

HYDRAULICKÉ POSOUZENÍ SYSTÉMU ODVODNĚNÍ A ZASAKOVÁNÍ, ŽELEZNIČNÍ CARGO OSTRAVA-MOŠNOV

Petr Jiřinec¹, Pavel Tachecí², Milan Suchánek³ a Martin Havlíček⁴

Abstract

A complex hydraulic assessment of proposed drainage and infiltration system for the area of Cargo Ostrava-Mošnov (ZCOM) is presented. It consists of three interconnected parts:

- a) Hydraulic modelling of storm water drainage network by means of 1D numerical model MIKE URBAN / MOUSE
- b) Optimisation of diversion structure and sedimentation tank (2D numerical model MIKE 21)
- c) Optimisation of infiltration structure design - simulation of the infiltration process to the unsaturated and saturated zone by means of 3D integrated model MIKE SHE.

Three phases of the cargo area development combined with several variants of design rain were used as input to number of variant simulations. The aim of the study was to provide support for optimal design of the drainage system and subsurface infiltration structure.

Úvod

V rámci rozvoje infrastruktury Ostravského kraje je budován areál nového Železničního carga (ZCOM) Ostrava-Mošnov. Ze střech, zpevněných ploch a kolejíště areálu je třeba odvádět dešťové vody dostatečně kapacitním kanalizačním systémem. Z kapacitních důvodů není možné vypouštět dešťové vody do koryta řeky Lubiny. Jako možný způsob řešení dešťových vod byla navržena infiltrace v uzavřené podzemní galerii s propustným dnem. Vzhledem ke složitým místním podmínkám a velkému rozsahu odvodňovaných ploch zadal investor (HB Reavis Management CZ spol. s r.o.) modelové prověření stávajícího návrhu a vypracování podkladů pro dimenzování jednotlivých částí systému odvodnění a zasakování. Posouzení bylo provedeno ve třech provázaných částech:

- a) hydraulické posouzení systému dešťové kanalizace
- b) detailní posouzení a optimalizace rozdělovacího objektu dešťových vod a usazovacích šachet pro zachycení unášených splavenin
- c) výpočet nezbytné plochy zasakovacího objektu (galerie).

Jedná se tak o komplexní posouzení odvodňovacího systému od okamžiku dopadu srážky na plochu, odvedení vody kanalizační sítí, infiltraci až po proudění podzemní vody.

Hydraulické posouzení systému dešťové kanalizace

Hydraulické posouzení systému dešťové kanalizace bylo provedeno pomocí 1D numerického modelu v software MIKE URBAN, simulačním modelu MOUSE na základě projektové dokumentace pro tři uvažované etapy výstavby. Pro každou etapu bylo provedeno 6 variant simulací s různými zatěžovacími srážkovými vstupy. Pro výpočty kapacitních vlastností systému dešťové kanalizace byly použity technické deště s dobou trvání 15 minut pro stanici Ostrava [1]. Dále byla použita historická 14 letá srážková řada (1998-2012) zachycená na

¹ Ing. Petr Jiřinec, DHI a.s., Na Vrších 5, Praha 10, 100 00, tel. 267 271 129, e-mail: p.jirinec@dhi.cz

² Ing. Pavel Tachecí, DHI a.s., Na Vrších 5, Praha 10, 100 00, tel. 267 271 145, e-mail: p.tacheci@dhi.cz

³ Ing. Milan Suchánek, DHI a.s., Na Vrších 5, Praha 10, 100 00, tel. 267 271 140, e-mail: m.suchanek@dhi.cz

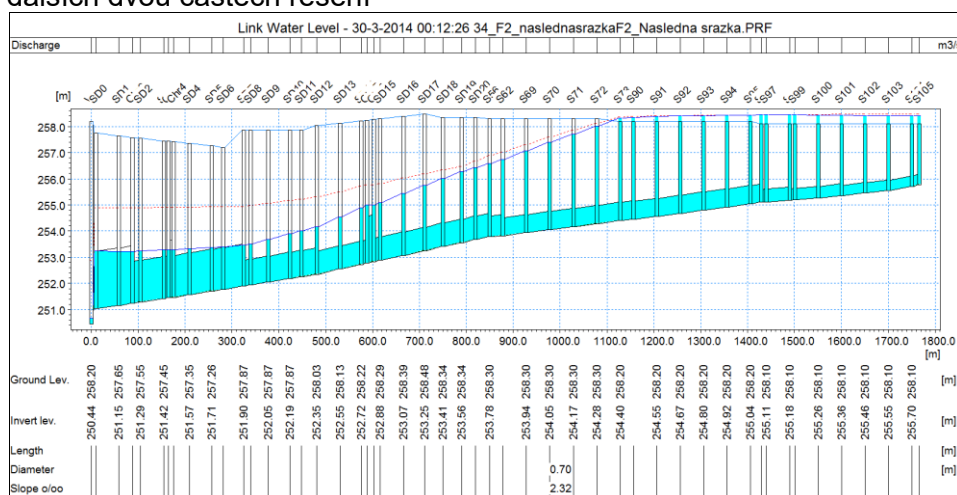
⁴ Martin Havlíček, DHI a.s., Na Vrších 5, Praha 10, 100 00, tel. 267 271 111, e-mail: m.havlicek@dhi.cz

srážkoměrné stanicí Ostravských vodovodů a kanalizací a.s. v Ostravě. Varianta č. 6 v Tab. 1 zahrnuje kombinaci pětiletého a dvouletého návrhového deště s prodlevou 2 hodin a slouží jako kontrolní. Schematizuje situaci příchodu následné srážky.

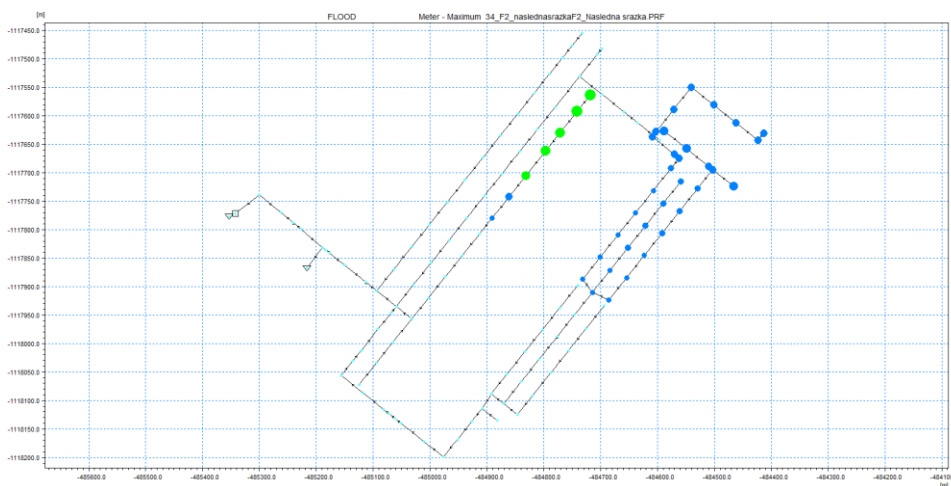
Tab. 1 Varianty zatěžovacích srážek pro modely

Číslo varianty	Typ deště	Periodicita (1/rok)	Intenzita (l/s/ha)
1	2 letý	0,5	157
2	5 letý	0,2	198
3	10 letý	0,1	229
4	20 letý	0,05	260
5	Časová řada	délka 14 let	
6	5 letý + 2 letý		355

Pro jednotlivé etapy byly z výsledků zjištěny úseky dešťové kanalizace, které byly při simulacích přetíženy. Pro tyto úseky byla navržena opatření (zvětšení profilu, zaústění vedlejších stok do hlavní s převýšením, úprava trasování, snížení kóty dna u šachet). Tato opatření byla dále posouzena na 5-letý návrhový déšť (varianta č. 2) a ukázala se jako vyhovující. Návrhy úprav na základě výsledků modelu byly poskytnuty projektantovi k zapracování do projektové dokumentace. Dalším výstupem této etapy byly hydrogramy průtoku v určených místech kanalizační sítě, které sloužily jako vstup pro detailní modelování objektů v dalších dvou částech řešení



Obr. 1 – Schematický podélný profil části kanalizační sítě, simulace varianty srážek č. 6 (následná srážka). Je zřejmé přetížení celé větve, v horní části rozliv na povrchu

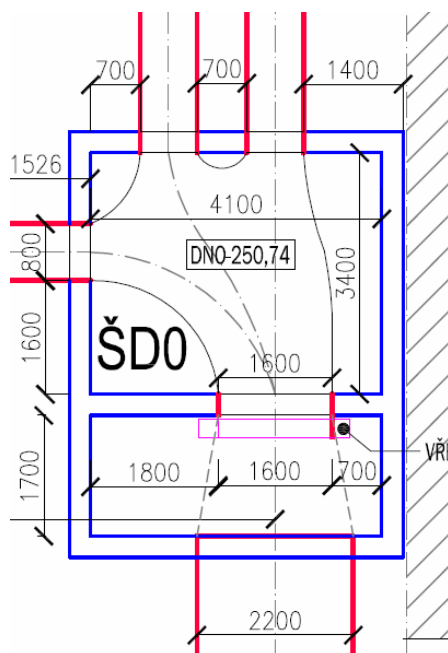


Obr. 2 – Půdorys kanalizační sítě, simulace varianty srážek č. 6 (následná srážka). Větší kolečka značí šachty, kde nastává výron na povrch

Detailní posouzení a optimalizace rozdělovacího objektu a usazovacích šachet

Veškeré dešťové vody z areálu ZCOM jsou přiváděny potrubím DN 2200 na rozdělovací objekt ŠD0, jehož úkolem je rovnoměrně rozdělit celkový průtok na třetiny, tj. do tří potrubí, kterými dešťová voda pokračuje přes usazovací šachty k vlastní zasakovací galerii. Rovnoměrného rozdělení průtoku na třetiny je možné v zásadě docílit dvěma způsoby:

1. konstrukčními úpravami rozdělovacího objektu ŠD0 – např. osazením rozdělovacího objektu přepážkami
2. ponecháním rozdělovacího objektu ŠD0 dle návrhu (obr. 3) a průtok v jednotlivých výstupních větvích z ŠD0 regulovat uzávěry (šoupaty) na potrubí za rozdělovacím objektem



Obr. 3 – Schema rozdělovacího objektu ŠD0

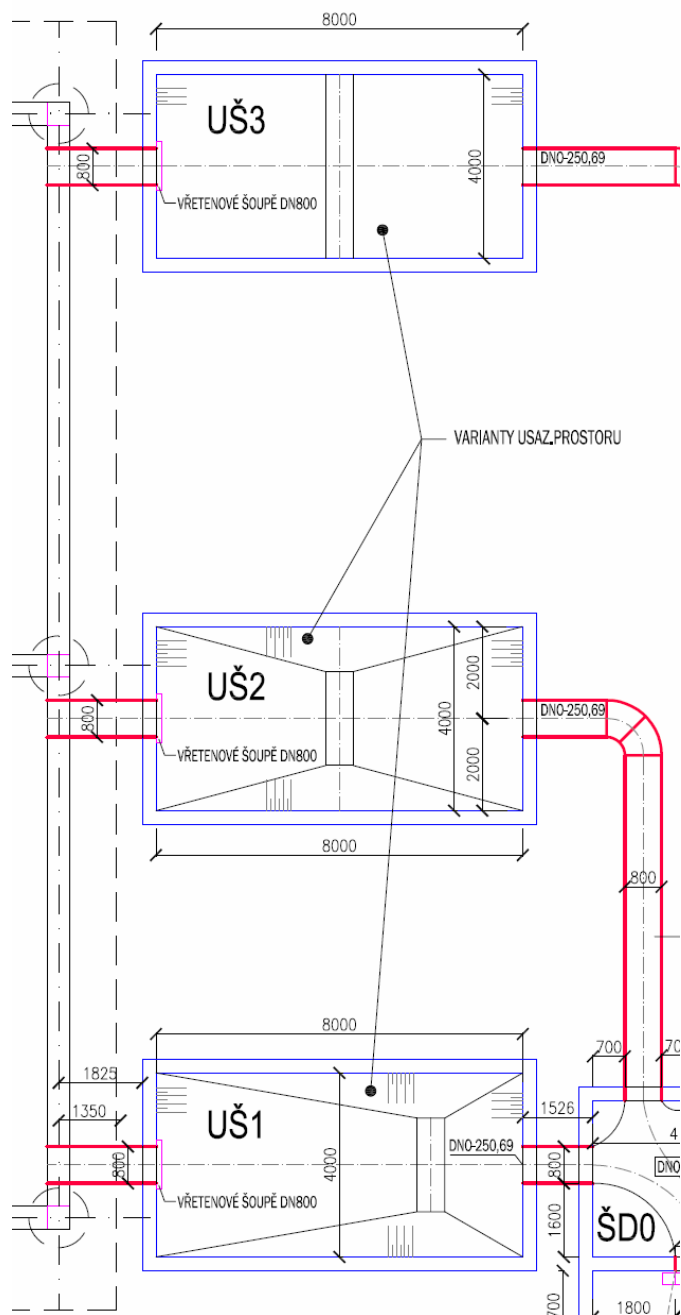
Regulační uzávěry (šoupaty) byly vloženy do 1D numerického modelu celého systému dešťové kanalizace a byly nastaveny tak, aby zajišťovaly rovnoměrné rozdělení celkového průtoku vystupujícího z ŠD0 do jednotlivých potrubí k usazovacím šachtám. Výsledky simulací ukázaly, že šoupaty na potrubích mezi ŠD0 a usazovacími šachtami způsobují místní ztráty při proudění v hodnotách max. 9 cm tlakové / energetické výšky. Takovou hydraulickou ztrátu můžeme považovat za velmi nízkou, nikterak měnící nebo ohrožující správnou funkci celého odvodňovacího systému.

Osazení rozdělovacího objektu přepážkami (navíc s prostorově komplikovaně tvarovanými plochami) by bylo poměrně složité; zároveň se lze obávat, že by docházelo k sedimentaci v ŠD0 v prostoru mezi přepážkami. Z těchto důvodů bylo rozhodnuto rozpracovat ve finálním návrhu variantu s regulačními uzávěry.

Účelem usazovacích šachet je zachytit maximum splavenin, které jsou spláchnuty z odvodňovaných ploch areálu Železničního carga do kanalizačního systému a zabránit tak, aby se nedostaly do usazovací galerie, kde by snižovaly zasakovací schopnost propustného materiálu.

Správná funkce usazovacích nádrží (hydraulické parametry a množství zachyceného sedimentu v usazovacích nádržích) byla posouzena pomocí 2D numerického modelu v softwaru MIKE 21C, který umožňuje simulaci pohybu splavenin souběžně s výpočtem charakteristik proudění. Usazování sedimentů bylo posouzeno pro epizodu 5-letého návrhového deště (varianta č. 2). Předmětem posouzení byly 3 varianty usazovací šachty z projektové dokumentace (obr. 4), dále varianty s příčnými přepážkami / stěnami (1 resp.

5 stěn) a varianta s prohloubením dna šachty směrem ke vtokovému otvoru – s cílem snížit rychlost protékání šachty a dobu zdržení v šachtě.

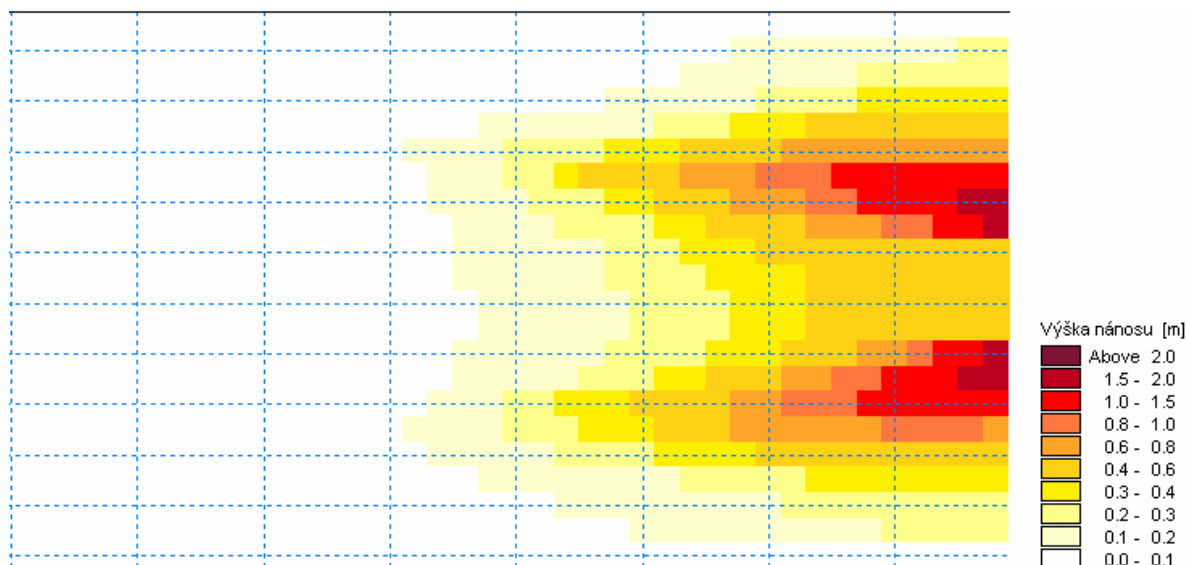


Obr. 4 – Navržené varianty usazovací šachty v projektové dokumentaci

Poměrně obtížným se ukázalo stanovit zrnitost materiálu, který může být spláchnut do kanalizačního systému a jeho množství během výše uvedeného 5-letého návrhového deště. Velikost částic, které budou během deště splachovány ze střech a pojezdových (manipulačních) ploch železničního carga, byla odhadnuta z výsledků filtračních zkoušek odebraného vzorku vody se sedimentem z šachty dešťové kanalizace vedlejšího carga (již v provozu). Vzorek obsahoval jak písčité částice s charakteristickou zrnitostí $d_e = 0,08$ mm, tak prachové částice s charakteristickou zrnitostí $d_e = 0,01$ mm. Celkem bylo provedeno 19 simulací pro různé varianty usazovací nádrže a obě frakce sedimentu.

Výsledky numerického modelu ukázaly, že navržené usazovací šachty jsou schopny úspěšně zachytit asi 82% písčitých sedimentů a asi 30% prachových částic. Grafickým

výstupem je rozdělení rychlostí a prostorové rozložení usazeného sedimentu v usazovacích nádržích – obr. 5.



Obr. 5 – Množství zachycených splavenin v UŠ3; III. etapa, přítok do ŠD0 max. 1,5 m³/s + přepad, v čase 2 hodiny od začátku simulace

Výpočet nezbytné plochy zasakovacího objektu pomocí simulací

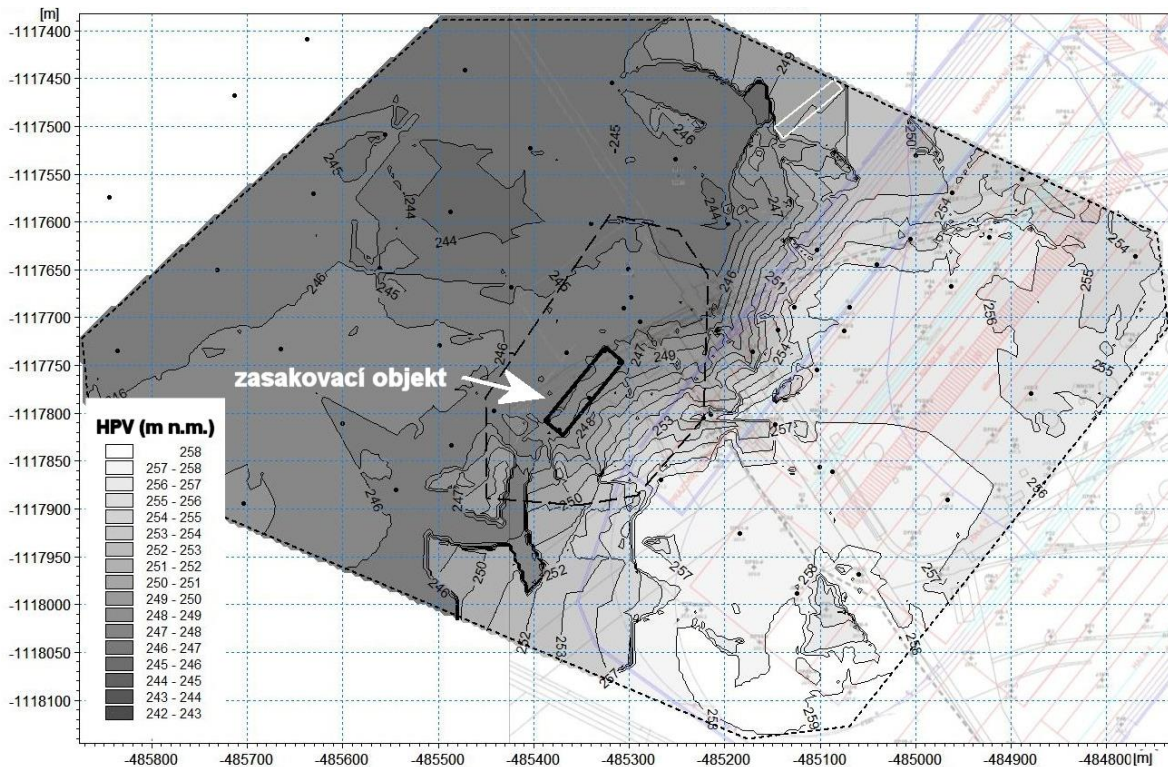
Na základě diskuse byla projektantem navržena řešení srážkových vod zasakováním v podzemní galerii se šterkovým dnem a železobetonovou konstrukcí. Vzhledem k vymezenému prostoru pro umístění objektu a složitým hydrogeologickým podmínkám byly posouzeny navržené rozměry galerie pro každou ze tří etap výstavby ZCOM a vstupní hydrogramy přicházející z kanalizace při zatížení vybranými variantami srážek.

Pro simulaci zasakování byla použita podkladová data především geologického a hydrogeologického průzkumu území [2], [3], [4], [5]. S jejich využitím byly schematizovány v zájmovém území tři vrstvy materiálu:

- pod půdním pokryvem se nalézá asi 4 - 5 m mocná vrstva jílové hlíny
- pod ní 2 – 3 m mocná vrstva šterku s příměsemi (fluviální kolektor)
- hlouběji se nalézají písčité výplně proměnné zrnitosti subglaciálního koryta

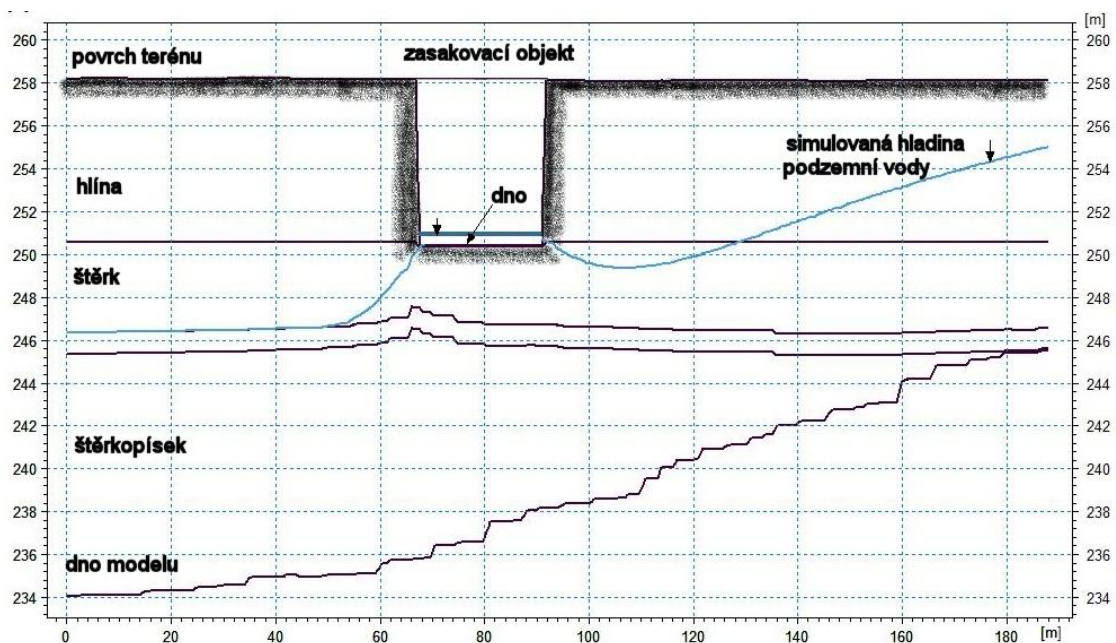
Hydraulické charakteristiky vrstev šterku, šterkopísku, písku a zajiřovaného písku byly odhadnuty na základě vyhodnocení a syntézy výsledků čerpacích zkoušek ve vrtech, nálevových zkoušek, infiltračního testu v jámě a zrnitostních rozborů, uvedených v podkladech. Vzhledem tomu, že v místě plánovaného objektu zasakování se hydraulické podmínky a výsledky lišily, byly simulace zasakování provedeny na dvou sadách dat: pro propustnější materiál ($K_s = 2,8 \cdot 10^{-4}$ m/s) a méně propustný ($K_s = 9,0 \cdot 10^{-5}$ m/s). Model byl kalibrován tak, aby dostatečně dobře simuloval průběh zasakovacího testu, provedeného ve vzdálenosti asi 50 m od místa plánovaného zasakovacího objektu.

Pro simulace zasakování byl využit integrovaný distribuovaný model proudění vody MIKE SHE [6]. V nenasycené zóně je proudění popsáno pomocí 1D (vertikální) aproximace řešení Richardsovy rovnice, v nasycené zóně pomocí 3D aproximace Boussinequovy rovnice (metoda konečných rozdílů). Proudění po povrchu je popsáno 2D kinematickou vlnou. Pro odhad průběhu hladiny podzemní vody v místě plánovaného zasakovacího objektu byl vytvořen model širšího okolí o rozměrech asi 690 x 850 m, velikosti výpočetní buňky 4 x 4 m s časovým krokem 1 den.

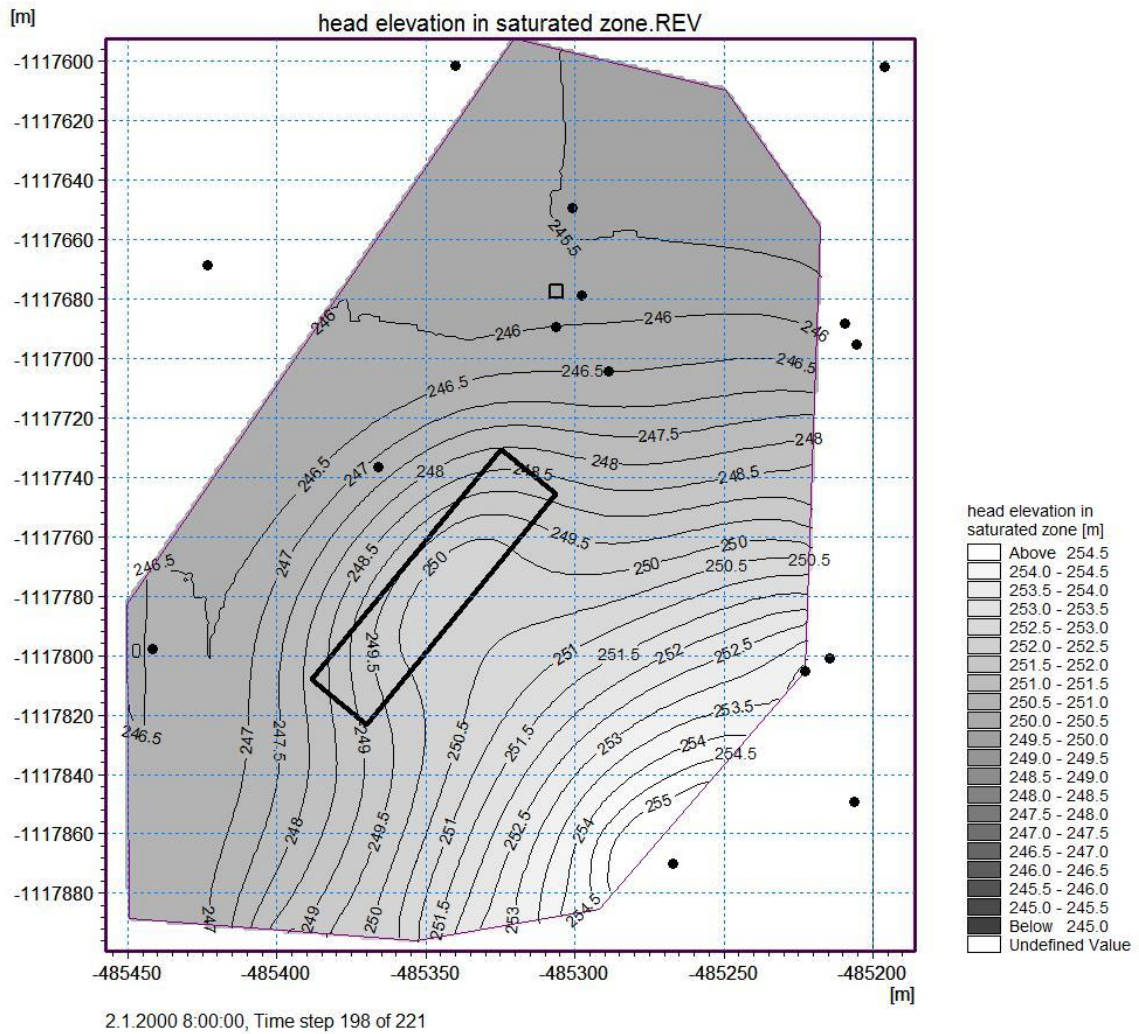


Obr. 6 – Simulovaná hladina podzemní vody v oblasti ZCOM. Tlustou černou čarou vyznačeno plánované umístění zasakovacího objektu. Čárkovanou tenkou vymezen detailní model.

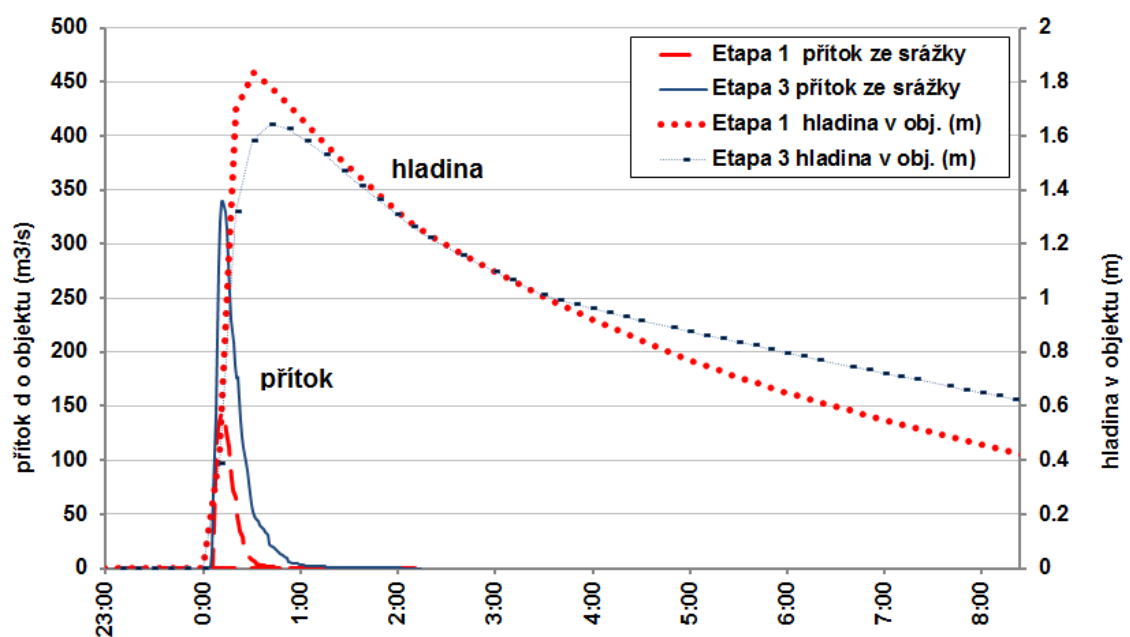
Simulovaný průběh hladiny podzemní vody z modelu širšího okolí byl využit jako okrajová a počáteční podmínka detailního modelu zasakovacího objektu (asi 230 x 300 m, velikost čtvercové buňky 1 x 1 m.) Na tomto detailním modelu pak byla provedena sada simulací pro dvě datové sady hydraulických parametrů (propustnější / méně propustné), tři plánované etapy výstavby a dvě varianty srážek: s pětiletou dobou opakování (varianta č. 2) a v kombinaci s následnou srážkou (varianta č. 6). Ukázky výsledků pro III.etapu výstavby, srážku s pětiletou dobou opakování a méně propustné podmínky jsou na obrázcích dále.



Obr. 7 – Simulovaná hladina podzemní vody po 8 hodinách, infiltrace ze srážky s pětiletou dobou opakování.



Obr. 8 – Simulovaná hladina podzemní vody po 8 hodinách infiltrace ze srážky s pětiletou dobou opakování. Tlustou černou čarou vyznačen zasakovací objekt.



Obr. 9 – Průběh přítoku do zasakovacího objektu a simulovaná hladina vody v zasakovacím objektu, dvě etapy výstavby, 15 min návrhový déšť.

Závěry

Výsledky modelovací studie přinesly následující nejdůležitější závěry a poznatky z provedených simulací:

1. Na základě simulací s návrhovým deštěm s dobou opakování 5 let (s uvažovaným méně propustným podložím vsakovacího objektu) nedochází při žádné etapě výstavby ZCOM k přetížení kanalizačního systému (při respektování doporučení a změn návrhu uvedených v závěrečné zprávě)
2. Regulační uzávěry (šoupata) na potrubích mezi rozdělovacím objektem a usazovacími nádržemi dokážou zajistit prakticky rovnoměrné rozdělení průtoku mezi všechny 3 větve potrubí k zasakovací galerii, a to při minimálních místních ztrátách na šoupatech
3. Všechny varianty usazovacích šachet jsou schopny úspěšně zachytit asi 82% písčitých sedimentů a asi 30% prachových částic; výsledkem studie je doporučení regulace odtoku z rozdělovacího objektu na max. $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.
4. Pro navržené rozměry a hloubky zasakovacího objektu lze zajistit dostatečnou rychlost zasakování. Pro všechny tři etapy výstavby ZCOM při zatížení návrhovým deštěm s dobou opakování 5 let platí, že hloubka vody v objektu dosáhne maximálně 1,5 až 1,8 m a voda zasáhne do 8 až 22 hodin, v závislosti na tom, zda uvažujeme propustnější nebo méně propustný materiál podloží. Vzhledem k heterogenitě zjištěné ze sond geologického průzkumu bylo doporučeno ověřit parametry materiálu přímo v místě plánovaného zasakovacího objektu pokusem. Pro kombinaci návrhové a následné srážky při méně propustných podmínkách hladina v objektu dosahovala 2,6 m a zasakování trvalo 44 hodin.

Projekt „Hydraulické posouzení systému odvodnění a zasakování, železniční Cargo Ostrava-Mošnov“ je jedním z příkladů zodpovědného přístupu investora k projektovému záměru. Díky komplexnímu přístupu k vodohospodářskému řešení problematiky a komunikace mezi investorem, projektantem a konsultanty byly provedeny úpravy původního návrhu a tím dosaženo kvalitnějšího řešení.

Poděkování

Modelová posouzení byla zpracována v rámci komerční zakázky, zadané investorem HB Reavis Management CZ spol. s r.o. Děkujeme za spolupráci při řešení také dalším firmám, podílejícím se na přípravě projektové dokumentace (Kania a.s., G-Consult, spol. s r.o.).

Literatura

1. Trupl, J.: Intensity krátkodobých dešťů v povodí Labe, Odry a Moravy. Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha 1958
2. G-Consult, H. Zoglobossou a kol.: Mošnov, železniční cargo. Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum, Ostrava 2010
3. TOPGEO Brno, M. Vojtásek: Projekt geologických a technických prací, Multimodální Cargo Ostrava Mošnov – GLG, Brno 2010
4. G-Consult, R. Šmít: Mošnov, železniční cargo – průzkumy. Závěrečná zpráva - Příloha č.11. - Hydrogeologický průzkum, Ostrava 2010
5. G-Consult, R. Šmít: Mošnov, Zasakovací objekt ZCOM, Doplnkový průzkum, Ověření možností utrácení srážkových vod, Ostrava 2013
6. Graham D.N. a Butts M. B.: Flexible, integrated watershed modelling with MIKE SHE. In Watershed Models, Ed. V.P. Singh & D.K. Frevert, CRC Press, 2005