LESNICKÝ PRŮVODCE

MOŽNOSTI PREDIKCE NAPADENÍ SMRKOVÝCH POROSTŮ KŮROVCI (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)



Ing. JAKUB ŠPOULA, Ph.D.
a kol.

Certifikované METODIKY PRO PRAXI

12/2025

Možnosti predikce napadení smrkových porostů kůrovci (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Certifikovaná metodika

Ing. Jakub Špoula, Ph.D.
Ing. Bc. Jan Lubojacký, Ph.D.
RNDr. Adam Véle, Ph.D. et Ph.D.
Ing. Miloš Knížek, Ph.D.

Strnady 2025

Lesnický průvodce 11/2025

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště
www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na: http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz
Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz
Grafická úprava a zlom: Vydavatelský servis, z. s.,
e-mail: servis@vydavatelskyservis.cz;
Klára Šimerová; e-mail: k.simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-316-5
ISSN 0862-7657

METHODS FOR PREDICTING INFESTATION OF NORWAY SPRUCE STANDS BY BARK BEETLES (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)

Abstract

The presented methodology describes a practical and empirically verified approach for predicting annual volumes of bark beetle salvage felling in Czech forests. It is primarily designed for small and medium forest owners who often lack analytical tools for estimating the expected extent of bark beetle damage. The method is based on long-term time series of felling volumes (2001–2024), which were aggregated into nine regions with comparable dynamics of pest outbreaks. Two complementary predictive regimes are introduced: a growth phase, capturing periods of increasing infestation intensity, and a decline phase, representing the gradual decrease of felling volumes after the culmination of an outbreak. In addition, a transitional mixed phase is implemented, which smoothly blends both regimes using a continuous weighting function to handle years with unstable or reversing trends (e.g. alternating increases and decreases). The model combines weighted multi-year averages, regional adjustment coefficients, and empirically derived error bounds to ensure both stability and realistic sensitivity to current trends.

The methodology provides an accessible and reproducible tool for short-term operational forecasting of bark beetle felling volumes. It supports decision-making in forest management, planning of control measures, and evaluation of regional differences in the temporal course of bark beetle calamities.

Key words: forest protection; spruce; bark beetle; *Ips typographus*; salvage felling; prediction

Oponenti: Ing. Norbert Buchta,
Ministerstvo zemědělství ČR, Oddělení ochrany lesa,
Těšnov 65/17, Nové Město, 110 00 Praha 1,
e-mail: norbert.buchta@mze.gov.cz

Ing. Petr Martinek, Ph.D.,
Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta,
Ústav ochrany lesů a myslivosti,
Zemědělská 3, 613 00 Brno,
e-mail: petr.martinek@mendelu.cz

Adresy autorů:

Ing. Jakub Špoula, Ph.D., Ing. Bc. Jan Lubojacký, Ph.D.
RNDr. Adam Véle, Ph.D. et Ph.D., Ing. Miloš Knížek, Ph.D.
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.,
Strnady 136, 252 02 Jíloviště
e-mail: spoula@vulhm.cz, lubojacky@vulhm.cz, vele@vulhm.cz,
knizek@vulhm.cz

Metodika byla schválena odborem vědy a výzkumu MZe ČR
pod č. j. MZE-89275/2025-16222/M316.
MZe doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

Obsah

1 ÚVOD 6

2 CÍL METODIKY 9

3 VLASTNÍ POPIS METODIKY 10

3.1 Vstupní data a prostorové členění 10

3.2 Rovnice modelu 11

3.2.1 Růstová fáze 12

3.2.2 Poklesová fáze 13

3.2.3 Přechodová (smíšená) fáze 16

4 NOVOST POSTUPŮ 22

5 POPIS UPLATNĚNÍ 23

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY UPLATNĚNÍ 24

DEDIKACE 25

LITERATURA 26

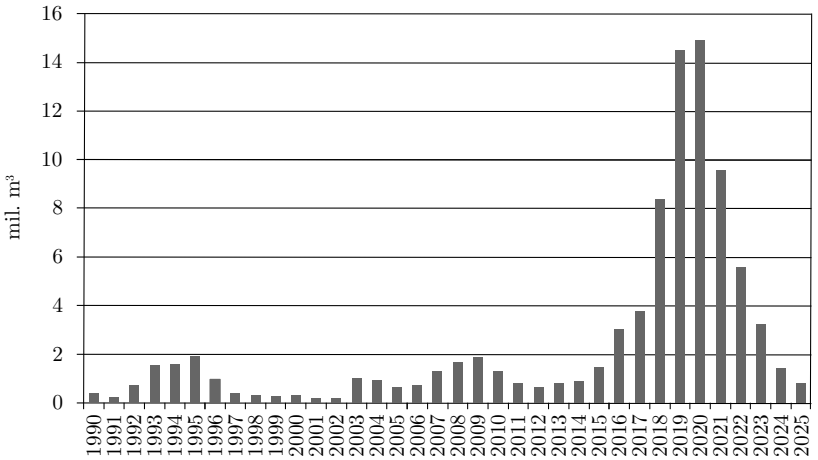
Seznam použité související literatury 26

Publikace, které předcházely metodice 27

SUMMARY 29

1 ÚVOD

Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) představuje z hlediska rozsahu a závažnosti škod nejvýznamnějšího škůdce smrkových porostů ve střední Evropě. Jeho populace vykazují periodické výkyvy v závislosti na klimatických podmínkách, věkové a prostorové struktuře lesů a dostupnosti oslabených smrků. V přirozených horských ekosystémech je druh součástí přirozené dynamiky lesa, avšak v hospodářských monokulturách způsobuje masivní ekonomické a ekologické ztráty (WERMELINGER 2004). Od konce 20. století, a zvláště po roce 2017 došlo v České republice k nejrozsáhlejší kůrovcové kalamitě v novodobé historii (Obr. 1), která zasáhla více než polovinu všech smrkových porostů (HLÁSNY et al. 2021). Dlouhodobě se ukazuje, že kalamitní epizody lýkožrouta smrkového mají cyklický charakter s periodou několika desetiletí (BRÁZDIL et al. 2022). Každá větší gradace je urychlena souběhem predispozičních faktorů – suchem, větrnými polomy, vysokým zastoupením stejnověkých smrkových porostů a nedostatkem těžebních kapacit (SEIDL et al. 2017; HLÁSNY et al. 2019). Tyto faktory společně určují nejen intenzitu napadení, ale i délku poklesové fáze, v níž se objem kalamitních těžeb postupně snižuje. Právě analýza a predikce tohoto poklesu jsou klíčovým podkladem pro plánování těžebních kapacit, logistiky a obnovy lesa po kalamitě. Zatímco na Vysočině, v Jeseníkách a na



Obr. 1: Evidovaný objem vytěženého smrkového kůrovcového dříví v České republice v letech 1990–2025 (zdroj dat: Lesní ochranná služba, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.)

severní Moravě došlo k rychlému kolapsu smrkových porostů, v západní a jižní části Česka měly výkyvy mírnější průběh. Tato prostorová nerovnoměrnost je výsledkem rozdílné nadmořské výšky, srážkového režimu a reakční schopnosti jednotlivých vlastníků lesa (ŠIMŮNEK et al. 2025). Z uvedených důvodů má lýkožrout smrkový zásadní význam pro lesní hospodářství v celé střední Evropě – nejen jako biotický činitel přirozené disturbance, ale i jako faktor, který určuje dlouhodobou udržitelnost lesnické produkce, krajinnou stabilitu a funkce lesa ve společnosti (SEIDL et al. 2017).

Krátkodobé operativní prognózy rozsahu kůrovcových těžeb vycházejí z kombinace principů používaných v časových řadách, empirických autoregresních modelech a fenologických modelech vývoje hmyzích škůdců. V zahraničí byla většina metodických přístupů zaměřena buď na modelování fenologie rojení, nebo na předpověď abundance škůdců v určitém území. Předkládaná metodika se od nich liší tím, že se zaměřuje na objemové dopady kalamity – tj. na predikci objemu těžeb kůrovcového dříví – v krátkodobém horizontu ($t \rightarrow t + 1$), přičemž využívá výhradně dat o realizovaných nahodilých těžbách a jejich dynamice. Nejrozšířenějším fenologickým modelem je PHENIPS (BAIER et al. 2007), který na základě teplotních sum popisuje vývojové fáze lýkožrouta smrkového a umožňuje simulovat načasování rojení a počet generací v průběhu sezóny. Tento přístup je zásadní pro modelování rizika napadení, nicméně neumožňuje kvantifikovat objemové dopady kalamity na úrovni těžeb. Z tohoto důvodu je fenologický přístup komplementární k objemově orientovaným modelům, jaké jsou základem této metodiky.

V oblasti predikce abundance škůdců se uplatňují zejména autoregresní a poissonské modely časových řad, případně jejich zobecněné varianty, které využívají poslední hodnoty časové řady a často zahrnují i klimatické proměnné jako exogenní faktory (PALMA et al. 2025). Tyto přístupy stojí koncepčně velmi blízko této navrhované metodice, protože také vycházejí z myšlenky, že pro krátkodobou prognózu je rozhodující trend posledních několika let a aktuální meziroční poměr změny. Na rozdíl od klasických modelů je zde aplikováno explicitní omezení meziročního poměru r pomocí mezí $r_{\min}$ a $r_{\max}$, čímž se zabraňuje nereálným skokovým změnám objemu.

Matematicky je tato konstrukce modelů blízká tzv. STAR modelům (KAVKLER et al. 2007; VAN DIJK et al. 2002), které umožňují plynulý přechod mezi růstovým a poklesovým režimem podle přechodové proměnné. V naší metodice je tento princip implementován pomocí kubické vyhlazovací funkce, která váhově určuje, do jaké míry se má projevovat růstová či poklesová rov-

nice. Tento přístup má výhodu výpočetní nenáročnosti a snadné interpretace výsledků při zachování dostatečné plynulosti časového vývoje.

Z hlediska objemů nahodilých těžeb se v posledních letech objevují práce, které ukazují silnou vazbu mezi dynamikou kalamitních těžeb a velkoprostorovými klimatickými vzorci – zejména indexem a sluneční aktivitou (ŠIMŮNEK et al. 2025). Tyto studie potvrzují, že objem těžeb lze s určitou mírou přesnosti predikovat i na základě klimatických parametrů, avšak pro praktické řízení lesnického provozu je vhodnější kratší, empiricky odvozený horizont prognózy založený na aktuálních datech o těžbách. Další rychle se rozvíjející oblastí je využití dálkového průzkumu Země pro včasnou detekci napadení porostů a mapování rozsahu poškození (CANDOTTI et al. 2022; JAMALI et al. 2023). Tyto metody, založené na časových řadách snímků Sentinel-2 a indexech vegetačního stresu, umožňují operativně odhadovat porosty napadené kůrovci a mohou sloužit jako vstupní nebo validační data pro predikci objemů těžeb. V českém kontextu představují doplňkový zdroj informací, který může být v budoucnu integrován s touto metodikou. Historické syntézy vývoje kůrovcových kalamit v České republice ukazují, že časové řady nahodilých těžeb věrně odrážejí dynamiku jednotlivých epizod napadení (BRÁZDIL et al. 2022). Tento poznatek potvrzuje vhodnost použití právě objemů těžeb jako robustního indikátoru pro modelování a predikci vývoje kůrovcové kalamity. Souhrnně lze říct, že předkládaná metodika kombinuje osvědčené principy z různých typů modelování (autoregresní, přechodové a empiricky ohraničené přístupy) a převádí je do aplikovatelného rámce pro jednoroční operativní prognózu rozsahu kůrovcových těžeb, která je přizpůsobena podmínkám České republiky a potřebám lesnické praxe.

2 CÍL METODIKY

Hlavním cílem předložené metodiky je poskytnout uživatelům jednotný a prakticky využitelný návod pro tvorbu operativních prognóz rozsahu kůrovcových těžeb v lesnickém provozu. Metodika umožní předvídat objem kůrovcového dříví napadeného lýkožroutem smrkovým a z něj vyplývající potřebu těžeb.

Metodika usiluje o zvýšení efektivity rozhodování při plánování těžebních a ochranných opatření a o zlepšení připravenosti vlastníků lesa a správců lesních majetků na gradace lýkožrouta smrkového. Záměrem je rovněž poskytnout nástroj pro podporu státní správy lesů, který umožní rychlejší orientaci v rozsahu aktuálních a očekávaných kůrovcových těžeb na regionální i celostátní úrovni.

3 VLASTNÍ POPIS METODIKY

3.1 Vstupní data a prostorové členění

Základem rovnic jsou časové řady ročních objemů nahodilých kůrovcových těžeb z evidence LOS v metrech krychlových (m^3) na úrovni okresů, pokrývající období let 2001–2024. Aby byl eliminován náhodný šum a odlišnosti mezi malými okresy, byly okresy sloučeny pomocí shlukové analýzy do devíti regionů, jež byly nazvány dle dominantní geografické oblasti, pod kterou většina okresů spadá. Tyto regiony vykazují přirozené rozdíly v dynamice kůrovcové kalamity. Regionální přístup zajišťuje větší stabilitu a menší kolísání prognóz.

Přehled regionů

1. **Jihozápad (Šumava)** (Český Krumlov, Klatovy, Prachatice, Strakonice)
2. **Západní Čechy** (Cheb, Karlovy Vary, Plzeň-jih, Plzeň-město, Plzeň-sever, Rokycany, Sokolov, Tachov)
3. **Střední Čechy** (Benešov, Beroun, Domažlice, Kladno, Kolín, Kutná Hora, Louny, Mělník, Nymburk, Praha, Praha-východ, Praha-západ, Příbram, Rakovník, Tábor)
4. **Vysočina** (České Budějovice, Havlíčkův Brod, Jihlava, Jindřichův Hradec, Pelhřimov, Písek, Třebíč, Žďár nad Sázavou)
5. **Jižní Morava** (Blansko, Brno-město, Brno-venkov, Břeclav, Hodonín, Znojmo)
6. **Krkonoše a východní Čechy** (Hradec Králové, Náchod, Pardubice, Rychnov nad Kněžnou, Trutnov, Ústí nad Orlicí)
7. **Severní Čechy** (Česká Lípa, Děčín, Chomutov, Chrudim, Jablonec nad Nisou, Jičín, Liberec, Litoměřice, Mladá Boleslav, Most, Semily, Svitavy, Teplice)
8. **Jeseníky** (Bruntál, Jeseník, Olomouc, Šumperk)
9. **Slezsko a východní Morava** (Frýdek-Místek, Karviná, Kroměříž, Nový Jičín, Opava, Ostrava-město, Přerov, Prostějov, Uherské Hradiště, Vsetín, Vyškov, Zlín)

Objemy nahodilé kůrovcové těžby v jednotlivých okresech byly převedeny na bezrozměrnou stupnici se střední hodnotou 0 a směrodatnou odchylkou 1, což umožnilo jejich přímé porovnání a shlukování podle tvaru časového průběhu, nikoli podle absolutních hodnot těžeb. Každý rok se přepočetl dle vzorce:

$$z_{i,t} = \frac{V_{i,t} - \overline{V}_i}{s_i},$$

kde

$V_{i,t}$ = objem těžby v okrese i v roce t,
$\overline{V}_i$ = průměr těžeb v tom okrese za celé období (např. 2001–2024),
s_i = směrodatná odchylka těch těžeb.

3.2 Rovnice modelu

Metodika rozlišuje tři vývojové fáze objemu těžeb, a to růstovou, poklesovou a přechodovou. Pro každou fázi je definována vlastní rovnice odrážející charakter změny těžeb. Konstrukce rovnic vychází z běžně používaných modelových přístupů pro předpovědi populační dynamiky škůdců. Růstová rovnice aplikovaná v této metodice vychází z principů trendově korigovaných autoregresních modelů, kde je aktuální hodnota modifikována váženou odchylkou od krátkodobého klouzavého průměru (PALMA et al. 2025). Poklesová rovnice je zkonstruována přístupů používaných v literatuře pro modelování útlumu gradací hmyzích škůdců, kde se využívá omezený meziroční poměr k zajištění realistického tempa poklesu po kulminaci kalamity (např. BAIER et al. 2007; SEIDL et al. 2009). Regionální hodnoty $r_{\min}$ a $r_{\max}$ byly odvozeny z pozorovaných poklesů při postupném kalibrování modelu (PALMA et al. 2025). Konkrétní podoba rovnic uvedených v této metodice proto představuje originální aplikaci výše uvedených principů na dlouhodobá data o kůrovcových těžbách v České republice.

Pro každý z 9 regionů byly z historických dat (2001–2024) odvozeny hodnoty: $r_{\min}$, $r_{\max}$ – dolní a horní mez typického poklesu. Tyto parametry jsou odvozeny z empirické distribuce meziročních poměrů a z validace modelu.

Průměrná symetrická chyba (sMAPE) regionálního modelu se pohybuje kolem 38 % což odpovídá realitě silně proměnlivých kalamitních let.

3.2.1 Růstová fáze

Růstová rovnice je univerzální pro všechny regiony. Pokud objemy kůrovcových těžeb rostou, tedy že meziroční změna objemu těžeb není záporná ($V_t > V_{t-3:t-1}$), použije se rovnice:

$$\widehat{V}_{t+1} = \max(0; V_t + \varphi \cdot \max(V_t - \overline{V}_{t-3:t-1}; 0) + \gamma \cdot \beta),$$

kde

$$\overline{V}_{t-3:t-1} = 0{,}5V_{t-1} + 0{,}3V_{t-2} + 0{,}2V_{t-3}$$

a

$$\beta = (V_t - V_{t-3})/3$$

Značka	Význam
$\widehat{V}_{t+1}$	Predikovaný objem kůrovcových těžeb pro následující rok $(t+1)$ (m^3)
V_t	Skutečný objem těžeb v posledním známém roce (t) (m^3)
$\overline{V}_{t-3:t-1}$	Vážený průměr objemů těžeb za tři předchozí roky $(t-1, t-2, t-3)$ vypočtený jako $0{,}5V_{t-1} + 0{,}3V_{t-2} + 0{,}2V_{t-3}$ (m^3)
φ	Koeficient tlumení růstu – určuje, jak silně se projevuje rozdíl mezi aktuální a průměrnou hodnotou (konst. = 0,8)
γ	Koeficient váhy trendové korekce (konst. = 0,3)
β	Tříletý lineární trend objemů těžeb (m^3/rok)
$\max(0;)$	Funkce, která zajišťuje, že predikovaný objem nemůže nabývat záporných hodnot

Tato rovnice zachycuje pokračující růst či stabilizaci objemů. Koeficient φ tlumí přehnané nárůsty a γ upravuje trend podle tříletého vývoje. Predikovaný objem těžeb $\widehat{V}_{t+1}$ vychází z aktuální hodnoty V_t, ke které se přičítá složka odpovídající odchylce od váženého průměru tří předchozích let $\overline{V}_{t-3:t-1}$. Tato odchylka je vynásobena koeficientem tlumení růstu φ, který brání nerealisticky prudkým nárůstům v krátkém období. Složka $\gamma \cdot \beta$ zachycuje trendovou korekci na základě tříletého lineárního trendu ($\beta = = (V_t - V_{t-3})/3$). Tím se modelu umožní jemně reagovat na setrvačnost vývoje a rozlišit mezi krátkodobým výkyvem a skutečně dlouhodobým růstem. Kombinace těchto dvou korekčních členů zajišťuje, že prognóza zůstává citlivá na aktuální situaci, ale zároveň si udržuje potřebnou stabilitu. V praxi tak model postupně snižuje tempo růstu, jakmile se objemy těžeb přiblíží k nasycení nebo stabilizaci po kulminaci kalamity.

Ukázka výpočtu

Vlastník lesních porostů na Vysočině, kde objemy nahodilé kůrovcové těžby dosahovaly v roce $2022 = 10\,\mathrm{m}^3$, $2023 = 17\,\mathrm{m}^3$, $2024 = 20\,\mathrm{m}^3$ a $2025 = 25\,\mathrm{m}^3$.

1) Výpočet váženého průměru tří předchozích let

$$\begin{aligned}\overline{V}_{t-3:t-1} &= 0{,}5 \cdot 20 + 0{,}3 \cdot 17 + 0{,}2 \cdot 10 \\ \overline{V}_{t-3:t-1} &= 10 + 5{,}1 + 2 = 17{,}1\end{aligned}$$

2) Výpočet tříletého trendu β

$$\beta = \frac{V_t - V_{t-3}}{3} = \frac{25 - 10}{3} = \frac{15}{3} = 5$$

3) Dosazení do hlavní rovnice

$$\begin{aligned}\widehat{V}_{t+1} &= \max(0; 25 + 0{,}8 \cdot \max(25 - 17{,}1; 0) + 0{,}3 \cdot 5) \\ \widehat{V}_{t+1} &= \max(0; 25 + 0{,}8 \cdot \max(7{,}9; 0) + 1{,}5) \\ \widehat{V}_{t+1} &= \max(0; 25 + 6{,}32 + 1{,}5) \\ \widehat{V}_{t+1} &= 32{,}82 \approx 33\end{aligned}$$

Na základě provedeného výpočtu lze předpokládat objem nahodilých kůrovcových těžeb (kůrovcového napadení) v roce 2026 v množství přibližně $33\,\mathrm{m}^3$.

3.2.2 Poklesová fáze

Poklesová rovnice je regionálně specifická, protože fáze útlumu těžeb po kulminaci se zásadně liší mezi oblastmi. Parametry $r_{\min}$ a $r_{\max}$ se liší podle regionu a byly odvozeny z empirické distribuce meziročních poměrů těžeb v období 2001–2024. Hodnoty zajišťují, že model realisticky zachycuje rychlost útlumu kalamity v jednotlivých částech České republiky.

Pokud je meziroční změna objemu kůrovcových těžeb záporná ($V_t < V_{t-1}$), použije se rovnice:

$$\widehat{V}_{t+1} = \max(0; V_t \cdot r_{\mathrm{omez}}),$$

kde

$$r_{\mathrm{omez}} = \min\left(r_{\max}; \max\left(r_{\min}; \frac{V_t}{\overline{V}_{t-3:t-1}}\right)\right)$$

Značka	Význam
$\widehat{V}_{t+1}$	Predikovaný objem kůrovcových těžeb pro následující rok $(t+1)$ po kulminaci (m^3)
V_t	Skutečný objem těžeb v posledním známém roce (t) (m^3)
$\overline{V}_{t-3:t-1}$	Vážený průměr objemů těžeb za tři předchozí roky $(t-1, t-2, t-3)$ vypočtený jako $0{,}5V_{t-1} + 0{,}3V_{t-2} + 0{,}2V_{t-3}$ (m^3)
r_{omez}	Omezený meziroční poměr vývoje těžeb, definovaný jako $r_{\text{omez}} = \min(r_{\max}; \max(r_{\min}; V_t/\overline{V}_{t-3:t-1}))$
$r_{\min}$	Dolní mez poklesu – představuje nejnižší realistické tempo poklesu těžeb (regionálně specifická konstanta)
$r_{\max}$	Horní mez poklesu – představuje nejvyšší realistický poměr odpovídající stabilizaci těžeb (regionálně specifická konstanta)
min()	Funkce, která vybere menší z hodnot – zajišťuje, že výsledek nepřekročí horní mez $r_{\max}$
max()	Funkce, která vybere větší z hodnot – zajišťuje, že výsledek neklesne pod dolní mez $r_{\min}$
$\max(0, \cdot)$	Funkce, která zajišťuje, že predikovaný objem těžeb $\widehat{V}_{(t+1)}$ nemůže být záporný

Tab. 1: Dolní a horní mez poklesu pro jednotlivé regiony

Region	$r_{\min}$	$r_{\max}$
Jeseníky	0,59	0,93
Slezsko a východní Morava	0,60	0,92
Vysočina	0,62	0,94
Jižní Morava	0,66	0,96
Jihozápad (Šumava)	0,65	0,97
Střední Čechy	0,64	0,95
Severní Čechy	0,63	0,94
Krkonoše a východní Čechy	0,61	0,93
Západní Čechy	0,60	0,92

Tato rovnice popisuje vývoj těžeb v poklesové fázi, tedy v období po kulminaci kůrovcové kalamity, kdy dochází k postupnému útlumu objemů zpracovávaného dříví. Predikovaná hodnota $\widehat{V}_{t+1}$ je odvozena z objemu těžeb v posledním známém roce V_t, který je upraven o poměr k váženému průměru tří předchozích let $\overline{V}_{t-3:t-1}$. Tento poměr vyjadřuje tempo meziroční změny a je omezen pomocí hranic $r_{\min}$ a $r_{\max}$, které byly pro každý region empiricky určeny z historických dat. Hodnota $r_{\min}$ představuje nejnižší realistické tempo poklesu, zatímco $r_{\max}$ vymezuje nejvyšší možný poměr odpovídající stabilizaci těžeb. Tímto omezením se zamezuje extrémním výkyvům v predikcích, které by mohly vzniknout vlivem mimořádných událostí (např. větrné kalamity). Vážený průměr tří předchozích let $(0{,}5V_{t-1} + 0{,}3V_{t-2} + + 0{,}2V_{t-3})$ zajišťuje, že model reaguje především na nejnovější vývoj, ale současně zohledňuje i dozvuky předchozích let.

Ukázka výpočtu

Vlastník lesních porostů v okrese Česká Lípa, tedy region severní Čechy, kde objemy nahodilé kůrovcové těžby dosahovaly v roce 2022 = $30\,\mathrm{m}^3$, 2023 = $= 27\,\mathrm{m}^3$, 2024 = $21\,\mathrm{m}^3$ a 2025 = $18\,\mathrm{m}^3$.

Regionální parametry pro severní Čechy

$$r_{\min} = 0{,}63; \quad r_{\max} = 0{,}94$$

1) Výpočet váženého průměru tří předchozích let

$$\begin{aligned} \overline{V}_{t-3:t-1} &= 0{,}5 \cdot 21 + 0{,}3 \cdot 27 + 0{,}2 \cdot 30 \\ \overline{V}_{t-3:t-1} &= 10{,}5 + 8{,}1 + 6 = 24{,}6 \end{aligned}$$

2) Výpočet meziročního poměru

$$\frac{V_t}{\overline{V}_{t-3:t-1}} = \frac{18}{24{,}6} = 0{,}731\,7$$

3) Ořezání poměru podle regionálních mezí

$$r_{\mathrm{omez}} = \min(0{,}94; \max(0{,}63; 0{,}731\,7)) = 0{,}731\,7$$

4) Dosazení do hlavní rovnice

$$\begin{aligned} \widehat{V}_{t+1} &= \max(0; 18 \cdot 0{,}731\,7) \\ \widehat{V}_{t+1} &= 13{,}17 \approx 13 \end{aligned}$$

Na základě provedeného výpočtu lze předpokládat objem nahodilých kůrovcových těžeb (kůrovcového napadení) v roce 2026 v množství přibližně $13\,\mathrm{m}^3$.

3.2.3 Přechodová (smíšená) fáze

Smíšená (přechodová) rovnice popisuje situace, kdy se vývoj objemu kůrovcových těžeb pohybuje mezi růstem a poklesem, typicky v období po retrogradaci nebo při přechodu mezi fázemi. Model v těchto případech kombinuje výstupy růstové a poklesové rovnice

$$\widehat{V}_{t+1} = w \cdot \widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} + (1 - w) \cdot \widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}}$$

kde $\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}}$ je hodnota vypočtená z růstové rovnice (viz kapitola 3.2.1) a $\widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}}$ hodnota z poklesové rovnice (viz 3.2.2).

Váhový koeficient w je dán vztahem:

$$w = 3x^2 - 2x^3; \quad x = \min\left(1; \max\left(0; \frac{V_t}{V_{t-1}} - 1\right)\right)$$

Značka	Význam
$\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}}$	Predikovaný objem kůrovcových těžeb pro následující rok $(t+1)$ po kulminaci (m^3)
$\widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}}$	Predikovaný objem kůrovcových těžeb pro rok $(t+1)$ vypočtený poklesovou rovnicí (m^3)
$\widehat{V}_{t+1}$	Výsledný predikovaný objem kůrovcových těžeb pro rok $(t+1)$ ve smíšené fázi (m^3)
w	Přechodový váhový koeficient mezi růstovou a poklesovou fází, nabývá hodnot v intervalu $\langle 0; 1\rangle$
x	Normalizovaná intenzita meziroční změny objemu těžeb, nabývá hodnot v intervalu $\langle 0; 1\rangle$
$\frac{V_t}{V_{t-1}}$	Meziroční poměr objemu těžeb (bezrozměrná veličina)

Smíšená rovnice umožňuje plynulý přechod mezi růstovým a poklesovým režimem. Pokud je meziroční změna výrazně růstová, V_t je výrazně větší než $V_{(t-1)}$, hodnota x a w se blíží 1, takže převládá růstová rovnice. Naopak při poklesu nebo stagnaci ($V_t \leq V_{(t-1)}$) nabývají hodnoty x a w 0, takže se uplatní čistě poklesová rovnice. Váhový koeficient w je určen transformací meziroční změny těžeb do intervalu $\langle 0, 1\rangle$, kde hodnoty menší než 0 jsou nahrazeny nulou a hodnoty větší než 1 jedničkou. Na takto omezenou hodnotu se aplikuje kubická vyhlazovací funkce $3x^2 - 2x^3$, která zajišťuje plynulý přechod mezi růstovým a poklesovým režimem.

V situacích na pomezí růstu a poklesu nabývá w mezilehlých hodnot ($0 < w < 1$) a výsledná predikce je váženým průměrem obou režimů. Tím je zajištěno, že model nereaguje skokově, ale plynule se přizpůsobuje aktuálnímu vývoji.

Ukázka výpočtu, kdy objemy těžeb v posledním roce vzrostou

Vlastník lesních porostů ve středních Čechách, kde objemy nahodilé kůrovcové těžby dosahovaly v roce 2022 = 15 m^3, 2023 = 18 m^3, 2024 = 15 m^3 a 2025 = 20 m^3. Mezi roky 2024 a 2025 došlo k opětovnému nárůstu těžeb po předchozím poklesu, proto se použije smíšená rovnice.

Regionální parametry pro střední Čechy

$$r_{\min} = 0{,}64; \quad r_{\max} = 0{,}95$$
$$\varphi = 0{,}8; \quad \gamma = 0{,}3$$

1) Výpočet váženého průměru tří předchozích let

$$\overline{V}_{t-3:t-1} = 0{,}5 \cdot V_{t-1} + 0{,}3 \cdot V_{t-2} + 0{,}2 \cdot V_{t-3}$$
$$\overline{V}_{t-3:t-1} = 0{,}5 \cdot 15 + 0{,}3 \cdot 18 + 0{,}2 \cdot 15$$
$$\overline{V}_{t-3:t-1} = 7{,}5 + 5{,}4 + 3{,}0 = 15{,}9$$

2) Výpočet tříletého trendu β (pro růstovou část)

$$\beta = \frac{V_t - V_{t-3}}{3} = \frac{20 - 15}{3} = \frac{5}{3} \approx 1{,}67\,\text{m}^3/\text{rok}$$

3) Výpočet čistě růstové prognózy $\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}}$

$$\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} = \max(0; V_t + \varphi \cdot \max(V_t - \overline{V}_{t-3:t-1}, 0) + \gamma \cdot \beta)$$
$$\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} = \max(0; 20 + 0{,}8 \cdot \max(20 - 15{,}9; 0) + 0{,}3 \cdot 1{,}67)$$
$$\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} = 20 + 3{,}28 + 0{,}5 = 23{,}78\,\text{m}^3 \approx 24\,\text{m}^3$$

4) Výpočet čistě poklesové prognózy $\widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}}$

Meziroční poměr k váženému průměru:

$$r = \frac{V_t}{\overline{V}_{t-3:t-1}} = \frac{20}{15{,}9} \approx 1{,}26$$

Ořez poměru dle regionálních mezí:

$$r_{\text{omez}} = \min(r_{\max}; \max(r_{\min}; r)) = \min(0{,}95; \max(0{,}64; 1{,}26)) = 0{,}95$$

Poklesová rovnice:

$$\widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}} = \max(0; V_t \cdot r_{\text{omez}}) = 20 \cdot 0{,}95 = 19{,}0\,\text{m}^3$$

5) Výpočet váhového koeficientu w

$$\begin{aligned}
x &= \min\left(1; \max\left(0; \frac{V_t}{V_{t-1}} - 1\right)\right) = \min\left(1; \max\left(0; \frac{20}{15} - 1\right)\right) \\
\frac{20}{15} &= 1{,}33 - 1 = 0{,}33 \Rightarrow x = 0{,}33 \\
w &= 3x^2 - 2x^3 \\
x^2 &\approx 0{,}11; \quad x^3 \approx 0{,}04 \\
w &\approx 3 \cdot 0{,}11 - 2 \cdot 0{,}04 = 0{,}33 - 0{,}08 = 0{,}25
\end{aligned}$$

6) Výpočet výsledné smíšené prognózy

$$\begin{aligned}
\widehat{V}_{t+1} &= w \cdot \widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} + (1 - w) \cdot \widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}} \\
\widehat{V}_{t+1} &\approx 0{,}25 \cdot 23{,}78 + 0{,}74 \cdot 19{,}0 \\
\widehat{V}_{t+1} &\approx 6{,}2 + 14{,}1 = 20{,}3\,\text{m}^3 \approx 20\,\text{m}^3
\end{aligned}$$

Na základě provedeného výpočtu lze při pokračujícím růstu předpokládat objem nahodilých kůrovcových těžeb v roce 2026 v množství přibližně $20\,\text{m}^3$.

Ukázka výpočtu, kdy objemy těžeb v posledním roce poklesnou

Vlastník lesních porostů ve středních Čechách, kde objemy nahodilé kůrovcové těžby dosahovaly v roce 2022 = $15\,\text{m}^3$, 2023 = $18\,\text{m}^3$, 2024 = $20\,\text{m}^3$ a 2025 = $15\,\text{m}^3$. Mezi roky 2024 a 2025 došlo k poklesu těžeb, a proto smíšená rovnice přechází k poklesovému režimu (váha w vychází nulová).

Regionální parametry pro střední Čechy

$$\begin{aligned}
r_{\min} &= 0{,}64; \quad r_{\max} = 0{,}95 \\
\varphi &= 0{,}8; \quad \gamma = 0{,}3
\end{aligned}$$

1) Výpočet váženého průměru tří předchozích let

$$\begin{aligned}\overline{V}_{t-3:t-1} &= 0{,}5 \cdot 20 + 0{,}3 \cdot 18 + 0{,}2 \cdot 15 \\ \overline{V}_{t-3:t-1} &= 10{,}0 + 5{,}4 + 3{,}0 = 18{,}4\end{aligned}$$

2) Výpočet tříletého trendu β

$$\beta = \frac{V_t - V_{t-3}}{3} = \frac{15 - 15}{3} = 0\,\mathrm{m}^3/\mathrm{rok}$$

3) Výpočet čistě růstové prognózy $\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}}$

$$\begin{aligned}\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} &= \max(0; 15 + 0{,}8 \cdot \max(15 - 18{,}4; 0) + 0{,}3 \cdot 0) \\ 15 - 18{,}4 &= -3{,}4; \quad \max(-3{,}4; 0) = 0 \\ \widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} &= 15 + 0 + 0 = 15\,\mathrm{m}^3\end{aligned}$$

4) Výpočet čistě poklesové prognózy $\widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}}$

$$\begin{aligned}r &= \frac{V_t}{\overline{V}_{t-3:t-1}} = \frac{15}{18{,}4} \approx 0{,}82 \\ r_{\text{omez}} &= \min(0{,}95; \max(0{,}64; 0{,}82)) = 0{,}82 \\ \widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}} &= \max(0{,}15 \cdot 0{,}82) \approx 12{,}3\,\mathrm{m}^3\end{aligned}$$

5) Výpočet váhového koeficientu w

$$\begin{aligned}x &= \min\left(1; \max\left(0; \frac{V_t}{V_{t-1}} - 1\right)\right) = \min\left(1; \max\left(0; \frac{15}{20} - 1\right)\right) \\ \frac{15}{20} - 1 &= 0{,}75 - 1 = -0{,}25 \Rightarrow x = 0 \\ w &= 3x^2 - 2x^3 = 3 \cdot 0^2 - 2 \cdot 0^3 = 0\end{aligned}$$

6) Výpočet výsledné smíšené prognózy

$$\begin{aligned}\widehat{V}_{t+1} &= w \cdot \widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} + (1 - w) \cdot \widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}} \\ \widehat{V}_{t+1} &= 0 \cdot 15 + 1 \cdot 12{,}3 \approx 12{,}3\,\mathrm{m}^3 \approx 12\,\mathrm{m}^3\end{aligned}$$

Na základě provedeného výpočtu lze při pokračujícím poklesu předpokládat, že objem nahodilých kůrovcových těžeb v roce 2026 bude dosahovat přibližně $12\,\mathrm{m}^3$.

Ukázka výpočtu, kdy objemy těžeb v poslední roce stagnují

Vlastník lesních porostů ve středních Čechách, kde objemy nahodilé kůrovcové těžby dosahovaly v roce 2022 = 15 m^3, 2023 = 18 m^3, 2024 = 20 m^3 a 2025 = 20 m^3. V letech 2024 a 2025 jsou objemy stejné, což odpovídá stabilizaci po růstové fázi.

Regionální parametry pro střední Čechy

$$r_{\min} = 0{,}64; \quad r_{\max} = 0{,}95$$
$$\varphi = 0{,}8; \quad \gamma = 0{,}3$$

1) Výpočet váženého průměru tří předchozích let

$$\overline{V}_{t-3:t-1} = 0{,}5 \cdot 20 + 0{,}3 \cdot 18 + 0{,}2 \cdot 15$$
$$\overline{V}_{t-3:t-1} = 10{,}0 + 5{,}4 + 3{,}0 = 18{,}4$$

2) Výpočet tříletého trendu β

$$\beta = \frac{V_t - V_{t-3}}{3} = \frac{20 - 15}{3} = \frac{5}{3} \approx 1{,}67\,\text{m}^3/\text{rok}$$

3) Výpočet čistě růstové prognózy $\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}}$

$$\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} = \max(0; 20 + 0{,}8 \cdot \max(20 - 18{,}4; 0) + 0{,}3 \cdot 1{,}67)$$
$$\widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} = 20 + 1{,}28 + 0{,}5 = 21{,}78\,\text{m}^3 \approx 21{,}8\,\text{m}^3$$

4) Výpočet čistě poklesové prognózy $\widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}}$

$$r = \frac{V_t}{\overline{V}_{t-3:t-1}} = \frac{20}{18{,}4} \approx 1{,}09$$
$$r_{\text{omez}} = \min(0{,}95; \max(0{,}64; 1{,}09)) = 0{,}95$$
$$\widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}} = \max(0; 20 \cdot 0{,}95) = 19\,\text{m}^3$$

5) Výpočet váhového koeficientu w

$$x = \min\left(1; \max\left(0; \frac{V_t}{V_{t-1}} - 1\right)\right) = \min\left(1; \max\left(0; \frac{20}{20} - 1\right)\right)$$
$$\frac{20}{20} - 1 = 1 - 1 \Rightarrow x = 0$$
$$w = 3x^2 - 2x^3 = 3 \cdot 0^2 - 2 \cdot 0^3 = 0$$

6) Výpočet výsledné smíšené prognózy

$$\widehat{V}_{t+1} = w \cdot \widehat{V}_{t+1}^{\text{růst}} + (1-w) \cdot \widehat{V}_{t+1}^{\text{pokles}}$$
$$\widehat{V}_{t+1} = 0 \cdot 21{,}8 + 1 \cdot 19{,}0 = 19{,}0\,\text{m}^3$$

Na základě provedeného výpočtu lze při stabilizaci objemu těžeb ($V_t = V_{t-1}$) předpokládat, že objem nahodilých kůrovcových těžeb v roce 2026 bude dosahovat přibližně $19\,\text{m}^3$. Protože meziroční změna není růstová, vychází přechodový koeficient $w = 0$ a smíšená rovnice se v tomto případě chová jako poklesová (stabilizační) prognóza.

4 NOVOST POSTUPŮ

Problematika prognózy vývoje kůrovcových těžeb dosud nebyla v české lesnické praxi metodicky uceleně zpracována. V současnosti se odhady rozsahu napadení lesních porostů kůrovci i následných těžebních objemů provádějí převážně na základě expertních odhadů a lokálních zkušeností. Chybí tak operativní nástroj, který by umožnil včasné a objektivní predikce potřeb těžeb na různých úrovních řízení lesního hospodářství.

Novost předkládané metodiky spočívá v uplatnění moderních analytických a modelových postupů pro vytváření operativních prognóz rozsahu kůrovcových těžeb. Metodika tak přináší nový, systematický a opakovatelný přístup, který umožňuje rychle reagovat na aktuální situaci v lesních porostech.

Inovativnost metodiky spočívá také v praktické aplikovatelnosti výstupů pro různé uživatelské skupiny – od lesních správců a odborných lesních hospodářů až po orgány státní správy. Umožní lépe plánovat a koordinovat zásahy, optimalizovat využití lidských i finančních zdrojů a podpořit rozhodovací procesy v ochraně lesa a hospodářském plánování.

5 POPIS UPLATNĚNÍ

Metodika je určena zejména pro vlastníky a správce lesních majetků, odborné lesní hospodáře, pracovníky státní správy lesů, ale také subjekty zajišťující lesnické činnosti, výzkumné a vývojové organizace a vysokoškolská pracoviště zaměřená na oblast ochrany lesů. Primární uživatelskou skupinou jsou menší (tzv. drobní) vlastníci lesa, zpravidla s výměrou do 50 ha, a jejich odborní lesní hospodáři. Právě pro tuto skupinu metodika představuje praktický nástroj pro včasné vyhodnocování situace a efektivní plánování objemu kůrovcových těžeb, které umožní lépe reagovat na aktuální vývoj napadení. Vzhledem k univerzálnímu charakteru metodických postupů je však uplatnitelná i u větších vlastníků a správců lesních majetků, včetně státních podniků hospodařících v lesích.

Publikování metodiky v rámci edice Lesnický průvodce vydávané Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště – Strnady, zajišťuje její širokou dostupnost odborné veřejnosti. Metodika bude volně dostupná ve formátu PDF a současně vydána v tištěné podobě. Tím je umožněno její efektivní využití jak v běžné provozní praxi, tak i ve vzdělávacích a poradenských aktivitách zaměřených na ochranu lesa a hospodářské plánování v podmínkách gradací podkorního hmyzu.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY UPLATNĚNÍ

Podkorní hmyz, zejména kůrovci rodu *Ips*, představuje v současnosti nejvýznamnější biotický faktor ovlivňující hospodaření ve smrkových porostech. Předložená metodika přináší uživatelům nástroj umožňující včasnou predikci rozsahu kůrovcových těžeb, a tím i efektivnější plánování hospodářských opatření a alokace finančních prostředků.

Hlavní ekonomický přínos metodiky spočívá v možnosti včasného odhadu objemu a prostorového rozložení těžeb, což umožní optimalizovat využití těžebních kapacit, dopravy dříví a odbytu suroviny. Díky tomu lze snížit ztráty spojené s pozdní reakcí na gradaci kůrovce, zejména pokles ceny smrkového dřeva či nutnost předčasné těžby porostů před dosažením mýtní zralosti. Přesnější plánování těžeb rovněž přispívá ke stabilizaci v lesnicko-dřevařském sektoru a ke snižování ekonomických výkyvů na regionálních trzích se surovým dřívím.

Implementace metodiky nevyžaduje významné finanční náklady. Publikace je též bezplatně dostupná ve formátu PDF na webových stránkách vydavatele – VÚLHM. Očekává se, že uživatelé budou moci metodiku využívat bez nutnosti investic do specializovaného softwaru, přičemž potřebné podklady budou dostupné z veřejných datových zdrojů.

DEDIKACE

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu Ministerstva zemědělství ČR NAZV QK23020126 s názvem „Prevence vzniku kůrovcových kalamit v lesích v období měnících se klimatických podmínek“. Autoři děkují všem spolupracovníkům, kteří se na vzniku předkládané metodiky podíleli při kancelářských pracích.

LITERATURA

Seznam použité související literatury

Baier P., Pennerstorfer J., & Schopf A. 2007. PHENIPS—A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. Forest Ecology and Management, 249 (3).

Brázdil R., Zahradník P., Szabó P., Chromá K., Dobrovolný P., Dolák L., Trnka M., Řehoř J., & Suchánková S. 2022. Meteorological and climatological triggers of notable past and present bark beetle outbreaks in the Czech Republic. Climate of the Past, 18.

Candotti A., De giglio M., Dubbini M., & Tomelleri E. 2022. A Sentinel-2 Based Multi-Temporal Monitoring Framework for Wind and Bark Beetle Detection and Damage Mapping. Remote Sensing, 14 (23).

Hlásný T., Krokene P., Liebhold A., Montagné-huck C., Müller J., Qin H., Raffa K., Schelhaas M-J., Seidl R., Svoboda M., & Viiri H. 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy 8, European Forest Institute.

Hlásny T., König L., Krokene P., Lindner M., Montagné-huck C., Müller J., Qin H., Raffa K. F., Schelhaas M.-J., Svoboda M., Viiri H., & Seidl R. 2021. Bark Beetle Outbreaks in Europe: State of Knowledge and Ways Forward for Management. Current Forestry Reports, 7.

Jamali S., Olsson P. O., Ghorbanian A., & Müller M. 2023. Examining the potential for early detection of spruce bark beetle attacks using multi-temporal Sentinel-2 and harvester data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 205.

Kavkler A., Mikek P., Böhm B., & Borščič D. 2007. The Smooth Transition Regression Approach. CERGE-EI Working Paper No. RRC VI/36.

Palma G. R., Mello R. F., Godoy W. A. C., Engel E., Lau D., Markham C., & Moral R. A. 2025. Forecasting insect abundance using time series embedding and machine learning. Ecological Informatics, 85: 102934.

Seidl R., Schelhaas MJ., Lindner M., & Lexer M. J. 2009. Modelling bark beetle disturbances in a large scale forest scenario model to assess climate change impacts and evaluate adaptive management strategies. Regional Environmental Change, 9.

Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M. J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T. A., & REYER, C. P. O. 2017. Forest disturbances under climate change. Nature Climate Change, 7 (6).

Šimůnek V., Vacek Z., Vacek S., Švanda M., Podrázský V., Cukor J., Gallo J., & Zahradník P. 2025. Bark beetle-induced salvage logging cycle is caused by weather patterns linked to the NAO and solar cycle in Central Europe. Forest Ecosystems, 13.

Van Dijk D., Franses P. H., & Teräsvirta T. 2002. Smooth Transition Autoregressive Models—A Survey of Recent Developments. Econometric Reviews, 21 (1).

Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—A review of recent research. Forest Ecology and Management, 202 (1–3).

Publikace, které předcházely metodice

Holuša J., Lubojacký J. & Lukášová K. 2016. Využití otrávených lapáků ve formě trojnožek proti lýkožroutu smrkovému (*Ips typographus* L.) a lýkožroutu severskému (*Ips duplicatus* Sahlberg) (Coleoptera: Curculionidae). Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 28 s. Lesnický průvodce 2/2016.

Lubojacký J. 2012. Vývoj legislativy související s ochranou lesů před lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus* L.) v českých zemích do současné podoby. Zprávy lesnického výzkumu, 57 (2): 189–193.

Lubojacký J. & Knížek M. 2016. Podkorní hmyz. In: Knížek M. et al. (eds.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2015 a jejich očekávaný stav v roce 2016. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 70 s. Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum.

Lubojacký J., Liška J. & Knížek M. 2018. Atraktivita stromových lapáků pro lýkožrouta severského, *Ips duplicatus* Sahlberg (Coleoptera: Curculionidae). Zprávy lesnického výzkumu, 63: 48–52.

Lubojacký J., Knížek M. & Liška J. 2019. Ochrana lesa před kůrovci na smrku pro menší lesní majetky. Lesnická práce, 98 (4) – Příloha: 4 s.

Špoula J., & Kula E. 2023. Patterns of *Ips cembrae* (Herr) infestation on trap and standing trees of European larch (*Larix decidua* Mill.). Journal of Forestry Research, 34 (6): 2041–2050.

Špoula J. & Kula E. 2024. Bark beetles on logging residues of European larch: Effects of shading and diameter of logging residues on infestation density. Agricultural and Forest Entomology, 26 (4): 457–469.

Špoula J., Véle A. & Neudertová hellebrandová K. 2024. Influence of elevation and stand age on the abundance of the beech bark beetle (*Taphrorychus bicolor* Her.) and its potential threat to beech stands. Forests, 15 (9): 1595.

SUMMARY

Forests in the Czech Republic have been severely affected by bark beetle outbreaks in recent decades, particularly by the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.), which has caused extensive damage in Norway spruce (*Picea abies*) stands. The unprecedented calamity after 2017 demonstrated the urgent need for practical tools that would help forest owners and managers estimate the expected extent of bark beetle damage and related salvage felling in advance.

The presented methodology provides a practical and empirically verified approach for predicting annual volumes of bark beetle salvage felling in Czech forests. It is primarily intended for small and medium-sized forest owners, forest managers, and public forest administration bodies who often lack analytical tools for short-term operational forecasting. This new method is based on annual records of salvage felling volumes from 2001 to 2024 and uses these data as a robust indicator of bark beetle outbreak dynamics. To reduce local variability, district-level data were aggregated into nine regions with similar temporal patterns of bark beetle infestation. For these regions, the methodology defines two main predictive regimes: a growth phase, which describes periods of increasing infestation intensity, and a decline phase, which captures the gradual decrease in salvage felling after the culmination of an outbreak. In addition, a transitional mixed phase is introduced to handle unstable or reversing trends, allowing a smooth shift between growth and decline predictions.

The methodology offers an accessible and reproducible tool for one-year-ahead forecasting of bark beetle salvage felling volumes. Its outputs can support forest protection planning, allocation of harvesting capacity, timber transport logistics, and decision-making related to post-calamity forest restoration. At the same time, the method makes it possible to account for regional differences in the temporal course and decline of bark beetle outbreaks across the Czech Republic. It is designed to be easy to use in forestry practice without the need for specialized software and can contribute to more effective and timely responses to bark beetle outbreaks under current and future forest conditions.

Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 12/2025