

## Oponentský posudek diplomové práce

**Téma diplomové práce:** Režim hladin podzemní vody v lužních lesích západně od Litovle: vliv jímacího území Čerlinka, kolísání řeky Moravy a evapotranspirace z lužních lesů

**Autor:** Bc. Tomáš Herza

**Vedoucí práce/Školitel:** doc. RNDr. Jiří Bruthans, Ph.D.

**Konzultant:** Mgr. Tomáš Ondovčín, Ph.D.

### Zadání diplomové práce

V západní části CHKO Litovelského Pomoraví existuje střet zájmů mezi provozovatelem velkého jímacího území Čerlinka u Litovle a zájmy ochrany přírody. Důvodem je otázka míry vlivu snižování hladiny podzemní vody pod lužními lesy díky čerpání z jímacího území. V lužních lesích dosud chyběly informace o průběhu hladiny v čase s výjimkou 4 vrtů. Nově je možné sledovat hladiny podzemní vody na asi 30 objektech v lužních lesích v různé vzdálenosti od řeky.

Cílem diplomové práce je pokusit se v rámci časových limitů diplomové práce zjistit, v jaké míře a v jakém plošném rozsahu ovlivňuje čerpání o různé intenzitě v jímacím území Čerlinka u Litovle hladinu podzemní vody v Lužních lesích CHKO Litovelské Pomoraví. Cílem práce je také analyzovat ostatní faktory proměnlivé v čase, jako je vliv kolísání hladiny řeky Moravy a evapotranspirace na kolísání hladiny podzemní vody v kritické oblasti lužních lesů za různých vodních stavů na řece Moravě.

Cílů by mělo být dosaženo, pokud to okolnosti umožní 1) měřením hladin podzemní vody v různých částech lužního lesa během roku a za různých vodních stavů řeky 2) srovnáním režimu hladin podzemní vody v lužním lese s kolísáním hladin v říčních ramenech řeky Moravy a s nově projektovaným čerpáním v jímacím území, 3) ověřením vlivu vypočtené evapotranspirace na hladiny podzemní vody v lužním lese, a 4) získáním detailních parametrů propustnosti ze simulací režimu hladin podzemní vody za různých vodních stavů a odběrů podzemní vody na zjednodušeném hydraulickém modelu. K analýze hydrogeologických poměrů i k simulaci vývoje hladin podzemní vody v lužním lese a jeho okolí bude využito údajů o čerpání, archivních dat denních teplot a průtoků, dat z režimního sledování hladin a průtoků a manuálně změřených hladin a průtoků z piezometrů a vrtů v lužním lese.

### Vlastní posudek

Diplomová práce má celkem 116 stran. Struktura práce odpovídá požadavkům na diplomovou práci. Na titulní straně jsou uvedeny všechny povinné údaje, je uveden anglický i český abstrakt, obsah, vlastní práce a přehled literatury. Přehled literatury odpovídá zpracovanému tématu a zahrnuje i množství zahraniční odborné literatury, všechny převzaté obrázky nebo grafy jsou správně citované a celkový rozsah použité literatury je dostatečný pro úroveň předložené diplomové práce. Formát citací i seznam literatury a dalších zdrojů jsou dobře formátovány.

Vlastní práce je tvořena základními kapitolami, které odpovídají požadavkům na diplomovou práci: Úvod, Přírodní poměry, Současný stav, Metodika, Výsledky a diskuse a Závěr.

Úvodní část popisuje problematiku studované lokality, tedy střet zájmů ochrany přírody lužních lesů v CHKO Litovelského Pomoraví s provozovatelem jímacího území Čerlinka u Litovle. Dále autor popisuje způsob zapojení do prací na lokalitě, kdy dostal možnost přímo se zapojit do terénních měření na hydrogeologických objektech v daném území s možností využití získaných dat pro účely diplomové práce. V úvodní části jsou také popsány hlavní cíle diplomové práce, které jsou popsány také v zadání diplomové práce.

Dále jsou v práci detailně popsány klimatické poměry, s velkým důrazem na hydrologické, geologické a hydrogeologické poměry. Tato část je zpracována rešeršním způsobem relativně detailně, což má význam především pro pochopení dalších částí textu.

Na přírodní poměry navazuje popis současného stavu poznání hydrogeologie jímacího území (JÚ) Čerlinka a prostoru lužních lesů ve studované oblasti. Jsou popsány provedené čerpací zkoušky, historie monitoringu hladiny podzemní vody v oblasti, a jejich hlavní závěry a výsledky. Dále jsou popsány další historické práce – měření průsaku vod v korytech řeky Moravy a Malé vody a jsou shrnuty výsledky 3 hydraulických modelů provedených v letech 2009, 2016 a 2022.

Všechny úvodní informace o zájmové lokalitě a přírodních poměrech a vzájemných souvislostech jsou velmi kvalitně zpracovány na vysoké úrovni a poskytují čtenáři dobrou znalostní bázi pro další kapitoly.

V další části práce autor popisuje metodiku vlastních provedených prací. Jedná se o následující metody:

- 1) Měření hladiny pomocí ručního hladinoměru a pomocí automatických tlakových čidel Solinst
- 2) Měření průtoku metodou ředění stopovače – měření je prováděno za různých stavů
- 3) Provedení čerpací zkoušky v JÚ Čerlinka
- 4) Vyhodnocení ovlivnění a reakce vrtů a piezometrů na vliv vodního toku a čerpání v JÚ – metoda je velmi detailně popsána
- 5) Geodetické zaměření hladin
- 6) Výpočet výparu z lužního lesa – autor se zabývá množstvím vody, které se může ztratit z prostoru lužního lesa v nivě Moravy vlivem sekundární evapotranspirace podzemní vody. Jsou uvedeny literární zdroje a je vysvětlena problematika výpočtu.
- 7) Numerický hydraulický model zájmového území – je definována oblast pro modelové území, okrajové podmínky, popis zjednodušení modelu, popis modelovacího software FEFLOW, kalibrace modelu.

Rozsah metod, které jsou v diplomové práci použity je značný a přesahuje běžný rámec diplomové práce. Metodická část tak dobře odpovídá experimentální a praktické části diplomové práce. Pro splnění vytčených cílů a interpretaci výsledků je však takový rozsah metod nutný pro správnou interpretaci výsledků. Metodickou část lze hodnotit jako velmi dobře zpracovanou a srozumitelnou. Drobné připomínky k metodické části uvádím v závěru oponentského posudku.

Rozsah kapitoly Výsledky a diskuse odpovídá pracím, které autor diplomové práce provedl. Vzhledem k množství získaných terénních dat autor shromáždil výsledky do podkapitol podle příslušné metody a typu získané informace.

Měřené hladiny ve vrtech a piezometrech byly rozděleny podle převažující reakce na konkrétní hydrologický nebo hydrogeologický objekt do šesti základních skupin. Je ukázáno jak v rámci těchto skupin vrty a piezometry reagují, a to jak pomocí grafů, tak i slovním popisem. Bylo také využito dlouhodobé čerpací zkoušky v jímacím území (únor-duben 2022), kdy byl sledován vliv čerpání na každý sledovaný vrt nebo piezometr a bylo možné určit u kterých objektů převažuje reakce na čerpání v jímacím území a u kterých objektů je reakce překryta vlivem kolísání řeky Moravy. Míra reakce vrtů a piezometrů na kolísání hladiny řeky Moravy, nebo na čerpání vrtů v jímacím území Čerlinka je také kvantifikována v závislosti na vzdálenosti od těchto objektů a je také vyhodnocena rychlost této reakce. Situace v zájmové oblasti se jeví jako velmi komplexní, neboť různým způsobem reagují vrty situované v kvarténních štěrkopískách, ve zvodni devonských vápenců a kulmských drob. Navíc se v území projevuje plošně rozdílná komunikace mezi povrchovými vodami a podzemními vodami různých hydrogeologických útvarů, a také vliv zkrasování podloží devonských vápenců. Autor na naměřených časových záznamech hladin podzemní vody tento komplexní systém popisuje, klasifikuje a vysvětluje pozorované trendy. Jsou také popsány směry proudění podzemní vody za různých vodních

stavů včetně povodňového stavu a také během čerpací zkoušky na jímacím území. Izolinie podzemní vody jsou graficky znázorněny v mapách zájmového území.

Dále se autor zabýval vlivem evapotranspirace na hydrologickou bilanci v oblasti lužního lesa, přičemž prokázal, že v suchých letních měsících má sekundární evapotranspirace vliv na hladinu podzemní vody v podobné míře, jako samotné čerpání z jímacího území Čerlinka.

V poslední kapitole experimentální části práce se autor zabývá numerickým hydraulickým modelem zájmového území. Hlavním cílem modelování bylo určit hydraulické parametry zkoumaného prostředí jako jsou hydraulická vodivost jednotlivých zvodní, hodnoty transmisivity a přetoky mezi vápencovým kolektorem a štěrkopísky. Součástí práce na numerickém modelu bylo sestavení koncepčního modelu, rozdělení modelu na dílčí modelové vrstvy, nadefinování okrajových podmínek modelu, a nakonec kalibrace modelu.

Autor iterativně upravoval hydraulické parametry modelu, aby minimalizoval rozdíly mezi simulovanými a reálnými daty z terénu a docílil tak nastavení modelu, které nejlépe popisuje skutečné proudění podzemní vody v zájmovém území. Autor se na modelu snažil simulovat ty situace, během kterých došlo v modelovaném území k výraznějším změnám úrovní hladin – např. výrazné nárůsty hladiny řeky nebo čerpání v jímacím území Čerlinka.

Výsledky jednotlivých simulací na modelu dokládá autor jednak mapkami s vyznačením objektů, které byly pro danou simulaci použity, tabulkami, kde shrnuje základní parametry dané simulace, grafy pozorovaných a simulovaných hladin v rámci modelu a také četnými grafikami, popisujícími výsledky modelu a jednotlivých vrstev modelu při různém nastavení. Výsledky modelu jsou zároveň velmi detailně diskutovány a popisovány. Po celkové kalibraci modelu pak autor simuloval různé stavy čerpání z jímacího území Čerlinka a také různé stavy při zvýšené úrovni hladiny řeky Moravy. I zde autor ukazuje na grafech výslednou shodu mezi reálně naměřenými daty a daty simulovanými modelem.

Výsledky modelu dokládají složitost proudění podzemní vody v zájmové oblasti, kdy se hydraulické vlastnosti vrstvy štěrkopísky liší v různých částech modelovaného území a také komunikace mezi podložními vápenci a štěrkopísky se liší v různých částech území. Autor dokládá nový poznatek o vlivu podložních zkrasovělých vápenců na komunikaci mezi řekou Moravou a hladinou podzemní vody v oblasti lužního lesa.

Dále autor pomocí modelu ověřil, jaké velké jsou pravděpodobně přítoky vody korytem řeky Moravy do štěrkopísky za normálního stavu a při zvýšeném stavu a porovnal tyto výsledky s historickými měřeními pomocí průsakoměrů. Naopak prokázal nekomunikaci toku Malá Voda v NPR Vrapáč s podložními štěrkopísky a vápenci, neboť je uložen v nadložních nivních sedimentech.

V diskusi k výsledkům z modelu autor dále diskutuje přesnost a variabilitu dosažených výsledků v rámci modelovaného území a také limity modelu, které jsou dány především zjednodušeným nastavením okrajových podmínek, zjednodušenou geometrií 3D modelu, případně také absencí srážkových úhrnů a většího počtu měření průtoku potoka Čerlinka. Dále autor diskutuje další limity a omezení modelu, což může přispět k definování nových otázek a úkolů, které jsou potřeba odpovědět v budoucnu pro zpřesnění modelu, jako je např. rozsah hydraulického propojení mezi štěrkopískovým kolektorem a podložními zkrasovělými vápenci.

Všechny výsledky jsou v závěru práce shrnuty v rámci koncepčního modelu zájmového území. Hydraulická bilance je dokumentována i názorným grafickým modelem opatřeným popisem. Autor definuje hydraulickou vodivost, případně její variabilitu, svrchních nivních hlín, kvartérních štěrkopísky v oblasti lužního lesa (NPR Vrapáč) a v okolí hlavního ramene řeky Moravy, dále transmisivitu devonských vápenců a hydraulickou vodivost izolátoru mezi štěrkopísky a vápenci. Dále autor kvantifikuje hydraulickou komunikaci mezi vodou v řece Moravy a podložním štěrkopískovým a vápencovým kolektorem a také vzájemnou komunikaci mezi štěrkopísky a podložními vápenci, která se v rámci zájmového území liší. Autor diskutuje absenci vápenců v západní části lužního lesa nebo přítomnost mocnějšího izolátoru.

### **K diplomové práci mám některé připomínky a otázky do diskuse:**

- 1) Protože je práce velmi rozsáhlá a bohatá na obrázky a tabulky, bylo by vhodné uvést číslovaný seznam obrázků a tabulek.
- 2) V kapitole 4.1 by bylo vhodné doplnit technické informace o použitých hladinoměrech, především jejich přesnost měření, která se u různých typů liší.
- 3) V kapitole 4.2 autor popisuje metodu měření průtoku metodou ředění stopovače. Zde by bylo také vhodné vyjádřit se k přesnosti metody. Případně se vyjádřit k tomu, jaký vliv má nebo nemá přesnost této metody na celkovou bilanci v koncepčním modelu, který autor prezentuje v závěrečné části.
- 4) V metodické části by bylo vhodné uvést úplný soupis měřených vrtů a piezometrů a jejich základní technické parametry (souřadnice lokace, hloubka, průměr, popis otevřených úseků, informace v jakém kolektoru je situovaný). Případně stručný popis vrtů a piezometrů mohl být uveden v příloze k celé práci.
- 5) Uvažoval autor použití stopovacích zkoušek ve své práci, včetně přírodních stopovačů jako jsou izotopy? Jak přesně se dá z hydrochemických a izotopových parametrů čerpané vody v JÚ Čerlinka usuzovat o původu a infiltrační oblasti?

### **Závěr**

Autor splnil zadání diplomové práce. Cílem bylo kvantifikovat faktory ovlivňující hladinu podzemní vody v lužních lesích v okolí Litovle, včetně vlivu řeky Moravy, odběrů podzemní vody v jímacím území Čerlinka a evapotranspirace. Autor se pokusil definovat prostorový rozsah vlivu odběrů podzemní vody a velikost poklesu hladiny podzemní vody v oblasti lužních lesů.

Z hlediska použitých metod využil velké množství metod, které obor hydrogeologie nabízí. Výsledky terénních měření dále použil pro kalibraci numerického modelu zájmové lokality. Autorem prezentované výsledky studie mohou být velkým přínosem jak k veřejné, tak i odborné diskusi o ochraně přírody v územích, kde zároveň dochází k intenzivnímu využívání přírodních zdrojů, v tomto případě podzemní vody, která je jímána v JÚ Čerlinka.

Z hlediska formálního autor dodržel všechny hlavní požadavky na členění, obsah a rozsah diplomové práce. I přes velké množství zpracovaných terénních dat se autorovi podařilo diplomovou práci koncipovat přehledně a strukturovaně. Autor vysvětluje velmi komplexní systém proudění podzemní vody a komunikaci různých hydrogeologických systémů ve vztahu k jímacímu území. Všechny tvrzení, výstupy a závěry dokumentuje naměřenými daty, grafy případně dalšími grafikami. Všechny zdroje jsou citovány.

Předloženou diplomovou práci hodnotím velmi kladně, doporučuji k obhajobě a navrhuji klasifikaci výborně.

V Praze 18.8.2024

RNDr. Jan Kukačka