

PROBLEMATIKA PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY V URBANIZOVANÝCH ÚZEMÍCH

Jaromír Říha

Výskyt a proudění podzemní vody v urbanizovaných územích jsou ovlivněny jak přírodními podmínkami, tak intenzivní antropogenní činností. Přírodními podmínkami jsou morfologicky členitý reliéf se sítí upravených a v řadě případů rovněž „pohřbených“ vodních toků, které většinou drénují přilehlou zvrstvení. Antropogenními zásahy jsou zejména změna geologické skladby území (antropogenní geologické vrstvy – navážky), úniky vody z inženýrských sítí, čerpání vody ze sklepů a z podzemních garáží i výstavba sítě kolektorů v centrech měst. Výstavba podzemních objektů, resp. částí staveb, výrazně ovlivňuje režim proudění podzemní vody, na druhé straně výskyt a režim proudění podzemní vody podmiňuje technické řešení podzemních částí nových staveb a metody jejich provádění. V případě interakce zvrstvení s povrchovými vodními toky bývá také významným faktorem nástup hladiny podzemní vody v chráněném území v průběhu povodňových epizod. V článku jsou podrobněji diskutovány jednotlivé zmíněné faktory spolu s příklady možné eliminace jejich negativního vlivu. Jednotlivé demonstrovány příklady vycházejí z četných prací autora při řešení problematiky proudění podzemní vody na území města Brna, Prahy a dalších urbanizovaných území.

1. Úvod

Režim podzemní vody v urbanizovaných územích bývá značně komplikovaný. Je to dáno řadou přírodních a zejména antropogenních faktorů, které režim proudění podzemní vody ovlivňují (kapitola 2). Vliv těchto faktorů obvykle bývá v procesu územního plánování zohledněn pouze omezeně, a to i přes skutečnost, že může výrazným způsobem ovlivnit koncepci, následné technické řešení i náklady na realizaci zamýšlených komplexů budov. V řadě případů může být režim podzemní vody limitujícím hlediskem pro využití území.

2. Faktory ovlivňující režim proudění podzemní vody

Faktory ovlivňující režim podzemní vody v urbanizovaných územích je možné rozdělit na přírodní a antropogenní. Mezi přírodní faktory patří zejména:

- geomorfologická členitost reliéfu,
- geologická skladba území,
- síť povrchových i podzemních (pohřbených) vodních toků,
- hydrogeologické poměry, přirozené dotace podzemní vody apod.

K faktorům souvisejícím s lidskou činností náleží:

- historický vývoj měst, tj. zejména vznik antropogenních geologických vrstev a zpevněných ploch omezujících infiltraci srážek,

- úpravy povrchových toků včetně prvků protipovodňové ochrany,
- úniky vody z vodovodních sítí,
- drénování podzemních vod kanalizační sítí,
- výstavba nových podzemních a hluboko založených objektů,
- čerpání vody ze sklepů hlouběji založených objektů,
- odběry podzemní vody.

2.1 PŘÍRODNÍ FAKTORY

Přírodní faktory související s výskytem a prouděním podzemní vody jsou dány konfigurací terénu a možnostmi infiltrace povrchové vody ze srážek. Významnou roli hrají povrchové vodní toky, které v přírodním stavu obvykle drénují přilehlou zvrstvení a významně ovlivňují polohu hladiny podzemní vody v přibřežní zóně. Řada měst leží v údolních nivách tvořených propustnými kvartérmními říčními sedimenty, jako jsou písky a štěrkopísky. Na našem území jde zejména o města situovaná podél významných vodních toků Vltavy (Praha), Labe (Hradec Králové), Moravy (Olomouc, Otrokovice, Uherské Hradiště, Hodonín), Bečvy (Přerov) nebo i Svatky a Svitavy (Brno). Členitý reliéf spolu s komplikovanou geologickou stavbou území a složitými hydrogeologickými poměry jsou dalšími výraznými faktory významně ovlivňujícími režim proudění podzemní vody.

2.2 ANTROPOGENNÍ FAKTORY

Výše uvedené přírodní faktory působí v urbanizovaných územích téměř vždy v kombinaci s faktory vyvolanými lidskou činností.

Historický vývoj měst dal vzniku antropogenním geologickým vrstvám, tzv. navážkám. Ty mají obvykle značně různorodé složení, jsou tvořeny stavebními směsí s úlomky cihel, popelem, škvárou i násypy přebytečné zeminy z výkopů. Jejich heterogenní složení podstatně ovlivňuje propustnost pro vodu, která může značně kolísat. Mocnost navážek zejména podél nábrežní ve velkých městech dosahuje běžně až několika metrů (např. v Praze – Karlíně až 8,0 m). Tyto vrstvy spolu se zpevněným povrchem měst místně snižují infiltraci srážek, a tím i zásoby podzemní vody v urbanizovaném území.

V přírodním stavu vodní toky obvykle drénují přilehlou zvrstvení. Úpravy vodních toků v městských tratích mohou v případě „tvrdých“ opevnění nábrežními zdmi přerušit komunikaci zvrstvení s tokem a tím snížit jeho drenážní schopnost. Obdobný účinek mohou mít i hluboko založené podzemní části prvků protipovodňové ochrany. Tyto zásahy mohou způsobit umělé vzduť hladiny podzemní vody v přibřežní zóně, případně způsobit podmačení přilehlých pozemků. Přírodní proud podzemní vody ovlivňují v poříční zóně rovněž vzdouvací objekty

na tocích, jako např. jezy, vyšší spádové stupně a hráze vodních nádrží. Nad objekty dochází k superpozici přírodního proudu podzemní vody a obtékání objektu, což se obvykle projevuje břehovou infiltrací bezprostředně nad vzdouvací stavbou a intenzivnějším drenážním účinkem na povodni straně. Zásah do režimu podzemní vody vyvolá téměř vždy úprava toku, a to jak změna směrového vedení, tak prohloubení koryta. Příklady z historie jsou soustavná úprava Moravy v 30. letech 20. století nebo úprava Vltavy v oblasti tzv. Rohanského ostrova v Praze.

Úniky vody z vodovodních sítí rozhojňují podzemní vody v urbanizovaných oblastech, lokálně zvyšují hladinu podzemní vody a v případě větších poruch rozvodných řadů vedou až k soustředěným výronům vody na povrch území.

V posledním období jsou v centrech měst často navrhovány hluboko založené komplexy obchodních center, kdy jsou v podzemních prostorách umístěována garážová stání. Není výjimkou, kdy základová spára objektu sahá 10 a více metrů pod povrch terénu. Příkladem jsou budovy Velkého Špalíčku, Kooperativy v Rašínově ulici nebo připravovaný Palác CD v Brně, stavba River Lofts v Holešovic-

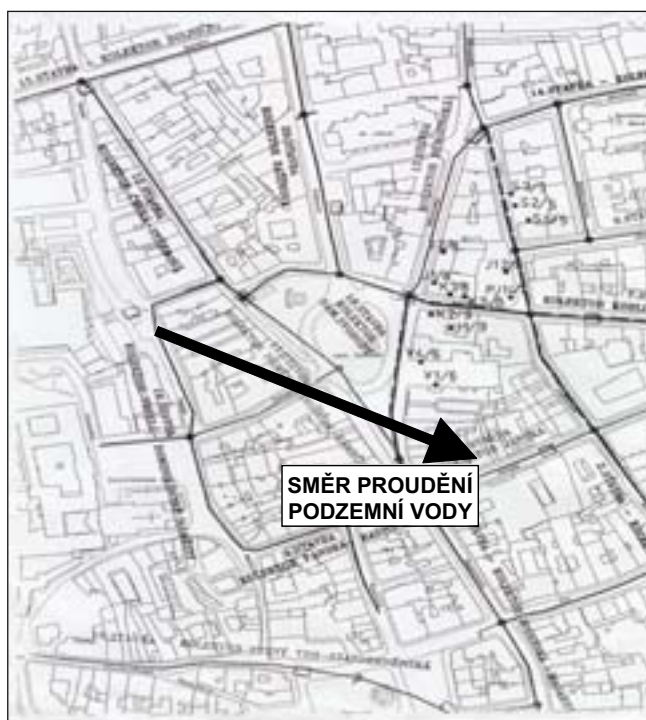
kém meandru, polyfunkční objekt River Diamond v Karlíně a další budovy v Praze, případně i v dalších městech. Podzemní části budov, zejména pokud dosahují na nepropustnou bázi hydrogeologického kolektoru, tvoří překážku proudu podzemní vody a způsobují prakticky vždy určité vzduť hladiny podzemní vody na jejich návodní straně. Nástup hladiny podzemní vody v závislosti na místních podmínkách a rozměrech objektu může přesáhnout až 1 m, u skupiny budov může být vzduť i výrazně vyšší. To se může projevit nepříznivě podmačením sklepů sousedních objektů, případně potřebou zvýšit stávající sanační čerpání ze sklepů okolních budov. Příklady na území města Brna jsou budova Kooperativy v Rašínově ulici, která přetíná proud podzemní vody směřující k náměstí Svobody, popř. navrhovaná budova PALACE CD, u níž riziko zvýšeného čerpání ze sousedního Paláce Morava bude eliminovat poměrně rozsáhlý obvodový drenážní systém (obr. 4).

Samostatným problémem je výstavba sítě kolektorů v centrech měst. Rozměrné štoly primárních kolektorů zpravidla zasahují úroveň podzemní vody a v případě příčných větví ovlivňují režim proudění podzemní vody. Příkladem je síť primárních kolektorů v centru města Brna

zer v bloku budov dnešní Komerční banky a jídelny McDonald.

Drénování podzemní vody kanalizační sítí a čerpání vody ze sklepů budov (např. kino Scala, obchodní dům Centrum, palác Morava na Malinovského náměstí v Brně) způsobuje lokální snížení hladiny podzemní vody. Rozsah deprese je ovlivněn místními hydrogeologickými poměry (zejména propustností materiálů zvodně) a historickým uspořádáním odvodňovacího systému zaústěného do čerpací jímky. Jako příklad lze uvést poměrně rozsáhlý a špatně dokumentovaný systém odvodnění „delty“ bývalého Městského potoka v oblasti Malinovského náměstí v Brně při jeho zaústění do Ponávky. Tento systém je zřejmě zaústěn do sběrného obvodového systému odvodnění Paláce Morava, kde se nachází i čerpací jímka. Ve většině případů je čerpaná voda odváděna do městské kanalizace, kterou zatěžuje balastními vodami. Vlastní čerpání a stočné navíc značně finančně zatěžují provozovatele odvodňovacích systémů, kdy roční provozní náklady na odvodnění mohou nezdědka dosahovat i několika milionů Kč.

Řada objektů je nově budována v poříční zóně. V Brně jde zejména o koncept tzv. Jižního Centra v klínu mezi toky Svratkou, Svitavou, resp. Ponávkou nebo o komplex administrativních budov CTP Office Park na pravém břehu Svratky v Heršpicích. V hlavním městě Praze jde pak například o již zmíněný komplex budov River Diamond. Tyto objekty jsou nejen vystaveny nebezpečí zaplavení v případě extrémních povodňových průtoků, ale i zvýšenému namáhání tlakem podzemní vody na základovou spáru. V případě propustných podložních vrstev dochází obvykle k interakci zvodně s hladinou vody v toku a k dalšímu zvyšování tlaku vody na základovou desku i stěny staveb. Naše dřívější práce [3] ukazují, že na základovou spáru objektů navrhovaných v poříční zóně Vltavy v Praze může při povodni obdobné s epizodou v srpnu roku 2002 působit vztlak vyšší než 57 kPa (cca 5,8 m vodního sloupce).



Obr. 1: Síť primárních kolektorů v centru města Brna

3. Technické řešení praktických problémů

Zkušenosti ukazují, že hodnocení vlivu podzemní vody na stavební objekty, resp. vlivu založení objektů na režim proudění podzemní vody je obvykle řešeno v území omezeného rozsahu bezprostředně přilehlém ke konkrétnímu sledovanému objektu. Nežádá jsou střety s podzemní vodou zcela opomenuty a jsou řešeny až v průběhu výstavby nebo až po jejím dokončení, kdy se projeví účinky podzemní vody. Hydrogeologický průzkum je zpracován pro jednotlivé lokality v rozdílné podrobnosti většinou podle ochoty zadavatele hradit geologický a hydrogeologický průzkum. Hydrogeologické podmínky je kromě povšechného popisu třeba odvozovat z jednotlivých geologických sond. Jednotlivé návrhové varianty jsou pak obvykle simulovány s využitím matematického modelování proudění podzemní vody. Modely přitom opět postihují pouze omezené území a vycházejí z omezených podkladových materiálů. Jen ojediněle jsou k dispozici kvalitní a souborné práce typu [1] a [2], z nichž lze odvodit širší hydrogeologické souvislosti a které obsahují věrohodné historické informace o dřívějších antropogenních zásazích do režimu podzemních vod. Nutno konstatovat, že na podrobnější rozbor širších souvislostí území není v rámci řešení jednotlivých konkrétních akcí mnohdy čas a není ani vůle zadavatele podílet se finančně na jeho zajištění.

V dalším textu zmiňujeme některé příklady a řešení související s problematikou podzemní vody v urbanizovaných územích, na nichž jsme se měli možnost v nedávné minulosti podílet.

3.1 VÝSTAVBA KOLEKTORŮ V CENTRU MĚSTA BRNA

Střed města Brna měl složitý geologický vývoj. Pro výskyt a proudění podzemní vody je podstatné předkvartérní podloží, které je s ohledem na nízkou propustnost možno považovat za počevní izolátor. Povrch masívu je nepravidelný s depresiemi a údolnicemi. Pro naše úvahy byla důležitá

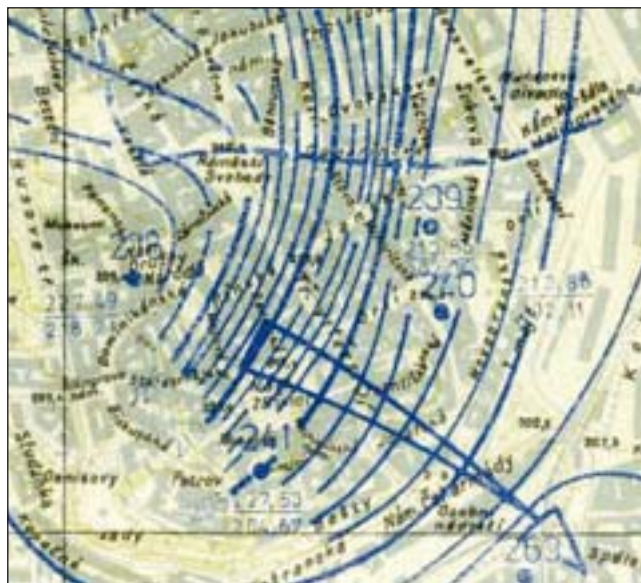
deprese procházející podélně v prostoru mezi ulicemi Kobližnou a Dvořákovou, u níž je možné předpokládat významnou hydrogeologickou funkci. V tomto prostoru se historicky nacházel Městský potok, který se v prostoru křížení Cejlu a Malinovského náměstí vléval do říčky Ponávky. Historické prameny uvádějí, že byl prostor soutoku trvale podmáčen, území mělo až charakter bažiny.

Na neogénní podloží nasedají na většině plochy písčitoštěrková souvrství různé mocnosti (1 až 3 m). Na jejich povrch navazují polopropustná až nepropustná sprašová souvrství tvořící v případě vyšších stavů podzemní vody stropní izolátor napjaté zvodně. V zájmové oblasti je patrný vliv antropogenní činnosti, která se projevuje nepravidelným rozmístěním a uložením navážek různého charakteru a hydraulických vlastností (sutě, zbytky starého zdiva a místy i existence starých sklepů, které mohou hydraulicky působit jako privilegované cesty proudů podzemní vody).

Úroveň hladiny podzemní vody kolísá, maximální hodnoty lze předpokládat v jarních měsících (duben a květen). Minima se vyskytují nejčastěji na podzim (v říjnu a listopadu). Převládající proud podzemní vody směřuje od výše položených míst v oblasti Dominikánského náměstí přes náměstí Svobody na východ k Malinovského náměstí a Cejlu, kde je zvedněn drénována tokem Ponávky (obr. 2). Přírodní proud podzemní vody vázaný na klimatické podmínky a infiltraci dešťových vod může být místně ovlivňován poruchami inženýrských sítí. Na území Brna se odhaduje v průměru až přes 200 l/s vody uniklé do podzemí a rozhojňující tak přírodní podzemní vodu.

V centru města Brna by-

ly AQUATISEM a.s. navrženy linie sekundárních kolektorů (obr. 1). Ty ve své trase protínají proud podzemní vody procházející od Dominikánského náměstí, Petrova a Špilberku přes náměstí Svobody k Ponávce (obr. 2) a vytvářejí tak překážku jeho odtoku. V některých místech by tak došlo k vytvoření „podzemních přehrad“, které by způsobily stoupnutí hladiny podzemní vody až o 3 m. Tento stav by vedl k podmáčení přilehlé zástavby a zaplavení sklepů v centru města. Situace v prostoru náměstí Svobody byla modelově vyhodnocena včetně návrhových variant, které si kladly za cíl omezit negativní vliv příčných větví kolektoru na režim proudění podzemní vody. Výsledky výpočtů naznačily, že u kolektorů bránících přírodnímu proudu podzemní vody dojde na jejich protivodní straně k vytvoření mrtvých koutů, ke změně proudění do směru linie kolektoru a ke vzduť hladiny podzemní vody. V nejnižších místech u spojných komor dojde k „přetoku“ vody přes konstrukci kolektoru. Kóta stropu zvýšená o výšku přetoku pak určuje úroveň hladiny podzemní vody na protivodní straně kolektoru. Hodnocení ukázalo, že je potřeba zajistit vhodným způsobem hydraulické propojení obou stran kolektoru tak, aby byla zajištěna vzájemná komunikace hladiny podzemní vody. Pro omezení nebezpečí vzduť hladiny podzemní



Obr. 2: Izolinie hladiny a směr proudění podzemní vody v centru Brna podle [2]

vody bylo navrženo převedení prosakovaného množství příčným flexibilním drénem zabetonovaným v tělese kolektoru a opatřeným ochranou nátoky do potrubí filtrační geotextilií.

3.2 BUDOVA PALACE CD V BRNĚ

Další studovanou lokalitou byl prostor výstavby polyfunkčního centra PALACE CD se zastavěnou plochou 9 000 m². Objekt má být umístěn v centru města Brna mezi ulicemi Benešovou a Kolištěm na pozemcích Českých drah. Stavba má mít sedm až devět nadzemních podlaží a pět podzemních podlaží. Výškové členění zamýšlené stavby vychází z úrovní ulic Benešova ($\pm 0,00 = 206,65$ m n. m.) a Koliště (cca 201,00 m n. m.). Kóta podlahy nejnižšího podlaží budovy je cca 190,20 m n. m. Stavební jáma bude hloubena pod ochranou obvodové podzemní stěny. Pata obvodové podzemní stěny bude dle zadavatelem poskytnutých podkladů dosahovat kóty 185,10 m n. m. Celek novostavby tvoří překážku proudu podzemní vody. Otázkou bylo, jaký vliv může mít změna proudění na hydrogeologické poměry v nejbližším okolí stavby.

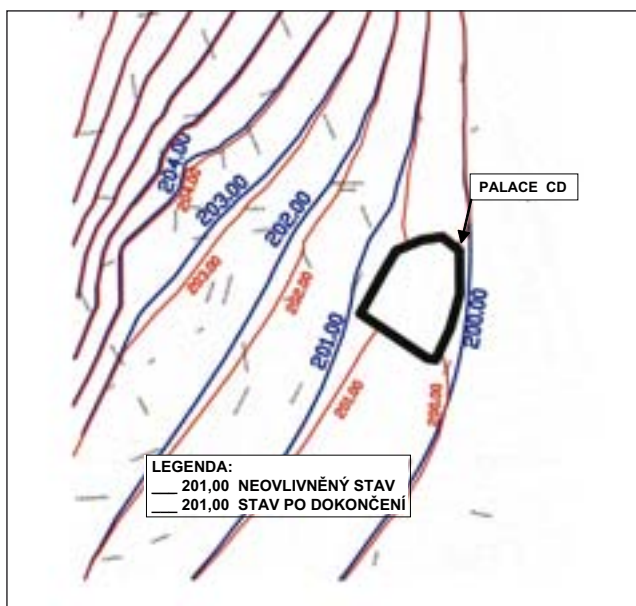
Podzemní voda je vázána především na kvartérní fluvialní štěrkovité náplavy říčky Ponávky a jejích přítoků. V náplavech se vytváří spojitý horizont podzemní vody s volným, popř. mírně napjatým režimem proudění. Dotace podzemní vody se děje převážně infiltrací srážkové vody přes výše položené vrstvy navážek, dále pak úniky z inženýrských sítí (vodovodu, kanalizace, teplovodů) a vodou z pohřbených potoků – pravobřežních přítoků Ponávky. Jde zejména o tzv. Městský potok procházející v linii ulic Údolní – Solniční – Veselá – nám. Svobody – Kobližná – Malinovského náměstí – Cejl (ústí do Ponávky). Poměrně široké území je zde odvodňováno čerpáním množství 1 až 2 l/s ve sklepě komplexu Paláce Morava. Čerpání ovlivňuje úroveň podzemní vody ve sklepech obchodního domu Centrum a Mahenova divadla. Jak za vyšších, tak i nižších vodních stavů se bezprostředně projevuje drenážní účinek říčky Ponávky, která svádí podzemní vodu jak z pravobřežní, tak le-

vobřežní zvodně.

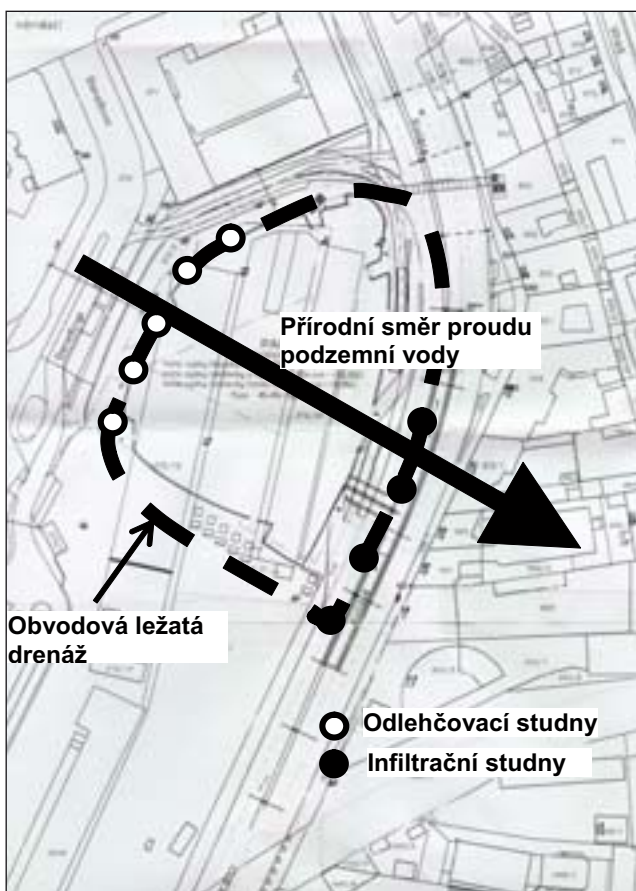
Simulace vlivu výstavby budovy PALACE CD na režim podzemních vod v jejím okolí byla provedena pro poměry v průběhu provádění podzemních stěn i pro stav po dokončení výstavby. Za nejnepříznivější lze považovat stav po dokončení výstavby při vysokých přírodních stavech hladiny podzemní vody, předmětem modelových výpočtů byly proto zejména tyto stavy.

Hydraulické řešení naznačilo výšku nástupu piezometrické hladiny v důsledku výstavby podzemní části PALACE CD po jeho dostavbě o cca 0,50 m na jeho severní „protivodní“ straně stavby směrem k paláci Morava (obr. 3). Z výsledků geologických průzkumů je zřejmé, že je v současné době území v místě výstavby PALACE CD částečně odvodňováno čerpáním ze studny v paláci Morava. Pro udržení stávajícího stavu hladiny podzemní vody by čerpání množství muselo být po výstavbě PALACE CD poněkud zvýšeno. V rámci modelových řešení byly hod-

noceny koncepční varianty různých nápravných opatření vedoucích ke snížení hladiny podzemní vody na původní úroveň. Jako výsledný návrh bylo doporu-



Obr. 3: Umístění budovy PALACE CD v proudu podzemní vody – stav neovlivněný a po dokončení výstavby bez opatření



Obr. 4: Detail odvodňovacího systému budovy PALACE CD

čeno spojitě propojení drenážního potrubí s polohami vodonosných kvartérních štěrkopísků po obvodě stavby. Na „návodní“ straně stavby bude perforovanými vertikálními odvodňovacími vrty doplněné drenážní potrubí plnit funkci odvodňovací, na povodní straně v prostoru Koliště bude převáděná voda infiltrována do relativně propustné zvodně (obr. 4). Snahou tohoto uspořádání je omezení vypouštění balastních vod do kanalizace, ponechání podzemních vod v přírodním systému zvodně a v konečném důsledku i omezení nákladů na vypouštění podzemní vody do kanalizace. Pro zajištění spolehlivé funkce ve vodnějším období byla doporučena kombinace tohoto uspořádání s přetokem vody do kanalizace v prostoru Koliště.

3.3 PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA PRAHY

Zhruba od roku 1999 probíhá příprava rozsáhlé protipovodňové ochrany (PPO) Prahy. V tomto textu nekomenujeme účelnost, rentabilitu a způsob řešení vlastní linie ochrany před povodněmi v jednotlivých úsecích. Pro naše úvahy je důležité, že povodeň probíhala ve dvou vlnách v celkové době trvání cca 10 dní, přičemž kulminace Vltavy v Praze (zvýšení hladiny o cca 7 m) nastala zhruba 6 dní po začátku první povodňové vlny. Na tento povodňový „scénář“ je navrhována a realizována převážná část úseků PPO.

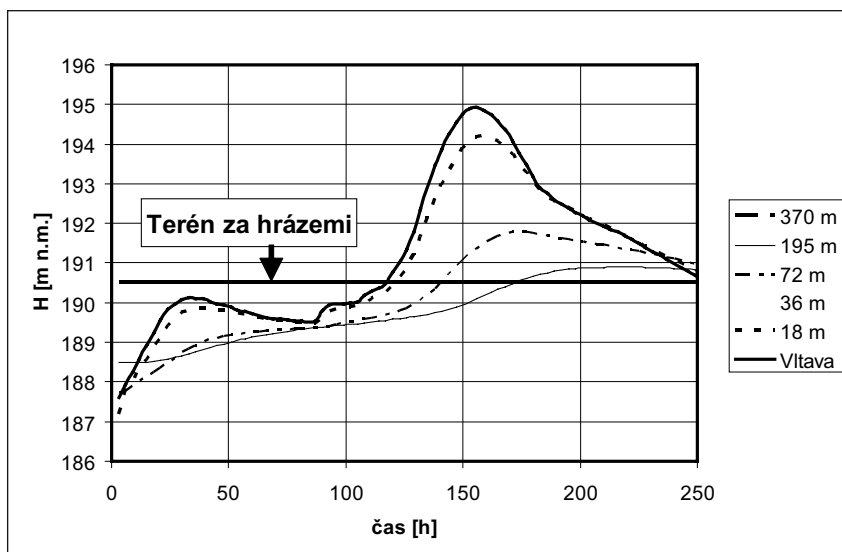
Protože v přírodním stavu Vltava svádí podzemní vody, není možné v poříční zóně navrhnout úplné utěsnění podloží např. dokonalou podzemní stěnou. S ohledem na značně propustné štěrkopísčité vrstvy v příbřežní zóně Vltavy lze při povodních prakticky vždy očekávat propagaci zvýšení hladiny podzemní vody směrem od toku. Odezva zvýšených vodních stavů ve Vltavě na režim proudění podzemní vody byla předmětem rozsáhlých modelových výpočtů. Ukazuje se, že by již při 2 až 3denním zvýšení vodních stavů ve Vltavě došlo k nastoupení hladiny podzemní vody do úrovně holocénních sedimentů či navážek a režim proudění podzemní vody by v převážné části hydrogeologického kolektoru tvořeného terasovými štěrky

a štěrkopísky přešel do napjatého (tlakového) režimu. Pokud by nebyla linie protipovodňových prvků opatřena protiprůsakovými a odvodňovacími prvky, došlo by v řadě případů k vysakování podzemní vody na „vzdušní“ straně protipovodňové stěny (obr. 5). V případě méně propustného nadloží štěrků by byl tento stropní izolátor namáhán vztlakem, který by v místě nejvyššího přetlaku (obvykle bezprostředně za protipovodňovým prvkem) mohl způsobit hydraulické prolomení a následně ohrožení stability nadzemních konstrukcí.

Technická opatření sledovala dva cíle. Prvořadým úkolem bylo zajistit ochranu a bezpečnost vlastních prvků protipovodňové ochrany, následně pak byla hledána opatření vedoucí ke snížení účinků zvýšené hladiny podzemní vody na základovou spáru hlouběji založených objektů a omezení, resp. lokalizaci vysakovaného množství v chráněném území. V řadě případů se z úsporných důvodů zprvu vycházelo z omezeného geologického a hydrogeologického popisu území založeného na výsledcích archivních průzkumů a ojedinělých sond v linii protipovodňového opatření. Návrh byl komplikován silnou urbanizací území a existencí řady podzemních vedení, která ovlivňují režim proudění podzemní vody a jsou současně překážkou při návrhu drenážních prvků. Členitá trasa protipovodňové ochrany často násilně respektovala zamýšlenou budou-

cí výstavbu, což ztěžovalo návrh nejen nadzemních částí protipovodňových stěn, ale zejména protiprůsakových podzemních stěn a linie drénů za zdí. Příklady lze nalézt na území tzv. Holešovického meandru, Libně a Troji. Návrh opatření v Troji významně ovlivnilo umístění trasy Městského okruhu a vyústění tunelu vedoucího pod Vltavou v místě Císařského ostrova.

Protiprůsaková a odvodňovací opatření byla navrhována diferencovaně podle místních podmínek. Jejich základ tvoří podzemní stěna navazující na nadzemní protipovodňovou zeď, popř. ochrannou hráz. Stěna většinou tvoří statický prvek zajišťující ve-tknutí nadzemní části do podloží. Další protiprůsaková a drenážní opatření kladou určité nároky na území v zahrázích. Jde zejména o liniový drenážní prvek za ochrannou zdí, popř. ve vzdušné patě ochranné hráze. Alternativou je „bodové“ odvodnění podloží odlehčovacími vrty. V některých případech bylo třeba zvýšit pasivní tíhu nadloží přísypu zemními lavičkami na vzdušné straně protipovodňových zdí, popř. při vzdušné patě ochranné hráze. Zde mnohdy docházelo ke kolizi se stávajícím využitím území, kdy například v zastavěném území bylo použití přísypů zcela vyloučeno. Návrh a realizaci drenáží a přísypů v některých úsecích (Zbraslav, Chuchle, Radotín) také komplikovaly majetkoprávní vztahy, kdy linie protipovodňové ochrany procházela podél hranice sou-



Obr. 5: Propagace zvýšené hladiny vody ve Vltavě do levobřežní zvodně v Praze – Chuchli. V legendě jsou uvedeny vzdálenosti od břehové čáry v metrech.

kromých pozemků, na kterých by byly tyto prvky umístěny.

Příklad protipovodňových opatření na ochranu hlavního města Prahy ukazuje, že i v souvislosti s návrhem a realizací PPO je třeba se zabývat problematikou podzemní vody a jejím vlivem na chráněné objekty. Namáhání zatížením od podzemní vody se u nezaplavených sklepů mnohdy projevuje paradoxně negativněji, než když je objekt zaplaven a záplavová voda „přitíží“ základovou spáru a stěny sklepů a tím vytvoří protiváhu tlakům od podzemní vody.

4. Závěr

V tomto textu uvedené praktické zkušenosti jsou obecnějšího charakteru. Naznačují, že je při koncepčním řešení využití území potřeba zabývat se výskytem a prouděním podzemní vody. Její režim mohou uvažované stavby významně ovlivnit, naopak v řadě případů mohou účinky podzemní vody komplikovat návrh a výstavbu zamýšlených objektů.

Při těchto úvahách je pochopitelné základním faktorem hydrogeologická prozkoumanost předmětného území a znalost údajů o současném režimu podzemních vod. Přitom lze předpokládat, že provedení soustavnějšího hydrogeologického průzkumu současných i plánovaných urbanizovaných území lze z důvodu jeho poměrně vysoké ceny jen stěží požadovat po investorech jednotlivých objektů. Cítíme, že zde do určité míry chybí koncepční přístup schvalujících orgánů a plánovacích institucí (např. magistrátů měst, úřadů městského architekta). Domníváme se, že již ve fázi zpracování návrhové části územního plánu by měl být zhodnocen stav prozkoumanosti území. To může v případě potřeby vést k zadání zpracování hydrogeologické studie stávajícího stavu, resp. její aktualizace, případně zhotovení modelového hodnocení výhledového stavu. To by ve fázi návrhu a dalšího projednávání staveb usnadnilo a urychlilo celý proces a zamezilo případným střetům. Jako typický příklad uvádíme stav, kdy jeden vlastník objektu čerpáním snižuje hladinu podzemní vody a nese tak náklady spo-

jené nejen s ochranou svého objektu, ale mnohdy i celého komplexu budov v dosahu deprese. Náklady přitom mohou představovat jak poplatky ve smyslu § 88 zákona 254/2001 Sb. [4], tak stočné v případě, že je čerpaná voda odváděna kanalizační sítí. Významnou činností je rovněž pravidelné sledování stavu hladiny podzemní vody ve vybraných pozorovacích objektech (pozorovacích vrtech). Výsledky měření mohou hrát významnou roli při posouzení vlivu nově budovaných staveb na změnu režimu podzemní vody.

Alespoň rámcové hodnocení hydrogeologické prozkoumanosti, režimu podzemních vod a jejich možného vlivu na zamýšlené využití území by tak mělo být součástí každého územního plánu. Za osvětlený počín v této souvislosti považujeme zadání Hydrogeologické studie města Brna [2] v roce 1972 tehdejšími Národním výborem města Brna, Odborem územního plánování a architektury. Tento dokument dokončený v březnu 1978 je stále cenným podkladem při hodnocení režimu podzemní vody na území města Brna. Podrobnější studie by pak v případě možného vlivu zamýšlené stavby na okolní výstavbu měly následovat v průběhu územního řízení.

Použité zdroje:

- [1] KOUŘIL, Z. *Podzemní vody údolí řeky Moravy*, Studia geographica 10, ČSAV, Brno : 1970.
- [2] KOUŘIL, Z. – PROKOP, J. 1977. *Hydrogeologická studie města Brna*, Hydroprojekt Praha, o.z. Brno, březen : 1978.
- [3] ŘÍHA, J. *Protipovodňová ochrana Prahy – koncepce protiprůsakových opatření*. In. „3. vodohospodářská konference“, edice Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně, Sešit 4, prosinec 2003.
- [4] *Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů ve znění dalších předpisů*.

[Tento příspěvek byl zpracován v rámci řešení grantového úkolu GA-ČR reg. č. 103/06/0595.]

prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
Ústav vodních staveb
Fakulta stavební VUT

ENGLISH ABSTRACT

Questions of Groundwater Flow in Urbanized Areas, by Jaromír Říha

The occurrence and the flow of groundwater in urbanized areas depend on both natural conditions and anthropogenous activities. Natural conditions means here morphologically broken relief with a network of currents, some of them “buried” and usually draining the adjacent aquifer, while anthropogenous interference means especially changes in the geological composition of the territory, such as anthropogenous geologic layers (backfills), leakage of water piping, drainage of cellars and subterranean parking sites, or collectors in city centres. Subterranean objects, or parts of buildings, have significant impact on the regime of groundwater flow, while, on the other hand, the occurrence and the regime of groundwater flow is a condition for the technical solution of the subterranean parts of buildings and their construction methods. If there is interaction between the aquifer and the surface water flow, the accession of the groundwater level in the protected area is an important factor during flood episodes.

This article discusses all these factors in detail, giving examples of possible elimination of their negative effects. The presented examples are based on the author's numerous studies in the problems of groundwater flow in the territory of Brno, Prague, and other urbanized areas.