

Vertikálna migrácia taxónov vyšších rastlín v alpínskom pásme ako nový, akcelerujúci fenomén

Kanka, R., Barančok, P., Kollár, J.: Vertical Migration of Vascular Taxa in Alpine Belt as a New, Accelerating Phenomenon. *Životné prostredie*, 2018, 52, 2, p. 67 – 70.

Observed climate change, especially warming, is having significant impacts on the distribution of European flora and these impacts include uphill range shifts, as well as predict potential local and regional extinctions of species. This process can be also called as a vertical migration of species. The related research in subalpine and alpine belt of the European mountains brought several interesting results during the last 15 years, above all by the GLORIA initiative network and a project SUMMITDiv with repeated plant survey from 302 mountain summits across Europe and spanning 145 years of observation. A continent-wide acceleration in the rate of increase in plant species richness, with five times as much species enrichment between 2007 and 2016 as fifty years ago, between 1957 and 1966 has been confirmed (Steinbauer et al., 2018).

Key words: vertical migration, vascular plants, climatic change, GLORIA, SUMMITDiv

Pohyb resp. migrácia druhov vyšších rastlín v krajine je zložitý heterogénny proces, ktorý môžeme sledovať a hodnotiť v rôznom kontexte, v širokých časových a priestorových škálach. Tieto procesy majú rôzny charakter a často je veľmi náročné ich pozorovať a vedecky vyhodnotiť, na základe priestorových parametrov ich dokážeme sledovať horizontálne, vertikálne alebo ako ich vzájomnú kombináciu. V súvislosti so stále narastajúcim tlakom zo strany ľudskej spoločnosti môžu viaceré pohyby druhov v krajine znamenať ireverzibilné zmeny v ekosystémoch, pokles diverzity druhov a v krajných prípadoch aj stratu jedinečných taxónov. Viacero vedeckých a odborných prác sa zaoberá migráciou druhov z južnejších zemepisných šírok do severnejších, šírením invázných resp. nepôvodných druhov či šírením nitrofilnejších taxónov vplyvom zvýšenej depozície dusíka (Bobbink et al., 2010). Existuje však ešte jeden pohyb, na prvý pohľad menej viditeľný a zreteľný, ale nemenej dôležitý. Ide o proces, ktorý nazývame vertikálna migrácia druhov, a jej katalyzátorom sú klimatické zmeny, ktorých súčasťou je aj jav nazývaný postupné otepľovanie zemského povrchu.

Začiatky výskumu vertikálnej migrácie taxónov – medzinárodná sieť GLORIA

Iniciatíva a nápad sledovať resp. zachytiť tieto zmeny pochádza z Rakúska, kde sa začiatkom 90. rokov 20. storočia tím okolo profesora Georga Grabherra začal tejto problematike venovať a postupne vypracoval príslušné metodické postupy na jej sledovanie. V roku 1994 bolo v Stubaiských Alpách v oblasti vrchu Schrankogel v nadmorských výškach 3 200 – 3 495 m založených 900 monitorovacích plôch s veľkosťou 1 × 1 m a súčasne sa

na nich uskutočnil iniciálny výskum prezencie a pokryvnosti cievnatých rastlín. Tento výskum sa zopakoval v roku 2004, pričom sa na ňom zúčastnili aj členovia tímu GLORIA z Ústavu krajiny ekológie SAV. Ešte skôr, v roku 2001 Európska komisia schválila projekt 5. rámcového programu, v rámci ktorého bola založená medzinárodná dlhodobá pozorovacia sieť monitorovacích plôch GLORIA (*Global Observation Research Initiative in Alpine Environments*) – Európsky rozmer globálnej observačno-výskumnej iniciatívy v alpskom prostredí. Jej cieľom je porovnávací výskum vplyvov klimatických zmien na horskú biotu a ekosystémy (Grabherr et al., 2000), ktorý využíva výskum diverzity vyšších rastlín v alpínskom pásme európskych pohorí ako platformu slúžiacu na monitorovanie klimatických zmien metódologiou štandardizovaného prístupu k zberu dát z viacerých vrcholov, tzv. *Gloria's Multi-Summit Approach*. Na Slovensku sa výskumné plochy siete GLORIA nachádzajú na nasledujúcich štyroch vrchoch Vysokých a Západných Tatier:

1. Krížnej (1 918,6 m n. m.) v Liptovských kopách vo východnej časti Západných Tatier približne 900 m od hlavného vrcholu (2 038 m n. m.);
2. Veľkej kope (2 052,4 m n. m.) v Liptovských kopách vo východnej časti Západných Tatier, štyri výškové metre od hlavného vrcholu;
3. Sediolkovej kope (2 061,3 m n. m.) vo Vysokých Tatrách, západne od Furkotskej doliny;
4. Krátkej (2 374,5 m n. m.) vo Vysokých Tatrách, v rázsoche Kriváňa, tento vrchol reprezentuje subniválnu výškovú stupeň a patrí k najvyšším v rámci regiónu Tatier.

Tieto výskumné plochy manažuje tím pracovníkov Ústavu krajiny ekológie SAV, ktorý je členom



Obr. 1. Pohľad zo Sedielkovej kopy, vľavo masív Krátkej (Vysoké Tatry, júl 2008). Foto: Hubert Žarnovičan

konzorcia od založenia výskumných plôch v 2001, a každých sedem rokov sa na týchto trvalých monitorovacích plochách uskutočňuje opakovaný výskum (obr. 1 a 2).

Sieť sa v nasledujúcich rokoch rozširovala o ďalšie regióny a výskumné plochy: v roku 2002 boli založené prvé výskumné plochy v rámci kontinentov Južnej Ameriky a Austrálie, v 2003 v Severnej Amerike, v 2005 v Ázii, od 2011 sa plánuje založiť prvá výskumná plocha na území Afriky. K 31. decembru 2010 pristúpilo k tejto iniciatíve 91 regiónov s vyše 600 výskumnými plochami pod vrcholmi, k 31. decembru 2017 je v rámci celosvetovej siete GLORIA 68 etablovaných regiónov so založenými výskumnými plochami a opakovaným výskumom. 62 regiónov so založenými výskumnými plochami a uskutočneným iniciálnym výskumom a 30 regiónov, ktoré prejavili záujem o výskum podľa metodiky GLORIA, čiže sumárne 130 aktívnych a 30 potenciálnych regiónov, rozmiestnených na všetkých kontinentoch v deviatich zónobiómoch. Výsledky boli publikované doposiaľ v takmer 160 článkoch v karentovaných vedeckých časopisoch vrátane tých najprestížnejších, ako sú *Science* (Pauli et al., 2012), *Journal of Ecology* (Dullinger et al., 2007) a *Journal of Biogeography* (Winkler et al., 2016). Obsahom uvedených článkov bola analýza a porovna-

nie zmien v druhovom zložení cievnatých rastlín na vrcholoch všetkých regiónov siete, ale najmä potvrdenie hypotézy o migrácii druhov vyšších rastlín pozdĺž vertikálneho gradientu do vyšších nadmorských výšok. Práca a výsledky tejto iniciatívy boli podrobne zhrnuté aj v článkoch Kanka et al. (2005), Kanka a kol. (2011) a Kollár et al. (2016).

Využitie viac ako storočných dát – projekt sUMMITDiv

V roku 2013 prišli švajčiarski vedci s iniciatívou – známou tiež ako projekt sUMMITDiv – využiť staršie botanické práce ako bázu pre výskumnú úlohu, ktorej cieľom je analyzovať zmeny druhového zloženia vrcholov v rámci čo možno najdlhšieho časového obdobia, pričom pri niektorých prácach to predstavuje až 145 rokov. Švajčiarsky botanik Josias Braun-Blanquet (1884 – 1980) už pred viac ako storočím predpovedal, že tento typ štúdia vegetácie môže byť v budúcnosti čoraz relevantnejší.

Slovensko sa do tejto výskumnej úlohy zapojilo s výskumným tímom Ústavu krajinskej ekológie SAV, ktorý využil prácu Sagorskiho, Schneidera (1891) s podrobným súpisom druhov z viac ako dvadsiatich tatranských štítov, z ktorých sa aktuálne do výskumu vybralo deväť



Obr. 2. Pohľad spod vrcholu Krátkej na Teriansku vežu (Vysoké Tatry, júl 2008). Foto: Hubert Žarnovičan

štítov vo Vysokých a Belianskych Tatrách, konkrétne Belianska kopa (1 835 m n. m.), Hlúpy (2 060 m n. m.), Jahňací štít (2 229,6 m n. m.), Havran (2 151,5 m n. m.), Nový (1 999 m n. m.), Lomnický štít (2 633,8 m n. m.), Slavkovský štít (2 452,4 m n. m.), Gerlachovský štít (2 654,4 m n. m.) a Rysy (2 503 m n. m.). Získané údaje sa stali súčasťou databázy, ktorá obsahuje dáta z 302 európskych vrcholov. Výsledky štúdie dokazujú, že zvýšenie počtu horských druhov je spojené s globálnym otepľovaním. Za posledných desať rokov sa počet rastlinných druhov v európskych pohoriach zvýšil päťnásobne v porovnaní s rokmi 1957 – 1966.

Okrem toho je zrejmé, že tento vývoj súvisí s nárastom teplôt, pretože zmenami zrážok a depozície dusíka ho nemožno korektne vysvetliť. Globálne otepľovanie vytvára na horských vrcholoch, ktoré boli osídlené len najodolnejšími druhmi, podmienky vhodné aj pre rastliny nižších polôh. Veľký medzinárodný výskumný tím nielenže zistil značný nárast počtu rastlinných druhov na európskych horských vrcholoch za posledných 150 rokov, ale aj to, že toto zvýšenie sa zrýchľuje.

Rastliny citlivo reagujú na nárast antropogénnych vplyvov na celý systém Zeme. V rokoch 1957 – 1966 sa počet druhov na horských vrcholoch v priemere zvýšil o 1,1. Odvtedy sa tento trend zrýchľil, takže od roku 2006

resp. 2007 sa za dekádu priemerne až 5,5 nových druhov presunulo na najvyššie položené miesta horských vrcholov (Steinbauer et al., 2018). Výskumníci vzali do úvahy iba rastlinné druhy, ktoré už reagovali na nárast teploty a reálne sa pohybovali nahor. Neskúmali počet druhov, ktoré by mohli byť na ceste nahor. Negatívnym a, čo sa týka druhovej diverzity, ireverzibilným javom je to, že druhy, ktoré sa prispôbili chladným a skalným podmienkam na horských vrcholoch, sa pravdepodobne z dlhodobého hľadiska stratia, keďže sa nemôžu vyvinúť dostatočne rýchlo, aby mohli konkurovať príchodu nových druhov, ktoré sú konkurencieschopnejšie v teplejších klimatických podmienkach. Druhy, ktoré sa pohybujú smerom nahor, často pochádzajú z trávnatých porastov nad hranicou lesa, ale nemôžu prežiť na všetkých miestach na vrchole štítov, súčasne však nie je isté, či budú hrozbou pre všetky existujúce druhy na najvyšších miestach (obr. 3 a obrázok na str. 2 obálky). Lokálne reliéfne a pôdne podmienky, a tiež mikroklima, zohrávajú svoju podstatnú úlohu. A aj keď existujúce druhy na horských vrcholoch nie sú akútne ohrozené, silné zrýchlenie vplyvu globálneho otepľovania na rastlinné spoločenstvá na vrcholoch vyvoláva obavy, pretože očakávame ešte výraznejšie zmeny klímy do roku 2100.



Obr. 3. Lomikameň pižmový Kotulov (*Saxifraga moschata* var. *kotulae*) (Krátka, Vysoké Tatry, júl 2008). Foto: Hubert Žarnovičan

Spomínanú unikátnu štúdiu realizovali výskumní pracovníci z jedenástich európskych krajín a nemohla sa uskutočniť nikde inde ako v Európe, pretože len v Európe existujú údaje o tom, ako sa rastlinné druhy pohybovali od roku 1870.

* * *

Vertikálny pohyb druhov v krajine je teda aktuálnou, vedecky dokázanou realitou, ktorá v sebe spája zmenu diverzity druhov vyšších rastlín a klimatické zmeny. Aj preto si zaslúži pozornosť vedeckej komunity i laickej verejnosti.

Príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV na projekt 2/0132/18 Historické a súčasné zmeny krajinej diverzity a biodiverzity vplyvom pôsobenia prírodných a antropogénnych faktorov.

Literatúra

Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., Emmett, B., Erisman, J.-W., Fenn, M., Gilliam, F., Nordin, A., Pardo, L., De Vries, W.: Global Assessment of Nitrogen Deposition Effects on Terrestrial Plant Diversity: A Synthesis. *Ecological Applications*, 2010, 20, 1, p. 30 – 59.

Dullinger, S., Kleinbauer, I., Pauli, H., Gottfried, M., Brooker, R., Nagy, L., Theurillat, J.-P., Holten, J. I., Abdaladze, O., Benito, J.-L., Borel, J.-L., Coldea, G., Ghosn, D., Kanka, R., Merzouki, A., Klettner, C., Moiseev, P., Molau, U., Reiter, K., Rossi, G., Stanisci, A., Tomaselli, M., Unterlugauer, P., Vittoz, P., Grabherr, G.: Weak and Variable Relationships between Environmental Severity and Small-Scale Co-Occurrence in Alpine Plant Communi-

ties. *Journal of Ecology*, 2007, 95, 6, p. 1284 – 1295. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01288.x>

Grabherr, G., Gottfried, M., Pauli, H.: A Global Observation Research Initiative in Alpine Environments. *Mountain Research and Development*, 2000, 20, 2, p. 190 – 191.

Kanka, R., Barančok, P., Krajčí, J.: Výskum diverzity vyšších rastlín v alpínskom pásme Tatier ako platforma na monitorovanie klimatických zmien. *Životné prostredie*, 2011, 45, 2, s. 89 – 92.

Kanka, R., Kollár, J., Barančok, P.: Monitoring of Climate Change Impacts on Alpine Vegetation in the Tatra Mts. – First Approach. *Ekológia (Bratislava)*, 2005, 24, 4, p. 411 – 418.

Kollár, J., Kanka, R., Barančok, P.: Plochy iniciatívy GLORIA na Slovensku ako súčasť siete LTER. *Životné prostredie*, 2016, 50, 1, s. 51 – 53.

Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J. L. B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B., Fernández Calzado, R., Ghosn, D., Holten, J. I., Kanka, R., Kazakis, G., Kollár, J., Larsson, P., Moiseev, P., Moiseev, D., Molau, U., Molero Mesa, J., Nagy, L., Pelino, G., Puscas, M., Rossi, G., Stanisci, A., Syverhuset, A. O., Theurillat, J.-P., Tomaselli, M., Unterlugauer, P., Villar, L., Vittoz, P., Grabherr, G.: Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. *Science*, 2012, 336, 6079, p. 353 – 355. DOI: 10.1126/science.1219033

Sagorski, E., Schneider, G.: Flora der Centralalpen: mit spezieller Berücksichtigung der in der Hohen Tatra vorkommenden Phanerogamen und Gefäß-Cryptogamen nach eigenen und fremden Beobachtungen. Leipzig: Verlag von Eduard Kummer, 1891, 235 p.

Steinbauer, M. J., Grytnes, J. A., Jurasinski, G., Kulonen, A., Leinoir, J., Pauli, H., Rixen, Ch., Winkler, M., Bardy-Durchhalter, M., Barni, E., Bjorkman, A. D., Breiner, F. T., Burg, S., Czortek, P., Dawes, M. A., Delimat, A., Dullinger, S., Erschbamer, B., Felde, V. A., Fernández-Arberas, O., Fossheim, K. F., Gómez-García, D., Georges, D., Grindrud, E. T., Haider, S., Haugum, S. V., Henriksen, H., Herreros, M. J., Jaroszewicz, B., Jaroszynska, F., Kanka, R., Kapfer, J., Klanderud, K., Kühn, I., Lamprecht, A., Matteodo, M., Morra di Cella, U., Normand, S., Odland, A., Olsen, S. L., Palacio, S., Petey, M., Piscová, V., Sedlakova, B., Steinbauer, K., Stöckli, V., Svenning, J.-Ch., Teppa, G., Theurillat, J.-P., Vittoz, P., Woodin, S. J., Zimmermann, N. E., Wipf, S.: Accelerated Increase in Plant Species Richness on Mountain Summits is Linked to Warming. *Nature*, 2018, 556, p. 231 – 234. DOI:10.1038/s41586-018-0005-6

Winkler, M., Lamprecht, A., Steinbauer, K., Hülber, K., Theurillat, J.-P., Breiner, F., Choler, P., Ertl, S., Gutiérrez-Girón, A., Rossi, G., Vittoz, P., Akhalkatsi, M., Bay, Ch., Alonso, J. L. B., Bergström, T., Carranza, M. L., Corcket, E., Dick, J., Erschbamer, B., Calzado, M., Fernández, R., Fosaa, A. M., Gavilán, R., Ghosn, D., Gigauri, K., Huber, D., Kanka, R., Kazakis, G., Klipp, M., Kollár, J., Kuderatsch, T., Larsson, P., Mallaun, M., Michelsen, O., Moiseev, P., Moiseev, D., Molau, U., Mesa, J. M., Morra Di Cella, U., Nagy, L., Petey, M., Puscas, M., Rixen, Ch., Stanisci, A., Suen, M., Syverhuset, A. O., Tomaselli, M., Unterlugauer, P., Ursu, T., Villar, L., Gottfried, M., Pauli, H.: The Rich Sides of Mountain Summits – A Pan-European View on Aspect Preferences of Alpine Plants. *Journal of Biogeography*, 2016, 43, 11, p. 2261 – 2273. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12835>

RNDr. Róbert Kanka, PhD., robert.kanka@savba.sk

RNDr. Peter Barančok, CSc., peter.baranok@savba.sk

Mgr. Jozef Kollár, PhD., j.kollar@savba.sk

Ústav krajinej ekológie SAV, Štefánikova 3,
P. O. Box 254, 814 99 Bratislava