

O KONEKTIVITĚ, PROSTUPNOSTI A FRAGMENTACI KRAJINY ČESKA

VLADIMÍR ZÝKA, KRISTÝNA VLKOVÁ, DUŠAN ROMPORTL

Ing. Mgr. VLADIMÍR ZÝKA

Od roku 2015 pracuje jako výzkumný pracovník ve Výzkumném ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, kde se věnuje modelování fragmentace a konektivity krajiny a dalším aspektům prostorové ekologie.

Mgr. KRISTÝNA VLKOVÁ

Působí ve Výzkumném ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví na Odboru prostorové ekologie a zaměřuje se na hodnocení prostupnosti krajiny ve vztahu k výskytu a pohybu živočichů, problematiku fragmentace krajiny a modelování vhodnosti prostředí především pro druhy velkých šelem.

RNDr. DUŠAN ROMPORTL, Ph.D.

Na Katedře fyzické geografie a geoekologie PřF UK se věnuje především studiu vztahů organismů k podmínkám prostředí, modelování jejich potenciální distribuce, a dále problematice fragmentace a konektivity krajiny. ve Výzkumném ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okr. zahradnictví pak vede Odbor prostorové ekologie, kde se zabývá i hodnocením geo/biodiverzity, změnami krajiny a její struktury.

Krajinu, která nás obklopuje, většinou vnímáme jako mozaiku plošek různých vlastností a tvarů. Ty mohou být různě propojené nebo naopak izolované, některé jsou protáhlé do podoby koridorů, jiné jsou jasně omezené, další představují spíše „ementál“ plný děr – jsou tedy více tzv. krajinnou maticí než kompaktní ploškou. Právě tyto prostorové charakteristiky („*landscape pattern*“) – a samozřejmě kvalitativní parametry – rozhodují o tom, jak bude která krajina nejen vypadat, ale především fungovat. K těmto charakteristikám se odkazují i klasické definice krajiny, jež popisují krajinu jako „*heterogenní část zemského povrchu, která se skládá ze souboru vzájemně se ovlivňujících ekosystémů*“ (Forman & Godron 1993); nebo jako „*část zemského povrchu..., tvořený souborem funkčně propojených ekosystémů a civilizačními prvky*“ (zák. 114/1992 Sb.).

Propojenost složek krajiny, která je výsledkem působení přirozených i antropogenních procesů, tedy chápeme jako jednu z klíčových vlastností prostorového uspořádání

krajiny. Někdy se setkáváme s pojmem **konektivita krajiny**, který pochází z anglického „*landscape connectivity*“. Hlaváč et al. (2019) o tomto termínu v širokém okruhu autorů diskutovali a definovali jej jako „*stav propojení strukturálních prvků v krajině umožňující nepřerušovaný průchod mezi těmito prvky*“. Jinak řečeno, propojenost krajiny zajišťuje všeobecně známou výměnu látek a energií mezi ekosystémy, která je nezbytná pro správné fungování krajiny (bližší viz zmiňovaný Forman a Godron, 1993). Když se však na hodnocení propojení krajiny zaměříme podrobněji, zjistíme, že řada autorů rozlišuje dva základní typy krajinné konektivity – strukturální a funkční. **Strukturální konektivita** odráží pouze prostorové uspořádání sledovaných prvků, typicky určitých kategorií land use či land cover – můžeme tak hodnotit např. konektivitu lesních či vodních ploch. V případě **funkční konektivity** však hodnocení opíráme o kvalitativní vlastnosti složek krajiny – tedy typicky kvalitu habitatů měřenou nejčastěji pohledem vybraných organismů.



Heterogenní krajina Česka. Foto Jaroslav Vojta



Příklad významných bariér, které ovlivňují průchodnost krajiny. Foto Rastislav Staník

Někteří autoři (např. Zeller et al. 2020) ještě zmiňují tzv. **dynamickou konektivitu**, kdy upozorňují na fakt, že propojenost krajinných struktur často vykazuje velmi proměnlivou funkční dynamiku (sezónní, cyklickou či dlouhodobou). V mnoha případech spolu strukturální a funkční konektivita krajiny úzce souvisí. Může ovšem nastat řada situací, kdy se strukturálně dobře propojená krajina stává z pohledu vybraných skupin organismů jen velmi omezeně funkčně propojenou.

PROPOJENOST VS. PRŮCHODNOST KRAJINY

V Hlaváčově definici konektivity krajiny se objevuje důležitý pojem, a to **průchodnost** někoho/něčeho krajinou. Míra průchodnosti krajiny souvisí s výskytem překážek, které představují síly působící proti směru pohybu a určují tzv. odpor krajiny. Souvisí také s termínem **fragmentace krajiny** (z angl. „landscape fragmentation“), což je proces, při kterém se z ucelených částí krajiny (ekosystémů, biotopů, stanovišť apod.) stávají čím dál tím izolovanější a/ nebo menší segmenty. Fragmentace krajiny může být způsobena přírodními nebo antropogenními procesy. Mezi přírodní příčiny řadíme např. tektonické pohyby (pevnina vs. oceán, vznik pohoří apod.), vznik širokých vodních toků či nevhodné klimatické podmínky. K antropogenním pak patří především rozvoj fyzických nepřírodních bariér či nevhodných ploch, tedy typicky dopravní infrastruktury (výstavba dálnic, železnic, vodních cest apod.) a sídelní soustavy, které jsou často spojené s rozvojem suburbanizace či stěhování

obyvatel z měst na přilehlý venkov. Bariérový efekt ale mohou vykazovat i zemědělské plochy, jako intenzivně využívané bloky orné půdy, pastevní areály s elektrickými ohradníky či oplocené trvalé kultury. Důsledkem rozšiřování takových bariér (zejm. dopravní sítě a zastavěných ploch) je nejen fyzický zábor habitatů, ale také rušivé efekty jako hlukové či světelné znečištění okolí, zvýšení mortality živočichů, a především zmíněná fragmentace a izolace dříve propojených populací. Tyto dopady typicky vedou k degradaci populace, snížení její početnosti a zvýšení její zranitelnosti, v krajním případě pak může dojít až k zániku dílčí nebo i celé populace.

Překážky pohybu, které snižují průchodnost krajiny, mohou být logicky plošné nebo liniové povahy. Souhrnně je nazýváme **fragmentační geometrií**, přičemž záleží na předmětu hodnocení, jaké všechny struktury do ní mají být zahrnuty. Z hlediska prostupnosti krajiny a její dynamiky mají větší dopad překážky liniové (typicky silnice, dálnice a jejich oplocení). Tyto není možné snadno obejít a živočichové jsou tak nuceni je při pohybu z jedné oblasti do druhé překonávat. Podle Beyer et al. (2014) jsou reakce na překážky ovlivňovány pohybovými schopnostmi živočichů, jejich habitatovými preferencemi, blízkostí bariéry a mírou její propustnosti. Komunikace tak často fungují jako velmi účinné překážky v krajině, které odrážejí živočichy od pohybu mezi rozdělenými oblastmi. V důsledku hluku a dalších rušivých vlivů mají navíc jedinci často problém se k silnici vůbec přiblížit a mohou tak přijít o možnost překonat překážku, např. v jejím relativně

propustném úseku (Beyer et al., 2014). Plošné bariéry se mohou jevit jako snadněji překonatelné – lze je přece jednoduše obejít. Když se ale podíváme, jak vypadá typická kulturní krajina střední Evropy, zjistíme, že plošné bariéry (typicky zastavěné plochy) jsou propojeny liniovými bariérami (silnice, dálnice) do husté spojitě sítě, která nadneseně spoutává okolní volnou krajinu betonovou mříží. Pokud k tomuto stavu doplníme jako nevhodné prostředí často obrovské bloky intenzivně využívané zemědělské půdy a usychající monokulturní lesy, vyplatí nám neutěšený obraz kulturní polopouště, kterou jen tu a tam ožívují izolované ostrůvky přírody blízkých habitatů.

Hodnocení propojenosti krajiny i míry její fragmentace je nutné vždy podřít účelu analýzy – nejčastěji je vztahováno k habitatovému a prostorovému nároku, resp. disperzním či migračním schopnostem konkrétního modelového druhu, případně celé (taxonomické, resp. funkční) skupiny organismů. Vnímání prostupnosti krajiny a odporu jednotlivých bariér se tak bude zásadně lišit mezi velkými či malými savci, ptáky nebo obojživelníky; úplně v jiných dimenzích je třeba nahlížet na konektivitu krajiny ve vztahu k např. hmyzu, akvatickým organismům nebo dokonce houbám či mechům. Každá funkční nebo taxonomická skupina bude vyžadovat jiný hodnotící přístup a prostorový rámec – co je např. pro velké lesní savce bariérou, může představovat pro světlomilné druhy hmyzu velmi vhodný habitat nebo dokonce koridor pro šíření. Pro obecné hodnocení prostupnosti krajiny na měřítkové úrovni státu nebo

širšího regionu se jako modelové skupiny využívají druhy vysokých teritoriálních či migračních nároků (typicky velcí savci), kdy se předpokládá, že druhy menší budou mít i nižší nároky. Na tomto principu byla založena celá řada projektů ve světě i ve střední Evropě, které se zabývaly hodnocením prostupnosti krajiny a hlavně návrhy opatření, jak negativní dopady fragmentace zmírnit.

EKOLOGICKÁ KONEKTIVITA A JEJÍ OCHRANA

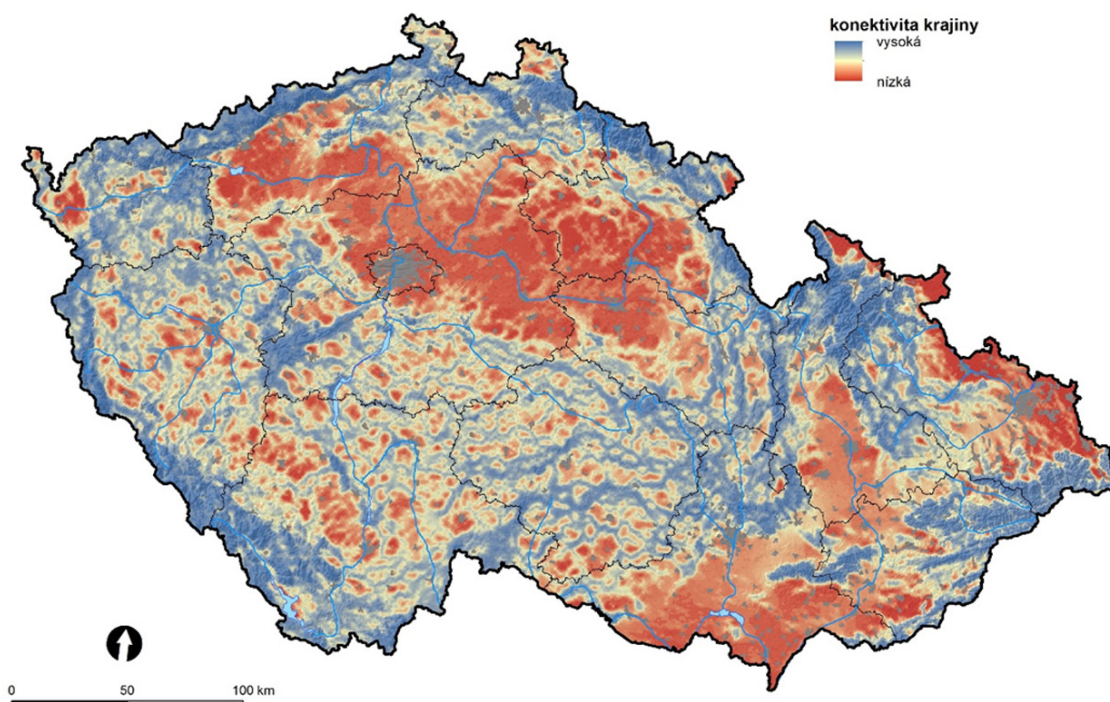
Řešením fragmentace krajiny a ochrany její průchodnosti je zachování a obnova tzv. **ekologické konektivity** (z angl. „*ecological connectivity*“). Hlaváč et al. (2019) ji definují jako „spojení nebo vzájemné propojení ekologických prvků v krajině (polopřirozená, přírodní stanoviště nebo nárazníkové zóny) a biologických koridorů mezi nimi z hlediska jedince, druhu, populace nebo společenstev těchto jednotek, pro celý vývojový cyklus nebo jeho části, ve stanoveném čase či po časový úsek, které zlepšuje přístup živočichů a rostlin k jejich prostředí a zdrojům.“ Tradičním nástrojem ochrany či obnovy ekologické konektivity v krajině jsou **ekologické sítě**. Ekologická síť se skládá téměř vždy z jádrových oblastí a migračních koridorů, které tyto jádrové oblasti propojují. Jádrovou oblastí může být vhodné stanoviště daného druhu, vzácný

ekosystém, nebo jen segment zachované přírodní krajiny. Migrační koridory tato území propojují co možná nejpříjemnější trasou (nebo jejich řečištěm) a umožňují potřebný tok energií či výměnu genetických informací mezi populacemi. K jejich vymezení se nejčastěji používá hodnocení cesty nejnižších nákladů („*least cost path model*“), které je ale často v praxi expertně modifikováno a přizpůsobováno reálným možnostem krajinného plánování. Takové pojetí ekologické sítě generuje binární, resp. kategoriální výsledek – síť (příp. její skladebné části) versus ostatní krajina. Vnímání prostupnosti krajiny se však v případě většiny organismů odehrává spíše na kontinuální škále. Takovému pojetí pak lépe odpovídají modely konektivity krajiny založené na teorii vodivosti (tzv. „*circuit theory*“), tedy vyhodnocení odporu, které jednotlivé krajinné struktury kladou pohybu zájmových druhů. Nad rezistenčním (nebo také frikčním) povrchem („*resistance surface*“) je následně modelován gradient konektivity habitatů (viz obr. 3). Výstupy jsou kontinuální povahy, proto se s nimi např. v územním plánování pracuje o poznání obtížněji než s jednoduchou kategoriální maskou.

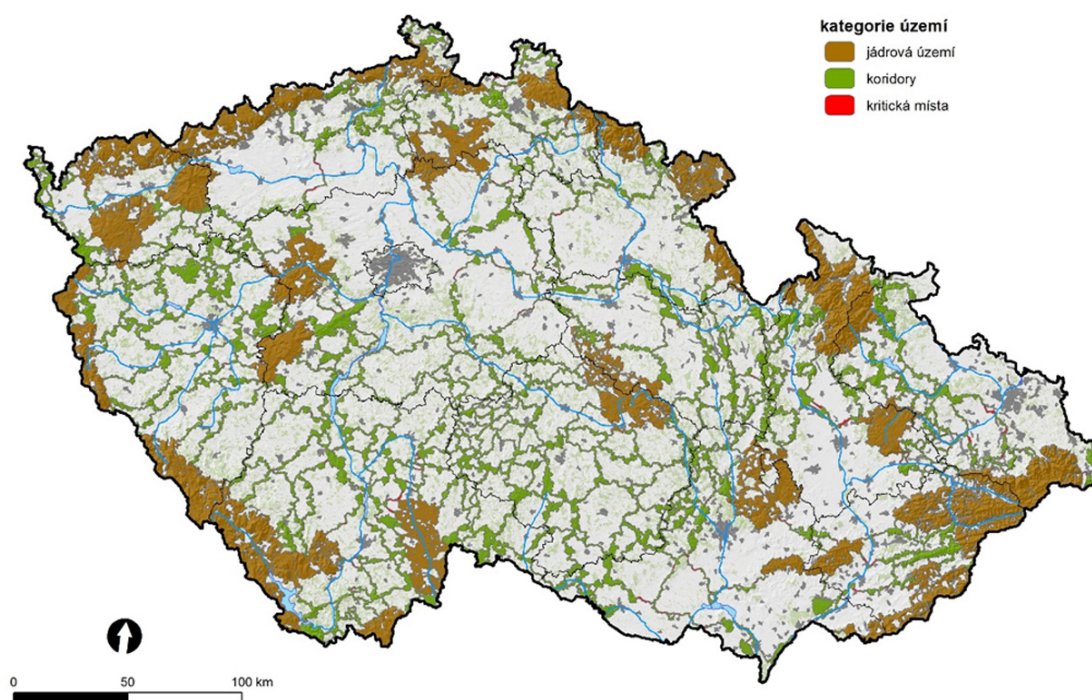
Pro vymezení ekologických sítí se tak nejčastěji používá vyhodnocení strukturální konektivity, které zohledňuje pouze prostorové propojení jednotlivých jádrových

území (např. biocenter ÚSES) vhodným prvkem – konektorem. K vytvoření skutečně funkční ekologické sítě je však vhodnější využívat funkční konektivitu, která lépe odráží, jak se živočichové v krajině chovají a jak reagují na její strukturu a dynamiku. Ekologická síť by zároveň měla zohledňovat dynamiku krajiny a umožnit zachování či zlepšení její prostupnosti pro volný pohyb druhů, a to i přes veškeré změny, které mohou nastat (změny ve využívání půdy, míře fragmentace, kvalitě stanoviště apod.) (Jennings et al., 2020).

Takovou funkční ekologickou síť v Česku od roku 2020 zajišťuje *Biotop vybraných zvláště chráněných druhů velkých savců* (zkr. *Biotop*, Hlaváč et al., 2021), který byl připraven v rámci projektu „Komplexní přístup k ochraně fauny terestrických ekosystémů před fragmentací krajiny v ČR“ v letech 2014–2016. Jedná se o síť jádrových oblastí (často významných velkoplošných chráněných území) propojenou systémem migračních koridorů. Průchodnost *Biotopu* je však na mnoha místech v důsledku lidské činnosti komplikovaná. Nejčastěji jde o křížení koridoru s dopravní infrastrukturou, s hustě osídleným územím nebo jinak intenzivně využívanou částí krajiny. Proto byla v rámci sítě vymezena tzv. kritická místa, která představují drobná území (8 % z celkové rozlohy *Biotopu*) s ohroženou průchodností. Další omezení



Model konektivity krajiny ČR pro velké savce (Romportl et al. 2017)



Biotop vybraných zvláště chráněných druhů velkých savců (Romportl et al. 2017)

průchodnosti krajiny v těchto kritických místech by pak mohlo v budoucnu ochromit fungování celé ekologické sítě. V podobném duchu funguje v Česku *Územní systém ekologické stability* (AOPK, 2020), který však nepřináší uspokojivé řešení problému průchodnosti krajiny zejména pro náročnější živočišné druhy. V Evropské unii pak existuje snaha o zachování propojenosti soustavy chráněných území Natura 2000 (více např. Fňukalová et al., 2021).

Zlepšování a ochrana ekologické konektivity krajiny byla a je ústředním tématem také několika mezinárodních projektů ve střední či východní Evropě, na kterých se podílejí týmy odborníků i z ČR. Projekty ConnectGREEN, TRANSGREEN a SaveGREEN

(všechny podpořeny v rámci INTERREG, Danube Transnational Programme) se zaměřují na ochranu ekologické konektivity, modelování ekologických sítí v Karpatech a jejich funkční propojení s okolními územími včetně prostoru Českého masivu. Jiné projekty se pak zaměřují na hodnocení fragmentace a konektivity krajiny chráněných území – příkladem může být projekt Monitoring krajiny (více informací na webu monitoringkrajiny.cz), který mimo jiné výstupy přináší poznání, že vysoká míra fragmentace krajiny a omezení její prostupnosti se týká i národních parků, chráněných krajinných oblastí a vybraných území soustavy Natura 2000. Zajištění průchodnosti krajiny, propojenosti lokalit kvalitních habitatů i populací a ochrana prostředí před postupující fragmentací

patří zkrátka ke klíčovým úkolům současné ochrany přírody a krajiny. Je však zřejmé, že jenom nástroje ochrany přírody na tento úkol zdaleka nemohou stačit. Ty mohou nabídnout metodické a odborné zázemí a definovat prostorové rámce. Na vlastní praktické řešení zprůchodnění krajiny je však nutné využít mnohem širší spektrum nástrojů a zdrojů, propojit je s tolik potřebnou obnovou ekologických funkcí krajiny (např. funkce klimatické, protierozní ad.). K tomu bude nutné oživit institut krajinného plánování a vytvořit celorepublikový koncept či rámec pravidel budování ekologické sítě tak, aby každá obec, město či aktivní občané mohli svým dílem a vizí přispět ke zlepšení průchodnosti „své“ části krajiny.

ZDROJE

Beyer, H. L., Gurarie, E., Börger, L., Panzacchi, M., Basille, M., Herfindal, I., Van Moorter, B., R. Lele, S., & Matthiopoulos, J. (2014): "You shall not pass!": Quantifying barrier permeability and proximity avoidance by animals. *Journal of Animal Ecology*, 85(1), 43–53. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12275>

Fňukalová, E., Zýka, V., Romportl, D. (2021): The Network of Green Infrastructure Based on Ecosystem Services Supply in Central Europe. *Land* 2021, 10, 592. <https://doi.org/10.3390/land10060592>

Forman, R. T. T., Godron M. (1993): *Krajinná ekologie*. Academia, Praha 1993, 572 str.

Jennings, M. K., Zeller, K. A., & Lewison, R. L. (2020): Supporting adaptive connectivity in dynamic landscapes. *Land*, 9(295), 1–21. <https://doi.org/10.3390/LAND9090295>

Romportl, D. (ed.) 2017: *Atlas fragmentace a konektivity terestrických ekosystémů v České republice*. AOPK ČR, Praha, ISBN 978-80-88076-50-6

Zeller, K. A., Lewison, R., Fletcher, R. J., Tulbure, M. G., & Jennings, Megan, K. (2020): Understanding the Importance of Dynamic Landscape Connectivity. *Land*, 9(303), 15. <https://doi.org/10.3390/land9090303>

Hlaváč, V., Anděl, P., Matoušová, J., Dostál, I., Strnad, M., Immerová, B., Kadlečík, J., Meyer, H., Mot, R., Pavelko, A., Hahn, E., Georgiadis, L. (2019): *Doprava a ochrana fauny v Karpatech. Příručka k omezování vlivu rozvoje dopravy na přírodu v karpatských zemích*. DTP1-187-3.1 TRANSGREEN, AOPK ČR, Praha, 2019, 240 s.