

OPONENTNÍ POSUDEK DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název diplomové práce : Matematický model regionálního proudění podzemní vody v oblasti melechovského masivu využívající data dálkového průzkumu Země

Diplomant : Zdena Pušová

Vedoucí diplomové práce : Doc. Jiří Mls, Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

Oponent : Mgr. Michal Polák, PROGEO s.r.o., Tiché údolí 113, Roztoky u Prahy

Úvod k oponentnímu posudku

Cílem oponentního posudku je zhodnotit, zda diplomová práce odpovídá po obsahové i formální stránce požadavkům kladeným na její přijetí. Předkládaný posudek se vztahuje k čistopisu diplomové práce, který mi byl předán diplomantkou 27.7.2007.

Připomínky a komentáře k jednotlivým částem DP

ad úvodní listy (obsah, seznam příloh, abstrakt)

Abstrakt v českém a anglickém jazyce postihuje zadání diplomové práce, představuje zájmovou lokalitu a stručně nastiňuje metodiku použitou k dosažení cílů práce.

Předpokládám, že úkolem diplomové práce je spíše posouzení regionálního proudění podzemní vody v oblasti melechovského masivu pomocí modelového řešení, než vytvoření samotného matematického modelu.

K úvodním listům nemám připomínky.

ad kap. 1. Úvod

V *Úvodu* je lokalita melechovského masivu představena jako testovací lokalita pro stanovení metodiky průzkumu prostoru budoucího úložiště vysoce aktivního odpadu. Jsou zde stručně shrnuty výsledky předchozích hodnocení provedených pomocí matematických modelů (M. Havlík, V. Frydrych, T. Dupalová) a vytyčen cíl rozšířit poznatky z těchto prací o posouzení hydrogeologické funkce puklinových systémů.

V kapitole postrádám rekapitulaci cílů diplomové práce, pro potřeby uvedení do problematiky práce však považuji tuto kapitolu za dostačující.

ad kap. 2. Metodika

Přehledným způsobem je popsána metodika zpracování matematického modelu zájmové lokality. Je zde stručně vymezen rozsah modelového území, jeho diskretizace a shrnuto stanovení okrajových podmínek. Stručně je uveden také postup kalibrace modelového řešení. Dále je uveden hlavní zdroj, ze kterého byly čerpány informace o puklinové síti a naznačení postupu zpracování těchto informací.

V této kapitole postrádám pouze ucelenější zmínku o zpracování podkladových materiálů a vymezení dalších zdrojů informací o přírodních poměrech zájmového území, přestože z dalších kapitolách je patrné, že byla provedena podrobná rešerše prací týkajících se zájmového území.

ad kap. 3. Přírodních poměry

Kapitola *Přírodní poměry* je členěna do podkapitol *Geomorfologie*, *Klimatická charakteristika* a *Hydrografie, hydrologie*. Kapitola věcně a přehledně dokumentuje přírodní poměry lokality. Jsou zde uvedena klimatická a hydrologická data, u kterých je vždy správně citován informační zdroj.

K této kapitole nemám žádné připomínky.

ad kap. 4 Geologické poměry

Kapitola *Geologické podmínky* je tvořena podkapitolami *Geologický vývoj a charakteristika jednotek a Strukturní charakteristika*. Je zde popsána geologická stavba zájmové oblasti a jednotlivé litologické typy granitických hornin masivu. Rovněž jsou v této kapitole obsáhle popsány hlavní strukturní prvky geologického prostředí zájmové lokality a charakter tektonického porušení masivu. U všech uvedených údajů jsou náležitě uvedeny citace a na vhodných místech jsou vloženy odkazy na grafické interpretace v přílohové části diplomové práce. Tato kapitola je velmi dobře a přehledně zpracována.

ad kap. 5 Hydrogeologie

Kapitola *Hydrogeologie* obsahuje podkapitoly *Hydrogeologická charakteristika území, Hydraulické vlastnosti hornin, Vliv tektonických poruch na pohyb podzemní vody, Typy podzemních vod, Prameny a Radon v podzemní vodě*.

V kapitole je diskutována průměrná hodnota specifického podzemního odtoku z území melechovského masivu, definovány tři základní hydrodynamické zóny hydrogeologického masivu a popsána představa proudění podzemní vody v zájmovém území. Kapitola rovněž rekapituluje současné znalosti o hydraulických vlastnostech hornin a tektonických poruch geologického prostředí zájmového území a uvádí geochemickou charakteristiku podzemních vod. Součástí je i hodnocení výskytu a charakteru pramenních vývěřů.

V podkapitole *Hydraulické vlastnosti hornin* jsou uvedeny průměrné koeficienty filtrace otevřených, uzavřených a sekundárně vyplněných puklin. Z textu není dostatečně patrné jakou složku masivu tyto koeficienty popisují, zda samostatné pukliny, nebo celé porušené zóny.

Kapitola je dobře zpracována a podává jasný přehled o hydrogeologických poměrech zájmové lokality.

ad kap. 6 Koncepční model

Kapitola je dále členěna na podkapitoly *Vymezení modelové oblasti, Okrajové podmínky, Popis modelových vrstev, Vlastnosti puklin a Infiltrace*.

Kapitola stručně popisuje koncepci modelového řešení. Vymezuje modelovou doménu a podává informaci o okrajových podmínkách a způsobu jejich zadání na jednotlivých částech hranice modelového území. Popisuje vertikální diskretizaci modelu, počáteční hydraulické parametry puklin a stanovuje velikost infiltrovaného množství vody.

Na obr.3 v podkapitole *Vymezení modelové oblasti* není u jmen obcí použit český font písma. V podkapitole *Popis modelových vrstev* by bylo vhodné doplnit přehledné schéma popisující vertikální členění modelu, mocnost vrstev a případně typ a míru jejich propustnosti. Tato kapitola je zpracována velmi dobře.

ad kap.7 Matematický model

Tato kapitola je členěna na podkapitoly *Matematická formulace, Použitý software, Geometrie modelové oblasti a Vstupní parametry*.

V kapitole je rádně formulována řídicí rovnice pro danou okrajovou úlohu a popsány základní parametry a vlastnosti programu použitého při realizaci modelu. Je zde definována horizontální a vertikální diskretizace modelu a přehledně tabelárně uvedeny výchozí odporové parametry granitu a puklin pro jednotlivé vrstvy. V kapitole je dále popsáno jakým způsobem byly do modelového řešení zadány okrajové podmínky na hranici oblasti.

V kapitole postrádám informaci jakým způsobem byly v modelu simulovány povrchové toky a jejich hydrologická funkce.

Kapitola je zpracována dobře.

ad kap. 8 Kalibrace

V kapitole *Kalibrace* je popsáno, že pro ladění modelu bylo využito hladinového kritéria a správná funkčnost modelu byla ověřována pomocí bilance řešení. V kapitole je dále uvedeno, že ke kalibraci modelového řešení bylo použito především změn velikosti rozevření puklin v určitých oblastech modelové domény, a také plošného snížení velikosti infiltrace. V závěru kapitoly jsou uvedeny hodnoty odladěných hydraulických odporových parametrů krystalinických hornin a odladěné hodnoty velikosti hydraulického rozevření puklin simulované puklinové sítě v jednotlivých modelových vrstvách. Je zde také základní bilance modelového řešení.

Kapitola je zpracována věcně správně. Pro kalibraci modelu tohoto rozsahu by bylo vhodné využít větší množství kalibračních bodů a mimo kritéria hladinového využít (alespoň v omezené míře) i kritéria průtokového. Vzhledem k charakteru modelu a nedostatku kalibračních dat lze však kalibraci označit za dostatečnou. V tabulce modelové bilance by bylo vhodné rozdělit modelovou drenáž pro jednotlivé skupiny povrchových vodotečí (části hranice oblasti), aby bylo zřejmé, jakým způsobem je distribuována podzemní voda v modelovém řešení, a byla tak vhodně číselně doplněna příloha 9. V tabulce 8 je špatně popsán sloupeček tabulky, ve kterém je uveden odtok z modelu.

ad kap. 9 Výsledky

Kapitola informuje o tom, jaké výstupy model poskytuje a které přílohy obsahují příslušné výsledky. V této kapitole jsou uvedeny modelové výsledky umožňující posouzení hydraulického režimu zájmového území. Výsledky simulace jsou prezentovány ve formě izolinií hladin podzemní vody, map znázorňujících distribuci velikosti vertikální složky objemové hustoty toku a doby výstupu podzemní vody k povrchu stanovené metodou particle tracking. Připomínky k této kapitole jsou totožné s připomínkami, které se týkají jednotlivých příloh práce a jsou uvedeny níže.

ad kap. 10 Diskuse výsledků

Tato kapitola stručně shrnuje modelové výsledky a zobecňuje je do formy hydrogeologického hodnocení zájmového území. Je zde diskutována míra věrohodnosti simulace oproti výsledkům dříve realizovaných modelů a výpočtu hladin podzemní vody v krystaliniku provedeném na základě empirického vzorce. Kapitola uvádí výsledky práce, které je možné shrnout do následujících bodů:

- proudění podzemní vody v oblasti je dominantně závislé na charakteru rozpuštění,
- proudění podzemní vody se směrem do hloubky zpomaluje,
- hydraulická funkce otevřených puklinových zón se do určité míry projevuje i v nadložních průlinových kolektorech,
- hlavními drenážními oblastmi území je křížení tektonických linií a hlavní drenážní báze oblasti (Sázava),
- tektonika umožňuje lokálně velmi rychlé a obtížně predikovatelné vertikální proudění podzemní vody.

ad kap. 11 Závěr

V *Závěru* je stručně rekapitulován obsah práce a dosažené výsledky. Je zde znovu konstatován fakt, že puklinové systémy umožňují potenciálně velmi rychlé vertikální proudění podzemní vody a bez dokonalé znalosti puklinového prostředí není možné tyto rychlosti uspokojivě predikovat. Kapitola také správně obsahuje stručný výčet parametrů, jejichž zjištěním by bylo možné zvýšit věrohodnost modelové simulace, a tedy i následného hydrogeologického hodnocení.

V *závěru* je konstatováno, že většina infiltrované vody zůstává ve svrchní části masivu. V diplomové práci však není nikde proveden pokus o alespoň přibližné bilancování množství vody v jednotlivých modelových vrstvách, které by toto tvrzení podporovalo.

K závěrům práce nemám žádné další připomínky.

ad Přílohy

V přílohové části jsou uvedeny grafické a tabelární přílohy, na které je v textu na vhodných místech správně odkazováno. K přílohám mám tyto připomínky:

Příloha 1 a 2 – u popisu jmen obcí není použit vhodný font, který by podporoval český jazyk.

Příloha 6 – vypovídající hodnota vertikálních řezů je velmi nízká a není z nich patrná žádná informace o úrovni hladiny podzemní vody.

Příloha 5, 6, 7 a 9 – zjevné nezahrnutí lokálních povrchových vodotečí do simulace do jisté míry zkresluje proudění ve svrchních modelových vrstvách, kde lze předpokládat rychlý oběh vody z oblasti infiltrace k nejbližší drenážní bázi.

Příloha 7 – v obrázcích této přílohy postrádám uvedení jednotek pro zobrazovanou veličinu.

Příloha 7.2 – v *kap. 11 Závěr* byl vrch Melechov označen za hlavní infiltrační oblast území, což je do jisté míry ve sporu s přílohou 7.2, kde v oblasti Melechova převládá vzestupné vertikální proudění.

Celkové hodnocení diplomové práce

Předložená práce zpracovává metodicky správně zadané téma. Pro diplomovou práci byly využity prakticky veškeré dostupné podklady a materiály. Tyto materiály jsou v textu řádným způsobem citovány. Převzaté poznatky jsou zřetelně odlišeny od vlastních výsledků diplomantky.

Ve zpracování matematického modelu i textu diplomové práce se sice vyskytuje několik chyb, ty však vyplývají z nedostatku zkušeností diplomantky s problematikou matematického modelování. Prakticky ve všech případech připomínek, které jsou uvedeny v předchozím oddílu posudku, se jedná o chyby formální, nikoliv odborné a zásadní.

Ve zpracovaném modelovém řešení postrádám zohlednění drenážní funkce lokálních povrchových toků, jejichž (alespoň schématické) zahrnutí do simulace by patrně ovlivnilo modelové výsledky dosažené pro svrchní modelové vrstvy. Ve formálním a grafickém zpracování samotné diplomové

práce považuji za podstatnější nedostatek pouze nepřehledné zpracování vertikálních modelových řezů v příloze 6.

Za stěžejní výsledky diplomové práce považuji velmi dobré zpracování koncepčního puklinového modelu zájmového území a jeho další zpracování v modelovacím programu Feflow. V modelovém řešení jsou velmi dobře zpracovány a využity výsledky analýzy fotolineací získaných dálkového průzkumu Země. Realizovaný matematický model je v rámci možností diplomantky, které jsou dány jejími praktickými zkušenostmi, na velmi dobré úrovni.

Přes výše uvedené výhrady předložená práce odpovídá po obsahové i formální stránce požadavkům na zpracování diplomové práce.

Doporučuji diplomovou práci k přijetí.

15.9.2007

Michal Polák

