



Posudek oponenta na magisterskou diplomovou práci Bc. Dariny Hanuskové “Jak se hydrologicky podílí mlha na atmosférické depozici? Využití stabilních izotopů.”

Práce Dariny Hanuskové je tematicky velmi zajímavá a přináší data a výsledky, které jsou pro území ČR originální. Diplomantka si vybrala velmi těžký úkol. Sledováním přirozeného výskytu stabilních izotopů kyslíku a vodíku v meteorické vodě se snažila zjistit podíl mlhy na mokré atmosférické depozici (na celkových srážkách) v horském prostředí Krkonoš, Šumavy a Krušných hor.

Je to důležité téma. Mlha, která přispívá k horizontálním srážkám, je v některých oblastech světa významným zdrojem vody pro vegetaci a pomocí stabilních izotopů je možné kvantifikovat její podíl na vodní bilanci rostliny nebo ekosystému a její roli v hydrologickém cyklu. Pro některé rostlinné druhy jsou horizontální srážky životně důležité hlavně v periodách sucha, čemuž přizpůsobili své životní formy a funkce.

Kvantifikace podílu depozice z mlhy na celkových srážkách ale může být obtížná. Cesta, kterou autorka použila, je založená na porovnání izotopového složení dešťových srážek neovlivněných mlhou (déšť v periodách bez mlhy a bez interakce s vegetací) a srážek, které vymývají mlžná depozita z vegetace (podkorunových srážek, zde tzv. „*throughfall*“). Použijeme-li stabilní izotopy, musí být splněny dva předpoklady. Zaprvé, mlha musí mít jiné izotopové složení než déšť a jiné formy srážek, které se mohou vyskytovat a, zadruhé, voda deponovaná z mlhy na površích (většinou listech a větvích stromů) nesmí izotopově interagovat s jinými zdroji vody v atmosféře a v rostlinách. Splnění obou předpokladů může být místně (geograficky) a časově (sezónně) specifické. Z předložené magisterské práce vyplývá, že těchto úskalí si autorka byla vědoma a součástí práce je testování platnosti obou předpokladů v podmínkách zkoumaných lokalit a v čase odběrů (říjen, listopad). Pustit se do tohoto typu práce, kde je výsledek nejistý, vyžaduje odvahu od autorky i školitelky. Jsem rád, že tuto výzvu nevdaly a věřím, že se práce může stát startovní čarou pro budoucí vědeckou dráhu Dariny.

Kromě zdůraznění významu a obtížnosti práce Dariny Hanuskové bych rád vypíchl to, že práce je svým způsobem pionýrská v českém prostředí (nejsem hydrolog ale, pokud vím,



izotopové složení mlhy v České republice dosud nikdo neměřil resp. nepublikoval jej) a že vyžaduje důkladnou teoretickou přípravu. Obecný úvod a v práci popsané metody svědčí o tom, že Darina solidně zvládla základy izotopové frakcionace kyslíku a vodíku ve vodě v hydrologickém cyklu, což je vědní obor sám o sobě, a nabyla teoretických a praktických znalostí a dovedností jak odbírat vzorky, vhodně s nimi nakládat a zpracovávat je. Práce obsahuje rovněž základní statistické hodnocení dat (střední hodnoty, míry variability, test průkaznosti rozdílů) pro proměnné, kde byl k dispozici dostatek měření. Autorka neprováděla izotopové analýzy vlastní rukou; jak píše, dělala je naše laboratoř v Č. Budějovicích. Proto bych toleroval některé nepřesnosti a neobratnosti při popisu a specifikaci použité techniky (např. typový název IRMS a jeho výrobce nebo zmínka o tom, jak se korigovaly výsledky pomocí izotopových standardů).

Práce je poměrně rozsáhlá, má 65 číslovaných stran včetně dvou stran příloh; je členěna na Úvod zahrnující také podkapitulu s cíli a hypotézami, teoretické pojednání o Izotopech kyslíku a vodíku ve vodě, Mlze, Atmosférických depozicích, dále kapitolu Metodika, Výsledky, Diskuse a Závěr. V textu je zařazeno 30 obrázků a grafů a 9 tabulek. Práci doplňuje seznam citované literatury s asi 150 vesměs recentními pracemi, obsah, seznam zkratk a český a anglický abstrakt. Formální stránka práce je na dobré úrovni s malým množstvím překlepů. Popisy obrázků by mohly být někde podrobnější, stylisticky je práce dobrá až na drobné výjimky (viz seznam dole). V úvodních kapitolách o izotopech a/nebo o mlze jsem postrádal vysvětlení toho, proč je mlha obvykle bohatší na těžké izotopy ^{18}O a ^2H než déšť, tedy jevu, který je základem použité metody. To je čtenář sice dozvídá, ale až v diskusi. Může autorka komentovat blíže při obhajobě?

K nejzajímavějším výsledkům práce podle mne patří zjištění že-, a kvantifikace o kolik, je voda v mlze na sledovaných územích obohacenější o těžké izotopology vody oproti dešti. To odpovídá hypotéze. Naopak výsledkem, který hypotéze odporuje, je, že podkorunová voda (*throughfall*) byla u většiny vzorků izotopově lehčí než déšť. Tato skutečnost pak brání realistickému výpočtu podílu mlhy na celkových srážkách. Použitý jednoduchý směšovací model evidentně v těchto případech „nefunguje“ a autorka v diskusi navrhuje několik možností proč tomu tak je. Jejich testování by vydalo na samostatnou práci. Myslím si, že izotopová výměna mezi vodou deponovanou z mlhy na površích vegetace a vzdušnou vlhkostí by mohla být příčinou. Chápu, že autorka chtěla dojít k nějakým kvantitativním údajům o podílu mlhy na srážkách, ale v rigorózním recenzním řízení by



způsob výpočtu na základě vybraných minoritních dat, které vyhovují hypotéze, určitě nebyl přípustný. Toto konstatování nicméně nesnižuje přínos naměřených dat, jen interpretaci části z nich na základě příliš zjednodušeného v literatuře publikovaného modelu.

Drobnější nebo specifické výhrady, které jsem měl při čtení rukopisu, a případné dotazy jsou uvedeny v sekvenčním pořadí níže.

Celkově mohu konstatovat, že posuzovaná **práce Bc. Dariny Hanuskové podle mého názoru splňuje všechny požadavky kladené na magisterskou diplomovou práci a mohu ji doporučit jako podklad pro udělení titulu Mgr.**

V Českých Budějovicích 28.8.2018

Jiří Šantrůček

Drobné připomínky, doporučení, případné dotazy k autorce.

- Str. 6 (Abstrakt) a na mnoha místech dále v textu: „*ThermoBremen, Delta ThermoBremen*“. Správné označení IRMS a jeho výrobce by mělo být DeltaPlus XL (ThermoFisher Scientific, Bremen, Německo).
- Str. 9, Kap. 1.1: „throughfallu“ tento anglický výraz skloňovaný s českými příponami mi připadá obluďný. Připustil bych ho jako žargon, ale v česky psaném textu? Neexistuje nějaký český ekvivalent? Našel jsem např. „podkorunové srážky“.
- Str. 9: Hypotéza 1 je kompatibilní s cílem 2, hypotézy 2 a 3 s cílem 3. Bylo by dobré, kdyby ke každému cíli existovala jedna stejně očíslovaná hypotéza.
- Str. 10, ř.5: Jsou chemické vlastnosti prvku skutečně dané počtem protonů v jádře, jak se zde píše? Vždyť např. schopnost vytvářet chemickou vazbu je, pokud je mi známo, dána hlavně počtem elektronů ve valenčních orbitalech.
- Str. 10: v Tab. 1 je pravděpodobně nesprávně uvedeno procento přirozeného výskytu izotopů vodíku.
- Str. 13, ř.6: “ $\Delta = \delta r - \delta p [‰]$ ” - mělo by se zdůraznit, že toto je pouze aproximace.
- Str. 14, kap. 2.4, 3. řádek: “*Tuto křivku lze vyjádřit...*” – nejde o křivku, jak je vidět z uvedené rovnice, ale o přímku.
- Str. 15: „*Při výparu dochází k tomu, že deficit deuteriového přebytku nabývá záporných hodnot, což je způsobeno tím, že molekuly vody obsahující těžší izotop mají menší tendenci k vypařování než ty s izotopem lehčím.*“ Zdůvodnění změn deuteriového přebytku při výparu nevystihuje pravou příčinu. Ta je ve změně sklonu původní GMWL, tedy v tom, že celková frakcionace ^{18}O vody už není 8-krát nižší než frakcionace ^2H vody. Difuse mění zmíněný sklon proto, že kinetické frakcionační faktory ^{18}O a ^2H vody mají téměř stejnou hodnotu na rozdíl od rovnovážných frakcionačních faktorů, kde je ten pro ^2H vodu 8x větší než pro ^{18}O vodu.
- Str. 16: “*Deuteriový přebytek se také zvyšuje s rostoucí zeměpisnou šířkou. Tato závislost souvisí s vazbou na změnu průměrné teploty.*“ Domnívám se, že deuteriový přebytek je spíše než teplotou určován vlhkostí vzduchu, do kterého se voda vypařuje (viz např. práce Voelker et al. Ecological Applications 2014).



- Str. 17: “*Izotopové složení mlhy je v porovnání s deštěm bohatší na těžší izotopy.*“ Bylo by zde dobré připojit zdůvodnění nebo alespoň citace prací ukazující tuto skutečnost.
- Str. 18: “*kde je molekula $^{13}_6C$ o 2,27 ‰ těžší než molekula $^{12}_6C$;*“; zde má správně být znak pro procento, ne promile; to by byl příliš malý rozdíl (lze snadno spočítat z molekulových hmotností obou izotopových forem CO₂).
- Str. 18: “*... je nejcitlivější metodou s přesností < 0,01 ‰*“ poněkud zavádějící konstatování, z kterého by se mohlo zdát, že přesnost je velice nízká. Asi mělo být uvedeno, že standardní odchylka měření bývá menší než 0,01 promile.
- Str. 19: “*Mlha je tvořena dvěma vodíky obsahující zejména lehčí izotop vodíku 1H a jeden kyslík ^{16}O .*“ Příliš zkratkovité vyjádření na to, že je to první uvedená definice mlhy v této práci.
- Str. 32, Tab. 3: SR ML TH: proč je jiné značení vzorků než v přílohách? (R, F, TH)
- Str. 36: “*Krimpovací viala*“; Pokud je to možné, neměli bychom vytvářet české termíny z anglických názvů.
- Str. 36: “*pomocí autosampleru PAL nadávkován 1 ml vzorku.*“ Dávkuje se kolem 1 mikrolitru, nikoli mililitru.
- Str. 37: “*Předpokládá se tedy, že výsledné hodnoty odběrů z měsíce října budou ve srovnání s odběry v měsíci listopadu izotopově lehčí*“ Tato věta odporuje logice předchozího konstatování i skutečnosti. V říjnu by srážky měly být izotopově těžší než v listopadu.
- Str. 39: “*Fracionace throughfallu pocházející z mlhy*“ Má být asi frakce (podíl), ne fracionace.
- Str. 39: “*F/T se podle Scholl et al. (2009) vypočítá jako*“ má asi být f/F, ne F/T.
- Str. 39: výpočet podle uvedeného vzorce ale asi předpokládá, že veškeré srážky z mlhy se dodávají z vysokého porostu; zanedbává srážky na holé zemi nebo na nízkém porostu např trávy. Ve skutečnosti tedy podhodnocuje reálné srážky z mlhy v závislosti na LAI (leaf area index) vysokého porostu a LAI trávy.
- Str. 40: “*Z vizuálního porovnání odběrů jednotlivých lokalit v rámci oblastí vyplývá, že u oblastí Krkonoš je $\delta^{18}O$ a δ^2H obdobné, zatímco lokality Šumavy Malá Mokrůvky a Churáňov se liší.*“ Takto "vizuálně" v obrázcích 23 a 24 absenci nebo existenci rozdílů nevidím.
- Str. 42: “*Obr. 27*“; zdá se mi, že podrobné rozebírání rozdílů mezi oblastmi a místy odběru je zbytečné vzhledem k předchozímu konstatování, že mezi oblastmi rozdíly nebyly statisticky prokázány.
- Str. 42: “*...provedeno srovnání hodnot $\delta^{18}O$ a δ^2H mlhy a srážek. Z porovnání jednotlivých odběrů vyplývá, že jsou srážky ve srovnání s deštěm*“; použité termíny jsou nejednotné a jejich arbitrární používání zde brání pochopení toho, co má autorka na mysli: mlha versus srážky, srážky versus déšť?
- Str. 45, Tab. 6: Trvalo mi, než jsem pochopil, co znamenají čísla uvedená ve sloupcích označených delta 2H a delta 18O. Toto nejsou delty. Jde asi o frakci f. Dále z tabulky je zřejmé, že použitý model nedává reálné výsledky. Ví autorka čím to je?
- Str. 46, 7. Diskuse: “*Hodnoty δ byly vztaheny ke dvěma mezinárodním standardům, a to SMOW a GISP, který byl již nahrazen standardem SLAP, ale v Českých Budějovicích, kde analýza proběhla, ještě není využíván*“ Jde zjevně o informační šum. Standard GISP je od roku 2007 distribuován Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA) výhradně jen v balíčku společně se SMOW2 a SLAP2. Nahradit GISP standardem SLAP (nebo SLAP2) není rozumné, protože oba mají velmi odlišné izotopové složení (GISP: $\delta^2H = -189.5\text{‰}$, $\delta^{18}O = -24.76\text{‰}$; SLAP2: $\delta^2H = -428\text{‰}$, $\delta^{18}O = -55.5\text{‰}$) a všechny vaše vzorky tedy byly mezilehlé mezi SMOW2 a GISP.



Proto se analýzy vztahují na SMOW2 a korigují podle kalibrační přímky mezi SMOW2 a GISP.

- Str. 46: “*Přesnost našich výsledků byla vysoká a pohybovala v rozmezí 1,5 - 1,8 ‰ u $\delta^{18}O$ a 0,24 - 0,37 ‰ u δ^2H .*“ Hodnoty pro ^{18}O a 2H jsou prohozené.
- Str. 47: “*porovnání izotopového složení jednotlivých epizod mezi odběrovými oblastmi.*“ Občas jsou formulace až příliš zkratkovité. Epizody nemají izotopové složení.
- Str. 48, 49, Tab. 8,9: v popisu by bylo dobré uvést, zda jde o průměrné roční hodnoty nebo o hodnoty během některého měsíce.
- Str. 49: „*pomocí statistického testu při stanovené hladině významnosti $\alpha=0,05$ ($\delta^{18}O$ $p=0,004639$; δ^2H $p=0,006104$)*“ Není nutné uvádět hodnoty pravděpodobnosti při statistickém testování na 6 desetinných míst. Stačí na 3 místa. Podobně na str. 52 v kapitole Závěr a na dalších místech v textu.