

AQUA ENVIRO s.r.o.  
Ječná 1321/29a, 621 00 Brno  
IČO : 26907909  
DIČ : CZ26907909

tel. : 541 634 258  
fax : 541 634 392  
e-mail : aqua@aquaenviro.cz  
http://www.aquaenviro.cz



hydrogeologie - sanační geologie - inženýrská geologie - nakládání s odpady - EA - AR - E.I.A - balneotechnika - ekologické poradenství

Název úkolu : Brno – Jižní centrum – studie hydrogeologických regulativů  
Číslo úkolu : 51/2008  
Evid.č. Geofondy: 2260/2008  
Zpracování zakázky : září - říjen 2008  
Zadavatel : Statutární město Brno, Dominikánské nám.1, 601 67 Brno

Brno - k.ú. Trnitá a Komárov

## Studie pro stanovení hydrogeologických regulativů pro výstavbu na lokalitě Brno – Jižní centrum

Zpracovali : Mgr. Zdeněk Vavříček  
RNDr. Eva Gillová  
Mgr. Oto Pospíšil

Mgr. Libor Michele  
Mgr. Leoš Pilarš



Odpovědný řešitel: Ing. Libor Michele

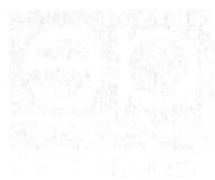
Statutární zástupce : Ing. Libor Michele

Rozdělovník :

Tato zpráva byla zhotovena v 6 výtiscích : Statutární město Brno  
Geofond ČR  
archív zhotovitele

výtisk č. 1 – 4  
5  
6

výtisk č. 6



Ministry of Agriculture and Forestry  
Department of Water Management  
Prague, Czech Republic

Technical Specification  
for the Construction of  
Small Water Reservoirs

Document No. 1/2018

1. General	1.1. Purpose of the document
2. Design	2.1. Design of the reservoir
3. Construction	3.1. Construction of the reservoir
4. Operation	4.1. Operation of the reservoir

Approved by the Ministry

# Technical Specification for the Construction of Small Water Reservoirs



Ministry of Agriculture and Forestry  
Department of Water Management  
Prague, Czech Republic

1. General

1.1. Purpose of the document

1.2. Scope of the document

2. Design

2.1. Design of the reservoir

2.2. Design of the dam

2.3. Design of the spillway

2.4. Design of the outlet works

2.5. Design of the access roads

2.6. Design of the drainage system

2.7. Design of the sedimentation basin

2.8. Design of the fish ladder

2.9. Design of the emergency spillway

2.10. Design of the monitoring system

3. Construction

3.1. Construction of the reservoir

3.2. Construction of the dam

3.3. Construction of the spillway

3.4. Construction of the outlet works

3.5. Construction of the access roads

3.6. Construction of the drainage system

3.7. Construction of the sedimentation basin

3.8. Construction of the fish ladder

3.9. Construction of the emergency spillway

3.10. Construction of the monitoring system

4. Operation

4.1. Operation of the reservoir

4.2. Operation of the dam

4.3. Operation of the spillway

4.4. Operation of the outlet works

4.5. Operation of the access roads

4.6. Operation of the drainage system

4.7. Operation of the sedimentation basin

4.8. Operation of the fish ladder

4.9. Operation of the emergency spillway

4.10. Operation of the monitoring system

**Obsah :**

	strana
1. ÚVOD.....	4
2. VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A CHARAKTERISTIKA POSUZOVANÝCH OBJEKTŮ.....	5
3. RIZIKA ZMĚN PROUDĚNÍ PODZEMNÍCH VOD PŘI OMEZENÍ NEBO ZTRÁTĚ MOŽNOSTI PŘIROZENÉHO ODVODŇOVÁNÍ K ŘECE SVRATCE.....	11
3.1 Vzduší a snížení hladiny podzemní vody, změny směrů proudění .....	12
3.2 Změny směrů šíření nadlimitní kontaminace podzemních vod .....	12
4. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	12
5. KONTAMINACE PODZEMNÍCH VOD V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ .....	13
6. METODIKA PRACÍ .....	14
7. CHARAKTERISTIKA POČÍTAČOVÉHO MODELU .....	15
8. MODELOVANÉ SITUACE .....	16
9. METODIKA VYHODNOCENÍ DAT .....	17
10. VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODOVÁNÍ .....	18
10.1 Varianta 0 – Stávající objekty, které zasahují pod hladinu podzemní vody .....	18
10.2 Varianta 1 – Nové objekty v území, pro něž bylo vydáno územní rozhodnutí .....	21
10.3 Varianta 2 – Nové objekty na stupni záměru, před územním rozhodnutím .....	24
10.4 Varianta 3 – Nové objekty na plochách dle územního plánu, které ještě nebyly podrobněji specifikovány .....	27
11. PRÁVNÍ RÁMEC PROBLEMATIKY ZMĚN REŽIMU PODZ. VODY V ÚZEMÍ .....	33
11.1 Hledisko zákona o vodách .....	33
11.2 Hledisko stavebního zákona .....	34
12. SOUHRN VÝSLEDKŮ .....	35
12.1 Změny hladiny podzemní vody v území Jižního centra a jejich akceptovatelnost.....	35
12.2 Časový rámec platnosti dílčích závěrů pro stávající objekty v území a pro připravované záměry .....	36
12.3 Nástroje pro modelové řešení změn režimu podzemní vody v území.....	36
12.4 Možnosti eliminace změn režimu podzemní vody pro jednotlivé investiční záměry .	38
13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	39

## Přílohy :

1. Přehledná situace lokality Brno – Jižní centrum ( M 1 : 12 000)
2. Podrobná situace Jižního centra s vyznačením stávajících staveb a připravovaných záměrů (M 1 : 4 000)
3. Varianta 0 – model úrovní hladin podzemní vody a směrů proudění pro stávající objekty (M 1 : 5 400)
4. Varianta 1 - model úrovní hladin podzemní vody a směrů proudění s přídatným vlivem záměrů, pro které již bylo vydáno územní rozhodnutí (M 1 : 5 400)
5. Varianta 2 - model úrovní hladin podzemní vody a směrů proudění s přídatným vlivem známých záměrů, pro které ještě nebylo vydáno územní rozhodnutí (M 1 : 5 400)
6. Varianta 3 - model úrovní hladin podzemní vody a směrů proudění s přídatným vlivem neznámých záměrů realizovaných podle územního plánu se dvěma podzemními podlažími (M 1 : 5 400)
7. Výřez z územního plánu města Brna (M 1 : 6 500)



## 1. ÚVOD

Zpracování studie pro stanovení hydrogeologických regulativů pro výstavbu na lokalitě Brno – Jižní centrum, tedy centrálního území dotčeného přestavbou železničního uzlu Brno, zadal odbor životního prostředí Magistrátu města Brna zhotoviteli – společnosti AQUA ENVIRO s.r.o. na základě smlouvy o dílo č. 42086019 uzavřené dne 25.8.2008.

Cílem studie je formulace hydrogeologických limitů pro připravovanou realizaci objektů zasahujících v zájmovém území pod hladinu podzemní vody, které musejí být vzhledem k hydrogeologickým poměrům na dané lokalitě zohledněny jak v projektech těchto záměrů, tak i při jejich výstavbě a provozu, aby v zájmovém území nedošlo k podstatné a dlouhodobé změně režimu podzemní vody, která by mohla mít negativní a neakceptovatelný vliv na stávající stavby nebo projektovanou městskou infrastrukturu.

Na základě výsledků dlouhodobých hydrogeologických měření a počítačové simulace vlivů postupné výstavby v území byla zejména:

- definována rizika změn proudění podzemních vod při omezení nebo ztrátě možnosti přirozeného proudění k řece Svatce,
- specifikována mezní akceptovatelná zvýšení a snížení hladiny podzemní vody na stávající objekty v území Jižního centra a na projektované objekty městské infrastruktury,
- specifikována rizika změn směrů šíření nadlimitní kontaminace a následných rizik ekologické zátěže pozemků, které měly doposud kontaminaci podlimitní nebo nulovou,
- popsána metodika umožňující prokazatelnou a věrohodnou prognózu vlivu novostaveb na režim podzemních vod v zájmovém území,
- shrnuta neopomenutelná právní hlediska dané problematiky podle stavebního zákona a zákona o vodách, zejména pro stupeň územní řízení a stavební povolení,
- specifikována časová omezení platnosti výše uvedených závěrů a předpokladů v souvislosti se stavebně technickým vývojem lokality podle územního plánu.

Změny režimu podzemních vod byly modelovány pro čtyři etapy od současného stavu po hypotetický stav plné zástavby lokality dle územního plánu. U jednotlivých modelovaných stavů byly vyhodnoceny změny směrů proudění a úrovní hladin podzemních vod, bylo posouzeno možné ovlivnění stávajících objektů včetně inženýrských sítí a rovněž objektů teprve projektovaných, avšak zasahujících pod hladinu podzemní vody. Získaná data byla shrnuta v tabulkách, schematických řezech územím a především v podrobných modelových situacích.

Tato studie vychází z informací známých v říjnu 2008. Při zásadní změně územního plánu nebo projektů posuzovaných velkých staveb anebo při odlišném pořadí realizace záměrů by její závěry logicky doznaly změn. Do té doby by však měla být jedním z podkladů pro formulaci stanovisek orgánů státní správy na stupni územního řízení a stavebního povolení pro objekty v území Jižního centra podle kapitoly 11.

## 2. VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A CHARAKTERISTIKA POSUZOVANÝCH OBJEKTŮ

Zájmové území se nachází při jižním okraji centra města Brna. Podle závěrů vstupních jednání se zadavatelem bylo vymezeno na severu stávajícím hlavním železničním nádražím, na západě ulicí Uhelnou a řekou Svatkou, na jihu Svitavským náhonem (někdejší Ponávkou) a na východě ulicí Plotní – viz přílohy 1 a 2.

V souvislosti s projektovanou přestavbou železničního uzlu Brno a urbanistickou koncepcí rozvoje tzv. Jižního centra je v tomto území připravována k výstavbě celá řada významných staveb, které budou zahloubeny do zvodněného kolektoru kvartérních písčitých šterků, mnohdy až do podložních neogenních jílu, a jejichž realizací dojde k významnému lokálnímu snížení mocnosti kvartérního kolektoru a k vytvoření překážek pro přirozené proudění podzemních vod mělké zvodně. Klíčovými parametry jsou míra zanoření podzemních prvků do zvodněné horniny, hydraulická úplnost těchto prvků a jejich orientace v proudovém poli.

Stávající objekty a uvažované záměry na různém stupni projektové přípravy specifikujeme v následujícím textu v rozčlenění na:

### *A. Objekty stávající*

### *B. Záměry pro které již bylo vydáno územní rozhodnutí*

### *C. Známé záměry, pro které ještě nebylo vydáno územní rozhodnutí*

### *D. Neznámé záměry, u nichž na plochách dle územního plánu předpokládáme založení se dvěma podzemními podlažími*

V tabulce 1 na následující straně vyjímáme pro modelová řešení pouze stavby, které podle dostupných informací již zasahují či budou po své realizaci zasahovat pod současnou maximální hladinu podzemní vody. V tabulce 2 v závěru studie uvádíme navíc i další stávající objekty v území, které v současnosti nezasahují pod hladinu vody, a tedy samy o sobě neovlivňují režim podzemní vody – mohou však být dotčeny změnami odtokových poměrů vyvolanými objekty dle tabulky 1.

V následujícím textu jsou uvedeny především informace o posuzovaných objektech významné pro vzájemnou interakci objektu a podzemní vody; numerické charakteristiky, vlastníky a lokalizaci shrneme v tabulce 1, případně tabulce 2.

## **Ad A. Objekty stávající – pozemní stavby**

### **A.1 OSC Galerie Vaňkovka**

OSC Galerie Vaňkovka je založena na ražených Franki pilotách, které jsou ve velmi husté síti rozmístěny pod celým objektem. Piloty byly hloubeny v tzv. hnízdech po dvou až čtyřech pilotách podle projektovaného zatížení v daném prostoru. Po vyhloubení a zabetonování byly piloty svázány do hnízda betonovými patkami, které zasahují 1,0 m pod terén. Celkem bylo pod OSC Galerie Vaňkovka vyhloubeno 956 Franki pilot, které jsou sdruženy ve 308 hnízdech. Minimální vzdálenost mezi osami jednotlivých hnízd je 6,6 m, maximální 18,7 m. Průměr hloubených pilot je 520 mm, piloty byly zaráženy do hloubky 4,0 – 8,0 m (podle únosnosti podloží) a byly ukončeny ve vrstvě

kvartérních písčitých štěrků. Hladina podzemních vod se v zájmovém prostoru pohybuje od 2,6 do 3,6 m pod terénem, piloty tedy částečně zasahují pod hladinu podzemních vod. Protože piloty neprošly celou mocností zvodněného kolektoru a netvoří plošně rozsáhlejší překážku, neovlivňují režim podzemních vod. Pod hladinu podzemní vody zasahují pouze tři suterénní objekty: požární nádrž systému Sprinkler, schodiště a odlučovač tuků z gastronomie (viz tab. 1 a 2).

#### **A.2 Městský úřad Šlapanice**

Budova městského úřadu Šlapanice pochází z roku 1903. Objekt má 1 podzemní podlaží podlaha suterénu se nachází 0,9 pod úrovní ulice Opuštěná. Mocnost podlahy je 0,3 m pod podlahou se nacházejí základové pasy zasahující do hloubky 2,4 m pod terénem a opírající se o dřevěné piloty. Šířka základů je proměnlivá, zpravidla 0,8 m. Zdivo suterénu má dlouhodobé problémy s vlhkostí. Hladina vody se nachází při vyšších stavech v hloubce 2,8 m p.t, tedy nejméně 0,4 m pod základy objektu. Budova dnes neovlivňuje směry proudění podzemní vody.

#### **A.3 Čerpací stanice odpadních vod**

Objekt má charakter betonové vodotěsné šachty obdélníkového půdorysu 21 x 13 m a je založen do podložních jílu.

#### **A.4 Katastrální úřad Brno - venkov**

Katastrální úřad Brno – venkov se nachází při ulici Úzká. Je založen na základové desce v úrovních -1,16 až 4,69 m pod podlahou (202,00 m n.m.) položenou na základovém roštu vynášeném pilotami, základový trám na hlavách pilot – 5,29 m, výtah – 5,50 m. Objekt se zastavěnou plochou 1188 m<sup>2</sup> je rozdělen na tři části, krajní jsou založeny na pilotách, střední je zavěšena do sousedních tak, aby nepřetěžovala podzemní stavbu uvažovaného tramvajového diametru. Budova dnes neovlivňuje směry proudění podzemní vody.

#### **A.5 Administrativní komplex Trinity**

Administrativní komplex Centrum Trnitá – Brno, nazývaný častěji Trinity, je umístěn v bezprostřední blízkosti křižovatky komunikací Trnitá – Úzká (viz příloha č.2).

Tento objekt má tvar nepravidelného čtyřúhelníku, s osou protažení v severojižním směru. Severní strana objektu má délku 64 m, jižní 22,5 m, západní 111 m a východní strana objektu je dlouhá 103 m. Objekt o ploše cca 4000 m<sup>2</sup> je založen pomocí milánské těsnicí stěny po obvodu stavby, která zasahuje do neogenních jílu a stavbu tak izoluje od okolní kvartérní zvodně. Hloubka hladiny podzemní vody se vně této stavby pohybuje kolem 3,5 m pod terénem. Objekt je podzemní vodu obtékán.

#### **A.6 Administrativní objekt CWI – Invest s.r.o.**

Budova, dříve spravovaná společností ČSAD Holding Brno, a.s. pochází z počátku 20. století, kdy sloužila jako hotel. V současnosti se objekt využívá k administrativním účelům.

Budova má 1 podzemní podlaží zasahující pod celou budovu. Budova je postavená na betonových základových pasech, které sahají přibližně 1,20 m pod bázi 0,30 m mocné betonové podlahy. Stavební dokumentace od objektu se dochovala pouze v omezené míře, takže nebylo možné zjistit jak hluboko pod terénem se nachází podlaha suterénu. Na základně vizuální rekognoskace, podobného stavebního stylu i stáří budovy (jako objekt MěÚ Šlapanice) předpokládáme, že podlaha suterénu se nachází cca 0,90 m pod terénem, tedy že základy stavby budou zasahovat cca 2,40 m p.t.

Hladina podzemní vody se v místě stavby nachází při vyšších vodních stavech v hloubce 2,75 m p.t., tedy více cca 0,4 m pod základy objektu. Budova dnes neovlivňuje směry proudění podzemní vody.

#### **A.7 Čerpací stanice PHM Opuštěná sever**

#### **A.8 Čerpací stanice PHM Opuštěná jih**

Na obou čerpacích stanicích nedávno proběhla sanace ropného znečištění, původní nádrže byly vyňaty a na jejich místo byly uloženy ocelové dvouplášťové nádrže, kolmo na směr proudění s bází nádrží na kótě 194 m n.m. Dno nádrží se nachází pod úrovní maximálních hladin podzemní vody a je podtékáno.

Ostatní stávající budovy v území pod hladinu podzemní vody nezasahují, proto je z tohoto hlediska nepopisujeme a nezahrnujeme do modelových řešení. Jedná se o:

- nepodsklepené objekty (Vaňkovka – Strojárna, učiliště SOU potravinářská a služeb, objekty nádraží ČD a ČSAD a další),
- objekty s jedním suterénem do hloubky nejvýše 2,5 m pod okolním terénem (dům Trnitá 24, PRAKOM, Lacrum Komárov a další).

### **Ad A. Objekty stávající – liniové stavby**

#### **A.9 Kolektor inženýrských sítí**

Od ulice Opuštěná až do prostoru někdejšího hotelu Metropol prochází kolektor inženýrských sítí (Opuštěná – Metropol – 3. stavba). Jeho tubus je tvořen železobetonovou vodotěsnou konstrukcí čtvercového průřezu 3,5 x 3,5 m. Těleso kolektoru se sklání směrem k Opuštěné, proto v úseku mezi Trnitou a Opuštěnou zasahuje pod hladinu podzemní vody. Kolektor v tomto úseku ovlivňuje odtokové poměry podzemní vody.

#### **A. 10 Kanalizace**

V zájmovém prostoru i v jeho bezprostředním okolí se nachází několik větví kanalizace různého průměru i určení.

Souběžně s komunikací Uhelná a východně od jejího okraje vede sběrná stoka jednotné kanalizace DN 3000/1700 (viz příloha č.2). Jedná se o sběrač obdélníkového tvaru 3,0 m vysoký a 1,7 m široký, který se uklání směrem k jihozápadu. Spodní hrana železobetonového tubusu tohoto sběrače se nachází v hloubce cca 4,80 m pod terénem, tedy cca 1,7 m pod hladinou podzemní vody.

Pod tělesem komunikace Opuštěná prochází celkem 3 kanalizační stoky. Řazeno od severu k jihu se jedná o dešťovou kanalizaci DN 1100, dále splaškovou kanalizaci DN 400 a jednotnou kanalizaci DN 800.

Tento orientační výčet není vzhledem k velmi husté kanalizační síti v území úplný. Souhrnně můžeme konstatovat, že pod hladinu podzemní vody zasahují kmenové stoky v ulicích Plotní (po hranici katastru), Zvonarka, Úzká, Uhelná a Opuštěná, dále v souběhu s řekou od Uhelné po železniční nádraží a v úseku podél kolektoru od Opuštěné až po Trnitou. Profily stok se pohybují od 300 do 3000 mm, trasy mají proměnlivou orientaci vzhledem ke směrům proudění podzemní vody, které ovlivňují jen velmi málo. Rovněž splašková kanalizace vedená pod kolektorem inženýrských sítí se v celé své mocnosti nachází pod hladinou podzemní vody.



### **A.11 Rosické nádraží – bývalý podjezd a bývalá kmenová stoka**

V prostoru Rosického nádraží (nádraží Brno – dolní) jsou dva podzemní liniové objekty, které vedly z dnešní Rosické ulice směrem do Komárova (viz příloha č.2).

První objekt je orientován kolmo na koleje a prochází mezi remízou sever a současnou hlavní administrativní budovou. Podle historických map se jednalo o tunel, který propojoval pod nádražím oblast Trnité a Komárova a sloužil pro pěší, koňské povozy a posléze i pro automobilovou dopravu. Druhá, severněji umístěná, liniová stavba sloužila dříve jako městská kanalizační stoka. V současné době jsou oba objekty zaslepené, dopravní tunel je z cca  $\frac{3}{4}$  výšky zasypán navážkou.

Podzemní objekty jsou vyzděné, jejich výška byla 3,8 m a šířka cca 4,0 m. Strop tunelů se nachází cca 1,5 – 2,0 m pod současným terénem, báze tunelů se tedy nachází v hloubce 5,3 – 5,8 m p.t. Dále je třeba uvažovat o základech tunelů, o kterých ovšem nejsou žádné informace. Objekty proto zařazujeme do modelového řešení změn odtokových poměrů.

## **Ad B. Záměry pro které již bylo vydáno územní rozhodnutí**

Vzhledem k projektované výstavbě nového osobního nádraží v tzv. odsunuté poloze je v území Jižního centra projektována nová dopravní silniční infrastruktura a rozsáhlé developerské projekty, které s ohledem na plánované založení mohou mít vliv na režim podzemních vod.

### **B.1 Nové vlakové nádraží v tzv. odsunuté poloze na mostní konstrukci**

Tato rozsáhlá drážní stavba bude založena na řadách širokoprofilových pilot průměru 1200mm a hloubce 20 m. Tyto řady pilot významnou měrou sníží původní průtočný profil a budou měnit odtokové poměry podzemní vody.

### **B.2 Protipovodňové úpravy pro přestavbu nádraží**

V rámci souboru staveb ŽUB budou provedeny protipovodňové úpravy, které budou zahrnovat na levém břehu Svratky od ul. Heršpická po soutok se Svitavským náhonem nové ohrázení, a dále na prostupech kanalizace výstavbu dvou přečerpávacích stanic dešťových vod do Svratky. Vlastní úpravy hrází nezasáhnou pod hladinu podzemní vody, zatímco obě čerpací stanice budou jako vodotěsné víceúhelníkové šachty zasahovat až do podložních jílu.

### **B.3 Zárubní zdi**

Podél obou příjezdů k projektovanému vlakovému nádraží na mostní konstrukci budou vybudovány zárubní zdi, které budou spočívat na dvou řadách širokoprofilových pilot o průměru 2,5 m vzdálených od sebe 2,5 až 3,0 m. Rovněž tyto linie pilot opřené až do neogenních jílu významně změní odtokové poměry podzemní vody.

### **B.4 Zanořený úsek komunikace Opuštěná**

V prostoru křížení komunikací Opuštěná – Nový Bulvár je projektováno zahloubení komunikace Opuštěná pod terén. Celková délka zahloubení je 293 m, přičemž maximální zahloubení pod terén bude ve středu stavby. Počátek zahloubení (směr Poříčí) je označen staničením 0,471 km, konec zahloubení 0,764 km. Maximální zahloubení je v úseku 0,598 km – 0,648 km.

Do prostoru vyhloubeného pod ochranou milánských stěn či štětovnic bude nejdříve uložen podkladní beton, následně se zhotoví monolitická železobetonová deska a na ní bude položena asfaltová vrstva.

Na počátku zahloubení, tedy v místě kde se bude komunikace svažovat pod současný terén, bude konstrukční vrstva komunikace zasahovat přibližně 2,2 m pod terén. V místě maximálního zahloubení, tedy v místě křížení komunikací Opuštěná – Nový Bulvár bude konstrukční vrstva komunikace zasahovat 8,2 m pod současný terén.

Pro rozložení zatížení bude pod monolitickou železobetonovou vanou vyhloubeno v úseku 0,500 km – 0,725 km celkem 161 vrtaných pilot o průměru 630 mm. Piloty budou hloubeny do hloubek 7,0 m, 8,0 m, 9,0 m a 10,0 m přičemž nejdelší piloty budou v místě maximálního zahloubení. Piloty budou hloubeny pravidelně ve čtyřech řadách rovnoběžných s osou komunikace Opuštěná. V místech s vyšším zatížením (např. podél trasy severojižního tramvajového diametru) budou sít pilot zhuštěna.

Hladina podzemních vod se v místě této projektované dopravní stavby pohybuje kolem 3,0 m pod terénem. Jelikož s výjimkou okrajových úseků zasahuje do zvodněných hornin a v centrální části až do nepropustného podloží byla tato dopravní stavba zahrnuta do zpracovaného počítačového modelu.

## **B.5 OMI – Kanalizace I. až IV. etapa a Soubor staveb Tramvaj Plotní - kanalizace**

V rámci přípravy pro nové využití území bude především jižně od ulice Opuštěná vybudována nová stoková síť oddílné kanalizace. Stoky profilů od 300 mm po průlezné profily budou v mnoha úsecích zahloubeny až do zvodněných štěrků, avšak nikdy až do podložních jílu, a vždy budou podzemní vodou podtékány. Proto bude jejich vliv na změny odtokových poměrů velmi malý. Totéž platí pro nově budovanou kanalizaci v ulici Plotní až po zaústění do Svitavského náhonu. Výjimkou je pouze retenční nádrž při ulici Jeneweinova, která bude mít průměr 25 m a hloubku 20m.

## **Ad C. Známé záměry, pro které ještě nebylo vydáno územní rozhodnutí**

### **C.1 Severojižní tramvajový diametr**

Výstavba tramvajového diametru (dle varianty C2) je projektována ve směru sever – jih a je vedena mezi komunikacemi Trnitá a Nový Bulvár, tedy východně od území projektované výstavby J&T (viz příloha č.2). Tramvajový diametr povede pod budovou Katastrálního úřadu Brno-venkov směrem k jihovýchodu. V prostoru mezi objekty MěÚ Šlapanice (Opuštěná 2) a CWI Invest s.r.o. (Opuštěná 4) se trasa diametru stáčí přímo k jihu, kde těleso povede pod zapuštěnou komunikací Opuštěná. Těleso pokračuje k jihu až k hranici Nového Bulváru (v úseku Opuštěná – Rosická), a pak se stáčí k jihovýchodu do prostoru současného Rosického nádraží.

V prostoru Katastrálního úřadu se báze tělesa tramvajového diametru nachází v hloubce přibližně 11 m pod terénem, tedy v neogenních jílovitých sedimentech bez kontaktu s kvartérní zvodní. Následujících 140 m se těleso zahlubuje, až dosáhne hloubky přibližně 15 m pod terénem. V této hloubce pokračuje přibližně 230 m, přičemž projde pod projektovanou monolitickou železobetonovou vanou na komunikaci Opuštěná. Následně těleso diametru stoupá cca 200 m až do prostoru současného Rosického nádraží (nádraží Brno – dolní), kde je projektováno nové vlakové nádraží. Zde se báze diametru bude nacházet v hloubce 8,3 m pod terénem a diametr tak bude zasahovat do kvartérní zvodně, jejíž hladina se v tomto prostoru vyskytuje v hloubce cca 3 m pod terénem. Tramvajový diametr rovněž vystupuje v místě projektované zastávky v prostoru současného Hlavního vlakového nádraží.

V současné době jsou dále rozpracovávány developerské projekty, které mají být umístěny v řešeném území :

## C.2 Aupark Brno

Mezi ulicemi Opuštěná, Trnitá a Košťálova na ploše cca 14 000 m<sup>2</sup> uvažuje společnost Aupark s výstavbu polyfunkčního centra Aupark Brno se dvěma podzemními podlažími (do hloubky 7,5 m p.t.), která budou v západní části staveniště ukončena až v neogenních jílech, blíže ÚAN Zvonařka potom v kvartérních písčitých štěrcích. Tento objekt byl zahrnut do zpracovávaného počítačového modelu, protože jeho podzemní podlaží budou tvořit výraznou překážku pro podzemní vodu kvartérního kolektoru, která se v tomto prostoru vyskytuje v hloubce od 2,0 do 3,5 m pod terénem, nejbližší terénu v severní části projektované stavby.

## C.3 Polyfunkční výstavba J&T

Společnost J&T připravuje v bloku Uhelná - Opuštěná výstavbu rozsáhlých polyfunkčních objektů. Ze čtyř rozpracovaných variant uvažujeme pro účely této studie pouze variantu jednotné blokové výstavby podzemních podlaží na ploše 3,5 ha se dvěma podzemními podlažími zasahujícími do hloubky 6,2 m pod terén. Toto projektové řešení bude mít vliv na odtokové poměry podzemní vody.

## C.4 Polyfunkční objekt DORN

Na nároží ulic Plotní a Dorných připravuje společnost Dominikánská s.r.o. polyfunkční objekt, který bude mít pouze jedno podzemní podlaží zasahující do hloubky 4,0 m pod terén. Podzemní část objektu proto bude podzemní vodou podtékána.

## Ad D. Neznámé záměry, u nichž na plochách dle územního plánu předpokládáme založení se dvěma podzemními podlažími

Pro úplnost představy o možných změnách odtokových poměrů podzemní vody po naplnění záměru územního plánu v Jižním centru byla do bloků s uvažovaným novým využitím, v nichž není doposud konkretizován stavební záměr, vložena fiktivní bloková zástavba se dvěma podzemními podlažími. Tyto bloky byly pracovníě označeny A až N. Vzhledem k uvedené hloubce založení tvoří tyto hypotetické objekty v severozápadní části území úplné podzemní stěny, v jihovýchodní neúplné podzemní stěny.

## 3. RIZIKA ZMĚN PROUDĚNÍ PODZEMNÍCH VOD PŘI OMEZENÍ NEBO ZTRÁTĚ MOŽNOSTI PŘIROZENÉHO ODVODŇOVÁNÍ K ŘECE SVRATCE

Vzhledem k úrovním povrchu zájmového území a úrovním hladiny podzemní vody je zřejmé, že výstavba více než jednoho podzemního podlaží bude určitým způsobem ovlivňovat hladinu a směry proudění podzemních vod.

Z logiky věci vyplývá, že při vytvoření částečné nebo úplné hydraulické bariéry dojde k ovlivnění hladiny podzemní vody - na „nátokové“ straně dojde ke zvýšení hladiny podzemní vody a na „odtokové“ straně k jejímu poklesu. Z hlediska proudění podzemní vody je dále důležitý tvar podzemní stavby a jeho situování vůči směru proudění podzemní vody v daném místě. Na úroveň hladiny podzemní vody nemají výraznější vliv stavby, u nichž převažuje protáhnutí v jednom směru orientované paralelně se směrem proudění podzemní vody (např. Trinity). Naopak zásadní vliv na úroveň hladiny a směry proudění podzemní vody mají stavby, které tvoří úplnou hydraulickou bariéru a jsou orientovány kolmo na směr proudění podzemní vody (např. zanořená Opuštěná).



Současně je třeba konstatovat, že v obsypech základových konstrukcí dojde k vytvoření privilegovaných cest pro migraci znečištění a větší možnosti akumulace na nátokových i odtokových stranách objektů, nehledě na vytvoření dalších povrchů k adsorpci kontaminace.

Na území Jižního centra jsou významnými nejen vyvolané změny hladin podzemní vody, ale též změny směrů proudění a tím i šíření tranzitní kontaminace. Může tak nově docházet ke stavům, s nimiž investor a jeho projektant nemohli počítat. Nadlimitní kontaminace podzemních vod může nově proudit s podzemní vodou na pozemky, které tuto kontaminaci doposud nevykazovaly.

### 3.1 Vzduť a snížení hladiny podzemní vody, změny směrů proudění

K nežádoucím důsledkům změn úrovně hladiny podzemní vody vyvolaných změnou odtokových poměrů patří zejména:

- změna výchozích parametrů oproti stavu při zpracování projektu a realizaci stavby – hladina „tlakové vody“ může převýšit úroveň provedené hydroizolace,
- zvýšení rychlosti proudění podzemní vody až na několikanásobek s rizikem vyplavování jemnozrnných frakcí,
- omezení až vyloučení realizace a provozu objektů ukládaných do úrovně mezi nezamrzanou hloubkou a vzduťou hladinou podzemní vody, zejména inženýrských sítí,
- nutnost vyvložkování nebo přetěsnění starších kanalizačních stok, aby nedrénovaly podzemní vodu,
- riziko sedání obsypů inženýrských sítí, zejména kanalizací a následné propadání komunikací nad jejich trasou.

### 3.2 Změny směrů šíření nadlimitní kontaminace podzemních vod

K výše popsaným rizikům na této lokalitě ještě přistupuje riziko změn šíření nadlimitní kontaminace podzemní vody chlorovanými uhlovodíky, ropnými látkami a monocyklickými aromatickými uhlovodíky. Tranzitní pruhy, jimiž se toto znečištění šíří od zdrojů ve směru proudění vody, mohou díky změně odtokových poměrů doznat zásadních změn a znečištění podzemních vod tak může nově zasahovat na pozemky do té doby nekontaminované. To může významně ovlivnit nakládání s vodami na těchto pozemcích při čerpání ze stavebních výkopů nebo při trvalém drénování vody – nutnost předchozí dekontaminace těchto vod na limity dle platných předpisů.

Vlivy uvedené v bodech 3.1 a 3.2 mohou na straně investora vyvolat značné vícenáklady, které mohou vyústit v potřebu jiného projektového řešení záměru, v krajním případě i volbu jiného stavebního místa.

## 4. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

V zájmovém území se nachází souvislý horizont podzemní vody vázaný na kvartérní fluviální písčité štěrky. Bazálním izolátorem tohoto kolektoru jsou neogenní jíly ( $k_f$  v řádech okolo  $n.10^{-9}$  –  $n.10^{-12}$   $m.s^{-1}$ ), stropním poloizolátorem holocenní povodňové hlíny ( $k_f$  v řádech okolo  $n.10^{-6}$   $m.s^{-1}$ ). Druhou zvodní nacházející se v zájmovém území v hloubce několika desítek metrů pod terénem se pro daný účel nezabýváme. Vzhledem k výskytu izolačních, resp. poloizolačních vrstev je hladina podzemní vody slabě napjatá a v ustáleném stavu vystupuje až o 1,3 m výše od její naražené úrovně.

Obecně úroveň naražené hladiny podzemní vody odpovídá rozhraní povodňových hlín a písčitých štěrků, tedy rozmezí cca 2,5 – 4,0 m p.t. Zvodněný horizont, v závislosti na četnosti litologických heterogenit, s koeficientem filtrace v řádech  $n \cdot 10^{-3}$  –  $n \cdot 10^{-5}$  m.s<sup>-1</sup>, představuje z hlediska speciálního zakládání staveb, charakteru a rozsahu plánované výstavby velice variabilní fenomén jak z hlediska bezprostředně související se stavbou, tak do budoucna. Neovlivněná hladina podzemní vody má v zájmovém území sklon okolo 2,8 ‰. V případě vybudování překážky dojde na nátokové straně k nárůstu hladiny podzemní vody a na odtokové straně k poklesu hladiny podzemní vody, vyšší hydraulický gradient způsobí i větší sklon hladiny a tím i vyšší rychlost proudění v okolí překážky. V zájmovém území byly pozorovány litologické heterogenity, které rovněž podstatně ovlivňují proudění podzemních vod. Jedná se jak o změnu mocnosti zvodněné vrstvy nebo ve změnu granulometrického složení až přítomnosti kvartérních jílovitých vrstev. Tyto heterogenity jsou více méně lokální a nebyly v modelových výpočtech uvažovány. Erozní bázi je v zájmovém území řeka Svratka, která kvartérní strukturu částečně odvodňuje. V modelových simulacích byl uplatněn i cca 0,25 m vysoký vodní stupeň na Svatce v blízkosti soutoku se Svitavským náhonem – viz příloha č.2, který však proudění podzemní vody mění jen minimálně a pouze v blízkém okolí tohoto stupně.

## 5. KONTAMINACE PODZEMNÍCH VOD V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ

Podzemní vody zájmového území jsou od r. 1997 pravidelně monitorovány jak z hlediska úrovní hladin podzemní vody, tak i míry znečištění včetně vývoje elektrochemických ukazatelů. Vzhledem k historickému využití zájmového území se zde nachází značná kontaminace podzemních vod. Jedná se o kontaminace charakteru starých ekologických zátěží, jejichž některá ohniska nejsou doposud přesně lokalizována a je monitorováno pouze migrující znečištění.

V zájmovém území se vyskytuje kontaminace chlorovanými uhlovodíky – CIU a nepolárními extrahovatelnými látkami – NEL, přičemž nejsou blíže specifikovány jednotlivé frakce. Výjimečně byly zjištěny i nadlimitní koncentrace aromatů (BTEX).

Monitoring zájmového území za rok 2008 [2] opakovaně potvrdil plošně rozsáhlou kontaminaci kvartérního kolektoru migrujícím znečištěním CIU, kdy kontaminační mrak již dosáhl k řece Svatce a jeho délka se pohybuje okolo 1500 m – viz příloha č.2. Maximální koncentrace CIU byly detekovány ve vrtu AQ19a v areálu fy Prakom – PCE 1710 µg.l<sup>-1</sup>, TCE 125 µg.l<sup>-1</sup> a c-1,2-DCE 81,4 µg.l<sup>-1</sup> – viz příloha č.2, které však s kontaminací migrující z okolí OSC Galerie Vaňkovka a bývalého areálu Vlněny nesouvisí, k jejímu šíření dochází z areálu Prakomu. Z prostorové distribuce polutantů je patrné, že opět existuje více ohnisek znečištění, které se odrážejí v maximální koncentraci PCE na odtoku podzemní vody z areálu. Maximální koncentrace PCE v okolí OSC Galerie Vaňkovka byly detekovány ve vrtu AQ32 32,6 µg.l<sup>-1</sup>, TCE v AQ3a 384 µg.l<sup>-1</sup> a c-1,2-DCE v AQ29 431 µg.l<sup>-1</sup>. Koncentrace CIU v jednotlivých vrtech nevykazují výraznější trendy, které by jasně evokovaly změnu koncentrací polutantů v podzemní vodě zájmového území. Poměrně výrazné roční oscilace koncentrací jednotlivých CIU, včetně jejich produktů rozpadu, vykazují spíše vazbu na hydrodynamické poměry zvodně, které ovlivňují distribuci kontaminantu v zájmovém území.

Obdobně nepříznivý stav podzemních vod v zájmovém území je i z pohledu kontaminace ropnými uhlovodíky. Kontaminace podzemních vod látkami typu NEL je trvale detekována v okolí čerpacích stanic při ulici Opuštěná. Navzdory realizované sanaci horninového prostředí jsou zde trvale pozorovány vysoké koncentrace NEL (např. ve vrtu S2 72,0 mg.l<sup>-1</sup>) a zejména volná fáze na hladině podzemní vody – VJ25 0,2 cm. Omezení migrace látek typu NEL v zájmovém území je způsobeno až řekou Svatkou, která protéká cca 240 m jihozápadně od kontaminovaného území. V příloze č.2 je naznačen průběh kontaminačního pruhu látkami typu NEL.

Vzhledem k hydrodynamickým vlastnostem kolektoru a fyzikálně chemickým charakteristikám kontaminantu je jeho migrace poněkud omezena.

Obecně lze kontaminaci v zájmovém území charakterizovat jako tranzitní z více zdrojů s odlišnou distribucí v čase a prostoru z hlediska vývoje hydrodynamiky systému v průběhu roku, okolních antropogenních vlivů a chování polutantů ve zvodněném prostředí.

Lokálními změnami proudění podzemní vody dochází i ke změnám migrace kontaminantů, což může vést k jejich akumulaci a vzhledem k jejich toxicitě (i jejich produktů rozpadu) k negativnímu ovlivnění životního prostředí s případnou nutností sanačního zásahu.

## 6. METODIKA PRACÍ

Pro splnění cílů formulovaných v kapitole 1 bylo zvoleno matematické modelování pomocí programu PMWIN ver.5, který pracuje se zdrojovým kódem ModFlow řešícím základní diferenciální rovnice proudění podzemních vod metodou konečných diferencí.

Matematické modelování se ukázalo jako metoda, která je v požadované míře přesnosti schopna plně zjistit a kvantifikovat případné změny v proudění podzemních vod v kvartérním kolektoru zájmového území. Problematika změny hladiny podzemní vody spojené s výstavbou v zájmovém území byla simulována v hypotetických etapách na sebe navazujících dle postupujících výstavby:

**Varianta 0:** *Vliv stávajících objektů zasahujících pod hladinu podzemní vody*

**Varianta 1:** *Přídavný vliv záměrů, pro které již bylo vydáno územní rozhodnutí*

**Varianta 2:** *Přídavný vliv známých záměrů, pro které ještě nebylo vydáno územní rozhodnutí*

**Varianta 3:** *Přídavný vliv neznámých záměrů, u nichž na plochách dle územního plánu předpokládáme založení až do nepropustných jílů*

Před zahájením tvorby modelu proudění podzemních vod v zájmovém území byly prostudovány dostupné průzkumné práce ze zájmového území a byla sjednocena litologická rozhranní horninového prostředí, zejména povrch a báze kvartérního kolektoru tvořeného fluviálními písčitými štěrky (další specifikace viz kap.10). Po vytvoření prostorových litologických vazeb v programu Surfer bylo přistoupeno k tvorbě modelu s ohledem na vertikální a horizontální potřeby jak horninového prostředí tak plánované zástavby. Postup prací lze tedy rozdělit na studium archivních podkladů, tvorbu a kalibraci modelu, vytváření modelových situací a zpracování simulovaných dat v textu i grafických výstupech.

Podle požadavku zadání byly na základě modelových výpočtů formulovány zásady pro postup projektové přípravy záměrů z hlediska náležitosti eliminace změn odtokových poměrů, a to po stránce technické i právní. Akceptovatelnost jednotlivých změn odtokových poměrů byla shrnuta pro všechny varianty v místech posuzovaných objektů v závěrečné tabulce 2.



## 7. CHARAKTERISTIKA POČÍTAČOVÉHO MODELU

Projektovanými stavbami uvedenými v kapitole 2 bude postižena pouze mělká zvědeň vázaná na kvartérní fluviální sedimenty, jejímž nepropustným podložím jsou neogenní jíly.

Aby bylo možno posoudit vliv všech výše uvedených prvků na režim podzemních vod v oblasti, bylo nutno sestavit model pro poměrně rozsáhlou oblast. Pravoúhlá mřížka modelu má výšku 1600 m a šířku 730 m. Tyto rozměry byly vyhovující pro zobrazení posuzovaných vlivů v dostatečné vzdálenosti od okrajů počítačového modelu (okrajů mřížky). Jednotlivé cely, ve kterých program prováděl výpočty úrovní hladin podzemních vod, jsou v celém modelu uniformní a mají čtvercovou geometrii s velikostí stran 5 x 5 m. Tato velikost cel byla dostatečná pro koncepční zobrazení posuzovaných prvků. V jedné modelové vrstvě je tak 166 sloupců a 320 řad, které dohromady vytváří 53 120 cel v jedné vrstvě. Vzhledem k potřebě zobrazení liniových, pozvolna se uklánějících prvků (podzemní kolektor a tramvajový diametr), je model vertikálně rozdělen do sedmi vrstev s proměnlivou mocností, odrážejících litologický charakter kolektoru a jeho variabilní mocnost. Celkem tedy bylo v počítačovém modelu použito téměř 380 000 cel, v nichž byly kalkulovány hydraulické výšky.

Mřížka počítačového modelu byla následně otočena o 6,5° v kladném smyslu rotace tak, aby orientace sloupců modelu byla paralelní se směrem proudění podzemních vod při okrajích oblasti. Podzemní voda tak v podstatě proudí převážně paralelně s průběhem sloupců modelu. Okrajové podmínky proudění podzemních vod byly v modelu zadány jako okrajová podmínka 1. typu na severním okraji modelu ( $h=198$  m n.m.), jako řeka v místě východního okraje koryta Svratky a jako okrajová podmínka 1. typu ( $h=194,2 - 194,75$  m n.m.) na jižním okraji modelu. Okrajové podmínky byly voleny tak, aby odpovídaly nejvyšším úrovním hladin podzemních vod, které se podle dosažených měření mohou v oblasti vyskytovat zpravidla začátkem jarního období, což je nejvhodnější jako výchozí stav pro simulaci vlivu posuzovaných prvků na úrovně hladin podzemních vod.

K interpretaci povrchu a báze mřížky počítačového modelu byly využity údaje ze 189-ti hydrogeologických a inženýrskogeologických vrtů v oblasti modelu. Modelovaný prostor reprezentuje písčité kolektor kvartérních fluviálních sedimentů, na který je vázaná mělká zvědeň. Ten je shora omezen vrstvou hlín a navážek a nasedá na nepropustné podloží neogenních jílu. První (svrchní) vrstvu modelu reprezentuje nejsvrchnější část kolektoru písčitých štěrků. Báze vrstvy je na kótě 194 m n.m., povrch vrstvy je variabilní a respektuje průběh horní hranice kolektoru zjištěný v průzkumných vrtech.

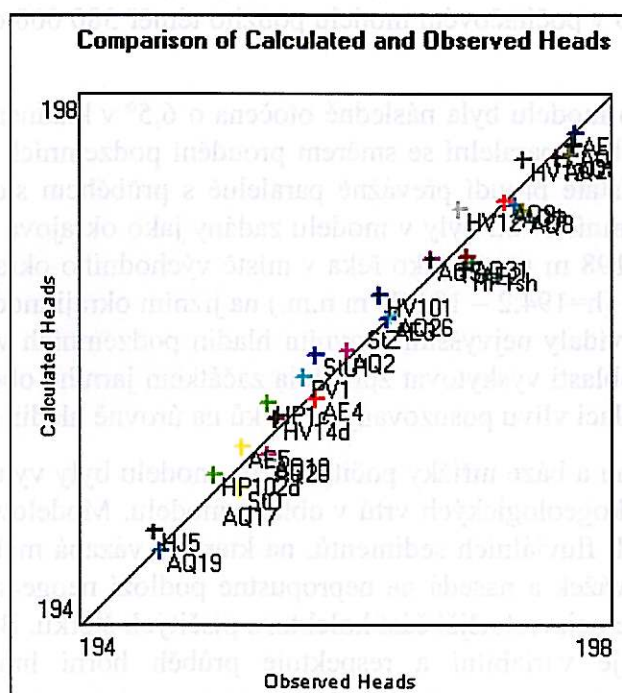
Informace o nadmořské výšce povrchu vrstvy byly získány interpolací dat získaných ze 189-ti průzkumných vrtů situovaných v oblasti. Kóta povrchu vrstvy se pohybuje v rozmezí 192 – 202 m n.m. Vzhledem k tomu, že hladina podzemní vody často zasahuje do nadložních jílovitopísčitých hlín a navážek, byla svrchní vrstva z hlediska hydrodynamického režimu zadána jako napjatá. Druhá modelová vrstva má bázi na kótě 193 m n.m., třetí na kótě 192 m n.m., čtvrtá na kótě 191 m n.m., pátá na kótě 190 m n.m. a šestá na kótě 189 m n.m. Báze sedmé modelové vrstvy je variabilní v rozmezí 191 – 188 m n.m. a odpovídá povrchu neogenních jílu. Informace o nadmořské výšce povrchu neogenních jílu byly získány interpolací dat získaných ze 138-ti průzkumných vrtů v oblasti, zachycujících rozhraní mezi kvartérními a neogenními sedimenty.

Hydraulické parametry hornin (transmisivita, horizontální a vertikální hydraulická vodivost a efektivní pórovitost) byly zadány ve shodě s hodnotami zjištěnými při hydrodynamických zkouškách na hydrogeologických vrtech v zájmové oblasti. Horizontální hydraulické vodivosti byly v první modelové vrstvě zadány v rozmezí  $1 \cdot 10^{-4}$  -  $5 \cdot 10^{-4}$  m/s a ve zbylých modelových vrstvách v rozmezí  $5 \cdot 10^{-4}$  -  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s, přičemž nejvyšší hodnoty v rozmezí  $1 \cdot 10^{-3}$  -  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s byly zadány do šesté a sedmé vrstvy. Hodnoty vertikálních hydraulických vodivostí byly zadány o jeden řád nižší,

než jsou odpovídající hodnoty horizontálních hydraulických vodivostí v jednotlivých celách. Tento poměr mezi horizontálními a vertikálními hydraulickými vodivostmi je typický pro fluvialní sedimenty [2]. Efektivní pórovitosti byly zadány v rozmezí 0,1 – 0,2, přičemž hodnoty se zvyšují rovnoměrně s propustností sedimentů, tedy k bázi písčito-šterkového kolektoru.

Po prvním spuštění modelu byly hodnoty horizontální hydraulické vodivosti kalibrovány tak, aby bylo dosaženo maximální shody mezi v terénu naměřenými a modelovanými hodnotami hydraulických výšek (úrovní hladin podzemních vod). Ke shodě došlo až po úpravě hydraulických vodivostí v prostoru jižně od ul. Opuštěné, kde se zřejmě nacházejí písčité šterky v jemnozrnnějším, méně propustném vývoji. Hodnoty horizontálních hydraulických vodivostí byly v tomto prostoru sníženy na rozmezí  $1 \cdot 10^{-4}$  až  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s. S těmito hodnotami bylo pracováno ve všech čtyřech následujících modelovaných situacích (viz kapitola 10).

Kalibrační diagram modelu současného stavu ukazuje obr.č.1. Rozdíly mezi naměřenými a modelovanými hydraulickými výškami se pohybují v jednotkách centimetrů, maximálně dosahují 15 centimetrů.





- I) Varianta 0: současný stav zohledňující přítomnost kolektoru inženýrských sítí, areál OSC Galerie Vaňkovka, centrum Trinity, čerpací stanice PHM Opuštěná sever a jih, bývalý podjezd pod nádražím, bývalou kmenovou stokou a čerpací stanicí odpadních vod BVK a stávající kanalizační síť
- II) Varianta 1: přídatný vliv nových objektů v území, pro které již bylo vydáno územní rozhodnutí - budoucí stav s objekty uvedenými v bodě I a s dokončenou výstavbou zanořeného úseku projektované komunikace Opuštěná, objektů ŽUB – nové železniční nádraží na mostní konstrukci, protipovodňová opatření a zárubní zdi, dále s objekty městské infrastruktury (OMI) – kanalizace I. až IV. etapa včetně retenční nádrže Jeneweinova a kanalizace budované v rámci souboru staveb Tramvaj Plotní
- III) Varianta 2: nové objekty na stupni záměru, před územním rozhodnutím – budoucí stav s objekty podle bodu II a dokončení tramvajového diametru C2, polyfunkčního centra Aupark Brno, polyfunkční výstavby J&T
- IV) Varianta 3: budoucí stav s prvky uvedenými v bodě 3 a s novými objekty na plochách dle územního plánu, které ještě nebyly podrobněji specifikovány. U těchto možných objektů pracovně předpokládáme realizaci dvou podzemních podlaží jakožto pravděpodobně nejnepříznivější (avšak možný podle územního plánu) stav pro změnu odtokových poměrů.

Podzemní kolektor inženýrských sítí Opuštěná – Metropol byl simulován pomocí neaktivních buněk. Jeho spádování směrem k JZ způsobuje, že v prostoru od čerpací stanice Shell k požárnímu úseku 3d leží jeho báze na neogenních jílech. Od požárního úseku 3d k požárnímu úseku 3e se jeho báze zvedá nad povrch jílů, tedy pod kolektorem může podtékat voda a báze je uložena ve zvodněných fluvialních písčitých štěrcích.

Naopak povrch kolektoru je v prostoru čerpací stanice PHM Opuštěná sever uložen ještě pod hranicí písčitých štěrků s nadložními hlínami, zatímco směrem na sever a východ je povrch kolektoru blíže k terénu. Neaktivní buňky neumožňují proudění podzemní vody přes takto vymezené oblasti, což odpovídá skutečnosti. Důsledkem je obtékání kolektoru ze stran, které kladou proudění menší odpor.

Pomocí neaktivních buněk, přes které nedochází k proudění podzemní vody, byla simulována i projektovaná výstavba ostatních budov a prvků městské infrastruktury.

## 9. METODIKA VYHODNOCENÍ DAT

Software *PMWIN* disponuje pouze jednoduchým grafickým výstupem, který slouží především pro koncepční vyhodnocení simulovaných situací. Proto byly k získání kvalitních grafických interpretací simulovaných úrovní hladin podzemních vod z programu *PMWIN* exportovány kalkulované hodnoty hydraulických výšek v jednotlivých celách. Tyto hodnoty, rozmístěné v pravidelné čtvercové síti o velikosti čtverce odpovídající zvolenému nastavení mřížky (5 x 5 m), byly exportovány do programu *Surfer ver. 8*, v němž byly hodnoty interpolovány, a tím byla vytvořena pravidelná síť s uzlovými body udávajícími hodnoty hydraulických výšek prostorově shodnými s původní mřížkou. Takto byla zaručena maximální shoda mezi primárními výsledky modelu proudění a grafickými reinterpetacemi v programu *Surfer*. Při interpolaci byla použita metoda krigování, bez nastavení elipsoidu přednostní orientace interpolovaných hodnot. Data nebyla žádným způsobem upravována a průběhy křivek nebyly vyhlazovány.

Při konstrukci řezů byl použit datový výstup programu *PMWIN* a tedy primárně určené hodnoty hydraulických výšek v jednotlivých celách situovaných v linii řezu. Tyto hodnoty byly importovány do programu *MS Excel*, v němž byly vytvořeny finální řezy ve formě grafů. Data nebyla žádným způsobem upravována a průběhy křivek vyhlazovány.

Jednotlivé hodnoty hydraulických výšek (úrovní hladin podzemních vod) diskutované v textu, byly odečteny z primárního datového výstupu programu *PMWIN*. Jedná se tedy o primární data, přičemž byly srovnávány hodnoty odečtené ze stejných cel. Pozice cel je v textu popsána. Vzhledem k tomu, že kalkulace byly programem provedeny s přesností na desetiny milimetrů, bylo jedinou úpravou primárních dat citovaných v textu jejich zaokrouhlení na jednotky centimetrů.

Rychlosti proudění podzemních vod byly získány v programu *PMPATH*. Tento program pro určení advektivního pohybu podzemní vody pracuje se základními datovými výstupy programu *PMWIN*. Pro každý dílčí výstup odpovídající jednomu konkrétnímu simulovanému stavu byl tedy vytvořen model i v programu *PMPATH*.

Hodnoty rychlostí proudění podzemních vod diskutované v textu byly odečteny z primárního grafického výstupu programu, pozice jednotlivých cel byla určována pozicí myši na obrazovce. Ze základního datového (textového) výstupu programu *PMPATH* byly na základě statistického zhodnocení souborů dat určeny maximální rychlosti proudění podzemních vod v modelované oblasti odpovídající jednotlivým simulovaným stavům. Na základě souřadnic bodů s maximálními rychlostmi byly tyto body vyhledány v grafickém výstupu programu na obrazovce.

## 10. VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ

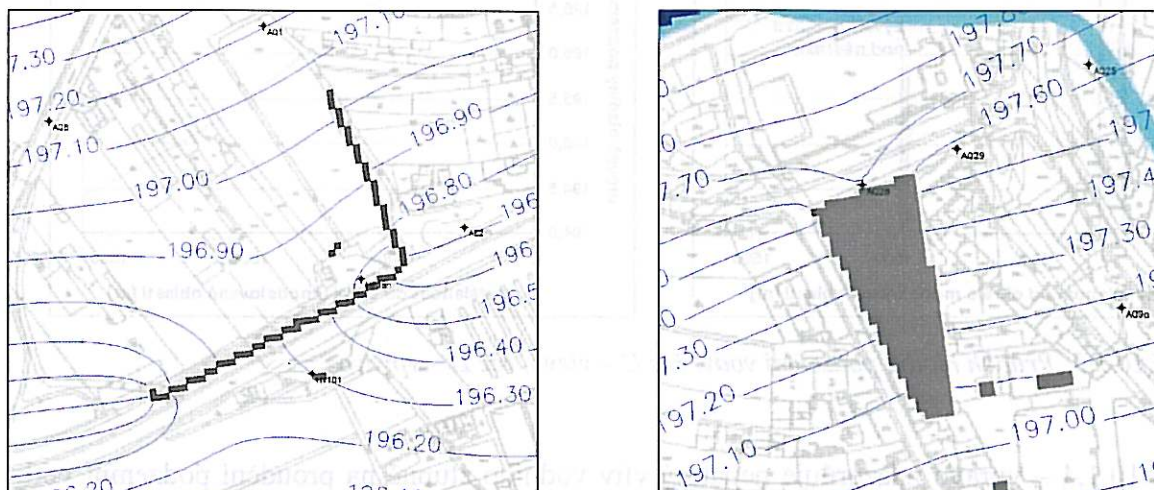
Podle výše popsané metodiky byly pro objektivní porovnání změn režimu podzemní vody na lokalitě Jižní centrum zvoleny pro zpracování schematických řezů celým územím sloupce č. 40 (řez A), 70 (řez B), 90 (řez C) a 120 (řez D), vyznačené v příloze 2, které přecházejí přes nově budované objekty a v jejichž liniích budou v dalším textu popisovány změny hladiny podzemní vody. Celkové změny úrovní hladin a směrů proudění podzemní vody jsou znázorněny v přílohách 3 až 6, do nichž byl postupně promítán vliv objektů budovaných v jednotlivých etapách.

### 10.1 Varianta 0 – Stávající objekty, které zasahují pod hladinu podzemní vody

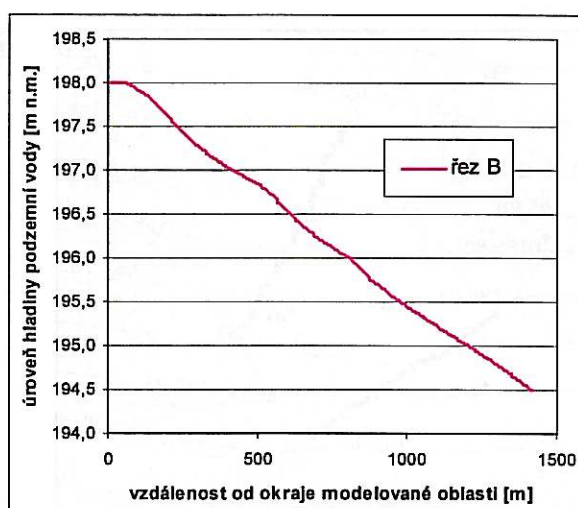
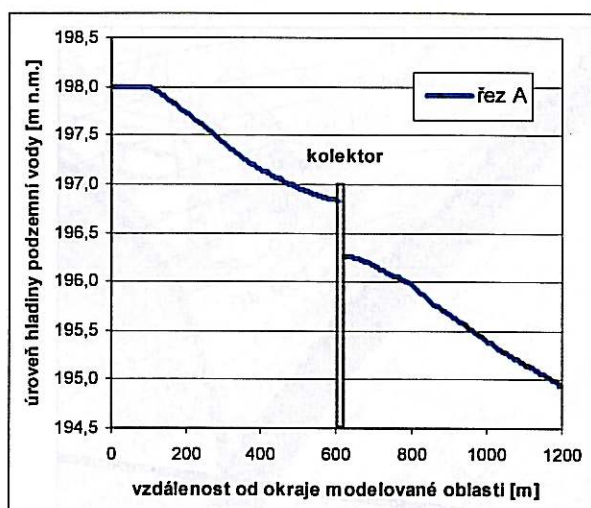
Grafický výstup modelu současného stavu režimu podzemních vod za nejvyšších zdokumentovaných vodních stavů ve formě hydroizohyps a směrů proudění podzemních vod tvoří přílohu č.3. Z grafického výstupu modelu je patrný poměrně uniformní charakter proudění podzemních vod, který je porušen stavebními prvky zasahujícími do zvodněných hornin. Na obr.č.10.1.1 je v detailu znázorněno grafickým výstupem z programu *PMWIN* – vlevo obtékání a podtékání kolektoru Opuštěná - Metropol, kde na nátokové straně dochází k nástupu hladiny podzemní vody o + 0,21 m – viz obr.č.10.1.2 – vlevo a obtékání polyfunkčního objektu Trinity – viz obr.č.10.1.1 – vpravo, kde na nátokové straně dochází k nástupu hladiny jen v řádu prvních centimetrů – viz obr.č.10.1.3 – vlevo. Příčinou vzduť hladiny při průběhu kolektoru při ul. Opuštěná je elevace neogenních sedimentů, které směrem k východu pozvolně vytvářejí depresi a kolektor tak podzemní vodu téměř neovlivňuje. Podzemní liniové stavby v prostoru nádraží Brno – dolní v jv. části modelovaného území zvyšují úroveň hladiny na nátokových stranách jen o několik centimetrů – viz obr.č.10.1.3. - vlevo. Průběh hladin podzemní vody v řezech B a D, které v této modelové situaci nezastihují žádné objekty vykazují pozvolný uniformní pokles hladiny podzemní vody v zájmovém území – viz obr.č.10.1.2 a 10.1.3 – vpravo. Z průběhu hydroizohyps v okolí budovaného administrativního centra Trinity je



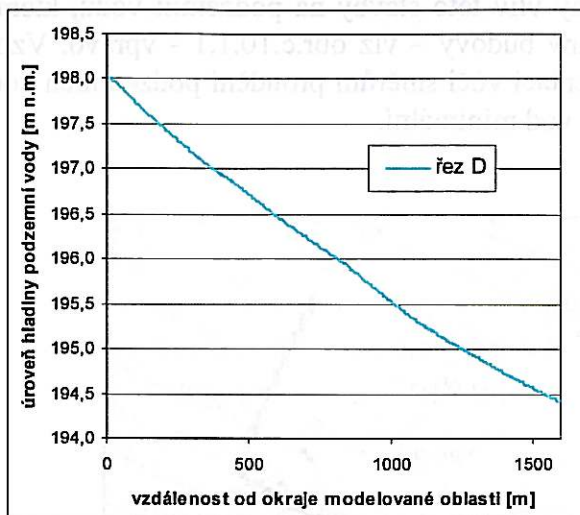
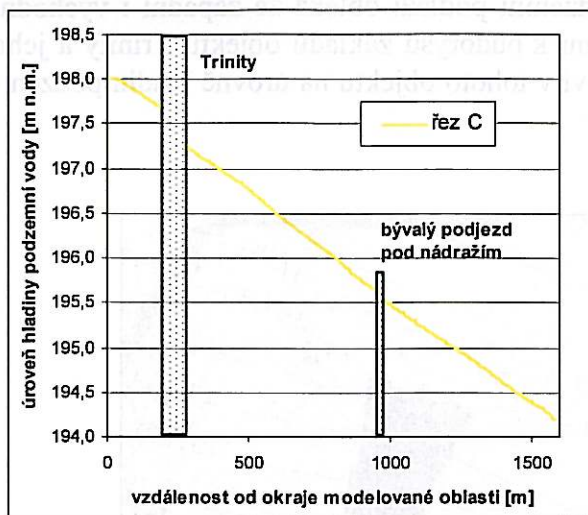
patrný vliv této stavby na podzemní vodu, která podzemní podlaží obtéká ze západní i východní strany budovy – viz obr.č.10.1.1 - vpravo. Vzhledem k půdorysu základů objektu Trinity a jeho orientaci vůči směru proudění podzemních vod je vliv tohoto objektu na úrovně hladin podzemních vod minimální.



Obr.č.10.1.1: Detail grafického výstupu programu PMWIN: vlevo – obtékání a podtékání kolektoru Metropal – Opuštěná, vpravo – obtékání polyfunkčního objektu Trinity

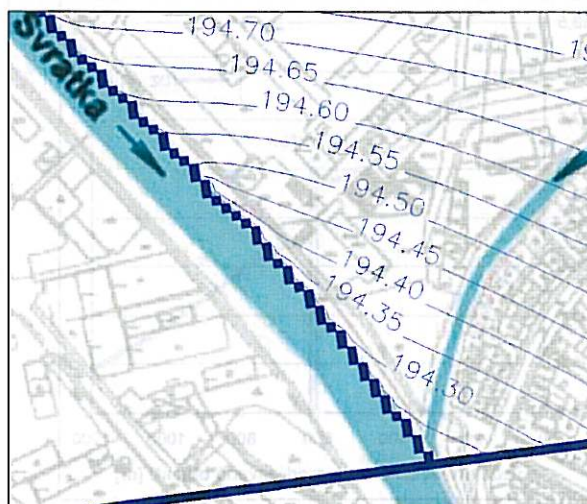
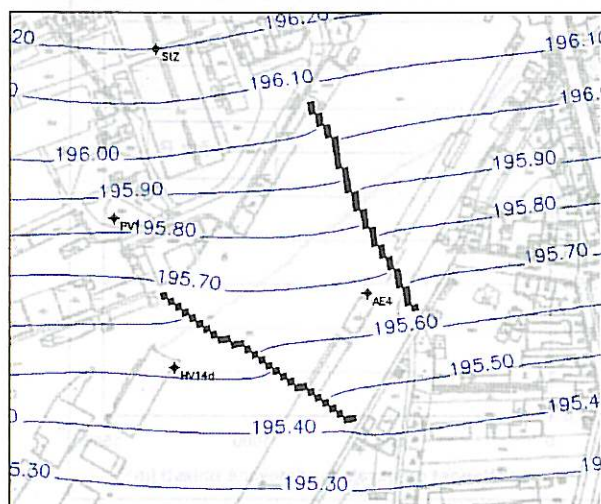


Obr.č.10.1.2: Průběh hladin podzemní vody: řez A – vlevo, řez B – vpravo



Obr.č.10.1.3: Průběh hladin podzemní vody: řez C – vlevo, řez D – vpravo

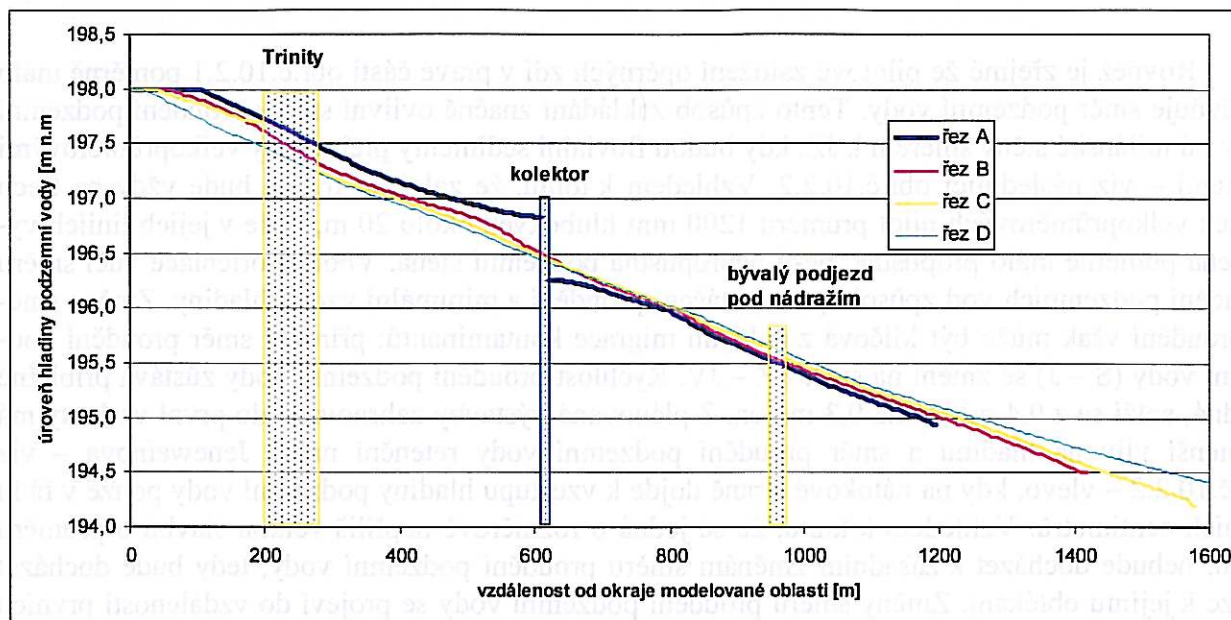
Obr.č.10.1.4 – vpravo znázorňuje nepatrný vliv vodního stupně na proudění podzemní vody v jihozápadní části modelované oblasti. Vodní stupeň zvyšuje hladinu podzemní vody cca o 0,25 m, jeho vliv na hladinu podzemní vody se pohybuje v řádu několika metrů od břehu řeky Svatky.



Obr.č.10.1.4: Detail grafického výstupu programu PMWIN: vlevo – obtékání liniových staveb nádraží Brno – dolní, vpravo vliv vodního stupně na směry proudění podzemní vody

Následující obr.č.10.1.5 vizualizuje a shrnuje průběh hladin podzemní vody ve všech řezech modelovanou oblastí pro jejich vzájemné porovnání.



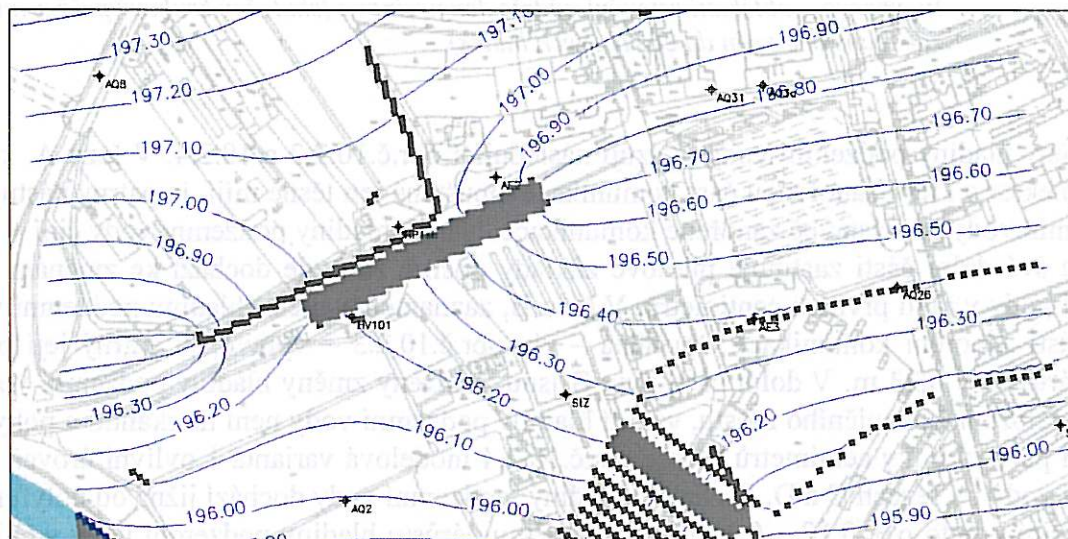


Obr.č.10.1.5: Souhrn hladin podzemní vody modelovanou oblastí

## 10.2 Varianta 1 – Nové objekty v území, pro něž již bylo vydáno územní rozhodnutí

Grafický výstup ve formě hydroizohyps a směrů proudění podzemních vod ze stavu, který zohledňuje i zanoření komunikace Opuštěná, výstavbu nádraží a retenční nádrží Jeneweinova, je uveden v příloze č.4.

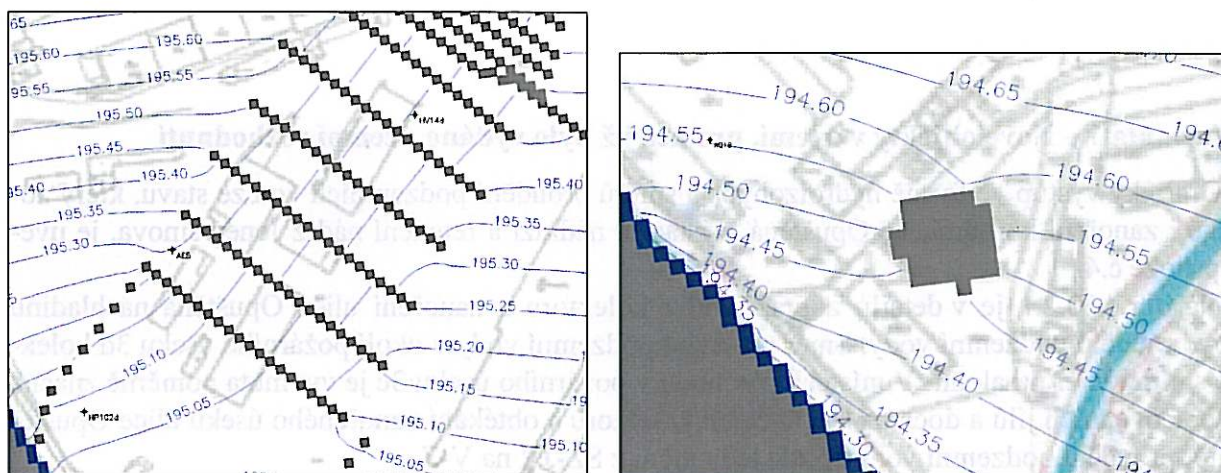
Na obr.č.10.2.1 je v detailu zobrazen vliv kolektoru a zanoření ulice Opuštěná na hladinu a směry proudění podzemní vody. Směr proudění podzemní vody v okolí požárního úseku 3d kolektoru je s ním téměř paralelní. V místech přechodu v požárního úseku 3c je vyvinuta poměrně značná deprese neogenních jíílů a dochází k podtékání kolektoru a obtékání zanořeného úseku ulice Opuštěná. Směr proudění podzemní vody se zde tedy mění z SZ-JV na V-Z.



Obr.č.10.2.1: Detail grafického výstupu programu PMWIN: obtékání a podtékání kolektoru a vliv staveb spojených s ŽUB



Rovněž je zřejmé že pilotové založení opěrných zdí v pravé části obr.č.10.2.1 poměrně málo ovlivňuje směr podzemní vody. Tento způsob zakládání značně ovlivní směry proudění podzemní vody od milánské stěny směrem k JZ, kdy budou fluvialní sedimenty přehrazeny velkopřůměrovými pilotami – viz následující obr.č.10.2.2. Vzhledem k tomu, že založení mostu bude vždy na třech řadách velkopřůměrových pilot průměru 1200 mm hlubokých okolo 20 m, bude v jejich liniích vytvořena poměrně málo propustná, ne-li nepropustná podzemní stěna. Vhodná orientace vůči směru proudění podzemních vod způsobí pouze stáčení proudění a minimální vzdutí hladiny. Změna směru proudění však může být klíčová z pohledu migrace kontaminantů: přírodní směr proudění podzemní vody (S – J) se změní na směr SZ – JV. Rychlost proudění podzemní vody zůstává přibližně shodná, sníží se z 0,4 m/den na 0,3 m/den. Z plánované výstavby zahrnované do první varianty má nejmenší vliv na hladinu a směr proudění podzemní vody retenční nádrž Jeneweinova – viz obr.č.10.2.2 – vlevo, kdy na nátokové straně dojde k vzestupu hladiny podzemní vody pouze v řádu prvních centimetrů. Vzhledem k tomu, že se jedná o rozměrově nepřilíš velkou stavbu o průměru 25 m, nebude docházet k zásadním změnám směru proudění podzemní vody, tedy bude docházet pouze k jejímu obtékání. Změny směru proudění podzemní vody se projeví do vzdálenosti prvních desítek metrů.

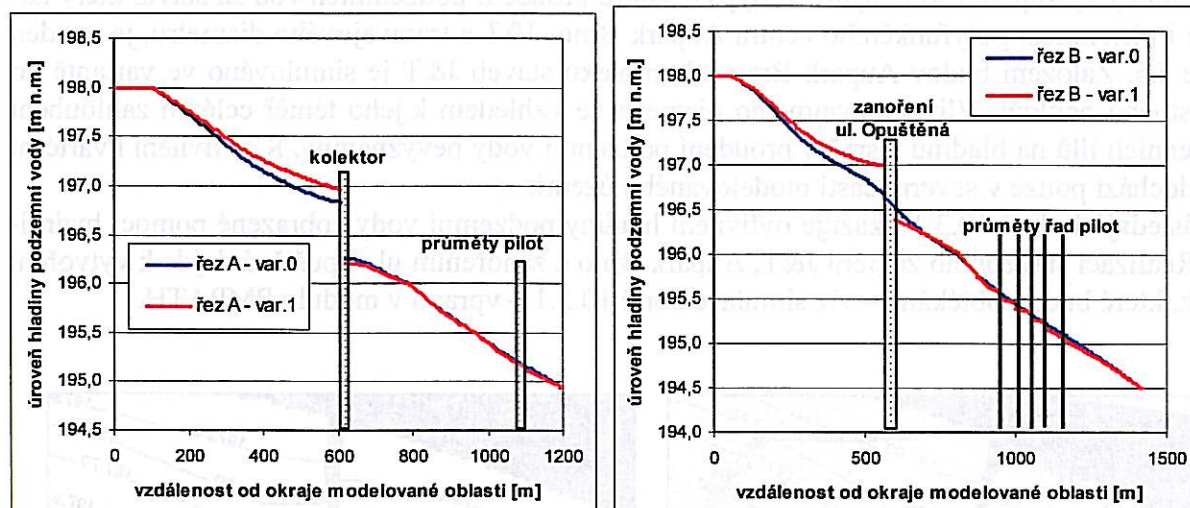


Obr.č.10.2.2: Detail grafického výstupu programu PMWIN: vlevo – obtékání pilotových základů mostu, vpravo – obtékání retenční nádrže Jeneweinova (skutečný kruhový průřez nádrže je zde transformován do čtvercových buněk)

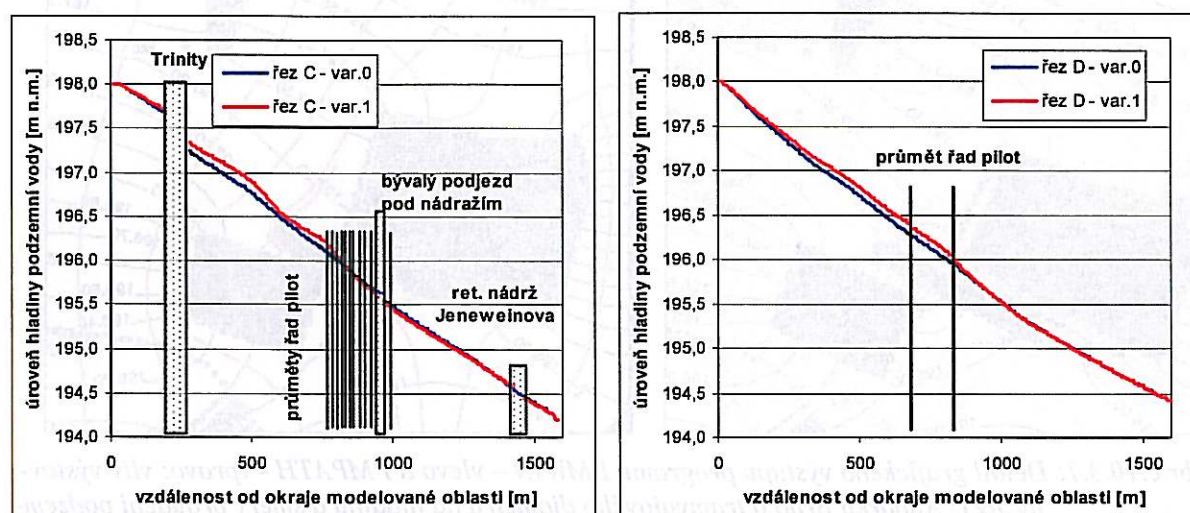
Změny hladiny podzemní vody ukazují následující obr.č.10.2.3 a 10.2.4. V řezu A, který zastihuje kolektor a který zanořenou část komunikace Opuštěná jen těsně míjí, je patrný nástup hladiny podzemní vody po výstavbě zanořené komunikace. Nárůst hladiny podzemní vody činí + 0,13 m. Řez A ve své dolní části zastihuje pilotové základy opěrné zdi, zde dochází ke změnám hladiny podzemní vody v řádu prvních centimetrů. V řezu B, zaznamenávajícím hladinu podzemní vody ve střední části zanoření komunikace Opuštěná – viz obr.č.10.2.3 – vpravo, je patrný její poměrně značný nárůst o + 0,23 m. V dolní části řezu B jsou zastiženy změny hladiny podzemní vody jako důsledek založení železničního mostu, vzdutí hladiny podzemní vody není markantní a pohybuje se v rozmezí první desítky centimetrů. Podle obr.č.10.2.4 modelová varianta 1 ovlivní úroveň hladiny podzemní vody i v řezech C a D. K nárůstu hladiny podzemní vody dochází jižně od polyfunkčního objektu Trinity, a to o + 0,10 – 0,13 m. K drobnému nárůstu hladiny podzemní vody v řádu první desítky centimetrů rovněž dochází před základovými konstrukcemi mostu a objektu nového nádraží.



Vzdutí hladiny podzemní vody na nátokové straně retenční nádrže Jeneweinova se pohybuje v řádu prvních centimetrů, a je tedy prakticky nevýznamné.



Obr.č.10.2.3: Průběh hladin podzemní vody: řez A – vlevo, řez B – vpravo



Obr.č.10.2.4: Průběh hladin podzemní vody: řez C – vlevo, řez D – vpravo

Modelovými výpočty bylo zaznamenáno vzdutí hladiny podzemní vody vlivem zamoření komunikace Opuštěná v poměrně značné vzdálenosti od stavby - cca 165 m od stavebního záměru – viz obr.č.10.2.4, kdy zaznamenaný trend hladiny podzemní vody není způsoben výstavbou nového vlakového nádraží v odsunuté poloze, ale zamořením komunikace Opuštěná.

Změny proudění podzemní vody jsou znázorněny v příloze č.4 této zprávy, z níž je zřejmé, že se změnou proudění dochází i ke změně směru migrace kontaminantů. Je nutno upozornit na fakt, že nové stavební záměry budou znamenat překážky a nové příležitosti k sorpci a migraci kontaminantů.

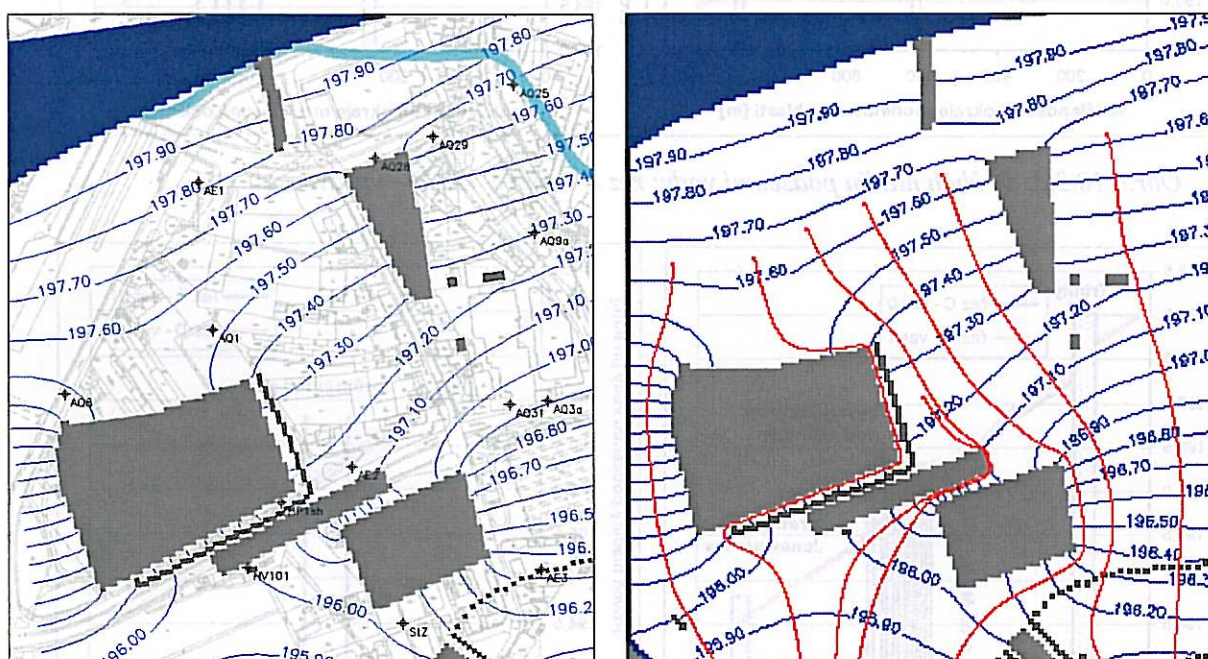
Příloha č.4 rovněž ukazuje oblast ovlivnění hladin a směrů proudění podzemní vody v modelované části.



### 10.3 Varianta 2 – Nové objekty na stupni záměru, před územním rozhodnutím

Grafický výstup ve formě hydroizohyps a směrů proudění podzemních vod za stavu, který zohledňuje i přítomnost polyfunkčního centra Aupark Brno, J&T a tramvajového diametru, je uveden v příloze č.5. Založení budov Aupark Brno a komplexu staveb J&T je simulováno ve variantě do nepropustného podloží. Vliv tramvajového diametru je vzhledem k jeho téměř celému zahloubení do neogenních jílu na hladinu a směry proudění podzemní vody nevýznamný. K ovlivnění kvartérní zvodně dochází pouze v severní části modelovaného území.

Následující obr.č.10.3.1 ukazuje ovlivnění hladiny podzemní vody zobrazené pomocí hydroizolinií. Realizaci stavebního záměru J&T, Aupark Brno a zanořením ul. Opuštěná dojde k vytvoření překážek, které budou obtékány – viz simulace obr.č.10.3.1 – vpravo v modulu PMPATH.

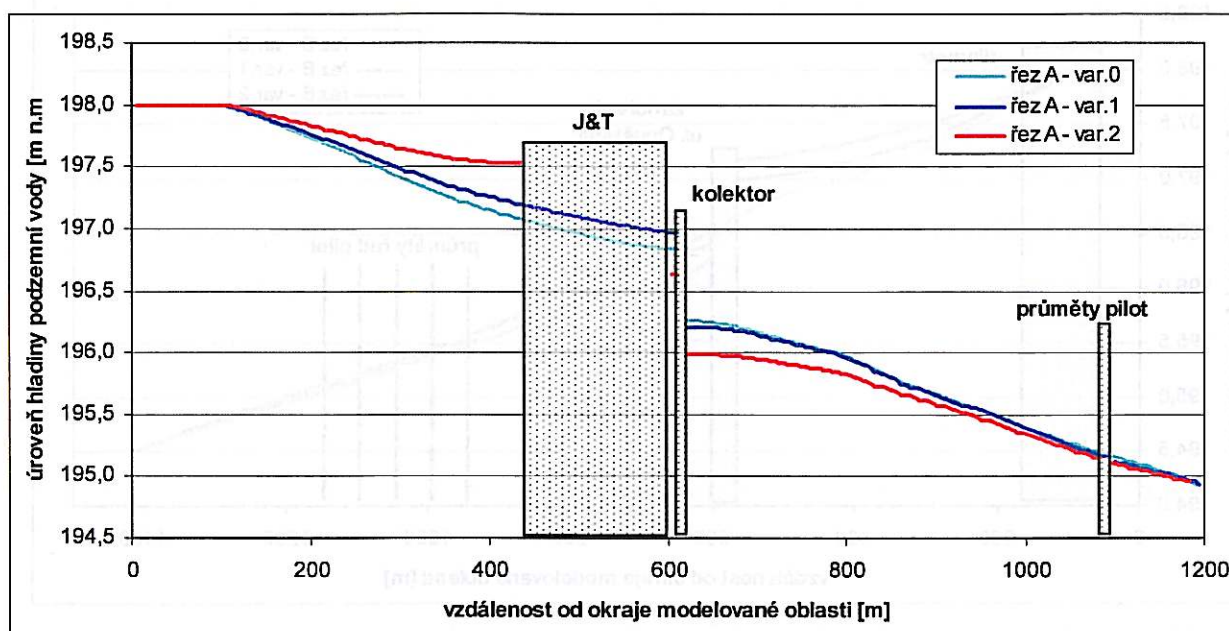


Obr.č.10.3.1: Detail grafického výstupu programu PMWIN – vlevo a PMPATH - vpravo: vliv výstavby J&T, Auparku Brno a tramvajového diametru na hladinu a směry proudění podzemní vody

Je patrné, že po dokončení stavebních záměrů dojde k vytvoření privilegovaných cest, jimiž bude podzemní voda proudit přednostně. Jedná se prostory, které je nutné do budoucna přesněji vymezit a specifikovat. Vznikem privilegovaných cest bude docházet ke zvýšení rychlostí proudění podzemních vod v těchto oblastech – oblast mezi J&T a kolektorem 1,4 m/den, oblast mezi okrajem modelu a J&T 1,8 m/den a oblast mezi zanořenou částí ul. Opuštěná a Aupark Brno až 2,5 m/den. V zájmovém území dojde nejen ke zvýšení rychlostí proudění podzemní vody, ale i k vývoji hydraulických stínů, obecně se tvořících za každou překážkou pro proudění podzemních vod. Nejvýraznější hydraulický stín bude jižně od J&T, kde rychlost proudění podzemních vod poklesne na pouhý 1 cm/den.

Následující obr.č.10.3.2 zobrazuje vzduť a pokles hladiny podzemní vody v řezu A v porovnání s ostatními variantami, tedy 40. sloupcem modelu. Na nátokové straně dojde ke vzduť hladiny podzemní vody o +0,31 m oproti variantě 1 a o +0,46 m oproti variantě 0.



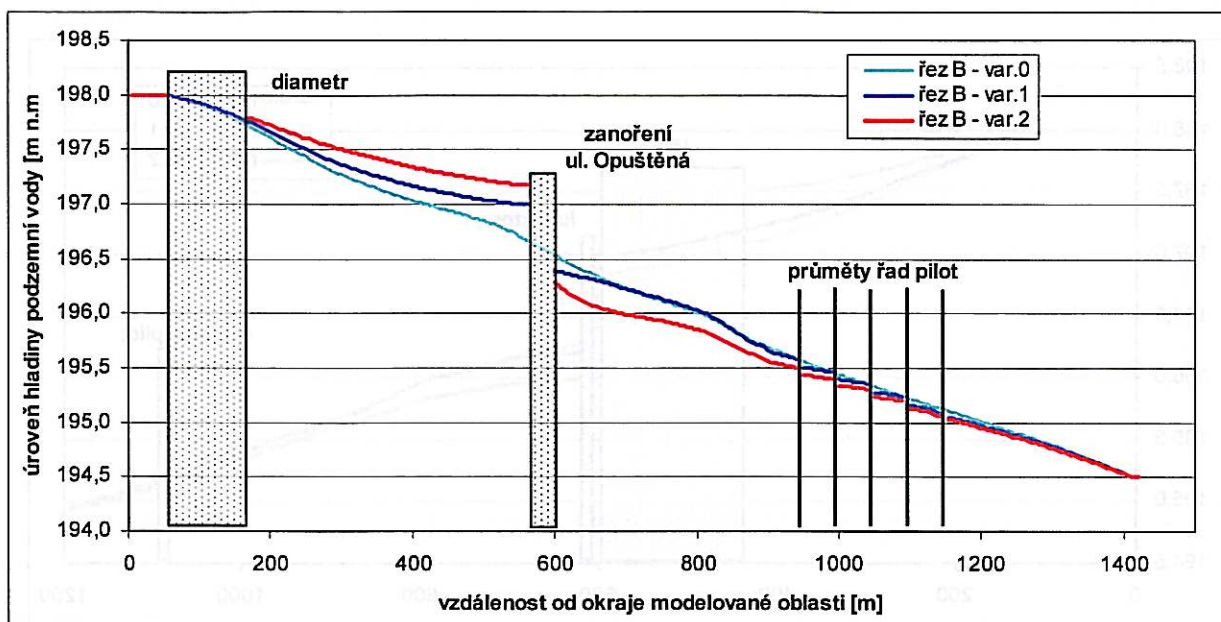


Obr.č.10.3.2: Průběh hladin podzemní vody: řez A

V oblasti za kolektorem, v hydraulickém stínu, dojde k poklesu hladiny podzemní vody až o  $-0,28$  m od původní hladiny podzemní vody – varianta 0. Rovněž z trendu hladin podzemní vody je patrné, že v jižní části modelovaného území v prostoru hlubinných základů drážního mostu nedojde k téměř žádným změnám v úrovních hladiny podzemní vody. Změny jak pozitivní na nátokové straně, tak negativní z pohledu hladiny podzemní vody na straně hydraulického stínu, by měly být v intervalu prvních centimetrů. K vyrovnání hladiny podzemní vody na úroveň varianty 0 dojde až ve vzdálenosti asi 500 m od plánované výstavby.

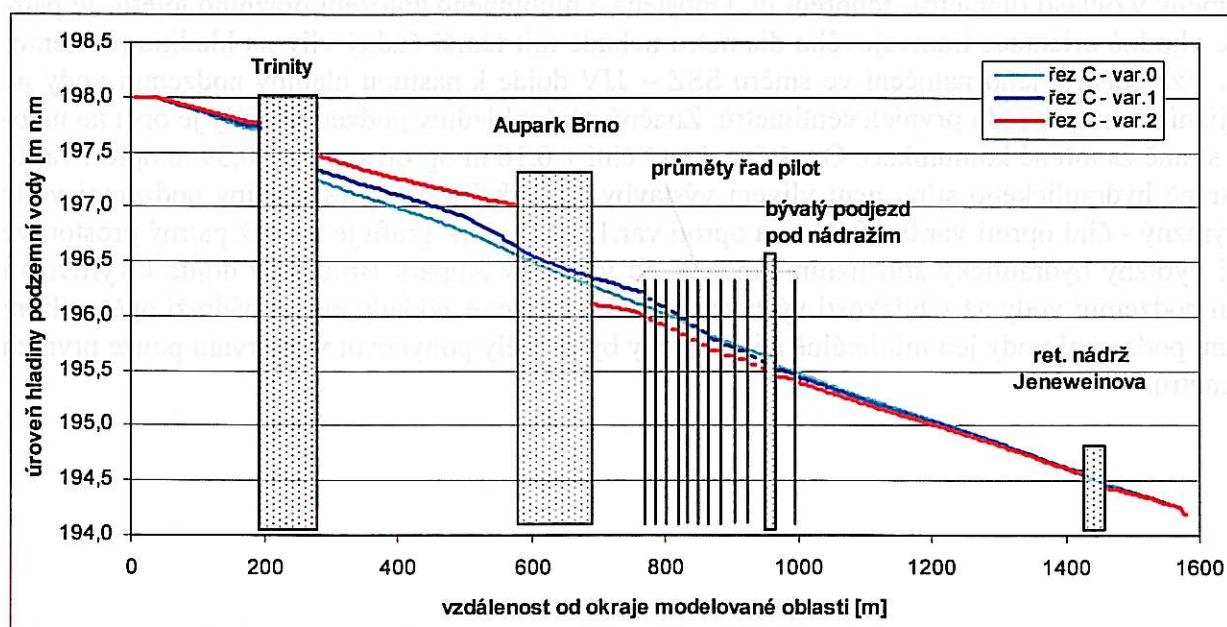
Řez B zobrazující hladinu podzemní vody v 70. sloupci modelu – viz obr.č.10.3.3, zachycuje její změny v oblasti diametru, zanoření ul. Opuštěná a hlubinného založení drážního tělesa. Je patrné, že vhodná orientace tramvajového diametru nebude mít téměř žádný vliv na hladinu podzemní vody. Vzhledem k jeho natočení ve směru SSZ – JJV dojde k nástupu hladiny podzemní vody na jeho jižním okraji v řádu prvních centimetrů. Značný nárůst hladiny podzemní vody je opět na nátokové straně zanořené komunikace Opuštěná, který činí  $+0,16$  m oproti var.1 a  $+0,39$  m oproti var.0. Na straně hydraulického stínu není vlivem výstavby Aupark Brno pokles hladiny podzemní vody tak výrazný - činí oproti var.0  $-0,24$  m a oproti var.1  $-0,12$  m. Z grafu je rovněž patrný prostorově velmi výrazný hydraulický stín jižním směrem od výstavby Aupark Brno, kdy dojde k vyrovnání hladin podzemní vody až v blízkosti výstavby nádraží. Pilotové základy mostu nádraží opět ovlivní hladinu podzemní vody jen minimálně a její změny by se měly pohybovat v intervalu pouze prvních centimetrů.





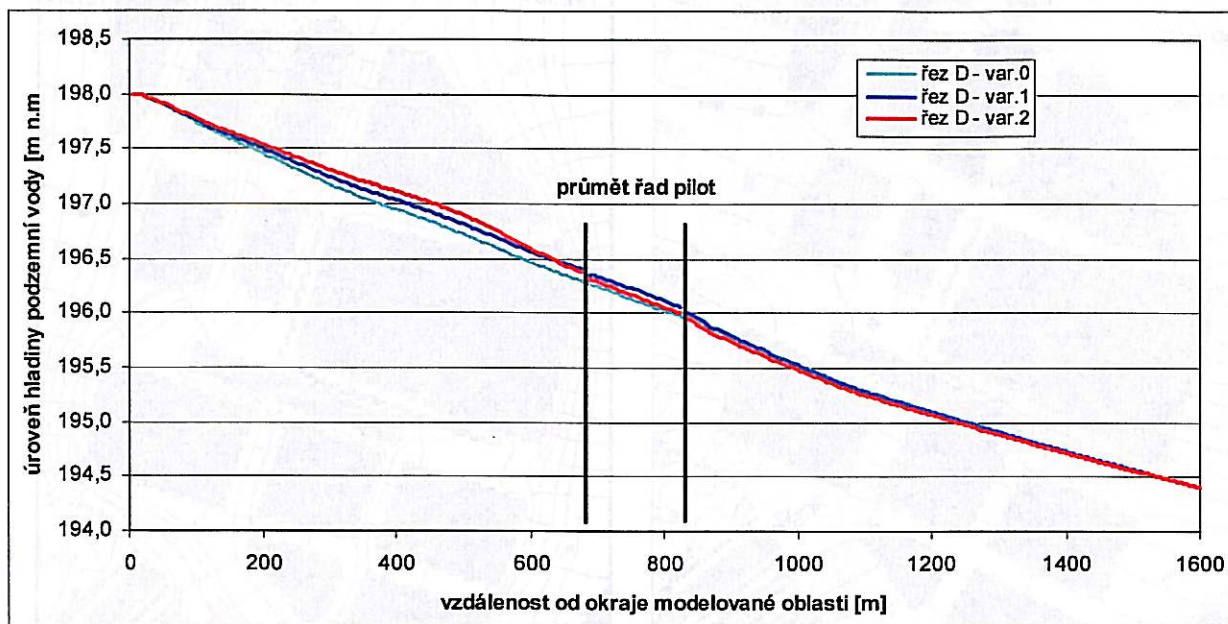
Obr.č.10.3.3: Průběh hladin podzemní vody: řez B

Rovněž zcela zásadní vliv na hladinu a směry proudění podzemní vody bude mít výstavba Auparku Brno. Je patrné, že vzduť hladiny bude pozorovatelné již v místě výstavby polyfunkčního objektu Trinity. Nárůstu hladiny podzemní vody na nátokové straně bude o +0,42 m oproti var.0 a o +0,34 m oproti var.1. Zatímco modelové výpočty bez uvážení výstavby Auparku Brno indikovaly malý nárůst hladiny podzemní vody na jižní straně zamořené komunikace Opuštěná, výstavbou Auparku Brno dojde k vytvoření hydraulického stínu a poklesu hladiny podzemní vody o -0,1 m oproti var.0 a o -0,26 m oproti var.1 - viz obr.č.10.3.4. Z obrázku je rovněž patrné slabé vzduť hladiny podzemní vody na nátokové straně objektu Trinity, které se pohybuje v řádu prvních centimetrů. K vyrovnání hydraulického stínu za plánovanou zástavbou dojde po asi 400 m. Vliv retenční nádrže Jeneweinova na hladinu podzemní vody je nepatrný.



Obr.č.10.3.4: Průběh hladin podzemní vody: řez C

Vliv plánované výstavby je zřejmý i na hladinách podzemní vody ze 120. sloupce, který prochází oblastmi s nejméně se rozvíjející zástavbou v modelovaném území – viz obr.č.10.3.5.



Obr.č.10.3.5: Průběh hladin podzemní vody: řez D

Z obr.č.10.3.5 je v úseku 200 – 600 m patrný pozvolný nárůst hladiny podzemní vody spojený s výstavbou stavebních záměrů. Nárůst hladiny podzemní vody je oproti var.0 o +0,17 m a oproti var.1 o +0,08 m. Rovněž je patrné, že výstavba opěrných zdí na pilotách bude mít na hladinu podzemní vody jen minimální význam.

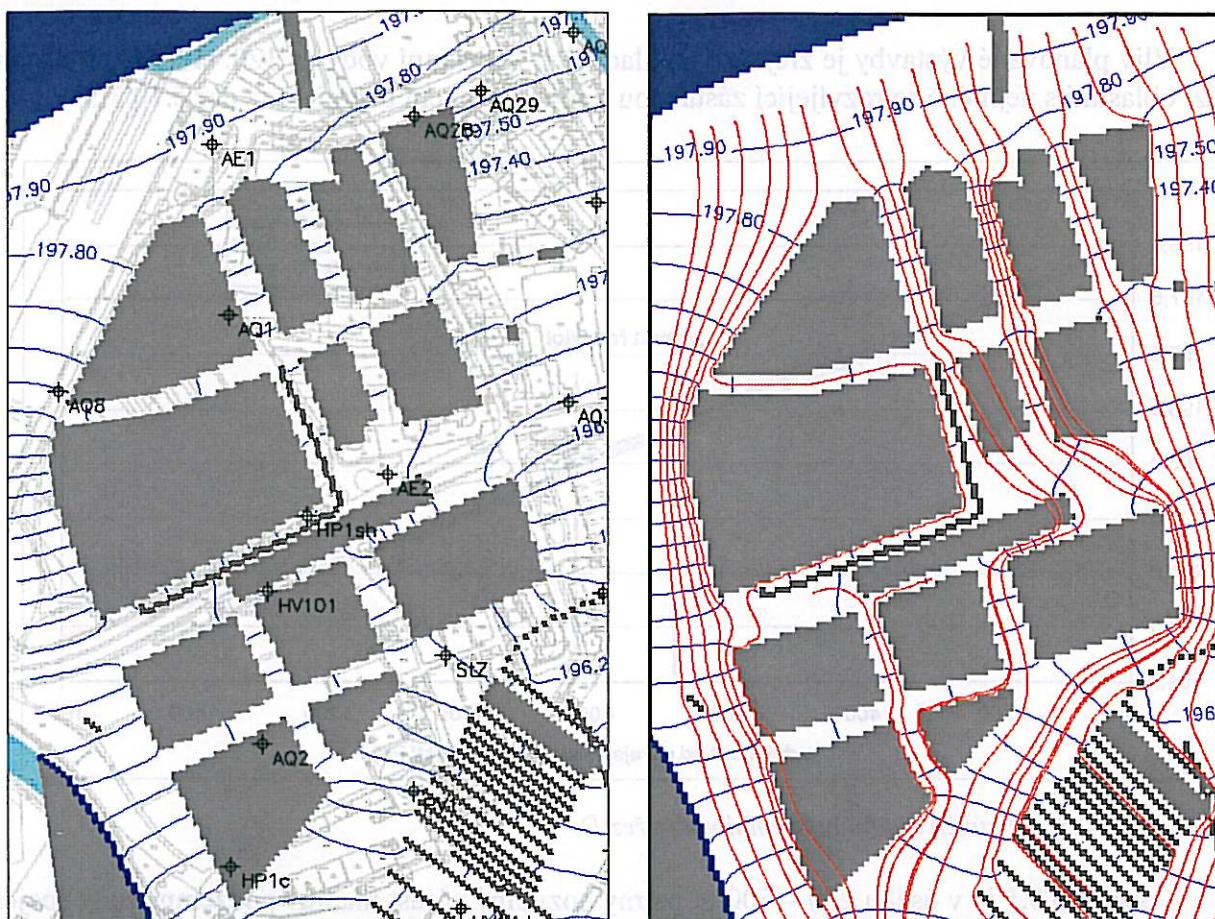
Je nutné upozornit na výrazné jak směrové, tak rychlostní změny proudění podzemní vody, které se promítnou i do mobility a atenuace přítomných polutantů.

#### 10.4 Varianta 3 – Nové objekty na plochách dle územního plánu, které ještě nebyly podrobně specifikovány

Grafický výstup ve formě hydroizohyps a směrů proudění podzemních vod ze stavu, který zohledňuje územní plán města Brna, je uveden v příloze č.6. Jedná se o variantu založení základů staveb v blocích odpovídajících územnímu plánu města Brna platnému v roce 2008, a to s proměnlivou hloubkou základové spáry od 193,0 m n.m. v severní části modelovaného území, kde se kóty terénu pohybují okolo 199 m n.m., do 192,0 m n.m. v jižní části zájmového území, kde se povrch terénu pohybuje okolo 198 m n.m. Pod některými objekty - bloky byla ponechána určitá mocnost fluvialních štěrkopísků sloužících k odvodňování dané oblasti. Úrovně základových spár odpovídají výstavbě objektů se dvěma podzemními podlažími.

Následující obr.č.10.4.1 demonstruje vliv výstavby v zájmovém území na hladinu a směry proudění podzemní vody. Z výstupu modulu programu PMWIN – PMPATH je patrné, že v zájmovém území při dané variantě založení dojde k vytvoření privilegovaných migračních kolektorů, kudy bude probíhat proudění podzemní vody.



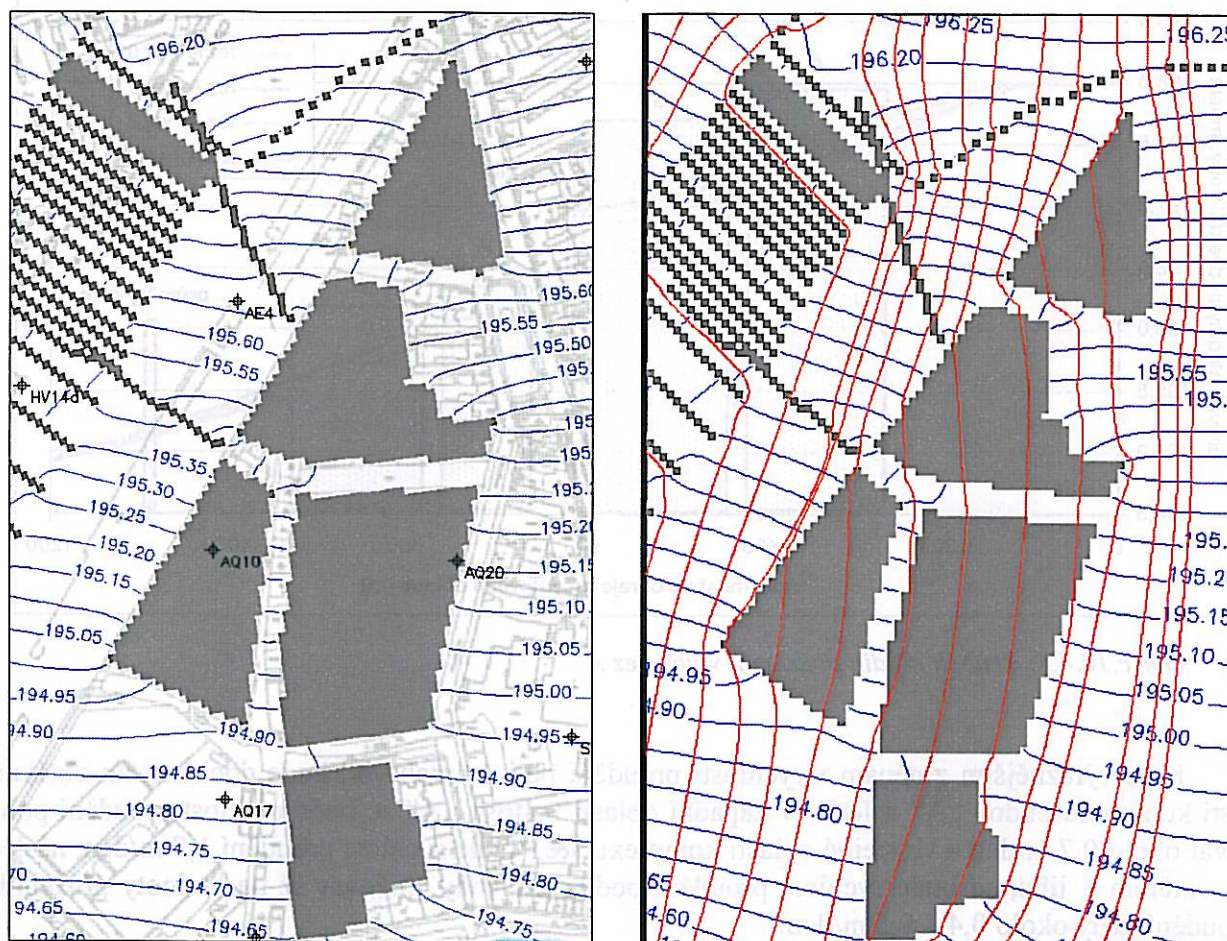


Obr.č.10.4.1: Detail grafického výstupu programu PMWIN – vlevo a PMPATH - vpravo: vliv výstavby dle územního plánu města Brna s 2 PP – severní část modelované oblasti

V pravé části obr.č.10.4.1 je patrné, jak deprese nepropustného podloží, neogenních jílov, výrazně ovlivní proudění podzemní vody, kdy dochází k částečnému podtékání bloku vpravo od J&T, zanořené komunikace Opuštěná a výstavby v blocích dle ÚPMB v jižní části obrázku.

Vzhledem k postupnému poklesu povrchu neogenních jílov a k jejich morfologickým elevacím a depresím se jejich povrch v jižní části modelovaného území pohybuje až okolo 188 m n.m. Tento fakt způsobuje podtékání většiny plánovaných objektů v jižní části modelovaného území – viz obr.č.10.4.2. Migrační koridory pro podzemní vody se zde budou vytvářet pouze na základových prvcích spojených s výstavbou nového nádraží, tedy liniově uspořádanými skupinovými pilotami viz obr.č.10.4.1 a 10.4.2.





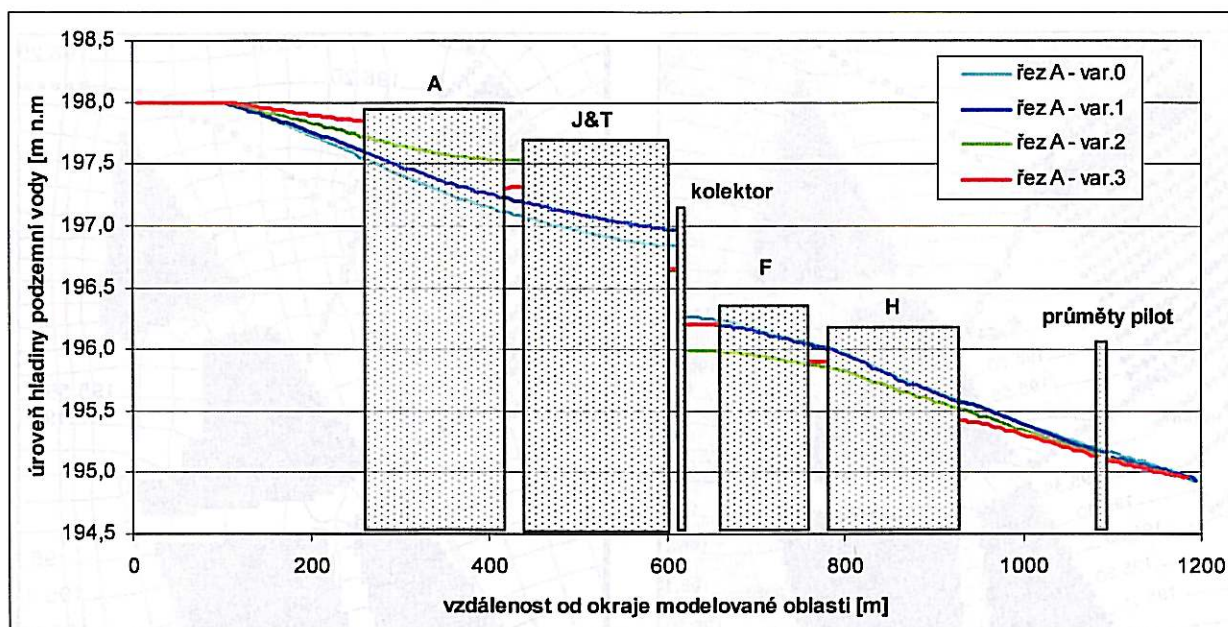
Obr.č.10.4.2: Detail grafického výstupu programu PMWIN – vlevo a PMPATH – vpravo: vliv výstavby dle územního plánu města Brna s 2 PP – jižní část modelované oblasti

Podtékání objektů může být velice nevhodné z hlediska fyzikálně chemických vlastností některých vyskytujících se polutantů – CIU. Jedním z dceřiných produktů jejich rozpadů může být i velmi toxický a karcinogenní vinylchlorid, který vzhledem ke svému skupenství má tendenci se hromadit v podzákladi budov.

Maximálního ovlivnění hladiny podzemní vody v zájmovém území spojeného s výstavbou dle ÚPMB je dosaženo na nátokové straně objektu „A“. Zvýšení hladiny podzemní vody činí +0,32 m od var.0 (197,85 m.n.m.). Celkové obtékání bloku „A“ způsobí poměrně výrazné snížení hladiny podzemní vody mezi blokem „A“ a objektem J&T, které oproti var.2 činí -0,22 m. Tento fenomén privilegovaného obtékání komplexů bloků „A“, J&T bude působit na hladinu podzemní vody z hlediska její úrovně negativně v celém modelovaném profilu, maximálního snížení bude dosahovat na jižní straně objektu „H“ -0,17 m. – viz obr.č.10.4.3.

*Poznámka: Zde je nutno upozornit na velmi malou vzdálenost okraje modelované oblasti a předmětných budov - bloků, kdy může docházet ke zkreslování výsledků okrajovými podmínkami.*

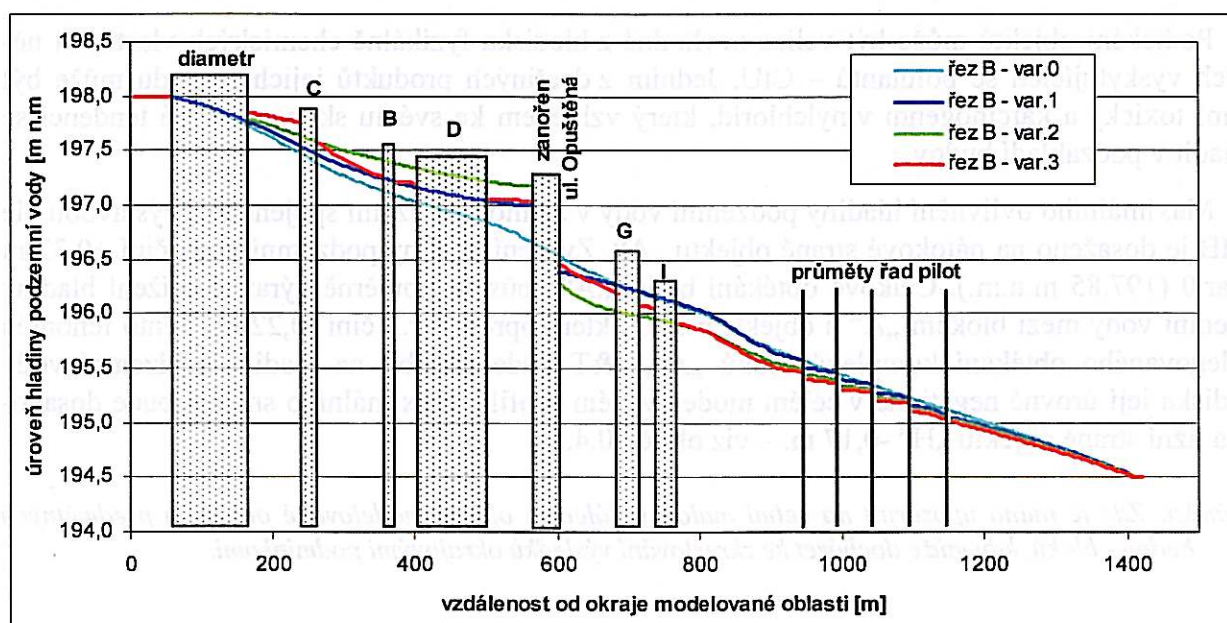




Obr.č.10.4.3: Průběh hladin podzemní vody: řez A

K nejvýraznějším změnám v rychlosti proudění podzemních vod bude docházet na obtékané části komplexu budov „A“ a J&T. V západní oblasti budovy „A“ se bude rychlost proudění pohybovat okolo 0,7 m/den a ve stejné oblasti komplexu J&T bude rychlost proudění 1,7 m/den, následně, směrem k jihu, se bude rychlost proudění podzemní vody snižovat až na hodnoty přírodního proudění, tedy okolo 0,4 – 0,5 m/den.

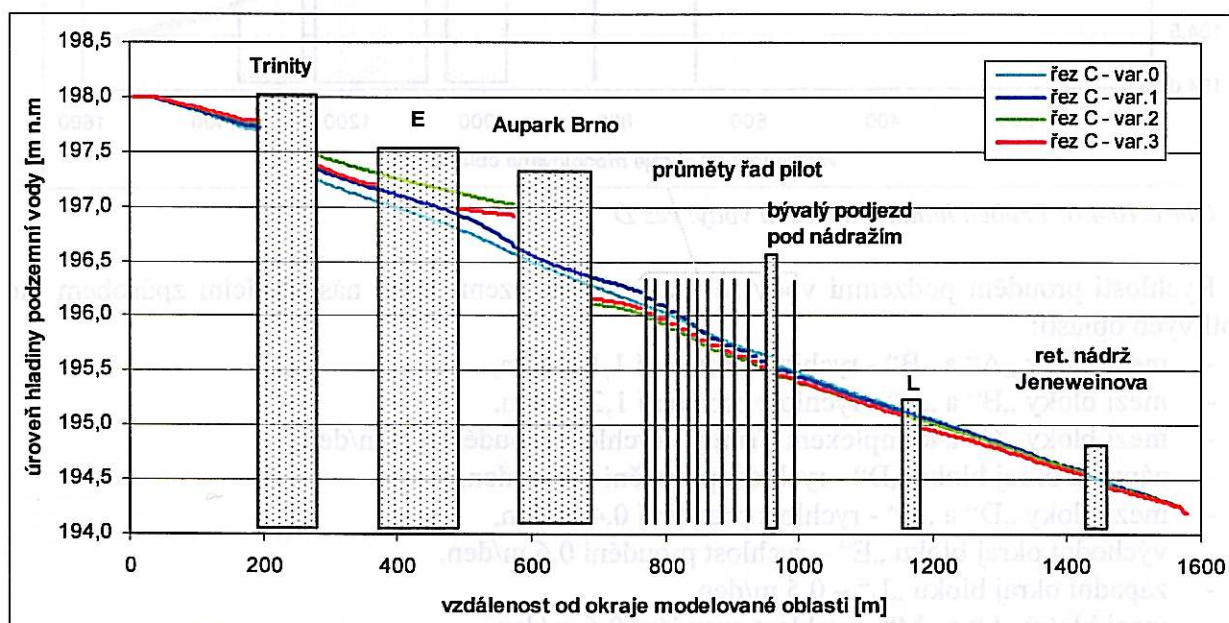
Plánovanou zástavbou bude dosaženo největších změn v úrovni hladiny podzemní vody na nátokové straně objektu „C“, kde hladina vzroste o +0,25 m oproti var.0 na úroveň 197,75 m n.m.



Obr.č.10.4.4: Průběh hladin podzemní vody: řez B

Rozložení hydraulických výšek v rámci řezu B var.3 je vůči ostatním variantám víceméně negativní a hydraulický stín budovy „I“ způsobí další pokles hladiny podzemní vody na minimum v této variantě – viz obr.č.10.4.4. K vyrovnání hladiny podzemní vody na úroveň var.0 dojde až při okraji modelované oblasti, tedy od budovy „I“ po cca 600 m, přičemž vliv založení železničního mostu je minimální.

K očekávané změně hladiny podzemní vody došlo vlivem výstavby budov dle ÚPMB i na území bezprostředně nesouvisející s výstavbou, tedy projev vzduší hladiny podzemní vody objektem „C“ se projeví i na sousedním objektu Trinity, kde hladina podzemní vody vzroste na úroveň 197,80 m n.m. (+0,05 m) – viz obr.č.10.4.5.

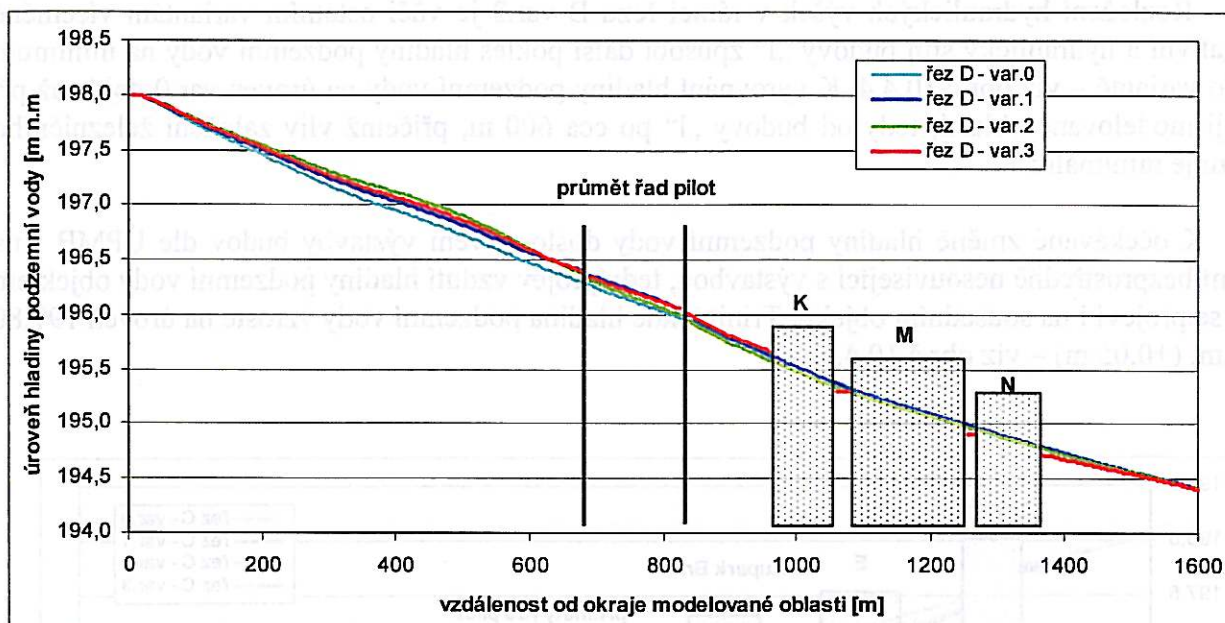


Obr.č.10.4.5: Průběh hladin podzemní vody: řez C

Úrovně hladin podzemní vody řezu C, var.3 jsou dále ve směru proudění v intervalu hladin variant 0 – 3. K jejich poklesu na výpočtové minimum daného řezu a místa bude docházet na straně hydraulického stínu budovy „L“ (-0,05 m oproti var.0, úroveň 194,95 m n.m.). Úroveň hladiny podzemní vody odpovídající var.0 bude vyrovnána až po cca 400 m.

Úrovně hladin podzemní vody řezu D vesměs kopírují stavy var.3 – viz obr.č.10.4.6. K malému nárůstu hladiny podzemní vody bude docházet na nátokové straně objektu „K“, +0,06 m. Tato oblast byla dosud z pohledu úrovní hladin v modelových výpočtech negativní.





Obr.č.10.4.6: Průběh hladin podzemní vody: řez D

Rychlosti proudění podzemní vody se v zájmovém území mění následujícím způsobem dle jednotlivých oblastí:

- mezi bloky „A“ a „B“ - rychlost proudění 1,1 m/den,
- mezi bloky „B“ a „C“ - rychlost proudění 1,2 m/den,
- mezi bloky „C“ a komplexem Trinity - rychlost proudění 1,0 m/den,
- západní okraj bloku „D“ - rychlost proudění 0,4 m/den,
- mezi bloky „D“ a „E“ - rychlost proudění 0,4 m/den,
- východní okraj bloku „E“ - rychlost proudění 0,6 m/den,
- západní okraj bloku „L“ - 0,5 m/den,
- mezi bloky „L“ a „M“ - rychlost proudění 0,6 m/den.
- západní oblast komplexu J&T - rychlost proudění 1,7 m/den

Lze tedy konstatovat, že ve variantě zástavby dle ÚPMB při úvaze 2 PP nebude docházet k takovému rozptylu hodnot rychlostí proudění jako při výstavbě dílčích staveb v rámci var. 1 a var.2.

Zástavba v zájmovém území dle var.3 bude značně ovlivňovat směry migrace kontaminantů podzemními vodami. Vzhledem k faktu, že v zájmovém území se nachází kontaminace látkami typu NEL a CIU s odlišnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi a z nich vycházející jejich chování v saturované a nesaturované zóně horninového prostředí, jsou jejich předpokládané kontaminační mraky vykresleny rovněž v příloze č.6. Je zřejmé, že hlavním rozšiřujícím horizontálním prvkem bude obtékání jednotlivých objektů. Je nutné opět upozornit na místa s vhodnými hydrodynamickými podmínkami hromadění fází polutantů a jejich degradačních produktů.



## 11. PRÁVNÍ RÁMEC PROBLEMATIKY ZMĚN REŽIMU PODZEMNÍ VODY V ÚZEMÍ

Pro řešení výše uvedené problematiky v rámci územního řízení a stavebního povolení jsou klíčové zejména požadavky zákona o vodách a stavebního zákona.

### 11.1 Hledisko zákona o vodách - pozice a úkoly jednotlivých stran vyplývající z rizika změn režimu podzemní vody v území Jižního centra

Každý, kdo vybuduje v území Jižního centra rozsáhlou podzemní stavbu zasahující přes zvodněné písčité štěrky až do nepropustných jííl (například na půdorysu 100 x 100 m),

- ovlivní průtok podzemní vody ve svém okolí,
- může ovlivnit i jakost vody díky změně dosavadního směru šíření tranzitního znečištění,
- dotýká se zájmů vlastníků okolních budov vyvoláním stavu, s nímž projekty těchto budov nepočítaly,
- nakládá podle první a druhé odrážky s podzemními vodami – jedná se o jiné nakládání ve smyslu §8, odst. 1. písm. b), bod 5. Toto nakládání podléhá správnímu řízení. To může změnit nakládáním s vodami za účelem snižování jejich hladiny podle bodu 3, přitom se nemusí jednat o čerpání.

Dále: podle §18 odst. 1 zákona o vodách: Každý, kdo hodlá provést stavbu nebo provádět jiné činnosti, pokud takový záměr může ovlivnit vodní poměry nebo jakost podzemních vod, má právo, aby po dostatečném doložení záměru obdržel vyjádření vodoprávního úřadu, zda je tento záměr z hlediska zájmů chráněných podle tohoto zákona možný, popřípadě za jakých podmínek.

Východiska uvedené interpretace dle zákona o vodách (vybráno tučně vyznačené):

#### § 2 Vymezení pojmů

(9) **Nakládáním s povrchovými nebo podzemními vodami je** jejich vzdouvání pomocí vodních děl, využívání jejich energetického potenciálu, jejich využívání k plavbě nebo k plavení dřeva, k chovu ryb nebo vodní drůbeže, jejich odběr, vypouštění odpadních vod do nich a **další způsoby, jimiž lze** využívat jejich vlastnosti nebo **ovlivňovat jejich množství, průtok, výskyt nebo jakost.**

*(To znamená i pasivně, necíleně, i nevědomky – vzdušným se změnil rychlosti proudění až řádově, změnil se koncentrace kontaminantů v podzemní vodě, kterou v případě čerpání bude nutno navíc dekontaminovat na limity kanalizačního řádu nebo vyhlášek.)*

#### § 5

(1) Každý, kdo nakládá s povrchovými nebo podzemními vodami, je povinen dbát o jejich ochranu a zabezpečovat jejich hospodárné a účelné užívání podle podmínek tohoto zákona a dále **dbát o to, aby nedocházelo k znehodnocování jejich energetického potenciálu a k porušování jiných veřejných zájmů chráněných zvláštními právními předpisy.**

*(Veřejným zájmem je nepochybně provoz městského kolektoru, výstavba železničního nádraží a objektů městské infrastruktury v území.)*

### § 8 Povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami

(1) Povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami (dále jen "povolení k nakládání s vodami") je třeba

#### b) jde-li o podzemní vody

1. k jejich odběru,
2. k jejich akumulaci,
3. k jejich čerpání **za účelem snižování jejich hladiny**, (*tzn. i pasivní gravitační drenáž apod.*)
4. k umělému obohacování podzemních zdrojů vod povrchovou vodou,
- 5. k jinému nakládání s nimi,**

Změnu odtokových poměrů podzemní vody možno označit za nakládání s vodami ve smyslu §2, odst. 9 a §8. odst. 1 písm. 5, bod 5 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách.

Změnou vodních poměrů mohou být ovlivněni jiné subjekty oprávněné k nakládání s vodami (zdroj vody pro myčku autobusů ČSAD) a provozovatelé monitorovacího systému znečištění podzemních vod (OSC Galerie Vaňkovka musí monitorovat znečištění do doby poklesu koncentrací pod akceptovatelné limity).

### 11.2 Hledisko stavebního zákona - pozice a úkoly jednotlivých stran vyplývající z rizika změn režimu podzemní vody v území Jižního centra

#### Stavební úřad:

- podle §19, odst. 1) písm. c) stavební úřad prověří a posoudí potřebu změn v území, veřejný zájem na jejich provedení, jejich problémy, rizika s ohledem například na veřejnou infrastrukturu a její hospodárné využití,
- podle §19, odst. 1) písm. m) stavební úřad vytváří podmínky pro ochranu území podle zvláštních právních předpisů (*zákon o vodách*) před negativními vlivy záměrů na území a navrhuje kompenzační opatření (*požadavek na předložení technického řešení eliminace změn odtokových poměrů podzemní vody v území*),
- Ve stavebním povolení stanoví stavební úřad podle §115 stavebního zákona podmínky pro provedení stavby, a pokud je třeba i pro její užívání, a rozhodne o námitkách účastníků řízení. Podmínkami zabezpečí ochranu veřejných zájmů a stanoví zejména návaznost na jiné podmiňující stavby a zařízení (*realizace technických opatření po dobu výstavby a provozu objektu včetně monitoringu hydrogeologických ukazatelů*),
- Podle §90 stavební úřad posuzuje, zda je záměr žadatele v souladu s požadavky zvláštních právních předpisů a se stanovisky dotčených orgánů, případně s výsledky řešení rozporů a s ochranou práv a právem chráněných zájmů účastníků řízení (*vlastníci sousedních nemovitostí patrně budou vznášet připomínky hodné zřetele*).

#### Stavebník:

- Podle §76 odst. 2) každý, kdo navrhuje vydání územního rozhodnutí nebo územního souhlasu, je povinen dbát požadavků uvedených v §90 stavebního zákona a být šetrný k zájmům vlastníků sousedních pozemků a staveb. Za tímto účelem si může vyžádat územně plánovací informaci, nejsou-li mu podmínky využití území a vydání územního rozhodnutí nebo územního souhlasu známy (*pro srozumitelný nástin určitých omezení vyplývajících z výše uvedených závěrů může sloužit tato studie*).

### Účastníci řízení

- Bude-li podle současné míry poznání hrozit riziko, že důsledkem výstavby objektů zasahujících pod hladinu podzemní vody dojde ke změně současných odtokových poměrů, a to včetně směrů tranzitní nadlimitní kontaminace, budou vlastníci nemovitostí v území dotčenou stranou a účastníkem správního řízení pro územní rozhodnutí podle §85, odst. 2, písm. b) a pro stavební povolení podle §109 zákona č. 183/2006 Sb. (stavební zákon) z důvodů popsanych v závěrech 1. až 3.
- Bude-li realizováno technické opatření (vodní dílo) eliminující vzduť vody, budou z identických důvodů vlastníci nemovitostí v území i účastníkem ve správním řízení podle zákona o vodách ve věci realizace vodního díla a nakládání s podzemními vodami. V rámci uvedených řízení budou moci vlastníci – dotčené strany vznášet připomínky k dostatečnosti technických opatření eliminujících vlivy změn hladiny na jejich nemovitosti (*týká se vlastníků nemovitostí v dosahu vlivů vyvolaných elevací a depresí*).

## **12. SOUHRN VÝSLEDKŮ**

### **12.1 Změny hladiny podzemní vody v území Jižního centra a jejich akceptovatelnost**

1. Realizace rozsáhlých podzemních staveb v území Jižního centra může způsobit trvalé zvýšení hladiny podzemní vody oproti stavu, z něhož původně vycházeli projektanti stávajících staveb. Míra možného vzduť logicky vzrůstá s klesající vzdáleností mezi stávajícími objekty a novými záměry v závislosti na jejich rozsahu.
2. Při pravděpodobné realizaci již známých staveb městské infrastruktury a areálů soukromých investorů může dojít ke vzduť podzemní vody na celém území (kap. 10.2 a příloha 4), a to až o první decimetry – viz tabulka 2.
3. Případné vzduť nebo pokles hladin změny směry proudění podzemní vody a rovněž i směry šíření nadlimitní kontaminace územím, a to jak na „přítoku“ podzemní vody do území, tak na jeho „odtoku“. Nadlimitní kontaminace podzemní vody pak může být zjištěna i na pozemcích do té doby prostých kontaminace. To může znamenat vícenáklady na straně vlastníků takových pozemků, zejména při výstavbě a souvisejícím odčerpávání podzemní vody, již kontaminované.
4. Akceptovatelnost změn odtokových poměrů novou výstavbou je pro každý stávající objekt a připravované objekty ŽUB a OMI individuální v závislosti na superpozici dílčích vlivů a vzdálenosti od staveniště nového záměru. Její schematické vyjádření pro tři hypotetické postupy zástavby území shrnuje tabulka 2.
5. Pro minimalizaci nebo až úplnou eliminaci vzduť hladiny podzemní vody v okolí nových staveb je třeba posoudit nutnost realizace technických opatření (drenáží apod.), aby velikost a dosah vzduť byly minimální a respektovaly stávající projektové řešení stávajících staveb a objektů městské infrastruktury (u objektů způsobujících změny v hladině podzemní vody větší než 0,3 m považuje realizaci těchto opatření za nezbytnou – viz tabulka 2). Rámcové řešení musí stavebník předložit v územním řízení, technické podrobnosti musí předložit ve stavebním řízení.
6. Bude-li pravděpodobné riziko změn odtokových poměrů výstavbou v okolí stávajících objektů a připravovaných objektů ŽUB a OMI, budou jejich vlastníci, resp. investoři, dotčenými stranami a účastníky správního řízení pro územní rozhodnutí a stavební povolení z důvodů popsanych v bodech 1. až 3.



## 12.2 Časový rámec platnosti dílčích závěrů pro stávající objekty a pro připravované záměry

Závěry formulované v předchozím bodu mají platnost po dobu existence zejména stávajících staveb – kanalizací, zbývajících zástavby na ulici Trnitá a na plochách určených dle územního plánu k novému využití. Po dobudování objektů městské infrastruktury budou zejména stávající inženýrské sítě nahrazeny novým systémem, a tím zanikne riziko vyplývající ze změn režimu podzemní vody pro starší kanalizační řady, které nebyly provedeny jako vodotěsné.

Na stupni dnešního poznání je obtížné přiřadit jednoznačné pořadí realizace jednotlivým záměrům a specifikovat přesněji související změny režimu podzemní vody v jednotlivých letech. Objekty jistě nebudou realizovány v etapách, shodných s variantami 1 až 3. Proto budou muset projektanti jednotlivých záměrů samostatně zpracovat prognózu vlivu jejich záměru podle aktuálních informací a na jejím základě navrhnout technická řešení eliminace změny odtokových poměrů.

Výše popsané modelované stavy nemohly být zadány zcela přesně, protože řada významných faktorů je teprve konkretizována – například značně rozsáhlý objekt komerčního zastřešení nového nádraží, jehož spodní stavba nepochybně bude zasahovat až do podložních jíhlů. K termínu dokončení této studie však nebyl k dispozici definitivní podklad popisující profily pilot, jejich počet a vazbu na piloty nádraží atd.

## 12.3 Nástroje pro modelové řešení změn režimu podzemní vody v území

Vzhledem k výše uvedeným informacím je třeba, aby každý stavebník připravující stavbu zasahující pod hladinu podzemní vody doložil v projektové dokumentaci předkládané k územnímu řízení:

- jakým způsobem ovlivní jeho stavba úroveň hladiny a směry proudění při výstavbě a následném provozu (výchozí stav, dále stav při výstavbě a provozu bez realizace technických opatření a nakonec stav při výstavbě a provozu stavby při realizaci technických opatření eliminujících změnu odtokových poměrů),
- jakým způsobem bude eliminovat změny odtokových poměrů podzemní vody (pasivní drenáže a následným vsakem, čerpáním z vrtů a zaústěním do veřejné kanalizace nebo do vlastní kanalizace zaústěné do řeky apod.) a doložit, že takové řešení je technicky i právně průchozí z hlediska množství i jakosti jímání podzemní vody (kam bude voda vypouštěna, v jakém množství s ohledem na hydrologické faktory, jak se může měnit jakost vody v čase a jaké je riziko kontaminace vody, zda postačují filtrační parametry v území uvažovaném pro infiltraci v okolí stavby, zda je možné k nim získat vlastnické či jiné právo apod.),
- jakým způsobem bude monitorovat dodržení míry akceptovatelné změny odtokových poměrů v místě stavby a v jejím okolí.

Nový záměr musí být situován v centru modelované oblasti o velikosti přiměřené rozměrům podzemní části stavby (například pro celé území o rozměrech 1600 x 1000 m, se sítí buněk o velikosti 5x5 m, pro dílčí části území o rozměrech menších, například 400 x 400 m). Nový záměr tedy nesmí být situován ve vzdálenosti menší než 200 m od okrajových podmínek, protože modelový výpočet by prognózoval velmi pravděpodobně menší vliv oproti modelu s okrajovými podmínkami odpovídajícími skutečnosti.

Modelové řešení musí vycházet z transparentní metodiky popsané výše, případně z metodiky modernější.

## 12.4 Možnosti eliminace změn režimu podzemní vody pro jednotlivé investiční záměry

Dojde-li realizací projektovaných záměrů ke změně režimu podzemní vody, musí stavebník, resp. jeho projektant najít technické řešení eliminace takové změny, například:

- drenáž na nátokové straně a zpětná infiltrace pod stavbou směrem k řece (úskalí: polohy povodňových hlín jsou téměř nepropustné, v jejich podloží je zveden mírně napjatá, póry písků až štěrků jsou již vyplněny, dále voda z drenážních a obdobných systémů smí být vypouštěna do vod podzemních pouze při splnění podlimitních koncentrací chlorovaných uhlovodíků, ropných látek a aromátů),
- čerpání z vrtů při dosažení předem definovaných úrovní hladin,
- obsyp obvodu stavby hrubozrnnou drtí,
- omezení hloubky založení objektu,
- rozčlenění podzemní části stavby na segmenty, mezi nimiž může proudit podzemní voda,
- kombinace uvedených a dalších řešení.

*Poznámka: Upozorňujeme na skutečnost, že výsledky počítačového modelu je nutné považovat za přibližné. I přes dostatečné množství archivních údajů o geologických a hydrogeologických poměrech není možné modelem zcela bezchybně vyjádřit lokální změny a nehomogenity vlastností horninového prostředí, které ovlivňují distribuci hodnot hydraulických výšek. Rovněž volba okrajových podmínek je kritickým krokem při počítačovém modelování; detailní charakteristika podzemních stavebních konstrukcí je modelem jen obtížně definovatelná.*

V Brně, dne 30.10.2008

### 13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Fetter C. W (1999): Applied Hydrogeology. Prentice Hall. New York. 531 pp.
- [2] Gillová E. a kol. (2008) : Brno. Vyhodnocení aktuální kvality podzemních vod ve vybraných areálech s ekologicky rizikovým provozem na území města Brna. MS AQUA ENVIRO s.r.o.
- [3] Chiang W., Kinzelbach W. (2003): 3D – Groundwater Modeling with PMWIN. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg.
- [4] Kuchovský T., Pospíšil O. (2007): Brno – k.ú. Trnitá. Přestavba železničního uzlu Brno. Městská infrastruktura. SO 06-19-02 Most na ulici Opuštěná. SO 06-19-03 Zárubní zdi podél ulice Opuštěná pod Bulvárem. Matematický model vlivu projektované monolitické ŽB vany na proudění podzemních vod. MS AQUA ENVIRO s.r.o., Brno.
- [5] Malec J. (2001) : ČS PHM SHELL Brno, ulice Opuštěná. Prováděcí projekt sanace nesaturované zóny kontaminované ropnými látkami. MS ATE CR a.s. Praha.
- [6] Michele L., Vavříček Z. (2008): Brno – k.ú. Trnitá. Posudek vlivů staveb v okolí OSC Galerie Vaňkovka na hladinu podzemní vody. MS AQUA ENVIRO s.r.o.
- [7] Michele L., Vavříček Z., Gillová E. a kol. (2008): Brno – k.ú. Trnitá, Komárov. TRAMVAJ PLOTNÍ – SOUBOR STAVEB. C3 Inženýrské sítě, kanalizace, I až IV. etapa. SO 301.10 až SO 301.40 Čerpání podzemní vody během realizace. MS AQUA ENVIRO s.r.o.
- [8] Michele L., Vavříček Z., Gillová E. a kol. (2008): Brno – k.ú. Trnitá, Štýřice. PŘESTAVBA ŽELEZNIČNÍHO UZLU BRNO. MĚSTSKÁ INFRASTRUKTURA. SO 06-63-01 Příprava území – provizorní a dočasná opatření. Odčerpávání podzemních vod ze stavebních jam. MS AQUA ENVIRO s.r.o.
- [9] Pospíšil O. a kol. (2004): Brno – k.ú. Staré Brno, Trnitá, Komárov, Štýřice, Horní Heršpice. Přestavba železničního uzlu – Studie souboru staveb. Hydrogeologický, sanačně geologický a inženýrskogeologický průzkum na území dotčeném objekty městské infrastruktury. MS AQUA ENVIRO s.r.o., Brno.
- [10] Pospíšil O. a kol.(2007): Přestavba ŽUB – Městská infrastruktura. Sanačně geologický průzkum pro vymezení ohnisek znečištění a vyhodnocení možností nakládání s výkopovými zeminami. MS AQUA ENVIRO s.r.o., Brno.
- [11] Texlová J.(1969) : Zpráva o stavebně geologickém a hydrogeologickém průzkumu pro stavbu autobazaru Brno – Uhelná. MS Státní projektový ústav obchodu, Brno.
- [12] Vavříček Z. (2008): Brno – k.ú. Trnitá. Rešerše dosavadních geologických průzkumů a syntéza archivních poznatků o hydrogeologických, sanačně geologických a inženýrskogeologických poměrech v bloku Uhelná – Opuštěná – Bulvár. MS AQUA ENVIRO s.r.o.



- [13] Vavříček Z. (2008): Brno – k.ú. Trnitá. Předběžný inženýrskogeologický, hydrogeologický a sanačně geologický průzkum pro polyfunkční výstavbu mezi ulicemi Opuštěná – Uhelná – Nový Bulvár. Závěrečná zpráva. MS AQUA ENVIRO s.r.o.

**Použité právní předpisy :**

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách v platném znění

Zákon č. 183/2006 Sb o územním plánování a stavebním řádu

Územní plán města Brna

10-100

10-100

10-100