejností obecně akceptována. Živý zelený les má pro většinu lidí důležitou symbolickou a estetickou hodnotu, zatímco les zasažený disturbancemi je často vnímán jako chaotický nebo

katastrofický. Nedávné veřejné diskuze týkající se sanitárních těžeb v Białowiežském pralesi nebo v rezervaci motýla monarchy stěhovavého (*Danaus plexippus*) v Mexiku, jsou spíše výjimkou než pravidlem. Je zajímavé, že motivace k realizaci sanitárních těžeb v OBP jsou podobné motivacím v produkčních lesích, ačkoli cíle managementu lesa jsou zde odlišné. Hlavní motivací v OBP je tedy získání dřevní hmoty a kontrola škůdců.

Široce využívaný přístup k managementu přemnožení kůrovce je zonace, přičemž mezi jádrovou zónou OBP a okolními produkčními lesy je zřízena zóna dostatečně široká na to, aby zabránila šíření kůrovce

(Kautz a kol. 2011). Novější výzkumy však naznačují, že velké OBP, ve kterých není realizován aktivní management kůrovce, často přitahují kůrovce intenzivněji, než z nich kůrovec vylétává do okolních lesů (Montano a kol. 2016). Další přístup, který je často využíván v OBP je odkorňování napadených stromů s cílem zničit populaci kůrovce pod kůrou, avšak s ponecháním mrtvého dřeva v lese. Tento přístup je cenově náročný a má negativní vlivy na společenství organismů kolonizujících kůru mrtvých stromů. Z hlediska ochrany biodiverzity se jako vhodnější přístup jeví drážkování kůry, které má také ekonomické a estetické výhody (Hagge a kol. 2018).





## 5. Regionální perspektivy

Pro ilustraci různorodosti prostředí, ve kterých probíhají přemnožení kůrovce, jejich spouštěcích mechanismů, přístupů k managementu a dopadů, zde prezentujeme tři případy velkoplošných přemnožení z Evropy a Severní Ameriky. Tato přemnožení proběhla v odlišných prostorových škálách – regionální, národní a kontinentální – a ilustrují tak různorodý charakter dopadů, reakcí managementu lesa a společnosti.

### 5.1 Vichřice Gudrun v jižním Švédsku

Ve dnech 7. – 9. ledna 2005 zasáhla Evropu vichřice Gudrun, která postupovala ze severní Británie přes jižní Švédsko a Dánsko do Pobaltí. Bouře si vyžádala několik obětí na životech, poškodila lesy, budovy a infrastrukturu, a přerušila dodávky elektřiny na rozsáhlém území. Z hlediska lesního hospodářství bylo nejhůře zasaženo jižní Švédsko, kde se odhadovaný objem poškozeného dříví vyšplhal na 75 milionů m<sup>3</sup> (SFA 2006), čímž se jednalo o nejničivější přírodní

katastrofu, jaká byla kdy ve Švédsku zaznamenána. Objem poškozených stromů se rovnal objemu běžné roční těžby dříví v celém Švédsku, a v nejhůře postižených oblastech byla škoda 20-krát vyšší než roční etát. Vichřice zasáhla asi 4 miliony ha lesa, z čeho 272 000 ha bylo klasifikováno jako silně poškozené. Asi 80 % objemu poškozených stromů představoval smrk ztepilý. Pro zmírnění ekonomických dopadů souvisejících s rychle se zhoršující kvalitou dřeva a prevencí rozvoje přemnožení kůrovce, byly nahodilé těžby realizovány v enormním měřítku. Další přijatá opatření zahrnovala snížení daní z prodeje dříví, snížení dopravních poplatků, zrušení daně za pohonné hmoty pro lesní mechanismy a dotace na skladování dřeva. Byly zřízeny programy na monitoring populací kůrovce a v roce 2007 byly přijaty nové směrnice pro boj s kůrovcem.

Ačkoli byly sanitární těžby realizovány intenzivněji, než se očekávalo, v roce 2005 stále zůstalo nezpracovaných přibližně 13 % větrem poškozených stromů. Velikost populace kůrovce a mortalita stromů tak v



**Obr. 13.** Milion kubických metrů smrků vyvrácených vichřicí Gudrun ve Švédsku v roce 2005 umístěných na opuštěné přistávací ploše letiště v jižním Švédsku. Foto: Thomas Adolfsén / Skogenbild.

roce 2006 prudce vzrostla. Léto 2006 bylo nadprůměrně teplé a umožnilo poprvé v historii ukončení vývoje dvou generací škůdce. Navzdory tomuto vývoji a dalším 12 milionům m<sup>3</sup> stromů poškozených větrem v roce 2007, byl rozsah poškození porostů kůrovcem v letech 2007 a 2008 nižší, než se očekávalo. V roce 2009 došlo k ústupu přemnožení. Celkově bylo v období 2006–2008 napadeno kůrovcem 3 miliony m<sup>3</sup> smrkového dříví. Důvody tak rychlého kolapsu přemnožení nejsou úplně známy. Jedním z možných faktorů je, že větrem poškozené stromy v roce 2007 sloužily jako lapáky, a tyto byly z lesa odstraněny ještě před vylétnutím další generace brouků.

Cena smrkového dříví poklesla z přibližně 40 euro za m<sup>3</sup> z období před rokem 2005 na 25 euro za m<sup>3</sup> v roce 2005. Celkové škody způsobené vichřicí Gudrun lesnickému sektoru jsou odhadovány na 1,1 – 1,2 miliardy eur. Poškození větrem v chráněných oblastech bylo nižší než poškození v produkčních lesích. Z důvodu časového tlaku a nedostatečné výměny informací však nebyla správně dodržena pravidla managementů disturbancí v chráněných územích a několik významných objektů bylo poškozeno těžbou (SFA 2006).

### Připravenost severských zemí

Lesnická legislativa a další činnosti umožnily v severských zemích v průběhu posledních 40 let účinně kontrolovat a zmírňovat velkoplošná přemnožení kůrovce. Základem účinného managementu kůrovcových disturbancí je zde kvalitní cestní síť, která umožňuje maloplošný management lesa a rychlé odstranění napadených stromů. Teplejší léta a urychlený vývoj kůrovce však zdůraznily potřebu revize současné lesnické legislativy týkající se například načasování jednotlivých managementových operací. Faktorem, který může v dalším období snižovat účinnost managementu přemnožení, je stále klesající počet pracovníků odpovědných za přenos vědeckých poznatků do legislativy a managementu. Přeshraniční spolupráce při managementu disturbancí není mezi severskými zeměmi dobře rozvinutá. Obecně chybí společné politiky a strategie umožňující se vypořádat se změnami disturbančních režimů lesa souvisejících se změnou klimatu.

## 5.2 Západní Beskydy ve Střední Evropě

Západní Beskydy jsou jedním z regionů Evropy nejvíce zasažených kůrovcem. Tato Slovensko-česko-polská

hraniční oblast o rozloze 9 500 km<sup>2</sup> je z větší části pokryta stejnověkými intenzivně obhospodařovanými jehličnatými lesy. Region hraničí s tzv. Černým trojúhelníkem, průmyslovou aglomerací, která nepříznivě ovlivňovala zdravotní stav lesů až do 90. let minulého století. Některé vlivy předchozího znečištění ovzduší však přetrvávají dodnes. Lesní porosty zde byly nepříznivě ovlivňovány několika spolupůsobícími faktory, včetně dlouhodobých kyselých depozicí, degradací živin a nepříznivých klimatických vlivů (viz například Cienciala a kol. 2017). Tyto faktory oslabily obranyschopnost stromů a zvýšily jejich náchylnost k napadení kůrovcem. Zranitelnost lesa dále souvisí s celkově homogenní strukturou lesa vzniklou následkem pasečného hospodaření a opakovaném vysazování smrku po několika generacích.

Poslední přemnožení kůrovce, především *I. typographus*, začalo kolem roku 2002 a vyvrcholilo v letech 2009–2010. Zvýšená aktivita kůrovce však přetrvává dodnes a přemnožení tak probíhá už víc než 15 let. K mortalitě stromů v důsledku napadení kůrovcem dále přispívají houbové patogeny (především václavka *Armillaria*), větrné polomy a poškození stromů těžkým sněhem. Například v širším okolí slovenské části západních Beskyd vzrostl objem nahodilých těžeb mezi obdobími let 1996–2000 a 2014–2017 z původních 0,2 – 0,5 milionu m<sup>3</sup> na 2,0 – 2,4 milionu m<sup>3</sup>. Zatímco do roku 2000 představovaly nahodilé těžby 40–50 % celkového objemu těžby dříví, od roku 2014 to bylo téměř 95% celkové těžby.

Po celou dobu přemnožení byla realizována intenzivní opatření, která zahrnovala jak instalaci množství feromonových lapáčů, tak i intenzivní sanitační těžby. Stávající strategie managementu lesa usiluje zejména o zpomalení rychlosti napadení, snížení ekonomických ztrát, obnovu postižených porostů a posílení odolnosti a stability nové generace lesa. Přes všechno toto úsilí napadení kůrovcem pokračuje a díky homogenní struktuře lesů a pro vývoj brouků příznivého počasí, se dále šíří. Koordinovaná přeshraniční spolupráce pro zvládnutí přemnožení v podstatě neexistuje.

Protože v regionu dominují lesy obhospodařované za účelem produkce dřeva, intenzivní opatření pro zvládnutí přemnožení kůrovce nevyvolala žádné významnější odezvy ze strany veřejnosti nebo ochrany přírody. Přemnožení však má katastrofální dopad na místní lesní hospodářství. Velký objem kalamitního dříví je problematické umístit na přesycený trh, dřevo se hromadí na sběrných místech, ze kterých kůrovec často napadá okolní porosty. Kulatina se často



prodává jako palivové dříví a příjmy soukromých majitelů lesů a lesnických podniků prudce poklesly. Velká poptávka po lesních dělnících a obecně nízká nezaměstnanost zvýšily cenu pracovní síly, což představuje další zátěž pro již zasažené lesní hospodářství.

Kromě ekonomických dopadů vnímá místní obyvatelstvo napadení kůrovcem negativně zejména z hlediska vizuálních změn jejich tradičního zalesněného okolí. Podobné reakce byly pozorovány i u obyvatel jiných regionů postižených kůrovcem, jako je národní park Bavorský les (Müller 2011) a další. Nebylo zde zaznamenáno například zhoršení kvality vzduchu a vody, ani změny v turistickém ruchu.

Přemnožení kůrovce v Západních Beskydech bylo dlouho považováno za geograficky izolovaný jev. V současné době však kůrovcová kalamita ohrožuje smrkové hospodaření ve všech zemích regionu. To platí zejména pro Českou republiku, kde se se objem nahodilých těžeb zvýšil z 5,3 milionů m<sup>3</sup> v roce 2017 na 18 milionů m<sup>3</sup> v roce 2018. Prognózy na následující období jsou mimořádně nepříznivé a naznačují, že objem nahodilých těžeb může v České republice dosahovat 15–30 milionů m<sup>3</sup> ročně. Velké objemy kalamitního dřeva způsobily dramatický pokles cen z přibližně 55 euro za m<sup>3</sup> v roce 2017 na 15 euro za m<sup>3</sup> v roce 2018. Současné přemnožení zasáhlo především obhospodařované lesy. Zasaženy byly porosty v oblastech přirozeného výskytu smrku ztepilého i mimo něj. Tento vývoj tak zpochybnil některé tradiční koncepty o stanovištních predispozicích pro vznik přemnožení a zdůraznil riziko vzniku přemnožení synchronizovaných na rozsáhlých územích.

### Připravenost středoevropských zemí

Management disturbancí je ve středoevropských zemích, jako Česká republika, Slovensko a Polsko, silně ovlivněn tradičními přístupy k hospodaření, s nedostatečným důrazem na adaptaci na změnu klimatu, další zintenzivňování disturbancí nebo výskyt nových škůdců. Je stále přeceňován význam feromonových pastí při kontrole populací kůrovce a nedostatečně jsou využívány moderní prognostické nástroje nebo modely pro hodnocení rizik s využitím údajů o výskytu škůdců, trendech vývoje v napadených oblastech, meteorologických dat a dálkového průzkumu Země. Národní krizové plány a meziresortní spolupráce (zahrnující ekonomiku, dopravu, lesnictví, bezpečnost veřejnosti a ochranu životního prostředí) buď chybí, nebo nejsou zpracovány tak, aby umožňovaly včasný a účinný management rozsáhlých přemnožení. I když

povědomí o rizicích spojených s hospodařením založeným na pěstování smrku se obecně zlepšuje, reakce lesních hospodářů na tyto hrozby nejsou dostatečné. Těžba a obnova přestárých zranitelných porostů a konverze monokultur na smíšené lesy je příliš pomalá a povědomí o postupech podporujících resilienci lesa je nedostatečné nebo chybí.

Přesto však rozsáhlé kůrovcové kalamity, například v České republice, vedly k vysoké míře politické mobilizace, meziresortní spolupráce, dotačních strategií a dialogu mezi státními a mimovládními organizacemi. Byla například přijata strategie managementu přemnožení prostřednictvím zintenzivnění včasné detekce napadených stromů, jejich zpracování a celkové zvýšení kapacit pro realizaci nahodilých těžeb.

### 5.3 Lýkohub v severoamerických Skalistých horách

Současné s přemnoženími v Evropě byly rozsáhlými přemnoženími kůrovce zasaženy i lesy v severní Americe. Tyto události přinesly množství poznatků ohledně populační dynamiky a biologie kůrovce, dopadů přemnožení na životní prostředí a ekonomiku. Lýkohub *Dendroctonus ponderosae* se přirozeně vyskytuje v borových lesích na západě Severní Ameriky. Tyto rozsáhlé lesy mají relativně nízkou druhovou diverzitu a jsou obhospodařovány multifunkčně se zaměřením na produkci dřeva, k rekreaci a k pastvě. Některé oblasti jsou charakterizovány jako divočina (*wilderness*, což je přibližný ekvivalent evropských přírodních rezervací). Tyto lesy byly v posledních stolecích pravidelně zasahovány velkými prostorově synchronizovanými přemnoženími kůrovce (Jarvis a Kulakowski, 2015). Tato přemnožení, společně s lesními požáry, sehrávají klíčovou roli v přirozené dynamice severoamerických lesů.

V období 1980–2000 bylo v USA lýkohubem napadeno 6,6 milionů hektarů lesa. Toto přemnožení pokračovalo v mnoha oblastech až do roku 2005 a někde až do roku 2017. V tomto období rozloha napadených lesů převyšovala rozlohu lesů poškozených požáry. Lesy v západní Kanadě byly zasaženy ještě intenzivněji. Bylo napadeno 18 milionů ha lesa a celkový objem poškozeného dřeva v roce 2012 dosáhl 723 milionů m<sup>3</sup>. Tato přemnožení se vyskytla i v oblastech, které předtím z důvodu nízkých teplot neumožňovaly vznik přemnožení. Týká se to zejména vyšších zeměpisných šířek v Britské Kolumbii a vyšších poloh porostlých borovicí bělokmenou (*Pinus albicaulis*).





**Obr. 14.** Letecký snímek porostů borovice pokroucené zničených lýkohubem v Britské Kolumbii. V popředí sanitační kácení. Foto: Kenneth Raffa.

Jedná se o původní druh, který historicky nebyl vystaven vlivu tohoto kůrovce a jeho obranné mechanismy jsou tak méně účinné, než je tomu u jiných tradičních hostitelských dřevin. Lýkohub následně překročil přirozenou bariéru Skalistých hor a pronikl do Alberta, kde zasáhl porosty borovice banksovy (*Pinus banksiana*) a hybridů borovice banksovy a borovice pokroucené (*Pinus contorta*). Tato expanze lýkohuba je bezprecedentní a vyvolává obavy ohledně jeho dalšího šíření na východ, kde může zasáhnout hostitelské dřeviny disponující velice slabými obrannými mechanismy.

Faktory způsobující vznik přemnožení lýkohuba zahrnují jak stav hostitelských dřevin a porostů (hustota porostů a vitalita dřevin), tak klimatické faktory ovlivňující přežívání a reprodukci lýkohuba (Raffa a kol. 2008). Relativní vliv těchto faktorů na vznik a velikost přemnožení je různý, zahrnuje však kombinaci vlivu klimatu na reprodukci škůdce, prevenci lesních požárů a historický management lesa, které přispěly ke vzniku vysoce zranitelných porostů. Předpokládá se i vliv sousedících chráněných území. Časoprostorová

dynamika přemnožení však spíše odpovídá vlivu velkoplošných synchronizujících mechanismů, jako je počasí (Aukema a kol. 2006).

Management přemnožení lýkohuba je s ohledem na enormní rozsah zasažených porostů obtížný. Zásahy jako snižování hustoty porostů mohou snížit náchylnost porostů k napadení a udržet tak populace v endemické fázi. Tyto postupy však musejí být aplikovány na relativně velkých územích, a ještě před vznikem přemnožení. S cílem snížení velikosti populace mohou být vyhledávány a odstraňovány napadené stromy. Tento postup však vyžaduje velice intenzivní mapování napadení a rychlou mobilizaci zdrojů. V poslední době tímto způsobem Kanadská správa lesů, za cenu enormních nákladů, účinně potlačila populaci lýkohuba v Albertě a zabránila tak jeho šíření dále na východ. Různá opatření jsou realizována s cílem ochrany jednotlivých stromů (například ve frekventovaných rekreačních oblastech). Jedná se například o využití pesticidů a antiagregačních feromonů. Účinnost těchto opatření je však značně variabilní.

Lesy na západě Severní Ameriky jsou ovlivňovány i



dalšími druhy podkorního hmyzu, které mohou způsobit velkoplošná přemnožení. Tyto druhy se liší v schopnosti usmrtit vitální stromy, když jejich populace dosáhla epidemické úrovně, nebo se mohou omezovat jen na kolonizaci oslabených stromů. Rozsáhlá přemnožení v přirozeně homogenních lesích způsobuje zejména lýkohub *Dendroctonus rufipennis*, který se však vyhýbá porostům s pestřejší dřevinnou skladbou. Dokonce i po velkoplošných poškozeních větrem v druhově bohatších lesích může vysoká mezidruhová konkurence podkorního hmyzu udržet populační

hustoty tohoto lýkohuba na nízké úrovni (Haberkern a kol. 2002).

Další severoamerický druh, který může vyvolat rozsáhlé přemnožení a usmrtit zdravé stromy, je lýkohub *Dendroctonus frontalis*. V posledních desetiletích se však jeho význam snížil. Důvodem je, že jeho hostitelské dřeviny jsou běžně pěstovány formou plantáží, ve kterých intenzivní management zahrnující probírky, krátkou dobu obmýtí, management přízemní vegetace a sanitární opatření neumožňují škůdci přechod do epidemické fáze.

## 6. Doporučení pro management a tvorbu strategií

### 6.1 Východiska

Původní (autochtonní) druhy kůrovců mají významnou roli ve fungování lesních ekosystémů, kde přispívají ke správnému koloběhu živin a biodiverzitě. Je zde však několik druhů, které mohou způsobit velkoplošná přemnožení a negativně tak ovlivňovat dosahování hospodářských cílů. Přemnožení kůrovců má významné společenské a ekonomické dopady v celém lesnicko-dřevařském hodnotovém řetězci, a negativně ovlivňuje většinu ekosystémových služeb.

V posledních letech přemnožení kůrovců zasáhla současně rozsáhlá území několika států, přičemž tato synchronizace byla vyvolána extrémními vlivy počasí. Množství důkazů naznačuje, že tato **přemnožení budou v důsledku změny klimatu dále sílit a rozšíří se do nových regionů**. Přemnožení pravděpodobně budou zasahovat s narůstající intenzitou stále větší území a jejich management bude vyžadovat mezinárodně koordinované akce. Bohužel, **evropské země nejsou na tento typ přemnožení ani na další změny disturbančních režimů připraveny**. Současný management disturbancí často spočívá v ad hoc reakcích, které postrádají vědecké základy a nedostatečně respektují postoje různých dotčených stran. Z toho vyplývá narůstající riziko různých společenských konfliktů souvisejících s různými postoji k roli přirozených disturbancí a jejich managementu.

**Integrované plány managementu přemnožení, které zahrnují monitoring, sanitární opatření, pěstování lesa a režim nezasahování jsou nedostatečně rozpracovány**. Jedná se o znepokojivý stav, protože účinnost současných opatření pro snižování rizik bude se změnou klimatu dále klesat. Kromě toho, reálná účinnost většiny v současnosti používaných metod ochrany lesa není dostatečně známá, ačkoli tyto postupy jsou široce využívány. Alternativním přístupem, jako je nezasahování v případech, kdy odstraňování napadených stromů není ekonomicky smysluplné a s vysokou pravděpodobností neumožní zastavit nebo zmírnit průběh přemnožení, není věnována dostatečná pozornost.

Nepůvodní druhy kůrovců se v Evropě objevují s narůstající frekvencí. Mnoho z těchto druhů se pořád šíří a jejich potenciální dopad tak zatím není znám. **V Evropě však chybí jakýkoliv koordinovaný monitoring invazních kůrovců a nejsou vypracovány účinné plány pro jejich eradikaci**. Rámec

pro zlepšení koordinace v této oblasti skýtá evropská směrnice *Regulation on Invasive Alien Species*, která představuje vhodný nástroj i pro management invazí kůrovců.

Současný management lesů, ve kterých je prioritou ochrana přírody a biodiverzity, nedostatečně zohledňuje pozitivní vliv kůrovců na tvorbu strukturálně heterogenních krajin a podporu biodiverzity. Silně nedocenená je také přirozená schopnost lesů zasažených přírodními disturbancemi obnovit se bez lidských zásahů.

**V současném chápání mechanismů přemnožení kůrovce, jejich dopadů a účinnosti různých opatření je několik významných mezer, které snižují možnosti efektivního managementu**. Například míra porozumění společenským aspektům přemnožení zdaleka nepostačuje pro tvorbu vhodných postupů a strategií. Je také nevyhnutelný další výzkum účinnosti sanitárních opatření z hlediska jejich reálné schopnosti snížit poškození, vytvořit ekonomický zisk a omezit negativní dopady na životní prostředí.

### 6.2 Doporučení

Účinný management přemnožení kůrovců vyžaduje, aby byli kůrovci považováni za přirozenou součást lesa, a to, zda jejich působení vyvolává škody nebo je prospěšné pro fungování ekosystémů, závisí na místních hospodářských cílech. Pro účinný management přemnožení je proto nevyhnutelné jednoznačně definovat cíle hospodaření, což často vyžaduje zapojení širšího spektra stran. Jasně formulované cíle hospodaření, které jsou akceptovány všemi dotčenými stranami, tak sníží riziko společenských konfliktů. **Dosažení tohoto cíle může vyžadovat nové vzdělávací a komunikační programy pro vlastníky lesů a státní správu. Tímto způsobem je také možné efektivněji přenášet aktuální vědecké poznatky do praxe a legislativy a korigovat zažitá stereotypy ohledně přírodních disturbancí**.

Management přemnožení kůrovce v podmínkách změny klimatu vyžaduje **rovnováhu mezi opatřeními zaměřenými na snižování rizika**, které představují tradiční součást managementu disturbancí v Evropě, **a opatření zaměřených na podporu resilience**, tedy schopnosti lesa obnovit se po disturbancích a zachovat své funkce. Management podporující resilienci je obzvláště důležitý v případě přemnožení



zesílených změnou klimatu, které z důvodu jejich velikosti a intenzity není možné kontrolovat postupy, které byly využívány v minulosti.

Management velkoplošných přemnožení vyžaduje lepší mezinárodní spolupráci a koordinaci v oblasti ochrany lesa a monitoringu škůdců. **Vytvoření mezi-sektorových krizových plánů, které zahrnují lesní hospodářství, životní prostředí, finance, dopravu a bezpečnost obyvatelstva, jsou nevyhnutelným předpokladem pro zmírnování dopadů přemnožení na majitele lesů a společnost.** Toto úsilí může být účinně podpořeno například platformami jako je Risk Facility Evropského lesnického institutu.

Zmírnování společenských konfliktů vyvolaných v poslední době některými přemnoženími a snahou o jejich management vyžaduje **upuštění od časté praxe ad hoc řešení, které postrádají širší konsenzus a konzistenci.** Budování vztahů s místními komunitami a zohlednění jejich obav a postojů umožní lépe formulovat strategie managementu, které mají širší společenskou podporu. Toto zapojení místních komunit však vyžaduje další výzkum ekologické a sociální dimenze přemnožení.

Účinný management přemnožení kůrovců vyžaduje **holistický a na poznatcích založený přístup orientovaný na úroveň krajiny**, který zahrnuje monitoring, sanitární a pěstební opatření a bezzásahový režim. Tento proces se musí opírat o následovná opatření:

- Přijmout legislativu, která podpoří využívání širšího spektra postupů ochrany lesa alepší tak flexibilitu tvorby managementových strategií, které zohledňují místní hospodářské cíle a přírodní podmínky.
- Zrušit nebo zvolnit legislativní omezení, které brání komplexnímu managementu disturbancí. Například požadavek, že zasažené porosty musí být v krátké době obnoveny, často vede ke vzniku další generace homogenních stejnověkových porostů, které budou v budoucnu náchylné k poškození různými činiteli.

- Vytvořit rámce, které umožní management disturbancí na úrovni krajiny. Toto zahrnuje například zlepšenou koordinaci a komunikaci mezi majiteli lesů (například pomocí společenství vlastníků) s cílem narušovat propojenost populací kůrovce a komplexů hostitelských dřevin v krajině.
- Umožnit sdílení dat o výskytu škůdců a chorob shromažďovaných národními lesními ochrannými službami a jinými organizacemi. Na těchto základech vytvořit konzistentní mezinárodní systém monitoringu kůrovců v Evropě.
- S ohledem na vysoké riziko negativních dopadů invazních druhů kůrovců zřídit v Evropě monitorovací síť založenou na pastech opatřených vhodnými atraktanty. Přijmout opatření pro zamezení šíření nepůvodních druhů podkorního a dřevokazného hmyzu prostřednictvím mezinárodního obchodu s dřívím a dřevěným obalovým materiálem.
- Využít disturbance jako příležitosti pro adaptaci lesů na změněné přírodní podmínky. Navzdory tomu, že například změna dřevinné skladby sekundárních smrkových lesů na porosty lépe adaptované na aktuální stanovištní a klimatické podmínky byla ve střední Evropě dlouhodobě součástí lesnické agendy, praktická implementace těchto opatření byla nedostačující. Současné velkoplošné disturbance tak vytváří příležitost pro nové, druhově pestřejší porosty adaptované na probíhající změny klimatu.
- Podpořit majitele lesů při tvorbě druhově rozmanitých porostů v oblastech zasažených kůrovcem, například formou cílených dotačních programů.
- Revidovat současné využívání nahodilých těžeb s ohledem na aktuální vědecké poznatky ohledně jejich účinnosti, s cílem zamezit neefektivnímu využívání zdrojů, nežádoucím vedlejším dopadům nebo zneužití legislativních nástrojů, jako je například snížené daňové zatížení kalamitního dříví.
- Přehodnotit využívání různých lapacích zařízení pro kontrolu populací kůrovce, obzvláště, je-li populace v epidemickém stavu. Místo toho by tyto technologie měly být využity pro zřízení různých monitorovacích systémů.

## Glosář

**Biologické dědictví** (biological legacies, disturbance legacies) jsou různé organismy, organický materiál nebo charakteristické uspořádání těchto prvků, které přetrvaly po disturbančních událostech a ovlivňují obnovu a trajektorii dalšího vývoje ekosystému.

**Disturbance lesního ekosystému** jsou diskrétní události, které zásadním způsobem mění strukturu, skladbu a fungování ekosystému, společenství nebo populací, mění dostupnost různých zdrojů nebo fyzické prostředí. Typickými příklady z Evropy jsou lesní požáry, přemnožení hmyzích škůdců nebo větrné polomy.

**Disturbanční režim** popisuje charakteristickou frekvenci, velikost a intenzitu disturbancí v relativně dlouhém časovém období, které jsou charakteristické pro dané území. Často zahrnuje interakce mezi různými disturbančními činiteli, jako je například vítr a kůrovec.

**Ekosystémové služby** jsou benefity, které lidé získávají z ekosystémů. Obecně rozlišujeme 4 kategorie ekosystémových služeb: produkční, jako je produkce potravin, dřeva a vody; regulační, jako je regulace klimatu nebo šíření různých chorob; podpůrné, jako je ovlivňování koloběhu živin a produkce kyslíku; a kulturní, jako jsou různé duševní a rekreační hodnoty.

**Karanténní druhy** jsou druhy, proti nimž jsou uplatňována karanténní opatření (často definována zákonem). Tyto opatření zahrnují například ošetřování dřevěného obalového materiálu pro zamezení šíření škůdců, nebo odstraňování a pálení napadených rostlin.

**Společenský kontext** vyjadřuje socioekonomické a biofyzikální charakteristiky míst, které ovlivňují interakce mezi člověkem a prostředím.



## Literatura

Při vypracování této zprávy jsme využili víc než 250 literárních zdrojů. Pro přehlednost jsme zde jejich počet omežili jen na níže uvedené nejdůležitější reference.

- Abdullah, H. et al. (2018) European spruce bark beetle (*Ips typographus*, L.) green attack affects foliar reflectance and biochemical properties. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 64: 199–209.
- Aukema, B. H. et al. (2006) Landscape level analysis of mountain pine beetle in British Columbia, Canada: spatiotemporal development and spatial synchrony within the present outbreak. *Ecography* 29: 427–441.
- Beudert, B. et al. (2015) Bark beetles increase biodiversity while maintaining drinking water quality. *Conservation Letters* 8: 272–281.
- Black, S. H. et al. (2013) Do bark beetle outbreaks increase wildfire risks in the Central U.S. Rocky Mountains? Implications from recent research *BioOne Complete* 33: 59–65.
- Bogdanski B., et al. (2011) Markets for forest products following a large disturbance: opportunities and challenges from the mountain pine beetle outbreak in western Canada. Canadian Forest Service. Pacific Forestry Centre. Information Report BC-X-429, 69p.
- Čada, V. et al. (2016) Frequent severe natural disturbances and non-equilibrium landscape dynamics shaped the mountain spruce forest in central Europe. *Forest Ecology and Management* 363: 169–178.
- Cienciala, E. et al. (2017) Recent spruce decline with biotic pathogen infestation as a result of interacting climate, deposition and soil variables. *European Journal of Forest Research* 136: 307–317.
- Cohen, J. et al. (2016) Hedonic valuation with translating amenities: mountain pine beetles and host trees in Colorado front range. *Environmental and Resource Economics* 63:613–642.
- Dhar, A. et al., (2016) Consequences of mountain pine beetle outbreak on forest ecosystem services in western Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 46: 987–999.
- Flint, C. G. & Luloff, A. E. (2007) Community activeness in response to forest disturbance in Alaska. *Society and Natural Resources* 20: 431–450.
- Galko, J. et al. (2016) Effectiveness of pheromone traps for the European spruce bark beetle: a comparative study of four commercial products and two new models. *Forestry Journal* 62: 207–215.
- Griess, V.C. et al. (2012) Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce. *Forest Ecology and Management* 267: 284–296.
- Haberkern, K.E. et al. (2002) Bark beetles and fungal associates colonizing white spruce in the Great Lakes region. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1137–1150.
- Hagge, J. et al. (2018) Reconciling pest control, nature conservation and recreation in coniferous forests. *Conservation Letters*: e12615.
- Hantula, J. et al. (2014) International plant trade associated risks: Laissez-fair or novel solutions? *Environmental Science and Policy* 37: 158–160.
- Henne, P.D. et al. (2015) Reviving extinct Mediterranean forests increases ecosystem potential in a warmer future. *Frontiers in Ecology and the Environment* 13: 356–362.
- Hilmers, T. et al. (2018) Biodiversity along temperate forest succession. *Journal of Applied Ecology* 55: 2756–2766.
- Hlásny, T. et al. (2017) Conversion of Norway spruce forests in the face of climate change: a case study in Central Europe. *European Journal of Forest Research* 136: 1013–1028.
- Holling, C.S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 4: 1–23.
- Holling, C.S. & Meffe, G.K. (1996) Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology* 10: 328–337.
- Holmes, T.P. (1991) Price and welfare effects of catastrophic forest damage from Southern pine beetle epidemics. *Forest Science* 37: 500–516.
- Jactel, H. et al. (2009) The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Annals of Forest Science* 66: 701–701.

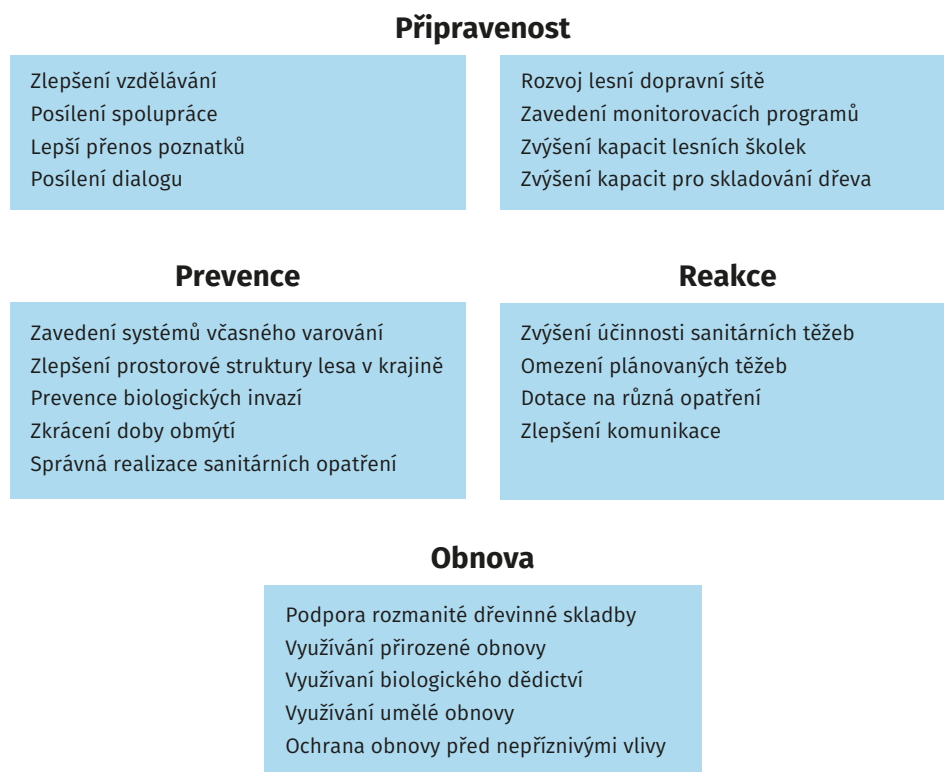
- Jarvis, D. S. & Kulakowski, D. (2015) Long-term history and synchrony of mountain pine beetle outbreaks in lodgepole pine forests. *Journal of Biogeography* 42: 1029–1039.
- Jönsson, A. M. et al. (2011) Modelling the potential impact of global warming on *Ips typographus* voltinism and reproductive diapause. *Climatic Change* 109: 695–718.
- Kärvelo, S. et al. (2016) Local colonization-extinction dynamics of a tree-killing bark beetle during a large-scale outbreak. *Ecosphere* 7: e01257.
- Kautz, M. et al. (2011) Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions. *Forest Ecology and Management* 262: 598–608.
- Kautz, M. et al. (2014) Individual traits as drivers of spatial dispersal and infestation patterns in a host-bark beetle system. *Ecological Modelling* 273: 264–276.
- Kirkendall, L. R. & Faccoli, M. (2010) Bark beetles and pinhole borers (Curculionidae, Scolytinae, Platypodinae) alien to Europe. *ZooKeys* 56: 227–251.
- Leverkus, A.B. et al. (2018) Salvage logging effects on regulating and supporting ecosystem services — a systematic map. *Canadian Journal of Forest Research* 48: 983–1000.
- Loeffler, D. & Anderson, N. (2017) Impacts of the mountain pine beetle on sawmill operations, costs, and product values in Montana. *Forest Products* 68: 15–24.
- Marini, L. et al. (2012) Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle. *Climatic Change* 115: 327–341.
- Marini, L. et al. (2017) Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography* 40: 1426–1435.
- Montano, V. et al. (2016) How differential management strategies affect *Ips typographus* L. dispersal? *Forest Ecology and Management* 360: 195–204.
- Mori, A.S. et al. (2013) Response diversity determines the resilience of ecosystems to environmental change. *Biological Reviews* 88: 349–364.
- Müller, J. et al. (2018) Increasing disturbance demands new policies to conserve intact forest. *Conservation Letters* 12: e12449.
- Müller, M. (2011) How natural disturbance triggers political conflict: bark beetles and the meaning of landscape in the Bavarian Forest. *Global Environmental Change* 21: 935–946.
- Neuner, S. et al. (2014) Survival of Norway spruce remains higher in mixed stands under a dryer and warmer climate. *Global Change Biology* 21: 935–946.
- Parkins, J. R. & MacKendrick, N. A. (2007) Assessing community vulnerability: a study of the mountain pine beetle outbreak in British Columbia, Canada. *Global Environmental Change* 17: 460–471.
- Pohjola, J. et al. (2018) Immediate and long-run impacts of a forest carbon policy – A market-level assessment with heterogeneous forest owners. *Journal of Forest Economics* 32: 94–105.
- Potterf, M. & Bone, C. (2017) Simulating bark beetle population dynamics in response to windthrow events. *Ecological Complexity* 32: 21–30.
- Powell, E.N. et al. (2012) Wildfire provides refuge from local extinction but is an unlikely driver of outbreaks by mountain pine beetle. *Ecological Monographs* 82: 69–84.
- Pye, J. et al. (2011) Economic impacts of the southern pine beetle. Chapter 14 in *Southern Pine Beetle II*, Coulson, R. N.; Klepzig, Kier; General Technical Report (GTR)-SRS-140. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station, 213–222.
- Qin, H. & Flint, C. G. (2010) Capturing community context of human response to forest disturbance by insects: a multi-method assessment. *Human Ecology* 38: 567–579.
- Qin, H. et al. (2015) Tracing temporal changes in the human dimensions of forest insect disturbance on the Kenai Peninsula, Alaska. *Human Ecology* 43: 43–59.
- Raffa, K. F. et al. (2008) Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *BioScience* 58: 501–517.
- Raffa, K. F. et al. (2013) Temperature-driven range expansion of an irruptive insect heightened by weakly coevolved plant defenses *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 110: 2193–2198.



- Rosenberger, R.S. et al. (2013) Estimating the economic value of recreation losses in the Rocky Mountain pine beetle outbreak. *Proceedings of the Western economics forum*: 31–39.
- Seidl, R. et al. (2011) Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology* 17: 2842–2852.
- Seidl, R. (2014) The shape of ecosystem management to come: anticipating risks and fostering resilience. *Bioscience* 64: 1159–1169.
- Seidl, R. et al. (2014) Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change* 4: 806–810.
- Seidl, R. et al. (2016) Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. *Journal of Applied Ecology* 53: 121–129.
- Senf, C. & Seidl, R. (2018) Natural disturbances are spatially diverse but temporally synchronized across temperate forest landscapes in Europe. *Global Change Biology* 24: 1201–1211.
- SFA (2006) Stormen 2005 – en skoglig analys. (In Swedish.) Meddelande Nr 1 Jönköping: Swedish Forest Agency.
- SFA (2010) Swedish statistical yearbook of forestry. Jönköping: Swedish Forest Agency.
- Simard, M. et al. (2011) Do bark beetle outbreaks change the probability of active crown fire in lodgepole pine forests? *Ecological Monographs* 81: 3–24.
- Sommerfeld, A. et al. (2018) Patterns and drivers of recent disturbances across the temperate forest biome. *Nature Communications* 9: 4355.
- Spiecker, H. et al. (eds.) (2019) Douglas-fir – an option for Europe. *What Science Can Tell Us* 9, European Forest Institute, 121 p.
- Temperli, C. et al. (2013) Cross-scale interactions among bark beetles, climate change, and wind disturbances: a landscape modeling approach. *Ecological Monographs* 83: 383–402.
- Thom, D. & Seidl, R. (2016) Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews* 91: 760–781.
- Thom, D. et al. (2017) Disturbances catalyse the adaptation of forest ecosystems to changing climate conditions. *Global Change Biology* 23: 269–282.
- Thorn, S. et al. (2016) Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic costs compared to debarking. *Forest Ecology and Management* 364: 10–16.
- Thorn, S. et al. (2017) Effects of natural disturbances and salvage logging on biodiversity - Lessons from the Bohemian Forest. *Forest Ecology and Management* 388: 113–119.
- Yoon, J.-S. et al. (2018) Double-stranded RNA binding protein, *Staufen*, is required for the initiation of RNAi in coleopteran insects. *PNAS* 115: 8334–8339.
- Wermelinger, B. (2004) Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202: 67–82.
- Zeppenfeld, T. et al. (2015) Response of mountain *Picea abies* forests to stand-replacing bark beetle outbreaks: neighbourhood effects lead to self-replacement. *Journal of Applied Ecology* 52: 1402–1411.
- Zhang, Q.-H. & Schlyter, F. (2003) Redundancy, synergism and active inhibitory range of non-host volatiles in reducing pheromone attraction in European spruce bark beetle *Ips typographus*. *Oikos* 101: 299–310.

## Příloha A: Nástroje a opatření pro management přemnožení kůrovců

Tato příloha zahrnuje seznam nástrojů a opatření prezentovaných v této studii. Jednotlivé položky jsou seskupeny do čtyř kategorií tzv. *emergency management cycle* – připravenost, prevence, reakce a obnova. Jedná se o široce využívaný koncept managementu rizik pro různé komunity nebo prostředí. Obr. 15 znázorňuje zjednodušenou koncepci této „sady nástrojů“ (v originále *outbreak management toolbox*). Následující tabulky jednotlivé nástroje a opatření popisují podrobněji.



**Obr. 15.** Zjednodušené schéma sady nástrojů pro management přemnožení kůrovců



PŘIPRAVENOST		
P.č.	Nástroje a opatření	Popis
1.1	Zlepšení vzdělávání	V mnoha částech Evropy dominují tradiční přístupy k managementu přemnožení kůrovců a vnímání role přírodních disturbancí, které často postrádají vědecké základy. Je proto zapotřebí revidovat současné vzdělávací osnovy a vzdělávání na všech úrovních státní zprávy a managementu lesa.
1.2	Posilování mezinárodní spolupráce	Přeshraniční rozsah kůrovcových kalamit, potenciální invaze a šíření nových škůdců vyžadují posílení mezinárodní spolupráce s cílem sdílení dat a poznatků, monitorování škůdců a krizového managementu.
1.3	Zlepšení přenosu poznatků do praxe a kvality rozhodovacích procesů	Zintenzivňující se přemnožení stále více zpochybňuje účinnost tradičních přístupů k jejich zvládnutí. Je proto naléhavě potřebné zlepšit přenos poznatků z výzkumu do praxe a tvorby lesnických strategií a politik. Důležitá je také praktická demonstrace nových postupů a jejich propagace jako příkladů dobré praxe.
1.4	Vývoj ucelených postupů krizového managementu	Management přemnožení národního nebo nadnárodního rozsahu vyžadují dobře připravené a koordinované mezirezortní reakce (zapojující lesníky, ekology, ekonomy, dopravu, bezpečnost obyvatelstva apod.). Tyto postupy musejí nahradit současně převládající ad hoc řešení, která často postrádají širší společenský konsensus a systematickosti a jsou častým zdrojem konfliktů.
1.5	Zonace chráněných území	V lesích, kde je cílem ochrana přírody a biodiverzity, mají být zřízeny nárazníkové zóny bránící přímému šíření kůrovce do sousedních hospodářských lesů (a naopak).
1.6	Udržování dialogu mezi zainteresovanými stranami	Je zapotřebí udržovat dialog všech stran účastnících se managementu přemnožení kůrovce nebo jinak ovlivněných děním v lese, s cílem zvýšit účinnost realizovaných opatření, akceptovanost konečného výsledku a zmírnění rizika společenských konfliktů.
1.7	Budování vztahů s místními komunitami	Průběžné budování vztahů s místními komunitami a jasná komunikace rizik a opatření souvisejících s možnými postupy managementu přemnožení kůrovce propůjčují legitimitu realizovaným opatřením a snižují riziko společenských konfliktů.
1.8	Zlepšení nebo zřízení systémů pro monitoring stavu lesa z hlediska predispozic k poškození a změn v populacích škůdců	Účinná realizace opatření vyžaduje včasnou detekci změn stavu lesa, výskytu klimatických extrémů, které mohou vyvolat přemnožení, nárůstu populační hustoty škůdců nebo zjištění nových škůdců. Většina současných monitorovacích systémů neposkytuje pro management kůrovců postačující informace nebo tyto systémy nejsou využívány.
1.9	Udržování dostatečného stavu kvalifikovaného personálu	Zatímco počet pracovníků v lesním hospodářství obecně klesá, současně lesnické výzvy, jako je rostoucí intenzita většiny typů disturbancí, přibývají. Je proto zapotřebí udržovat přiměřené stavy dobře vyškoleného lesnického personálu znalého místních podmínek.
1.10	Podpora přirozené obnovy	Udržování vitálního podrostu v smrkových porostech usnadňuje rychlou obnovu lesa po disturbancích.
1.11	Udržování dostatečné kapacity lesních školek	Zvýšená poptávka po reprodukčním materiálu vhodných druhů a provedení může v případě velkoplošných přemnožení přesáhnout stávající kapacitu lesních školek a způsobit problémy při obnově lesa. Kapacity školek je proto zapotřebí udržovat na úrovni odpovídající rostoucímu riziku disturbancí.
1.12	Rozvoj a udržování kvalitní sítě lesních cest	Přiměřená síť lesních cest je nevyhnutelným předpokladem pro realizaci přírodních blízkého obhospodařování lesa, managementu podporujícího rezilienci, a účinnou detekci a odstraňování napadených stromů.
1.13	Zvýšení skladových kapacit	Dostatečné skladové kapacity mohou zmírnit dopady velkoplošných disturbancí na trh s dřívím.

PREVENCE		
P.č.	Nástroje a opatření	Popis
2.1	Vývoj systémů včasného varování a jejich integrace do uceleného systému managementu přemnožení	Vývoj a využívání systémů včasného varování na základě aktuálních údajů o počasí, údajů z monitoringu populací kůrovce a dálkového průzkumu Země umožní identifikaci oblastí s vysokým rizikem napadení kůrovcem a implementaci cílených preventivních opatření.
2.2	Koordinace zásahů proti kůrovci na úrovni krajiny	Efektivní zásahy proti kůrovci jsou často omezovány různorodou vlastnickou strukturou lesa. Pro účinný management přemnožení je proto zapotřebí vytvořit rámce umožňující koordinované zásahy na úrovni krajiny neomezované vlastnickými vztahy.
2.3	Narušování konektivity komplexů hostitelských dřevin	Cílem opatření je snižovat možnosti migrace kůrovce narušováním propojenosti komplexů hostitelských dřevin, čím může dojít k omezení napadení na jednotlivá ohniska.
2.4	Využití feromonových pastí pro monitoring populací kůrovce a možných invazí	Feromonové pastě jsou účinným prostředkem monitorování populací kůrovce a pro podporu rozhodování o načasování a intenzitě různých opatření.
2.5	Tvorba druhově pestrých porostů s komplexní strukturou	Druhově smíšené porosty s komplexní vertikální a horizontální strukturou jsou méně náchylné k napadení škůdci a mají vyšší pravděpodobnost přežití různých disturbancí než stejnorodé porosty s jednoduchou strukturou.
2.6	Snižování doby obmýetí	Zranitelnost stromů větrem a kůrovcem se obecně zvyšuje s věkem stromu. Snižování doby obmýetí tak snižuje celkové riziko napadení porostů.
2.7	Zvyšování rezistence stromů vůči napadení pomocí probírek	Opatření snižující konkurenci stromů v porostu mohou zlepšit vitalitu stromů a jejich odolnost proti napadení kůrovcem.
2.8	Včasná detekce napadených stromů	Předpokladem účinných sanitačních těžeb je včasná detekce napadených stromů, přičemž mohou být efektivně využity moderní technologie pozemního šetření a dálkového průzkumu Země.
2.9	Snižování rizika vzniku přemnožení včasným odstraňováním napadených stromů	Odstraňováním napadených stromů v období před vylétnutím brouků je možné snížit velikost populace kůrovce a snížit riziko přemnožení. Obdobně je možné využít odstraňování větrem poškozených stromů.
2.10	Prevence šíření kůrovce z vytěžených napadených stromů	Mechanické nebo chemické ošetření napadených a vytěžených stromů může zabránit broukům ve vylétnutí a napadení živých stromů.
2.11	Vytváření podmínek pro přirozené nepřátele kůrovce	Kůrovci mají řadu přirozených nepřátel (ptáci, hmyzí predátoři, atd.). Zakládání druhově rozmanitých stanovišť příznivých pro různé druhy přirozených nepřátel může snížit velikost populace kůrovce a riziko vzniku přemnožení.
2.12	Využívání nepůvodních druhů dřevin při obnově kalamitních ploch	Využití nepůvodních druhů dřevin, které nejsou hostiteli pro původní druhy kůrovců, je možné zvažovat jako obohacení dřevinné skladby například ve vysoce rizikových oblastech



REAKCE		
P.č.	Nástroje a opatření	Popis
3.1	Těžba odumřelých stromů s cílem zmírnění ekonomických dopadů přemnožení	Opatření se zaměřuje na těžbu stromů usmrčených kůrovcem nebo poškozených větrem, s primárním cílem zmírnit ekonomické dopady disturbancí. Těžba musí proběhnout ještě před znehodnocením kvality dřeva. Při těchto operacích je zapotřebí zvažovat možné negativní dopady na biodiverzitu a celkovou ekonomickou efektivitu.
3.2	Snížení plánovaných těžeb	Snížování plánovaných těžeb může uvolnit kapacity pro aktivity související s managementem přemnožení a zmírnit dopady přechodného přebytku dříví na trh.
3.3	Dotace opatření	Management velkoplošných přemnožení kůrovce může přesáhnout finanční možnosti majitelů lesů. Dotace na dopravu a skladování dřeva a další aspekty managementu mohou zmírnit ekonomické dopady a zvýšit účinnost opatření.
3.4	Využití režimu „nezasahování“ jako možné reakce na napadení	Nezasahování musí být zvažováno jako legitimní možnost reakce na přemnožení kůrovce v situacích, kde těžba odumřelých stromů není ekonomicky smysluplná a není ani perspektiva, že různá sanitační opatření omezí další rozvoj přemnožení. V takových situacích je vhodnější se při managementu orientovat na obnovu lesa a využití dostupných kapacit v jiných oblastech.
3.5	Sanitární těžby	Vyhledávání a odstraňování napadených stromů může sloužit jako prevence šíření kůrovce, zejména v případě napadení malého rozsahu. Prioritu by měly mít stromy poškozené větrem nebo jinými abiotickými vlivy, protože mohou sloužit jako zdroje kritického nárůstu velikosti populací kůrovce. Tyto operace je možné podpořit různými typy modelů pro hodnocení predispozic k napadení a cíleně zasahovat např. s ohledem na snižování konektivity komplexů hostitelských stromů a populací škůdce.
3.6	Udržování dialogu mezi zainteresovanými stranami a korektní informování o zvolené strategii managementu přemnožení	Vedení dialogu mezi zainteresovanými stranami může zvýšit účinnost realizovaných opatření a akceptaci dosažených výsledků. Využití hromadných sdělovacích prostředků je vhodným přístupem pro komunikaci zvolené strategie a postupu prací, a snížení rizika nepříznivých reakcí veřejnosti.

OBNOVA		
P.č.	Nástroje a opatření	Popis
4.1	Zvyšování druhové diverzity porostů	Obnova lesa po napadení vytváří příležitost pro změnu (úpravu) druhové skladby nové generace lesa a vytvoření porostů méně náchylných na vznik přemnožení.
4.2	Podpora přirozené obnovy	Přirozeně vzniklé nárosty by měly být při těžbě zachovány, protože usnadňují obnovu lesa a vytváří příznivé mikroklimatické podmínky
4.3	Aktivní využívání pionýrských druhů dřevin	Obnova s využitím pionýrských druhů jako bříza, topol nebo modřín umožňuje rychle vytvoření zapojeného porostu, pod nímž lze pak vysazovat komerčně významnější druhy.
4.4	Využívání procesů přirozené regenerace	Lesy mají značné schopnosti přirozené regenerace po disturbancích. Přirozená (a levná) regenerace má být zvažována zejména v oblastech, kde rychlá obnova smrkových lesů není nezbytná a kde lokálně významné ekosystémové služby mohou být poskytovány i přirozeně se zmlazujícími druhy dřevin.
4.5	Umělá obnova	Umělá obnova vede k rychlejší obnově lesního porostu a umožňuje lepší kontrolu nad budoucí dřevinnou skladbou lesa.
4.6	Ochrana zmlazení před nepříznivými vlivy	Ochrana sazenic před zvěří nebo konkurující vegetací urychluje růst a zlepšuje kvalitu obnovy.
4.7	Integrace „biologického dědictví“ do obnovujícího se lesa	Pozůstatky zasaženého lesa, jako jsou zbývající živé stromy či stojící nebo ležící mrtvé stromy, mají být aktivně zakomponovány do obnovujícího se lesa. Tyto prvky podporují obnovu a zlepšují strukturu další generace lesa.
4.8	Ochrana před poškozováním spárkatou zvěří	Poškozování spárkatou zvěří představuje v mnoha částech Evropy hlavní faktor omezující obnovu lesů zasažených různými disturbancemi. Stav zvěře je proto třeba udržovat na úrovni, které nebudou zamezovat úspěšné obnově požadovanými druhy dřevin.
4.9	Udržování dialogu mezi zainteresovanými stranami	Udržování dialogu mezi všemi zainteresovanými stranami podílejícími se nebo zasaženými přemnožením umožňuje hodnotit měnící se vnímání rizika a reakcí na ně mezi různými společenskými skupinami.
4.10	Pojištění lesa	Vlastníci lesů v některých zemích (například ve Finsku a Norsku) se mohou pojistit proti určitým druhům poškození lesa a ztrát z budoucího příjmu. To umožňuje lepší rozložení ekonomických rizik souvisejících s přemnožením kůrovců (a dalšími vlivy) mezi majitele lesa.
4.11	Dotace opatření obnovy lesa	Obnova po rozsáhlých napadeních lesa kůrovcem může vyžadovat velké investice, které přesahují finanční možnosti majitelů lesů. Obnova lesa může být účinnější v případě je-li podpořena dotacemi na tvorbu smíšených porostů, zalesňování stanovištně vhodnými dřevinami, ochranu před zvěří, atd.



## Příloha B: Potřeby výzkumu, vývoje a inovací

Tato příloha shrnuje potřeby výzkumu, vývoje a inovací (VVI), které vyplynuly z jednotlivých kapitol této zprávy.

P.č.	Oblast VVI
1	Vytvoření robustních prognóz dlouhodobých dopadů přemnožení kůrovce v Evropě
2	Vývoj a zlepšení modelů pro hodnocení rizik a alokaci zdrojů (finančních, lidských, infrastrukturních apod.) pro podporu managementu přemnožení kůrovce. Patří sem například modely pro prioritizaci oblastí, ve kterých mají být realizovány sanitární těžby, optimalizace dopravní a skladové infrastruktury, atd.
3	Zlepšení pochopení mechanismů spouštějících přemnožení kůrovců a mechanismů vedoucích k jejich kolapsu, a využití těchto poznatků pro zlepšení stávajících modelů dynamiky škůdců a hodnocení rizik
4	Zlepšení metod dálkového průzkumu Země pro včasnou detekci napadených stromů (tj. před objevením zjevných vnějších známek napadení) a zavedení těchto metod do lesnické praxe
5	Vývoj a testování metod pro ošetřování napadených stromů jako je odkornění, seškrabávání kůry nebo fumigace, s cílem minimalizovat dopady na prostředí a biodiverzitu a zvýšit účinnost sanitárních těžeb
6	Zlepšení metod skladování dřeva pro zmírnění dopadů na trh s dřevem
7	Vypracování ucelených analýz nákladů a výnosů různých opatření pro management přemnožení kůrovce pro lepší porozumění jejich účinnosti a minimalizaci nežádoucích dopadů
8	Zlepšení postupů monitoringu lesních škůdců pomocí feromonových pastí, včetně různých typů „inteligentních pastí“, autonomních lapacích a monitorovacích systémů apod., s cílem zlepšení schopnosti včasné detekce a eradikace nových škůdců a průběžné hodnocení změn v roční a meziroční dynamice původních druhů
9	Vývoj modelů pro predikci výskytu nových druhů kůrovců v důsledku změny klimatu a určení jejich migračních tras pro účely jejich včasné detekce a eradikace
10	Vývoj harmonizovaného mezinárodního systému monitoringu lesních škůdců s pomocí feromonových pastí pro včasnou detekci invazí
11	Důkladnější porozumění mechanismům migrace kůrovce mezi sousedícími přírodními rezervacemi a hospodářskými lesy
12	Posílení výzkumu zaměřeného na účinnost a možné vedlejší dopady insekticidů na bázi RNAi a semio-chemikálií
13	Vývoj inovativních systémů kompenzačních opatření pro vlastníky lesů postižených kůrovcem (pojištění, platby za ekosystémové služby atd.) pro účinnější snížení dopadů a zefektivnění obnovy
14	Vypracování ucelené syntézy poznatků ohledně sociálního rozměru přemnožení škůdců
15	Vybudování mezinárodní výzkumné sítě pro studium sociálního aspektu disturbancí s cílem lepší koordinace dalších aktivit v této oblasti
16	Lepší pochopení dynamiky ekonomik postižených přemnoženími kůrovcem s cílem formulovat opatření a postupy umožňující zmírňovat ekonomické a další dopady





---

Žijeme v době zrychlujících se změn a nebývalých globálních hrozeb: energetická bezpečnost, vyčerpání přírodních zdrojů, ztráta biologické rozmanitosti, závislost na fosilních zdrojích a změna klimatu. Tyto hrozby vyžadují nová řešení, ale nabízejí i nové příležitosti. Průřezový charakter lesnického sektoru představuje důležité východisko k řešení těchto vzájemně souvisejících společenských hrozeb, při současném důrazu na rozvoj evropské cirkulární bio-ekonomiky.

Evropský lesnický institut je nestranná vědecky orientovaná mezinárodní organizace, která poskytuje nejnovější poznatky a informace lesnické vědy pro tvorbu strategií a politik. EFI poskytuje podporu politikům, manažérům, a institucím na bázi interdisciplinárních poznatků s cílem posílení dialogu mezi vědou a tvorbou strategií a politik.

---

Tento výzkum a publikace této práce byly financovány z fondu EFI Multi-Donor Trust Fund na podporu strategií, do nějž přispívají vlády Rakouska, České republiky, Finska, Německa, Irska, Itálie, Litvy, Norska, Španělska a Švédska.



EUROPEAN FOREST  
INSTITUTE

[www.efi.int](http://www.efi.int)