

Kvantifikace změn půdního uhlíku na odlesněných plochách po kalamitních těžbách a jejich predikce v souvislosti s postupem kůrovcové kalamity

VÚLHM: Radek Novotný, Vít Šrámek, Věra Fadrhonsová, Dušan Kacálek, Kateřina Hellebrandová

ČZU: Václav Tejnecký, Luboš Borůvka, Lenka Pavlů, Ondřej Drábek

MENDELU: Martin Valtera, Ladislav Holík

Podíl pracovišť na přípravě dokumentu: VÚLHM 50 %, ČZU 25 %, MENDELU 25 %

Úvod

Probíhající klimatická změna přináší na území Česka a šířeji i celé Evropy nejen postupný nárůst průměrných teplot. Dochází také ke zvyšování četnosti extrémních počasí. Především se jedná o vlny veder ve vegetační době, dlouhodobější období sucha v průběhu jara i podzimu, velmi nerovnoměrné rozložení srážek v průběhu roku, vyšší četnost výskytu a větší intenzita přívalových srážek, často spojených s bleskovými povodněmi nebo výskytem bořivých větrů. Příčinou změny klimatu je s největší pravděpodobností zesilování přirozeného skleníkového efektu atmosféry v důsledku lidské činnosti a nadměrného zvyšování antropogenních emisí skleníkových plynů, především oxidu uhličitého, který vzniká při spalování fosilních paliv (https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu).

Lesy jsou na jednu stranu změnou klimatu ohroženy, neboť se vzhledem k její rychlosti mohou pouze obtížně adaptovat. Na druhou stranu ovšem mohou klimatickou změnu účinně zpomalovat pohlcováním a dlouhodobým ukládáním (sekvestrací) oxidu uhličitého z atmosféry. Tato mitigační schopnost lesních ekosystémů a možnosti jejího posílení jsou předmětem řady koncepčních materiálů.

Politika ochrany klimatu, která byla přijata usnesením vlády ČR č. 207 22. 3. 2017, se věnuje především ukládání uhlíku v nadzemní biomase a jeho dlouhodobé sekvestraci v dřevěných výrobcích:

- zalesňování zemědělských půd;
- vytvoření podmínek pro vyšší domácí využívání a spotřebu dřeva a výrobků ze dřeva;
- vytvoření podmínek pro investice do sektoru lesního hospodářství a navazujícího hodnotového řetězce, které povedou k výrobě dřevařských výrobků s vyšší přidanou hodnotou;
- snižování vývozu dřevní hmoty z ČR;
- podpora výzkumu a vývoje směřující k lepšímu využití dřevní hmoty a hledání nových produktových možností s uplatněním dřeva.

Zmiňuje však i problematiku uchovávání uhlíku v lesních půdách: „V rámci dalšího zpřesňování emisní bilance v sektoru LULUCF by měla být věnována pozornost dalšímu výzkumu dynamiky zásob uhlíku vázaného v lesních půdách“ a předpokládá, že „v případě příklonu k nepasečným přírodě blízkým formám obhospodařování lesů, jakožto zásadnímu adaptačnímu opatření, lze očekávat významný nárůst množství uhlíku vázaného v lesních půdách.“

Problematika ukládání uhlíku v lesních půdách se do jisté míry odráží rovněž v opatřeních **Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu** (2017), konkrétně v cíli 2_5.2. „Zpracovat metodiku inventarizace uhlíku vázaného v lesních půdách a stanovit vliv způsobu hospodaření na jeho množství“.

Nejkonkrétněji je pak problematika uhlíku zmíněna v **Aplikačním dokumentu ke Koncepci státní lesnické politiky do roku 2035**, kde je v rámci opatření A.3 „Podporovat pozitivní a uhlíkovou bilanci krajiny“ jako první uvedeno dílčí plnění A.3.1 „Ukládání uhlíku v lesních půdách“.

Pohlcování uhlíku lesními ekosystémy bylo ve středoevropském prostoru v posledním desetiletí výrazně narušeno kůrovcovou kalamitou. Zcela zřejmé je to u nadzemní biomasy, kde se lesy podle dat LULUCF změnily z úložiště ve zdroj CO₂ (těžba dřeva převyšovala roční přírůst). Tato bilance se opět změní s narůstáním nových lesních porostů. Významnější a trvalé mohou být změny, ke kterým při velkoplošném odlesnění dochází v lesních půdách. Na rozsáhlých kalamitních holinách dochází k odkrytí povrchu půdy což následně může vést ke zrychlenému rozkladu humusu, z něž se uvolňuje do atmosféry CO₂. Uhlík je při rychlé mineralizaci organických látek vymýván do hlubších půdních vrstev ve formě rozpuštěného organického uhlíku (DOC).

Projekt NAZV QK22020217 „Změny v lesních půdách po kalamitní těžbě – vliv odlesnění na sekvestraci uhlíku, bilanci živin a mobilitu rizikových prvků“ se podrobněji zabýval právě osudem uhlíku na velkoplošných holinách po kůrovcové kalamitě a poskytl tak nové informace o vlivu kalamity na mitigační schopnost lesů v současné době i v budoucnosti.

Znepokojující je především rychlost probíhající změny klimatu. Lesní porosty se totiž při obmýtí přesahujícím více než 100 let nemohou na tuto rychlou změnu dostatečně efektivně adaptovat. Je tedy žádoucí, aby ke zvyšování odolnosti lesa přispěl člověk vhodnými postupy při zakládání a výchově porostů, které povedou ke snížení rizika ztráty půdní organické hmoty, omezení rizika snížené fixace uhlíku nebo ohrožení způsobeného uvolňováním potenciálně rizikových prvků (zejména As, Cd, Cu, Pb, Zn) z půd do dalších složek životního prostředí.

Nalezení vhodných kroků/postupů vedoucích ke zvýšení odolnosti lesního ekosystému k probíhajícím změnám, včetně zvýšení schopnosti lesů snižovat negativní dopady současného vývoje, je nanejvýš důležitým úkolem všech, kteří stav lesů mohou aktivně ovlivnit – státní správy na všech úrovních, lesnické vědy, výzkumu i vzdělávání, lesnické praxe a vlastníků lesa.

Cíle

Cílem tohoto materiálu je shrnout poznatky získané při řešení projektu NAZV QK22020217 (Změny v lesních půdách po kalamitní těžbě – vliv odlesnění na sekvestraci uhlíku, bilanci živin a mobilitu rizikových prvků, 2022-2024). A to se zaměřením na změny v množství a kvalitě organické hmoty na kalamitních plochách. Zdrojem informací jsou i další vědecké a praktické poznatky získané kolektivem autorů při řešení výzkumných a poradenských činností na jednotlivých pracovištích.

Lesy plní celou řadu funkcí, produkčních i mimoprodukčních, které jsou celospolečensky významné a nezastupitelné. Z produkčních funkcí lesů jde o produkci dřeva jako obnovitelné suroviny, produkci lesních plodů a zvěřiny.

Společnost (veřejnost) má na lesy vysoké nároky především pokud jde o plnění rekreační funkce a poskytování tzv. environmentálních (ekosystémových) služeb, mezi které patří především ochrana ovzduší, ochrana vody, tvorba mikro- a mezoklimatu, estetika krajiny, pozitivní vliv na psychickou pohodu atd. Podpora lesních ekosystémů směrem k jejich vyšší stabilitě, odolnosti a schopnosti tlumit negativní dopady klimatické změny by proto měla patřit mezi priority lesnické politiky.

Mezi dlouhodobé cíle platné lesnické politiky (Koncepce státní lesnické politiky do roku 2035), schválené vládou ČR v roce 2020, patří mj. tyto dva body:

- Zajistit vyrovnané plnohodnotné plnění všech funkcí lesa pro budoucí generace.
- S ohledem na probíhající klimatickou změnu zvyšovat biodiverzitu a ekologickou stabilitu lesních ekosystémů při zachování produkční funkce.

S ohledem na zajištění plnění těchto dvou dlouhodobých cílů jsou dále na základě poznatků z řešení výzkumného projektu formulovány návrhy konkrétních opatření, které k dosažení těchto cílů mohou efektivně přispívat.

Aktuální stav

Lesníci, akademičtí pracovníci i vědci upozorňovali na rizika pěstování monokultur, především jehličnanů, už před více než sto lety. Tedy v době, kdy území dnešní České republiky a také některých sousedních států zasáhlo přemnožení bekyně mnišky. I tehdy vznikly rozsáhlé kalamitní holiny, které bylo nutné znovu zalesnit, a i tehdy vyvstaly otázky spojené s riziky pěstování stejnověkových monokultur. Z různých politických, ekonomických, hospodářských i společenských důvodů však ve 20. století zcela převládlo pěstování lesa v systému holosečného hospodaření lesa věkových tříd a dominantními druhy lesních dřevin se na území České republiky v tomto systému staly smrk a borovice.

V decéníu 2011-2020 bylo zaznamenáno několik teplotně silně nadnormálních a srážkově silně podprůměrných let. Jako výrazně suché lze hodnotit roky 2015, 2017 a 2018, kdy průměrné roční srážky dosahovaly 56 %, 80 % a 70 % dlouhodobého průměru. Rok 2014 byl srážkově průměrný (885 mm) a 2016 nadprůměrný (952 mm). Vyšší srážkové úhrny v roce 2016 byly ale doprovázeny průměrnou roční teplotou vzduchu vyšší o 1,7 °C, než je dlouhodobý průměr.

Tato situace vedla k výraznému oslabení lesních porostů, v první řadě byly suchem a vysokými teplotami postiženy mělce kořenící smrkové porosty rostoucí na stanovištích v jejich produkčním optimu, které se ale v případě smrku neshoduje s jeho ekologickým optimem. V souběhu s výskytem sucha, jež vyvolalo oslabení lesa také v sousedních státech (západní Slovensko, jižní Polsko), došlo k rychlému nárůstu populace podkorního hmyzu a k jeho velmi rychlému šíření rozsáhlými smrkovými porosty.

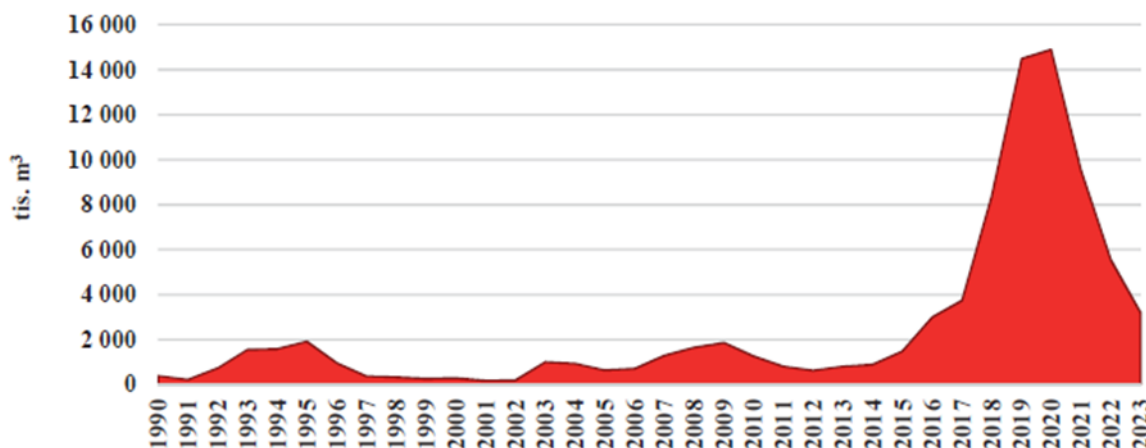
Průběh kůrovcové kalamity v ČR a rozšiřování holin

Za spouštěcí faktor současné kůrovcové kalamity lze jednoznačně považovat průběh meteorologických podmínek, respektive období sucha. V decéníu 2011-2020 bylo zaznamenáno několik teplotně silně nadnormálních a srážkově silně podprůměrných let. Jako výrazně suché lze hodnotit roky 2015, 2017 a 2018, kdy průměrné roční srážky dosahovaly 56 %, 80 % a 70 % dlouhodobého průměru. Rok 2014 byl srážkově průměrný (885 mm) a 2016 nadprůměrný (952 mm). Vyšší srážkové úhrny v roce 2016 byly ale doprovázeny průměrnou roční teplotou vzduchu vyšší o 1,7 °C, než je dlouhodobý průměr.

Tato situace vedla k výraznému oslabení lesních porostů, v první řadě byly suchem a vysokými teplotami postiženy mělce kořenící smrkové porosty rostoucí na stanovištích v jejich produkčním optimu, které se ale v případě smrku neshoduje s jeho ekologickým optimem. V souběhu s výskytem

sucha, jež vyvolalo oslabení lesa také v sousedních státech (západní Slovensko, jižní Polsko), došlo k rychlému nárůstu populace podkorního hmyzu a k jeho velmi rychlému šíření rozsáhlými smrkovými porosty.

V České republice lze zjednodušeně popsat postup kalamity podkorního hmyzu od severní Moravy přes střední Moravu až do Zlínského a Jihomoravského kraje, odkud se přes Třebíčsko rozšířil na celou Českomoravskou vrchovinu, do východních Čech a dále směrem na západ a jihozápad republiky. Přirozenou migraci podkorního hmyzu z lokálních kůrovcových populací urychlil také transport mimořádného množství neasanovaného kůrovcového dříví jižním a západním směrem. Celý tento proces šíření podkorního hmyzu na území Česka proběhl ve velmi krátkém období v řádu jednotek let. Ke skokovému nárůstu objemu těženeho kůrovcového dříví došlo v roce 2018, k poklesu na úroveň roku 2017 došlo v roce 2023, viz obrázek 1. Pro rok 2024 očekáváme další pokles evidovaného objemu těžeb zhruba na hodnotu 2,2 mil. m³. Kalamita postupně odeznívá, přesto jde nadále o kalamitní stav a při výskytu teplého a suchého období v jarních a letních měsících se může její intenzita opět rychle zvýšit zejména v oblasti západních a severních Čech.



Obrázek 1: Evidovaný objem vytěženého smrkového kůrovcového dříví v ČR od roku 1990 do roku 2023. Jedná se o hodnoty hlášené vlastníky lesa do evidence Lesní ochranné služby. Obvykle tato hlášení zahrnují přibližně 65-70 % rozlohy lesa v ČR. Zdroj: Lesní ochranná služba

V nejpostiženějších regionech na Moravě i v Čechách dosáhla velikost jednotlivých vzniklých holin řádu desítek až stovek hektarů, celkový rozsah postupně vznikajících holin je více než 200 tisíc ha. Holiny jsou průběžně zalesňovány. Jejich nejvyšší rozloha byla evidována v roce 2021 (76,6 tisíc ha), následně klesala a v roce 2023 byla 54,2 tis. ha, což je stále téměř trojnásobek oproti normálnímu stavu. Takový rozsah ztráty lesního krytu, ke kterému došlo během několika málo let (ca 2018-2022), může mít značný vliv na mikroklima krajiny, srážko-odtokové poměry i na bilanci organické hmoty a živin i potenciálně rizikových prvků poutaných v lesní biomase i v lesní půdě.

Plošné disturbance způsobené abiotickými i biotickými činiteli vedou k narušení uhlíkové bilance lesních porostů. Uhlík poutaný v kmenech stromů zůstává ve dřevě uložený řádově jednoty až desítky let v případě, že je dřevo z kalamitních těžeb použito v průmyslu, ve stavebnictví, k výrobě nábytku

nebo jiných produktů s dlouhou dobou životního cyklu. Přesto odlesněné plochy po kalamitní těžbě představují pro ekosystém narušení uhlíkové bilance na desítky let. Délka návratu ekosystému k pozitivní uhlíkové bilanci (více uhlíku je v biomase a v půdě lesních porostů poutáno, než uvolňováno) závisí na řadě faktorů – např. se jedná o míru narušení půdního povrchu, velikost holé plochy, živinový a vodní režim stanoviště, množství ponechaného dřeva (těžebních zbytků i kmenů) k zetlení, rychlost obnovy půdního krytu a další faktory. Podle závěrů různých vědeckých studií lze v hospodářských lesích doporučit aktivní přístup založený na principech trvale udržitelného (nepasečného) managementu porostů. Z pohledu celkové uhlíkové bilance v lesních ekosystémech Evropy je tento přístup zřejmě přínosnější než ponechání hospodářských lesů samovolnému vývoji.

Výhled do budoucna

Při příznivém vývoji počasí může nadále pokračovat odeznívání kůrovcové kalamity. Při zachování současné rychlosti poklesu kůrovcových těžeb bychom se mohli dostat pod úroveň kalamitního stavu v roce 2028 nebo 2029. Takto příznivý vývoj bude ovšem do značné míry záviset na průběhu meteorologických faktorů zejména v jarních a časných letních měsících. Při výskytu sucha a teplých období se kalamita může zejména v oblasti západních, středních a severních Čech ještě výrazně rozšířit.

Evidovaná velikost holin se při příznivém průběhu počasí bude nadále snižovat. Je ovšem nutné si uvědomit, že plné kapacity poutání uhlíku dosahují lesní ekosystémy obvykle nejdříve v deseti až patnáctiletých porostech.

Výsledky projektu 2022-2024

Změnami v lesní půdě na kalamitních plochách, se zaměřením na organickou hmotu a potenciálně rizikové prvky, se zabýval tříletý projekt „Změny v lesních půdách po kalamitní těžbě – vliv odlesnění na sekvestraci uhlíku, bilanci živin a mobilitu rizikových prvků“. Hlavní zjištění lze shrnout takto:

- Na odlesněných plochách nedošlo ke skokovým změnám v chemismu půdy. Mírně se zvýšily hodnoty pH a obsah bazických živin (Ca, Mg, K) v humusové vrstvě a v minerální půdě do hloubky 20 cm. Ve svrchních 10 cm minerální půdy se zvýšil i obsah uhlíku a dusíku, což je však spíše důsledek promíchání minerální vrstvy půdy s humusem a zvýšením podílu organického materiálu (těžebních zbytků a humusu) v této vrstvě. Variabilita v rámci ploch je poměrně vysoká vzhledem k rozdílnému managementu na těchto plochách (drcení klestu půdní frézou, štěpkování, úklid klestu) a různě dlouhé době uplynulé od smýcení porostu. Na druhou stranu, nebyla zjištěna ani změna zásoby humusové vrstvy, ani zásoby uhlíku, případně dusíku v horizontu FH.
- Zásoba organické hmoty v opadu (L) se na vzorkovaných plochách pohybovala od 0,6 do 25,8 t/ha, medián hodnot byl 3,8 t/ha. Zásoba organické hmoty v horizontu FH se pohybovala od 5,9 do 507,4 t/ha, medián hodnot byl 79,7 t/ha. Celkem bylo v letech 2022 a 2023 vzorkováno 45 lokalit v ČR, na kterých došlo k odlesnění v důsledku kůrovcové kalamity.
- V důsledku menší ztráty půdní organické hmoty nedošlo k výraznější mobilizaci rizikových prvků na většině sledovaných ploch, i když je nutné pokračovat v monitoringu ploch extrémně zatížených dřívější těžební a metalurgickou činností.

- Nebyly zjištěny změny v zastoupení rizikových prvků v půdě (As, Cd, Cu, Pb a Zn, stanovené ve výluhu lučavkou královskou) mezi porosty a holinami, rovněž nebyl zjištěn vliv různého managementu holiny (úklid klestu do hromad a valů vs. frézování klestu) na distribuci rizikových prvků.
- Průkazné rozdíly v kvalitě organické hmoty mezi porostem a holinou byly zjištěny pouze ve vrstvě FH. Důsledkem je nižší hydrofobnost této povrchové vrstvy způsobená vyšším podílem kyslíkatých funkčních skupin v organických sloučeninách. To může ovlivnit fyzikální vlastnosti půdy, sorpční schopnosti organické hmoty a také mobilitu živin, rizikových prvků, i samotné organické hmoty, a tak i jejich snadnější transport do hlubších půdních vrstev.
- O zrychlené mineralizaci organické hmoty na kalamitních plochách svědčí také změny v koncentraci vodou extrahovatelného organického uhlíku (DOC), který se používá jako ukazatel obsahu mobilní frakce půdní organické hmoty. Pokles DOC na holinách o ca 30 % v porovnání se stojícím porostem lze vysvětlit právě zvýšenou mineralizací půdní organické hmoty, kdy DOC je frakcí půdní organické hmoty, která je nejnáchylnější na změny v půdním prostředí.
- Spolu se změnami DOC byly zjištěny rozdíly i v koncentraci vodou extrahovaných prvků, a to zejména pokles obsahu P a K v případě holin v organických vrstvách a nárůst Al na holině v povrchové minerální vrstvě 0-10 cm. Vodou extrahovaný Al představuje mobilní frakci Al a může být toxický pro kořeny nové výsadby porostu a spolu s nižším množstvím dostupného P a K může ohrozit vývoj výsadby nového porostu.
- Na podrobně vyhodnoceném malém lesním povodí (Pekelský potok u Ledče nad Sázavou) zasaženém kůrovcovou kalamitou nedošlo ke změně kvality a množství odtékající vody – koncentrace dusíku, síry a sledovaných rizikových prvků se v průběhu kalamity měnily nevýznamně.

Změny půdního uhlíku po kalamitních těžbách na odlesněných plochách a predikce vývoje

- Ztráta organické hmoty způsobená intenzivnějším rozkladem (mineralizací) povrchového humusu na otevřených plochách po kalamitních těžbách není zrychlená natolik, aby do doby opětovného zakrytí povrchu půdy (především bylinnou a keřovou vegetací, případně dřevinami z přirozené obnovy) došlo ke ztrátě ohrožující lesní půdy po stránce fyzikální nebo chemické. Přispívá k tomu i fakt, že určitá část těžebních zbytků na zkoumaných plochách zůstala a její množství bylo dostatečné pro zachování potřebného množství organické hmoty.
- Určité snížení zásoby organické hmoty lze očekávat při přeměně jehličnatých porostů na listnaté, v nichž je obecně menší mocnost humusové vrstvy, tj. horizontů L, F, H, ve srovnání s jehličnany; naopak se obsah organické hmoty může zvyšovat v hlubších částech půdního profilu díky větší hloubce prokořenění u listnatých dřevin. Celkové množství uhlíku poutaného v celém půdním profilu tak může být v závislosti na hloubce půdy ve smíšených porostech srovnatelné nebo vyšší v porovnání s porosty jehličnatými.
- Do předpovědi vývoje zásob uhlíku vstupují dva hlavní faktory, u kterých lze do budoucna očekávat vývoj, to je změna druhového složení lesních porostů a měnící se klima. U dalších faktorů, které mají vliv na zásobu uhlíku v lesních půdách, jako je např. hloubka půdy, půdní typ, obsah jílů, topografická poloha atd., se do blízké budoucnosti se změnou nepočítá.
- Očekávaná změna v celkové zásobě organického uhlíku v lesních půdách se změnou klimatu se odvíjí od závislosti celkové zásoby na teplotě. Zatímco u listnatých porostů dochází v průměru

k mírnému nárustu celkové zásoby organického uhlíku se zvyšující se teplotou, u jehličnatých a smíšených porostů je tento trend opačný a dochází zde naopak k poklesu zásoby se vzrůstající teplotou.

- Při porovnání celkové zásoby půdního uhlíku v celém půdním profilu v jehličnatých, listnatých a smíšených porostech zůstává nezodpovězená otázka vlivu skeletu. Předpokládá se, že skelet snižuje množství poutaného uhlíku. V dosud publikovaných studiích toto zodpovězeno není.
- Odlesněné plochy vystavené intenzivnímu oslunění a zahřívání se v důsledku zvýšené mikrobiální činnosti (respiraci půdní bioty) stávají zdrojem oxidu uhličitého (CO₂). Balance se na těchto plochách mění z úložiště uhlíku na jeho zdroj, nejčastěji ve formě CO₂. Přestože je tato změna dočasná a trvá řádově pouze jednotky až nízké desítky let (Šrámek a kol. 2024), je důležité pomocí aktivního managementu tuto dobu pokud možno zkrátit a umožnit lesu postupný návrat k plnění všech jeho funkcí, včetně jeho schopnosti odebírat z atmosféry oxid uhličitý.

Návrh konkrétních opatření

Opatření pro snížení nebo omezení negativních vlivů klimatické změny se obecně dělí na mitigační opatření, což jsou přímá nebo nepřímá opatření, která mají za cíl snížení emisí skleníkových plynů (např. efektivnější využití zdrojů energie, využití solární či větrné energie, zateplení budov atd.), a na adaptační opatření, která umožňují nebo zajišťují přizpůsobení přírodního nebo antropogenního systému již probíhající (skutečné) nebo očekávané (předpokládané) změně klimatu včetně jejích dopadů.

Pro Českou republiku byly jako závažné projevy změny klimatu identifikovány: postupné zvyšování teplot, prodlužování vegetační sezóny, dlouhodobé sucha a extrémní meteorologické jevy (tj. příválové srážky a povodně, extrémně vysoké teploty a extrémní vítr) a přírodní požáry.

V Koncepti státní lesnické politiky do roku 2035 (dále „Koncepte“) jsou uváděna i opatření směřující ke zvýšení ukládání uhlíku v lesních půdách a lesních porostech a podpora zadržování vody v lese, přičemž množství organické hmoty se schopností lesa a lesní půdy zadržet účinně vodu přímo souvisí. Tyto body jsou v platné Koncepti formulovány takto:

- podpora aktivního managementu lesů,
- podpora obnovy holých ploch po kůrovcové kalamitě,
- podpora zvýšení druhové pestrosti lesů se zachováním dle stanoviště vhodného podílu jehličnatých dřevin celoročně přispívajících k vázání uhlíku a zachycování horizontálních srážek.

S měnícím se klimatem, se všemi jeho očekávanými negativními dopady a potenciálními riziky, bude nutné zaměřit se na pěstování stabilních, vitálních a odolných smíšených porostů. Optimálně pak více etážových porostů s důrazem na plnění širokého spektra funkcí a užitků, které les poskytuje, přičemž v závislosti na regionu a stanovišti se bude měnit prioritně podporovaná funkce lesa – ochrana před erozí, půdoochranná funkce, klimatizační funkce, zadržování vody pro zdroje pitné vody apod. Také odolnost porostů k výkyvům počasí, bořivým větrům, častějším přísuškům nebo déletrvajícímu suchu může být důležitějším faktorem při rozhodování o volbě dřevin, formě smíšení a hospodářských postupů než to, kolik uhlíku bude les poutat. **Vědecké poznatky nicméně ukazují, že aktivní management cílený na podporu kvality lesní půdy i kvalitu pěstovaných porostů přispívá k sekvestraci uhlíku více, než ponechání (hospodářských) lesů samovolnému vývoji.**

Z výsledků řešení výzkumného projektu QK22020217 lze doporučit následující konkrétní opatření pro podporu udržení, popř. zvýšení podílu organické hmoty v lesních půdách:

1) Aktivní management kalamitních ploch

V praxi to znamená cíleně využívat kombinaci přirozené a umělé obnovy s důrazem na pozitivní působení přípravných dřevin. Přípravné dřeviny se na uvolněných kalamitních plochách zmlazují zcela přirozeně. Jedná se o druhy dřevin s pionýrskou strategií (bříza, krušina, různé druhy vrb, modřín, borovice, líska, třešeň ptačí, jasan, topol osika, popř. další druhy dřevin), které jsou schopné i na velkoplošných holinách rychle odrůstat, čímž výrazně předstihují cílové dřeviny. Mezi cílovými dřevinami je v současné druhové skladbě při obnově lesa nejčastěji zastoupen buk, dub, jedle a smrk.

Přípravné dřeviny mají na stanoviště a na růst cílových dřevin tyto hlavní pozitivní přínosy:

- Zpravidla se jedná o hlouběji kořenící druhy dřevin. Jsou schopné přijímat živiny z větší hloubky, tj. i z minerální půdy v hloubce větší než 50 cm, a tím je zapojit do koloběhu ve formě opadu a zpřístupnit je i pro dřeviny s mělkým kořenovým systémem (z cílových dřevin se jedná prakticky pouze o smrk), které využívají primárně vrstvu minerální půdy 0-20 cm.
- Ve smíšených kulturách a později ve smíšených porostech z této vlastnosti hluboko kořenících dřevin profituje nejvíce smrk. Obecně řečeno, mělkěji kořenící dřeviny profitují ze schopnosti hlouběji kořenících dřevin zapojit do koloběhu více živin, pokud se jedná o smíšené porosty a nikoli pouze o větší bloky stejnorodých porostů, byť by se na ploše střídaly.
- Rychlý růst přípravných dřevin tlumí růst buřeně, v bylinném patru je postupně eliminována třtina i další druhy trav a bylin, které je při plošné umělé obnově cílovými dřevinami nutné řadu let mechanicky nebo chemicky redukovat.
- Porost přípravných dřevin již od prvních fází růstu tlumí teplotní a vlhkostní výkyvy stanoviště. To platí jak pro svrchní vrstvu půdy, tak pro přízemní vrstvu vzduchu. Přípravné dřeviny tak poskytují ochranu před přímým osluněním (přehříváním) půdy a sazenic stinných cílových dřevin (zejména buk a jedle) a dále alespoň částečnou ochranu před působením časných nebo pozdních mrazů.
- Rychlý růst přípravných dřevin lze cíleně využít pro dvoufázovou obnovu holin – po dosažení zápoje v porostu přípravných dřevin lze buď přímo pod vytvořený porost přípravných dřevin, nebo po snížení hustoty porostu přípravných dřevin prostřihávkou nebo prořezávkou provést podsadbu cílovými dřevinami – zejména bukem či jedlí, které v krytu dřevin přípravných lépe odrůstají.
- Pokud se přípravné dřeviny spontánně objevují i na plochách zalesněných uměle cílovými dřevinami, pak je třeba tyto druhy přípravných dřevin při vyžínání kultur cílových dřevin důsledně podporovat, neodstraňovat je v omylu, že se jedná o konkurenci pro cílové dřeviny. Díky jejich rychlejšímu růstu během 1-3 let předstihnou výsadbu cílových dřevin, které v jejich krytu lépe odrůstají, viz výše.
- Zakrytí povrchu půdy má kromě pozitivního vlivu na vlhkost a teplotu půdy a vzduchu také pozitivní vliv na omezení rozkladu povrchového humusu, tedy na zpomalení mineralizace a ztráty živin, především dusíku a v neposlední řadě působí jako protierozní opatření.

Z výše uvedeného vyplývá, že aktivní management kalamitních ploch má celou řadu kladných efektů a měl by být preferován před celoplošnou přípravou půdy a před přímým zalesněním cílovými dřevinami

s následnou nákladnou péčí na ochranu zalesněných ploch před buřením a dalšími negativními vlivy. Zároveň by měl být aktivní management kalamitních ploch preferován také před úplným ponecháním kalamitních ploch samovolnému vývoji.

Míru a intenzitu managementu, stejně jako volbu konkrétních postupů a volbu dřevin, je nutné provádět s ohledem na vlastnosti stanoviště (sklon, orientaci ke světovým stranám, vodní režim půdy, rizika ztráty organické hmoty, živnost stanoviště, nákladnost umělé přípravy plochy, dostatek pracovních sil atd.). Volba postupů by měla směřovat k dosažení fáze zalesnění plochy v období 3-5 let po vzniku holiny a fáze zajištění v období 5-10 let od vzniku holiny. Nicméně tyto časové horizonty jsou uváděny pouze orientačně a mohou se lišit v závislosti na velikosti holiny a podle konkrétních podmínek stanoviště.

Metodicky jsou některá z uvedených opatření zpracována a publikována v ediční řadě Lesnický průvodce, konkrétně [LP 13/2023](#), [LP 11/2022](#).

2) Těžební zbytky, plošná příprava ploch na zalesnění

Asimilační aparát, kůra a větve stromů (nehroubí) tvoří přibližně 10-15 % z celkové nadzemní biomasy stromu. Zároveň to ale představuje daleko vyšší zásobu živin, než by tomuto poměru odpovídalo. Je tomu tak díky vyšší koncentraci těchto prvků právě v nehroubí, kde jsou významně zastoupeny. Je proto důležité, aby alespoň část těžebních zbytků zůstala v lesních porostech jako zdroj živin a organické hmoty pro další generaci lesa.

Při kalamitní těžbě je množství těžebních zbytků (větvě, vršky stromů, kůra) obvykle tak velké, že bez jejich zpracování by byla práce při obnově lesa velmi ztížená. Provádí se jejich odvoz a prodej, úklid do hromad nebo valů, nebo jejich drcení (frézování, štěpkování) a ponechání na ploše.

Vhodná koncepční opatření pro nakládání s těžebními zbytky lze shrnout následovně:

- Respektovat vlastnosti stanoviště – na chudých půdách je ponechání významného podílu těžebních zbytků zcela zásadní a mohlo by být motivováno např. finančním příspěvkem.
- Při drcení a ponechání hmoty na ploše by výška vzniklé vrstvy neměla přesáhnout 15 cm, podle předchozích studií a poznatků z praxe lze za optimální považovat vrstvu 5-10 cm. Vyšší vrstva znesnadňuje zalesňování.
- Na bývalých zemědělských půdách lze frézováním těžebních zbytků, nadložního humusu a kořenů přímo doporučit. Lze tak půdu obohatit o významné množství organické hmoty, čímž se na těchto plochách urychlí vznik kvalitních lesních půd.
- Je správně, že odvoz těžebních zbytků není finančně podporován a pro vlastníky tak může být ekonomicky i ekologicky výhodnější jejich ponechání nebo zpracování přímo na ploše. Na tento způsob nakládání s těžebními zbytky (ponechání na ploše, drcení, štěpkování) doporučujeme příspěvek ponechat.

Metodicky jsou základní doporučení zpracována a publikována např. v ediční řadě Lesnický průvodce, konkrétně v [LP 3/2021](#) nebo [LP 17/2016](#).

3) Výchova mlazin na kalamitních plochách

Vlastníky lesa je nutné motivovat ke včasnému zahájení výchovy kultur a mlazin na kalamitních plochách. Příspěvek na ochranu a výchovu porostů do 40 let věku je možné čerpat již nyní, za klíčové je třeba označit motivaci k práci s druhovým složením nově vzniklých porostů. Přitom není důležité, zda byly založeny uměle, vznikly přirozenou obnovou nebo byla využita kombinace přirozené a umělé obnovy, popř. jiné postupy obnovy kalamitních ploch (přípravný les, dvoufázová obnova apod.). Výchovné zásahy v prvních 20 letech od vzniku nového porostu zásadně rozhodují jak o budoucím druhovém složení porostu, tak o jeho stabilitě i produkční kvalitě. Některé chyby z prvních 20 let lze odstranit i v porostech do 40 let věku, nicméně za cenu vyšších nákladů a nároků na lidskou práci.

Pro dosažení cíle „zvýšení druhové pestrosti lesů“ jako vhodná koncepční opatření doporučujeme:

- Podporu vlastníků již od prvních výchovných zásahů – např. formou seminářů, praktických ukázek, metodických publikací, workshopů apod. Vlastník by měl mít možnost přesvědčit se na příkladech dobré praxe o vhodných způsobech výchovy mlazin na kalamitních plochách.
- Dodatečnou bonifikaci vlastníků, kteří výchovnými zásahy cíleně podporují vznik pestrých porostních směsí s převahou jednotlivého nebo skupinkového smíšení. Cílem by měla být minimalizace případů, kdy vlastníci lesa čerpají příspěvek na výsadbu melioračních a zpevňujících dřevin (MZD), které ale prvním až druhým výchovným zásahem odstraní a v porostu znovu zcela dominují jehličnaté dřeviny (vznikají monokultury).
- Opakované informování vlastníků a hospodářů o možnostech a postupech ovlivnění nejen druhového složení a formy smíšení porostů prvními výchovnými zásahy, ale také o možnostech a postupech ovlivnění tvorby horizontální struktury (podpora vzniku horizontálního zápoje a podpora vzniku více etážových porostů) a tloušťkové pestrosti porostů (pracovat více se životaschopnou podúrovní), a to již během prvních dvou výchovných zásahů na zalesněných holinách.

4) Omezení těžké mechanizace

Stav půdního prostředí neovlivňuje negativně pouze atmosférická depozice, tedy vstup chemických látek z atmosféry. Kromě chemismu půdy je třeba věnovat pozornost také fyzikálním vlastnostem půdy. Poškození půdy pojezdem těžké techniky má vliv na infiltrační vlastnosti půdy, na životnost a kvalitu mykorrhizních druhů hub a také na míru půdní eroze. Doporučená opatření zahrnují:

- Zachování příspěvku na šetrné technologie (používání koní při svazkování dřeva, používání lehčí techniky při soustřeďování dřeva).
- Osvětu vlastníků lesa a lesních hospodářů na téma protierozní ochrany lesní půdy při obnově a výchově lesních porostů.
- Podporu plošné asanace erozních rýh a strží pro omezení přívalových povodňových vln z lesních komplexů.
- Podporu budování a oprav lesní cestní sítě za účelem zlepšení přístupnosti lesa a omezení negativních dopadů pojezdu těžké lesní techniky po nezpevněném půdním povrchu, především v porostech mezi stromy při probírkách a obnovní těžbě.
- Podporu využívání správného typu mechanizace s využitím všech možností pro zabránění zhutnění půdy, jako je vršení klestu na linkách s pohybem mechanizace, používání technických

opatření (pásky, nízkotlaké pneumatiky apod.) a na zvláště citlivých lokalitách plánování prací na mrazová období, případně na období sucha, kdy je půda méně citlivá k mechanickému poškození.

5) Aktivní management spárkaté zvěře

Porosty vzniklé přirozeně, uměle nebo v různém poměru kombinací obou možností jsou na velkoplošných holinách ve vysoké míře vyhledávány spárkatou zvěří, a to jako úkryt i jako potravní příležitost. Velmi výrazně tím stoupají náklady na obnovu kalamitních ploch, protože je nutné prakticky všechny druhy cílových dřevin před poškozováním zvěří ochraňovat oplocením nebo repelentními nátěry.

Mezi velmi důležitá opatření pro úspěšnou obnovu a zachování vzniklých pestrých porostních směsí proto patří snížení početních stavů spárkaté zvěře a jejich udržení na přijatelné úrovni. Vliv zvěře na úspěšnou obnovu lesa pestrými porostními směsmi lze považovat za hlavní limitující faktor.

Spárkatá zvěř do lesa zcela přirozeně patří, je však nezbytné její stavy regulovat způsobem, který umožní obnovu a výchovu lesa bez miliardových nákladů na ochranu dřevin. Motivací pro zvýšený lov spárkaté zvěře může být např.:

- Příspěvek státu nebo krajů na lov spárkaté zvěře. Aktivně podporováno je např. Krajem Vysočina, který mysliveckým spolkům vyplácí příspěvek za dolní čelisti černé zvěře.
- Zástřelné vyplácené za ulovené kusy holé spárkaté zvěře. V praxi úspěšně funguje především u soukromých nebo některých obecních a městských majetků. Náklady na zástřelné jsou mnohonásobně nižší než škody způsobené nadměrnými stavy spárkaté zvěře na lesních nebo zemědělských kulturách a porostech. Je proto ke zvážení zavést tento příspěvek také u lesů ve vlastnictví státu a motivovat tak ke snižování stavů spárkaté zvěře i další myslivecké spolky.
- Důsledná propagace příkladů dobré lesnické praxe, při které se podařilo vlastníkovu lesa nastavit rovnováhu mezi stavem spárkaté zvěře a stavem lesa. Zásadní je v tomto případě zdůraznit příznivé ekonomické efekty takovéto praxe (nižší škody na zemědělských kulturách, nižší náklady na ochranu kultur, nižší podíl dřevin poškozených hnilobami po loupání apod.).

Určitá opatření jsou připravována v rámci novely zákona č. 449/2001 Sb. o myslivosti. Bude nutné sledovat, nakolik bude nová legislativa úspěšná v oblasti redukce stavů zvěře a případně aplikovat další opatření.

Riziko poškození nebo znehodnocení lesních dřevin zvěří bohužel nezaniká dosažením fáze zajištěné kultury. Škody vytloukáním, strouháním, loupáním nebo ohryzem na kmenech dřevin ve fázi tyčovin i kmenovin jsou vstupní branou pro houbové infekce. Následné hniloby znehodnocují dřevo a zvyšuje se také riziko škod větrem a sněhem, které stromy s hnilobou lámou a vyvracejí. Určitou míru škod zvěří na lesních dřevinách lze akceptovat, není ale možné dále udržovat stav, kdy bez ochrany proti zvěři neodroste bez poškození jedle, buk, dub, javor, lípa ani další cílové dřeviny.

6) Odborný lesní hospodář

V České republice je přibližně 300 tisíc lidí, kteří vlastní les jako fyzická osoba a velikost jejich majetku je menší než 50 ha. Těchto 300 tisíc osob vlastní zhruba 350 tis. ha lesa. Znamená to, že průměrná velikost soukromého majetku je jen o málo větší než 1 ha. Zároveň přibližně ¾ těchto fyzických osob vlastní les o výměře menší než 1 ha. Všem těmto soukromým vlastníkům by měl být k dispozici odborný lesní hospodář (dále OLH), který je buď pověřený státem, nebo si ho vlastník lesa může zvolit podle vlastního výběru.

Podle průzkumu iniciativy Sážíme Česko z roku 2023 až 29 % soukromých vlastníků neví, kdo je jejich OLH, přibližně 45 % vlastníků o někom takovém ví a 60 % dotázaných vlastníků uvedlo, že je za posledních 5 let OLH sám nekontaktoval nebo si to nepamatují, jestli je kontaktoval.

Osoba odborného lesního hospodáře je přitom při péči o drobné majetky skutečně klíčová. Ukazuje se totiž, že vlastníci lesa, kteří s žádným lesníkem při péči o les nespolečně pracují, mají lesy v zanedbaném stavu jak po stránce výchovy porostů, tak po stránce ochrany lesa proti škodlivým činitelům.

Pro zvládání současné i případných budoucích situací hrozících vznikem kalamitních holin je proto nutné věnovat se také obnově dobrého jména lesníků, se zvláštním zřetelem na lesníky vykonávající pro drobné vlastníky lesa funkci OLH. K tomu by měla napomoci následující opatření:

- Požadavek na průběžné vzdělávání OLH – např. formou seminářů, workshopů, terénních exkurzí nebo školení. Interval mezi absolvováním vybrané formy vzdělávání by neměl přesáhnout 5 let.
- Realizace informačních a osvětových kampaní pro drobné vlastníky lesa. Cílem by mělo být nejen připomínat jim jejich povinnosti a práva vyplývající z vlastnictví lesa, ale pravidelně a opakovaně je informovat o institutu OLH. Součinnost vlastníků lesa s OLH pak bude přínosná pro vlastníka i pro stav lesa.
- Podpora setkávání vlastníků s OLH. Umožnit OLH organizovat setkání a semináře pro vlastníky lesa, kterým pomáhají se správou majetku. Vlastník lesa bude znát svého OLH a spolupráce s ním pak bude snadnější a efektivnější.
- Legislativní zakotvení odpovědnosti OLH za rozhodnutí, doporučení a úkony, které bude ve svěřeném majetku provádět nebo je bude po vlastníkově lesa požadovat. Takové opatření by mělo zároveň OLH motivovat k průběžnému vzdělávání, viz první odrážka.

Závěr

Kůrovcová kalamita, která zasáhla Česko i okolní evropské státy, způsobila na území ČR během pěti let vznik celkem více než 200 tis. ha holin. Ty bylo/je nutné znovu zalesnit. Tato kalamita může být chápána také jako příležitost pro změnu v myšlení a přístupu státní správy, vlastníků lesa a lesníků k obnově a pěstování lesa. Se změnou druhové skladby ve prospěch listnatých dřevin (především na úkor smrku) můžeme očekávat určité navýšení kapacity lesa pro ukládání uhlíku.

V první fázi je nutné zajistit obnovu porostů, následovat bude pravděpodobně ještě obtížnější úkol – výchova mlazin na těchto plochách. Tu je nutné provádět tak, abychom vytvořili bohatě strukturované směsi. Při správné volbě stanovištně vhodných dřevin je předpoklad vzniku stabilních porostů plnicích široké spektrum funkcí, včetně účinného vázání uhlíku v biomase i v půdě. Proto je důležité klást důraz na udržení a zlepšení stavu lesních půd, ve kterých je podle aktuálních odhadů v českých lesích uloženo

až 65 % uhlíku, který se v lesním ekosystému nachází. Získané poznatky lze shrnout tak, že **kalamitní holiny nemusí mít zásadní negativní vliv na zásobu půdního uhlíku, pokud i) je na plochách ponecháno dostatečné množství těžebních zbytků k rozkladu a ii) pokud jsou tyto plochy dostatečně rychle znovu zalesněny.**

Překládaný materiál proto uvádí v bodech 1-6 návrhy a doporučení možných koncepčních opatření, která podle dřívějších i nejnovějších poznatků z praxe a výzkumu lze považovat za efektivní a účinná pro úspěšnou obnovu lesa na kalamitních plochách. A to nejen ve vztahu k ochraně lesní půdy, organické půdní hmoty nebo koloběhu potenciálně rizikových prvků.

Uvědomujeme si, že uvedená doporučení pravděpodobně nejsou vyčerpávající a v konkrétních podmínkách se mohou jako vhodné jevit i další možnosti. V každém případě je ale třeba věnovat kalamitním plochám v zájmu obnovy, ochrany a zdraví lesa i ochrany lesních půd velkou pozornost.

Citovaný zdroj:

Šrámek V., Fadrhonsová V., Neudertová-Hellebrandová K., Cienciala E., Borůvka L. (2024): Zásoby uhlíku v lesních půdách a lesní hospodářství – review. Zprávy lesnického výzkumu 69 (1): 22-36.

Dedikace:

Dokument vznikl jako výsledek řešení projektu NAZV QK22020217 „Změny v lesních půdách po kalamitní těžbě – vliv odlesnění na sekvestraci uhlíku, bilanci živin a mobilitu rizikových prvků“ (2022-2024).