

Měření reliéfu

Metody sloužící k popisu a měření povrchu (reliéfu) Země, ale i jiných planet, měsíců a planetek s pevným povrchem, jsou označovány jako morfometrické. Morfometrie je jedním ze základních nástrojů geomorfologie – vědy, která zkoumá vznik a vývoj reliéfu. Na morfometrii lze pohlížet jako na obdobu anatomie v lékařství, neboť i jejím úkolem je popsat tělo v podobě reliéfu a jeho částí, tj. tvarů. V článku naleznete kromě vysvětlení významu morfometrie pro studium vývoje reliéfu a fungování krajiny také praktický návod na provedení vlastní jednoduché morfometrické analýzy v programu QGIS.

Co je reliéf a jak vzniká

Reliéf naší planety včetně jeho částí (tzv. geomorfologických tvarů, zkráceně tvarů neboli forem) vznikl působením různorodých endogenních procesů (např. vrásněním, tektonickými pohyby podél zlomů či vulkanismem) nebo ještě rozmanitějších exogenních procesů (činností povrchové tekoucí vody či ledovců, působením větru, mrazu či organismů atd.), které se různě mezi sebou kombinovaly. Například na formování reliéfu sopky se kromě vulkanismu podílí i tekoucí voda, která na ní vytváří síť erozních rýh, jež přerůstají v údolí. Reliéf má tedy většinou tzv. polygenetický vývoj, neboť na jeho vzniku se podílí vícero genetických činitelů. V našem případě by to byla již zmíněná sopečná činnost a tekoucí voda, dále by to jistě byly svahové procesy a v případě vyšších zeměpisných šířek či vyšších nadmořských výšek i činnost ledu a mrazu. V průběhu času dochází k tomu, že primární formy jsou přemodelovávány novými procesy, které se objevují v souvislosti s neustále se vyvíjející krajinou. V důsledku toho dochází k vrstvení různých forem na sebe tak, jak se mění působení různých geomorfologických procesů. Povrch výše zmíněné sopky by se mohl vyvíjet například tak, že by jej po vzniku sopečného kuželu nejdříve modelovala tekoucí voda za vzniku říčních údolí, která by následně byla přemodelována ledovci, jež by se v nich vyvinuly poté, co by došlo ke změně klimatu a ochlazení. Reliéf tak v sobě kromě informace o modelačních procesech, které jej

formovaly, ukrývá i záznam o posloupnosti působení těchto procesů. Tedy jinak řečeno, reliéf vypovídá i o vývoji v čase. Z výše uvedeného plyne, že polygeneze reliéfu ve svém důsledku vede k tomu, že geometrický tvar zemského povrchu je velmi složitý. Proto geomorfologie jako věda studující reliéf se jej snaží rozložit do jednodušších geometrických ploch, které zpravidla vznikaly působením jednoho geomorfologického procesu. Jinými slovy, geomorfologie se při popisu reliéfu snaží složitý reliéf rozdělit na geometricky jednodušší jednotky, které mají nějakou společnou vlastnost. Touto společnou vlastností může být hlavní modelační (tzv. genetický) činitel (např. ledovec a jeho erozní činnost) nebo morfometrická charakteristika (např. sklon) či geologické podmínky (např. uložení vrstev).

Co je morfometrie

Chceme-li popsat vzhled reliéfu, resp. jeho částí, pak opět přichází ke slovu geometrie. Uvádíme, jak je daná forma široká, dlouhá, vysoká, jaký má sklon nebo orientaci vůči světové straně atd. Tedy pro charakteristiku daného tvaru reliéfu používáme různých (geometricko-polohových), tzv. morfometrických vlastností. Morfometrie (neboli měření tvarů reliéfu) tedy poskytuje soubor veličin (znaků), kterými je možné charakterizovat daný tvar reliéfu (např. délku, šířku či sklon). Morfometrické údaje umožňují vyjádřit nejenom vlastní geometrický tvar, ale i jeho pozici vzhledem k ostatním

částem reliéfu či vazbu na procesy, které v různých částech reliéfu působí s odlišnou intenzitou a které tak formují různé geomorfologické tvary. Národním příkladem jsou naše kary – ledovci přemodelované údolní uzávěry. Podíváme-li se například na kary v české části Krkonoš, pak zjistíme, že jsou orientovány převážně k jihu a k jihovýchodu (Křížek a kol., 2012). Tedy jejich orientace je z hlediska vzniku zalednění nevýhodná, neboť jižní svahy přijímají více energie slunečního záření (to platí v současnosti a platilo to i v dobách ledových), a tedy sněhová pokrývka, nutná pro vznik ledovcového ledu, na takto exponovaných svazích musela rychleji tát. Co tedy umožnilo vznik ledovců na nevýhodně orientovaných svazích? Jaká jiná vlastnost reliéfu to byla či jaké procesy umožnily vyrušit onu pro vznik ledovců nevýhodnou pozici? Touto neznámou vlastností míst, kde vznikaly kary, byla jejich expozice vzhledem k rozlehlým náhorním plošinám a převládajícímu směru větru. Vítr v dobách ledových odnášel sníh uložený na těchto vrcholových plošinách a převíval jej do údolních uzávěrů a tím navyšoval jeho mocnost, což bylo nezbytné pro vznik ledovcového ledu. Podobný vztah mezi směrem větru, vrcholovou plošinou a jedním z největších a nejdéle ležících krkonošských sněžníků platí i v současnosti. Na jižním svahu pod Modrým sedlem se vyskytuje sněžník nazývaný Mapa republiky, kde může být až 20 metrů sněhu (Dvořák a kol., 2004). Samozřejmě, že u nás během zimy, a to ani v Krkonoších, nespadne 20 metrů sněhu. Tento sníh je tam převívan z Modrého sedla a z Luční hory.

Morfometrická analýza

Morfometrická analýza reliéfu nachází uplatnění i mimo samotnou geomorfologii, jelikož reliéf a jeho vlastnosti jsou důležitými faktory i pro ostatní dílčí geografické a geovědní disciplíny, dále pro botaniku, ekologii, archeologii, ale i vědy technické. Morfometrická analýza má i široké praktické využití, např. budete-li chtít vymezit území, kde je riziko povodní, pak je to úkol pro morfometrickou analýzu, která pomůže najít hranice údolní nivy (Křížek, 2012), tj. fluvialní akumulací roviny, kde dochází k záplavám. Nebo chcete-li postavit sluneční elektrárnu, pak vás bude zajímat, které části území přijímají nejvíce sluneční energie, tj. které mají nejvýhodnější sklon a expozici. Nebo chcete-li vědět, které území má největší převýšení,



Obr. 1: Svahy s murovými dráhami v údolí Bílého Labe v Krkonoších dokazují, že představují nejdynamičtější částí reliéfu. Foto: M. Křížek

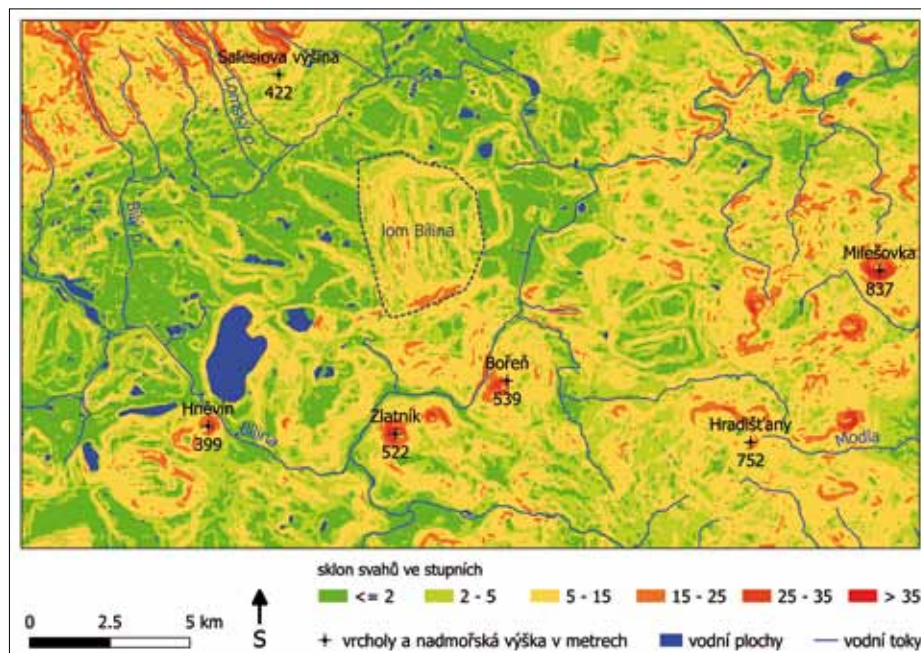
VÝZKUM A VÝVOJ

protože potřebujete postavit přečerpávací elektrárnu nebo sjezdovku, a nebo chcete-li ohodnotit energii reliéfu, pak řešíte problém relativní výškové členitosti (viz Uxa a kol., 2015). Zajímá-li vás trasa vašeho cyklovýletu, i pak je to morfometrický úkol na tvorbu profilu. Tedy mezi základní morfometrické úlohy patří: analýza sklonu a tvaru svahů, určování výškových stupňů reliéfu včetně relativních výšek, tvorba profilů a analýza orientace či expozice reliéfu. Dříve se tyto úkoly řešily ručně, dnes lze využít nástrojů GIS, které však musejí být použity správným způsobem. To znamená, že je nutné respektovat určitá geomorfologická pravidla při morfometrických analýzách v prostředí GIS. Tato pravidla i detailní návody postupů v GIS můžete najít v učebnici *Praktikum morfometrických metod reliéfu* (Křížek a kol., 2016).

Příklad konstrukce mapy sklonu svahů

Svahy (obr. 1), tedy části reliéfu se sklonem větším než 2° , tvoří více než 90 % veškerého povrchu pevnin (Demek, 1987). Sklon svahů je základní charakteristikou reliéfu, která ovlivňuje pohyb hmot po svahu, ale má i významný dopad na průběh a intenzitu říční (fluviální) či ledovcové (glaciální) eroze a akumulace.

Kromě komerčních GIS programů existuje poměrně široká škála takových, které jsou bezplatné a volně ke stažení na internetu. Právě takovým je QGIS, v němž budeme řešit náš příklad. Program je možné stáhnout zdarma na adrese www.qgis.org. Pro vytvoření mapy sklonu svahů můžete využít volně stažitelných rastrových dat digitálního modelu reliéfu (DMR). Takovými jsou například data EU-DEM z projektu Copernicus (land.copernicus.eu) s rozlišením 25×25 m. Tato data mají podobu rastrového formátu geoTIFF a jednotlivé snímky o velikosti přes 4GB pokrývají plochu 1000×1000 km. Rastr představuje fakticky obrázek – bitmapu, kde každý pixel nese informaci o pozici v podobě zeměpisných souřadnic a o nadmořské výšce. Pro náš příklad jsme si vybrali území Českého středohoří, Mostecké pánve a přilehlého okraje Krušných hor. Rastrová data vložíte do QGIS příkazem *Add raster layer (Ctrl+Shift+R)*. Pak vyberte v rolovací nabídce *Raster > Terrain Analysis > Slope*. Po otevření dialogového okna zvolte v poli *Elevation layer* rastr



Obr. 2: Mapa sklonu svahů části Českého středohoří, Mostecké pánve a Krušných hor. Svahy s největšími sklony se nacházejí na vypreparovaných vulkanických pních Českého středohoří (např. Milešovka, Bořeň, Hněvín), které na mapě vytvářejí červenooranžová kolečka či prstence. Kromě nich je velkých sklony dosaženo v okolí řeky Bíliny v severovýchodní části mapy a při vodních tocích na zlomovém svahu Krušných hor v severozápadní části mapy, kde se řeky zařizly do okolního reliéfu a vytvořily údolí se strmými svahy. Svahy s většími sklony v centrální části mapy byly vytvořeny těžební činností v povrchovém dolu Bílina.

EU-DEM, v poli *Output Layer* vyberte umístění nového rastru sklonů v systému souborů a ponechte *Output format* jako *GeoTIFF* (je možné nastavit i jiné formy výstupního rastrového formátu) a *Z-factor* na hodnotě *1* (odlišná hodnota by se zadala pro převod do jiných než metrických jednotek a dané číslo znamená onen převodní koeficient). Zaškrtnuté pole *Add results to project* zajistí, že výsledný rastr se zobrazí v právě otevřeném projektu. Potvrďte tlačítkem *OK*. Získáte tak rastr, ve kterém má každý pixel hodnotu sklonu svahu ve stupních. Pro vytvoření mapy sklonů musíte sklon rozdělit do tříd a přiřadit jim vhodnou barevnou škálu. V seznamu zobrazených vrstev *Layers panel* klikněte prvním tlačítkem myši na novou vrstvu sklonů a zvolte *Properties*. V záložce *Style* zvolte *Render type Singleband pseudocolor*. Pole *Interpolation* nastavte na *Discrete* tak, aby vytvořené třídy sklonů byly reprezentované vždy jednou barvou. V poli *Color* vyberte vhodnou barevnou škálu – pro menší sklony se většinou používají odstíny zelené, pro středně velké sklony odstíny žluté a pro nej-

větší sklony odstíny červené. V *Label unit suffix* uveďte symbol pro stupně $^\circ$ a v sloupci *Value* \leq nastavte obvyklé hraniční hodnoty tříd sklonů, a sice *2, 5, 10, 15, 25 a 35 (viz Demek, 1987). Počet tříd lze zvolit pod tlačítkem *Edit* u nastavení barev *Color*. Po potvrzení tlačítkem *OK* získáte rastr, který je zobrazen podle geomorfologických i kartografických pravidel. Výslednou mapu pro tisk nebo export vytvoříte v modulu *Print composer (Ctrl+P)*. Zde je možné nastavit velikost a orientaci stránky, na níž bude výsledná mapa. V panelu zvolte možnost *Add new map*, která vloží vytvořený rastr sklonu do definované prázdné stránky. Poté ve stejném menu vložte všechny kartografické náležitosti, tj. nadpis, měřítko, směrovku a legendu. Po všech úpravách a po doplnění základních topografických prvků můžete vytvořenou mapu (obr. 2) exportovat (například *Export as PDF*) nebo vytisknout (*Print*).*

Marek Křížek, David Krause,
Přírodovědecká fakulta UK
marek.krizek@natur.cuni.cz,

► **Measurement of topographical relief.** This article explains the division of terrain into geometrically and genetically homogenous units and discusses the importance of morphometry to the study of landscape and landforms. The practical section of the article shows how to create a map of slope gradient using the QGIS.

LITERATURA A ZDROJE DAT:

DEMEK, J. (1987): *Obecná geomorfologie*. Academia, Praha, 476 s.
DVOŘÁK, I. J., KOCIÁNOVÁ, M., HEJCMAN, M., TREML, V., VANĚK, J. (2004): Vztah mezi geo- a biodiversitou na příkladu sněhového pole „Mapa republiky“ v Modrém dole. *Opera Corcontica*, 41, s. 100–110.
KŘÍŽEK, M. (2012): Údolní niva – její vymezení a vývoj. *Geografické rozhledy*, 21, 5, s. 2–5.

KŘÍŽEK, M., VOČADLOVÁ, K., ENGEL, Z. (2012): Cirque overdeepening and their relationship to morphometry. *Geomorphology*, 139–140, s. 495–505.
KŘÍŽEK, M., UXA, T., MIDA, P. (2016): *Praktikum morfometrických analýz reliéfu*. Nakladatelství Karolinum, Praha, 178 s.
UXA, T., KŘÍŽEK, M., MIDA, P. (2015): Relativní výšková členitost reliéfu. *Geografické rozhledy*, 24, 4, s. 22–23.