



ÚPLNÁ ELIMINÁCIA PRIRODZENEJ OBNOVY JEDLE BIELEJ ZVEROU — DŮKAZ Z DLHODOBÉHO EXPERIMENTU

Bohdan Konôpka ▪ Vladimír Šebeň

Konôpka, B., Šebeň, V.: Total elimination of natural regeneration of silver fir by wildlife – evidence from a long-term experiment. APOL, 2025, vol. 6, no. 1, p. 133–139.

Abstract: The browsing activity of large wild herbivores (LWH) in forests often leads to reduced tree diversity, diminished biomass production, and challenges in achieving forest management objectives. Therefore, we focused on assessing the impact of LWH browsing during the initial stages of forest growth by comparing fenced plots (F plots) with excluded LWH and control plots (C plots) with the presence of LWH. The experiment took place at the Hukavský Grúň research site in the Polana Mts., characterized by a high red deer population. Fifteen F plots and fifteen C plots, all situated within mixed maternal forests, were established in the 2023 growing season. Thus, circular plots with a radius of 2.5 m were utilized, and comprehensive data were collected on young trees, covering tree species, positions, heights, and stem diameters. A comparison between F and C plots revealed a prevalence of silver fir in F plots, while European beech dominated C plots. F plots exhibited higher tree species diversity (4.5 species), contrasting with the lower diversity (2.0 species) and absence of silver fir in C plots. The F plots also demonstrated greater tree density and sizes, resulting in substantial differences in aboveground biomass stocks. Browsing in C plots predominantly affected tree height rather than stem diameter, leading to a bigger height-to-diameter ratio in F plots compared to C plots. We suggest that fencing as a method to exclude LWH might be economically expensive and provide a temporary solution limited by the functionality of the fence. Therefore, the primary strategy for protecting silver fir must lie in regulating LWH populations to a reasonable level.

Key words: maternal stand; fencing; red deer; browsing; tree species diversity; tree biomass stock

Úvod

Zistenia z Národnej inventarizácie a monitoringu lesov Slovenskej republiky ukazujú, že najzávažnejšie poškodenie lesných drevín zverou (prevažne prežúvavou raticovou a z nej najmä jeleňou) nastáva počas ranných rastových štádií porastov, typicky počas prvých 20 rokov (Šebeň 2017). Zver výrazne poškodzuje nie len mäkké listnaté dreviny s nízkym hospodárskym významom (Konôpka et al. 2023), ale aj hospodársky dôležité druhy, akou je napríklad jedľa biela (Ott et al. 1989). Jedľa čelí v ranných rastových štádiách intenzívnemu poškodeniu zverou, čo často vedie k výraznému poklesu jej zastúpenia v drevinovej skladbe, prípadne až k úplnému vypadnutiu. Aj štúdie autorov Häslera a Senna (2012) zdôrazňujú, že jedľa biela patrí medzi najintenzívnejšie ohrýzané dreviny v lesoch strednej a juhovýchodnej Európy. Uvádzajú, že obnova jedle bielej bola dlhodobo slabá alebo úplne zlyhala, pritom ako hlavný negatívny faktor sa uvádza práve odhryz náletov a nárastov zverou.

Pritom už v 80. rokoch minulého storočia upozorňoval napríklad Ott et al. (1989) na vážne ohrozenie dlhodobej existencie jedle bielej v stredo európskom priestore v dôsledku potravinového tlaku prežúvavou raticovou zverou, najmä jeleňou. Napriek týmto problémom má jedľa biela stále veľký význam z hľadiska produkcie aj z ekologických dôvodov v Karpatskom oblúku, ako aj v mnohých oblastiach Eurázie. V zmiešaných porastoch jedľa biela prispieva k zvýšeniu celkovej produkcie dreva (Mina et al. 2018), zlepšuje druhovú biodiverzitu (Dobrowolska et al. 2017) a pozitívne ovplyvňuje pôdne pomery (Třeščík & Podrázský 2017). Z týchto dôvodov je nevyhnutná aktívna podpora jedle prostredníctvom vhodného lesného manažmentu a potenciálne aj cez dôraznú reguláciu zveri.

Hlavným cieľom tejto štúdie je objasniť vplyv prežúvavej raticovej zveri, najmä jelenej, na obnovu lesa, so zvláštnym zameraním na jedľu bielu. Naša metóda je postavená na komparácii obnovy lesa v prítomnosti a neprítomnosti zveri, a to prostredníctvom analýzy rozdielov medzi plochami vo vnútri (vylúčenie zveri) a mimo (kontrola, t. j. referenčný, teda reálny stav) oplotenia. Kľúčové ukazovatele použité na hodnotenie týchto rozdielov zahŕňajú drevinové zloženie, ako aj početnosť a rozmery jedincov, a to ako na úrovni jednotlivých druhov, tak aj všetkých drevín spolu.

Parciálne ciele štúdie sme formulovali prostredníctvom čiastkových hypotéz, ktoré sa zameriavajú na vplyv prežúvavej raticovej zveri (ďalej len „zver“) na obnovu lesa, konkrétne:

- vylúčenie zveri vedie k zvýšeniu aktuálnej hustoty obnovy (počet jedincov na jednotku plochy),
- vylúčenie zveri podporuje produktivitu, tzn. aktuálnu zásobu nadzemnej biomasy drevín,
- prítomnosť zveri a jej potravinová aktivita má rozdielny vplyv na jednotlivé druhy drevín,
- prítomnosť zveri zároveň znižuje druhovú diverzitu (t. j. počet druhov na jednotku plochy).

Materiál a metóda

Naša výskumná lokalita (miestny názov Hukavský Grúň) sa nachádza v pohorí Polana, ktoré je vulkanického pôvodu s andezitovým podloží. Nadmorská výška lokality dosahuje približne 850 metrov a územie je charakteristické mezotrofnou kambizemou. Takáto pôda predstavuje živné stanovište s vysokou produkčnou schopnosťou lesov. Klíma oblasti je definovaná ročným úhrnom zrážok okolo 1 000 mm a priemernou ročnou teplotou 5,5 °C. Najchladnejším mesiacom je január s priemernou teplotou –4,9 °C, zatiaľ čo najteplejším je júl s teplotou 15,4 °C. Snehová pokrývka sa v regióne vyskytuje v priemere 90 dní ročne.

Už v roku 1991 založili pracovníci Lesníckeho výskumného ústavu vo Zvolene, konkrétne Oddelenie ekológie lesa, trvalú výskumnú plochu Hukavský Grúň. Výskum sa zameriava na rôzne zložky lesného prostredia a ekosystému vrátane pôdy, ovzdušia a všetkých foriem vegetácie (Pavlena & Čaboun 2016). Na začiatku výskumných aktivít bol lesný komplex s rozlohou 0,575 ha oplotený plotom s výškou takmer 2,5 metra. Táto oblasť je známa vysokou populáciou jeleňa lesného, ktorá významne ovplyvňuje obnovu lesa (Bučko et al. 2010). Okrem jelenej zveri sa v tejto oblasti vyskytuje aj srnčia zver, daniele a muflóny, hoci v lesných porastoch skôr len príležitostne.

Materský porast na výskumnej ploche tvorí prevažne buk lesný, ktorý v roku 2023 predstavoval približne 70 % všetkých stromov. Smrek obyčajný tvoril 17 % a jedľa biela približne 4 %. Zvyšok predstavovali javory (menovite horský a mliečny) a jaseň štíhly. Stromy v hlavnom poraste majú priemerný vek približne 120 rokov a výšku v rozmedzí 32 až 36 metrov. Podľa meraní vykonaných na jeseň 2022 bola kruhová základňa



Obrázok 1. Schéma rozmiestnenia 15 plôch vo vnútri oplotka (červené krúžky) a 15 plôch mimo neho (modré krúžky) nachádzajúcich sa na Hukavskom grúni, Polana – obrázok vľavo. Ilustrácia obnovy lesa mimo oplotka a v jeho vnútri – obrázok vpravo.

Figure 1. Scheme of the 15 plots inside the enclosure (red circles) and 15 plots (blue ones) outside of it, located on Hukavský grúň, Polana – see photo on the left. Illustration of forest regeneration outside the enclosure and within it – photo on the right.

porastu 52 m² na hektár a zásoba dreva dosahovala 821 m³ na hektár. Lesný porast vznikol prirodzenou obnovou, pritom vplyv predchádzajúceho hospodárenia na vývoj drevín bol zanedbateľný.

V druhej polovici vegetačného obdobia 2023 sme založili celkovo 30 výskumných plôch – 15 sa nachádzalo vo vnútri oplotenia, označených ako plochy s vylúčením zveri (F plochy), a 15 mimo oplotenia, slúžiacich ako kontrola (C plochy; pozri aj obr. 1). Umiestnenie plôch sa volilo so zámerom zachovať minimálnu vzdialenosť jedného metra od oplotenia, čím sa eliminoval možný „okrajový efekt“.

Každá z našich 30 plôch bola kruhového tvaru s polomerom 2,5 metra, pričom stredové body sú fixované železnou trubkou zapravenou do pôdy (zabezpečila sa možnosť merania po čase zopakovať). Do meraní sa zahrnuli iba stromy s výškou presahujúcou 10 cm, pretože menšie jedince, ktoré sa prevažne objavujú v aktuálnom roku, často neprežijú do nasledujúcich rokov. Naše merania zahŕňali hrúbku meranú na báze kmeňa (v ďalšom text „hrúbka d_0 “), ktorú sme merali digitálnym posuvným meradlom s presnosťou $\pm 0,1$ mm. Okrem toho sa merala výška stromu pomocou dreveného meradla s presnosťou $\pm 1,0$ cm. Záznamy, ktoré zahŕňali nielen druhy, ale aj presnú polohu jednotlivých stromov, sme realizovali pomocou systému Field-Map a jeho príslušenstva.

Po meraniach sme odvodili základné charakteristiky pre skupiny stromov v rámci každej kruhovej plochy. Následne sme vypočítali priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky pre plochy vo vnútri a mimo oplotenia. Konkrétne sa vypočítali tieto charakteristiky: počet stromov, počet druhov drevín, Loreyova výška stromov a priemerná hrúbka d_0 . Tieto veličiny poskytujú komplexný prehľad o zložení a štruktúrnych vlastnostiach stromových skupín v rámci jednotlivých plôch. Pre zlepšenie vizualizácie a priestorového pochopenia polôh stromov v rámci každej plochy, sme vykonali vizualizácie pomocou softvéru ArcMap 10.6.1.

Nakoniec sme vypočítali nadzemnú biomasu pre každý jednotlivý strom. Na tento účel sme implementovali alometrické vzťahy prevzaté z prác Jagodzinski et al. (2019) a Pajčík et al. (2018). Pritom alometrické vzťahy zahŕňali hrúbku d_0 a výšku stromu ako nezávislé premenné (t. j. prediktory). Následne sa vypočítala celková nadzemná biomasu stromov pre každú plochu ako súčet biomás zo všetkých prítomných stromov.

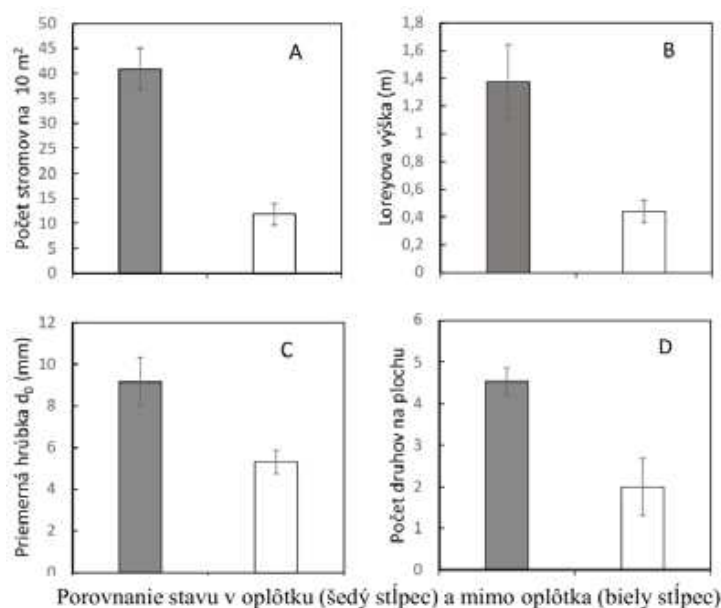
Rozdiely v charakteristikách stromov medzi plochami F (vo vnútri oplotenia) a plochami C (mimo oplotenia) sme testovali pomocou Studentovho t-testu ($p < 0,001$). Štatistické analýzy sa vykonali v programe Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

Výsledky

Rozdiely v stave obnovy lesa medzi plochami s vylúčením zveri a mimo oplotenia boli rozpoznateľné už aj vizuálne. Celkovo sa zaznamenalo 994 stromov na plochách F a 223 jedincov na plochách C. To naznačuje takmer 4,5-násobne vyššiu hustotu vo vnútri oplotenia ako mimo neho. Kým plochy F boli charakterizované dominanciou jedle (48 % z celového počtu jedincov), obnovu mimo oplotenia primárne reprezentoval buk (87 %). Na plochách C nebola zaznamenaná žiadna jedľa. Pokiaľ ide o plochy vo vnútri oplotenia, drevinou s najväčšou priemernou výškou bola jedľa (Loreyova výška 1,69 m), tesne nasledovaná bukom (1,54 m). Pri porovnaní výšok bukov boli jedince vo vnútri oplotenia trikrát vyššie ako tie mimo oplotenia.

Pri skúmaní ďalšieho ukazovateľa, ktorý kombinuje výšku stromu a hrúbky d_0 , známeho ako „štíhlostný kvocient“, sú zjavné rozdiely medzi plochami F a plochami C. Konkrétne, kým priemerná hodnota štíhlostného kvocientu vo vnútri oplotenia bola 149, priemerná hodnota mimo oplotenia bola 1,8-krát menšia, konkrétne 89. Ešte väčšie rozdiely sa zistili pre buk, druh, ktorý bol hojne prítomný v oboch typoch plôch. V tomto prípade boli rozdiely viac než dvojnásobné, s priemernými hodnotami 230 na plochách F a 103 na plochách C. Rôzne pomery výšky a hrúbky naznačujú, že zver odhryzom redukovala výškový prírastok (hrúbkový prírastok bol ovplyvnený menej intenzívne).

Zároveň všetky stromové charakteristiky boli na plochách F významne väčšie (Studentov t-test; $p < 0,001$) než na plochách C (obr. 2). Takže kým počet stromov vypočítaný na 10 m² bol 41 jedincov v oplotení, mimo neho to bolo len 12 jedincov. Loreyove výšky boli 1,37 verzus 0,44 m, priemerné hrúbky d_0 boli 9,2 verzus 5,3 mm a počet druhov bol 4,5 verzus 2,0 na plochách F v porovnaní s plochami C. Porovnanie medzi týmito ukazovateľmi naznačujú, že najväčší rozdiel medzi plochami vo vnútri a mimo oplotenia bol v prípade hustoty porastu (počet jedincov na jednotku plochy), konkrétne takmer štvornásobný.



Obrázok 2. Porovnanie počtu stromov (graf A), Loreyovej výška (graf B), priemernej hrúbky kmeňa meranej na jeho báze (graf C) a počtu druhov vyjadrenej na jednu plochu medzi vnútorom oplôtka (tmavošedé stĺpce), a mimo neho (biele stĺpce). Chybové úsečky vyjadrujú smerodajnú odchýlku.

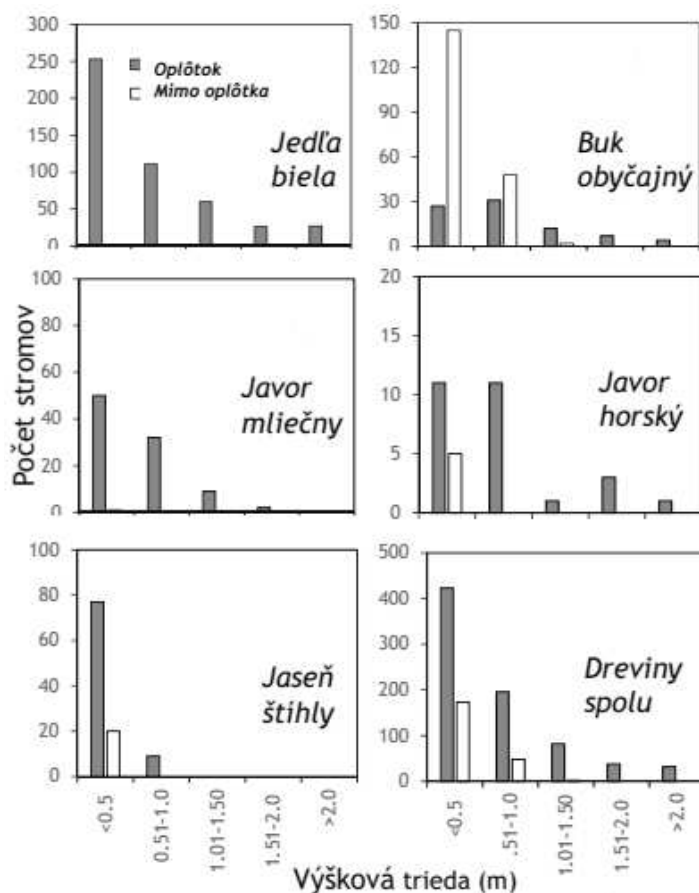
Figure 2. Comparison of the number of trees (graph A), Lorey's height (graph B), average stem diameter measured at its base (graph C), and the number of species per plot between the inside of the enclosure (grey bars) and outside of it (white bars). Error bars represent the standard deviation.

Zaujímavé výstupy vyplývajú z porovnania medzi plochami F a C v prípade počtu stromov v rôznych výškových triedach (obr. 3). Najpreukázanejšie porovnanie výšok stromov možno vykonať pre buk, pretože tento druh bol pomerne bežný na oboch typoch plôch. Frekvenčný diagram ukázal, že buky boli prítomné vo všetkých výškových triedach na plochách F. Na druhej strane, na plochách C bola väčšina bukov v triede s výškou do 0,5 m, niektoré v triede 0,51 – 1,0 m, málo jedincov v triede 1,01 – 1,5 m a žiadne v triedach nad 1,5 m. Pokiaľ ide o javory a jasene mimo oplôtka, všetky stromy boli len vo výškovej triede do 0,5 m.

Vylúčenie zveri malo tiež veľmi pozitívny vplyv na produkciu nadzemnej biomasy mladých stromov. Kým zásoba nadzemnej biomasy vo vnútri oplôtka bola 3,6 kg na 10 m², jej množstvo mimo oplôtka bolo iba 0,06 kg na 10 m². Pokiaľ ide o plochy F, takmer 1/4 nadzemnej biomasy (1,0 kg na 10 m²) pozostávala z listov. Zvyšné 3/4 množstva biomasy (2,6 kg na 10 m²) boli koncentrované v drevnatých častiach, teda v kmeni a vo vetvách.

Ďalej sa vyjadril príspevok jednotlivých druhov drevín k zásobe nadzemnej biomasy. Situácie medzi plochami F a C boli kontrastné. Kým jedľa tvorila 95 % nadzemnej biomasy vo vnútri oplôtka, až 96 % nadzemnej biomasy mimo oplôtka tvoril buk. Tieto pomery v nadzemnej biomase sa líšili od pomerov v počte stromov. Daný rozdiel naznačil, že jedle v oplôtke a buky mimo oplôtka sú dominantnejšie z hľadiska stromovej biomasy než z hľadiska počtu stromov. Inými slovami, tieto dominantné druhy (jedľa na plochách F a buk na plochách C) obsahovali viac nadzemnej biomasy v prepočte na jeden strom než ostatné druhy.

Nakoniec sme vytvorili vizualizácie polôh stromov, berúc do úvahy jednak druhy drevín a hrúbkové triedy kmeňa (konkrétne: pod 2,1 cm, 2,1 – 3,5 cm a nad 3,5 cm). Takto si môžeme lepšie predstaviť reálnu situáciu na jednotlivých plochách (obr. 4). Tieto vizualizácie jasne ilustrujú oveľa hustejšie pokrytie, vyššiu rozmanitosť druhov, ako aj väčšie stromy (t. j. hrubšie kmene) v obnove lesa vo vnútri než mimo oplôtka. Okrem toho vizualizácia naznačuje, že jedle sú dominantné nielen v početnosti, ale aj vo veľkosti na plochách vo vnútri oplôtka (plochy F).



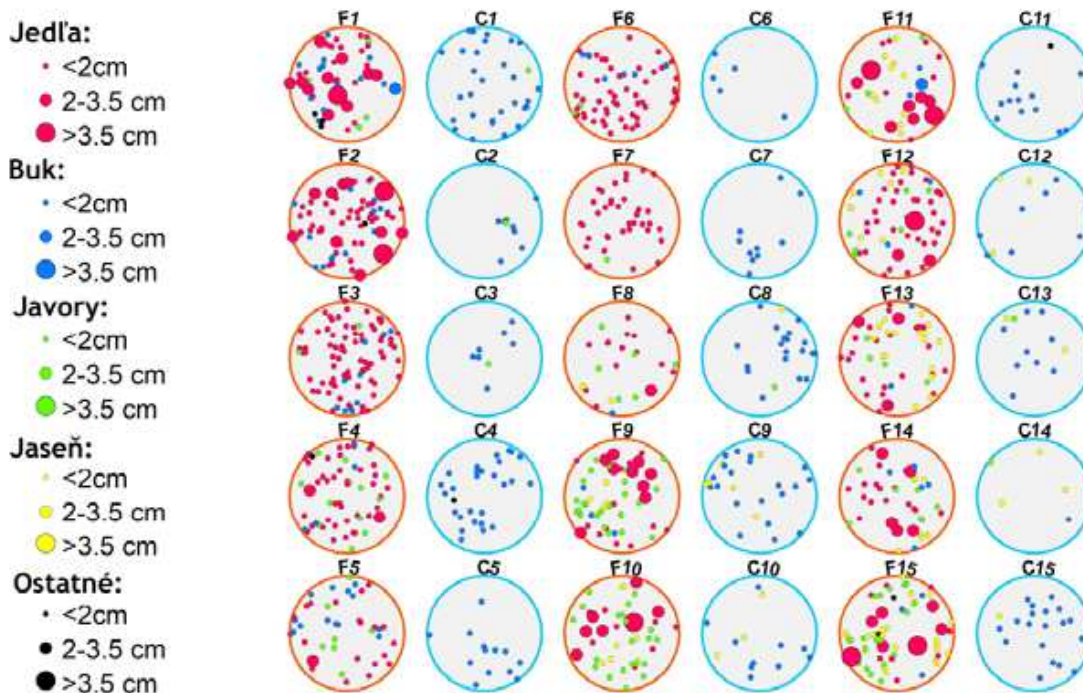
Obrazok 3. Porovnanie počtu stromov jednotlivých druhov drevín podľa výškových tried, medzi vnútorom oplôtky (tmavošedé stĺpce) a mimo nej (biele stĺpce).

Figure 3. Comparison of the number of trees of individual tree species by height classes between the inside of the enclosure (grey bars) and outside of it (white bars).

Záver

Naša prípadová štúdia jasne ukázala, že obnova jedle je za priaznivých podmienok veľmi úspešná. Ide o príklad z jej ekologického minima, ktorým je jedľovo-bukový vegetačný stupeň. Tento sa na Slovensku vyskytuje v nadmorských výškach medzi približne 500 až 1 000 metrami nad morom. Pozorovania naznačili, že úspešná regenerácia môže nastať aj v lesných porastoch s malým podielom jedle v materskom poraste a za relatívne nízkej intenzity svetla (s malými otvormi v korunovej vrstve). Kľúčovou podmienkou tohto úspechu je vylúčenie alebo aspoň radikálne zníženie existujúcej populácie prežúvavej raticovej zveri, najmä jelenej. Situácia na plochách mimo oplôtky naznačila, že potravinový tlak môže viesť k úplnému vypadnutiu jedle v drevinovom zložení v procese obnovy lesných porastov. Kým javory a jasene boli významne negatívne ovplyvnené zverou, buk bol potravinovo o niečo menej atraktívny. Zároveň však aj výškový vývoj buka obmedzil odhryz.

Výsledky tohto experimentu potvrdzujú dôležitosť udržania populácie prežúvavej raticovej zveri na úrovni primeranej potrebám lesného hospodárstva, hlavne v kontexte obnovy a pestovania lesných porastov. Bez toho budú lesníci naďalej čeliť problémom pri zakladaní rôznorodých zmiešaných lesných porastov. Stavba a údržba oplôtky sú nákladné opatrenia, ktoré riešia problém len v počiatočných rastových štádiách lesa. Keď oplôtky postupne prirodzene zaniknú (má obmedzenú životnosť), nevyhnutná sa stáva individuálna ochrana niektorých potravinovo atraktívnych drevín (predovšetkým jedľa, jasene, javorov a pod.). Implementácia



Obrázok 4. Schematické zobrazenie počtu a veľkosti (v kontexte hrúbkových tried) jednotlivých drevín pre všetky sledované plochy. Červené kruhy predstavujú plochy vo vnútri oplotka, modré sú pre plochy mimo neho. Kódy jednotlivých plôch sú v zhode so značením v Obrázku 1.

Figure 4. Schematic representation of the number and size (based on diameter classes measured at the base of the stems) of individual tree species across all plots. Red circles represent plots inside the enclosure, blue circles represent plots outside of it. The plot codes correspond to the labeling in Figure 1.

tohto typu dlhodobej ochrany nie je technicky ani finančne realizovateľná vo veľkom rozsahu. Preto regulácia populácie prežívavej raticovej zveri sa javí ako najefektívnejšie opatrenie na zníženie negatívnych dopadov ohryzu lesných drevín. Čo povedať na úplný záver? Už včera (predvčerom) bolo neskoro!

Podakovanie

Táto práca vznikla vďaka riešeniu úloh projektov APVV-18-0086, APVV-19-0387 a APVV-22-0056 financovaných z Agentúry na podporu výskumu a vývoja, ako aj v rámci projektu „Progresívne metódy ochrany lesa v meniacich sa ekologických podmienkach (PROMOLES)“ financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301).

Literatúra

- Bučko, J., Cibula, R., Štefančíková, E., Zimová, L., Lehocká, K., Kyselová, M. et al., 2010: Poľovnícka štatistická ročenka Slovenskej republiky, Zvolen, NLC, 181 p.
- Dobrowolska, D., Boncina, A., Klumpp, R., 2017: Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): a review. *Journal of Forest Research*, 22:1–10.
- Häsler, H., Senn, J., 2012: Ungulate browsing on European silver fir (*Abies alba*): the role of occasions, food shortage and diet preferences. *Wildlife Biology*, 18:67–74.
- Jagodzinski, A. M., Dyderski, MK., Gesikiewicz, K., Horodecki, P., 2019: Tree and stand level estimations of *Abies alba* Mill. aboveground biomass. *Annals of Forest Science*, 76:56.

- Konôpka, B., Šebeň, V., Pajčík, J., 2023: What have we learnt from the stand level estimates on stem bark browsing by large wild herbivores? *Central European Forestry Journal*, 69:21–30.
- Mina, M., del Río, M., Huber, M. O., Thürig, E., Rohner, B., 2018: The symmetry of competitive interactions in mixed Norway spruce, silver fir and European beech forests. *Journal of Vegetation Science*, 29:775–787.
- Ott, E., Lüschnner, F., Frehner, M., Brang, P., 1989: Verjüngungsökologische Besonderheiten im Gebirgsfichtenwald im Vergleich zur Bergwaldstufe. *Schweiz. Z. Forstwes*, 142:879–904.
- Pajčík, J., Konôpka, B., Šebeň, V., 2018: Mathematical biomass models for young individuals of forest tree species in the region of the Western Carpathians. Zvolen, National Forest Centre, 89 p.
- Pavlanda, P., Čaboun, V., 2016: Monitorovacia plocha Poľana-Hukavský grúň – objekt výskumu v sieti ICP Forests a LTER. *Životné prostredia*. 50:26–31.
- Šebeň, V., 2017: Národná inventaritácia a monitoring lesov Slovenskej republiky 2015 – 2016. *Lesnícke štúdie 65*, Zvolen, NLC – LVÚ, 255 p.
- Třeštítk, M., Podrázský, V., 2017: Soil improving role of silver fir (*Abies alba* Mill.): A case study. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62:182–188.

ADRESA

doc. Dr. Ing. Bohdan Konôpka, Ing. Vladimír Šebeň, PhD.
Národné lesnícke centrum – Sekcia pre vedu a výskum
T. G. Masaryka 2175/22
SK–960 01 Zvolen
e-mail: bohdan.konopka@nlcsk.org; vladimir.seben@nlcsk.org