



SS02030018 Centrum pro krajinu a biodiverzitu

WP B1 Odezva lesních ekosystémů na změnu klimatu

WA B1.2 Odezva na sucho a lesní mikroklima

Lesní mikroklima – odchylky mikroklimatu od makroklimatu

SS02030018-V16

Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna, Lucia Hederová, Tereza Klinerová, Jiří Prošek,

Anna Růžičková, Jan Wild a Martin Kopecký

Botanický ústav AV ČR

2025

**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 www.mzp.cz

LESNÍ MIKROKLIMA – ODCHYLKY MIKROKLIMATU OD MAKROKLIMATU

SS02030018-V16

Specializovaná mapa s odborným obsahem

1. ÚVOD

Klima je klíčovým faktorem prostředí, jehož charakter je výrazně závislý na prostorovém měřítku. Většina dosud v ekologii i v oblasti životního prostředí užívaných klimatických dat a modelů popisovala klima na větších prostorových škálách jednotek až stovek kilometrů, označované jako mezo- a makroklima. V posledních desetiletích ale celá řada studií poukázala na význam lokálních klimatických podmínek v řádu jednotek až desítek metrů, které označujeme jako mikroklima (Haesen et al., 2023; Klinges et al., 2024).

Mikroklimatické podmínky představují nejbližší environmentální rámec, ve kterém organismy skutečně žijí. Ve srovnání s makro- a mezoklimatem vykazují výrazně jemnější prostorovou variabilitu, kterou určují drobné odlišnosti v reliéfu, hydrologii, pokryvu vegetace či hustotě osídlení (Geiger et al., 2009). Tyto rozdíly mohou být řádově větší než meziroční fluktuace makroklimatu a mají bezprostřední vliv na distribuci druhů, jejich fyziologii i dynamiku populací. Organismy často reagují právě na mikroklimatické podmínky, nikoli na makroklimatické průměry.

Díky velké prostorové variabilitě může mikroklima výrazně modifikovat dopady klimatické změny (Ashcroft et al., 2009; Maclean & Early, 2023). Vytváří například mikrorefugia schopná dočasně zmírnit teplotní a vlhkostní extrémy a umožnit přežívání druhů citlivých na změny klimatu. Znalost mikroklimatické struktury krajiny je proto důležitým nástrojem pro interpretaci i predikci dopadů klimatických změn a plánování adaptačních opatření.

Spolehlivé mikroklimatické mapy ale byly dlouhou dobu nedostupné, především díky chybějícím mikroklimatickým měřením. To se naštěstí v poslední době mění s rozvojem cenově dostupných a dostatečně spolehlivých datalogerů (např. Wild et al., 2019).

Tento výstup vznikl díky rozsáhlému souboru in situ měření na celém území ČR s důrazem na lesní porosty, které jednak výrazně modifikují mikroklima, a zároveň prakticky nejsou pokryty standardním meteorologickým sledováním. Data jsou dostupná díky rozsáhlé síti mikroklimatických měření Oddělením geoekologie Botanického ústavu AV ČR, v. v. i. Menší část mikroklimatických dat pak byla poskytnuta Oddělením „PRALESY“ VÚK.

Pro širší možnosti využití výstupů a zároveň zohlednění širšího klimatického rámce prezentujeme mikroklima jako odchylku od makroklimatu reprezentovaném standardní reanalýzou ERA5-Land (Muñoz-Sabater et al., 2021). Do prostoru jsou tyto odchylky statisticky modelovány s využitím topografických parametrů a charakteristik vegetačního pokryvu. Výsledkem je soubor map ve vysokém rozlišení (10 m) znázorňující lokální měsíční odchylky minimální, maximální a průměrné teploty vzduchu ve dvou metrech nad zemí.

2. VSTUPNÍ DATA

2.1. Makroklima

Jako zdroj standardizovaných klimatických dat zachycujících velkoplošnou variabilitu teplot ovlivněných regionální cirkulací vzdušných mas, vlastnostmi zemského povrchu a časoprostorovou dynamikou klimatu, jsme zvolili globální klimatickou reanalýzu ERA5-Land (Muñoz-Sabater et al., 2021). ERA5-Land představuje současný standard v oblasti klimatických reanalýz a poskytuje plošná data o rozličných meteorologických proměnných v hodinovém rozlišení a v prostorovém rozlišení 9 km. ERA5-Land v současnosti poskytuje hodinová data od roku 1950 do současnosti (data jsou pravidelně aktualizována).

Pro účely mikroklimatického modelování jsme nejprve z hodinových dat o teplotě vzduchu ve výšce 2 m nad zemským povrchem z ERA5-Land vypočetli denní maximum, minimum a průměrnou teplotu a následně tato denní data agregovali do měsíčních průměrů pro všechny měsíce, ve kterých probíhalo terénní mikroklimatické měření (2018-2024).

V dalším kroku jsme měsíční teploty z ERA5-Land prostorově zjemnili (downscalovali) na 10m prostorové rozlišení se zohledněním adiabatického teplotního gradientu. Pro účely downscalingu byl adiabatický teplotní gradient pro každý měsíc a teplotní proměnnou empiricky odvozen násobnou regresí mezi teplotou, nadmořskou výškou příslušné buňky gridu ERA5-Land a druhým polynomem geografických souřadnic. Teploty v ERA5-Land gridu přepočtené k hladině moře pomocí empirické lapse rate byly následně interpolovány do jemného 10m rozlišení kubickou spline interpolací a poté korigovány součinitelem lokální lapse rate a nadmořské výšky z jemného 10m digitálního modelu terénu.

Takto agregovaná a následně downscalovaná makroklimatická data byla použita k výpočtu odchylek mezi regionálním makroklimatem a lokálním mikroklimatem (Tab. 2), přičemž jako zdroj údajů o lokálním mikroklimatu jsme využili jak naše vlastní standardizovaná mikroklimatická měření, tak souběžná měření na meteorologických stanicích spravovaných Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ; Obr. 1). Zatímco naše vlastní měření poskytla především podrobné údaje o mikroklimatu v lesních porostech, měření na stanicích ČHMÚ poskytují údaje o teplotách jak ve volné krajině mimo les, tak v intravilánu obcí a měst. Kombinací obou zdrojů jsme tak byli schopni kvantifikovat a následně prostorově modelovat efekt mikroklimatu,

tedy teplotních odchylek mezi regionálním makroklimatem a lokálním mikroklimatem.

2.2. In situ měření

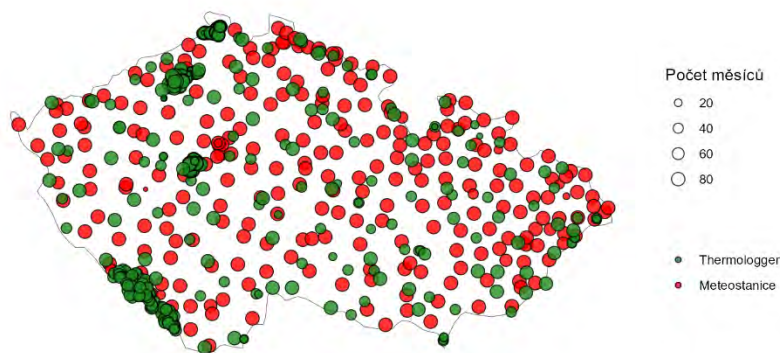
Lokální klimatické podmínky jsou založené na *in situ* měření teplot vzduchu ve 2 m nad zemí v období 2018–2024. Vstupní teplotní data kombinují dva typy měření – mikroklimatická měření zachycující teploty především v lesních porostech a standardní staniční měření poskytující údaje o teplotách mimo les (Obr. 1). Lesní mikroklima bylo měřeno s využitím Thermologgerů firmy Tomst s. r. o. instalovaných zpravidla na severní straně kmene stromů, stíněných jednovrstvým plastovým krytem. Každý Tomst Thermologger je vybaven teplotním senzorem DS7505U+, který má rozlišení 0,0625 °C a deklarovanou přesnost 0,5 °C.

Tabulka 1. Počty lokalit použitých pro mikroklimatické modelování v jednotlivých letech. Lokality s Thermologgerem jsou spravovány Botanickým ústavem AV ČR. Meteorologické stanice jsou ve správě ČHMÚ.

Rok	Thermologger	Meteostanice
2018	161	241
2019	363	247
2020	447	250
2021	463	251
2022	485	255
2023	512	256
2024	528	257

Staniční měření vychází ze standardních meteorologických stanic poskytovaných v rámci otevřených dat ČHMÚ (<https://opendata.chmi.cz>). Počet lokalit osazených Thermologgerem a stanic ČHMÚ s dostupnými daty v daném roce uvádí Tab. 1 a jejich prostorové rozmístění pak Obr. 1.

Měřená klimatická data byla zpracována pomocí knihovny *myClim* v programu R (Man et al., 2023). Mikroklimatické teploty byly zaznamenávány v 15minutovém intervalu. V případě jednotlivých chybějících nebo chybných měření byla data doplněna lineární interpolací mezi nejbližšími záznamy. V případě delší řady chybných dat nebo chybějících měření, byla chybná data odstraněna nebo datové body ponechány bez záznamu. Data byla následně agregována na měsíční hodnoty, a to pouze v případě, že daný měsíc obsahoval kompletní měření. Data z meteorologických stanic jsou standartně poskytována v 10minutovém intervalu a byla procesována a agregována na měsíční obdobně stejným způsobem jako mikroklimatická data. Data z mikroklimatických stanic za období, kdy se stav porostu oproti referenčnímu období pro charakterizaci porostů (tj. 2019–2021) významně změnil, např. nově vzniklé paseky, nebyla v modelu použita.



Obrázek 1. Geografické pokrytí meteorologických (červeně) a mikroklimatických (zeleně) stanic v rámci území ČR. Velikost bodů odpovídá počtu měsíců měření v referenčním období 2018-2024.

Pro každý měsíc v období leden 2018 až prosinec 2024 byly odvozeny následující klimatické proměnné:

- průměrná denní teplota (T_{mean}),
- průměrná minimální denní teplota (T_{min}),
- průměrná maximální denní teplota (T_{max}).

Tabulka 2. Přehled základních statistik pro pozorované měsíční rozdíly (offsety) staničních měření vůči makroklimatu dle downscalované reanalýzy ERA5-Land. Hodnoty jsou v Kelvinech.

Offset	Typ	Průměr	Směrodatná odchylka	Minimum	Maximum
T_{max}	Meteostanice	-0,15	1,45	-6,26	8,02
T_{max}	Thermologger	0,76	0,80	-3,11	3,77
T_{max}	vše	0,24	1,29	-6,26	8,02
T_{mean}	Meteostanice	-0,60	0,89	-5,68	2,40
T_{mean}	Thermologger	-0,18	0,69	-3,77	2,75
T_{mean}	vše	-0,42	0,84	-5,68	2,75
T_{min}	Meteostanice	-0,59	1,41	-8,8	3,43
T_{min}	Thermologger	-1,00	1,40	-8,57	4,02
T_{min}	vše	-0,77	1,43	-8,8	4,02

2.3. Topografické parametry

Topografické parametry byly odvozeny z digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G), z otevřených dat ČÚZK. Tato data jsou poskytována v podobě bodového mračna triangulované nepravidelné sítě. Pro vytvoření spojitého rastru modelu terénu jsme proto použili interpolaci pomocí Delaunay triangulace z R knihovny *lidR* 4.2.2. a následným vyplněním zbývajících děr hodnotami z okolí pomocí iterativní hladké, plošné interpolace (SAGA GIS 9.8.0 nástroj *Close gaps*). Bodová výšková data DMR 5G nepokrývají vodní plochy, výsledné hodnoty topografických parametrů v těchto plochách tudíž mohou být ovlivněny chybami interpolace. Proto je ve finálních produktech postavených na DMR 5G zpravidla filtrujeme. Výsledný digitální model reliéfu a všechny od něj odvozené produkty mají rozlišení 10 m, což je přijatelný kompromis mezi výpočetní náročností práce s těmito daty a dostatečným prostorovým rozlišením pro většinu biologických aplikací. Transformace zdrojových dat DMR 5G do referenčního systému WGS84-UTM33N (EPSG:32633) s rozlišením 10 m byla provedeno pomocí B-spline interpolace v geoinformačním softwaru SAGA 9.8.0 (Conrad et al., 2015). Referenční systém WGS84-UTM33N byl zvolen zejména kvůli nízké odchylce od geografického severu (na rozdíl od S-JTSK) a přijatelné míře zkreslení vzdáleností, úhlů a ploch pro topografické analýzy.

Sklon svahu (*Slope*)

Charakterizuje svažitost terénu v úhlových stupních. Vstupuje dále do výpočtu vlhkostních parametrů, ovlivňuje iradianci. Byl vypočten devítiprvkovou metodou druhé mocniny podle (Zevenbergen and Thorne, 1987).

Orientace svahu (Aspect)

Charakterizuje orientaci svahu ve stupních. Ovlivňuje iradianci či expozici svahu vůči větru a srážkám. Orientace byla vypočtena planární metodou.

Podíl viditelné oblohy (Sky view factor)

Reprezentuje zastínění části nebeské sféry okolním terénem. To je důležitý faktor pro tepelnou výměnu daného místa, ovlivňující zejména množství dopadajícího a odcházejícího záření. Byla použita metoda výpočtu podle Böhner & Antonić (2009). Pro reprezentaci celého kruhu rozhledu bylo použito 32 směrů, což představuje kompromis mezi dostatečným úhlovým rozlišením a přijatelnou výpočetní náročností. Zastínění oblohy okolním terénem bylo uvažováno v okruhu 10 km.

Topografický vlhkostní index (SAGA wetness index)

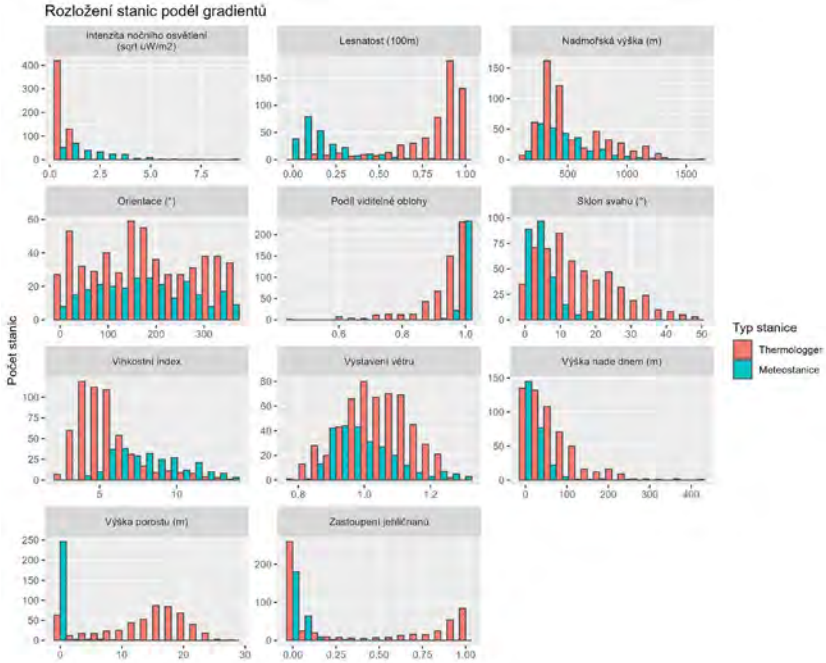
Bezrozměrný index vyjadřující potenciální vlhkost daného stanoviště. Kombinuje odtokové poměry (sklon svahu) a specifickou plochu povodí. Zde použitá modifikace (SAGA wetness index) využívá iterativně modifikované plochy povodí, která lépe zohledňuje blízkost hladiny podzemní vody v okolí vodních toků a terénních depresích. Pomocí tohoto indexu lze také aproximovat natékání a hromadění chladného vzduchu. Index byl vypočten z hydrologicky korektního modelu terénu, korigovaného hybridním algoritmem kombinujícím vyplnění jednopixelových bezodtokých oblastí a vytvoření kanálů odvodňujících bezodtoké oblasti (Whitebox Tools 2.4.0, nástroj Breach Depressions Least Cost, Lindsay & Dhun, 2015). V případě velkých umělých bezodtokých oblastí (lomů) byl model terénu v nejnižším místě deprese perforován nahrazením jedné buňky hodnotou NA. To omezilo vznik velmi hlubokých kanálů nepřírodně odvodňujících tyto oblasti.

Výška nade dnem údolí (Vertical distance to channel network)

Rozdíl mezi nadmořskou výškou dané buňky a vyhlazeným povrchem interpolovaným z nadmořské výšky údolnic pomocí B-spline. Slouží především jako proxy pro natékání studeného vzduchu a termálně optimálních pozic na svazích. Pro účely modelu byly hodnoty odmocninově transformovány.

Index exponovanosti stanoviště (Wind exposition)

Relativní index exponovanosti stanoviště. Index zohledňuje relativní pozici vůči širokému okolí (10 km) a určuje, nakolik je dané místo ventilované.



Obrázek 2. Rozložení stanic podél gradientů topografických a vegetačních proměnných použitých ve finálním modelu. In situ měření v porostech (Thermologger) zachycuje širší škálu topografických podmínek než síť staničních měření ČHMU.

Tabulka 3. Topografické proměnné vstupující do finálních modelů mikroklimatických offsetů. Rozsah hodnot představuje rozsah hodnot pokrytých in situ měřením.

Proměnná	Jednotky	Rozsah hodnot
Sklon svahu	stupně	0,1° až 49,0°
Orientace svahu	stupně	0° až 360°
Podíl viditelné oblohy		0,45 až 1,00
Topografický vlhkostní index		2,45 až 15,67
Výška nade dnem údolí	m	0 m až 416,7 m
Index exponovanosti stanoviště		0,78 až 1,31

2.4. Charakteristiky vegetačního pokryvu

Model výšky porostu

Jako primární zdroj informace o výšce porostu jsme použili Globální Model Výšky Porostu Meta-WRI (Tolan et al., 2024). Tento produkt poskytuje konzistentní informaci o výšce porostu v rozlišení 1 m a je založen na analýze Maxar satelitních snímků z let 2018–2020 pomocí metod strojového učení trénovaných na bodových údajích získaných pomocí laserového skenování povrchu v rámci kosmické mise GEDI. Pro účely mikroklimatického modelování jsme Globální Model Výšky Porostu Meta-WRI převedli z originálního rozlišení 1 m na rozlišení 10 m pomocí výpočtu lokální střední hodnoty (mediánu) a následně jsme vypočetli i Gaussovsky filtrovanou výšku porostu s poloměrem filtru $\sigma = 20$ m.

Globální Model Výšky Porostu Meta-WRI jsme zvolili jako v současnosti nejpřesnější zdroj informací o lokální výšce porostu v ČR, protože:

- 1) národní model výšky porostu založený na datech laserového skenování zachycuje stav porostů zhruba v letech 2009–2013, a neodráží tedy stav porostů v době mikroklimatických měření;
- 2) národní modely výšky porostu založené na fotogrammetrické analýze leteckých snímků pořizovaných ČUZK sice zachycují recentní stav porostů, ale nezanedbatelná část území byla snímkována v období před olistěním opadavých druhů stromů. Ve výsledném produktu jsou proto výšky listnatých porostů silně zkreslené, navíc zkreslení není prostorově konzistentní. Další velkou nevýhodou fotogrammetrických produktů je neschopnost odlišit povrch vegetace od jiných povrchů, takže ve výsledném produktu jsou zahrnuty i rozličné nevegetační objekty (např. budovy, vedení vysokého napětí, balíky slámy, dobytek na pastvě);
- 3) na rozdíl od ostatních globálních produktů (např. Lang et al., 2023). Globální Model Výšky Porostu Meta-WRI zachycuje mnohem lépe výšky v lokálně prosvětlených a disturbovaných porostech a dobře zachycuje i rozptýlenou zeleň (Moudrý et al., 2024).

V určitých oblastech (zejm. Beskydy, Pošumaví) jsme detekovali anomálie u Globálního Modelu Výšky Porostu Meta-WRI, pravděpodobně způsobené oblačností v použité scéně. Tato místa jsme detekovali podle významného rozdílu výšek porostu vůči fotogrammetrickému modelu (výška porostu < 5 m u Globálního modelu a zároveň > 10 m u fotogrammetrického modelu).

Z detekovaných rozdílů jsme pro potlačení šumu vyloučili plochy menší než 0,5 ha a zjevně nevegetační objekty. Chybějící výšku porostů na zbývajících plochách jsme nahradili hodnotami z fotogrammetrického modelu založeném na leteckém snímkování v letech 2019–2020, korigovaných lineární regresní

závislostí (s nulovým průsečíkem) mezi výškami porostů v Globálním Modelu Výšky Porostu Meta-WRI a fotogrammetrickém modelu. Pro zajištění plynulého přechodu mezi těmito produkty jsme použili prostorové váhy v přechodové zóně o šířce 30 m.

Lesnatost

Pro účely prostorového modelování mikroklimatu jsme z modelu výšky porostu vypočetli pro každou buňku rastru zastoupení lesa v okolí aplikací Gaussovského filtru o poloměru 50 a 100 m na binárně klasifikovaný model výšky porostu s prahovou hodnotou 2 m.

Zastoupení jehličnanů

Zastoupení jehličnanů (stálezelených dřevin) jsme odvodili z prostorově-časové variability normalizovaného diferenčního vegetačního indexu (NDVI), odvozeného z multispektrálních snímků Sentinel-2 v rozlišení 10 m.

Analýza pokrývala období 2019–2021 a byla omezena na území ČR. Využili jsme produkt odrazivosti povrchu (COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED) s atmosférickou korekcí poskytovanou Evropskou vesmírnou agenturou (ESA) bez dalších dodatečných atmosférických korekcí (Level 2A). Pro další zpracování byly ponechány pouze pixely s pravděpodobností oblačnosti menší než 25 % a bez okrajových artefaktů.

Pro každou validní scénu Sentinel-2 jsme vypočetli NDVI a následně jsme časovou řadu agregovali do dvou sezónních kompozit pro každý rok pomocí mediánu všech dostupných pozorování v dané sezóně:

- 1) letní sezónu zahrnující všechny snímky od května do září a
- 2) zimní sezónu zahrnující všechny snímky od října do dubna následujícího roku. Veškeré zpracování a agregace satelitních dat probíhaly v prostředí Google Earth Engine.

Rozdíl letního a zimního NDVI ($NDVI_{dif}$) byl transformován pomocí logistické funkce na jednotkovou škálu, aproximující zastoupení jehličnanů v pixelu:

$$\text{zastoupení jehličnanů} = \frac{1}{1 + e^{-k(NDVI_{dif} - \theta)}}$$

kde $NDVI_{dif}$ je rozdíl mediánů letního a zimního NDVI pro období 2019–2021; parametr $k = 30$; parametr θ , určující pozici inflexního bodu, byl stanoven na základě automatického prahování (algoritmus Otsu) histogramu $NDVI_{dif}$ pro lesní porosty jako $\theta = -0,199$. Hodnotám pro bezlesí (výška porostu < 2 m) byla vždy přiřazena nulová hodnota. Nakonec byla vrstva jehličnatosti vyhlazena gaussovským filtrem ($\sigma = 20$ m).

2.5. Ostatní

Intenzita nočního osvětlení (*night lights*)

Intenzita nočního záření ze satelitních dat (VIIRS senzor družic NASA/NOAA) byla použita k aproximaci tepelného ostrovu městských aglomerací. Do modelu mikroklimatických offsetů vstupovala odmocninově transformovaná hodnota.

Proměnná	Jednotky	Rozsah hodnot
Intenzita nočního osvětlení	nW/cm ² /rok	0,3 až 82,3

3. MODELOVÁNÍ MIKROKLIMATU

3.1. Popis modelu

K predikci mikroklimatických efektů, definovaných jako odchylky měřených měsíčních hodnot od hodnot downscalované reanalýzy ERA5-Land, byl použit zobecněný aditivní model (Generalized Additive Model, GAM) implementovaný ve funkci `bam()` z balíčku `mgcv` v prostředí R, který umožňuje odhadnout nelineární vztahy mezi proměnnými, přičemž optimalizuje složitost křivky závislosti tak, aby nedošlo k přetrénování modelu. Závislou proměnnou byla mikroklimatická odchylka pro jednotlivé klimatické proměnné (průměrná, minimální a maximální teplota), vždy modelovaná samostatně.

Ačkoliv byl adiabatický teplotní gradient zohledněn již při downscalingu makroklimatických dat z ERA5-Land, reálný adiabatický gradient se může mírně lišit od hodnoty odvozené z dat ERA5-Land. Z tohoto důvodu jsme v modelu zahrnuli nadmořskou výšku v interakci s měsícem roku jako jeden z prediktorů.

Vliv expozice svahu byl v modelu zachycen hladkým členem pro sklon svahu, cyklického hladkého efektu orientace svahu (0–360°), jejich vzájemnou interakci a vzájemnou interakci s měsícem roku.

Efekty vegetačního krytu byly modelovány pomocí hladkých členů pro výšku porostu, podíl lesa v okolí a zastoupení jehličnanů v lesním porostu, jejich interakci s měsícem roku a vzájemnou interakci mezi výškou porostu a zastoupením jehličnanů.

Ostatní mikroklimatické efekty (topografický vlhkostní index, výška nade dnem údolí, městský tepelný ostrov) byly modelovány pomocí hladkých členů umožňujících zachytit spojitě nelineární závislosti. Výška nad údolím a městský tepelný ostrov byly odmocninově transformovány pro zlepšení normality reziduí.

Sezónní variabilita mikroklimatických efektů byla modelována přidáním interakčního členu s cyklickým efektem měsíce, který zachovává spojitost efektů mezi prosincem a lednem.

Model předpokládal normální rozdělení chyb s náhodným efektem lokality a měsíce. Selektce proměnných byla realizována pomocí dvojité penalizace hladkých členů, která parametricky omezuje nadměrnou složitost modelu a umožňuje redukci nelineárních hladkých členů na lineární závislosti, nebo jejich

úplnou eliminaci (Marra & Wood, 2011). Vzhledem k časové autokorelaci mezi jednotlivými měsíčními pozorováními byla modelová penalizace posílena pomocí modelového parametru gamma o hodnotě 20, odpovídající průměrnému počtu unikátních měsíčních pozorování z jedné stanice za období 2018–2024.

Pro omezení vlivu prostorové autokorelace byly jednotlivým lokalitám přiřazeny váhy odvozené z jádrového odhadu prostorové hustoty bodů. Pro každý kalendářní měsíc byly vypočteny vzájemné eukleidovské vzdálenosti mezi lokalitami obsahujícími data a na jejich základě byla odhadnuta lokální hustota pomocí Gaussovského jádra s šířkou pásma $\sigma = 2,5$ km. Váha každého bodu byla definována jako převrácená hodnota této hustoty, takže vliv jednotlivých bodů v prostorově hustých shlucích byl v modelu potlačen, zatímco prostorově izolované lokality získaly v modelu vyšší váhu.

Výrazně penalizované členy plného modelu (empirický počet stupňů volnosti $< 0,5$ pro hlavní efekty a $< 1,5$ pro interakční členy) a statisticky neprůkazné členy modelu ($p > 0,05$) byly z modelu odstraněny a následně byl finální model refitován s redukováným souborem prediktorů a bez dvojité penalizace hladkých členů.

3.2. Validace modelu

Predikční schopnost finálního modelu byla kvantifikována pomocí 10násobné prostorové blokové křížové validace a jako ukazatel kvality predikce byl použit kořen střední kvadratické chyby (root mean squared error, RMSE). Pro prostorovou validaci byla zájmová oblast rozdělena na bloky pravidelnou hexagonální sítí se vzdáleností mezi středy hexagonů 30 km. Následně byla trénovací data rozdělena dle příslušnosti k jednotlivým blokům na deset náhodných skupin. V každém kroku křížové validace byla jedna skupina lokalit vyloučena z trénování modelu pro ověření predikční schopnosti modelu v prostoru. Výsledné RMSE modelu bylo spočteno jako:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

kde y_i je pozorovaná hodnota a $\hat{y}_i$ je predikovaná hodnota. Zjištěné hodnoty RMSE modelu pro jednotlivé klimatické ukazatele jsou následující:

■ **RMSE $T_{\max} = 0,90$ °C**

■ **RMSE $T_{\text{mean}} = 0,58$ °C**

■ **RMSE $T_{\min} = 1,01$ °C**

Pro finální model jsme dále spočetli adjustovaný koeficient determinace (adj. R^2):

■ **adj. $R^2 T_{\max} = 0,713$**

■ **adj. $R^2 T_{\text{mean}} = 0,712$**

■ **adj. $R^2 T_{\min} = 0,822$**

Dosažené hodnoty RMSE a R^2 dokazují velmi dobré predikční výsledky modelu, překonávající dostupné mikroklimatické modely ForestTemp s RMSE = 1,19 °C (Haesen et al. 2021) či Global Soil Bioclimatic variables at 30 arc second resolution s RMSE = 2,2 °C (Lembrechts et al. 2022).

3.3. Prostorová predikce

Empirické vztahy pro mikroklimatické offsety vůči ERA5-Land pro každý měsíc byly použity k prostorové predikci. Predikce odráží průměrné měsíční offsety za referenční období 2018–2024, přičemž vegetační pokryv zachycuje stav k období 2019–2021.

Prostorové predikce byly vypočteny v prostředí R 4.4.3 pomocí knihovny terra 1.8, která umožňuje numerické výstupy GAM modelů aplikovat na rastrová data a vytvořit tak prostorově spojitou predikce. Kvůli vysoké výpočetní náročnosti byla predikce aplikována paralelně v bezešvé síti menších čtverců (30 × 30 km). Každý čtverec obsahoval všechny vstupní prediktory. Jednotlivé dílčí predikce byly následně slícovány do spojitě mapy, pokrývající celé území ČR.

Výsledné rastrové mapy teplotních offsetů byly uloženy ve formátu GeoTIFF optimalizovaný pro cloudové zpracování (COG-compatible) jako 32bitové reálné číslo s efektivní LERC ZSTD kompresí s maximální povolenou odchylkou hodnot do 0,005 °C.

Příklad výsledné prostorové predikce ukazuje Obr. 3 a vybrané mapy jsou součástí Přílohy 1. Rozsah hodnot a základní statistické charakteristiky teplotních odchylek v jednotlivých měsících pak shrnují Tab. 4–6.

Formát dat: GeoTIFF (cloud optimized, deflate bezztrátová komprese)

Datový typ: 32bitové reálné číslo (Float32)
 Projekce: WGS84-UTM33N (EPSG: 32633)
 Prostorové rozlišení: 10 × 10 m (50674 × 29349 px)
 Geografické pokrytí: celé území ČR
 Referenční období: 2018–2024 (klimatická data), 2019–2021 (vegetační pokryv)

*Tabulka 4. Souhrnné statistiky hodnot rastrů offsetů pro průměrnou denní teplotu.
 Q1 = 1. kvartil; Q3 = 3 kvartil.*

Měsíc	Offset	Min	Q1	Medián	Průměr	Q3	Max
1	T _{mean}	-3,13	-0,12	-0,01	-0,01	0,11	1,20
2	T _{mean}	-3,16	-0,06	0,08	0,09	0,23	1,46
3	T _{mean}	-3,46	-0,16	0,05	0,06	0,27	1,92
4	T _{mean}	-3,74	-0,30	-0,05	-0,05	0,21	2,15
5	T _{mean}	-3,86	-0,42	-0,19	-0,19	0,07	1,94
6	T _{mean}	-3,94	-0,57	-0,35	-0,35	-0,11	1,75
7	T _{mean}	-4,13	-0,76	-0,52	-0,52	-0,27	1,56
8	T _{mean}	-4,39	-0,93	-0,67	-0,66	-0,38	1,48
9	T _{mean}	-4,46	-0,96	-0,70	-0,69	-0,40	1,42
10	T _{mean}	-4,11	-0,75	-0,53	-0,53	-0,28	1,24
11	T _{mean}	-3,54	-0,40	-0,25	-0,25	-0,09	1,11
12	T _{mean}	-3,13	-0,12	-0,01	-0,01	0,11	1,20

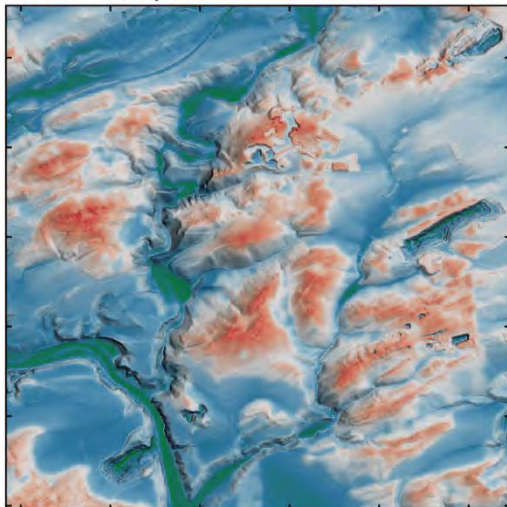
Tabulka 5. Souhrnné statistiky hodnot rastrů offsetů pro průměrnou maximální denní teplotu.

Měsíc	Offset	Min	Q1	Median	Průměr	Q3	Max
1	T _{max}	-5,94	-0,43	0,16	-0,09	0,30	1,45
2	T _{max}	-5,68	-0,11	0,32	0,12	0,49	1,67
3	T _{max}	-5,34	0,19	0,66	0,46	0,88	2,11
4	T _{max}	-4,93	0,50	0,99	0,80	1,25	2,46
5	T _{max}	-4,55	0,72	1,22	1,04	1,49	2,67
6	T _{max}	-4,87	0,78	1,36	1,12	1,59	2,90
7	T _{max}	-5,17	0,62	1,31	1,02	1,55	2,95
8	T _{max}	-5,39	0,23	1,07	0,75	1,35	2,56
9	T _{max}	-5,67	-0,16	0,75	0,41	1,06	2,26
10	T _{max}	-6,02	-0,43	0,44	0,11	0,70	1,89
11	T _{max}	-6,07	-0,54	0,22	-0,09	0,40	1,56
12	T _{max}	-5,94	-0,43	0,16	-0,09	0,30	1,45

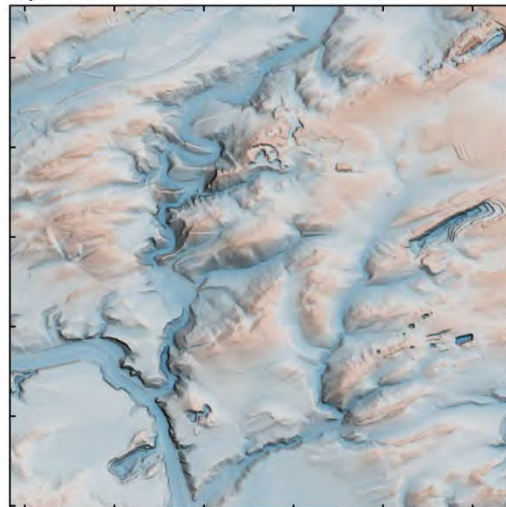
Tabulka 6. Souhrnné statistiky hodnot rastrů offsetů pro průměrnou minimální denní teplotu.

Měsíc	Offset	Min	Q1	Medián	Průměr	Q3	Max
1	T _{min}	-2,34	-0,54	-0,20	-0,14	0,21	3,66
2	T _{min}	-2,60	-0,57	-0,16	-0,11	0,30	3,89
3	T _{min}	-3,52	-0,98	-0,43	-0,36	0,18	4,16
4	T _{min}	-4,39	-1,47	-0,83	-0,74	-0,09	4,28
5	T _{min}	-4,84	-1,86	-1,21	-1,10	-0,44	4,21
6	T _{min}	-5,05	-2,17	-1,54	-1,41	-0,77	4,00
7	T _{min}	-5,28	-2,41	-1,77	-1,64	-0,99	3,71
8	T _{min}	-5,46	-2,51	-1,85	-1,71	-1,04	3,43
9	T _{min}	-5,22	-2,34	-1,68	-1,56	-0,89	3,24
10	T _{min}	-4,28	-1,77	-1,21	-1,11	-0,55	3,21
11	T _{min}	-3,04	-1,03	-0,62	-0,54	-0,12	3,34
12	T _{min}	-2,34	-0,54	-0,20	-0,14	0,21	3,66

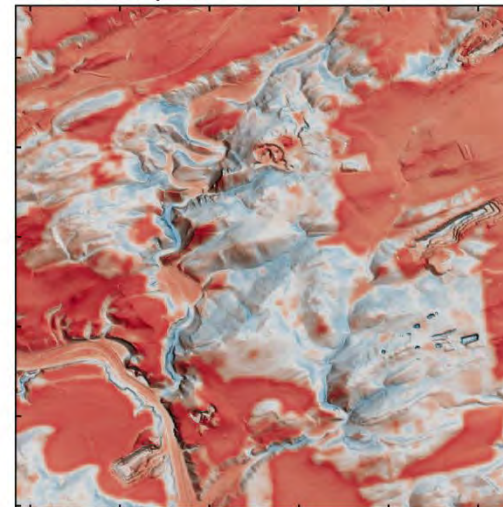
Průměrná minimální denní
červnová teplota



Průměrná denní červnová
teplota



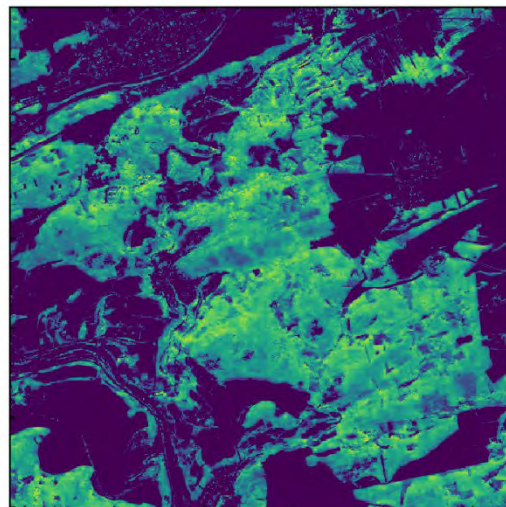
Průměrná maximální denní
červnová teplota



Ortofoto (ČÚZK)



Výška porostu



LEGENDA

Odchylka mikroklimatu k makroklimatu



-3,5°C

+3,5°C

Výška porostu



0

29

0 1 000 2 000 m

WGS 84 / UTM zone 33N



Obrázek 3. Ukázka prostorové predikce odchylek mikroklimatu od makroklimatu v 10 m rozlišení na příkladu okolí obce Svätý Jan pod Skalou v CHKO Český Kras (horní řada; zleva pro minimální, průměrnou a maximální červnovou teplotu; odchylky jsou promítnuty přes stínovaný reliéf terénu). Spodní řada zobrazuje ortofoto a výšku porostu pro srovnání. Mikroklimatické mapy zřetelně zachycují natékání studeného vzduchu do terénních depresí ovlivňující minimální teploty, pufrující efekt lesního krytu, či vliv expozice svahů na maximální teploty.

4. DOPORUČENÍ K VYUŽITÍ DAT

Výsledné mapové vrstvy představují celkový očekávaný mikroklimatický efekt vegetačního krytu, topografie a městských tepelných ostrovů vůči makroklimatu přepočtenému k dané elevaci pro jednotlivé měsíce roku, přičemž vegetační efekty odráží stav vegetace kolem roku 2020.

Pro absolutní hodnotu dané mikroklimatické veličiny pro konkrétní období je třeba přičíst hodnotu offsetu k reanalýze ERA5-Land pro dané období prostorově zjemněné (downscalované) na 10 m rozlišení s korekcí adiabatického teplotního gradientu, např. pomocí SAGA GIS nástroje Lapse Rate Based Temperature Downscaling. Tento postup umožňuje získat podrobné mikroklimatické mapy pro jakýkoli měsíc v rámci období dostupného v klimatické reanalýze ERA5-Land. Např. pokud downscalovaná ERA5-Land udává pro danou buňku průměrnou teplotu v daném měsíci 10 °C a v mapě offsetu je hodnota -1,5 °C, očekávaná mikroklimatická teplota je cca 8,5 °C.

Nicméně je třeba zdůraznit, že mikroklimatické efekty zahrnuté v modelu odrážejí stav vegetace kolem roku 2020 a s narůstajícím časovým odstupem od tohoto období budou výsledné mapy zatíženy větší mírou nejistoty v závislosti na dynamice lesních porostů.

V případě použití jiné klimatologie než reanalýzy ERA5-Land je třeba analogicky provést downscaling na 10 m rozlišení mikroklimatického gridu včetně adiabatické korekce a následně přičíst mikroklimatický offset. Takový postup je však problematický, protože rozdílné klimatologické modely mohou odlišně postihovat některé jevy – např. denní amplitudu teplot, či mezoklimatické efekty vegetačního krytu a městských tepelných ostrovů, což může vést k systematickým odchylkám, protože model mikroklimatických offsetů byl trénován výhradně vůči hodnotám odvozeným z ERA5-Land.

5. REFERENCE

Ashcroft, M.B., Chisholm, L. A. & French, K.O. (2009) Climate change at the landscape scale: predicting fine-grained spatial heterogeneity in warming and potential refugia for vegetation. *Global Change Biology* 15: 656–667. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01762.x>

Böhner, J., & AntoniĆ, O. (2009). Land-surface parameters specific to topoclimatology. In T. Hengl & H. I. Reuter (Eds.), *Geomorphometry: Concepts, software, applications* (Vol. 33, pp. 195–226). Elsevier.

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., & Böhner, J. (2015). System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geoscientific Model Development*, 8(7), 1991–2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>

Copernicus Climate Change Service (C3S)(2019): ERA5-Land hourly data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>

Český úřad zeměměřický a katastrální. INSPIRE téma Vodstvo – Fyzické vody (HY_P) [datová sada]. Verze dat 18. 5. 2023. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2023 [cit. 29. 11. 2025]. Dostupné z: https://cuzk.cz/CZ-00025712-CUZK_HY

Geiger, R., Aron, R., & Todhunter, P. (2009). *The climate near the ground*, 7th ed. Rowman & Littlefield.

Haesen S., Lembrechts J.J., De Frenne P., Lenoir J., Aalto J., Ashcroft M.B., Kopecký M., Luoto M., Maclean I., Nijs I., Niittynen P., Hoogen J., Arriga N., Brůna J., Buchmann N., Čiliak M., Collalti A., De Lombaerde E., Descombes P., Gharun M., Goded I., Govaert S., Greiser C., Grelle A., Gruening C., Hederová L., Hylander K., Kreyling J., Kruijt B., Macek M., Máliš F., Man M., Manca G., Matula R., Meeussen C., Merinero S., Minerbi S., Montagnani L., Muffler L., Ogaya R., Penuelas J., Plichta R., Portillo-Estrada M., Schmeddes J., Shekhar A., Spicher F., Ujházyová M., Vangansbeke P., Weigel R., Wild J., Zellweger F. & Van Meerbeek K. (2021) ForestTemp – Sub-canopy microclimate temperatures of European forests. *Global Change Biology* 27: 6307–6319. <https://doi.org/10.1111/gcb.15892>

Haesen, S., Lenoir, J., Gril, E., De Frenne, P., Lembrechts, J. J., Kopecký, M., Macek, M., Man, M., Wild, J., & Van Meerbeek, K. (2023). Microclimate reveals the true thermal niche of forest plant species. *Ecology Letters*, 26(12), 2043–2055. <https://doi.org/10.1111/ele.14312>

Klinges, D. H., Baecher, J. A., Lembrechts, J. J., Maclean, I. M. D., Lenoir, J., Greiser, C., Ashcroft, M., Evans, L. J., Kearney, M. R., Aalto, J., Barrio, I. C., De Frenne, P., Guillemot, J., Hylander, K., Jucker, T., Kopecký, M., Luoto, M., Macek, M., Nijs, I., ... Scheffers, B. R. (2024). Proximal microclimate: Moving beyond spatiotemporal resolution improves ecological predictions. *Global Ecology and Biogeography*, 33(9), e13884. <https://doi.org/10.1111/geb.13884>

Lang, N., Jetz, W., Schindler, K. & Wegner, J.D. (2023) a high-resolution canopy height model of the Earth. *Nature Ecology & Evolution* 7: 1778–1789. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02206-6>

Lembrechts J.J., et al. (2022) Global maps of soil temperature. *Global Change Biology* 28: 3110–3144. <https://doi.org/10.1111/gcb.16060>

Lindsay J, Dhun K. 2015. Modelling surface drainage patterns in altered landscapes using LiDAR. *International Journal of Geographical Information Science*, 29: 1-15. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.975715>

Maclean, I.M.D. & Early, R. (2023) Macroclimate data overestimate range shifts of plants in response to climate change. *Nature Climate Change* 13: 484–490. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01650-3>

Man, M., Kalčík, V., Macek, M., Brůna, J., Hederová, L., Wild, J. & Kopecký, M. (2023) myClim: Microclimate data handling and standardised analyses in R. *Methods in Ecology and Evolution* 14: 2308–2320. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14192>

Marra, G., & Wood, S. N. (2011). Practical variable selection for generalized additive models. *Computational Statistics & Data Analysis*, 55(7), 2372–2387. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2011.02.004>

Moudrý V., Gábor L., Marselis S., Pracná P., Barták V., Prošek J., Navrátilová B., Novotný J., Potůčková M., Gdulová K., Crespo-Peremarch P., Komárek J., Malavasi M., Rocchini D., Ruiz L.A., Torralba J., Torresani M., Cazzolla Gatti R. & Wild J. (2024) Comparison of three global canopy height

maps and their applicability to biodiversity modeling: Accuracy issues revealed. *Ecosphere* 15: <https://doi.org/10.1002/ecs2.70026>

Moudrý, V., Prošek, J., Marselis, S., Marešová, J., Šárovcová, E., Gdulová, K., Kozhoridze, G., Torresani, M., Rocchini, D., Eltner, A., Liu, X., Potůčková, M., Šedová, A., Crespo-Peremarch, P., Torralba, J., Ruiz, L. A., Perrone, M., Špatenková, O., & Wild, J. (2024). How to Find Accurate Terrain and Canopy Height GEDI Footprints in Temperate Forests and Grasslands? *Earth and Space Science*, 11(10), e2024EA003709. <https://doi.org/10.1029/2024EA003709>

Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H., Martens, B., Miralles, D. G., Piles, M., Rodríguez-Fernández, N. J., Zsoter, E., Buontempo, C., & Thépaut, J.-N. (2021). ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data*, 13(9), 4349–4383. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>

Tolan, J., Yang, H.-I., Nosarzewski, B., Couairon, G., Vo, H. V., Brandt, J., Spore, J., Majumdar, S., Haziza, D., Vamaraju, J., Moutakanni, T., Bojanowski, P., Johns, T., White, B., Tiecke, T., & Couprie, C. (2024). Very high resolution canopy height maps from RGB imagery using self-supervised vision transformer and convolutional decoder trained on aerial lidar. *Remote Sensing of Environment*, 300, 113888. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113888>

Wild, J., Kopecký, M., Macek, M., Šanda, M., Jankovec, J. & Haase, T. (2019) Climate at ecologically relevant scales: a new temperature and soil moisture logger for long-term microclimate measurement. *Agricultural and Forest Meteorology* 268: 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.12.018>

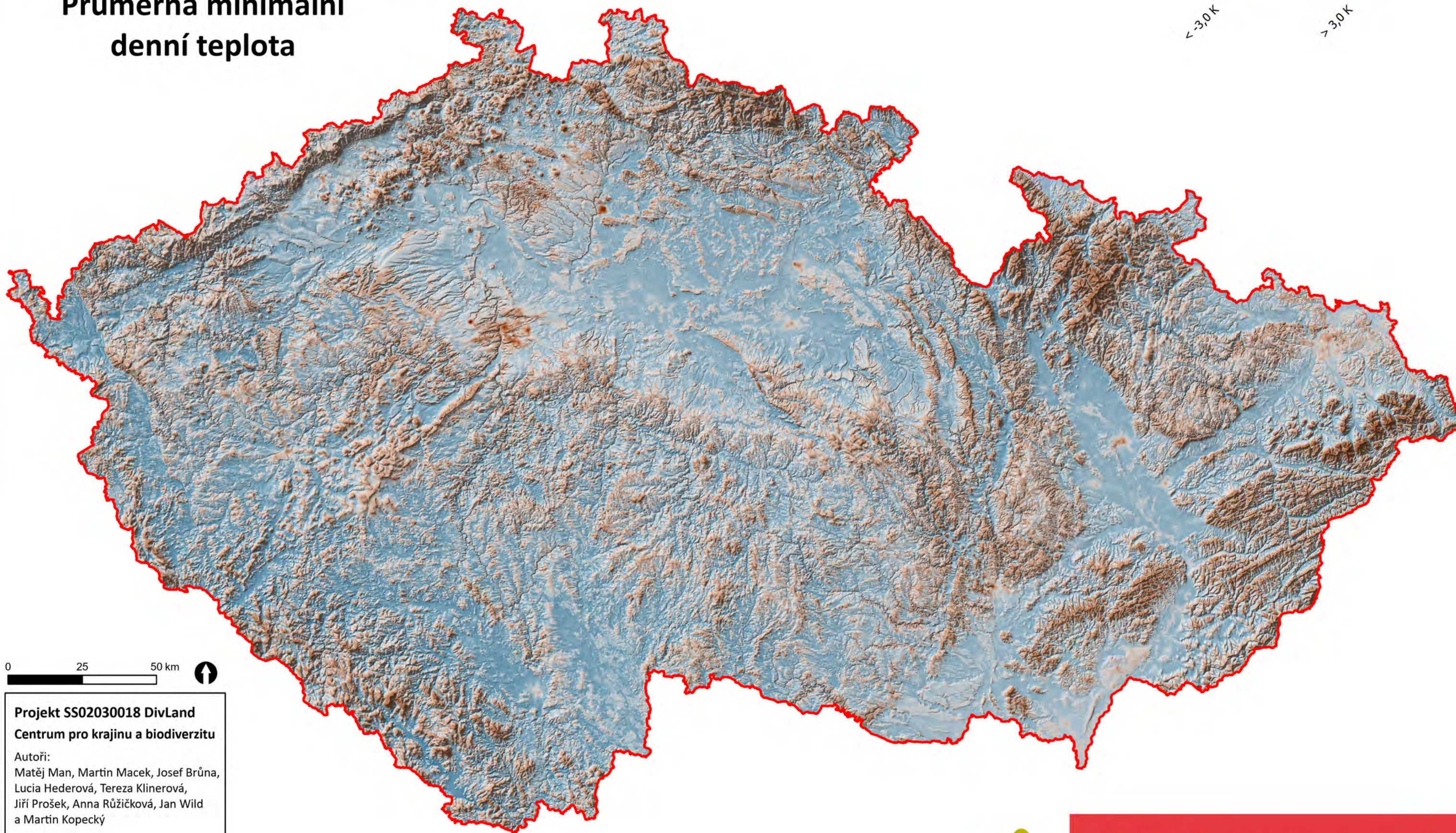
PŘÍLOHA 1

Mapy predikcí teplotních odchylek pro minimální, maximální a průměrnou denní teplotu pro vybrané měsíce leden, červen a říjen. Mapy pro všechny měsíce (36 mapových listů) jsou dostupné na geoportal.divland.cz. Pro snazší porovnání výstupů jsou teplotní odchylky na všech mapách prezentovány stejnou divergentní barevnou škálou o rozsahu ± 3 Kelvinů. Absolutní rozsah hodnot a další základní statistiky jednotlivých predikcí jsou uvedeny v Tabulkách 4–6 v základním textu.

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - leden

Průměrná minimální
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžicková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



T A
Č R

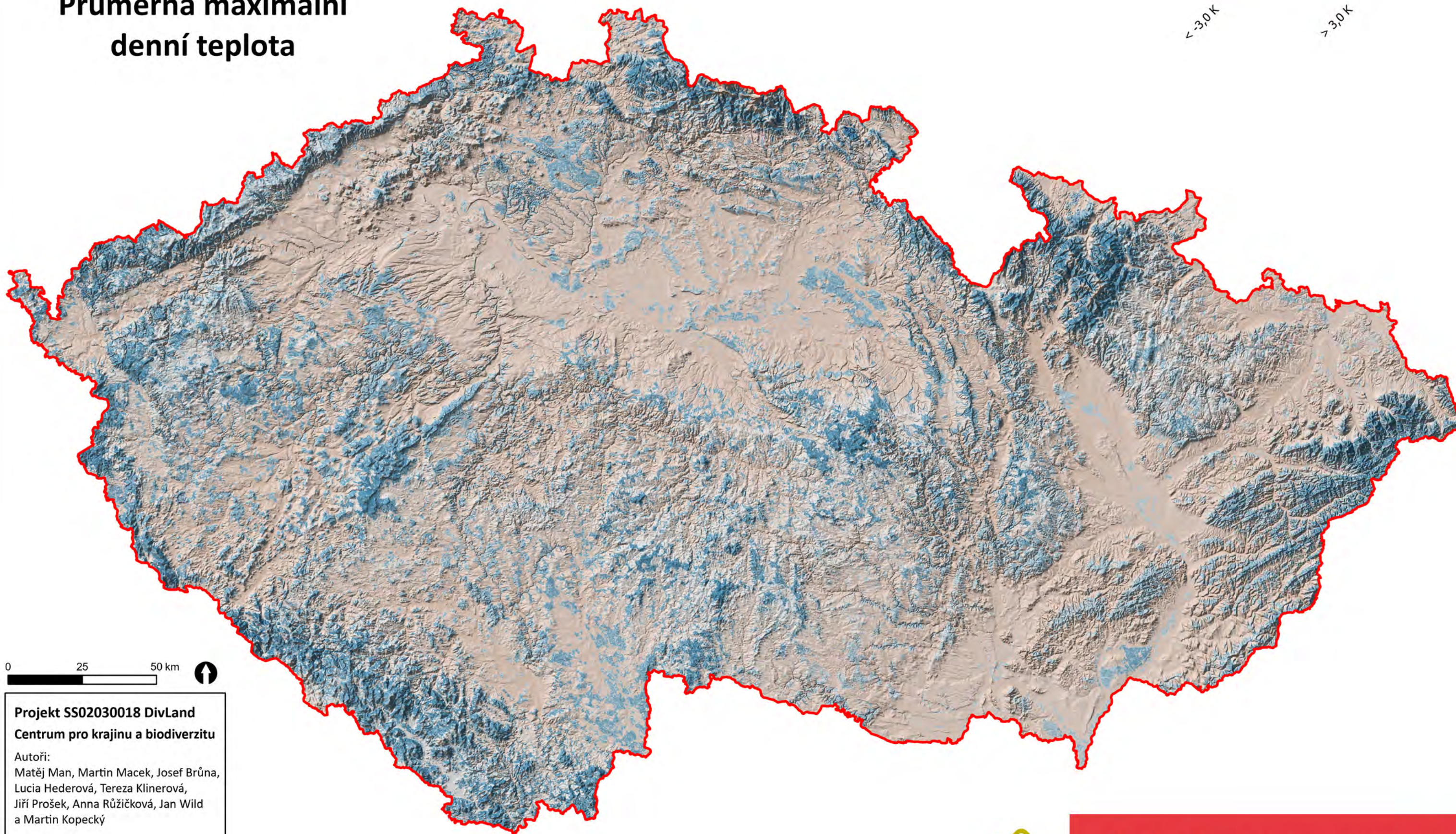
Tento projekt je spolufinancován se státní podporou
Technologické agentury ČR a Ministerstva životního
prostředí v rámci Programu Prostředí pro život.

www.ta.cz www.mzp.cz

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - leden

Průměrná maximální
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžicková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



T A
Č R

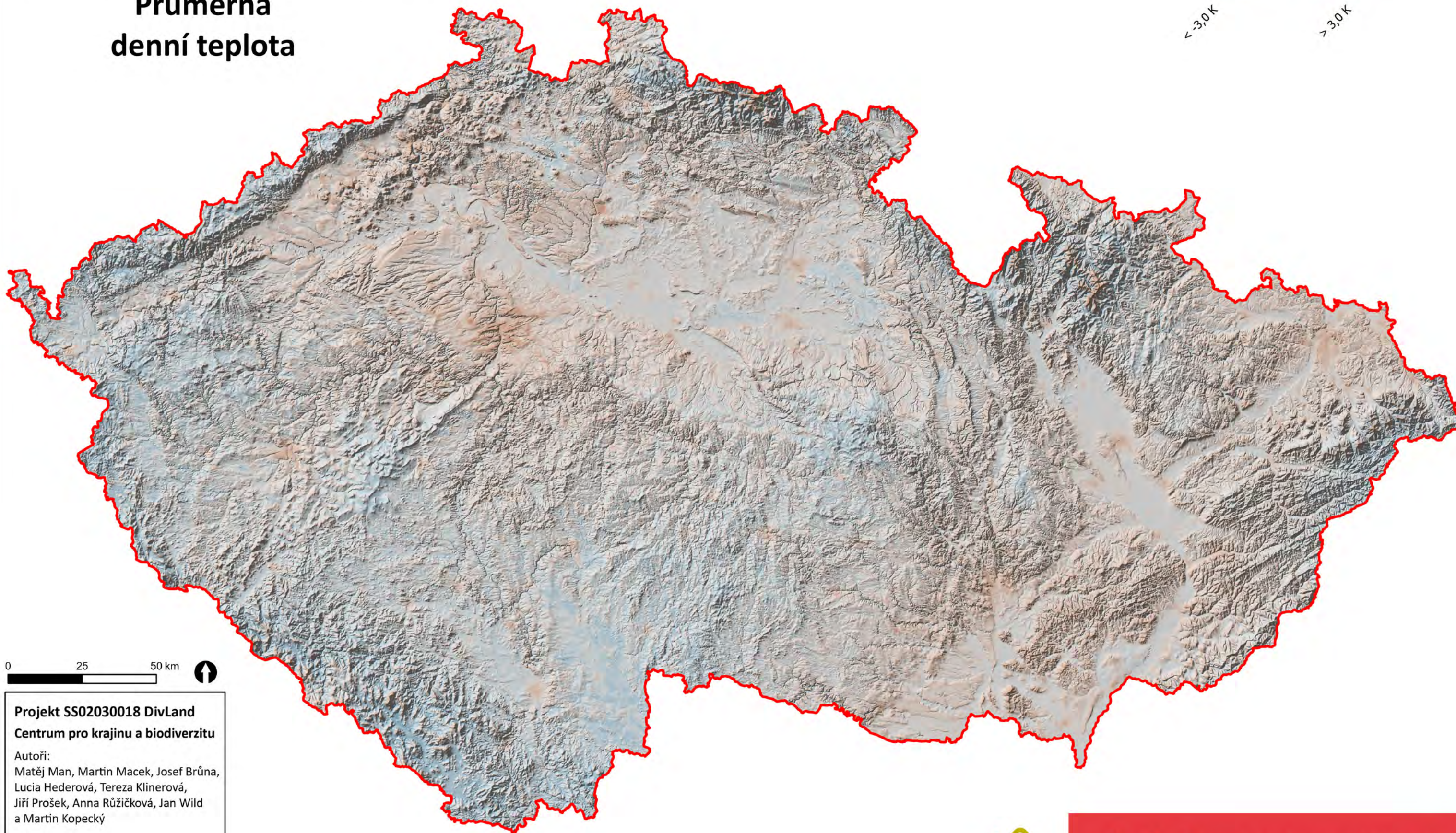
Tento projekt je spolufinancován se státní podporou
Technologické agentury ČR a Ministerstva životního
prostředí v rámci Programu Prostředí pro život.

www.ta.cz www.mzp.cz

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - leden

Průměrná
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžičková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



T A
Č R

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

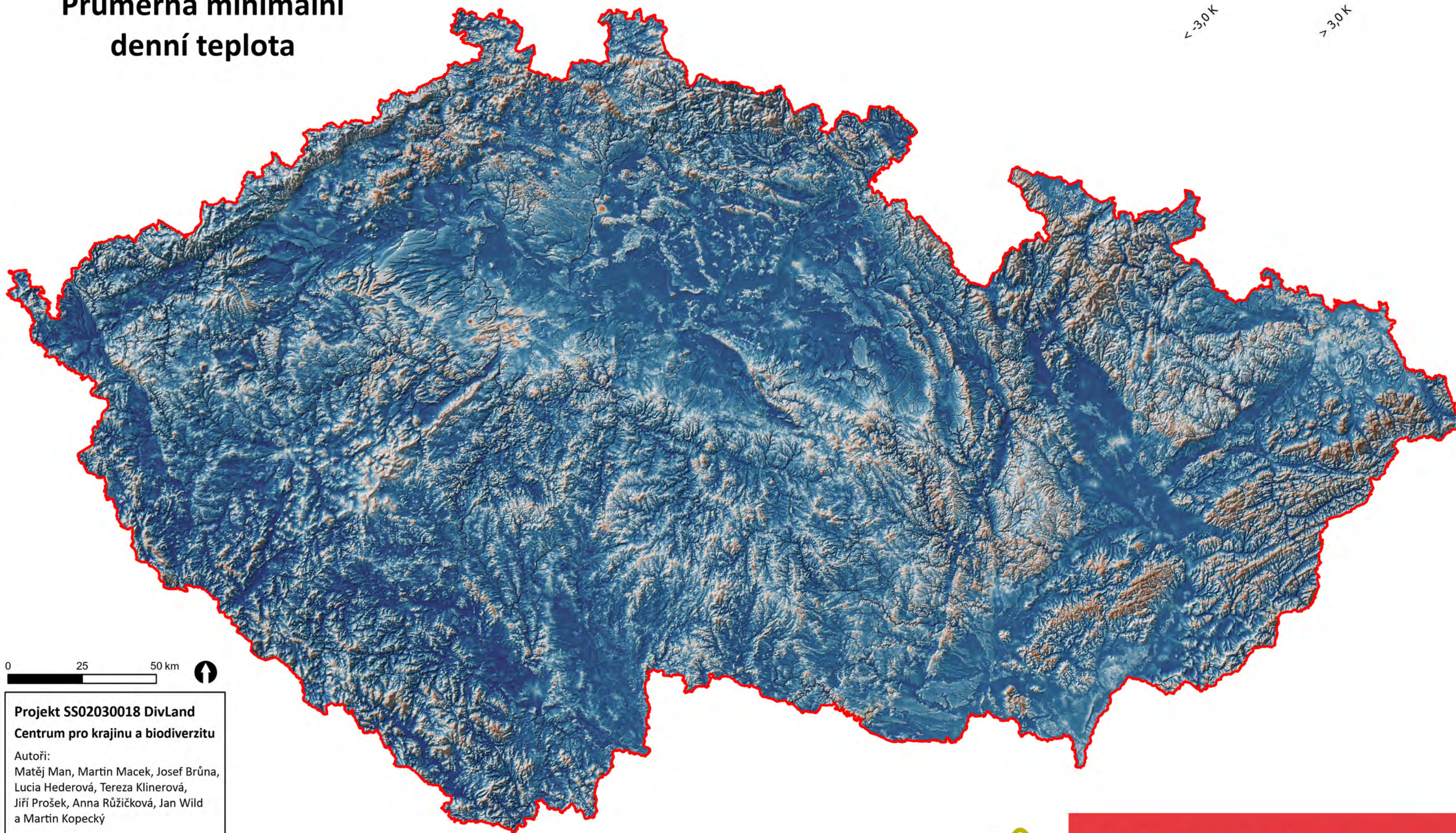
www.ta.cz

www.mzp.cz

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - červen

Průměrná minimální
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžicková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



T A
Č R

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

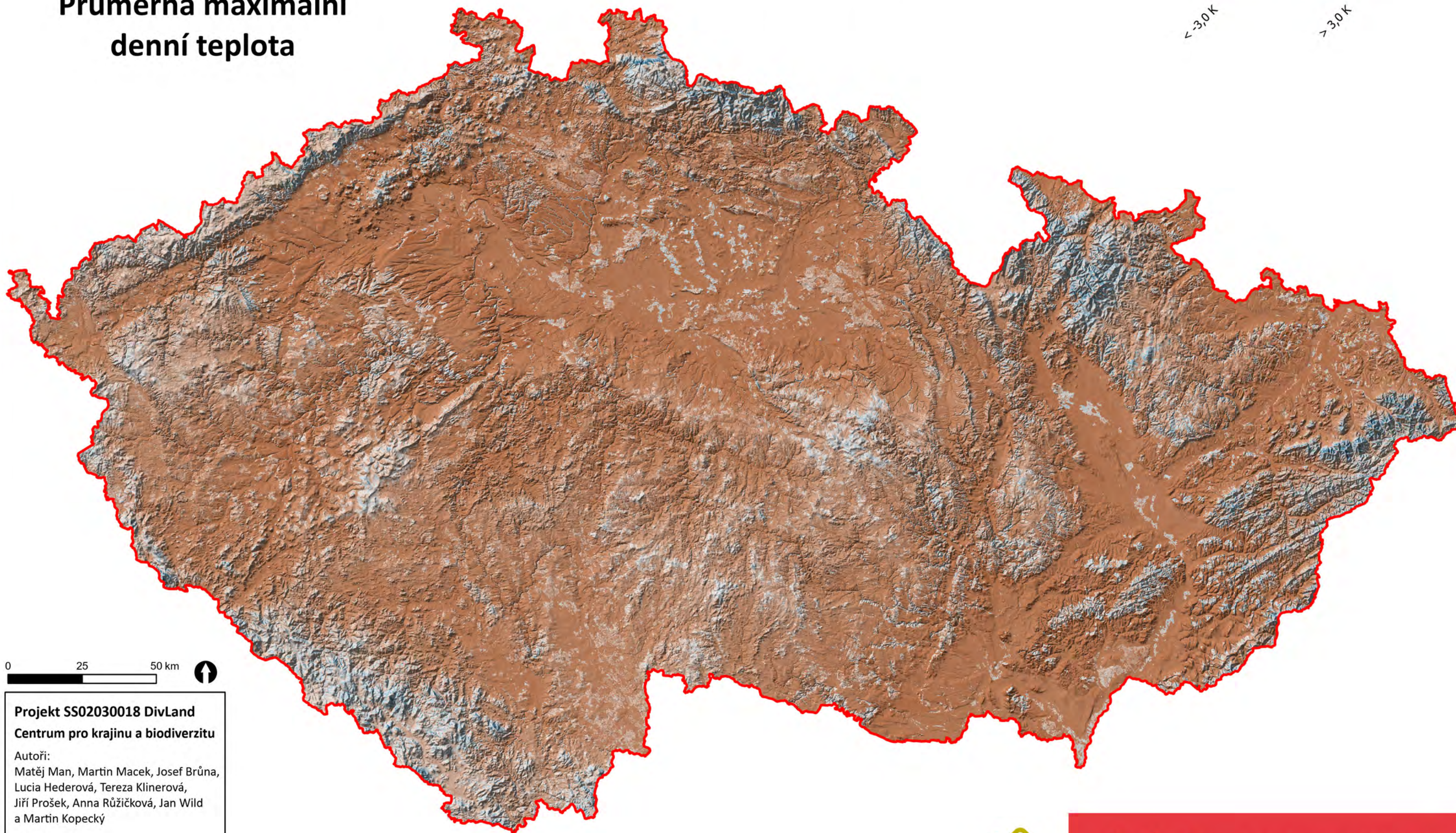
www.ta.cz

www.mzp.cz

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - červen

Průměrná maximální
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžičková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



T A
Č R

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

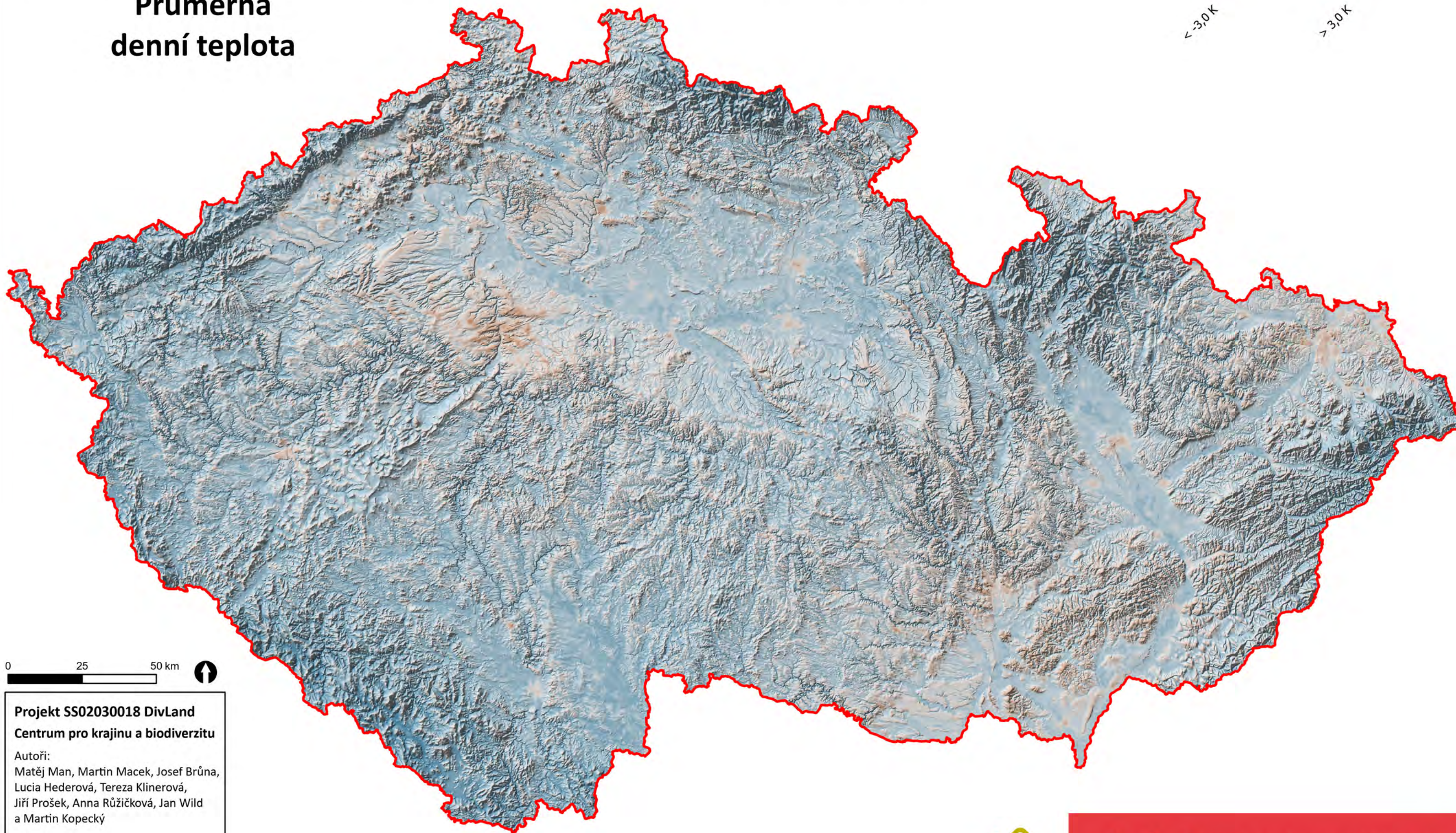
www.ta.cz

www.mzp.cz

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - červen

Průměrná
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžicková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



T A
Č R

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

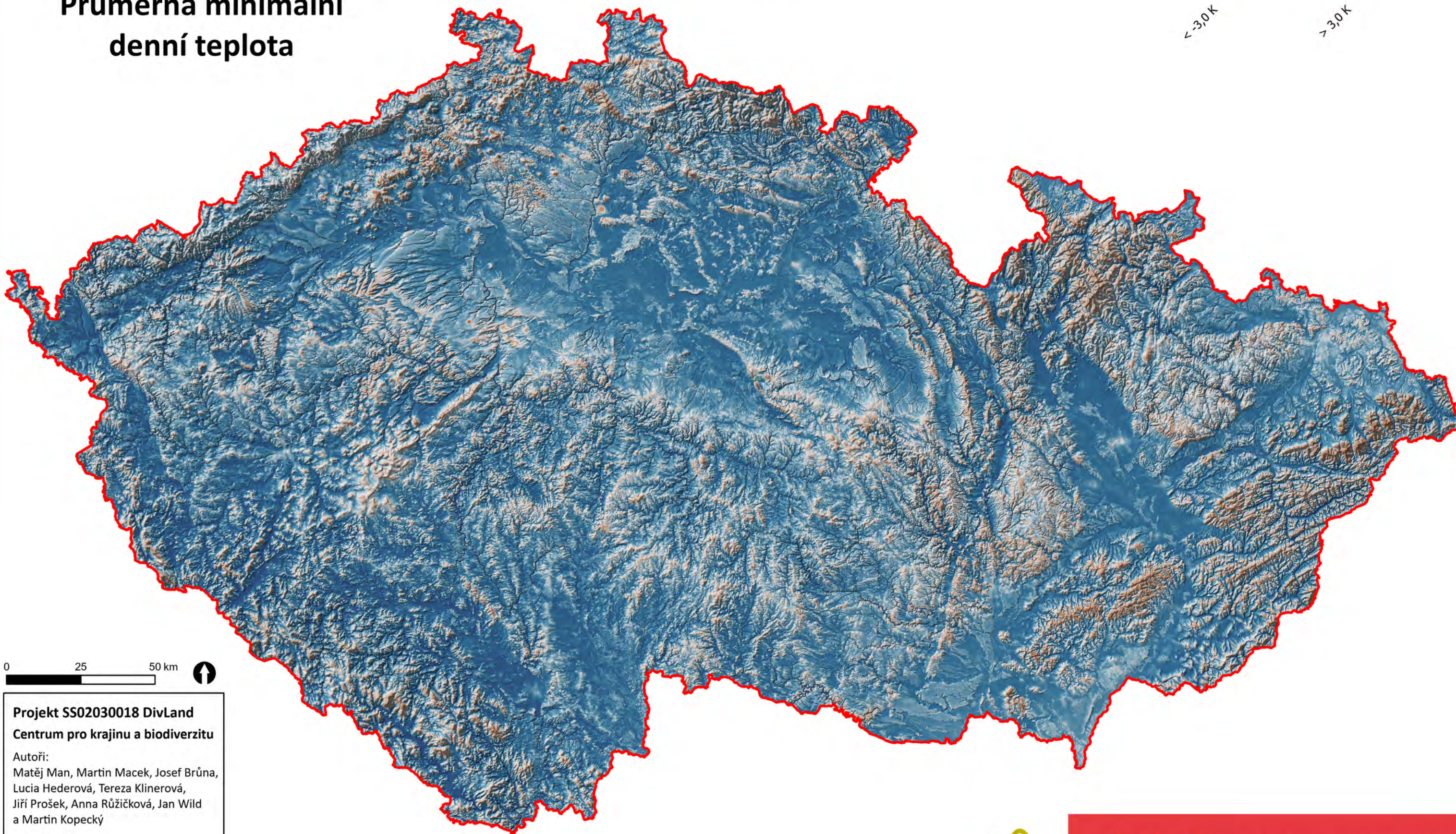
www.ta.cz

www.mzp.cz

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - říjen

Průměrná minimální
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžicková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



T A
Č R

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

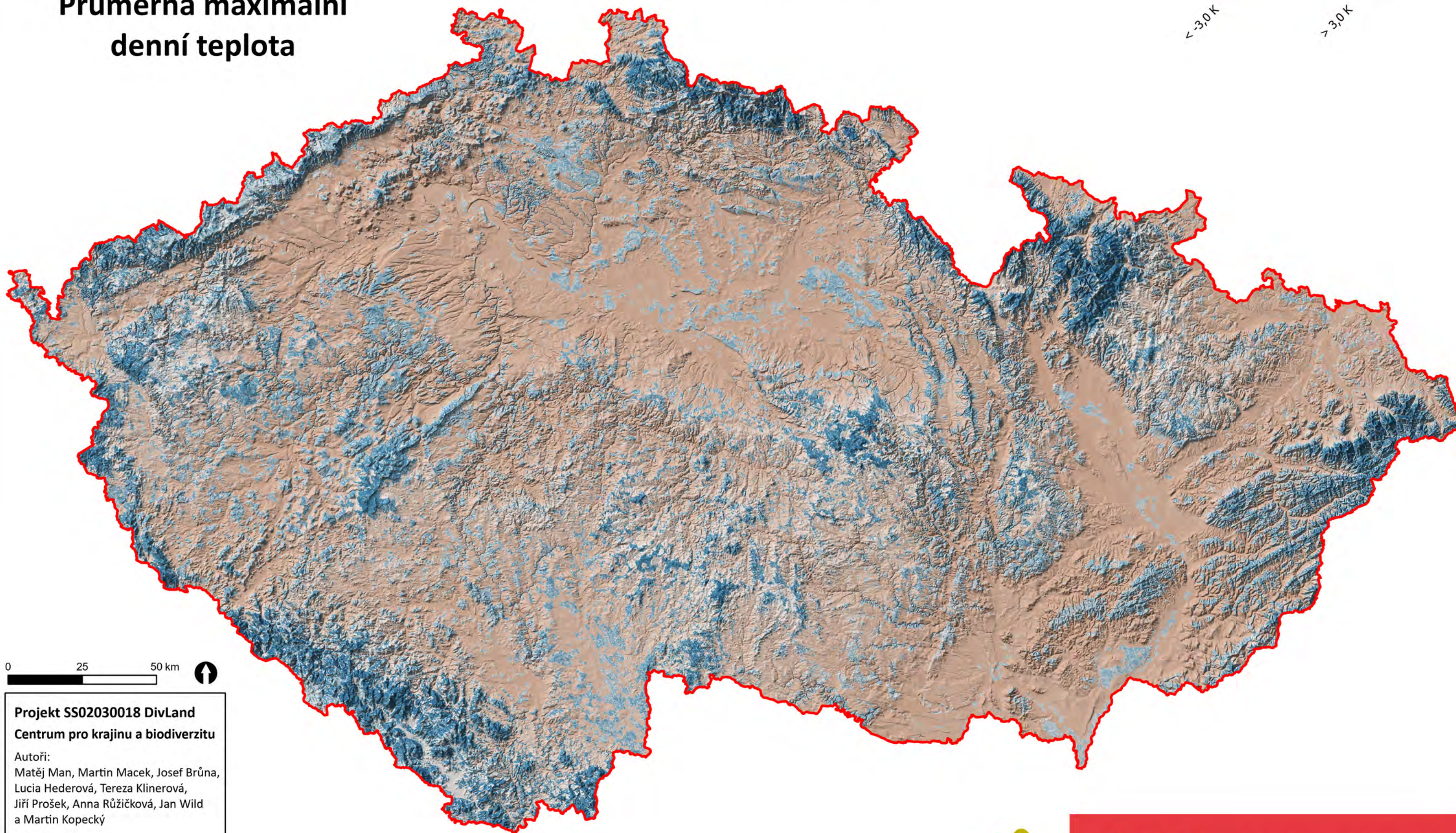
www.ta.cz

www.mzp.cz

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - říjen

Průměrná maximální
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžicková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



T A
Č R

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

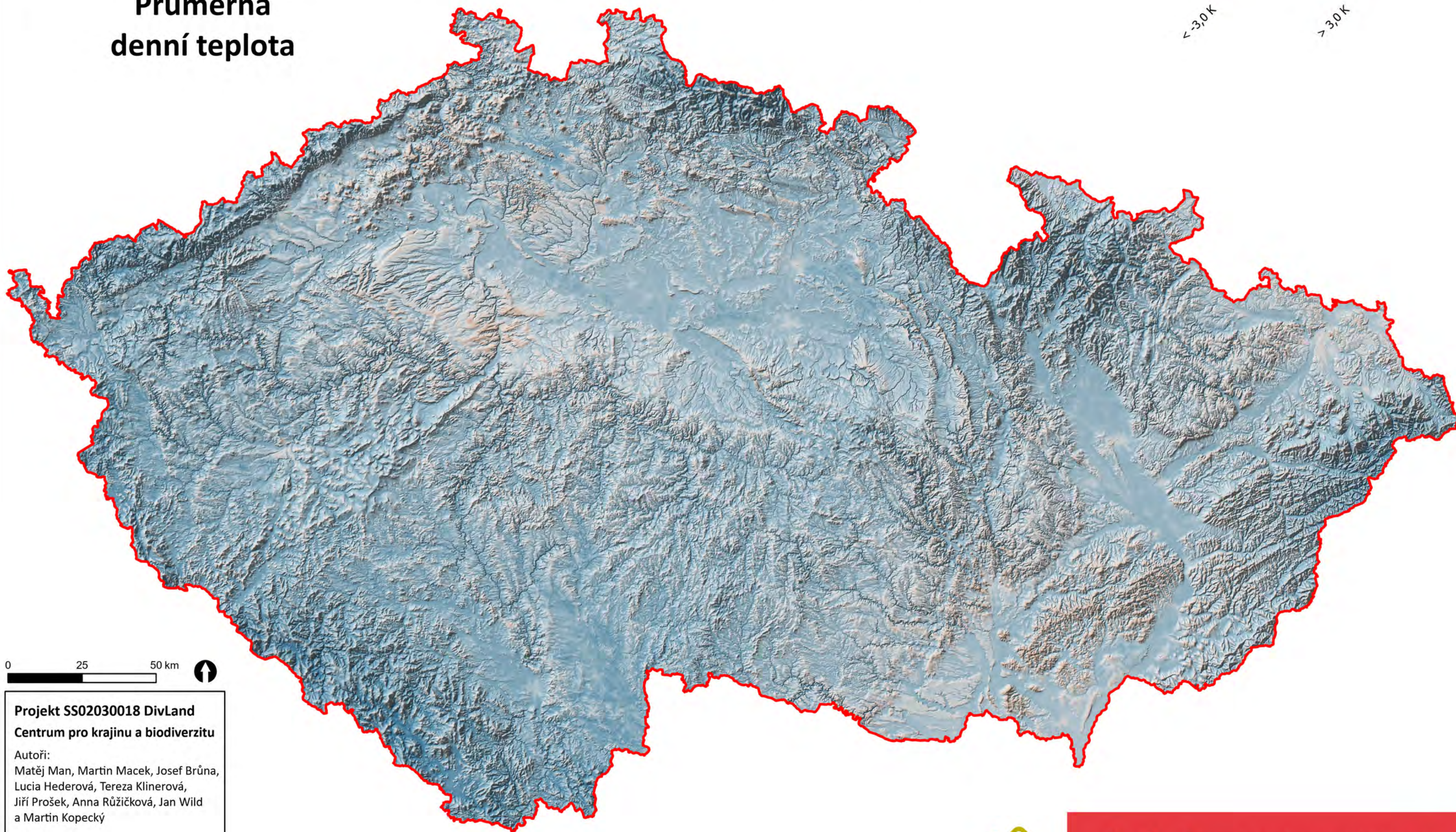
www.ta.cz

www.mzp.cz

Odchylka mikroklimatu od makroklimatu - říjen

Průměrná
denní teplota

Teplotní odchylka



0 25 50 km



Projekt SS02030018 DivLand
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Autoři:
Matěj Man, Martin Macek, Josef Brůna,
Lucia Hederová, Tereza Klinerová,
Jiří Prošek, Anna Růžičková, Jan Wild
a Martin Kopecký

Zdroje dat:
ZABAGED, ČÚZK

(c) DivLand 2025
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.



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.ta.cz

www.mzp.cz