

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky



Numerické modelování tlakových a odtokových poměrů kapilární bariery

Souhrn disertační práce

Dagmar Trpkošová

Květen 2010

Abstrakt

Uzavírání skládek komunálního odpadu je v Evropě velmi aktuální, mnoho evropských zemí se již zavázalo k ukončení skládkování odpadu na deponiích. Kapilární bariera je jednou z možností povrchového skládkového těsnění. Pro zakrývání skládek komunálního odpadu vyžadují evropské předpisy (pro odpad třídy 2) povrchové těsnění ze dvou nezávislých komponent. Ve většině případů je tato podmínka splněna kombinací umělého a minerálního těsnění. Dalším vývojovým stupněm kapilární bariery je kombinovaná kapilární bariera (Wohnlich, 2006a) představená jako alternativa ke standardnímu kombinovanému těsnění. Prof. Dr. Stefan Wohnlich a jeho skupina na Ruhrské univerzitě v Bochumi provedli sérii laboratorních zkoušek ve sklopném žlabu simulující kapilární bariery. Na prováděný výzkum dohlížela německá asociace LAGA. Výzkum měl být zaměřen na kombinovanou kapilární bariery a měl především odpovědět na otázky týkající se tlakových a odtokových poměrů kombinované kapilární bariery.

Během mého výzkumu byly zopakovány dvě zkoušky ve sklopném žlabu provedené na Ruhrské univerzitě v Bochumi z důvodu nalezení podmínek, za kterých je možné nahradit laboratorní výzkum kapilární bariery numerickým modelováním. Veškeré numerické modelování představené v této práci bylo prováděno v programech S2D_dual nebo S1D_Console 10 (Vogel, 1999). V případě zemin používaných v kapilární bariere bylo zjištěno, že hydraulické charakteristiky určené podtlakovou aparaturou navrženou Havlíčkem a Myslivcem (1965) jsou vhodné pro matematické modelování. Získané výsledky naznačují, že při použití těchto hydraulických charakteristik jsou výsledné modely dostatečně spolehlivé. Na základě tohoto faktu bylo možno zkoumat kapilární bariery prostřednictvím numerických simulací.

Získané hydraulické charakteristiky byly následně použity k výzkumu vlivu porušení nepropustné fólie na účinnost kombinované kapilární bariery. Bylo zjištěno, že i malé trhlinky v nepropustné fólii (o šířce 1 mm) mohou způsobit výrazný průsak přes kapilární rozhraní. Na druhou stranu prolomení kombinované kapilární bariery (s fólií) v žádném matematickém modelu nebylo větší než prolomení kapilární bariery bez fólie. Dále bylo zjištěno, že vzájemná pozice drénu a poruchy v nepropustné fólii výrazně ovlivňují účinnost kapilární bariery. Vezmeme-li v úvahu, že místo poruchy nemůže být předvídáno, výsledky ukazují, že kombinovaná kapilární bariera by měla být vybavena stejným drenážním systémem jako jednoduchá kapilární bariera. Numerické modelování dokázalo úspěšně odpovědět na otázky, které byly předmětem laboratorního výzkumu.

Dvě rozdílné kapilární bariery byly uvažovány s cílem studování účinnosti kapilární bariery z pohledu použitého materiálu. Byl diskutován vliv hystereze retenční křivky na numerické simulace kapilární

bariery a bylo nalezeno a uvedeno nové kritérium pro posuzování účinnosti kapilární bariery. Bylo zjištěno, že účinnost kapilární bariery je úzce vztažena ke vzdálenosti mezi retenčními křivkami materiálů použitých v kapilární vrstvě a kapilárním bloku. Účinnost kapilární bariery roste s rostoucím $\Delta h_{inf l}^{barrier}$ (rovnice 43). Při porovnávání účinností dvou kapilárních bariery je vhodnějším ukazatelem rozdíl v tlakových výškách příslušejících inflexním bodům retenčních křivek, než rozdíl v hydraulických vodivostech. Chování vody v kapilární bariere je ovlivněno hysterezí. Je-li hystereze retenční křivky zanedbána a použita pouze drenážní větev retenční křivky, dochází k přeceňování účinnosti kapilární bariery.

Kapilární bariera není jedinou součástí povrchového těsnění skládek, v jejím nadloží se nachází rekultivační vrstva. Během zkoušek ve sklopném žlabu je kapilární bariera přímo zavlažována. V reálném skládkovém profilu musí voda projít přes rekultivační vrstvu, aby se dostala ke kapilární bariere. Je-li interakce kapilární bariery a rekultivační vrstvy zkoumána a pochopena, může to pomoci s výběrem vhodného materiálu pro skládkové těsnění. Data potřebná k rozšíření numerického modelu a začlenění rekultivační vrstvy byla získána během mého výzkumného stipendia na Vysoké škole technické Zittau/ Görlitz, konkrétně na výzkumné lokalitě Bautzen/Nadelwitz vedené Prof. Dr.-Ing. J. I. Schoenherrem a Prof. Dr.-Ing. habil. J. Engelem.

K odhadu materiálových parametrů matematického modelu bylo použito deset lyzimetrů lišících se konstrukcí rekultivační vrstvy. To umožnilo následné rozšíření modelu kapilární bariery o nadložní rekultivační vrstvu. Tento nový model byl použit při vyšetřování interakce mezi rekultivační vrstvou a kapilární bariérou s ohledem na použitý materiál. Bylo zjištěno, že rekultivační vrstva zlepšuje těsnící schopnost kapilární bariery snížením množství vody infiltrující těsnícím systémem, pokud nejsou vyvinuty proudové preferenční cesty. Při vhodném výběru materiálu přispívá rekultivační vrstva k drenážní funkci a do v podloží ležící kapilární bariery zasakuje tak menší množství vody.