Rychleji až na vrchol: silnice a turistické stezky jako mikroklimatické zkratky pro šíření nepůvodních druhů rostlin

Michaela Vítková[1], Jan Čuda[1], Anna Lučanová[1], Vojtěch Vítek[1,2] & Petr Pyšek[1,3]

[2]Přírodovědecká fakulta UK, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Albertov 6, 128 00 Praha 2

[3]Přírodovědecká fakulta UK, Katedra Ekologie, Viničná 7, 128 00 Praha 2

[1]Institute of Botany of the ASCR, v. v. i.
Zámek 1, CZ-252 43 Průhonice, Czech Republic
tel.: +420 271 015 233, fax: +420 271 015 105, www.ibot.cas.cz

Financováno Evropskou unií NextGenerationEU

T A Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí v rámci Programu Prostředí pro život.

www.tacr.cz/w www.mzp.cz

Rychleji až na vrchol

Unikátnost horských společenstev

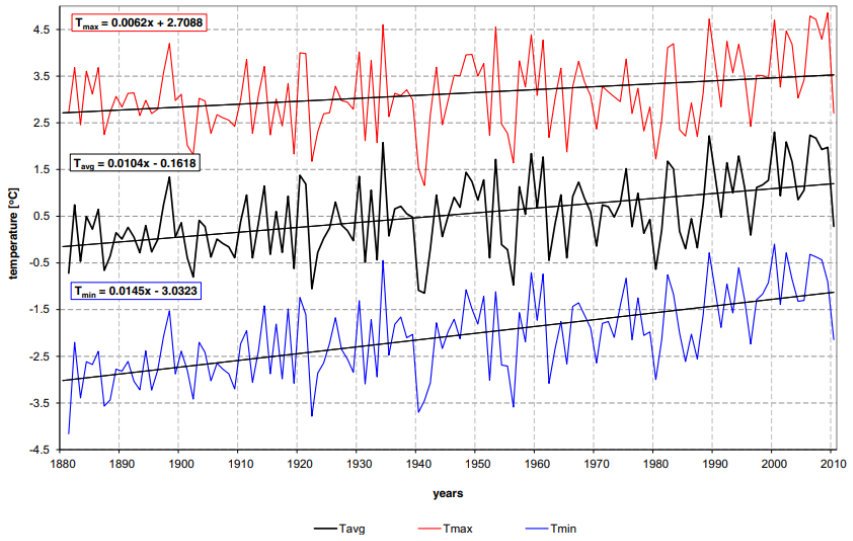
- Hory hostí **~1/3 suchozemských druhů** a tvoří **polovinu** ze 34 **světových center biodiverzity.**
- Důvodem je vysoká topografická a mikroklimatická variabilita, tj. **lokální unikátnost** (vysoká α- diverzita) a biogeografická izolace s významnými environmentálními gradienty, tj. **regionální unikátnost** (vysoká β- diverzita).
- Vyskytují se zde **úzce specializovaná rostlinná společenstva** s endemity a glaciálními relikty.
- Časté jsou **adaptace na drsné abiotické podmínky** (např. krátká vegetační sezóna, mráz, vítr, zvýšené UV záření, omezená dostupnost živin a opylovačů).
- Horské ekosystémy jsou tak **vhodné modelové prostředí** pro studium dopadů globálních změn.

Rychleji až na vrchol

Klimatická změna v Krkonoších

→ posun teplotních a vlhkostních režimů k podmínkám typickým pro nižší nadmořské výšky

nejcitlivější alpínská vegetace (až 5x rychlejší změna) → vymírání chladnomilných druhů (Yue et al. 2026)



Růst teploty na Sněžce podle Migala et al. 2016

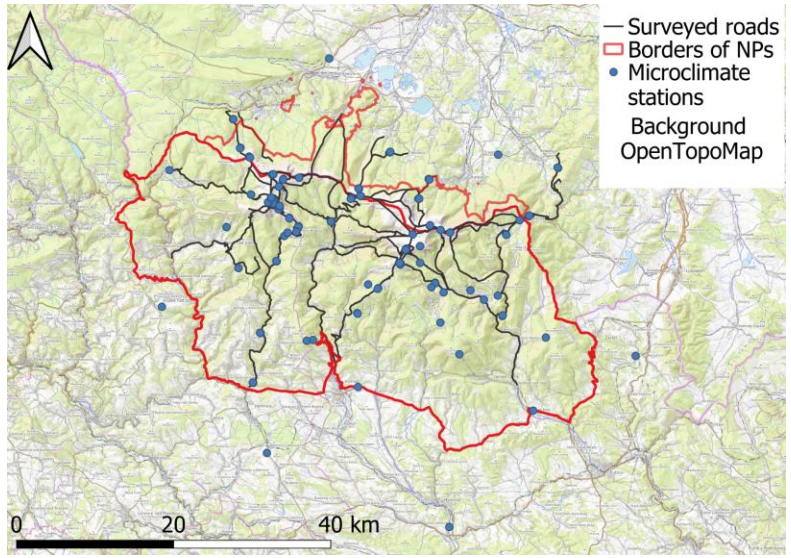
- Za posledních **100 let vzrostla průměrná roční teplota vzduchu o 0,8 °C** na vrcholu Sněžky, nejrychleji za poslední dvě dekády z −0,1 na +1,5 °C (Migala et al. 2016)
- Na horských stanicích byl **nejvyšší nárůst v dubnu až o 1,6 °C** , což odpovídá nadmořské výšce **o 266 m níže**. Na hřebenech ubylo 188 mrazových dní (Kliegrová & Kašičková 2019).

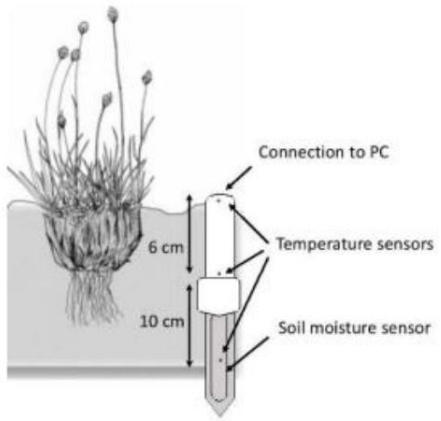
- **Změněné mikroklima podél silnic zesiluje vliv klimatické změny.**

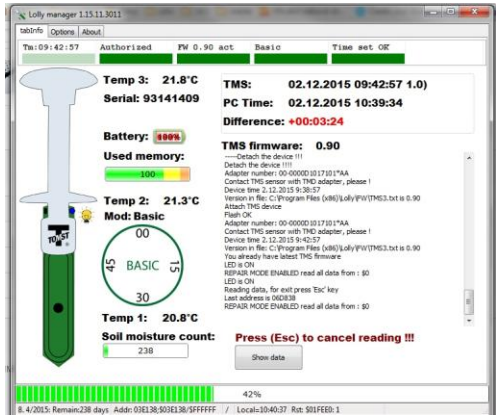
Rychleji až na vrchol

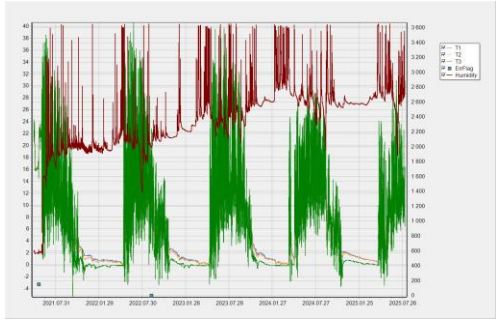
Metodika mikroklimatických měření

- První mikroklimatická měření v roce 2000 na 150 m dlouhém transektu na Pančavské louce, trojice rtuťových teploměrů 5, 20 a 150 cm nad zemí, manuální odečet
- Od r. 2021 zkrácené autonomní stanice TOMST (TMS4) - teplota půdy (0 cm, 6 cm a 16 cm pod povrchem) a půdní vlhkost třemi teplotními senzory (rozlišení 0,0625 °C, přesnost ±0,5 °C) umístěnými na povrchu půdy a v hloubkách 6 a 16 cm (doporučený teplotní rozsah −40 až +60 °C) a jedním senzorem půdní vlhkosti (11–21 cm).









Rychleji až na vrchol

Silnice jako mikroklimatické koridory

Global Ecology and Biogeography

WILEY

Global Ecology and Biogeography

RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

Mountain Roads Across the Globe Significantly Alter Local Soil Thermal Microclimates

Renée Lejeune[1,2] | Eduardo Fuentes-Lillo[3,4] | Jake Alexander[5] | Romina D. Dimarco[6] | Stef Haesen[7,8] | Sylvia Haider[9] | Lore Hostens[10] | Anke Jentsch[11] | Josef Kutlvašr[12,13] | Jonathan Lenoir[14] | Martin A. Nuñez[6] | Aníbal Pauchard[3,4] | Jan Pergl[12] | Amber Pirée[1] | Amanda Ratier Backes[15] | Tim Seipel[16] | Michaela Vítková[12] | Dymphna Wiegmans[1] | Peter Wolff[11] | Ivan Nijs[1] | Jonas J. Lembrechts[1,17]

Krkonoše

Roční průměrná teplota půdy (0-5 cm)

- teplota půdy je u silnic (2 m) teplejší než v okolní vegetaci (50 m)
  - podhůří: +0,42 °C; tundra: +0,23 °C

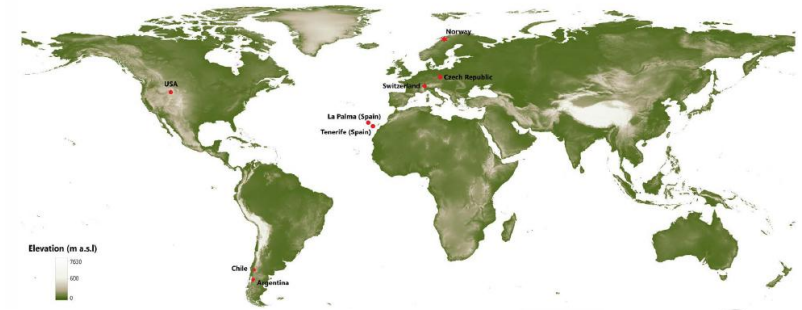
Letní teplota (červenec až září na severní polokouli)

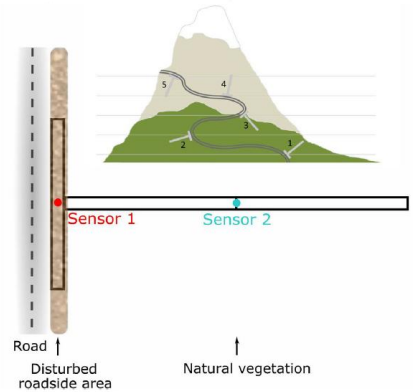
- nejsilnější efekt ve vyšších polohách
  - podhůří: +0,50 °C; tundra: +0,92 °C

Zimní teplota (prosinec až únor na severní polokouli)

- půda u silnic chladnější než okolí
  - podhůří: −0,72 °C; tundra: −0,41 °C

➞ vyšší promrzání a větší teplotní extrémy





Globální trend – silnice významně mění půdní mikroklima:
v létě oteplují, v zimě ochlazují, zvyšují teplotní extrémy
a prodlužují vegetační období

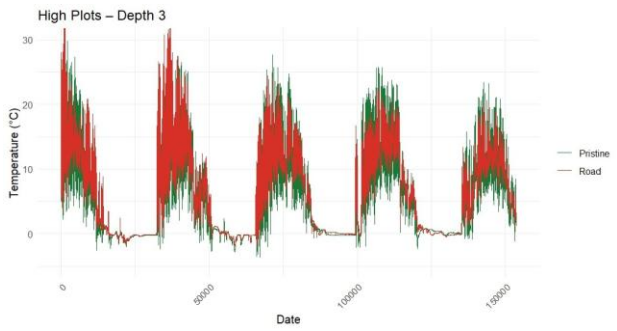
➞ výraznější změny v alpínských polohách (léto až +1.83°C Švýcarské Alpy, +2,43°C Tenerife)

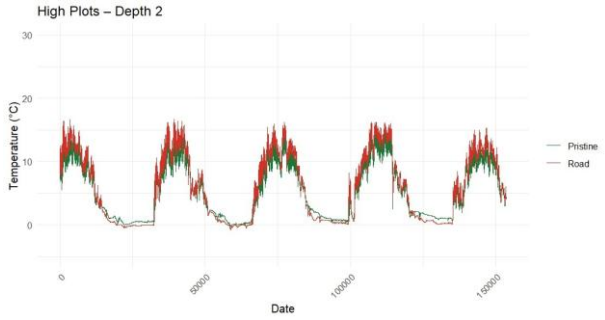
Rychleji až na vrchol

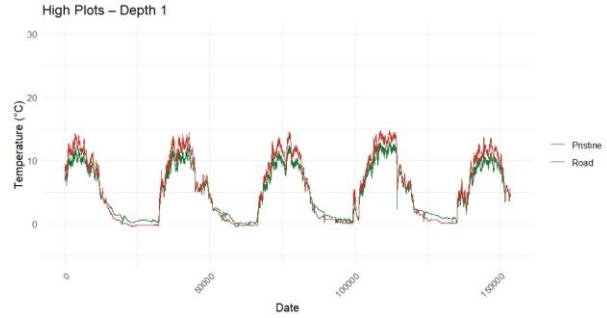
Silnice jako mikroklimatické koridory – příklady

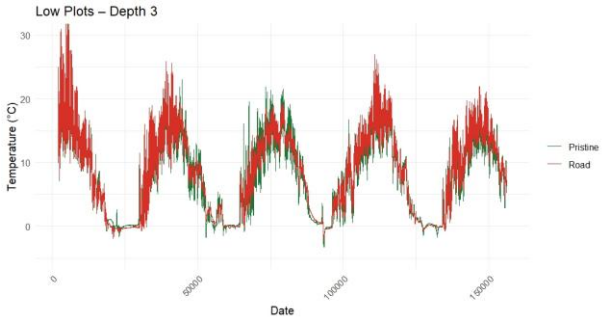
1400 m n. m.

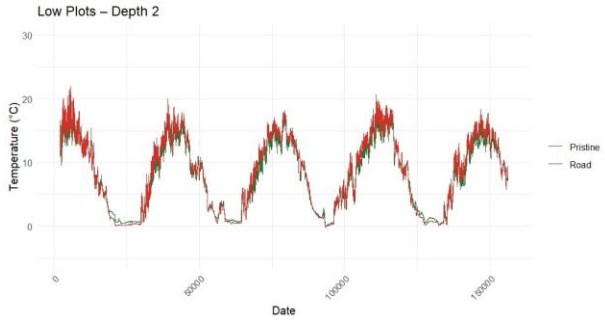
500 m n. m.

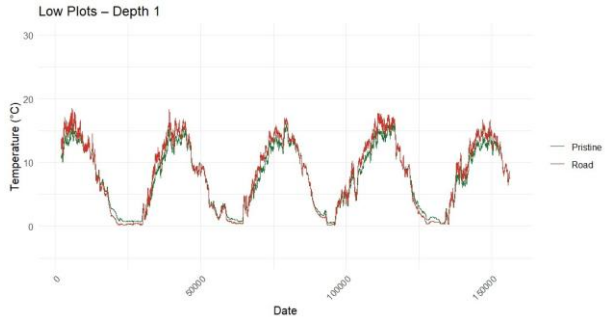












0 cm → **16 cm**

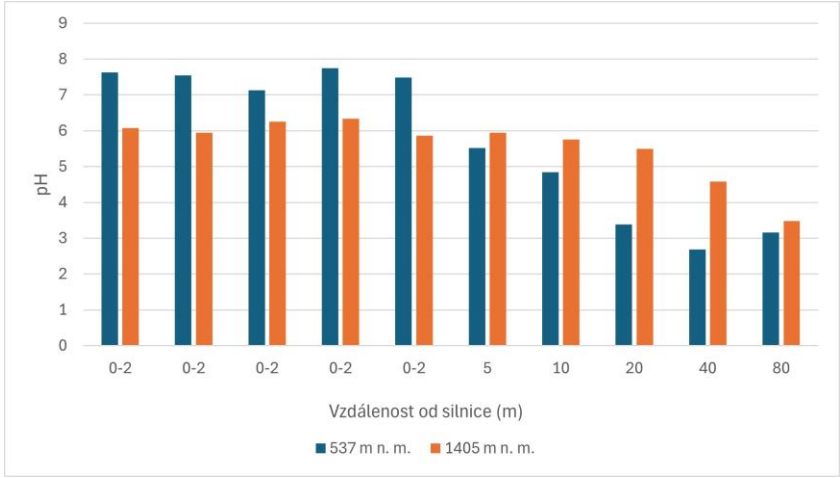
Hloubka půdy

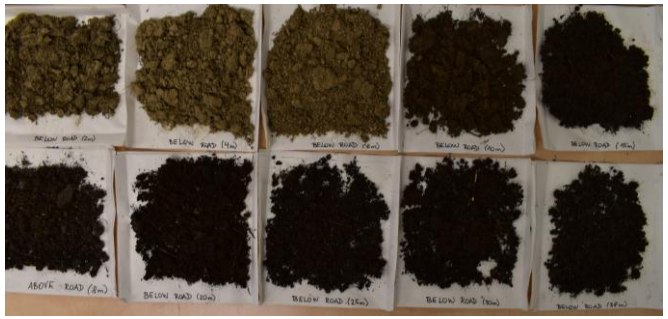
Rychleji až na vrchol

Silniční krajnice jako habitat pro nepůvodní druhy

Stanovištní podmínky na krajnicích umožňují nepůvodním druhům přežívat a rozmnožovat se i mimo své přirozené výškové optimum a postupně se adaptovat na probíhající klimatickou změnu

- **Změněné mikroklima**
- **Disturbance –** sečení, zimní údržba (pluhování a posyp), mechanické narušování ➞ *vznik otevřených nik s nízkou konkurencí*
- **Změněné půdní podmínky** – klíčový je nárůst pH a s tím související zásah do hlavních půdních procesů ➞ *kritický je cyklus dusíku*, který je v horských společenstvech často limitujícím prvkem
- **Šíření diaspor** – liniový charakter silnic *podporuje konektivitu* krajiny *a šíření diaspor* mezi habitaty, opakovaný přísun diaspor



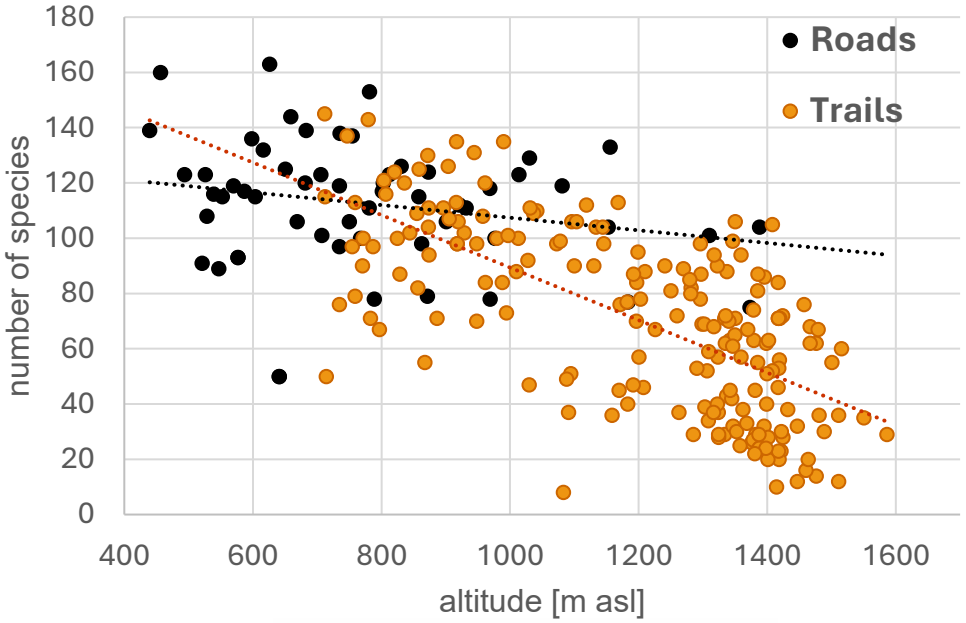


Výhoda pro nepůvodní druhy (často generalisti) ➞ **vznik lemových porostů podél komunikací**

Rychleji až na vrchol

Lemové porosty

- **V nižších nadmořských výškách** dominují pěstované nepůvodní druhy, ruderální a luční druhy, jednoleté druhy sešlapávaných stanovišť a lesní druhy.
- **V tundře** tvoří luční a ruderální druhy 13 %, druhy lesních okrajů, pasek a sešlapávaných půd 25 %.
- Počet druhů podél silnic zůstává podobný, zatímco na okrajích turistických stezek výrazně klesá s rostoucí nadmořskou výškou.



Rychleji až na vrchol

Ovlivnění horských společenstev

- Invaze a expanze v horských ekosystémech nemění jen druhové složení rostlinných společenstev, ale **narušují** také **interakce** mezi druhy, což vede ke **zjednodušení struktury** kontaktních společenstev, jejich **homogenizaci** a **snížené stabilitě.** Výsledkem je zvýhodnění **generalistů a ruderálních druhů.**

- **Podobný trend je patrný i v půdním prostředí**, kde dochází k narušení symbiotických sítí a zjednodušení mykorhizních vztahů.

Rychleji až na vrchol

Krkonoše/Karkonosze, zapojení v globálních sítích

LTER-CZ
Czech Long-term Ecosystem Research Network

Arctic-alpine tundra

DOI: 10.1002/ece3.8590

RESEARCH ARTICLE

Ecology and Evolution WILEY

Think globally, measure locally: The MIREN standardized protocol for monitoring plant species distributions along elevation gradients

Received: 26 May 2023 | Revised: 16 February 2024 | Accepted: 6 March 2024

DOI: 10.1111/geb.13834

PERSPECTIVE

Global Ecology and Biogeography WILEY

Microclimate, an important part of ecology and biogeography

Global Ecology and Biogeography

WILEY

Global Ecology and Biogeography

RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

Beyond the Trail—Understanding Non-Native Plant Invasions in Mountain Ecosystems

Global Ecology and Biogeography

WILEY

Global Ecology and Biogeography

RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

Global Homogenisation of Plant Communities Along Mountain Roads by Non-Native Species Despite Mixed Effects at Smaller Scales

nature

Explore content ∨ About the journal ∨ Publish with us ∨

nature › articles › article

Article | Open access | Published: 02 April 2025

Global impoverishment of natural vegetation revealed by dark diversity

Molecular Ecology

WILEY

MOLECULAR ECOLOGY

ORIGINAL ARTICLE

Road Disturbance Shifts Root Fungal Symbiont Types and Reduces the Connectivity of Plant-Fungal Co-Occurrence Networks in Mountains

ASICS
cold environment invasions

SoilTemp

Rychleji až na vrchol

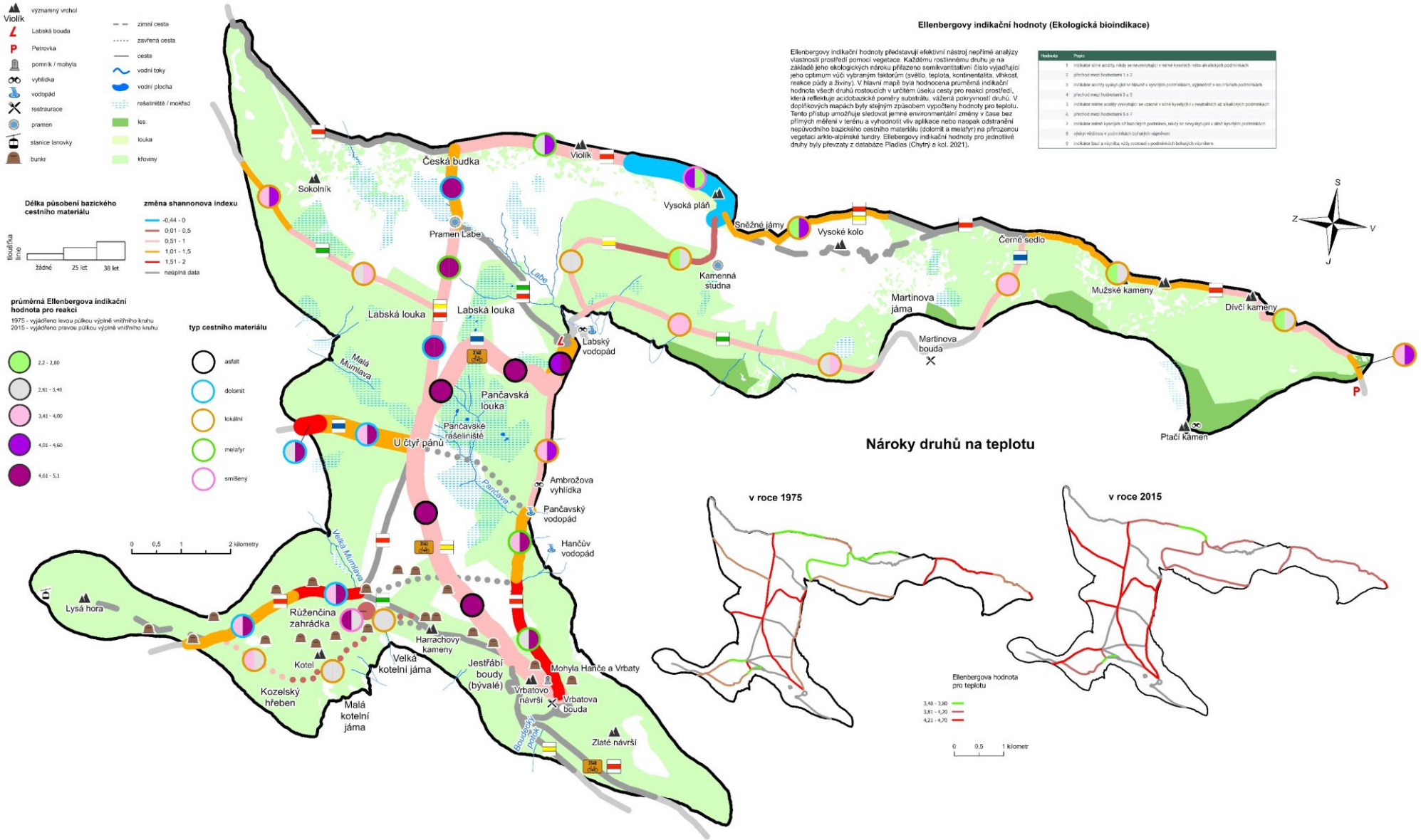
Využití rostlinných indikátorů místo terénních měření

- Rostliny fungují jako **přirozené indikátory podmínek prostředí.**
- Zkušený botanik dokáže podle druhové kombinace určit vlastnosti stanoviště i bez přímých terénních měření.
- Podobně vznikly **Ellenbergovské indikační hodnoty (www.pladias.cz)**, které stanovují optimum daného druhu pro teplotu, obsah živin, vlhkost, půdní reakci, světlo a kontinentalitu.
- Druhy jako **kopretina, jahodník, černohlávek nebo jetel** do arkto-alpínské tundry nepatří, jsou to indikátory mírného tepla s optimem výskytu v podhorských oblastech, přesto tu tvoří velké populace

➞ důkaz zvýšení teploty v cestních lemech.

- Toho využijeme při typologii cestních lemů, využitelné Správou KRNAP pro managementové zásahy.

Cestní lemy v západních Krkonoších



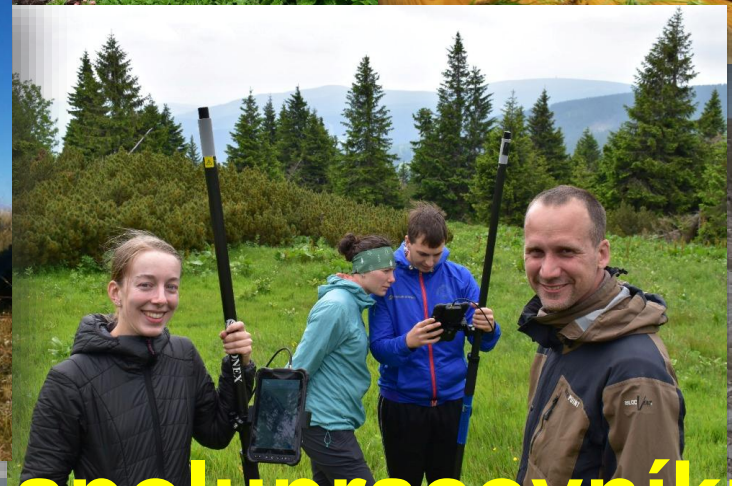
Vojtěch VÍTEK, Sekce Geografie, PřF UK, Praha 2026

Mapa vznikla v rámci projektu TAČR SQ02010073
Cestní lemy v západních Krkonoších
Zobrazení: S_JTSK_Krovak_East_North
Software: ArcGIS Pro 3.6.3

Rychleji až na vrchol

Inovativní metoda monitoringu

- **Mobilní kamerový systém CamAlien**, instalovaný na vozidle
- Kontinuální snímání vegetace
- Maximální rychlost **130 km/h** pro ostré snímky (10 snímků/s)
- **Automatická identifikace cílových druhů** pomocí Pl@ntNet (Francie) a Plant.id (Česká republika)
- Vestavěný systém **automaticky odstraňuje citlivé objekty**, jako jsou lidé nebo vozidla.
- Testujeme různé světelné podmínky, šířku silnice/cesty, povrchový materiál, kvalitu GPS signálu atd. Plánujeme pořídit ca milion snímků/1 500 km jízdy.



Děkujeme za pozornost a pomoc všem terénním spolupracovníkům

Výzkum je podpořen dlouhodobým projektem Akademie věd RVO 67985939 a projekty TAČR SS07020317 a SQ02010073.