

Tatry ako objekt dlhodobého ekologického výskumu prírodných disturbancií

Fleischer, P., Homolová, Z.: Tatra Mts. as the Object for Long-Term Ecological Research of Natural Disturbances. *Životné prostredie*, 2016, 50, 1, p. 40 – 43.

Long-term research and monitoring has long tradition in Tatra National Park. Permanent research plots in forest have been established since 1950s for identification state and processes in natural ecosystems serving as guideline for reconstruction of overused or otherwise damaged stands. In 1990s number of observed sites and parameters increased due to pollution and weather extremes impact on ecosystems in the Tatra Mts. These sites formed a core for international interdisciplinary ecological research after a windstorm in 2004 which damaged 12,000 ha of spruce forest. Ten years long studies confirmed permanent disturbance regime on the affected area and unexpectedly fast and successful regeneration. Future risk poses projected warming which might dramatically change growing condition for dominant tree species as well as increase population of bark beetles which during last ten years killed 7,000 ha of mature forest.

Key words: Tatra Mts., permanent research plots, ecological research, spruce forest, windstorm, natural disturbances

Potreba dlhodobého sledovania stavu prírodných a človekom narušených ekosystémov vznikla súčasne so založením Správy Tatranského národného parku (TANAP) v 50. rokoch 20. storočia. Cieľom starostlivosti o TANAP bolo totiž nielen chrániť a dokumentovať výnimočnosti nenarušenej prírody, ale aj obnovovať to, čo človek narušil stáročným využívaním. Formálne sa táto požiadavka naplnila zriadením Výskumnej stanice pri Správe TANAP-u ako výskumného a výskum koordinujúceho pracoviska ochrany prírody.

Dlhodobý výskum a monitoring TANAP-u

Pastvou a neriadenou exploataciou trpeli do vzniku TANAP-u najmä lesy. Modelom pre nápravu a smerovanie lesníckej činnosti v zmenených porastoch mal byť stav prírodných lesov. Na tento účel sa v 60. – 80. rokoch 20. storočia založili stovky trvalých výskumných plôch (TVP), na ktorých sa zisťoval stav pôdných, fytoecologických, rastových, ale aj mikroklimatických pomerov. Plochy reprezentujúce rôzne lesné spoločenstvá, vplyv prírodných i antropogénnych faktorov sa stali základom dlhodobého monitorovania stavu prostredia TANAP-u. Monitoring lesov sa stal vysoko aktuálny potom, ako sa začal zhoršovať ich zdravotný stav koncom 80. rokov 20. storočia. Žltnutie korún stromov, strata asimilačných orgánov a hromadné odumieranie boli považované za dôsledky znečisteného ovzdušia. Predpoklad na degradačné pôsobenie imisíí potvrdzovali zistené nízke hodnoty pH a obsah síranov v zrážkach, koncentrácia prízemného ozónu, ťažké kovy v rastlinných i živočíšnych tkanivách alebo obsah hliníka v pôdnom roztoku, ktoré niekoľkokrát prekročovali tzv. kritické hodnoty. Monitoring lesov v polovici 90. rokov poukázal na veľ-

mi pomaly prebiehajúce zmeny v prírodných lesoch, ale tiež na mimoriadne rýchlo sa zhoršujúci stav v nepôvodných porastoch. Prirodenosť a s ňou spojené štruktúrne znaky (druhového zloženia, vekovej, vertikálnej a priestorovej výstavby) sa stali hlavnými kritériami na klasifikáciu potenciálnej odolnosti porastov voči atmo-gennému znečisteniu a začínajúcim klimatickým extrémom. Za najrizikovejšie sa považovali porasty v Podtatranskej kotline a na južných svahoch Vysokých Tatier.

Vetrová kalamita v roku 2004 a disturbančný výskum

Predpoklady možného poškodenia ekologicky me-nej stabilných porastov sa nenaplnili. Orkán, ktorý postihol južné svahy Vysokých Tatier 19. 11. 2004, dosahoval rýchlosť až 230 km.h⁻¹ a vyvrátil porasty na ploche 12 000 ha bez ohľadu na ich pôvodnosť či porastovú štruktúru. Príčinou takej extrémnej rýchlosti bol prechod stredú tlakovej níše v tesnej blízkosti Tatier, ktorý podmienil vznik svahového vetra bóra na záveternej strane horského masívu. Podľa plochy a objemu dreva v postihnutých porastoch (2,3 mil. m³) išlo doteraz o najväčšiu zdokumentovanú kalamitu na Slovensku i v okolitých krajinách. Táto udalosť bola zaradená medzi 10 najvýznamnejších európskych vetrových kalamít za posledných 30 rokov, nakoľko tak rozsiahle vetrové kalamity sú v miernom pásme, a zvlášť v kontinentálnej časti, zriedkavé. Podľa klimatologických prognóz by klimatické zmeny mali spôsobiť vyššiu frekvenciu a ničivejšie účinky disturbancií nielen vetrom, ale aj hmyzom, požiarmi, suchom i záplavami.

Sledovanie ekologických dôsledkov veľkoplošného rozpadu lesov v Tatrách sa prirodzene stalo atraktívnou témou pre vedu. Okrem globálneho rozmeru podob-

ných prírodných katastrof chýbali vedecké i praktické poznatky o dôsledku veľkoplošného rozvratu lesov na jednotlivé zložky samotného ekosystému a jeho okolia. Nedostatok súvislostí s kalamitou podobného rozsahu bol dôvodom pre kontroverzné názory o potrebe, prípadne spôsobe a dôsledkoch spracovania, resp. nespracovania poškodených porastov. Záujem o výskum stúpol najmä potom, keď sa výskum mohol realizovať aj v rezerváciách s najvyšším, 5. stupňom ochrany prírody, kde ostala kalamita nespracovaná. Novú tému do disturbančnej ekológie priniesol aj požiar na čiastočne spracovanej vetrovej kalamite v auguste 2005 pri Tatranských Zruboch. Praktická starostlivosť o lesy a ochrana prírody od výskumu očakávali informácie o dôsledkoch spracovania, resp. nespracovania kalamity na stav a vývoj postihnutých a okolitých ekosystémov. Do výskumu koordinovaného Výskumnou stanicou TANAP-u sa zapojili desiatky domácich (napr. Technická Univerzita Košice, Univerzita Komenského Bratislava, Technická univerzita Zvolen, Národné lesnícke centrum, Považské múzeum) i zahraničných inštitúcií (napr. Ústav M. Plancka v Jene, Poľská akadémia vied v Krakove, Talianska univerzita Viterbo) a vyše sto jednotlivcov. Spoločným cieľom bolo identifikovať zmeny spôsobené rozpadom lesných porastov a ich dôsledky na jednotlivé zložky prírodného prostredia (atmosféru, pôdu, vodu, biotu) pri rozdielnom spôsobe manažmentu (spracovaná, resp. nespracovaná vetrová kalamita). Výskum sa sústredil na štyri výskumné plochy, každá s výmerou minimálne 100 ha. Modelové plochy reprezentovali rozdielny typ poškodenia a rozdielny spôsob manažmentu:

- plocha NEX – porasty postihnuté kalamitou bez lesníckeho zásahu, bez spracovania vyvrátených a zlomených stromov, bez zalesnenia s tzv. prirodzeným vývojom;
- plocha EXT – porasty postihnuté kalamitou, spracované tradičným spôsobom, drevo odvezené, lokality následne zalesnené;
- plocha FIR – územie postihnuté vetrovou kalamitou a následne požiarom;
- plocha REF – porasty kalamitou nezasiahnuté, tzv. referenčné plochy.

Referenciou na hodnotenie zmien boli aj dlhodobé údaje o stave lesných ekosystémov pred poškodením. Na korektnú interpretáciu výsledkov boli plochy založené v porastoch s podobnými stanovištnými pomermi (nadmorskou výškou, sklonom, orientáciou, pôdnymi a geologickými pomermi, vegetáciou). Výskumné plochy boli postupne vybavené technickými zariadeniami na výskum, monitoring a prenos dát (obr. 1), ktoré posunuli „pokalamitný“ výskum do Medzinárodnej siete pre dlhodobý ekologický výskum (ILTER) a do projektu 7. rámcového programu EÚ EXPEER (*Distributed Infrastructure for EXPERimentation in Ecosystem Research*). V každom výskumnom objekte bol multidisciplinárny výskum doplnený technickým vybavením na monito-



Obr. 1. Automatické meranie fotosyntézy na kyprine úzkolistej (*Chamerion angustifolium*) na výskumnej ploche EXT pri Vyšných Hágoch (2015). Foto: Peter Fleischer

ring (meteorologické stanice, dendrometre, snímače transpiračného prúdu, pôdne lyzimetre, kolektory na chemizmus zrážok, datalogere a pod). V rámci lokality sa pozornosť zamerala hlavne na sledovanie priestorovej variability pôdných, vegetačných a zootických pomerov (Fleischer, Homolová, eds., 2011).

Poznatky z 10-ročného výskumu a monitoringu disturbancií

Dendrochronologické analýzy potvrdili, že veľkoplošný rozpad porastov na postihnutom území nie je až taký výnimočný. Naopak, za posledných 200 rokov sa podobné udalosti opakovali so 40-ročnou periodicitou a veľmi pravdepodobne to bolo tak aj v dávnejšej minulosti. Dlhodobé pôsobenie disturbancií na sledovanom území potvrdzujú aj ďalšie zistenia, ako kopčekový mikroreliéf, stratigrafia a množstvo humusu v pôde, koexistencia ekologicky kontrastných druhov vo vekovo homogénnych porastoch pred poškodením (smrekovec, resp. borovica ako na svetlo náročné druhy a smrek ako druh znášajúci tieň). Opakujúce sa disturbancie neu-



Obr. 2. Automatické meranie pôdnej respirácie na výskumnej ploche EXT pri Vyšných Hágoch (2014). Foto: Peter Fleischer

možnú lesnej vegetácii dosiahnuť klimaxový stav, ale porasty sú neustále udržiavané v štádiách skorej sukcesie. Prekvapujúco rýchla obnova vegetácie po poškodení, ale aj intenzívne, no krátkodobé zvýšenie tokov živín, najmä dusíka, potvrdzujú adaptáciu ekosystémov na tento režim. O rýchlosti regenerácie svedčí aj obnova schopnosti sekvestrovať uhlík. Pred rozvratom dospelé smrekovcovo-smrekové porasty viac uhlíka asimilovali ako respirovali (na obr. 2 je zariadenie na automatické sledovanie pôdnej respirácie). Po rozpade porastov hlavným zdrojom emisie uhlíka bola pôdna respirácia. Netienený pôdny povrch sa prehrieval, čo stimulovalo mineralizáciu a činnosť pôdnych mikroorganizmov. Narušené ekosystémy emitovali 6–8 ton uhlíka z hektára ročne, najviac na lokalite po požiari. Zvrat v negatívnej bilancii sme zistili už po 8 rokoch. Intenzívny rast vegetácie stimulovalo aj teplé počasie s dostatkom zrážok.

Rýchla obnova vegetácie prispela tiež k zníženiu rizika erózie na lokalitách s odstránenou drevnou hmotou. Na obr. 3 je stav na lokalite zasiahnutej požiarom v roku 2005 a na obr. 4 v roku 2014. Zdrsnenie povrchu poškodených plôch koreňovými vývratmi výrazne znížilo formovanie povrchového odtoku zrážkovej vody

ako predpokladu na vznik erózie. No pravdepodobne najvýznamnejším faktorom boli osobitné pôdno-geologické podmienky Tatranského podhoria. Piesčito-kamenité pôdy s vysokým obsahom hliny sa vyznačujú vysokou retenčnou kapacitou a stabilizujúcim účinkom na hydrické pomery. Nielen erózný potenciál, ale ani pôdna vlhkosť, a ani prietoky v tatranských potokoch sa po kalamitnom rozpade porastov zásadne nezmenili.

Najvýznamnejšie zmeny po veľkoplošnom rozpade porastov boli zistené v početnosti a diverzite fauny a flóry. Faunistické sledovania sa sústredili najmä na pôdne organizmy. Väčšina výskumných pracovníkov konštatovala nárast biodiverzity spôsobenej disturbanciou. Tento stimulujúci účinok na biodiverzitu po narušení ekosystému je v literatúre známy ako tzv. disturbančný paradox. Nárast diverzity spôsobili prevažne generalistické druhy so širokou ekologickou valenciou, ktoré nahradili pôvodné druhy. Väčšina zoologických prác sa uskutočnila v prvých rokoch po kalamite a tak celkový trend po 10 rokoch bol opísaný len pri niektorých skupinách (ako bystrušky, blanokrídlowce, drobné zemné cicavce). Autori prevažne konštatovali, že časom klesajú rozdiely medzi typmi disturbancie i spôsobmi následného manažmentu, čo potvrdzuje aj 10-ročný výskum mikroorganizmov. Vo fytocenózach poškodených plôch takmer zanikli lesné druhy, o trochu viac sa ich udržalo na nespracovanej kalamitnej ploche. Po 10 rokoch je však jednoznačný trend homogenizácie vegetácie. Prírodná obnova drevín je na manažovaných i nemanáovaných lokalitách veľmi intenzívna. Vyššie počty zmladzujúcich sa drevín sú na nespracovanej kalamitnej ploche. Druhovú diverzitu je však vyššia na spracovaných lokalitách vďaka vyššiemu podielu úspešných drevín a zámerným výsadbám. Vo výsadbách sa okrem prirodzených hlavných drevín (smreka, smrekovca, borovice) uplatňujú aj doteraz zriedkavejšie druhy, ako jedľa, javor, jaseň, lipa a buk. Zámerom lesníckej činnosti na manažovaných kalamitných lokalitách je vytvoriť druhovo a priestorovo diferencované porasty, ktoré by mali lepšie odolávať neustálemu a pravdepodobne zvyšujúcemu sa tlaku prírodných disturbancií a mohli by zabezpečovať rastúce požiadavky spoločnosti na rozmanité ekosystémové služby tatranských lesov (rekreáciu, liečbu, mikroklimu, habitat a čiastočne aj produkciu dreva).

Nespracovaná vetrová kalamita je v smrekových lesoch vždy rizikom masívneho rozmnoženia podkôrneho hmyzu a napadnutia okolitých, relatívne zdravých porastov. Lykožrút smrekový ako najvýznamnejší druh v horských smrekových lesoch reaguje na priaznivé teplotné pomery zvýšeným počtom generácií, čím populácia a počet napadnutých stromov prudko narastá. Mimoriadne teplé počasie v posledných rokoch takmer sústavne prekračovalo dlhodobý priemer a prispelo k vzniku doteraz nebývanej kalamity podkôrneho hmyzu. Podľa evidencie Štátnych lesov TANAP-u hmyz poško-

dil od roku 2006 do súčasnosti okolo 7 000 ha dospelých smrekových porastov (Fleischer, Homolová, Šturcel, eds., 2015).

Predpokladané zvýšenie teploty v tatranskej oblasti o 1 až 2 °C v priebehu nasledujúcich 30 – 50 rokov bude znamenať nielen zlepšené podmienky pre podkôrny hmyz, ale pravdepodobne oslabí aj súčasné hlavné dreviny. Podľa bioklimatologických modelov zvýšenie teploty vzduchu o 2 °C pri nezmenenom režime zrážok bude pre smrek i smrekovec znamenať, že sa dostanú na hranicu dnešných existenčných podmienok. Potenciálny dopad zvýšenia teploty na bilanciu uhlíka sledujeme v „otepľovacom“ experimente (obr. 5 a obrázok na str. 2 obálky).

* * *

Z pohľadu realizácie výskumu je 10-ročné trvanie považované za dlhodobé sledovanie. Samozrejme, takáto mierka neplatí pre vývoj lesných ekosystémov. Dôsledky mnohých procesov sa pravdepodobne začnú prejavovať až po dlhšom časovom odstupe, preto má koncept dlhodobého ekologického výskumu a monitoringu – LTER – svoje opodstatnenie. Doterajšie poznatky o malých rozdieloch medzi rozdielne manažovanými lokalitami po disturbanciách potvrdzujú, že citlivý manažment nemusí spôsobiť žiadne dramatické ekologické zmeny. Naopak, mnohé nepriaznivé sprievodné javy (požiarne riziko, prašnosť, výskyt alergénov, rozsah škôd hmyzom, šírenie parazitov) sa dajú do istej miery korigovať, prípadne až eliminovať. Rýchla obnova postihnutého územia po vetrovej disturbancii je skúsenosť, ktorá naznačuje, že vývoj lesov v meniacich sa podmienkach nemusí byť až taký dramatický. Či to bude platiť aj v prípade ďalšieho rastu teplôt a deficitu zrážok je neisté. Podmienky neistoty stavajú starostlivosť a ochranu o prírodné ekosystémy do zložitej situácie. O to väčší význam budú mať na rozhodovanie miestne skúsenosti, podporené dlhodobým monitoringom.

Literatúra

Fleischer, P., Homolová, Z. (eds.): Štúdie o Tatranskom národnom parku 10 (43). Monografická štúdia o dôsledkoch vetrovej kalamity z roku 2004 na prírodné prostredie Vysokých Tatier. Poprad: Podtatranské noviny, 2011, 320 s.

Fleischer, P., Homolová, Z., Šturcel, M. (eds.): Štúdie o Tatranskom národnom parku 11 (44). Zborník referátov a vedeckých príspevkov z konferencie k 10. výročiu vetrovej kalamity z roku 2004 vo Vysokých Tatrách. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2015, 340 s.

doc. Ing. Peter Fleischer, PhD., p.fleischersr@gmail.com
 Ing. Zuzana Homolová, PhD., zuzahomolova@gmail.com
 Výskumná stanica a Múzeum Tatranského národného parku, Štátne lesy TANAP-u, 059 60 Tatranská Lomnica



Obr. 3. Výskumná plocha na požiarisku (FIR) pri Tatranských Zruboch (2005). Foto: Peter Fleischer



Obr. 4. Výskumná plocha na požiarisku (FIR) pri Tatranských Zruboch (2014). Foto: Peter Fleischer



Obr. 5. Experiment na zvýšenie prízemnej teploty so zariadením na meranie tokov CO₂ na výskumnej ploche pri Vyšných Hágoch (2014). Foto: Peter Fleischer