

Vítr, hlavní činitel narušení přírodního bukového lesa v Karpatech

Poznání významu větru pro lesní ekosystémy je klíčové k pochopení dynamiky a struktury lesa. Narušení (disturbance) větrem je jedním z nejdůležitějších faktorů řídících vývoj biomasy a uhlíkové bilance, biodiverzity a dalších ekosystémových funkcí v našich lesích. Cílem tohoto článku je shrnout poznatky o vlivu větru na lesní ekosystémy se zaměřením na jejich narušení (více také následující příspěvek na str. 258–260). Dva nejdůležitější typy silného větru jsou v evropských podmínkách spojeny s mimotropickými cyklonami a s konvektivními bouřemi (podrobněji na str. 214–217 této Živy). Pro lepší porozumění vztahu větrných disturbancí a lesních ekosystémů jsme zkoumali přírodně zachovalé porosty buku lesního (*Fagus sylvatica*) v Karpatech pomocí letokruhové analýzy a povětrnostních parametrů. Cyklony byly hlavním činitelem působícím na místní lesy jak na úrovni jednotlivých ploch, tak celých porostů, avšak konvektivní bouře měly v lesních ekosystémech též svou roli. V karpatských lesích s dominancí buku byla nejběžnější středně silná a slabá narušení z pohledu velikosti zasažení porostního zápoje. Naopak silná a velmi silná narušení nastávala nejméně často, takovému režimu se říká smíšený režim narušení.

V České republice byl do r. 2016 po dlouhých desetiletích nejdůležitějším činitelem přirozené disturbance lesů vítr, což vyplývá z evidence nahodilých těžeb (data Českého statistického úřadu). Od r. 2016 převzal prvenství působení hmyz, zejména lýkožrout smrkový (*Ips typographus*). V našich zeměpisných šířkách jde především o dva typy silných větrů. Plošně rozsáhlejší je vítr vyvolaný mimořádně hlubokou mimotro-

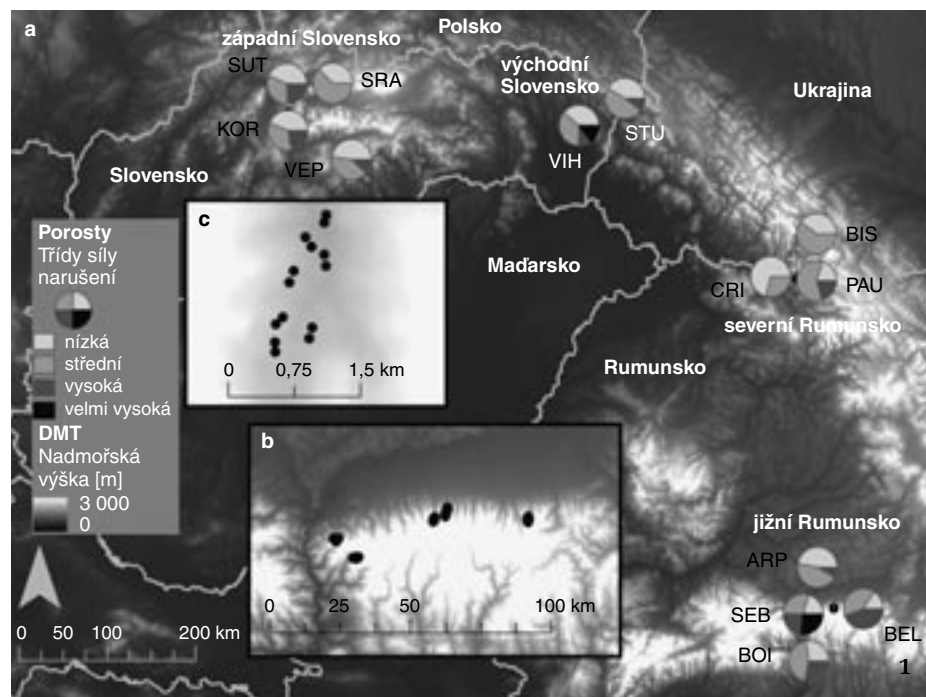
pickou cyklonou, což je zhruba 1 000 km široký vír s nižším tlakem vzduchu uprostřed, provázený oblačností, srážkami a silným větrem. Tento typ větru se vyskytuje nejčastěji v chladné polovině roku. Cyklony s maximálními rychlostmi větru v nárazu přes 72 km/h mohou ovlivnit strukturu lesa na rozloze přesahující stovky km², ve skutečnosti je to však o několik řádů více. Limitem není rozsah působení cyklony,

ale rozloha lesa. Větrné bouře byly způsobeny např. cyklonami Kyrill v r. 2007 a Herwart z r. 2017. Orkán Kyrill měl mnohem výraznější dopad na naše lesy, podlehl mu zhruba 10 milionů m³ dříví. V případě orkánu Herwart šlo o zhruba 2,4 milionu m³. Pro bližší představu lze tato čísla srovnat s celkovou těžbou běžnou v daném období bez zmiňovaných vichřic, která byla okolo 19 milionů m³ dříví. Cyklona Kyrill měla nejnižší hodnotu tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře 959,8 hPa s nejvyššími rychlostmi větru v nárazu 216 km/h (na vrcholu Sněžky), oproti tomu cyklona Herwart vykazovala nejnižší hodnotu atmosférického tlaku 970 hPa s nárazy větru až 182 km/h.

Druhý typ silného větru je utvářen konvektivními bouřemi, které se vyskytují při vývoji konvektivních oblaků druhu cumulonimbus nebo jejich soustav. Tyto bouře souvisejí s konvekci v atmosféře, což je proces, při němž se vyvíjejí v horizontálním rozsahu omezené výstupné a kompenzační sestupné pohyby vzduchu. Oblak druhu cumulonimbus může podporovat výskyt např. bouřek, tornád, krupobití, prudkého nárazovitého větru (nejčastěji downburst) nebo příválových dešťů. Termín downburst by se dal přeložit jako propad studeného vzduchu, který vzniká extrémně silným sestupným konvektivním proudem, a vítr vane jedním směrem, na rozdíl od rotujícího tornáda. Konvektivní bouře se vyskytují převážně v letních měsících. Navzdory tomu, že jsou v Evropě celkem běžné, jejich vliv na lesy není příliš prozkoumán.

Pokud chceme zjistit vliv větrných narušení na lesní porosty, je dobré si pro studium zvolit porosty narušované převážně větrem, ve kterých jsou ostatní typy disturbancí minimalizovány. Pro tyto účely se ve střední Evropě nejvíce hodí porosty středních poloh s dominancí buku lesního, který je zde nejběžnějším druhem. V horských polohách převládají porosty s dominancí smrku ztepilého (*Picea abies*), které jsou též často narušované větrem, ale v kombinaci s podkorním hmyzem, což lze velmi obtížně odlišit. Porosty nižších poloh mají trochu jiný problém – tyto ekosystémy jsou silně ovlivněny činností člověka. Naproti tomu zachovalé přirozené porosty bez vlivu člověka a s dominancí buku najdeme v řadě oblastí Karpat, kde jsou ještě přítomny relativně rozsáhlé plochy, na kterých se dají zachytit procesy vyvolané působením větru.

1 Pozice studovaných porostů v rámci Karpat, rozdělených na čtyři regiony (západní Slovensko, východní Slovensko, severní Rumunsko, jižní Rumunsko). Každý porost je popsán koláčovým diagramem podílu podle síly narušení (odstranění korunového zápoje, obr. a). Příklady rozmístění porostů v jižním Rumunsku (b) a výzkumných ploch v porostu Arpasul (ARP, c). DMT – digitální model terénu. Zkoumané lokality: BEL – Belia, BIS – Bistra, BOI – Boia Mică, CRI – Criva, KOR – Kornietová, PAU – Paulic, SEB – Sebeșu, SRA – Šrámková, STU – Stužica, SUT – Šútovská, VEP – Vepor a VIH – Vihorlat. Orig. P. Janda



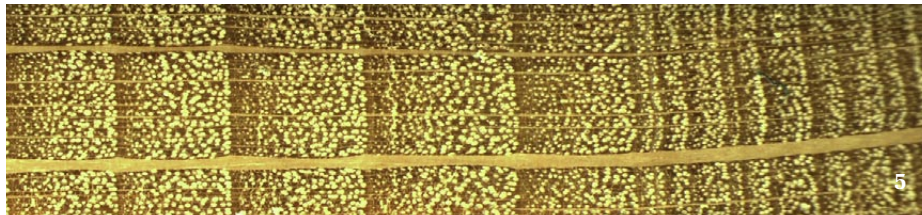
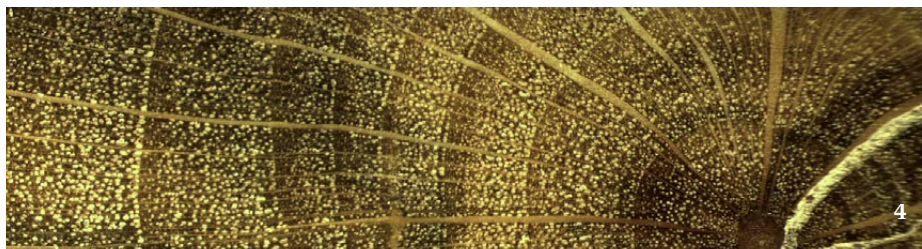
Výzkum v Karpatech

Jakým způsobem daná narušení můžeme studovat, bylo v Živě již dříve popsáno na příkladu studia horských smrčín pomocí dendroekologických přístupů (2013, 5: 213–216). Nyní se zaměříme na porosty s dominancí (nadpolovičním zastoupením) buku lesního ve středních polohách, kde se jako příměs vyskytují smrk ztepilý, jedle bělokorá (*Abies alba*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*) a další stromové dřeviny. V rámci celého karpatského oblouku bylo vybráno 13 porostů a v každém umístěno kolem 14 výzkumných ploch o velikosti 1 000 m². Vznikla síť ploch ve čtyřech oblastech – na západním Slovensku (čtyři porosty), východním Slovensku (dva), v severním Rumunsku (tři) a jižním Rumunsku (čtyři porosty, obr. 1).

Ke studiu vzniku porostů a jejich ovlivnění disturbancemi jsme použili historii přírůstů jednotlivých stromů. K tomuto kroku jsme přistoupili proto, že v bukových lesích dokážou mladí jedinci odrůstat v zástínu dospělců, a tak prostý věk není vhodným ukazatelem data vstupu stromu do korunové klenby, která určuje načasování události narušení. Buky jsou schopné čekat až dlouhá desetiletí v zástínu na svou příležitost, kdy se poruší korunová klenba tvořená starými stromy a nový jedinec se do ní dostane. Průnik do korunové klenby právě datuje události narušení, a pokud bychom brali v úvahu pouhý věk, spoustu událostí bychom nezachytili anebo je detekovali chybně. Proto je nejlepším indikátorem narušení vstup stromu do korunové klenby, kdy strom začíná intenzivně růst – v okamžiku, kdy se narušením porostu odstraní z jeho bezprostřední blízkosti přímí konkurenti.

Tyto události se snažíme v letokruzích nalézt. Vyskytují se ve dvou případech. V prvním strom od počátku roste rychle v porostní mezeře bez vlivu okolních stromů, kdy byli přímí konkurenti odstraněni z porostu před začátkem růstu jedince (obr. 2 a 4). Za druhé jde o případ náhlé pozitivní růstové změny již staršího potlačeného jedince (obr. 3 a 5), po odstranění konkurentů z jeho okolí v době disturbance. Pokud indikujeme více pozitivních růstových změn potlačených jedinců ve stejné době a následný rychlý růst v otevřené porostní klenbě, můžeme usuzovat o silnějším narušení. Na základě daného principu jsme klasifikovali jednotlivé plochy a porosty do tříd podle síly narušení – slabá (obr. 6), střední (obr. 7), silná a velmi silná narušení (obr. 8).

Abychom prokázali vliv větru na lesní porosty, zkoumali jsme vliv povětrnostních parametrů na sílu narušení na úrovni jednotlivých ploch a celých porostů. Větrnou bouří způsobenou mimotropickou cyklonou popisovala charakteristika reprezentující počet tříhodinových úseků s vysokou rychlostí větru, konvektivní bouří charakteristika reprezentující počet tříhodinových úseků s velkým množstvím potenciálně dostupné energie pro konvekci teplého vzduchu. Tyto charakteristiky byly převzaty z reanalýz NOAA-CIRES-DOE Twentieth Century Reanalysis Version 3 od r. 1850 do r. 1990 a porovnávány v pětiletém kroku s historicky rekonstruovanou silou narušení lesa. V celkovém modelu porovnává

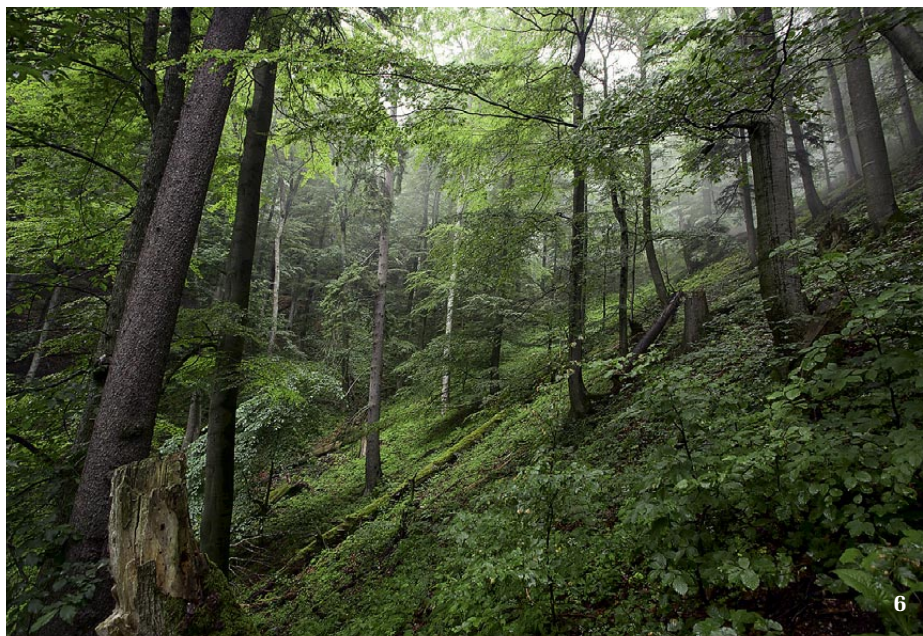


vajíce vztah mezi povětrnostními parametry a silou narušení byly zahrnuty dále faktory popisující zeměpisnou délku, konfiguraci terénu, sílu a dobu uplynulou od poslední takové události. Konfigurací terénu se myslí vzdálenost ke hřebeni, kde je pravděpodobnost narušení větrem vyšší a se vzdáleností od hřebene klesá.

Zkoumané porosty byly pod silnějším vlivem cyklon jak na úrovni jednotlivých ploch, tak celých porostů. Vliv konvektivních bouří byl slabší, ale též prokazatelný. Na základě našich pozorování lze konstatovat, že zvýšení četnosti výskytu cyklon pozorovaných v průběhu 20. století (viz Pettit a kol. 2021) nevedlo k nárůstu síly narušení. Naopak síla poklesla v čase, a to ve shodném trendu se snížením četnosti konvektivních bouří. A právě působení konvektivních bouří na lesy bylo často v literatuře opomíjeno, naše studie však připomněla, že zejména vliv zmíněných downburstů a tornád spojených s konvektivní oblačností není zanedbatelný. Menší pozornost věnovaná konvektivním bouřím může být způsobena jejich lokálnější charakterem. Protože průměrná plocha pokrytá zde analyzovanými porosty činila 1 km², nebyl vliv konvektivních větrů tak silný na úrovni porostu. Narušení způsobené konvektivními bouřemi malého měřítká mohlo ovlivnit pouze jednu plochu nebo několik stromů a ty mohly být při výpočtu síly narušení na úrovni porostu zprůměrováním minimalizovány.

2 až 5 Série letokruhů na obr. 2 a 4 pocházejí ze stromů, které od počátku odrůstaly rychle v porostní mezeře bez vlivu okolních kompetujících stromů. Přímí konkurenti byli odstraněni z porostu před začátkem růstu jedince. Lze vidět počáteční růst stromů se zachycenou dřevní (vpravo dole). Směr růstu dřeva je vždy zprava doleva. Na obr. 3 a 5 série letokruhů ze stromů, u nichž došlo k náhlé pozitivní růstové změně již staršího potlačeného jedince po odstranění konkurentů z jeho okolí v době narušení porostu. Ilustrační snímky příčného řezu kmenem smrku ztepilého (*Picea abies*, obr. 2 a 3) a buku lesního (*Fagus sylvatica*, 4 a 5). Foto M. Dušátko

6 až 8 Ukázkový porost se slabou silou narušení odstraněného zápoje (obr. 6). Vidíme jednotlivé mrtvé stromy, avšak korunový zápoj zůstává vcelku kompaktní, národní přírodní rezervace Kundračka, Slovensko. Porost se střední silou narušení odstraněného zápoje (7) se skupinou mrtvých stromů, korunový zápoj je již narušený a částečně otevřený, NPR Padva, Slovensko. Na posledním snímku (8) je ukázkový porost se silným narušením odstraněného zápoje. Je zřejmé velkoplošné narušení větrem – korunový zápoj je silně poškozený a otevřený, národní park Semenec, Rumunsko. Foto O. Kameniar (obr. 6), M. Ferencík (7) a J. Hofmeister (8)



Dynamiku disturbancí v malém měřítku, jako jsou narušení konvektivními bouřkami, však nelze ignorovat, protože vytvářejí lesy s vysokou strukturální komplexitou. Otevírají mezery v porostním zápoji, v nichž se může diverzifikovat obnova, věkový a výškový profil lesa.

Faktor konfigurace terénu byl významným pro cyklony i konvektivní bouře, ale pouze na úrovni jednotlivých ploch. Tento vztah byl již znám z jiných studií. Nový poznatek poskytly faktory popisující sílu a dobu od poslední události narušení. Po celé zkoumané období let 1850–1990 síla narušení klesala, a naopak doba od poslední události narůstala. Trajektorie obou faktorů zvyšuje strukturální komplexitu, takže se stárnutím a působením slabších narušení dochází k prostorové i výškové diferenciaci porostů, které mají potenciál zvýšit odolnost lesa vůči větru. Faktor popisující zeměpisnou délku byl průkazný pouze v případě analýz konvektivních bouří na úrovni jednotlivých ploch, což poukazovalo na silnější působení těchto událostí v jižním Rumunsku. To by mohlo být spojeno s větší kontinentalitou území. Skutečnost, že faktor nebyl průkazný u mimotropických cyklon, naznačuje, že jejich činnost je po celém zeměpisném gradientu vyrovnaná.

Další naše studie prokázala, že v karpatských lesích s dominancí buku jsou podle procenta odstraněného zápoje nejběžnější středně silná narušení v období mezi lety 1810–1990 a druhá nejběžnější jsou slabá narušení. Naopak silná a velmi silná narušení jsou nejmeně běžná a zabírají nejmenší díl odstraněného zápoje (obr. 1). Pokud převládají středně silná narušení, mluvíme o smíšeném režimu narušení, který byl již popsán v horských smrčínách Karpat nebo v ekosystémech Severní Ameriky řízených požáry. Drobné rozdíly na krajině měřítku můžeme pozorovat v rozdělení odstraněného zápoje. Na západním Slovensku jsou výraznější události se slabou silou, naopak v jižním Rumunsku vychází vyšší podíl událostí s vysokou a velmi vysokou silou. Režim narušení se slabší silou pozorovaný na západním Slovensku byl podobně popsán již v dřívějších studiích, avšak v Rumunsku je velmi málo prozkoumán. Mírně silnější průběh těchto disturbancí v jižním Rumunsku může být spojený s větší aktivitou konvektivních bouří.

Karpatské lesy jsou nejvíce ovlivňovány vichřicemi spojenými s cyklonami jak na úrovni jednotlivých ploch, tak na úrovni porostů, avšak dopady konvektivních bouří nejsou opominutelné. Vliv větrů historicky směřem k současnosti mírně slábl, což může být způsobeno změnou režimu narušení charakterizovaným nejčtenějším středně silným a slabým narušením podle procenta odstraněného zápoje. Naopak nejmeně četnými jsou silná a velmi silná narušení.

S jistým zjednodušením by bylo možné poznatky z Karpat, a to především ze západního Slovenska, uplatnit i na území České republiky.

Použitá literatura uvedena na webu Živy. K dalšímu čtení např. Živa 2013, 5: 216–219 a 229–233; 2018, 4: 179–184.