

Adaptácia lesných ekosystémov na globálne environmentálne zmeny

Kríza biodiverzity a dopady GEZ na lesné ekosystémy

Čo je **B I O D I V E R Z I T A** ?

Je to rozmanitosť živých organizmov, rôznorodosť života na Zemi

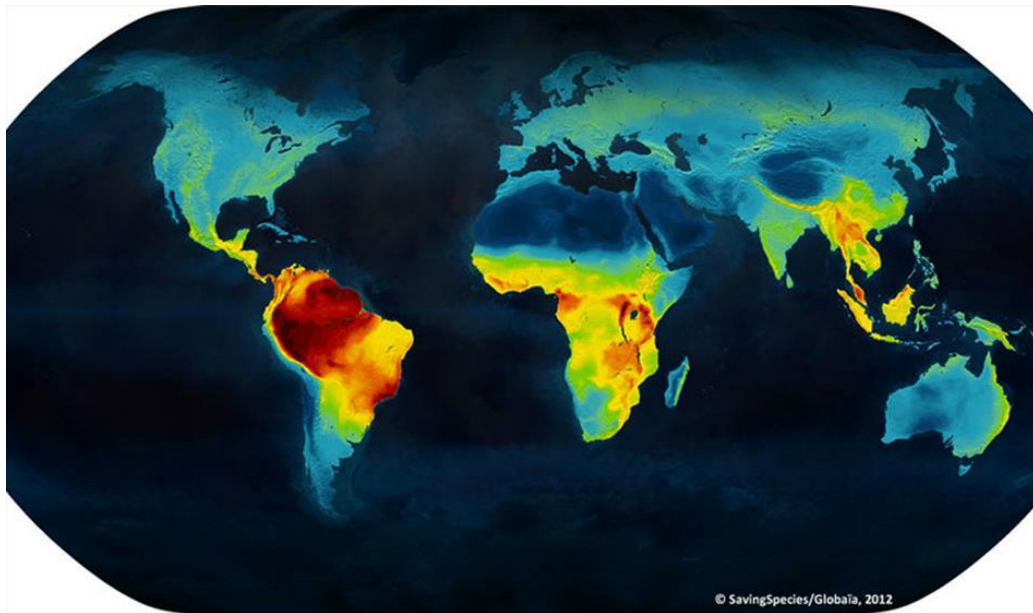
- druhová diverzita (rôzne druhy: živočíchy, rastliny, huby, mikroorganizmy...)
- genetická diverzita (rôznorodosť jedincov v rámci druhu)
- diverzita spoločenstiev organizmov (ekosystémov) v priestore

Faktory podmieňujúce biodiverzitu (vegetácie)

Dostatok zdrojov (voda, teplota, živiny)

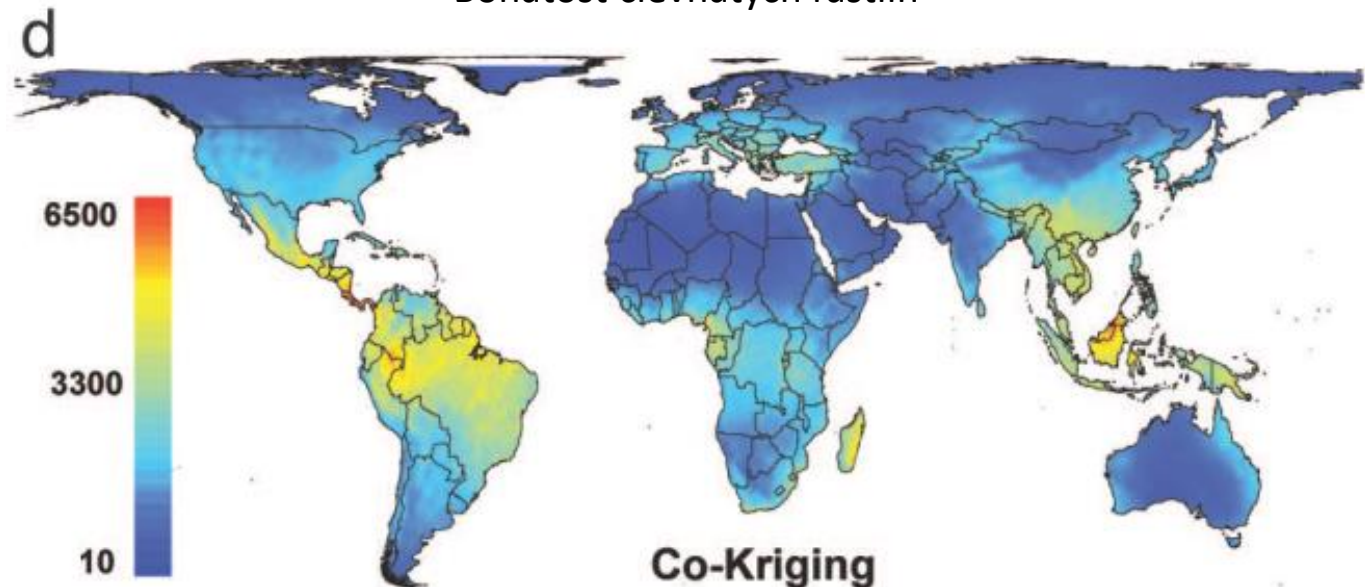
*svetový hotspot - trópy JV Ázie; cca 100 tis. druhov rastlín (40 % svetovej flóry);
70 % sú dreviny; až 400 druhov na hektár*

Bohatosť stavovcov (cicavce, vtáky, plazy...)



Jenkins et al (2013). Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. PNAS, 110(28), E2602-E2610

Bohatosť cievnatých rastlín

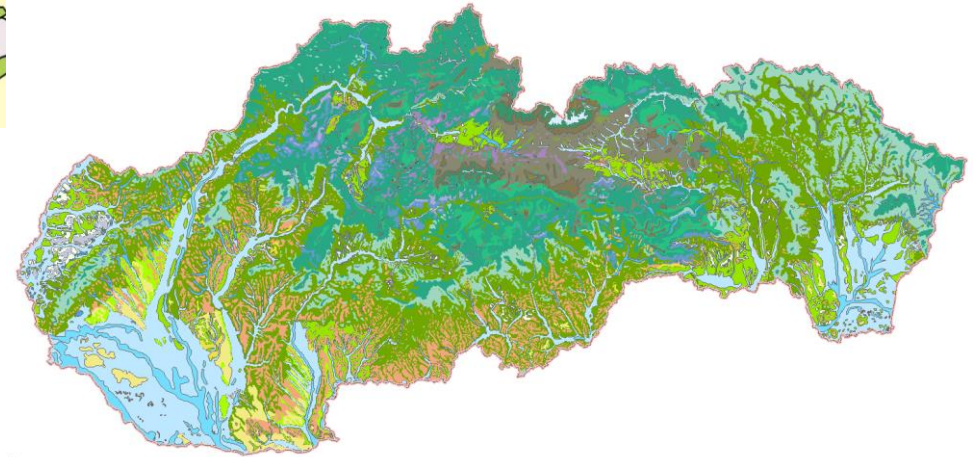
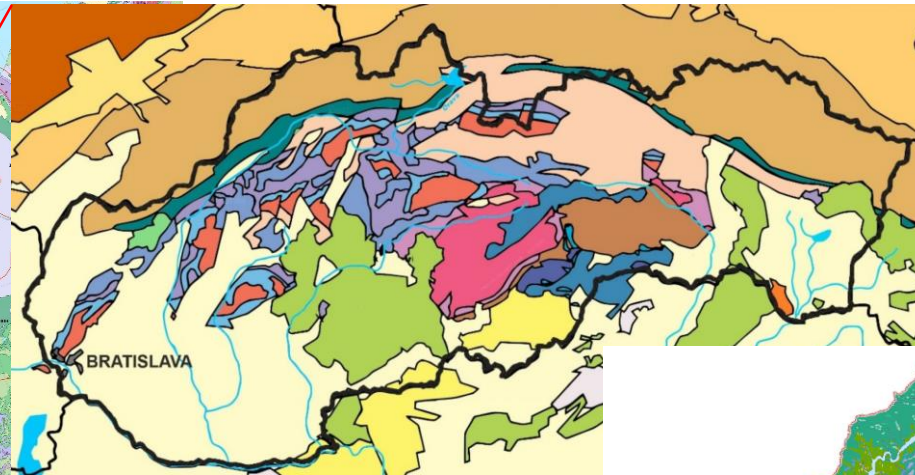
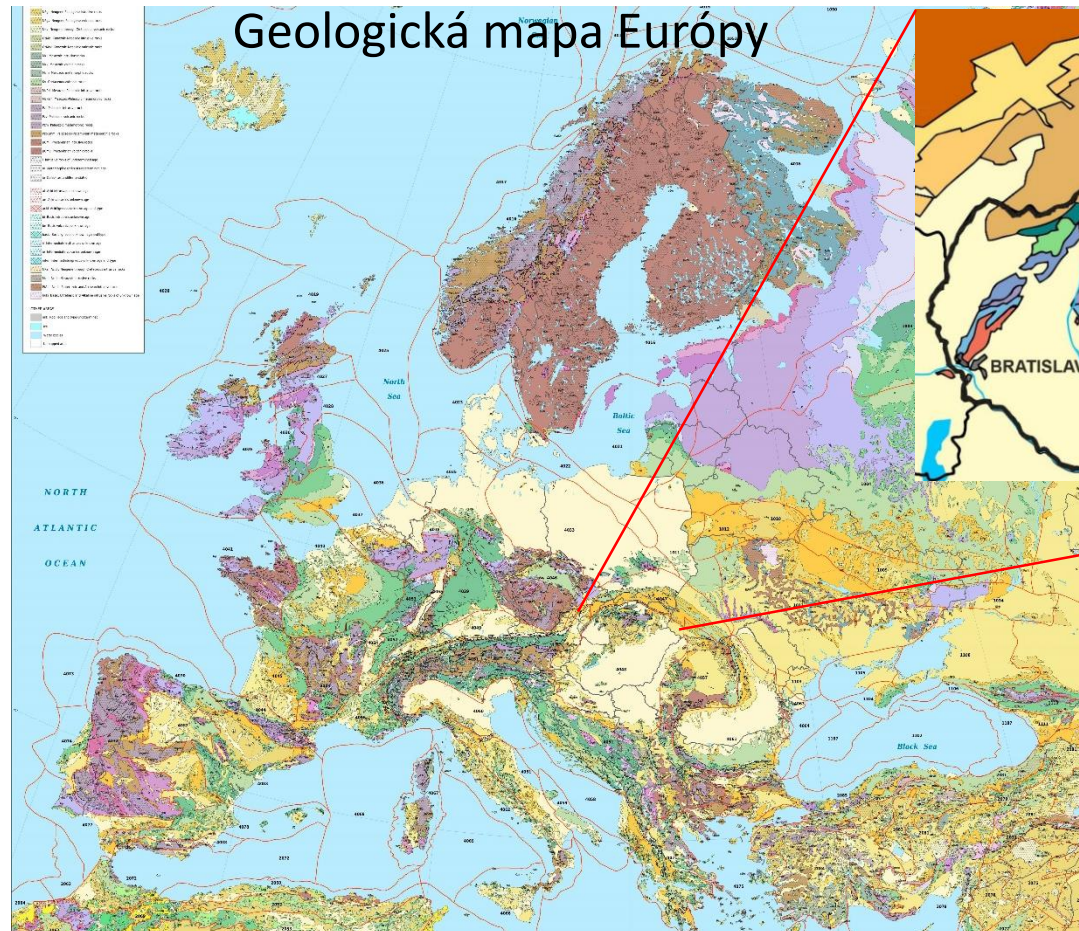


Kreft & Jetz (2007). Global patterns and determinants of vascular plant diversity. PNAS, 104(14), 5925-5930.

Slovensko a diverzita vegetácie;

cca 4 300 cievnatých rastlín; 3 500 húb, 350 druhov vtákov, 100 druhov cicavcov

priestorový aspekt - pestrosť prírodných podmienok (klíma, topografia, geológia, pôdy)



Lexa et al. (2000). Geological Map of Western Carpathians and Adjacent Areas, 1:500,000; Ministry of the Environment of Slovak Republic & Geological Survey of Slovak Republic
Maglocký (2002). Potenciálna prirodzená vegetácia, Atlas krajiny SR

Slovensko a diverzita vegetácie

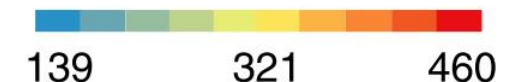
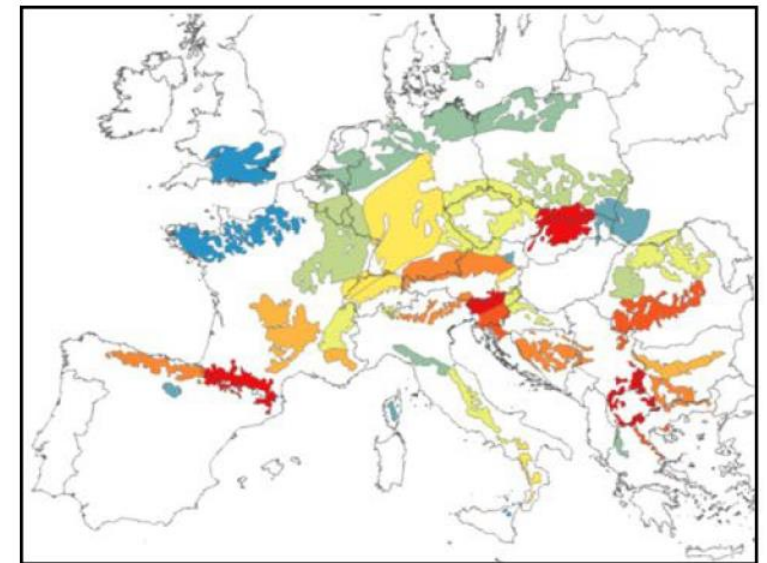
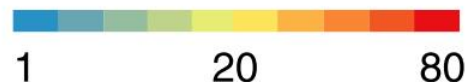
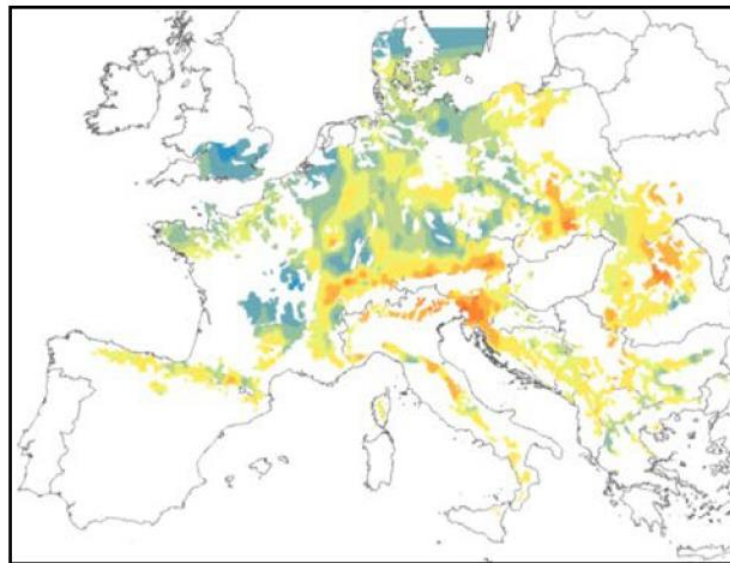
Druhová bohatosť bučín závisí hlavne od:

- pôdnej reakcie (veľa druhov na karbonátovom podloží, vápence, dolomity a pod.)
- množstva zrážok
- vzdialenosti ku glaciálnym refúgiám (schopnosť druhov migrovať, sťahovať sa)

Počet druhov a regionálne celkové množstvo druhov rastlín v bukových lesoch

Community species richness

Regional species pool

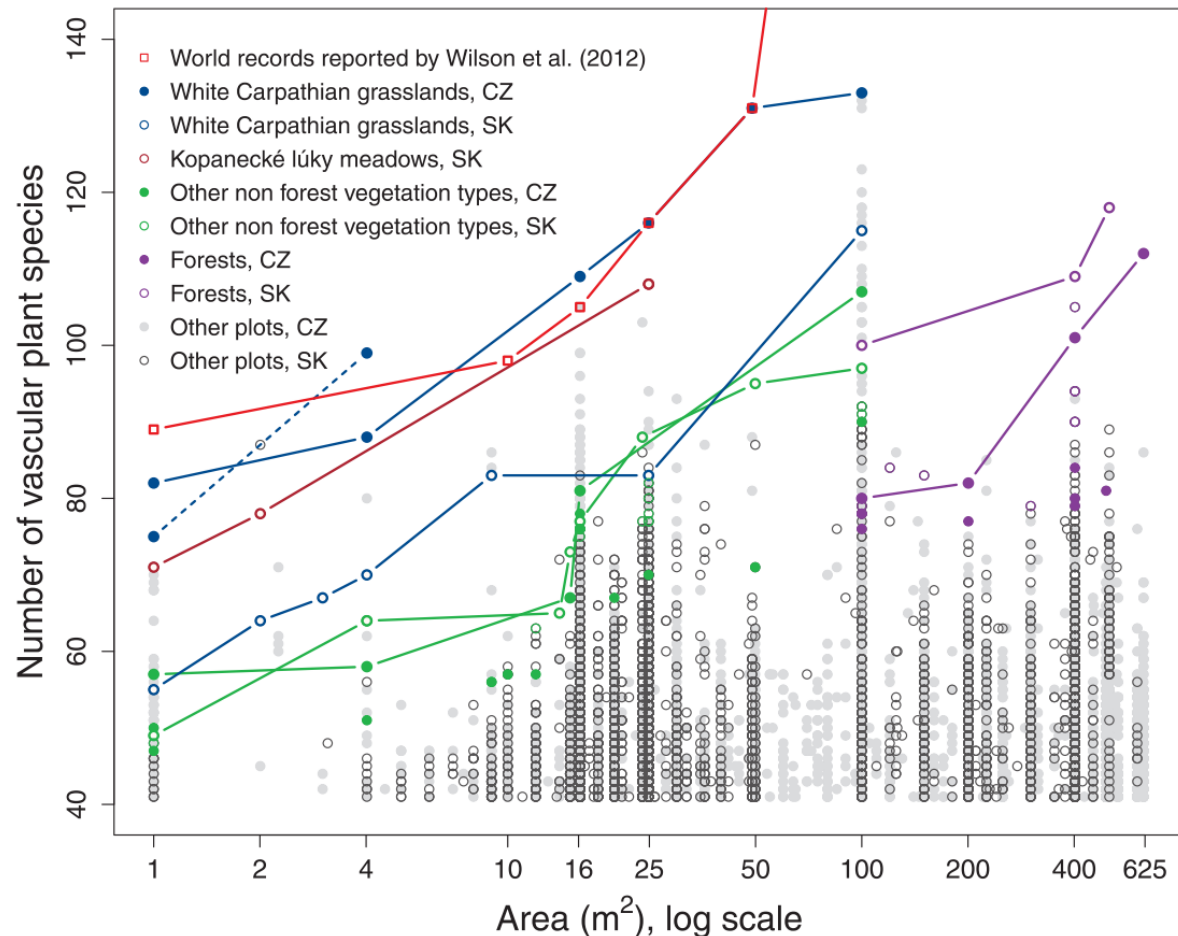


Slovensko a diverzita vegetácie

biodiverzitu zásadne ovplyvňuje využívanie krajiny

lúky Bielych Karpát (ČR, SR) a Kopanecké lúky (Slovenský raj) sú svetoví rekordéri

- karbonátové podložie + dlhodobá a špecifická história využívania človekom



Chytrý et al. (2015). The most species-rich plant communities in the Czech Republic and Slovakia (with new world records). *Preslia*, 87(3), 217-278..



Fig. 4. – Kopanecké lúky meadows, the Slovak Paradise (Slovenský raj) National Park, grassland of the association *Anthoxantho odorati*-*Agrostietum tenuis* (*Cynosurion cristati*/*Arrhenatherion elatioris*), a world-record site with 52 and 63 species in areas of 0.25 and 0.5 m², respectively. Photo by T. Dražil, 2006.

Načo je dobrá biodiverzita

1. Odolnosť ekosystémov

- vo všeobecnosti, čím je ekosystém druhovo rôznorodejší, je aj odolnejší (spomedzi prítomných druhov sa nájdu také, ktorým zmena vyhovuje)

2. Lepšie plnenie ekosystémových služieb

- rôznorodé úžitky z lesa sú na vyššej úrovni, od produkcie drevnej hmoty až po rekreačné účely
- vyššia odolnosť samozrejme zaručí kontinuálne (nepretržené) plnenie funkcií

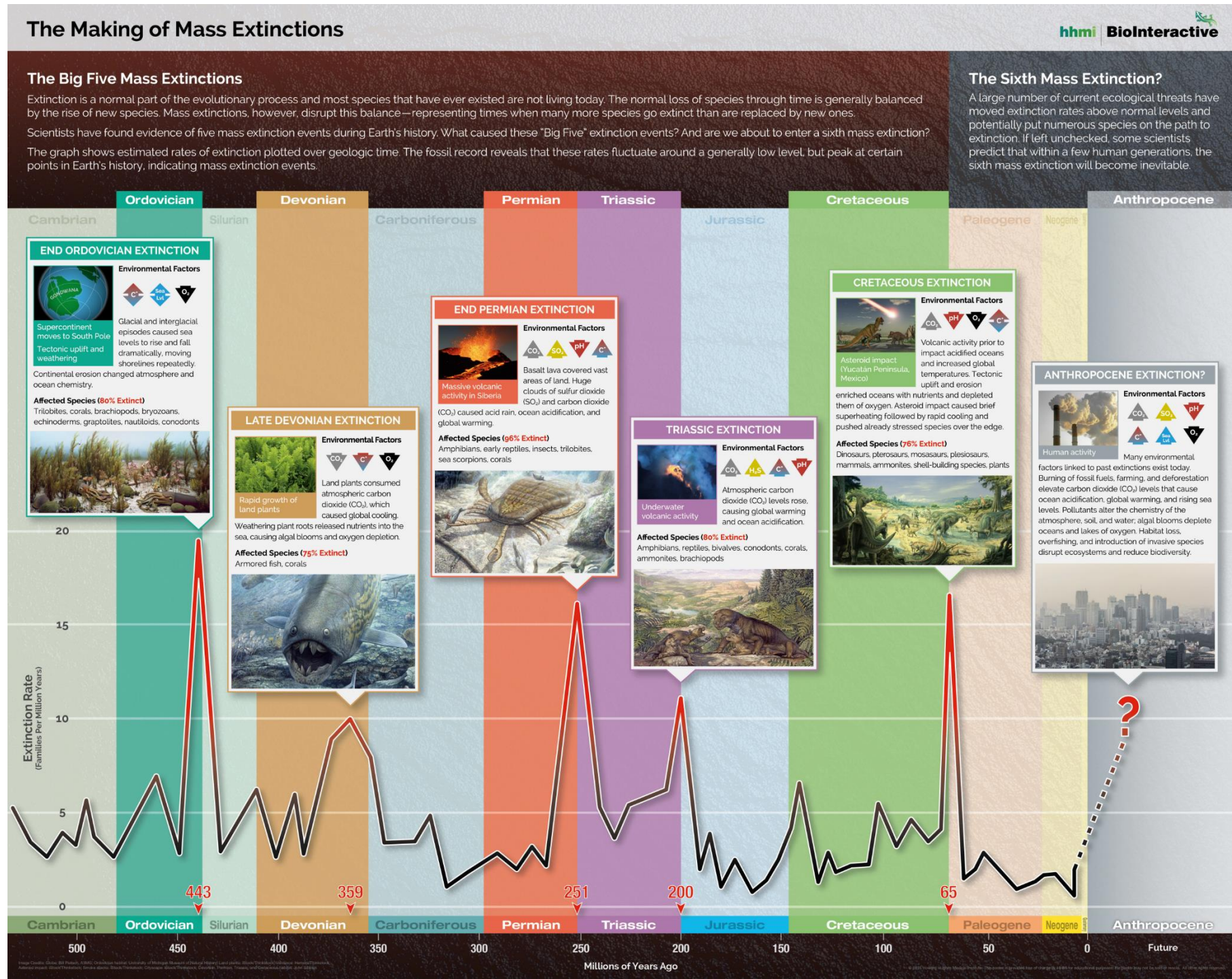
3. Kultúrna hodnota

- v oblasti Európy, Slovenska (aj inde) je prítomný dlhodobý ľudský vplyv, ktorý formoval krajinu a prispel k rozmanitosti biotopov (vegetácie, podmienok pre život organizmov)
- mnohé prirodzené biotopy človek zničil, ale vytvoril nové a výrazne prispel ku biodiverzite (bol by tu prevažne les)
- rôznorodá, druhovo pestrá krajina, je prehliadaným kultúrnym dedičstvom

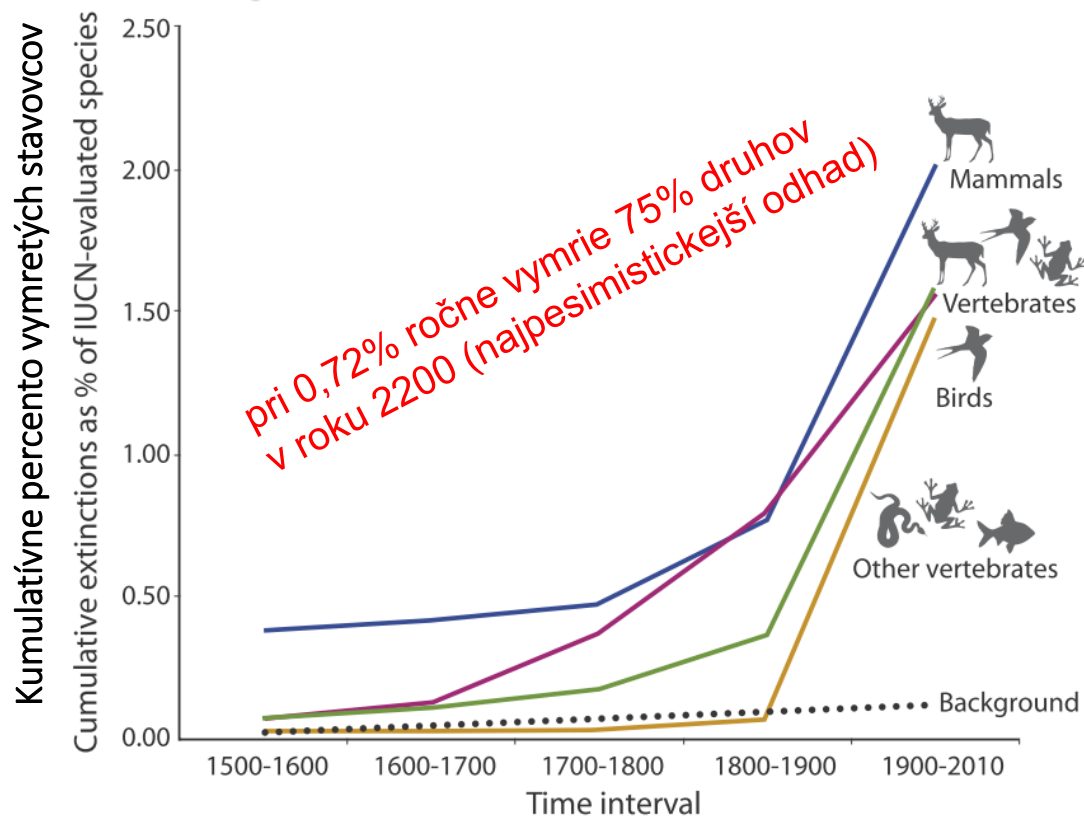
GEZ a masové vymieranie druhov

Ľudstvo svojou činnosťou zrejme spúšťa 6. vlnu masového vymerania druhov (strata 75% druhov) v histórii zeme

A3 Media Group, Howard Hughes Medical Institute
<https://www.astronaut3.com/category/graphic-design/print/>



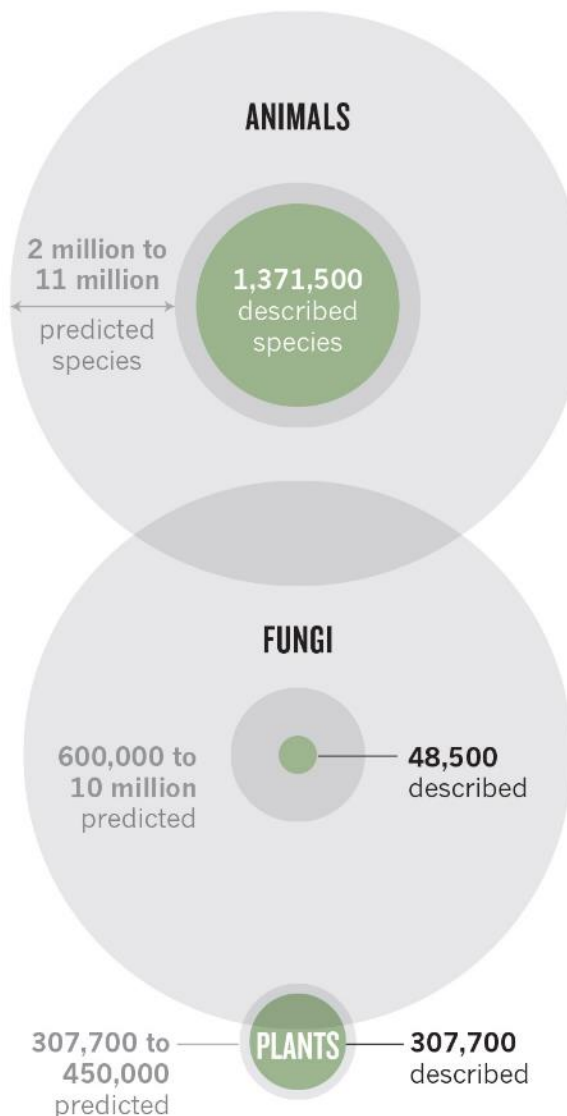
Svetová kríza biodiverzity



Ceballos et al. 2015, *Science Advances* 1(5), e1400253

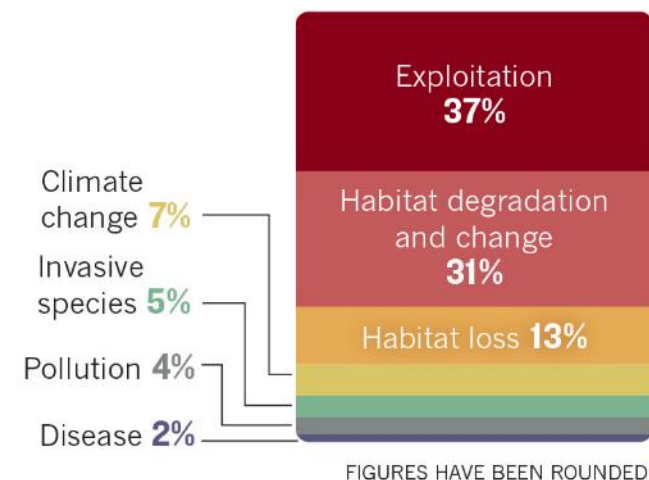
How many species are there?

Estimates of the number of species of animals, fungi and plants vary significantly. That uncertainty clouds understanding of how many species are threatened and how many are going extinct.



Main threats

Hunting, fishing and other forms of exploitation are a major factor in declines in animal populations, according to the Living Planet Index. Habitat degradation and loss are also dominant threats. Climate change is expected to become a bigger factor over time.



Monastersky 2014, *Nature* 516(7530)

Nedotknutosť biodiverzity ekosystémov

Arídne (suché) oblasti (bezlesie) ☹️

Chladné boreálne (väčšina lesov) 😊

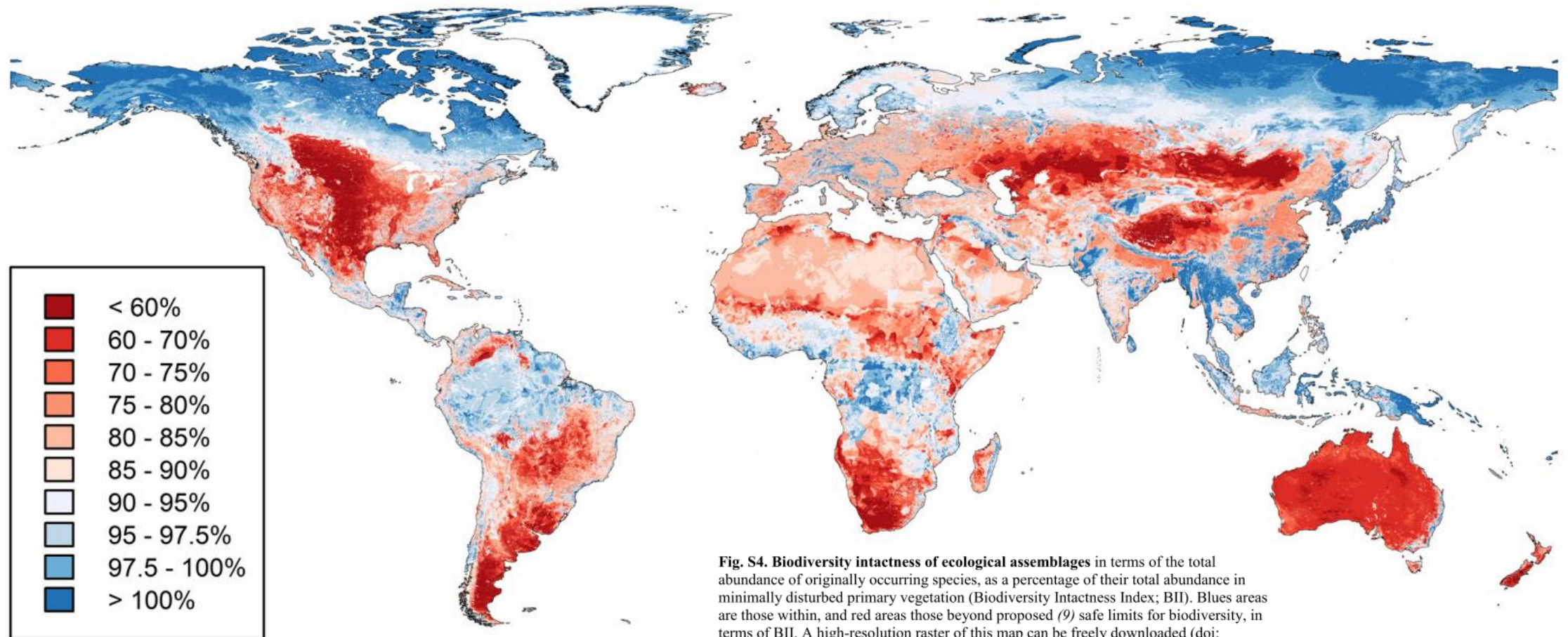


Fig. S4. Biodiversity intactness of ecological assemblages in terms of the total abundance of originally occurring species, as a percentage of their total abundance in minimally disturbed primary vegetation (Biodiversity Intactness Index; BII). Blues areas are those within, and red areas those beyond proposed (9) safe limits for biodiversity, in terms of BII. A high-resolution raster of this map can be freely downloaded (doi: <http://dx.doi.org/10.5519/0009936>).

Vplyv depozícií dusíka na lesné ekosystémy

- počiatočný pozitívny vplyv, najmä lepší rast drevín
- neskôr negatívne dôsledky
- pokles druhovej rozmanitosti vegetácie
- acidifikácia pôd, vyplavovanie pôdneho dusíka do povrchových vôd
- pokles rastu drevín

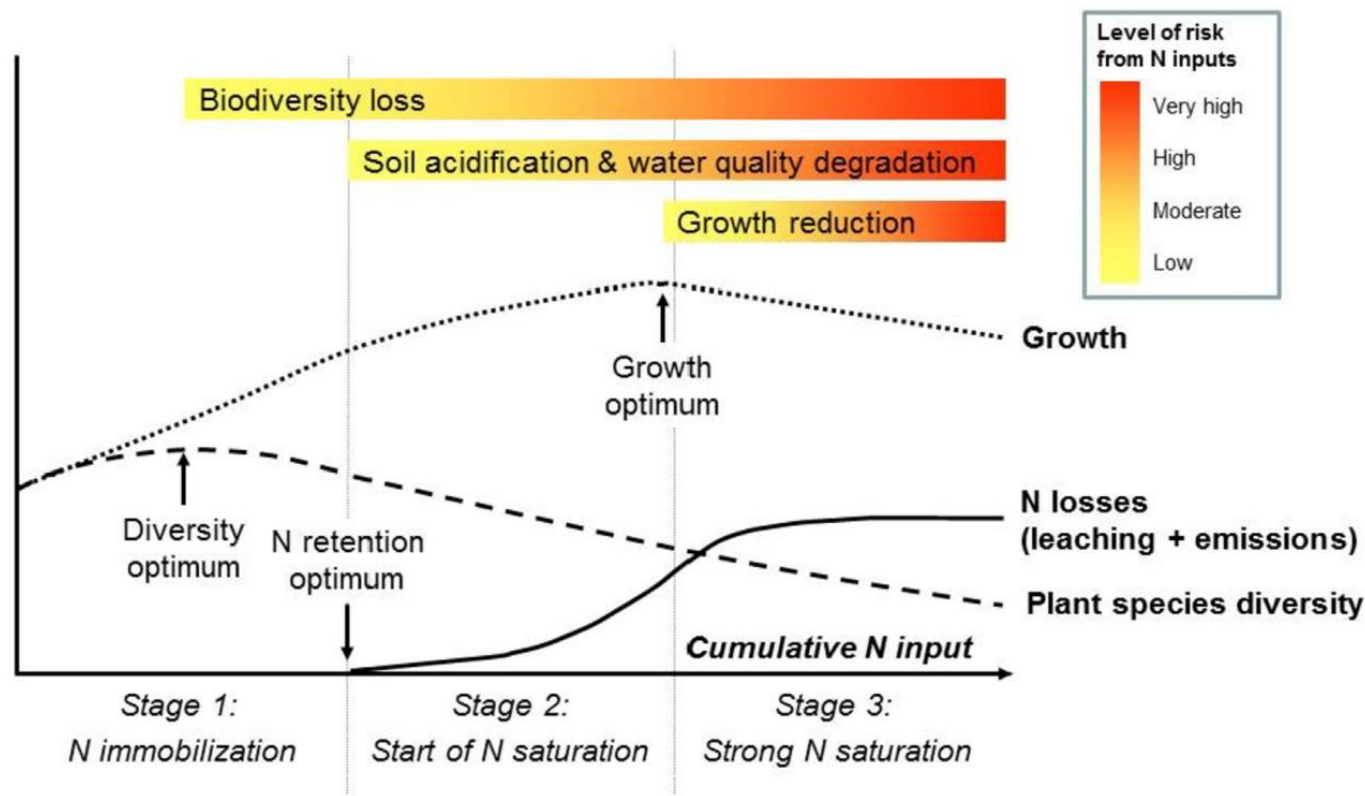


Fig. 1. Hypothetical relationship between the stage of nitrogen saturation and the effects on terrestrial ecosystems in terms of soil processes, vegetation changes and growth. This figure is an update of the figure by [Aber et al. \(1998\)](#) (after [De Vries and Schulte-Uebbing \(2018\)](#)). It illustrates the trade-off between the initial positive impact of nitrogen enrichment on tree growth and related carbon sequestration on the one hand and the negative impact on ecosystem services (e.g. water quality regulation by nitrogen retention) and on biodiversity on the other hand.

Schmitz et al. (2019). Responses of forest ecosystems in Europe to decreasing nitrogen deposition. *Environmental Pollution*, 244, 980-994.

Základé mechanizmy poklesu druhov

ZVÝŠENÝ RAST, KONKURENCIA

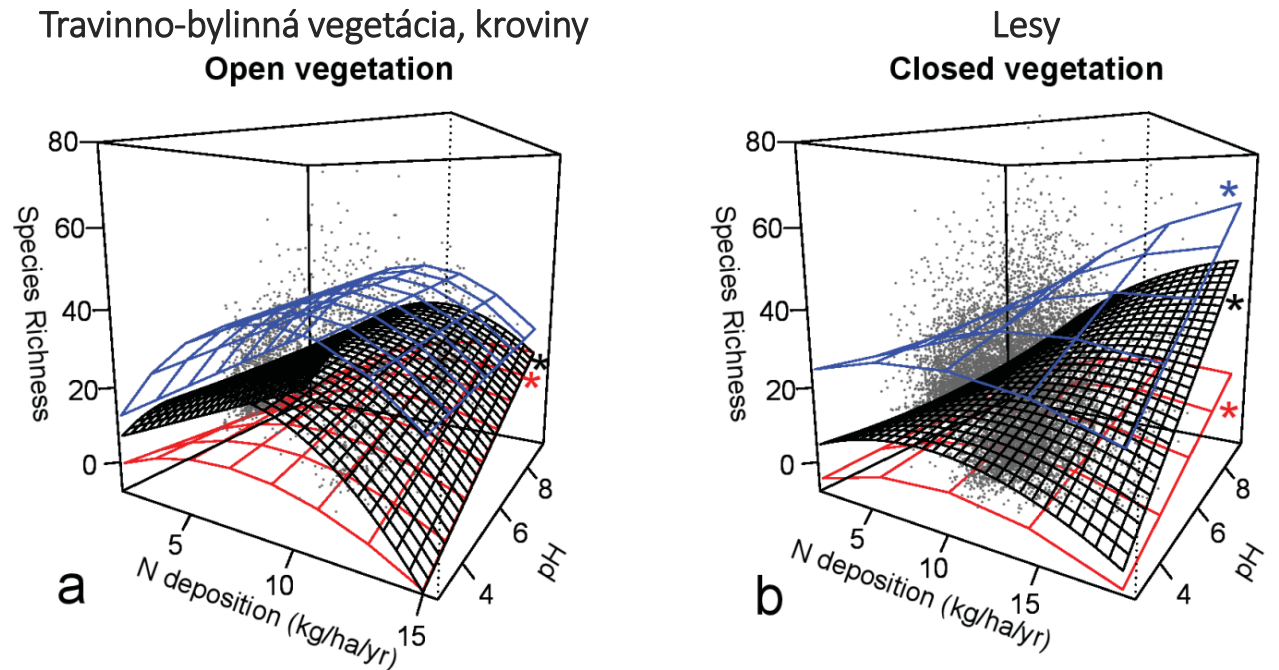
druhy, ktoré využijú dusík pre svoj rast konkurenčne vytlačia ostatné

ACIDIFIKÁCIA

nižšia dostupnosť živín, uvoľňovanie toxických prvkov; acidofilné spoločenstvá sú druhovo chudobné

VPLYV ZÁVISÍ OD RÔZNYCH FAKTOROV

- vplyv depozícií závisí od svetelných podmienok a pôdnej reakcie
- svetlomilnejšia vegetácia na „kyslejších“ pôdach je citlivejšia
- svetlomilné druhy sú menej tolerantné voči zatieneniu - pri zatienení druhmi využívajúcimi dusík pre svoj rast ustupujú



Simkin et al. (2016). Conditional vulnerability of plant diversity to atmospheric nitrogen deposition across the United States. PNAS, 113(15), 4086-4091.

Pokles druhovej rozmanitosti vplyvom dusíka

meta-analýza 115 experimentov

- pokles počtu druhov takmer vo všetkých typoch vegetácie
- hraničná hodnota cca 20 kg N/ha/rok
- pokles počtu druhov v lesných ekosystémoch o cca 15–20%

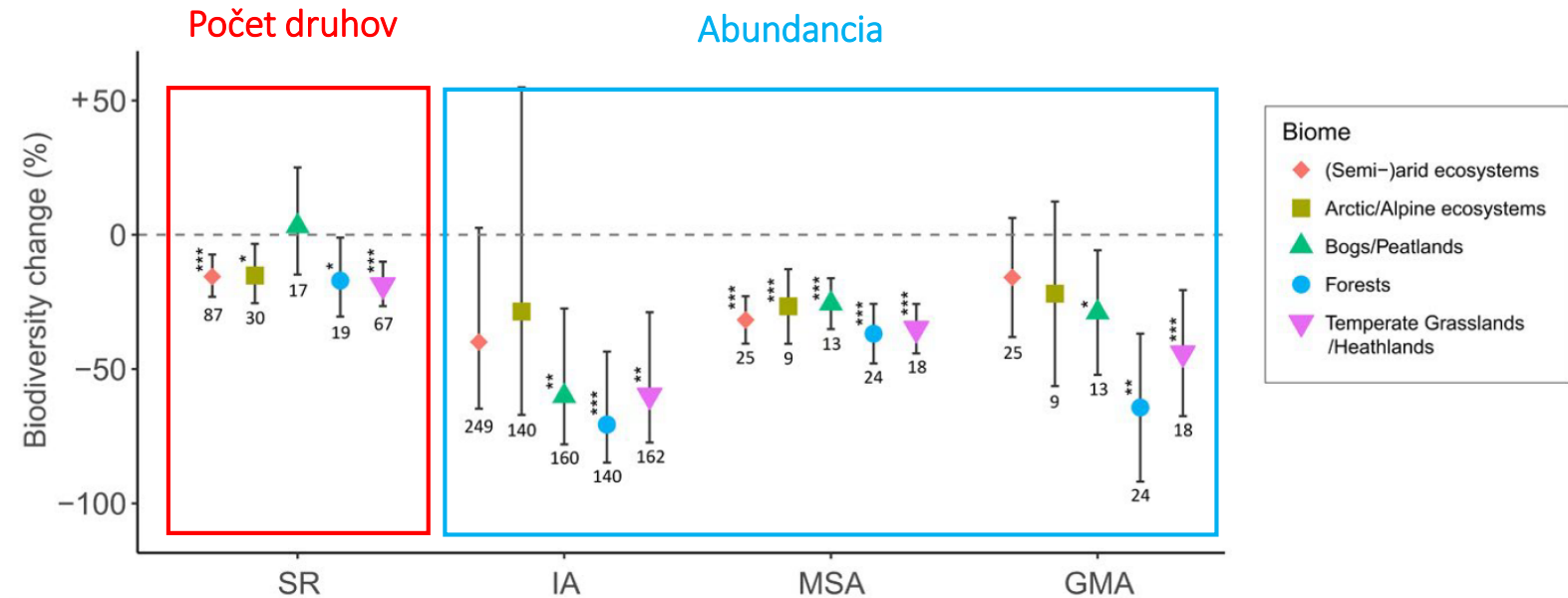
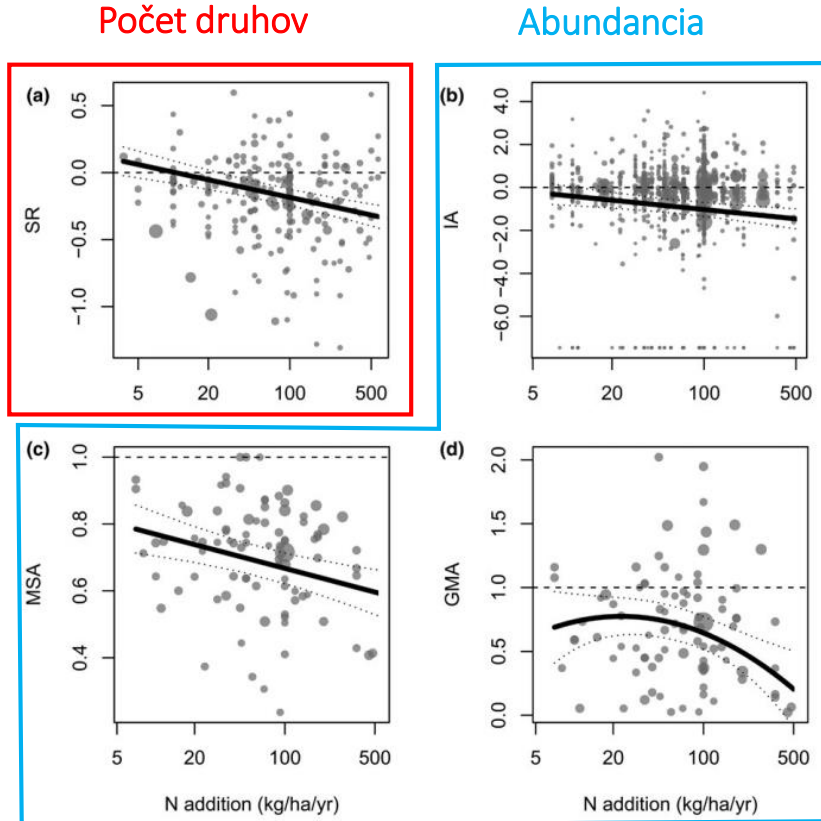
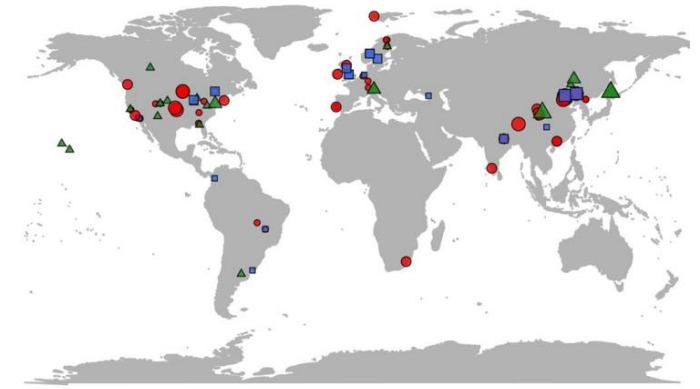


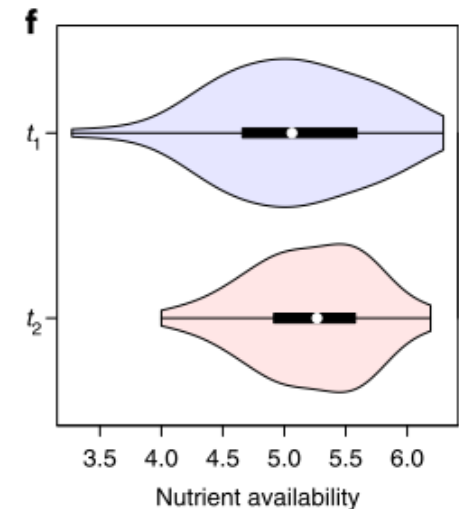
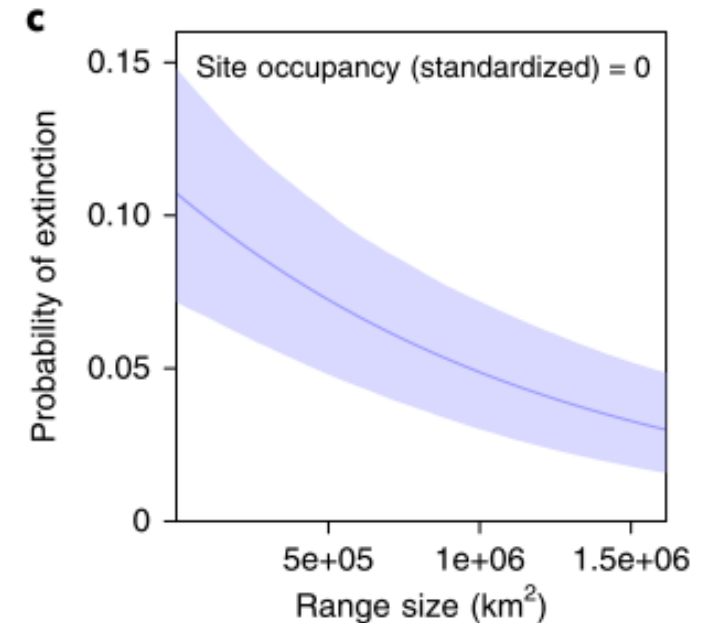
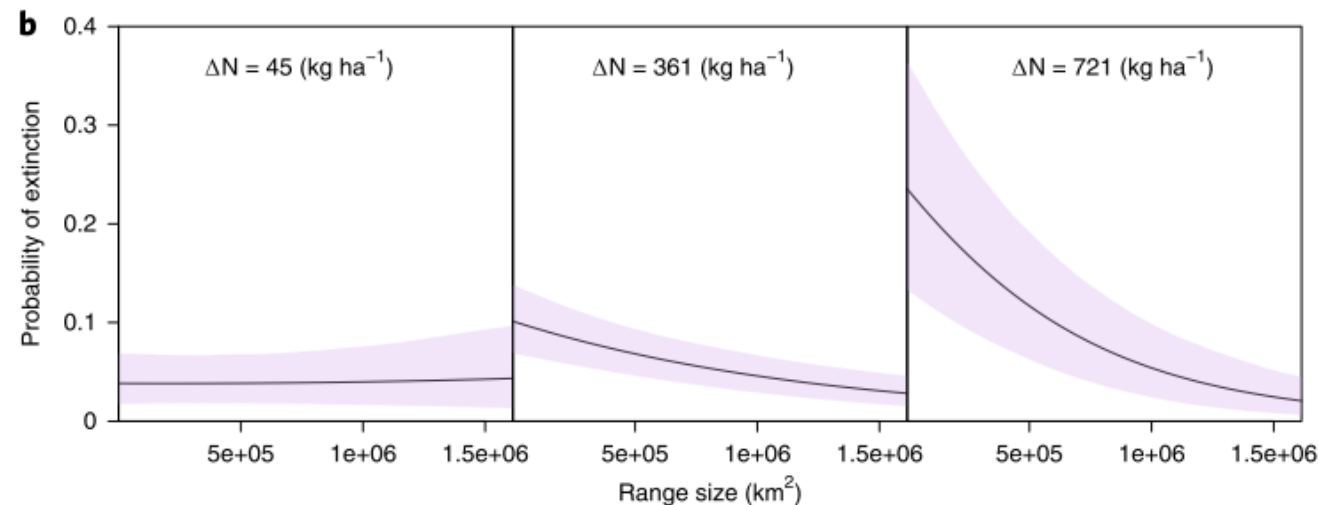
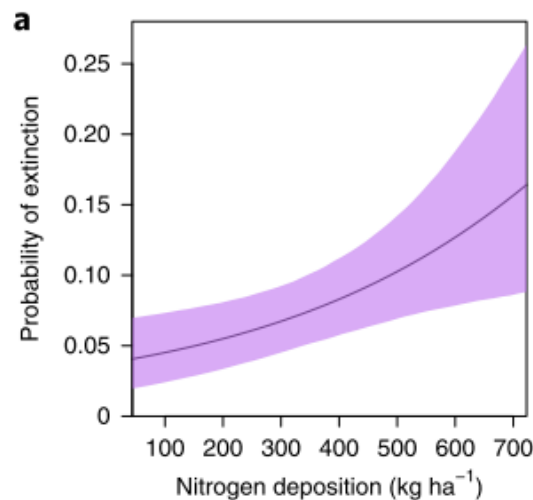
FIGURE 4 Mean pooled biodiversity change (and 95% CI) per ecosystem type, expressed as the percentage of change in N-addition plots compared with control plots. Biodiversity change is quantified with species richness (SR), individual species abundance (IA), mean species abundance (MSA) and geometric mean abundance (GMA). Values are obtained by fitting the models without the intercept term, to estimate the mean pooled effect of each level. The significance level (* $p < .01$; ** $p < .001$; *** $p < .0001$) and number of observations are provided for each estimate

Víťazi a porazení

Generalisti nahrádzajú špecialistov a spôsobujú to (aj) depozície dusíka (príklad temperátnych lesov Európy)

Generalisti – druhy, ktoré majú menej vyhranené nároky na prostredie, sú viac rozšírené

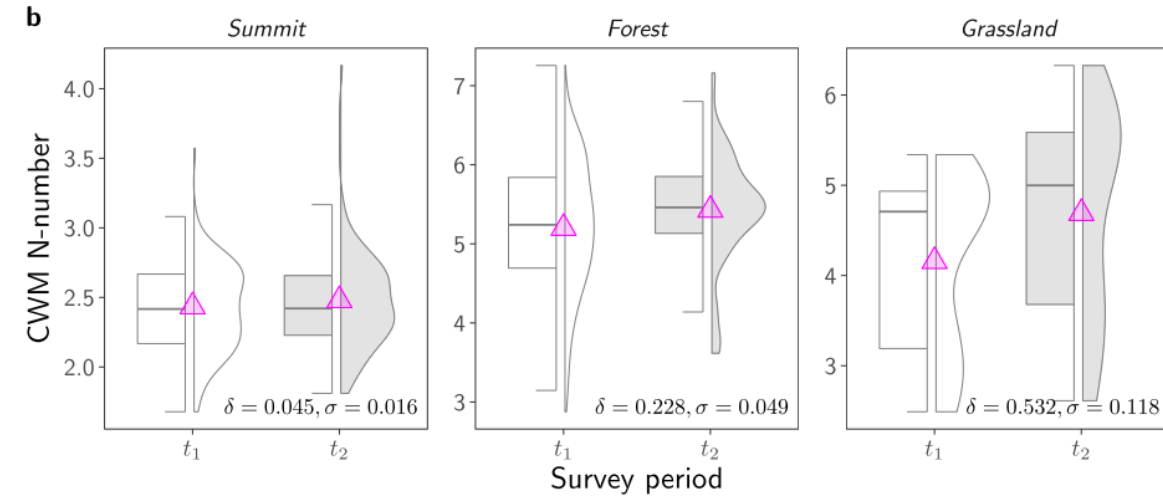
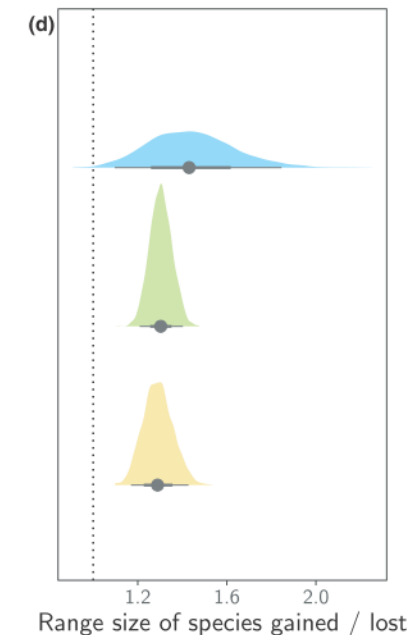
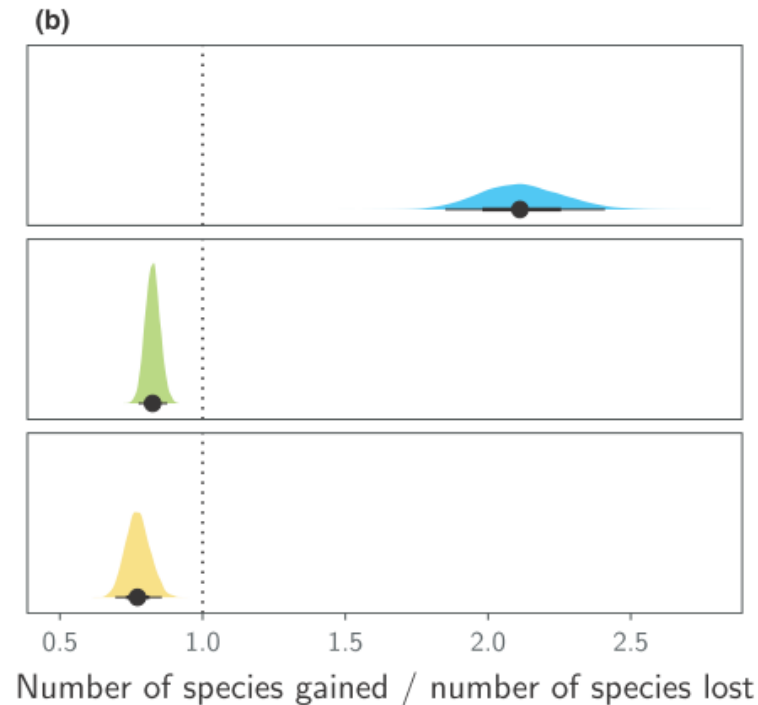
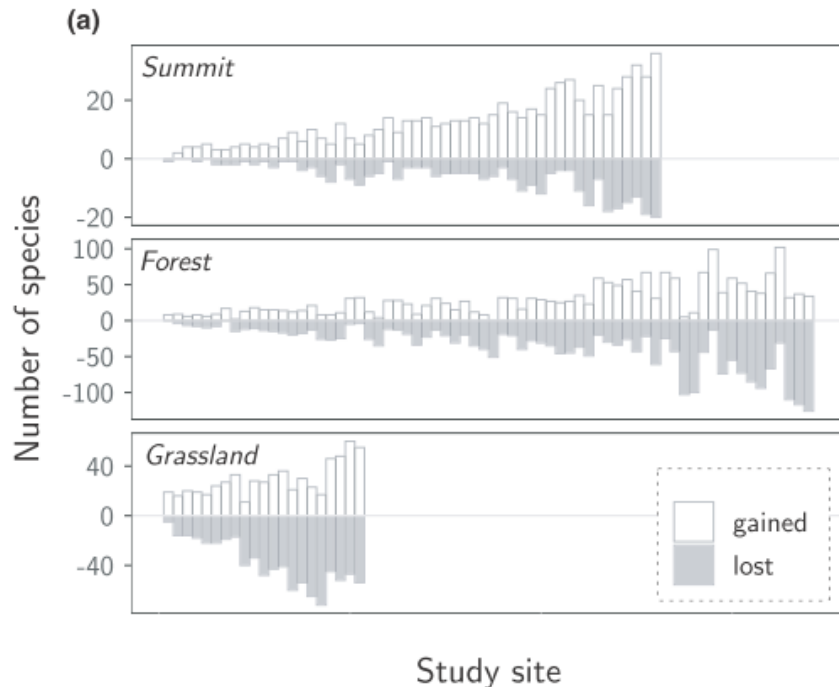
Špecialisti – druhy, ktoré majú vyhranené nároky na prostredie, sú vzácnejšie (menej rozšírené)



Víťazi a porazení

Generalisti sa šíria vo všetkých hodnotených biotopoch, ale pokles v druhovej bohatosti spôsobujú len na lúkach a v lesoch, nie vo vysokohorskej vegetácii

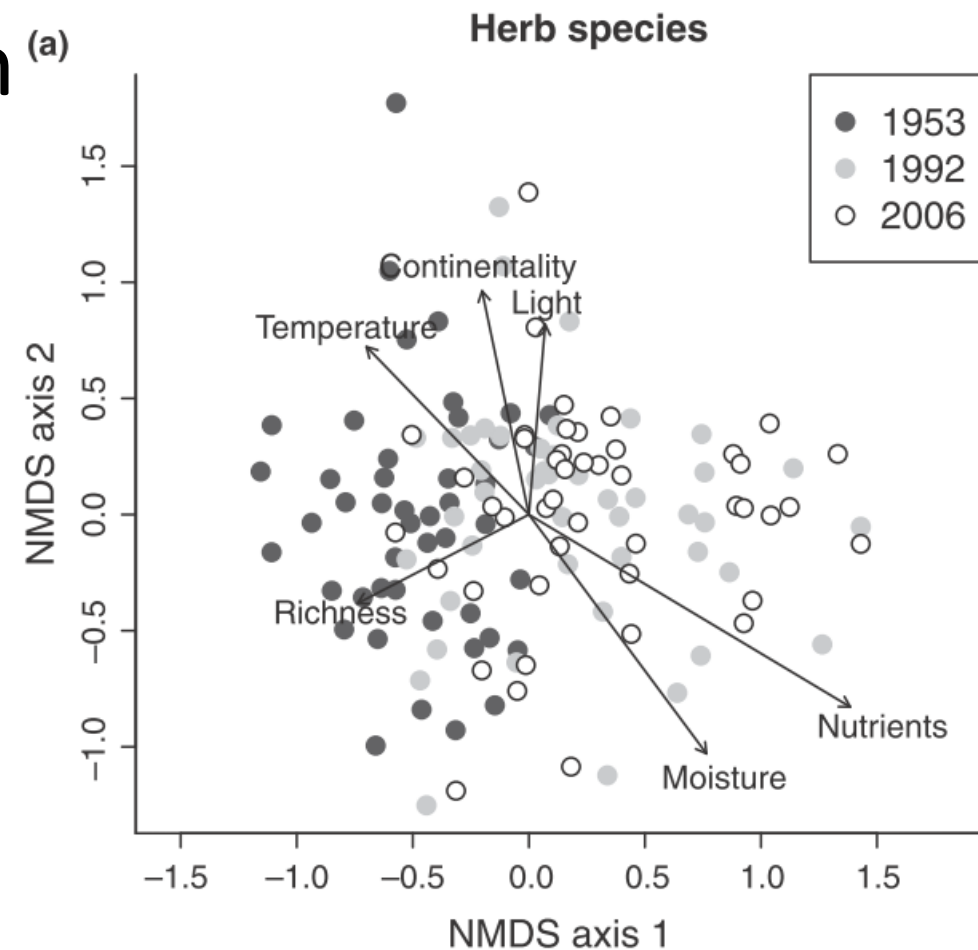
Eutrofizácia prítomná vo všetkých hodnotených biotopoch



Víťazi a porazení vo výmladkových lesoch (a)

Druhy náročnejšie na vlhkosť a živiny víťazia nad svetlomilnejšími a na živiny menej náročnejšími druhmi – ide o proces **mezofilizácie a eutrofizácie**

Je to spôsobené zmenou manažmentu (svetlé dubiny podrastajú tiennymi drevinami)



- menej svetla (slnečného žiarenia)
- vlhkejšia chladnejšia mikroklíma
- viac listového opadu a z iných drevín – zmena vlastností hornej vrstvy pôd

Víťazmi sú neofyty

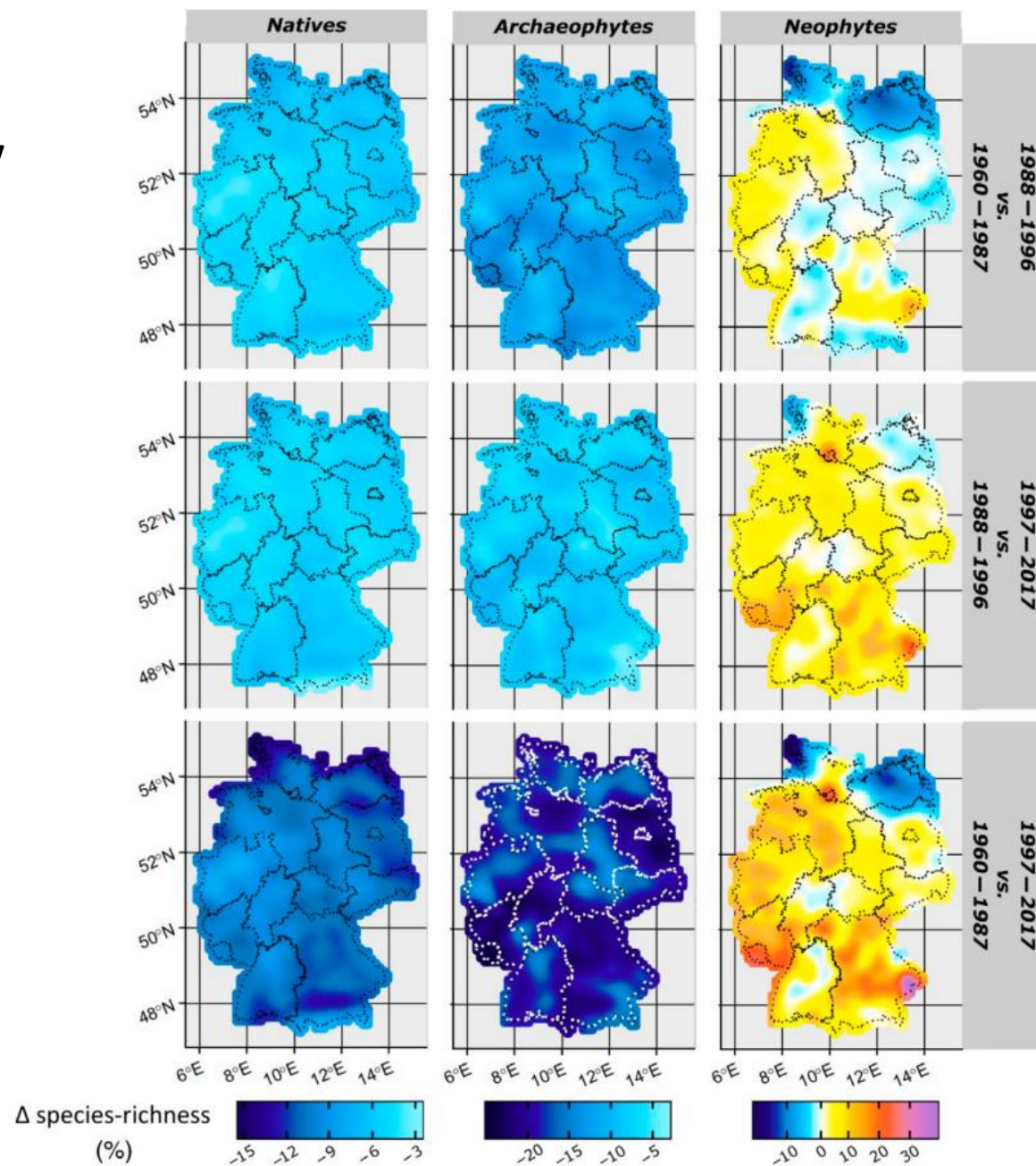
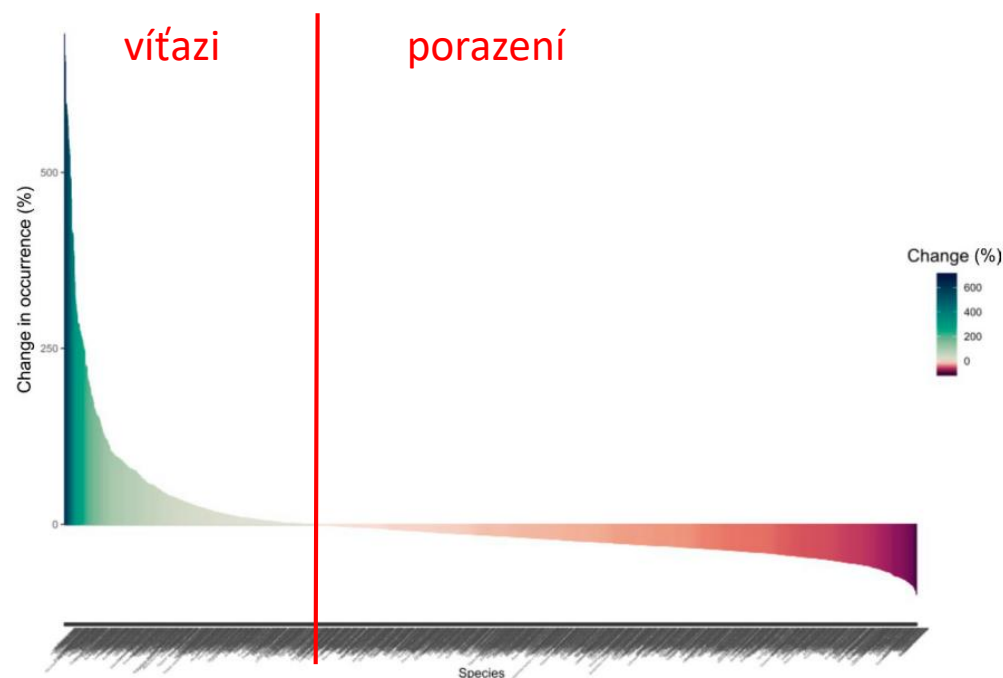
Šíria sa neofyty na úkor archeofytov a pôvodných druhov

Zmena výskytu rastlinných druhov v Nemecku
1960–1987 vs. 1997–2017

Natives – domáce druhy, 1724 druhov

Archaeophytes – archeofyty (rozšírené pred 1492), 186 druhov

Neophytes – neofyty (rozšírené po 1492), 226 druhov



Taxonomická homogenizácia

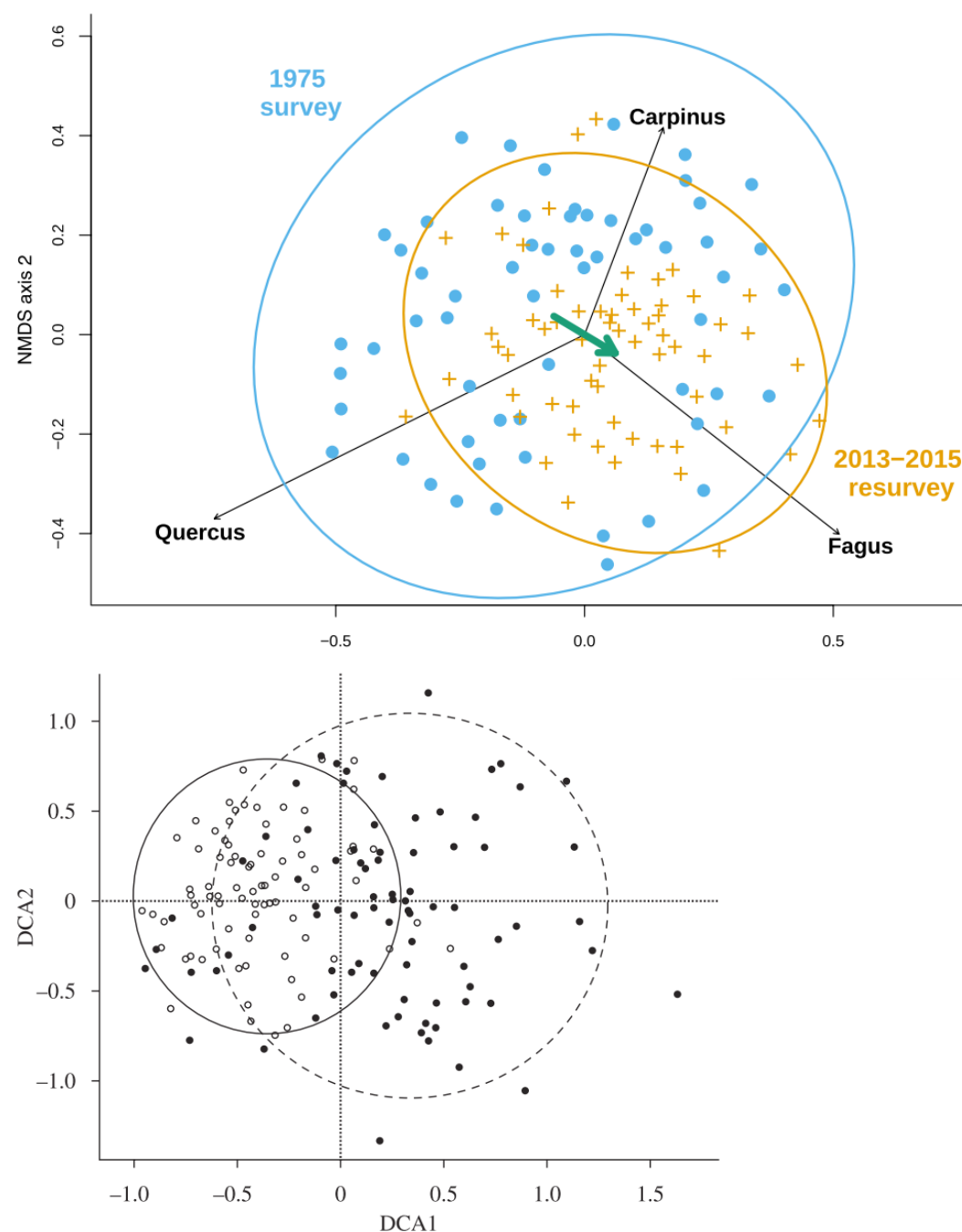
Pokles rôznorodosti vegetácie v priestore

na rôznych miestach kedysi rástli rôzne druhy, dnes akoby na rôznych miestach rástli tie isté druhy

pozorované naprieč rôznymi skupinami organizmov a ekosystémov (rastliny, vtáky, ryby)

je to spôsobené šírením „vítazov“ - inváznych druhov a druhov, ktorým vyhovujú aktuálne zmeny (napr. náročné na dusík)

vítazné druhy sa šíria, porazené lokálne vymierajú a stávajú sa ohrozenými



Klimatická zmena

Migrácia druhov ku pólom alebo vyšších polôh

druhy v oceánoch kolonizujú nové polohy rýchlejšie

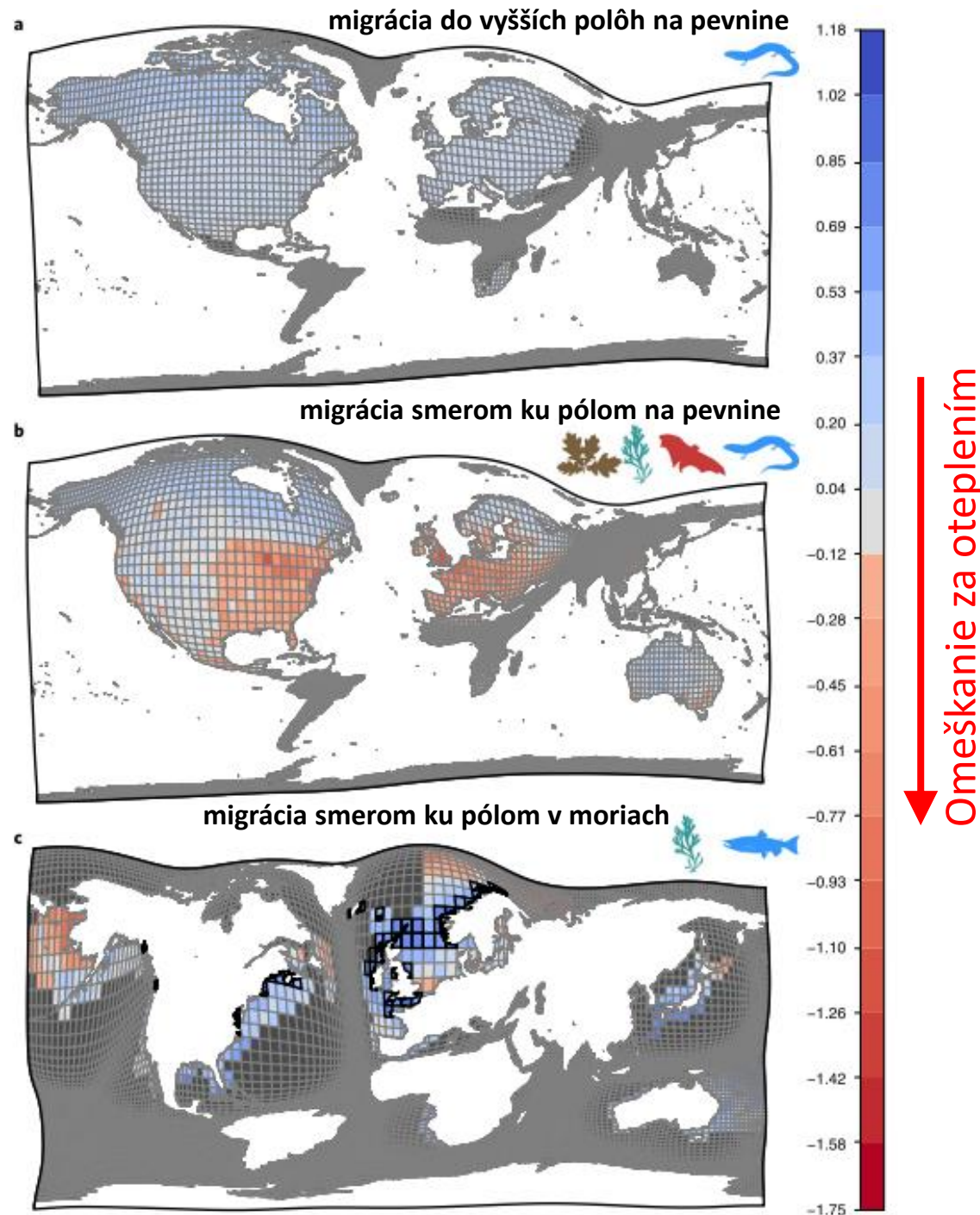
živočíchy majú výhodu mobility (schopnosť pohybu)

rastliny len regeneráciou v nových podmienkach, šíria sa hlavne semenom – výhodou je ľahké lietavé semeno (nažka púpavy vs. dubový žalud')

dreviny sa šíria rádovo v stovkách metrov ročne (vývoj po dobe ľadovej)

úspech kolonizácie závisí od všeobecnej vhodnosti nového životného priestoru, nielen od klímy – vznik tzv. klimatického dlhu

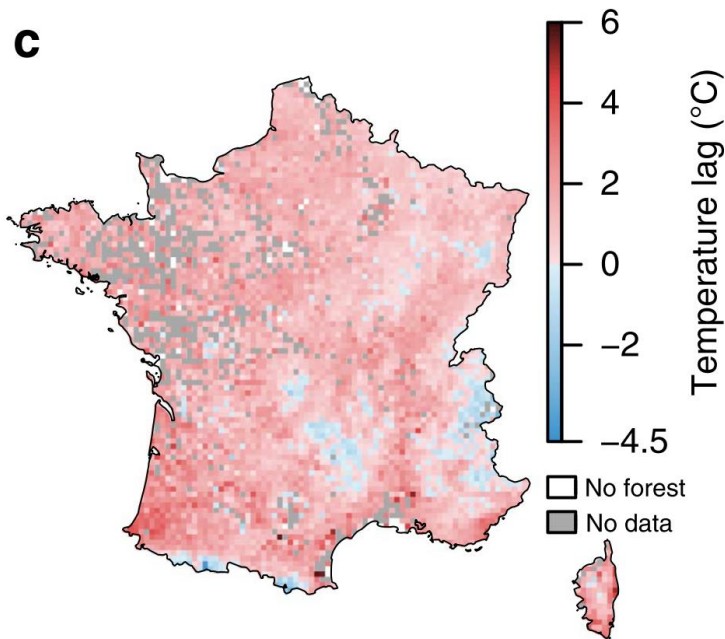
Lenoir et al. (2020). Species better track climate warming in the oceans than on land. *Nature Ecology & Evolution*, 4(8), 1044-1059.



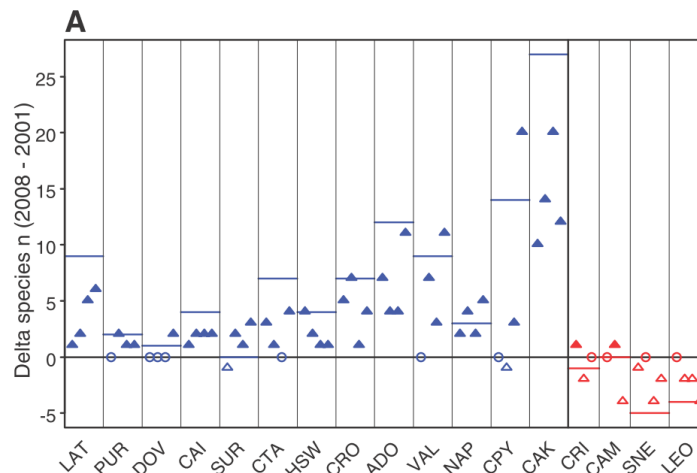
Klimatická zmena

Klimatický dlh (omeškanie organizmov za oteplením) je výraznejší v lesoch, pretože les má špecifickú mikroklimu, ktorá tlmí pôsobenie klimatickej zmeny

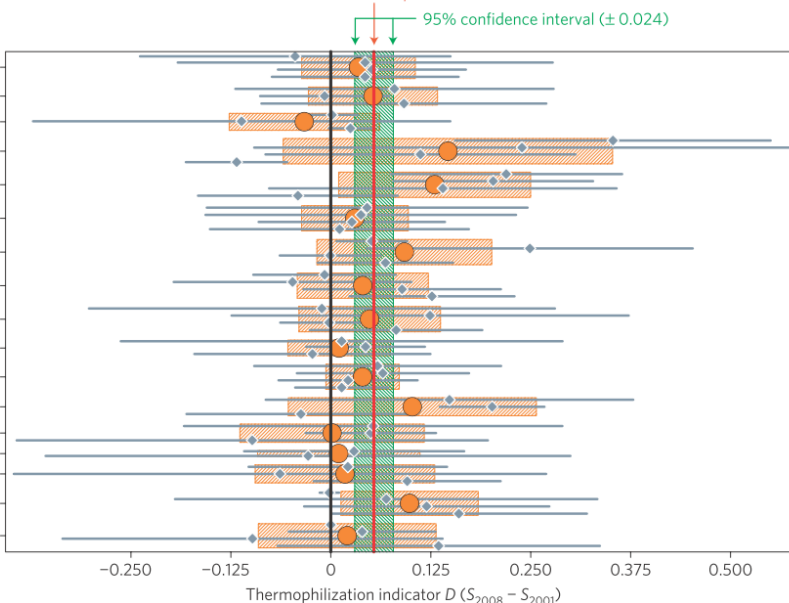
Klimatický dlh lesov Francúzska



Bertrand et al. (2016). Ecological constraints increase the climatic debt in forests. *Nature communications*, 7(1), 1-10.



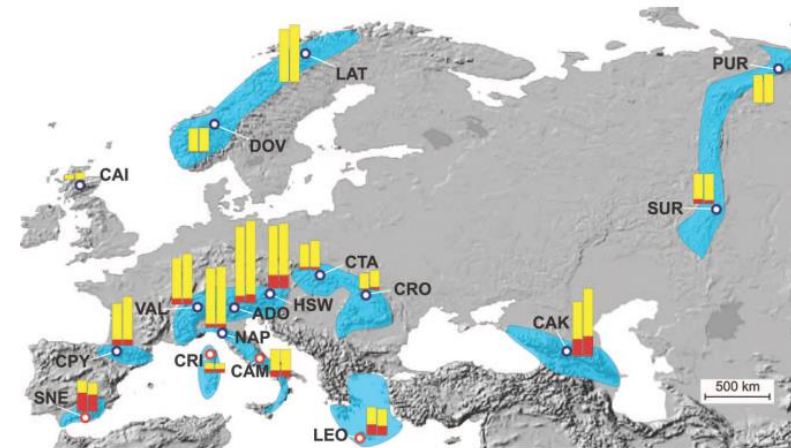
Northern Scandes, Sweden (1)
Polar Urals, Russia (2)
Southern Scandes, Norway (3)
Cairngorms, Scotland (4)
Southern Urals, Russia (5)
High Tatra, Slovakia (6)
Northeastern Alps, Austria (7)
East Carpathians, Romania (8)
Dolomites, Italy (9)
Valais, Switzerland (10)
Northern Apennines, Italy (11)
Central Pyrenees, Spain (12)
Central Caucasus, Georgia (13)
Corsica, France (14)
Central Apennines, Italy (15)
Sierra Nevada, Spain (16)
Lefka Ori-Crete, Greece (17)



Nárast počtu druhov a termofilizácia vrcholov hôr

Pauli et al. (2012). Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science*, 336(6079), 353-355.

Gottfried et al. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature climate change*, 2(2), 111-115.



Klimatická zmena

Posun v rozšírení drevín na nadmorskej výške na Slovensku

Global Change Biology

Global Change Biology (2016) 22, 1904–1914, doi: 10.1111/gcb.13210

Life stage, not climate change, explains observed tree range shifts

FRANTIŠEK MÁLIŠ^{1,2}, MARTIN KOPECKÝ³, PETR PETŘÍK⁴, JOZEF VLADOVIČ², JÁN MERGANIČ¹ and TOMÁŠ VIDA¹
¹Faculty of Forestry, Technical University in Zvolen, T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen, Slovak Republic, ²Forest Research Institute Zvolen, National Forest Centre, T.G. Masaryka 22, SK-960 52 Zvolen, Slovak Republic, ³Department of Vegetation Ecology, Institute of Botany, The Czech Academy of Sciences, Lidická 25/27, CZ-602 00 Brno, Czech Republic, ⁴Department of GIS and Remote Sensing, Institute of Botany, The Czech Academy of Sciences, Zámek 1, CZ-252 43 Příhonice, Czech Republic

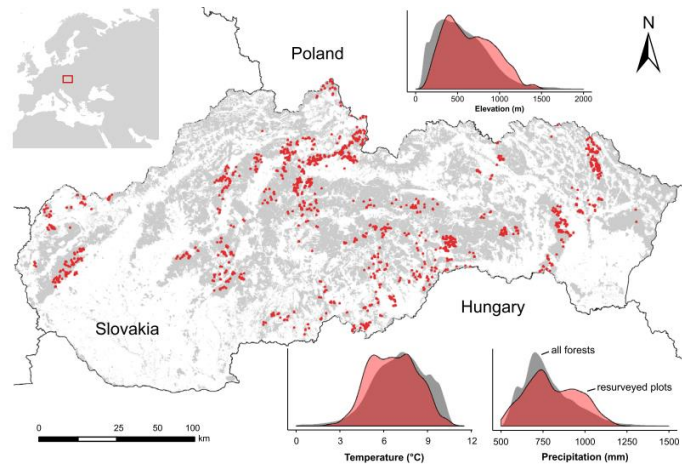


Fig. 1 Distribution of 1435 forest vegetation plots resurveyed after more than three decades (old survey 1966–1979, new survey 2005–2007) across Slovakia, East-Central Europe. The location of resurveyed plots (indicated as dots) is shown on the background of forest area. The inserted density plots show the relative frequency of elevation, annual mean temperature and annual precipitation of the 1435 resurveyed plots compared to the relative frequency of the same variables in all Slovakian forests (details in Appendix S2).

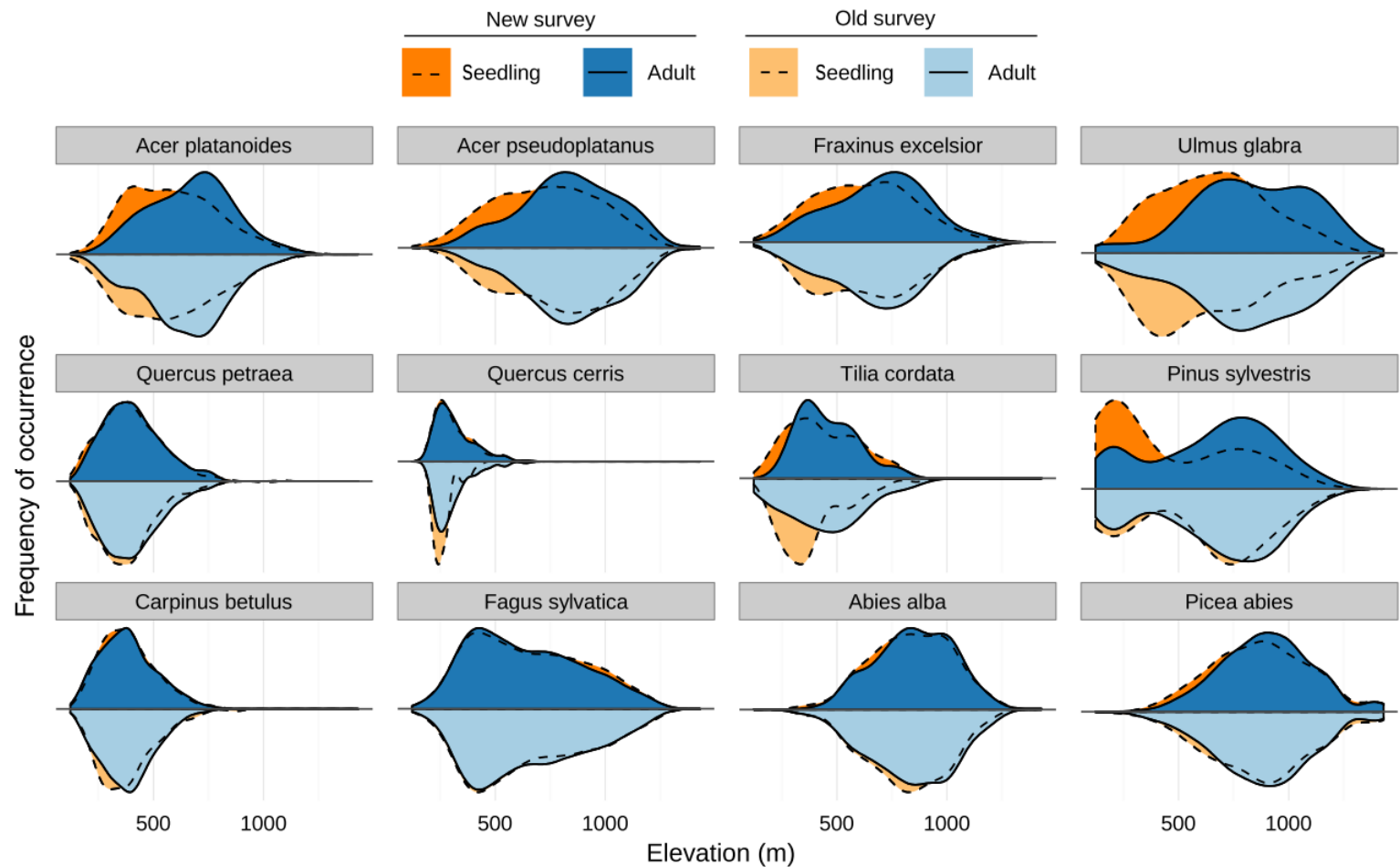


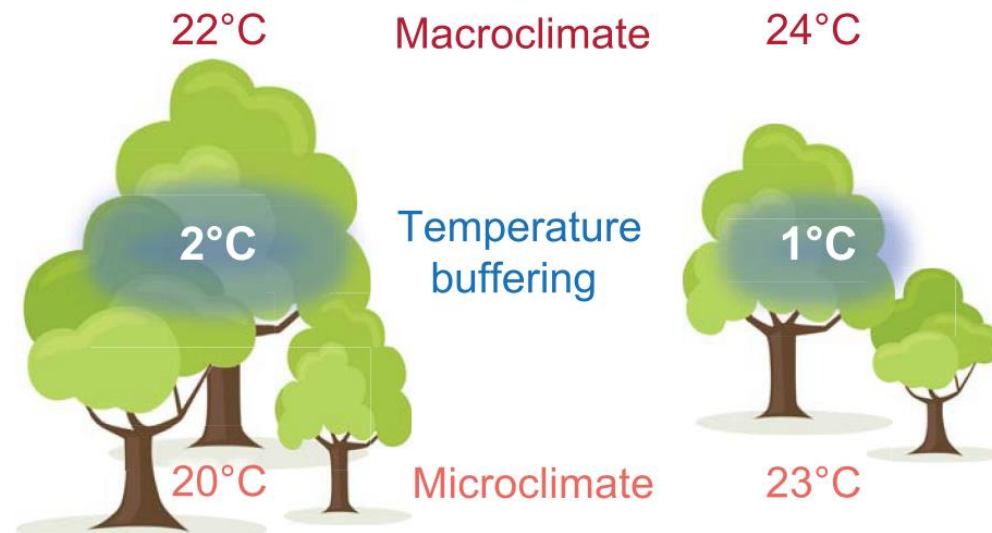
Fig. 3 Distribution of seedling and adult trees along an elevational gradient in the old (1966–1979) and new (2005–2007) surveys. While the distribution of individual life stages remained similar despite ongoing climate change, the seedlings of most species occurred at lower elevations than adult trees in both survey periods.

Klimatická zmena

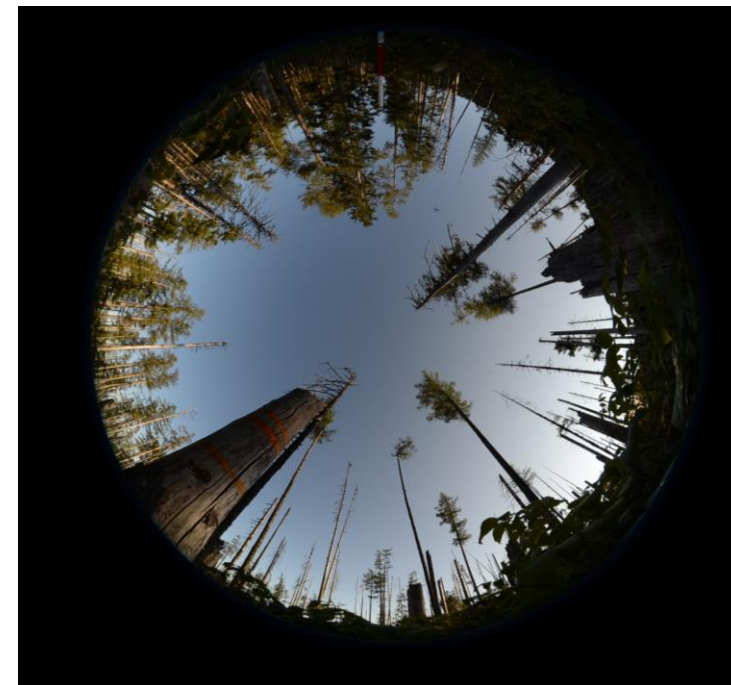
Lesná mikroklima tlmí pôsobenie klimatickej zmeny

pre rastliny sú dôležité maximálne letné teploty, ktoré sú vnútri lesa podstatne nižšie ako mimo lesa

tlmenie narastá s hustotou a výškou porastu



Zellweger et al. (2020). Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. *Science*, 368(6492), 772-775.

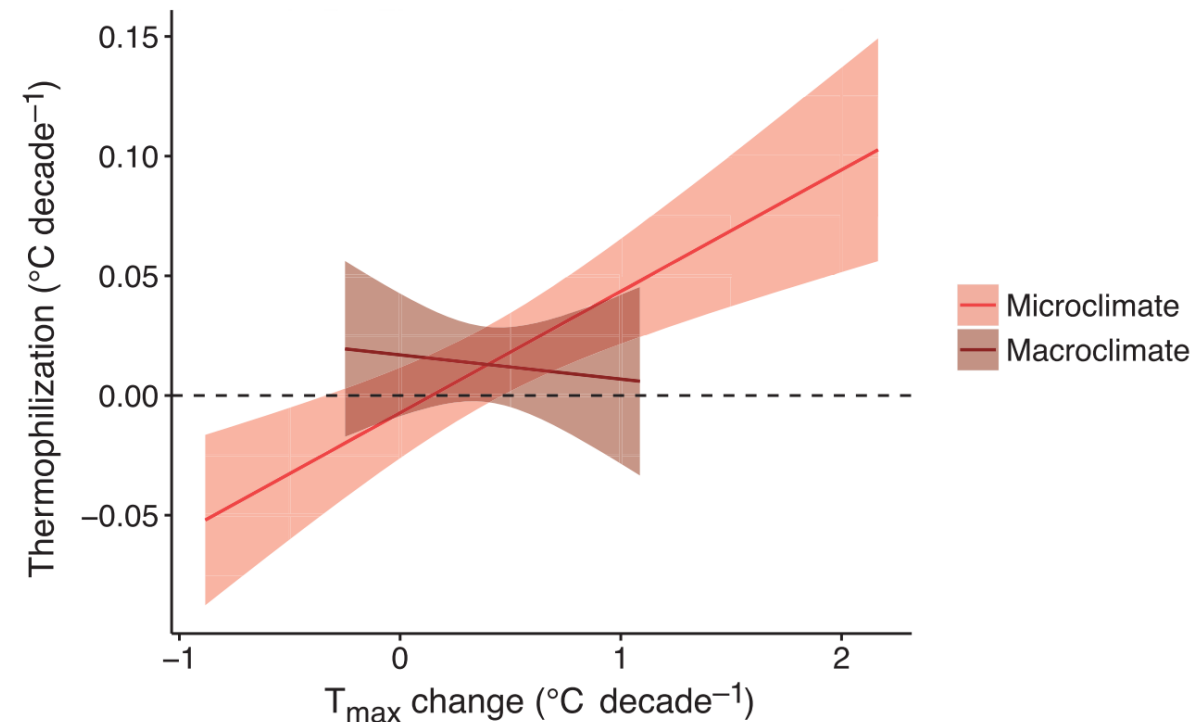


Klimatická zmena

Lesná mikroklima tlmí pôsobenie klimatickej zmeny

termofilizácia (posun ku teplomilným druhom) lesnej vegetácie závisí od mikroklimy a nie makroklimy

termofilizáciu teda ovplyvňuje zmena zápoja



Zellweger et al. (2020). Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. *Science*, 368(6492), 772-775.

Akcelerácia vymierania druhov

Klimatický dlh, resp. schopnosť organizmov prežívať aj v nevhodných podmienkach a súčasná neschopnosť dostatočne rýchlej migrácie spôsobuje **extinkčný dlh**. Očakáva sa, že vymieranie bude akcelerovať.

CLIMATE CHANGE

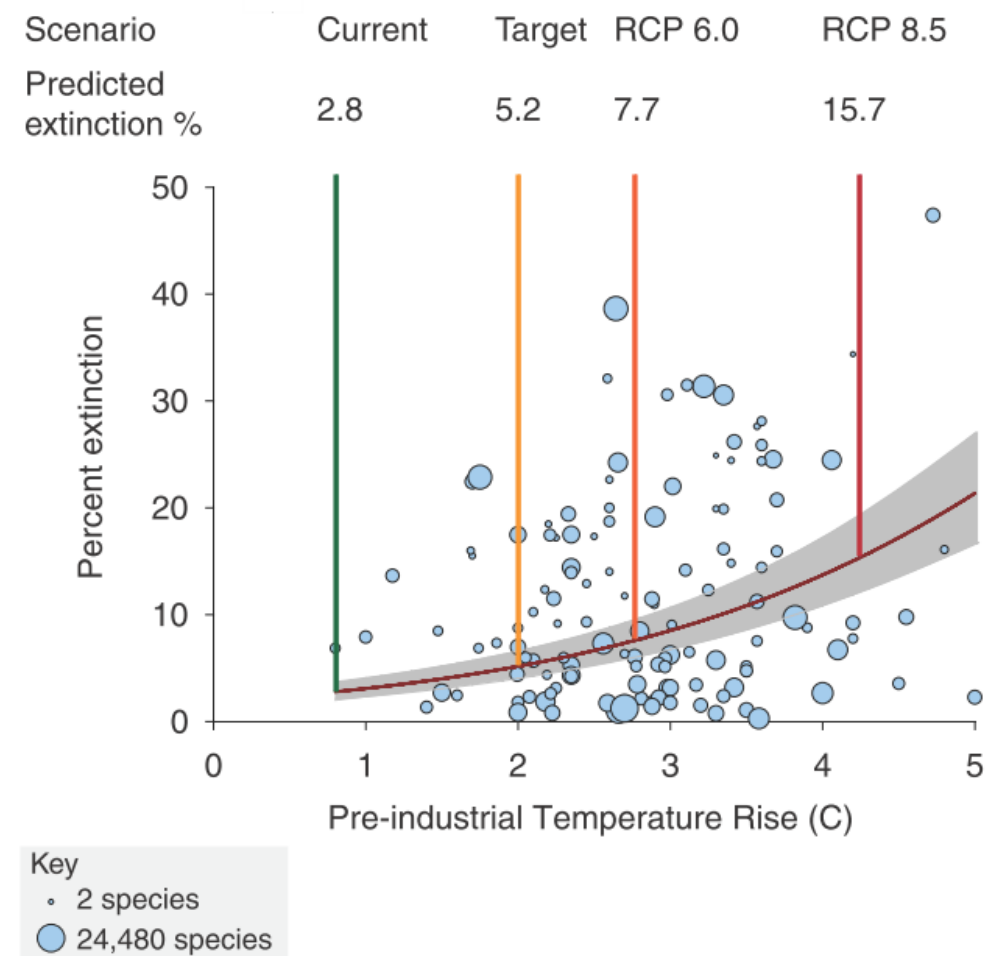
Accelerating extinction risk from climate change

Mark C. Urban*

Current predictions of extinction risks from climate change vary widely depending on the specific assumptions and geographic and taxonomic focus of each study. I synthesized published studies in order to estimate a global mean extinction rate and determine which factors contribute the greatest uncertainty to climate change–induced extinction risks. Results suggest that extinction risks will accelerate with future global temperatures, threatening up to one in six species under current policies. Extinction risks were highest in South America, Australia, and New Zealand, and risks did not vary by taxonomic group. Realistic assumptions about extinction debt and dispersal capacity substantially increased extinction risks. We urgently need to adopt strategies that limit further climate change if we are to avoid an acceleration of global extinctions.

Fig. 2. Predicted extinction risks from climate change accelerate with global temperature rise. The gray band indicates 95% CIs. Preindustrial rise was calculated by using standard methods (27). Circles indicate posterior means with area proportional to $\log_{10}$ sample size (bottom left, key). Extinction risks for four scenarios are provided: the current postindustrial temperature rise of 0.8°C (5), the policy target of 2°C, and RCPs 6.0 and 8.5.

The gray band indicates 95% CIs. Preindustrial rise was calculated by using standard methods (27). Circles indicate posterior means with area proportional to $\log_{10}$ sample size (bottom left, key). Extinction risks for four scenarios are provided: the current postindustrial temperature rise of 0.8°C (5), the policy target of 2°C, and RCPs 6.0 and 8.5.



Krátka rekapitulácia

Šírenie inváznych druhov – nepôvodné druhy vytláčajú druhy pôvodné

Acidifikácia – posun druhového zloženia ku kyslomilnejšiemu

Eutrofizácia – posun druhového zloženia ku na živiny náročnejším druhom

Mezofilizácia – posun ku druhom náročnejším na vlhkosť

Termofilizácia – posun druhového zloženia ku teplomilnejším druhom

Taxonomická homogenizácia – pokles druhej diverzity v čase a priestore

Klimatický dlh – omeškanie v zmene druhového zloženia voči zmene klímy

Extinkčný dlh – dočasné prežívanie rastlín („zotrvačnosť“) napriek zmeneným podmienkam

Disturbancie – rozpad lesa

Klimatická zmena zvyšuje častosť a silu lesných disturbancií (rozpadu lesa)



Disturbancie – rozpad lesa

... a nielen u nás, na celej planéte

Švédsko

Hlásny et al. (2019). Living with bark beetles: impacts, outlook and management options (No. 8). European Forest Institute.



Figure 13. One million cubic meters of spruce blown down by storm Gudrun in Sweden in 2005, stacked on an abandoned airfield in Southern Sweden. Photo: Thomas Adolfsén / Skogenbild.

Disturbancie – rozpad lesa

... a nielen u nás, na celej planéte

USA, požiare



Disturbancie – rozpad lesa

... a nielen u nás, na celej planéte

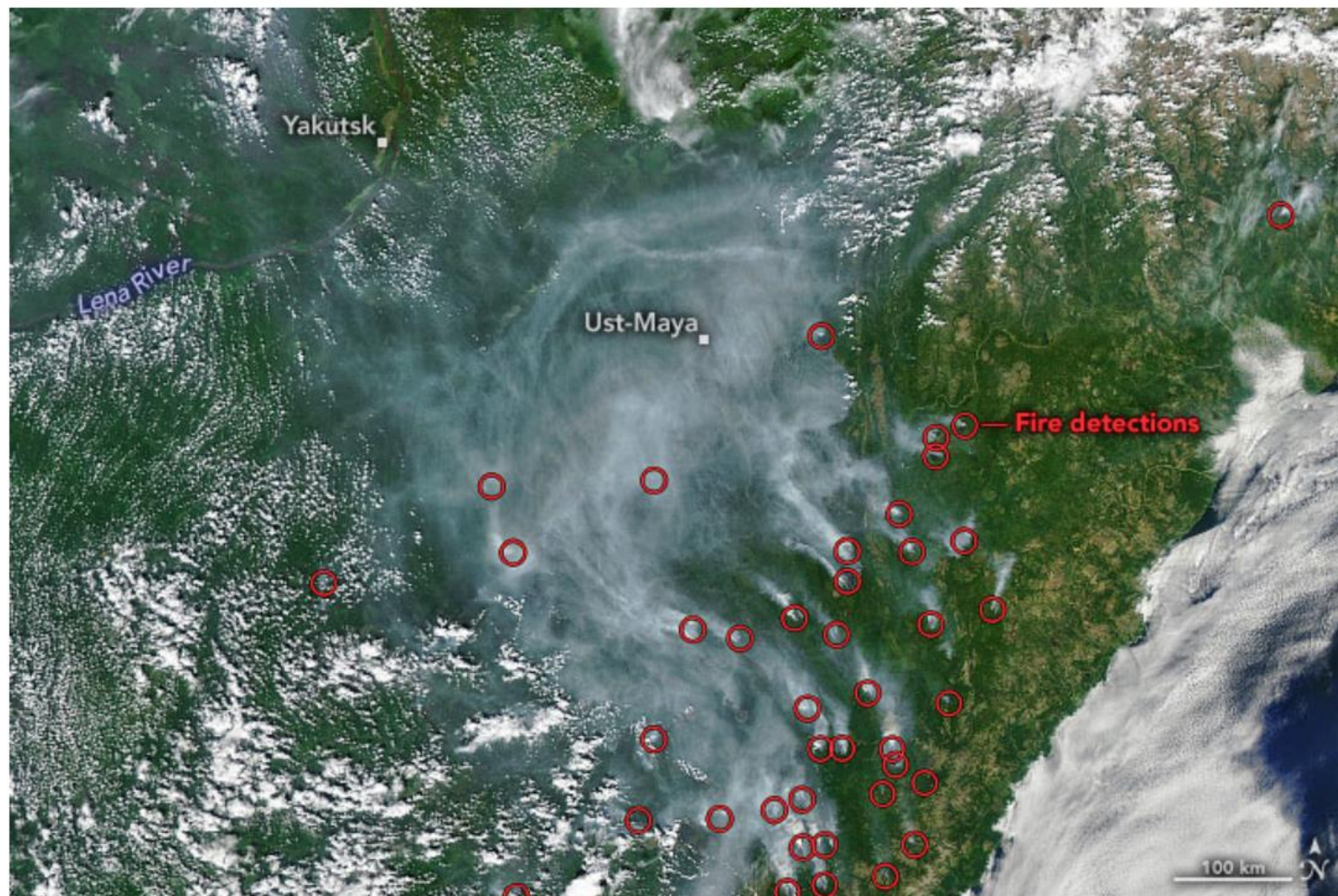
USA,
Pinus albicaulis vs. *Dendroctonus*
ponderosae



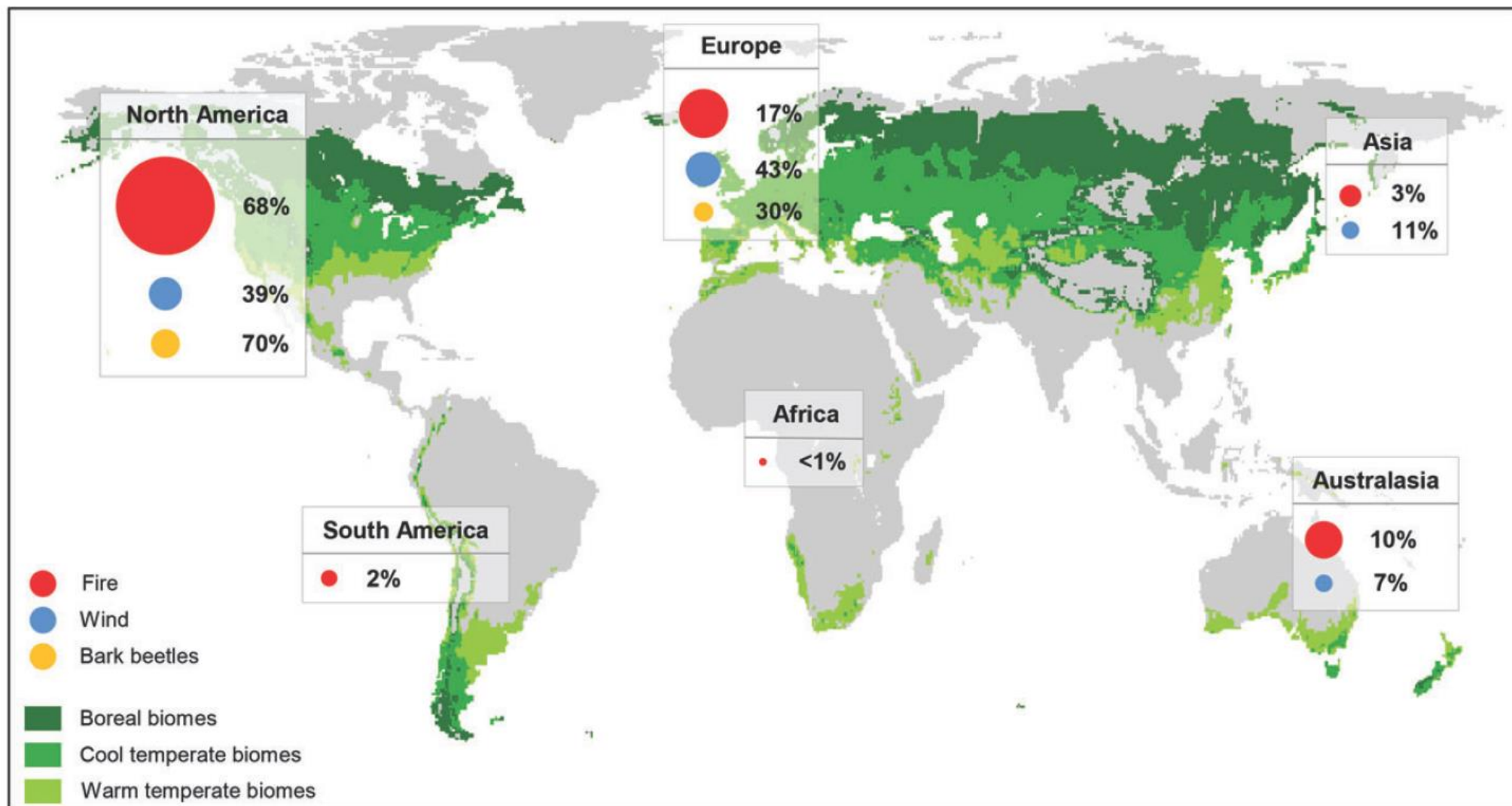
Disturbancie – rozpad lesa

... a nielen u nás, na celej planéte

Sibír, požiare júl 2022



Disturbancie – rozpad lesa



Thom, D., & Seidl, R. (2016).
Natural disturbance impacts on
ecosystem services and
biodiversity in temperate and
boreal forests. *Biological
Reviews*, 91(3), 760-781.

Fig. 1. Geographical distribution of papers addressing the impacts of fire (red, comprising wildfire and prescribed burning), wind (blue) and bark beetles (orange) on ecosystem services and biodiversity. The size of the circles represents the number of peer-reviewed papers per agent and region, while percentages indicate the relative share of disturbance agents per continent. The focal areas of our analysis were the boreal, cool- and warm-temperate biomes as defined by Holdridge (1947, modified using World Clim data), illustrated here in different shades of green.

Krátky úvod do disturbancií

Disturbancia je „prerušení stabilného a nerušeného stavu“, pri ktorom dôjde ku náhlej zmene dostupnosti zdrojov (nárast, pokles), narušeniu štruktúry ekosystému (stromy, pôda), často spojenom s vysokou mortalitou organizmov



Krátky úvod do disturbancií

Disturbancie majú rôznu veľkosť, intenzitu a frekvenciu



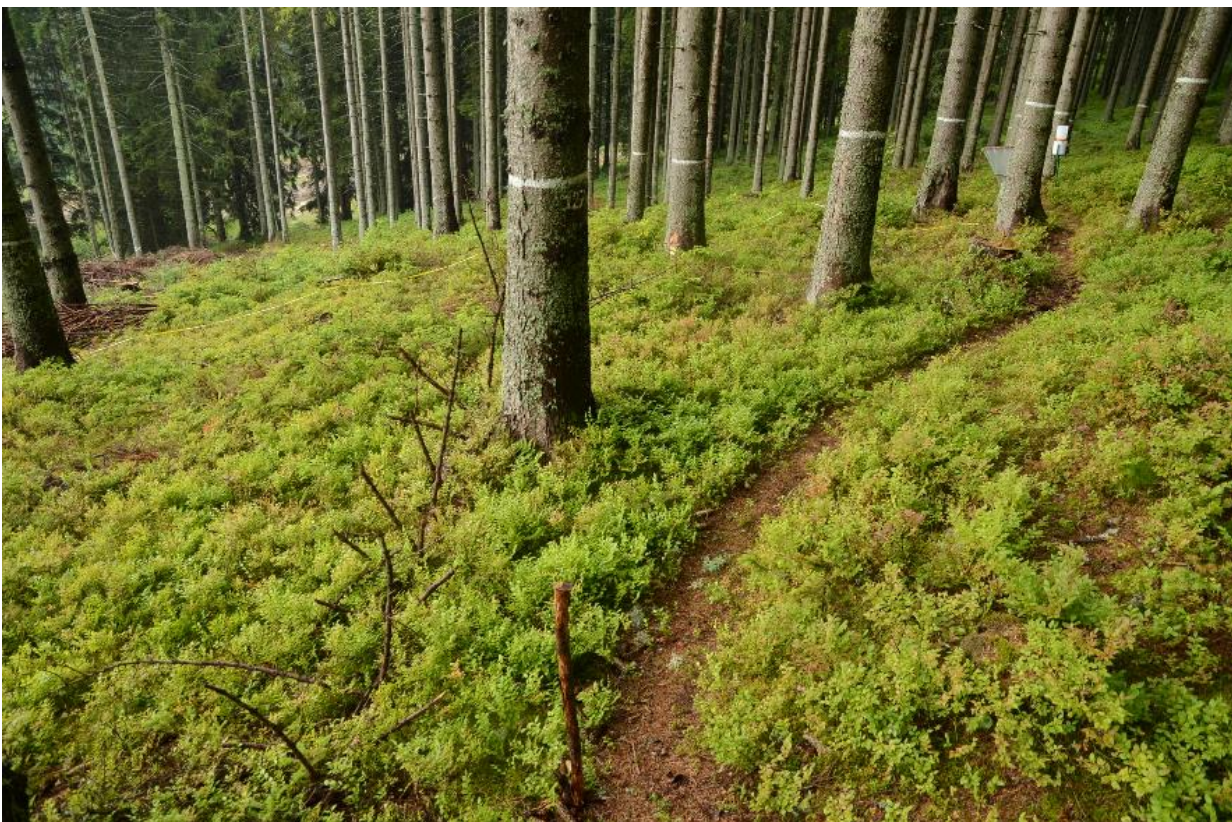
Zosuv – rôzne intenzívny,
rôzne veľký, neperiodický



Krátky úvod do disturbancií

Disturbancie mají různu velikost, intenzitu a frekvenci a **pôvod** (biotický, abiotický, antropogénny)

Maloplošná, málo intenzívna, každé dva týždne, antropogénna



Veľkoplošná, intenzívna (silná), raz za cca 100 rokov, abiotická aj antropogénna



Krátky úvod do disturbancií

Disturbancie sú teda prirodzenou súčasťou ekosystémov a niekedy formujú charakter ekosystému, ak sa pravidelne opakujú (disturbančný režim)

disturbančný režim v
lavínovom žľabe blokuje
rozvoj lesa (blokovaná
sukcesia – *arrested
succession*)



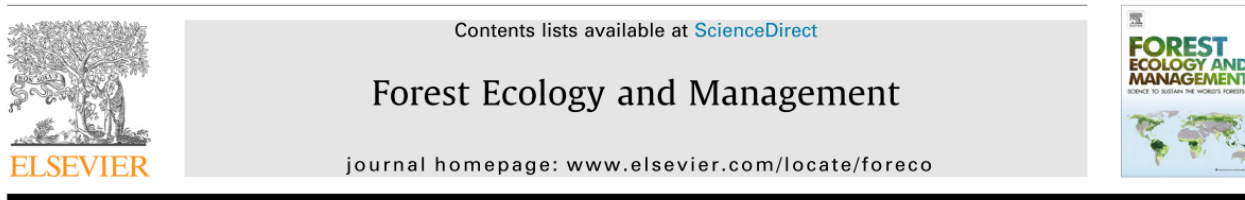
Krátky úvod do disturbancií

Disturbančné dedičstvo je črta, vlastnosť ekosystému, ktorú si ekosystém nesie ako pozostatok po disturbančnej udalosti (napr. depresie po vývratoch, mŕtve drevo)



Disturbančný režim v horských smrekových lesoch Karpát

Vysoké Tatry sú príkladom disturbančného režimu, pravidelne sa tu opakujú vetrové a následné lykožrútové kalamity



Models of disturbance driven dynamics in the West Carpathian spruce forests

Jan Holeksa ^{a,*}, Peter Jaloviar ^b, Stanislav Kucbel ^b, Milan Saniga ^b, Miroslav Svoboda ^c, Janusz Szewczyk ^d,
Jerzy Szwagrzyk ^d, Tomasz Zielonka ^e, Magdalena Żywiec ^{f,g}

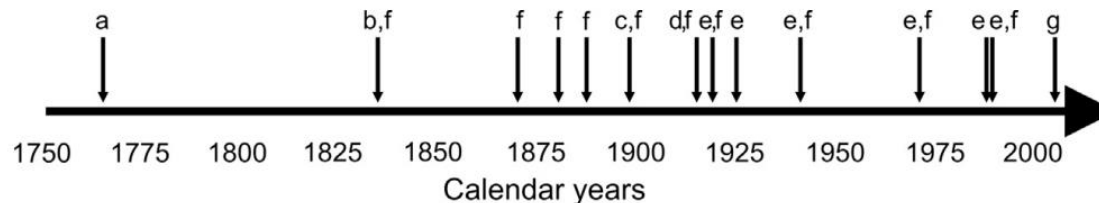


Fig. 2. Temporal distribution of disturbances on southern slopes of the Tatra Mts. Arrows indicate windstorms known from historical sources and dendroecological reconstructions: a – an extremely strong wind disturbed forests in the Tatra foothills in 1769 (unpublished information from Thomas Mauksch, Tatra National Park archive); b – the central part of the Tatra region was very likely struck by repeated windthrows between 1835 and 1855 (Rowland, 1857); c – a severe windstorm hit the Tatra forests in 1898 (unpublished information from Tatra National Park archive); d – a windstorm knocked down spruces over an area of 6000 ha in November 1915 (Vadas, 1916); e – several severe windstorms during the 20th century (Koreň, 2005); f – results of dendroecological studies (Holeksa et al., 2016); g – the last windstorm, which killed most trees over 12,000 ha (Koreň, 2005).

Disturbancie horských smrekových lesoch Karpát

Intenzívne disturbancie v minulosti prispievajú ku súčasnej intenzite disturbancií v Karpatoch

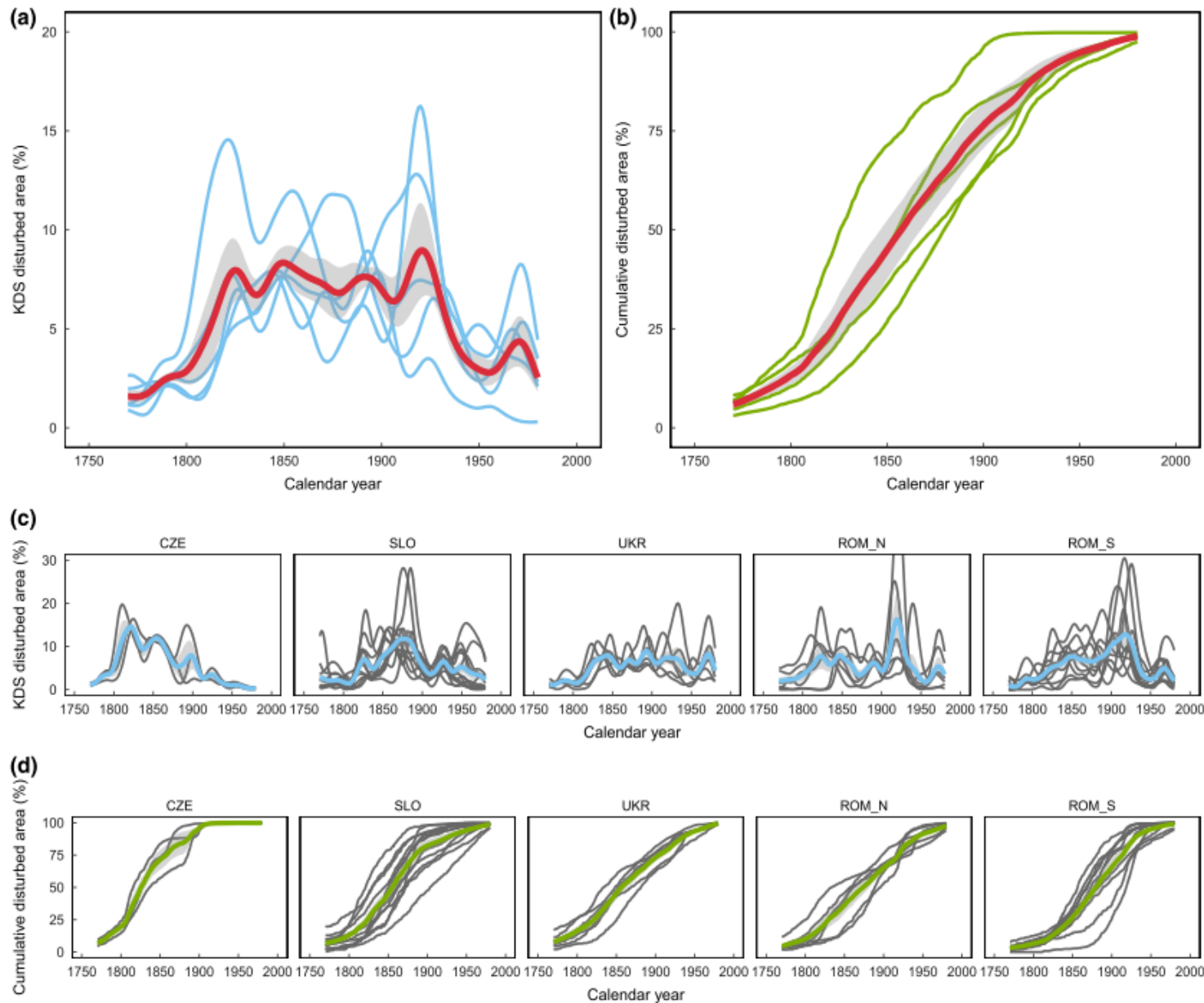
disturbančné dedičstvo vo forme rovnorodnej štruktúry lesa a klimatická zmena

PRIMARY RESEARCH ARTICLE

WILEY Global Change Biology

Large-scale disturbance legacies and the climate sensitivity of primary *Picea abies* forests

Jonathan S. Schurman^{1*} | Volodymyr Trotsiuk^{1*} | Radek Bače¹ | Vojtěch Čada¹ | Shawn Fraver² | Pavel Janda¹ | Dominik Kulakowski³ | Jana Labusova¹ | Martin Mikoláš^{1,4} | Thomas A. Nagel^{1,5} | Rupert Seidl⁶ | Michal Synek¹ | Kristýna Svobodová^{1,7} | Oleh Chaskovsky⁸ | Marius Teodosiu⁹ | Miroslav Svoboda¹



Vplyv disturbancií na diverzitu a ekosystémové funkcie

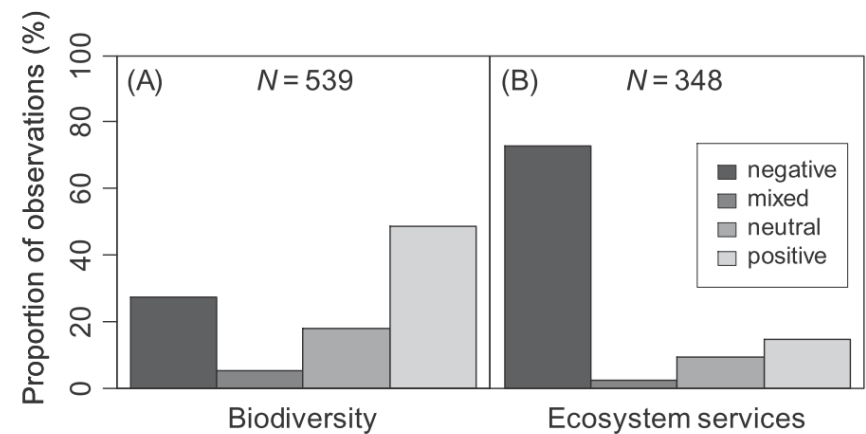


Fig. 2. Disturbance effects on (A) biodiversity and (B) ecosystem services. N indicates the number of observations in our database of disturbance effects synthesized from 478 peer-reviewed articles.

Disturbančný paradox

Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests

Dominik Thom* and Rupert Seidl
Institute of Silviculture, Department of Forest- and Soil Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU) Vienna, Peter-Jordan-Straße 82, 1190, Vienna, Austria

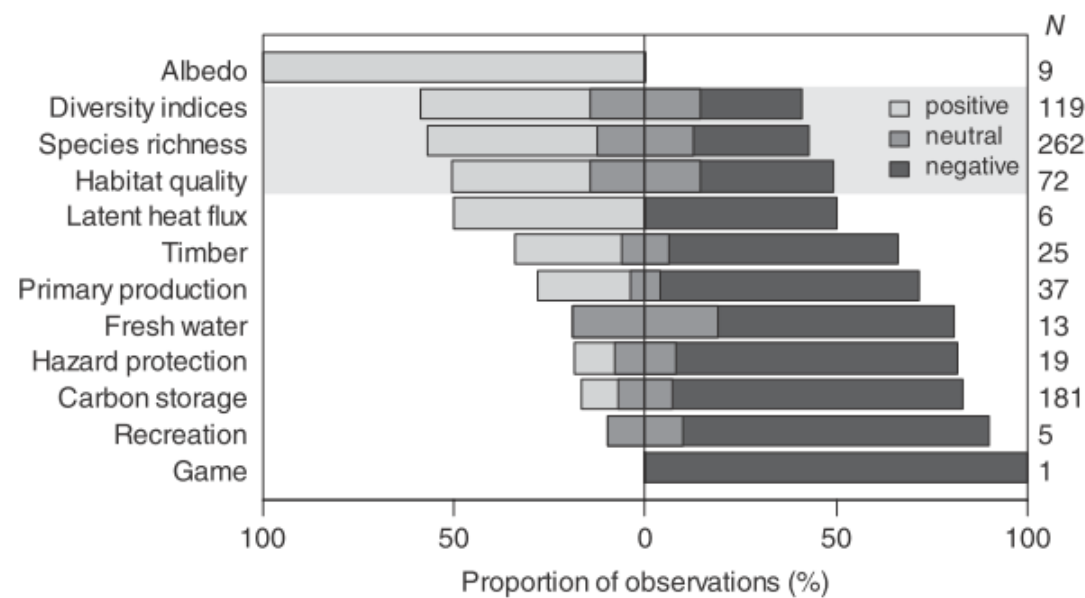
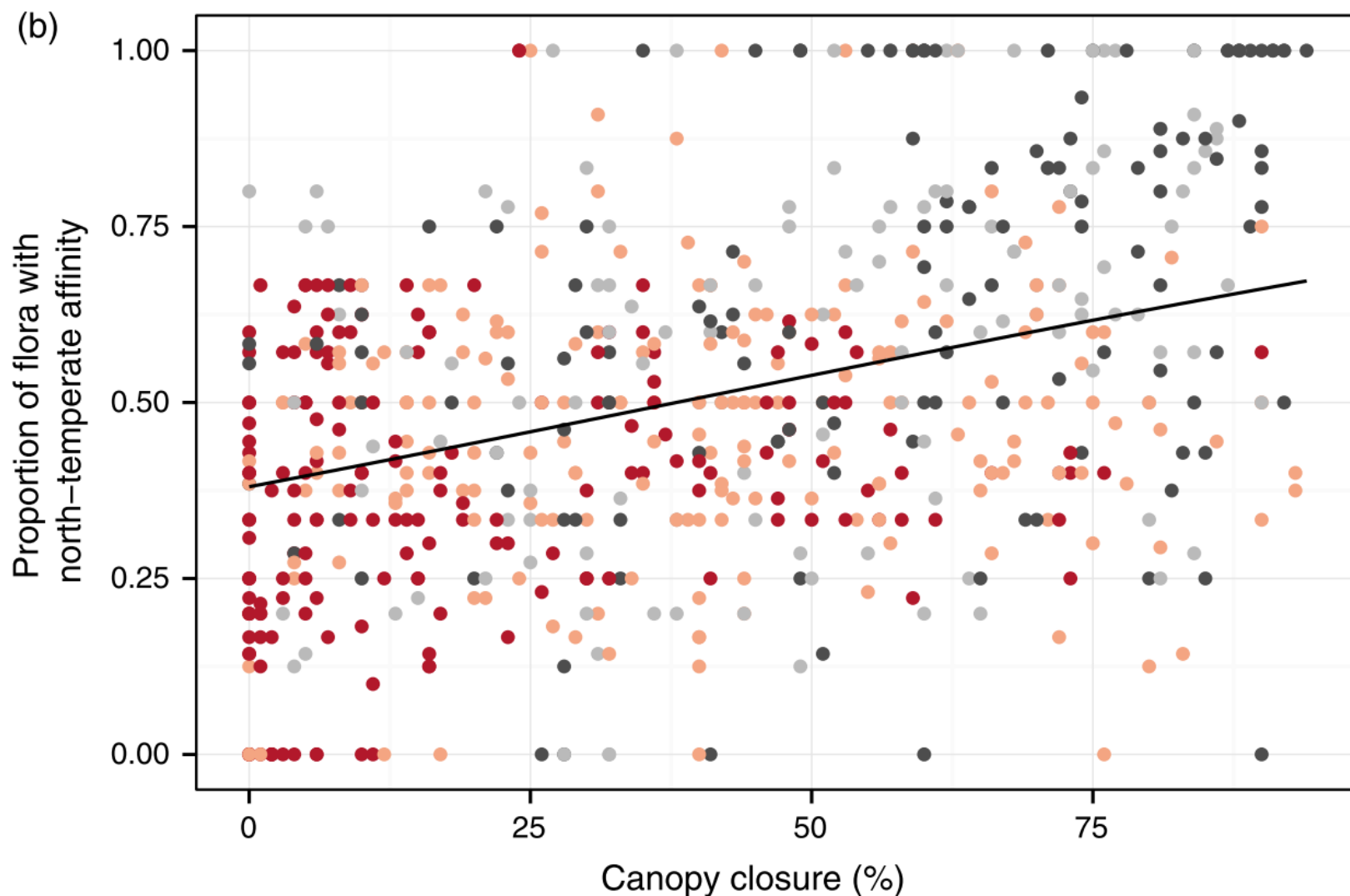


Fig. 3. Disturbance effects on indicators of ecosystem services and biodiversity (shaded). Bars show the distribution of positive, neutral and negative disturbance effects per indicator; N denotes the total number of observations. Note that neutral and mixed effects were subsumed under the neutral category here, and that findings based on expert opinions were excluded.

Disturbancie a biodiverzita

strata tlmivého efektu lesnej
mikroklímy

zrýchlenie termofilizácie



Stevens et al. (2015). Forest disturbance accelerates thermophilization of understory plant communities. *Journal of Ecology*, 103(5), 1253-1263.

Forest disturbances under climate change

Rupert Seidl^{1*}, Dominik Thom¹, Markus Kautz², Dario Martin-Benito^{3,4}, Mikko Peltoniemi⁵, Giorgio Vacchiano⁶, Jan Wild^{7,8}, Davide Ascoli⁹, Michal Petr¹⁰, Juha Honkaniemi⁵, Manfred J. Lexer¹, Volodymyr Trotsiuk¹¹, Paola Mairota¹², Miroslav Svoboda¹¹, Marek Fabrika¹³, Thomas A. Nagel^{11,14} and Christopher P. O. Reyer¹⁵

Forest disturbances are sensitive to climate. However, our understanding of the mechanisms by which climate change affects forest disturbances remains incomplete, particularly regarding the role of disturbance agents. Here, we provide a global synthesis of climate change effects on forest disturbances, focusing on the role of disturbance agents (insects and pathogens). Warmer and wetter conditions increase the activity of these agents, while warmer and drier conditions increase the risk of fire. These changes are likely to amplify disturbances, with long-term disturbance sensitivities to climate. Future projections for the 21st century suggest a significant increase in the frequency and intensity of forest disturbances, particularly in the boreal biome. We conclude that both the current and future of forests are at risk.

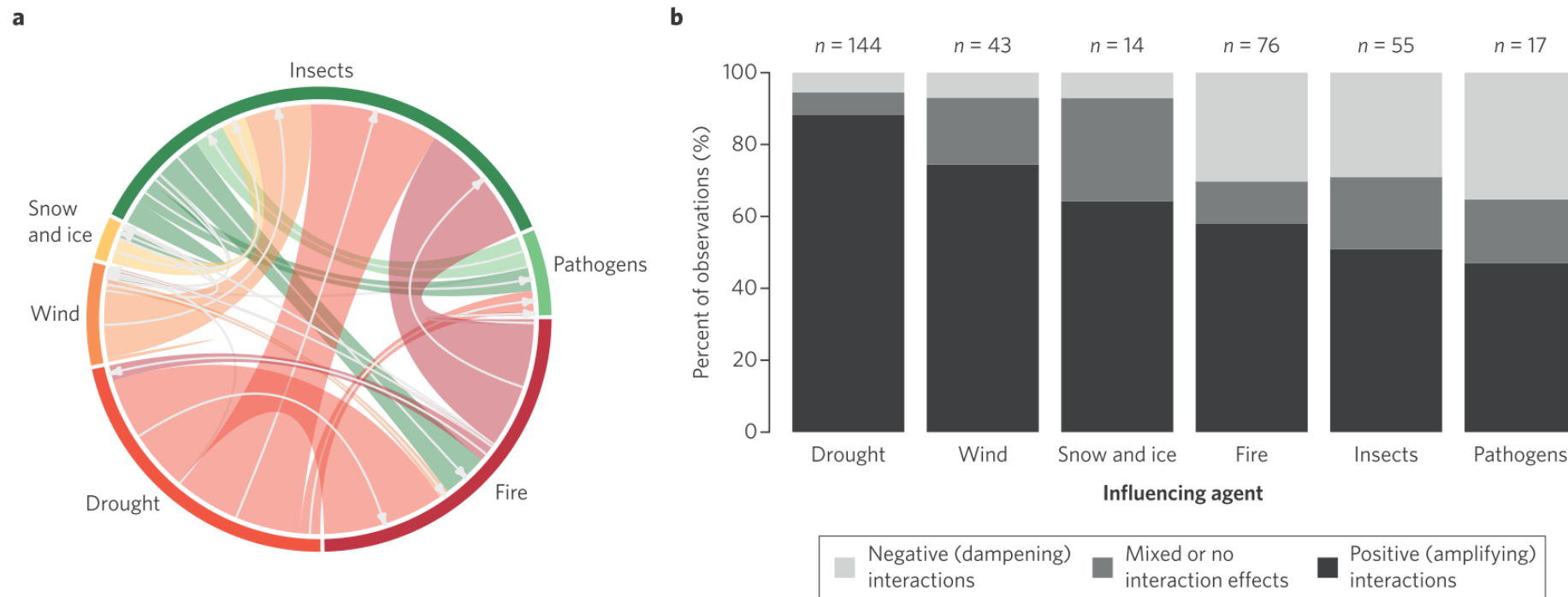


Figure 2 | Interactions between forest disturbance agents. a, The sector size in the outer circle indicates the distribution of interactions over agents, while the flows through the centre of the circle illustrate the relative importance of interactions between individual agents (as measured by the number of observations reporting on the respective interaction). Arrows point from the influencing agent to the agent being influenced by the interaction. **b**, Sign of the interaction effect induced by the influencing agent on the influenced agent. *n*, number of observations.



ELSEVIER

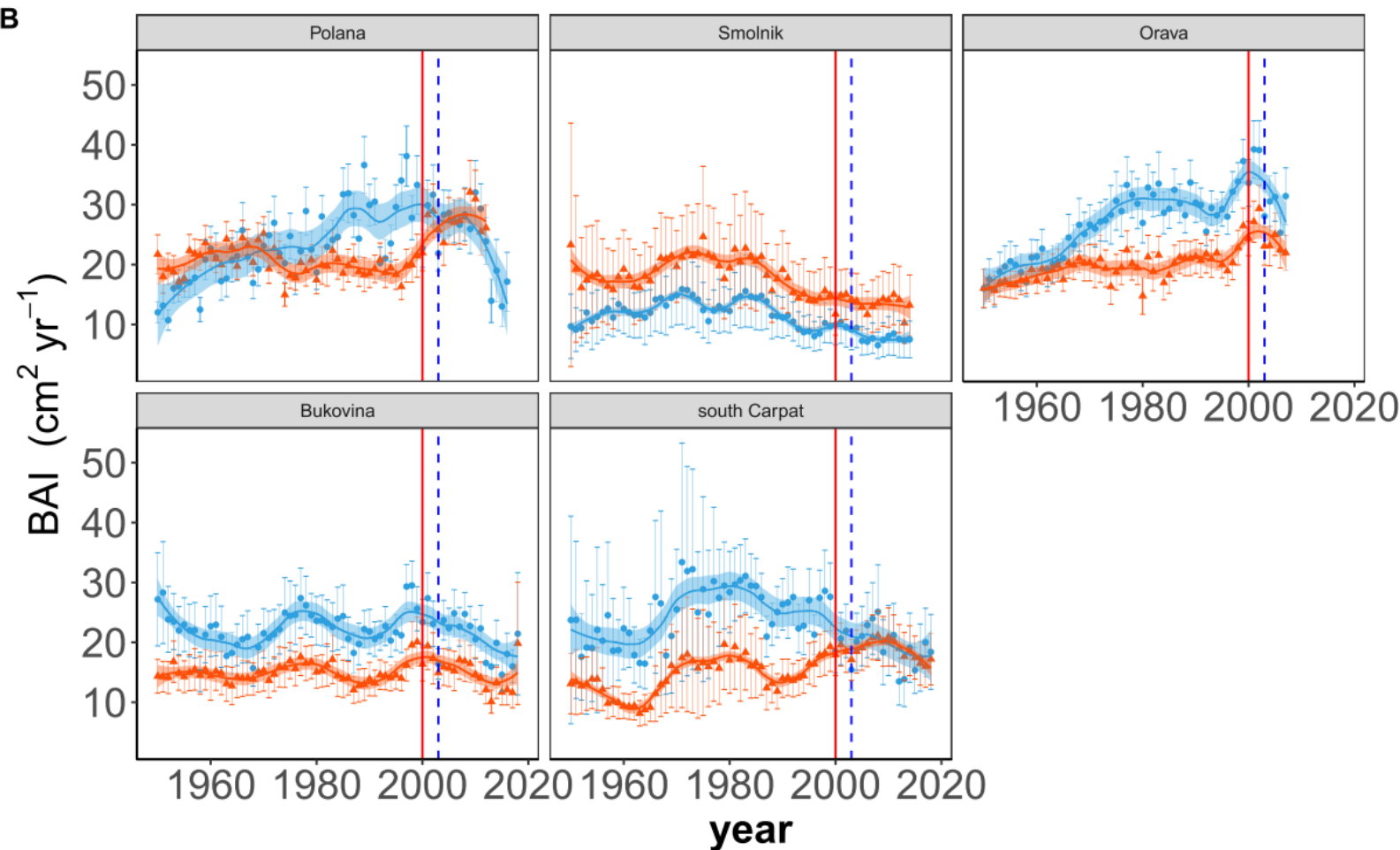
Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv


Climate warming induced synchronous growth decline in Norway spruce populations across biogeographical gradients since 2000

Michal Bosela^{a,b,*}, Jan Tumajer^{c,d,e}, Emil Cienciala^{c,f}, Laura Dobor^g, Li Ionel Popa^{h,i}, Róbert Sedmák^a, Denisa Sedmáková^a, Roman Sitko^a, V Petr Štěpánek^f, Ulf Büntgen^{f,j,k,l}

B


Budúci vývoj

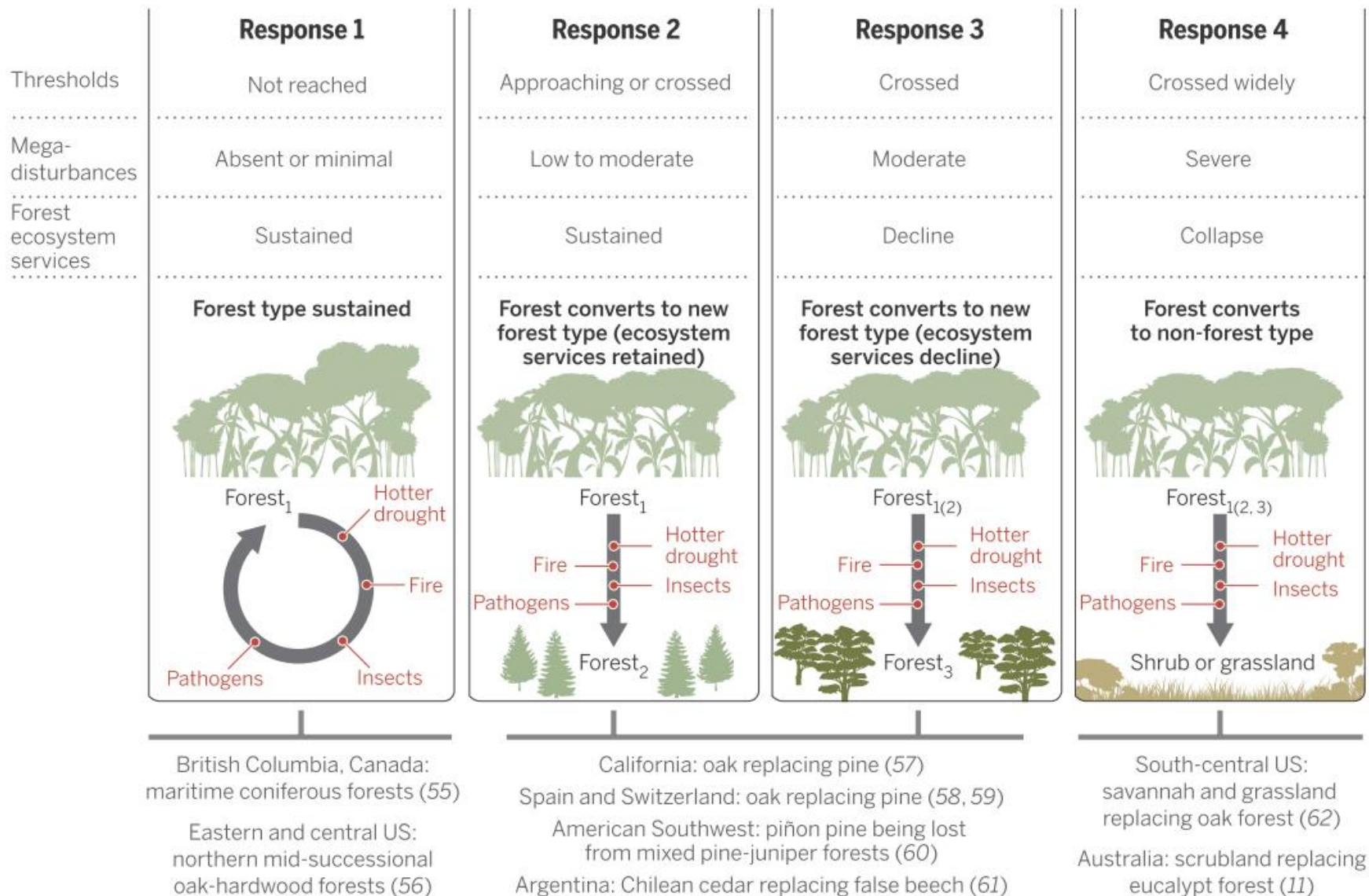
rôzne scenáre

závisí to od:

intenzity disturbancií (sila, frekvencia)

odolnosti ekosystému a tá aj od biodiverzity

celková vhodnosť lokality pre nové druhy



Nabudúce

vplyv obhospodarovania lesa na rôzne aspekty lesných ekosystémov
(prostredie, mikroklíma, pôdy, biodiverzita a pod.)

potenciál lesných ekosystémov pri zmierňovaní dopadov GEZ,
sekvestrácia uhlíka, lesná mikroklíma – zápoj – spomalenie rozkladu opadu,
asistovaná migrácia