

# Krajinná ekologie a krajinné metriky – potenciál a/nebo riziko pro hodnocení krajiny?

*Balej, M.: Landscape Ecology and Landscape Metrics – Potential and/or Risk for Landscape Assessment. Životné prostredie, 2011, 45, 4, p. 171 – 175.*

Over the past 20 years, landscape metrics have become a central topic in landscape ecology research. The application of metrics has gradually expanded from North American landscape ecology research to the Central European branch of landscape ecology. The very rapid development of the scientific topic has been accompanied by number of problems, limitations and potential misinterpretations, however. Landscape metrics provide a descriptive spatial value for a limited set of separate objects. Li, Wu (2004) identify three general types of problems that may be responsible for this unsatisfactory progress: (1) conceptual flaws in landscape pattern analysis (e.g. ecological irrelevance, confusion between the scales of observation and analysis); (2) inherent limitations (e.g. variable responses to changes in spatial pattern, difficulties in interpreting); and (3) improper use (e.g. quantifying pattern without considering process, inappropriate inference from a single landscape). The intent of the article is to assess the opportunities for implementing landscape metrics into the Central European approach to landscape ecology so they would bring efficient, complementary information while also preventing misinterpretations. The author states that it will be usefull create a theoretical methodological framework for applying landscape metrics.

**Key words:** landscape metrics, pattern, landscape assessment

Carl Troll definoval krajinnou ekologii jako „studium komplexní struktury vztahů mezi společenstvy organismů a podmínkami jejich prostředí v určitém výseku krajiny“ (Troll, 1939). *Landschaftsökologie* byla Carlem Trollem, pouze účelově pro potřeby snadnějších anglofonních překladů, pojmenovaná geoekologie (*geoecology*). V současné době v Evropě převládá názor ruských a německých krajinných ekologů, kteří geoekologii pokládají za dílčí geografickou vědu o komplexních fyzickogeografických systémech. Ve Spojených státech amerických je termín používán pro hodnocení (zejména abiotických) podmínek prostředí specifických společenstev. To dokládají i počty a zaměření studií evidovaných ve světové elektronické databázi publikací *Web of Science*. Za období 1999 – 2011 je evidováno celkem 37 studií, které mají termín *geoecology* v názvu, přičemž autoři jsou

z následujících států: ze Spojených států amerických (10), z Ruska (4) a Německa (3). V evidenci je také 74 studií, které mají toto slovo v abstraktu či v klíčových pojmech: ze Spojených států amerických (18), z Ruska (15) a Německa (5). Krajinná ekologie a geoekologie nejsou synonyma.

Krajinnou ekologii lze s určitou mírou nadsázky pokládat za výsledek „manželského svazku“ biologie (ekologie) a geografie. Obě vědy, které stály u zrodu krajinné ekologie, přistupují k výzkumu krajiny ze svého hlediska. Geografie dala krajinné ekologii „do vínku“ aspekt celostnosti, kompaktnosti, komplexního holistického pohledu na krajinu, prostorový akcent a (geo)systémové pojetí. Ekologie se systematicky věnuje především interakcím, které směřují k organické složce krajiny, nazírá na krajinu ekosystémově, biocentricky.

Eseje významných krajinných ekologů publikované v Bulletinu IALE 16/1998 a 17/1999 (Wiens, Naveh, Zonneveld, Ružička, Merriam, Duning, Decamps) vy-povídají o různých názorech na definici a směřování krajinné ekologie. Dokládají tím různorodost přístupů a pohledů vznikajících uvnitř krajinné ekologie, ovšem zároveň i společné znaky. Zmiňují tři: komplexitu (holistický přístup); kauzalitu, tj. hledání hnacích sil, tlaků a jejich důsledků (tzv. *driving forces, pressures, impacts*) a závislost na časové a prostorové dimenzi (tzv. *scale dependence*).

Holistický a systémový přístup jsou pro krajinnou ekologii zásadní. Krajinné struktury, procesy a změny v nich probíhající nelze zkoumat bez uvažování sociálních komponent a sociálních sil. Charakteristiky sociálního subsystému jsou v úvaze o krajinných scénářích, o multifunkční udržitelné krajině stejně důležité, mnohdy i důležitější (pokud to vůbec lze takto porovnávat), než např. půdní typ či charakter vegetačního pokryvu.

*Web of Science* ukazuje dynamický rozvoj krajinné ekologie v posledních několika desetiletích. Podobné bibliometrické analýzy ovlivňuje rostoucí aktivita vědců publikovat v časopisech evidovaných v databázi. Zároveň těchto časopisů i přibývá. Početnost studií autorů z různých států je ovlivněna také početností vědecké komunity v daném oboru. Nelze opominout ani jazykový aspekt. Autoři z anglofonních států se nemusí v převážně anglofonních časopisech lingvistickou stránkou své studie téměř zabývat. I přesto lze následující výsledky analýzy vnímat jako jistý indikátor vývoje krajinné ekologie jako takové.

Při zadání hesla *landscape ecology* se lze dozvědět, že je celkem evidováno 324 studií, které mají toto spojení v názvu (pořadí států autorů: Spojené státy americké 112, Kanada 28, Anglie 25, Slovensko 18, Čína 17, Austrálie 15, Francie 14, Nizozemsko 11) a 2 275 studií, které mají toto spojení v abstraktu či klíčových slovech (pořadí států autorů: Spojené státy americké 984, Kanada 183, Anglie 155, Čína 155, Austrálie 147, Francie 126, Německo 82, Španělsko 76, Itálie 67, Nizozemsko 59). Zajímavé je i sledovat vývoj, který ukazuje, že v letech 1991 – 2000 je v evidenci 716 studií (pořadí států autorů: Spojené státy americké 361, Kanada 56, Anglie 43) a v následujícím období 2001 – 2010 je 1 445 studií (pořadí států autorů: Spojené státy americké 579, Čína 139, Kanada 117). Pozoruhodný je především nárůst studií čínských krajinných ekologů. Stává se tak z čínské krajinné ekologie další krajinné ekologická velmoc?

### Dichotomie v krajinné ekologii

Prudce se rozvíjející krajinná ekologie byla zprvu inspirována syntézou funkčního, vertikálního přístupu

pu ekologů a prostorového, horizontálního přístupu geografů. Uvnitř současné krajinné ekologie tak lze analogicky rozpoznat dva hlavní proudy založené na výše zmíněných přístupech (např. Drdoš, Kozová, 2008): 1) Více ekologický pohled, ekosystémové pojetí, které reprezentuje zejména severoamerická krajinná ekologie a některé krajinné ekologické školy v Evropě (např. italská), které vycházejí z paradigmatu ploška-koridor-matrice (*patch-corridor-matrix*, např. Forman, 2003); 2) Více geografický pohled, geosystémové pojetí, které zastupují krajinné ekologové převážně ze střední a východní Evropy (např. německá, slovenská, polská nebo ruská škola), ale také i krajinní ekologové z Latinské Ameriky. Tyto dva odlišné pohledy jsou hluboko zakořeněné v dobře známé, různé krajinné ekologické historii severní Ameriky a Evropy (obr. 1).

Severoamerická krajinná ekologie je hluboce zakořeněná v ekologii a biogeografii. Převážují v ní témata blízká analýzám prostorových paternů krajiny, ekologickým sítím, ekologickým bariérám, tokům energie, látek a druhů mezi jednotlivými prvky krajiny či role disturbancí v ekosystémech. Krajina představuje chorologickou projekci ekosystému. Oproti severoamerickému krajinné ekologickému přístupu je evropský (zejména středo- a východoevropský), i co se týče definice krajiny, orientován na geosystémové pojetí. Klade stejnou váhu na biotické, abiotické a antropogenní komponenty (včetně noosferických vlivů).

### Krajinné struktury a krajinné metriky

Dichotomie v krajinné ekologii se promítá i do interpretace pojmu struktura krajiny. Krajina jako holistický supergeosystém se skládá z krajinných prvků a komponent. Prvek je nedělitelná část krajiny, kvazihomogenní jednotka nultého řádu. Komponenty krajiny se sestávají z více prvků, přičemž na prvky i na komponenty lze nahlížet jako na součásti biotického, abiotického, hybridního či socioekonomického geokomplexu. Prvky a komponenty se nacházejí v relativně stálých vazbách a vytvářejí tak určitý hierarchický pořádek, strukturu krajiny. Lze rozlišovat strukturu prostorovou a časovou. Časová struktura krajiny indikuje proměnlivost struktury krajiny během různých dlouhých časových období.

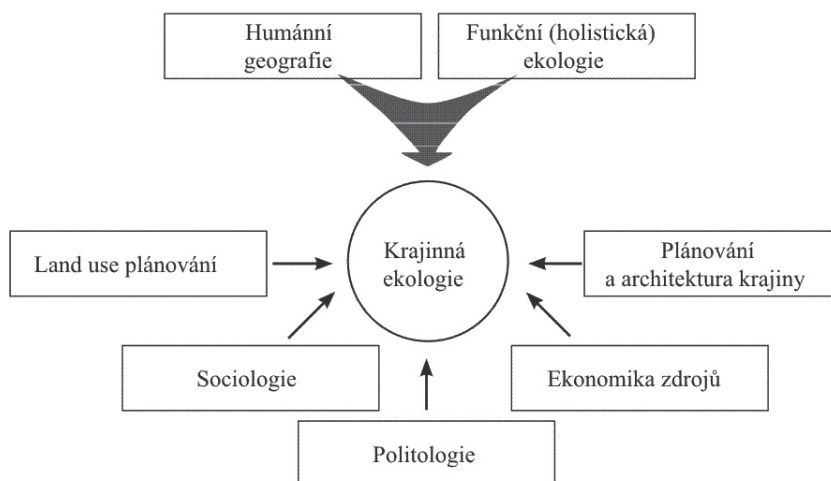
Slovenská krajinné ekologická škola definuje strukturu: primární (původní biotické a abiotické komponenty); sekundární (hmotné prvky, které člověk ovlivnil, částečně nebo úplně pozměnil, či vytvořil zcela nové); terciární (nehmotné prvky a síly, limity a požadavky, které se váží na prvky primární nebo sekundární struktury a mají prostorový charakter). V tomto členění se akcentuje genetický a hodnotící

aspekt. V severoamerickém přístupu skladba a konfigurace plošek, koridorů a charakter matrice tvoří jedinečnou mozaiku (*pattern*). S nimi jsou pak úzce spojeny další vlastnosti struktury krajiny, např. heterogenita, fragmentace, kontrast, zrnitost, biodiverzita a také celá řada dalších procesů.

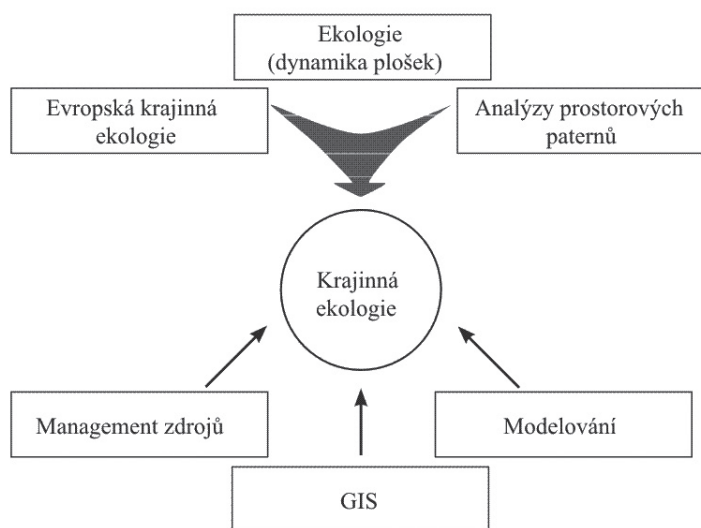
Jedním z hlavních a stále častěji se objevujících témat krajinné ekologie je hodnocení struktury krajiny, prostorového paternu pomocí kalkulace krajinných metrik. V geosystémovém přístupu ke krajinné ekologii se základní krajinné metriky objevily už v 1. polovině 20. století. Současné znovuzrozené krajinné metriky vznikly v prostředí severoamerického krajinné ekologického přístupu (McGarigal, Marks, 1994) a jejich výrazně rozšířená podoba se objevuje i ve studiích evropských autorů. Při zadání spojení *landscape metrics* do *Web of Science* je možné v období 2001 – 2005 nalézt 162 publikací (pořadí států autorů: Spojené státy americké 92, Kanada 15, Čína 13 a na dalších pěti místech jsou Anglie, Německo, Austrálie, Belgie a Španělsko, z čehož 27 publikací je autorů z evropských států). V následujícím pětiletém intervalu 2006 – 2010 je to už 335 studií (pořadí států autorů: Spojené státy americké 111, Čína 68, Kanada 23 a na dalších pěti místech jsou Itálie, Španělsko, Německo, Belgie a Anglie, celkem 70 článků autorů z evropských států). Bibliometrická analýza ukazuje výrazné prosazování se tématu krajinných metrik nejen v anglofonním světě, ale i v Číně a také v Evropě.

Aplikace krajinných metrik doplňuje tradiční evropský přístup o informace o prostorové skladbě a konfiguraci krajinných prvků. V současné době existuje téměř sto různých krajinných metrik. Existují metriky zaměřené na velikost, tvar, početnost, hustotu, různorodost krajinných prvků (obr. 2). Jsou metriky charakterizující okraje a vnitřní prostředí prvků. K analýzám prostorové mozaiky krajiny jsou

#### Znázornění postavení krajinné ekologie v Evropě



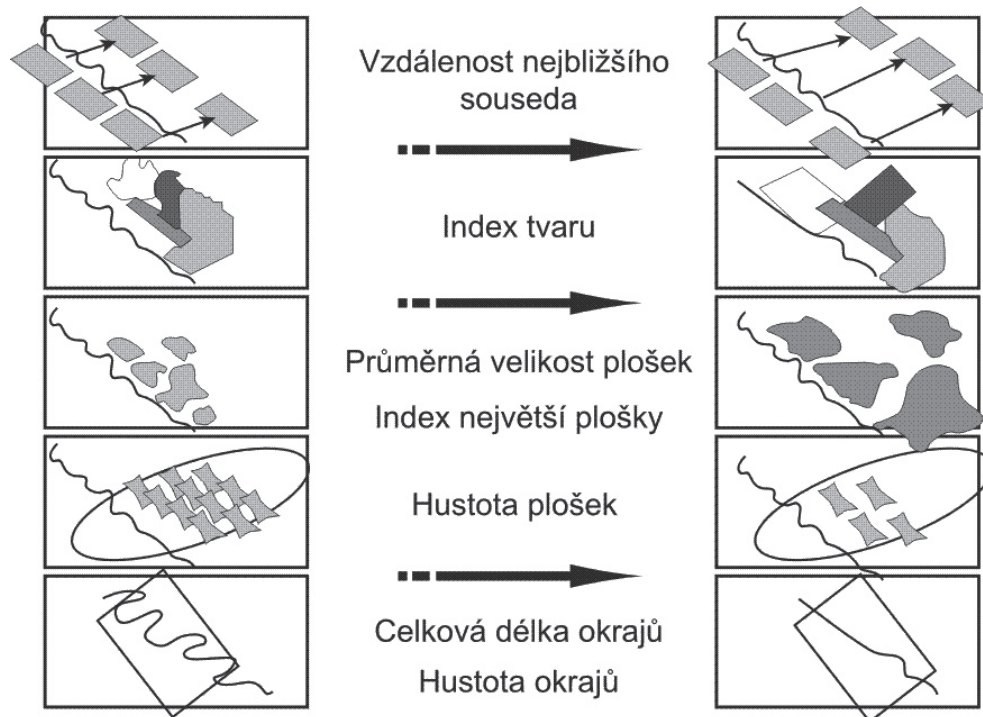
#### Znázornění postavení krajinné ekologie v Severní Americe



Obr. 1. Postavení krajinné ekologie v Evropě a v Severní Americe. Zdroj: Farina (2000)

vhodné i indexy sdílení, mezilehlosti/přilehlosti, nakažlivosti, vzdálenosti k nejbližšímu sousedovi, indexy heterogenity, rovnoměrnosti zastoupení a mnohé další.

Za krajinné prvky bývají označovány biotopy, typově různé areály dílčích přírodních komponent či abiokomplexy nebo typy krajin. Zřejmě nejčastěji však jako tyto prvky vystupují *land cover* či *land use*



Obr. 2. Znárodnění vybraných krajinných metrik. Zdroj: Krönert, Steinhardt, Volk, eds. (2001), upraveno

areály (plošky). Možnost snadné kvantifikace vlastností struktury krajiny, která dále umožňuje lépe pochopit propojení mezi strukturou a jejími vlivy na fungování krajiny, je motivem pro vývoj metod, počítačových programů analyzujících tyto struktury ve specifických podmínkách různých území. Pro řadu metrik stačí pouze kalkulačka, pro některé další excel. Pro větší území a ve spojení s geografickými informačními systémy lze použít např. FRAGSTATS, resp. jeho verzi Patch Analyst 4, který je zdarma ke stažení na internetu (McGarigal, Marks, 1994). FRAGSTATS byl vyvinut ve Spojených státech amerických v 90. letech 20. století.

Současný rozmach geoinformatických možností předznamenal mnohdy až nekritickou aplikaci krajinných metrik. Sami zástupci severoamerické krajinné ekologické školy stále diskutují možnosti, podmínky aplikace krajinných metrik. Stále hledají jakýsi manuál aplikace krajinných metrik a zejména manuál jejich interpretace směrem k procesům v krajině probíhajícím. Problémy plynou i z neadekvátního přístupu k, dnes velmi snadno dostupným, geografickým datům (Kolejka, 2011).

Li, Wu (2004) zmiňují tři typy problémů: (1) nevhodné užívání krajinných metrik prostřednictvím kvantifikace krajinné mozaiky bez uvažování procesů

a kauzálních faktorů; (2) imanentní omezení krajinných metrik spojené s variabilitou jejich interpretace; (3) koncepční vady související s častým zmatením v používání prostorových dimenzí, charakterem dat a s neurčitostí vztahu mezi prostorovou strukturou a krajinnými procesy.

Co dalšího zůstává v aplikaci krajinných metrik nezodpovězeno? Tak například:

- Řada metrik se nemění, přestože dojde k zásadní proměně prostorové krajinné struktury. Je to v případě, že konfigurace krajiny, tj. rozmístění krajinných prvků zůstává stejná, ale mění se skladba, tj. kvalita nebo typ jednotlivých prvků. Interpretace změn krajinné struktury bez vnímání kvalitativního aspektu struktury krajiny může vést k mylnému závěru, že struktura krajiny je stabilní.
- Krajinné metriky jsou aplikovány na typologicky různá modelová území (horské, zemědělské), která jsou mezi sebou porovnávána a výsledky z metrik nepřinášejí nic jiného, než onu již dříve známou různost.
- Často se hledá optimální stav krajinných metrik pro určitý typ území, něco ve smyslu „jak by to mělo být?“, ovšem nemělo by se spíše hledat něco ve smyslu „pokud se to bude takto dále vyvíjet, bude“



to znamenat následující důsledky v přírodních a v sociálních komponentách krajiny“?

- Prostorová data o *land cover* s sebou vždy nesou určitou informaci. Tato informace je přímo spojena s měřítkem, mírou generalizace, účelem a funkcí dat. Krajinné metriky jsou přímo vázány na tuto informaci a z ní vycházejí a dále ji doplňují. Volba měřítka má vliv na informaci, kterou krajinné metriky poskytují, např. aplikace CORINE a krajinných metrik je pro závěry o mikrostruktúře krajiny zavádějící.
- Krajinné metriky se používají pro retrospektivní analýzy *land cover* změn modelového území. Používá se různý typ dat s různou vypovídací schopností, v různých měřících. Krajinné metriky jsou spojené s touto různou validitou prostorových dat a jejich porovnání může být opět zavádějící.
- Krajinné metriky se aplikují bez ohledu na analýzu přírodních i socioekonomických procesů, které v krajině probíhají. Odráží tak jen určitý stav prostorové struktury, ovšem nikoliv fungování a dynamiku krajiny.

**Stále se tak hledají odpovědi na následující otázky:**

Do jaké míry lze porovnávat výsledky krajinných metrik v různých typech abiokomplexů či v různých typech krajin? Do jaké míry lze porovnávat krajinné metriky území v různých časových horizontech? Jaký vliv má volba prostorového měřítka, volba typu a způsobu zpracování např. *land cover* dat na krajinné metriky? Jak se mění průběh krajinných metrik s měnícím se prostorovým měřítkem? Jak toto závisí na typu abiokomplexu, či typu krajiny nebo vůbec volby typu krajinného prvku? Která sada metrik je nejefektivnější pro interpretaci struktury? Které metriky spolu při aplikaci na *land cover* či na typ abiokomplexu korelují?

**Krajinné metriky jako potenciál nebo riziko pro hodnocení krajiny**

Mnoho studií aplikujících metodu krajinných metrik končí u porovnání čísel jednotlivých druhů krajinných metrik bez toho, aby autoři řekli, proč takové výsledky jsou, kde jsou kauzální faktory, resp. co mohou tyto výsledky znamenat pro další komponenty krajiny nebo pro procesy v krajině probíhající. Na druhé straně je řada autorů, která integruje tradiční hodnotící přístup střeoevropské krajinné ekologie s kvantitativním, severoamerickým přístupem k pros-

torové struktúře krajiny a dosahují tím významných efektů (např. Boltziar, 2007).

\* \* \*

Koncept krajinných metrik, ať už v ekosystémovém nebo geosystémovém pojetí, přináší informace, které samy o sobě mohou vést k mylným závěrům a proto musí být bezpodmínečně doplněny o kvalitativní aspekty přírodních a sociálních komponent. Nelze opomenout vazby mezi těmito prvky, jejich genezi, charakter a vlastnosti. Tak, jak bylo výše řečeno, krajina je měnící se supergeosystém, vzájemně propojených přírodních a sociálních komponent, a uchopení struktury supergeosystému musí toto reflektovat. Právě propojení kvantitativních informací z aplikace krajinných metrik s kvalitativním hodnotícím krajinně ekologickým přístupem může přinést velmi užitečné a nové výsledky. Niels Bohr tvrdil, že komplementarita je všeobecným principem vědeckého výzkumu (Bohr, 1963). Aplikace krajinných metrik má svá rizika, ovšem nabízí zároveň i zajímavý komplementární potenciál.

**Literatura**

Bohr, N.: Quantum Physics and Philosophy. In: Essays 1958/62 on Atom Physics and Human Knowledge. Copenhagen, 1963, p. 1 – 7.

Boltziar, M.: Štruktúra vysokohorskej krajiny Tatier. Nitra : Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, 2007, 248 s.

Drdoš, J., Kozová, M.: Krajinná ekológia: stav vedy a jej smerovanie. Acta Environmentalica Universitas Comenianae, 2008, 16, 1, s. 5 – 20.

Farina, A.: Landscape Ecology in Action. Dordrecht : Kluwer Ac. Publish., 2000, 332 p.

Forman, R.T.T.: Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge : Cambridge Univ. Press, 2003, 632 p.

Kolejka, J.: K některým závadám současného českého studia krajiny a způsoby jejich nápravy. In: Kolejka, J. a kol.: Krajina Česka a Slovenska v současném výzkumu. Brno : MU, 2011, s. 78 – 96.

Krönert, R., Steinhardt, U., Volk, M. (eds.): Landscape Balance and Landscape Assessment. New York : Springer, 2001, 304 p.

Li, H., Wu, J.: Use and Misuse of Landscape Indices. Landscape Ecology, 2004, 19, p. 389 – 399.

McGarigal, K., Marks, J.B.: FRAGSTATS – Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Corvallis : Forest Science Department, Oregon State University, 1994, 135 p.

Troll, C.: Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, 1939, 7/8, p. 241 – 298.

RNDr. Martin Balej, Ph.D., martin.balej@ujep.cz  
Katedra geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity J. E. Purkyně, České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem