

HYDROGEOLOGICKÝ POSUDEK A ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

**TECHNICKÝCH PRACÍ PRO PRIMÁRNÍ ZDROJ TEPLA Z PODZEMNÍ VODY
PRO CENTRUM POHYBOVÝCH AKTIVIT (CPA) V UHERSKÉM BRODĚ**

Praha, květen 2005

Obsah:

1. ÚVOD.....	4
2. OBECNÉ HYDROGEOLOGICKÉ HODNOCENÍ	5
3. HODNOCENÍ PRŮZKUMNÝCH PRACÍ	5
4. ZHODNOCENÍ KRÁTKODOBÝCH ČERPACÍCH ZKOUŠEK	6
4.1 HODNOCENÍ SKUPINOVÉ ČERPACÍ ZKOUŠKY.....	6
4.2 HODNOCENÍ ČERPACÍ A VSAKOVACÍ ZKOUŠKY	6
5. VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ.....	8
5.1. POUŽITÝ SOFTWARE	8
5.2. PARAMETRY MODELU	8
6. MONITOROVÁNÍ OKOLNÍCH STUDNÍ.....	9
7. GEODETICKÉ ZPRACOVÁNÍ	10
8. ZKUŠENOSTI POLOPROVOZU INSTALOVANÝCH ZAŘÍZENÍ.....	11
9. ZÁVĚRY.....	12

Zpracovali:

Vlastimil Myslík

Ing. Vlastimil Myslík CSc.

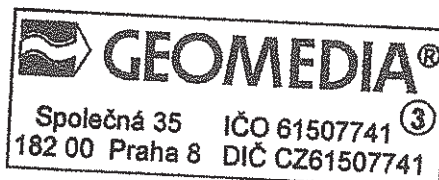
držitel Osvědčení MŽP o provádění
hydrogeologických prací ze dne 5.6.2003
poř.č. 1732/2003



RNDr. Michal Stibitz

Mgr. Václav Frydrych

Mgr. Linda Fritschová



Přílohy:

Příloha 1	Celková situace CPA	13
Příloha 2	Výstupy modelového řešení	14
Příloha 3	Výsledky prvních průzkumných vrtů	16
Příloha 4	Skupinová čerpací zkouška	20
Příloha 5	Situace a zaměření vrtů a okolních studní	22
Příloha 6	Návrh ochranných pásem vrtu H-2 a C-43	23
Příloha 7	Opakovaná skupinová čerpací zkouška	24

1. Úvod

Hydrogeologická zpráva byla zpracována jako podklad pro kolaudační řízení Centra pohybových aktivit – vodního díla. Tato zpráva shrnuje celý soubor prací (průzkumných, ověřovacích i poloprovozních), které byly prováděny za účelem získání primárního zdroje tepla z podzemní vody a současně i zdroje podzemní vody pro provoz celého zařízení.

Pro doplnění potřeby tepla je třeba získat cca 12 l.s^{-1} podzemní vody pro stanovení podmínek pro využití geotermální energie v kombinaci s využitím odpadního tepla zimního stadionu.

Problematika je již řešena od roku 1999, kdy byly zahájeny první průzkumné vrty H1, H2 a H3. Podle výsledku vrtů a realizovaných čerpacích zkoušek byl zpracován matematický hydrodynamický model celého území pro ověření širších hydrogeologických vztahů. Model navrhl počet a umístění systému vrtů, 6 čerpacích a 6 vsakovacích. Po jejich odvrtání a individuálním odčerpání pro získání hydrodynamických parametrů byla realizována i skupinová čerpací a vsakovací zkouška.

Voda z čerpacích vrtů, mezi které byly zahrnuty i původní průzkumné vrty označené „H“, je přivedena k průtočným tepelným čerpadlům, kde je odebrána část tepla (max. 5K), které je využito pro vytápění celého zařízení. Technický systém umožňuje čerpání vrtů společným odběrovým potrubím.

Podle požadavku Vodního zákona je podzemní voda po odebrání části jejího tepla vrácena zpět do kvartérní zvodně, což splňuje podmínky pro označení jako zdroj energetického využití pro který platí platební výjimka.

Od počátku využívání podzemní vody bylo zjištěno, že některé vrty nedávají množství podzemní vody, které na nich bylo původně čerpáno a také, že některé vsakovací vrty neumožňují vsakování v plném rozsahu. Situace se ještě zhoršila po povodni v roce 2002, kdy byly některé vrty zaplaveny. Bylo tedy provedeno čištění vrtů airliftem, které však problém plně nevyřešilo.

Doplňkově je na druhé části areálu vyprojektován plošný vsakovací drén, který celou problematiku dořeší.

V dalším textu jsou uvedeny pro přehled výtahy z hlavních vyhodnocovacích zpráv.

V těsném sousedství nového areálu Centra pohybových aktivit je Zimní stadion, který produkuje odpadní teplo, které je také využito k vytápění a k ohřevu vody. Protože toto teplo není dostatečným zdrojem pro celý nový areál v průběhu celého roku, ale pouze při výrobě ledu, bylo nutné získat doplňkový zdroj tepla z podzemní vody, které je využíváno pomocí tepelných čerpadel, jak je shora uvedeno.

2. Obecné hydrogeologické hodnocení

Umístění Centra pohybových aktivit sousedí s fotbalovým hřištěm. Celý tento komplex je v těsné blízkosti řeky Olšavy a jejího levostranného přítoku Korečnice, prakticky v její údolní nivě. Nadmořská výška území je 206 až 207 m n.m. V údolní nivě je celá řada meandrů a ramen, jejichž poloha je dnes, pro provedení regulace toků, již velmi nesnadno identifikovatelná.

Po prostudování získaných podkladů z Geofondu a s ohledem na poslední Geotechnickou zprávu pro pozemek č. 6845 v k.ú. Uherský Brod je možné konstatovat, že údolní niva je od povrchu tvořena polohou písčitých hlín v mocnosti několika metrů a v blízkosti dnešního zimního stadionu i polohou navážky. V podloží těchto vrstev jsou uloženy štěrkopísky, ve svrchní části silně zahliněné. Bazální terasové sedimenty leží na paleogenních jílovcích. Celková mocnost údolních sedimentů je jen kolem 8,5 m, při čemž štěrková poloha je jen cca 3 až 4 m mocná. V dosud provedených průzkumných inženýrsko-geologických vrtech nebyly realizovány žádné čerpací zkoušky a zkoušky propustnosti.

Podle rozborů je propustnost štěrko-písčité bazální polohy velmi omezená. Hladina mělké podzemní vody má z části napjatý charakter, má velmi mírný spád směrem k dnešnímu regulovanému korytu povrchového toku. Podle částečné chemické analýzy má vyšší mineralizaci (kolem 1 g/l) a je pravděpodobné, že bude mít i zvýšené obsahy železa a manganu.

3. Hodnocení průzkumných prací

Vrtné a čerpací práce byly provedeny firmou HYDROGEO s.r.o. Brno ve dvou časových fázích (29. – 30. 11. 1999 a 26. 6. – 14. 7. 2000). V této zprávě je uvedeno i technické vystrojení průzkumných vrtů a realizování čerpacích a vsakovacích zkoušek firmou GEOSAN.

Pro informaci je níže uveden jeden typický profil vrtu, který je prakticky shodný na všech vrtech.

0,00 - 1,40 m	jílovitá těžká hlína s úlomky navážky
1,40 - 3,70 m	jílovitá hlína s šedými a rezavými záteky
3,70 - 5,10 m	tmavě hnědý až černý jíl jemně písčitý
5,10 - 9,50 m	štěrkopísek s valouny až 5 cm, valouny většinou ploché
9,50 - 10,50 m	šedomodrá podložní jíl

Hladina podzemní vody byla naražena cca v 5,0 m pod terénem a vystoupila a ustálila se na cca 4,0 m.

V další časové fázi byly realizovány již čerpací a vsakovací vrty podle modelového řešení. V návaznosti na vrtné práce byly realizovány krátkodobé čerpací zkoušky se stoupacími zkouškami a na závěr jedna skupinová čerpací a vsakovací zkouška. Situace průzkumných hydrogeologických vrtů a čerpacích a vsakovacích vrtů viz Příloha 1.

4. Zhodnocení krátkodobých čerpacích zkoušek

Pro ilustraci jsou uvedeny grafické průběhy čerpacích a stoupacích zkoušek (Příloha 3). Semilogaritmické grafy závislosti Q/s z vrtu HV1 (v některých dokumentech a přílohách vrtů označeny jako H1 nebo HP1) ukazují, že režim podzemní vody v údolní nivě je napjatý, protože průběh křivky je v zásadě přímkový.

Obdobný charakter mělké kvartérní zvodně je sledovatelný i na vrtech HV-2 a HV-3. Vyhodnocení čerpacích a stoupacích zkoušek je uvedeno v grafické části (Příloha 3). Matematické vyhodnocení čerpacích zkoušek vykázalo velmi shodné výsledky na všech třech vrtech, jak ukazuje také Tab. 1.

Tab. 1 Hydraulické parametry

UHERSKÝ BROD 28.6. - 5.7. 2000		HV-2	HV-3
Čerpací zkouška – Neumanova metoda	T [m ² s ⁻¹]	1,28E-03	1,28E-03
	S	8,00E-05	8,00E-05
Stoupací zkouška - Theis-Jacobova metoda	T [m ² s ⁻¹]	7,70E-04	8,46E-04
	k [ms ⁻¹]	1,54E-04	1,69E-04

Ze zpracování semilogaritmických grafů bylo možné odvodit základní hydraulické parametry. Z grafů čerpání v semilogaritmickém měřítku pro vrt HV-1 (Příloha 3) byly vypočteny koeficienty transmisivity $T_1 = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ až $T_2 = 1,93 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a ze semilogaritmického grafu stoupací zkoušky (Příloha 3) lze stanovit $T = 7,32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Na závěr čerpacích zkoušek byly odebrány vzorky podzemní vody pro chemickou a bakteriologickou analýzu. Z rozboru vyplývá, že voda má zvýšený obsah Fe a Mn. Tyto hodnoty by nedovolovaly využití vody pro tepelné čerpadlo, protože by mohla voda ucpávat výměníky tepla. Ze zkušenosti je však možné konstatovat, že při dlouhodobém čerpání se obě složky velmi výrazně v daném území snižují.

4.1 Hodnocení skupinové čerpací zkoušky

Pro poznání vzájemné reakce při současné odběru podzemní vody z více vrtů, byla realizována skupinová čerpací zkouška při odběru $Q = 3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ z každého vrtu. Bylo prokázáno, že je možné dané množství podzemní vody odebírat a že nedochází k výraznému ovlivnění proudu podzemní vody. Získané hodnoty byly následně uplatněny při modelovém řešení.

Průběhy skupinové čerpací zkoušky viz Příloha 4. Tvary křivek jsou velmi shodné, což potvrzuje stejnorodost zvodně a velmi výrazné rychlé průběhy začátku křivek potvrzují semi-artézský charakter. Stoupací zkouška na vrtu HV2 má na začátku mírně odlišný charakter, protože se zde projevil více artézský režim zvodně (Příloha 4).

4.2 Hodnocení čerpací a vsakovací zkoušky

Tato zkouška měla potvrdit možnost zasakování čerpané vody zpět do zvodně. Byl tedy čerpán vrt HV2 s vydatností $Q = 3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a stejné množství bylo zasakováno do vrtu HV3. Vliv zasakování a čerpání na obou vrtech vyznívá již po 600 minutách a vytváří se původní hladina podzemní vody.

Zajištění primárního zdroje podzemní vody pro energetické využití předpokládá odběr podzemní vody ze zvodně, avšak podle vodo hospodářských požadavků, musí být podzemní voda (po odebrání tepla)

vracena do přírodního režimu. Z tohoto důvodu byly projektovány i vsakovací vrty a to tak, aby podzemní voda po odebrání části tepla, byla vrácena do podzemního oběhu.

S ohledem na potřebu tj. cca 12 l.s^{-1} bylo předpokládáno celkem 10 vrtů čerpacích a stejný počet vrtů vsakovacích, protože v celém rozsahu údolní kvartérní zvodně jsou přibližně shodné hydrogeologické poměry. Z tohoto důvodu jsou čerpací vrty situovány při západní hranici pozemku plaveckého stadionu a vracení vody bude do vrtů proti toku podzemní vody, takže dojde z větší části k recirkulaci a tedy nedojde k ovlivnění hladiny podzemní vody přes hranice shora citovaného pozemku. Toto schéma bylo následně použito i pro matematické modelové zpracování.

Výhodou tohoto řešení není jen malé hydrodynamické ovlivnění, ale současně dojde i k postupnému čištění podzemní vody od nevhodných látek (železo a mangan) a také pravděpodobně i k zlepšení bakteriálních poměrů. Vzhledem k tomu, že v sousedství je několik domovních studní, které jsou občasné využívány, bylo naší snahou zajistit jejich minimální ovlivnění.

Soukromé studny i veřejné studny v ulici Provazní byly v průběhu prozatímního užívání stavby CPA měřeny. Kolísání hladin v těchto studních bylo ovlivněno celkovým poklesem hladiny podzemních vod na celém území jižní a jihovýchodní Moravy a dlouhotrvajícím srážkovým deficitem v tomto území.

5. Výsledky matematického modelování

5.1. Použitý software

Pro posouzení hydrogeologických podmínek je numerická simulace velmi vhodnou metodikou. Orientační simulační model hydrogeologického systému byl zpracován za použití modelu MODFLOW. Byla použita verze modelu z balíku programů Groundwater Vistas a MODFLOW^{WIN32} firmy Environmental Simulations, Inc. (1996). MODFLOW je trojrozměrný model, který řeší řídicí parciálně diferenciální rovnici proudění podzemní vody metodou konečných rozdílů. Rovnici popisující proudění podzemní vody v nasycené zóně lze zapsat jako

$$\text{div } T \text{ grad } h + R = S \text{ dh/dt,}$$

kde

T je transmisivita,

h je hydraulický potenciál,

R je zdroj přítoku nebo odběru ze zvodně,

S je storativita,

t je čas.

MODFLOW umožňuje simulovat ustálené i neustálené proudění v pórovité zvodni s nepravidelnou geometrií, přičemž vrstvy modelu se mohou chovat jako zvodně volné nebo napjaté nebo mohou mít režim kombinovaný. Může být simulován přítok a odtok podzemní vody ze stran, komunikace podzemní vody s povrchovou vodou, infiltrace ze srážek i čerpání ze studní nebo indukovaná infiltrace. Transmisivity, storativity a pórovitosti mohou být anizotropní a heterogenní. Hraniční podmínky zahrnují konstantní hladinu, konstantní průtok a průtok na hranici závislý na úrovni hladiny. Pro operace s maticemi při řešení řídicích diferenciálních rovnic proudění disponuje model různými metodami.

Modelovou síť tvoří pravoúhlá pole, resp. kvádry (tzv. buňky). Buňky mohou mít v prostoru proměnlivé rozměry, síť musí ovšem zůstat ve směrech X a Y pravoúhlá. Ve směru Z mohou být modelové vrstvy zakřivené tak, aby odpovídaly průběhu geologických rozhraní.

Modelové parametry se zadávají pro uzly, které jsou ve středech buněk. Jsou to především hodnoty propustnosti a zásobnosti. Model umožňuje simulaci hraničních podmínek konstantního potenciálu, konstantního průtoku a průtoku závislého na hodnotě potenciálu. Detaily popisu simulační metodiky lze získat v dokumentaci modelu (McDonald, Harbaugh, 1988 A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Groundwater Flow Model. USGS. Reston).

5.2. Parametry modelu

Simulováno bylo území 400 x 400 m v modelové síti o konstantním kroku X, Y = 10 m. Model je koncipován jako dvouvrstevný, respektuje povrch terénu a obě vrstvy mají mocnost po 5 metrech. Model má zadán přítok od severu cca 0.6 l/s, což odpovídá regionálním hodnotám 1.5 l/s.km². Pro simulaci poříčního proudění podzemní vody jsou na východní hranici modelu zadány celkové přítoky 2.7 l/s, na západě, po proudu Olšavy je zadán odtok stejné hodnoty. Vliv řeky Olšavy je simulován okrajovou podmínkou 1. druhu - konstantní hladinou, která simuluje drenážní funkci relativně zahluobeného koryta Olšavy s hodnotami od 202.5 do 203 m n.m., tedy se spádem cca 1/1000.

Byly simulovány 3 varianty:

- proudění neovlivněné čerpáním ani zasakováním (Příloha 2);
- vliv čerpání na 10 navržených čerpacích vrtech, bez zapojení vrtů vsakovacích (Příloha 2) a
- kompletní navržený systém cirkulace primární zdrojové vody - 10 čerpacích a 10 vsakovacích vrtů (Příloha 2).

Simulace prokázala dostatek podzemní vody pro předpokládaný odběr 12 l/s i dostačující bilanci pro systém čerpání a vsakování vody, s relativně malým dosahem ovlivnění a snížením, resp. zvýšením hladiny podzemní vody max. cca 1.1 m.

6. Monitorování okolních studní

V průběhu řešení byly zaměřeny okolní studny (Příloha 5) a zaměřeny hladiny podzemní vody. Modelové řešení i zaměření prokázalo, že hladní příčinou kolísání hladin ve sledovaných studních je v přímé spojitosti s klimatickými poměry studovaného území a je zcela jednoznačně poplatné celkovému deficitu srážek a výraznému zmenšenému průtoku v okolních povrchových tocích. Deficit se projevil i na sledovaných čerpacích objektech v areálu CPA.

Tab. 2 Okolní studny

ČÍSLO	Y	X	Z	POPIS	BPV HLADINA
1	524704.87	1187935.95	206.67	studna-vrch	203.29
2	524646.87	1187835.26	207.25	studna-vrch	203.70
3	524646.03	1187835.91	206.94	terén	
4	524656.75	1187869.04	206.75	studna-vrch	203.55
5	524835.15	1188010.02	206.80	studna-vrch	
6	524836.16	1188009.62	206.43	terén	
7	524418.27	1187899.29	207.35	studna-vrch	203.95
8	524417.64	1187900.44	207.20	terén	
9	524923.56	1187962.00	205.73	terén	
10	524923.74	1187962.57	206.23	studna-vrch	203.13
11	524912.82	1187812.68	206.05	studna-vrch	203.00
12	524870.22	1187928.63	206.18	studna-vrch	202.88
13	524851.35	1187895.22	206.52	studna-vrch	203.52
14	524852.32	1187893.53	206.20	terén	
15	524800.49	1187950.68	206.43	terén	
16	524800.40	1187950.14	206.81	studna-vrch	203.31
17	524871.71	1188067.27	206.46	studna-vrch	202.86
18	524871.13	1188067.65	206.45	terén	
19	525080.66	1187691.72	206.06	studna-vrch	203.06
20	525081.23	1187691.94	205.66	terén	
21	524447.08	1187859.07	207.48	studna-vrch	204.23
22	524446.41	1187859.83	207.48	terén	

7. Geodetické zpracování

Pro další použití, tak i pro možnost zakreslení do mapových podkladů, byly realizované vrty situačně i výškově zaměřeny firmou Ing. P. Čech podle požadavku Městského úřadu v Uherském Brodě. Situaci dalších čerpacích a vsakovacích vrtů bylo nutno odečíst v souřadnicovém systému Křovák, aby i tyto objekty bylo možné zasadit do digitalizované situace širšího území. Digitalizace území byla provedena pro účely tohoto hodnocení firmou GEOMEDIA s.r.o., jak ukazuje následná tabulka.

VRT	FUNKCE	STAV	X	Y
H2	čerpací	stávající	-524544	-1187950
H3	čerpací	stávající	-524602	-1187900
C11	čerpací	navržený	-524594	-1187842
C12	čerpací	navržený	-524598	-1187861
C13	čerpací	navržený	-524601	-1187880
C14	čerpací	navržený	-524589	-1187913
C15	čerpací	navržený	-524575	-1187925
C16	čerpací	navržený	-524560	-1187937
C17	čerpací	navržený	-524528	-1187962
C18	čerpací	navržený	-524512	-1187975
H1	vsakovací	stávající	-524457	-1187925
V21	vsakovací	navržený	-524515	-1187839
V22	vsakovací	navržený	-524510	-1187855
V23	vsakovací	navržený	-524507	-1187872
V24	vsakovací	navržený	-524490	-1187866
V25	vsakovací	navržený	-524480	-1187884
V26	vsakovací	navržený	-524480	-1187909
V27	vsakovací	navržený	-524484	-1187930
V28	vsakovací	navržený	-524468	-1187947
V29	vsakovací	navržený	-524441	-1187936

Geodeticky byly také zaměřeny i sledované studny v okolí areálu CPA (viz Tab. 2 v předchozí kapitole).

8. Zkušenosti poloprovozu instalovaných zařízení

Po provedených průzkumných pracích bylo celé zařízení v poloprovozním provozu. V průběhu této doby bylo zjištěno, že některé vrty nemají dříve dokumentovanou vydatnost a že také některé vrty vsakovací nepřijímají dostatečné množství vody, potřebné v provozu. Byly provedeny následující opatření:

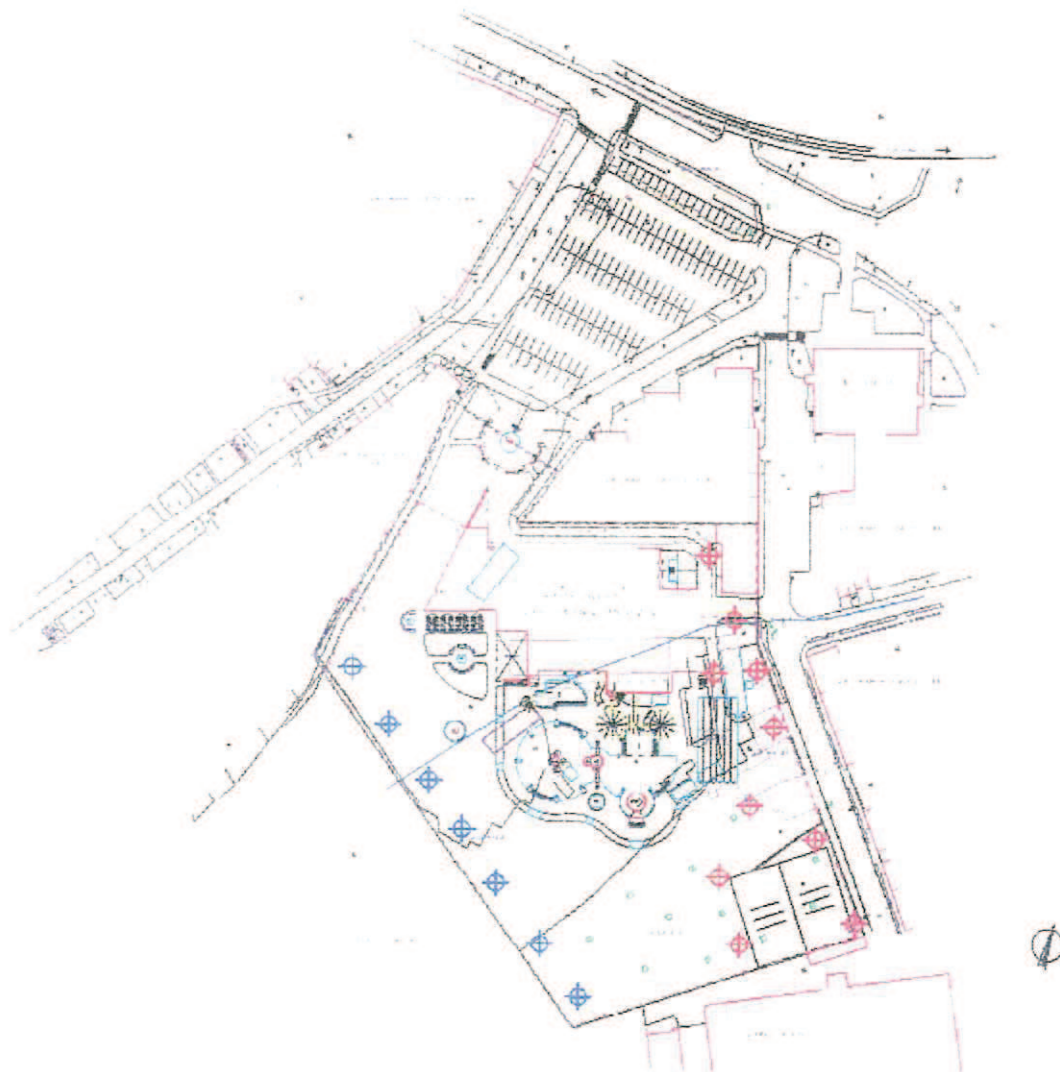
- bylo navrženo zprovoznit starý vrt, který původně nebyl uvažován pro využití,
- byla navržena jímka pro vodu po projití tepelnými čerpadly a v poslední době se řeší
- vsakování nově navrženými drény v sousedství již vybudovaného areálu (na ploše budoucího venkovního bazénu).

I tato opatření potřebují jistou časovou prodlevu na jejich zaběhnutí. Z hydrogeologického hlediska lze však konstatovat, že tato opatření vyřeší dosavadní provozní problémy.

9. Závěry

- Hydrogeologické průzkumné práce prokázaly, že v daném území je vyvinuta údolní terasa tlakově zvodněná s dobrými hydrodynamickými parametry, která může zajistit zdrojovou vodu pro tepelná čerpadla a také pro provoz Centra pohybových aktivit.
- Matematickým modelem bylo prokázáno, že navržená koncepce 6 čerpacích a 6 vsakovacích vrtů je reálná a umožňuje dodržet podmínku vracení čerpané podzemní vody, po odebrání části jejího tepla, do podzemí v dané struktuře.
- V rozsahu plochy, která je k dispozici v okolí dnešního Zimního stadionu a Centra pohybových aktivit bylo bez problému umístěno potřebných 7 vrtů, každý o vydatnosti cca 2 l.s^{-1} , což tedy zajistí zdroj tepla alternativní ekologické energie (geotermální energie podzemní vody s teplotou $9,0 - 11^\circ\text{C}$) pro vytápění Centra pohybových aktivit.
- Daná lokalita je na soutoku řeky Olšavy a potoka Korečnice, jejichž povodí je několik desítek km^2 a minimální průtok obou toků až 50-ti násobně vyšší, než je potřebný odběr. Odebraná voda je však ihned po projití tepelnými čerpadly vracena do téže zvodně a tím do daného povodí, takže nedojde k žádnému ochuzení území.
- Zaměření a sledování hladin podzemní vody a čerpaných či vsakovacích množství v čerpacích a vsakovacích vrtech prokazuje sledovatelnou souvislost s hladinami vody a velikostí průtoku v povrchových tocích a tedy deficit srážek v posledních letech výrazně snížil hladiny podzemní vody a tím je způsobeno kolísání čerpaných množství.
- Podzemní voda má mírně zvýšené některé parametry (hlavně vyšší obsahy železa a manganu). Tyto prvky vyžadují pro provoz zařízení úpravu. Kolísání hodnot těchto prvků ovlivňuje provoz úpravny vody, je však nutno s těmito problémy počítat i do budoucna. Podzemní voda se však delším čerpáním částečně pročistí a bude tedy nutná hlavně úprava obsahu železa a manganu.
- Vzhledem k tomu, že vrt H2 je navržen pro využití pro vodovodní zásobení je navrženo ochranné pásmo tohoto zdroje ve smyslu Vodního zákona.

Příloha 1 Celková situace CPA



Obr. 1 Přehledná situace areálu CPA

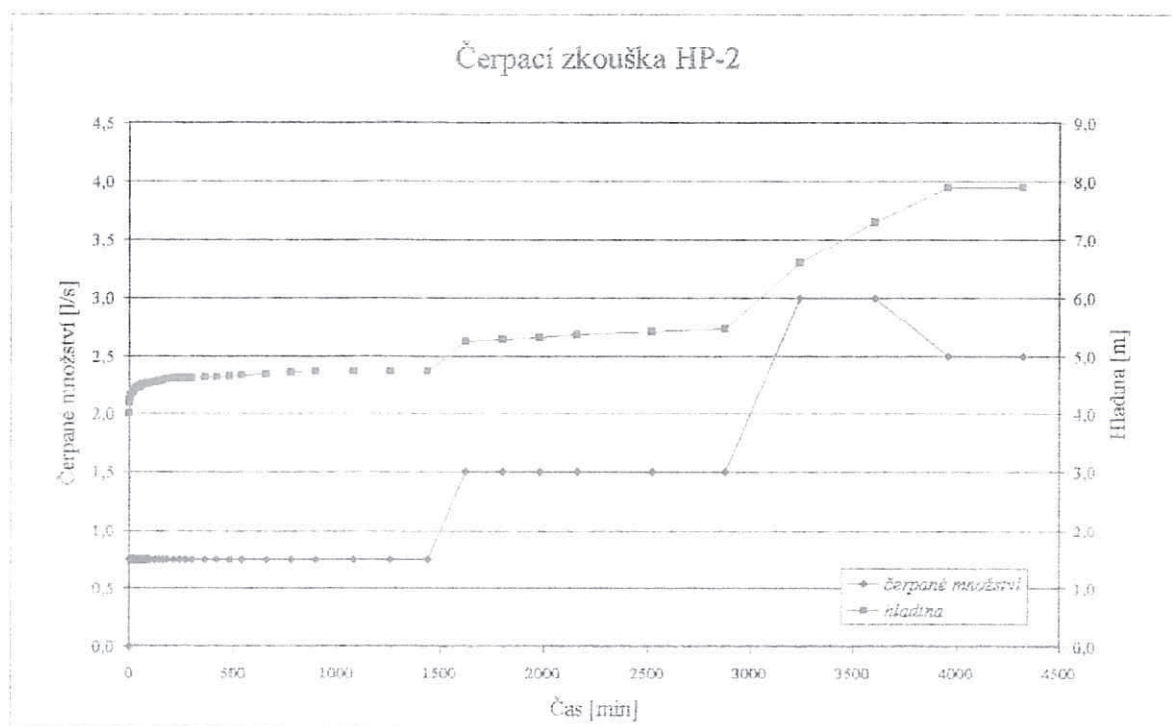
This topographic map shows a mountainous region with contour lines labeled from 203.3 to 204.2. A blue line, likely representing a road or boundary, runs along the bottom and left side of the map. A red line, possibly indicating a specific route or survey path, is drawn across the central part of the map, passing through several contour lines. The map also shows various buildings and infrastructure, including a road labeled 'LIVESTOCK ROAD' at the bottom center.

14/24

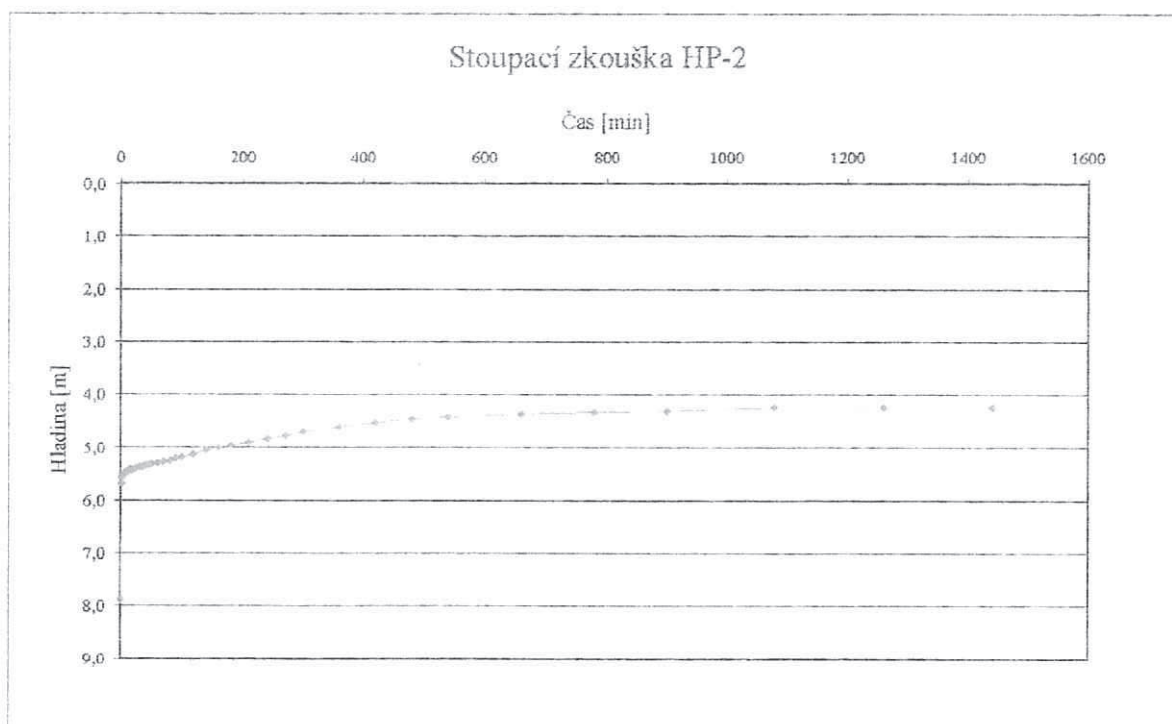


Obr. 4 Změny úrovně hladiny podzemní vody při skupinovém čerpání

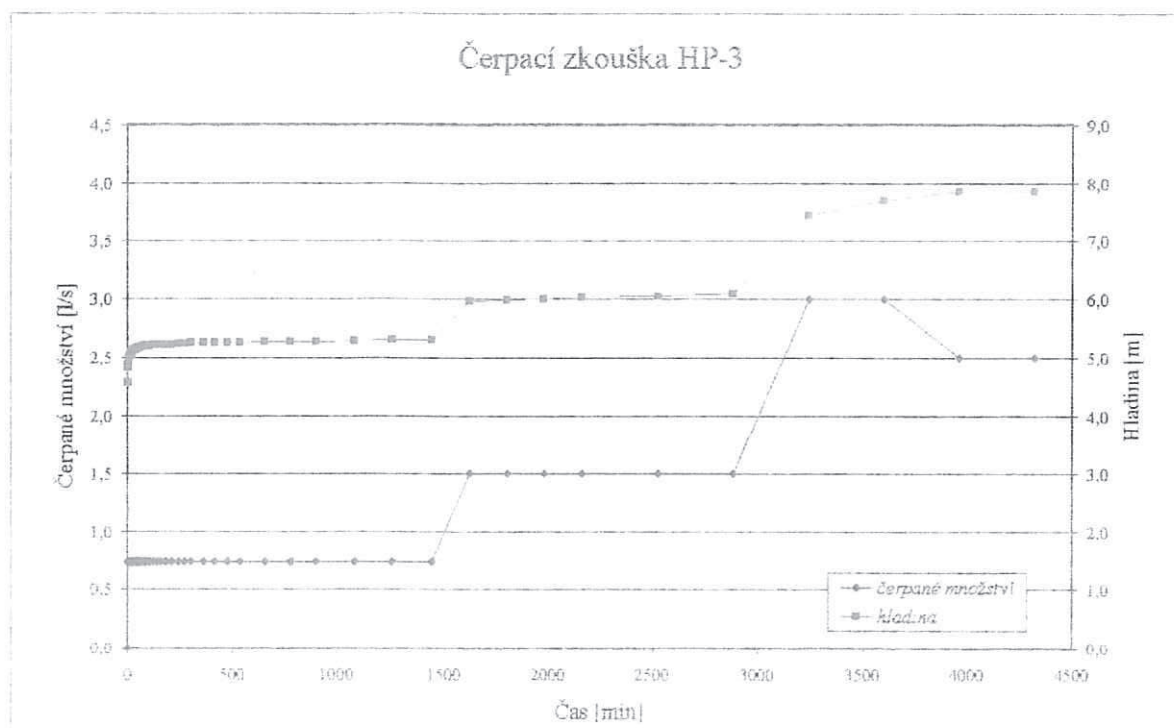
Příloha 3 Výsledky prvních průzkumných vrtů



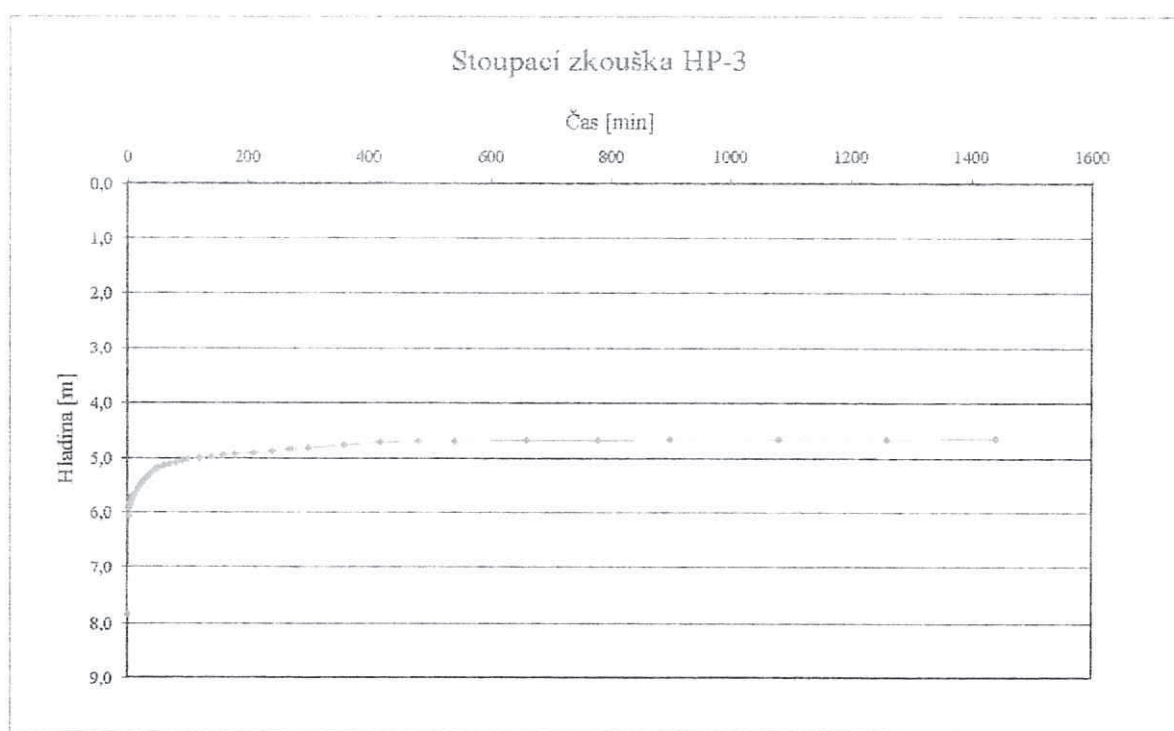
Obr. 5 Průběh čerpací zkoušky na vrtu HP-2



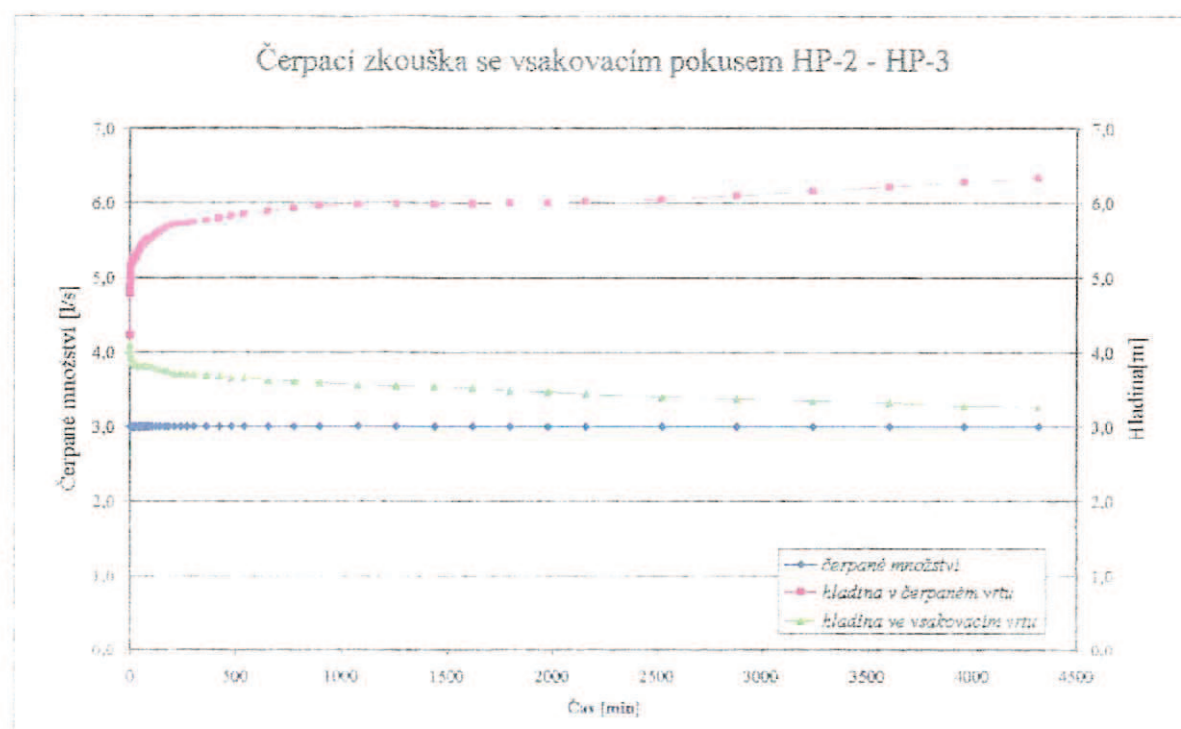
Obr. 6 Průběh stoupací zkoušky na vrtu HP-2



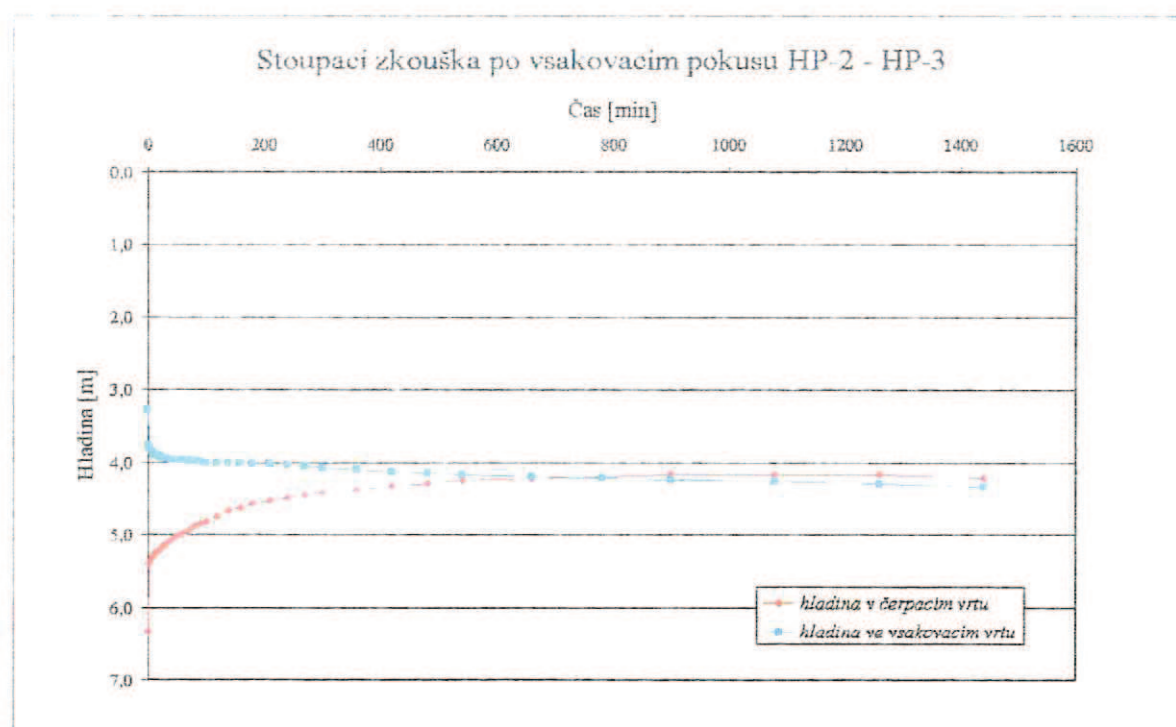
Obr. 7 Průběh čerpací zkoušky na vrtu HP-3



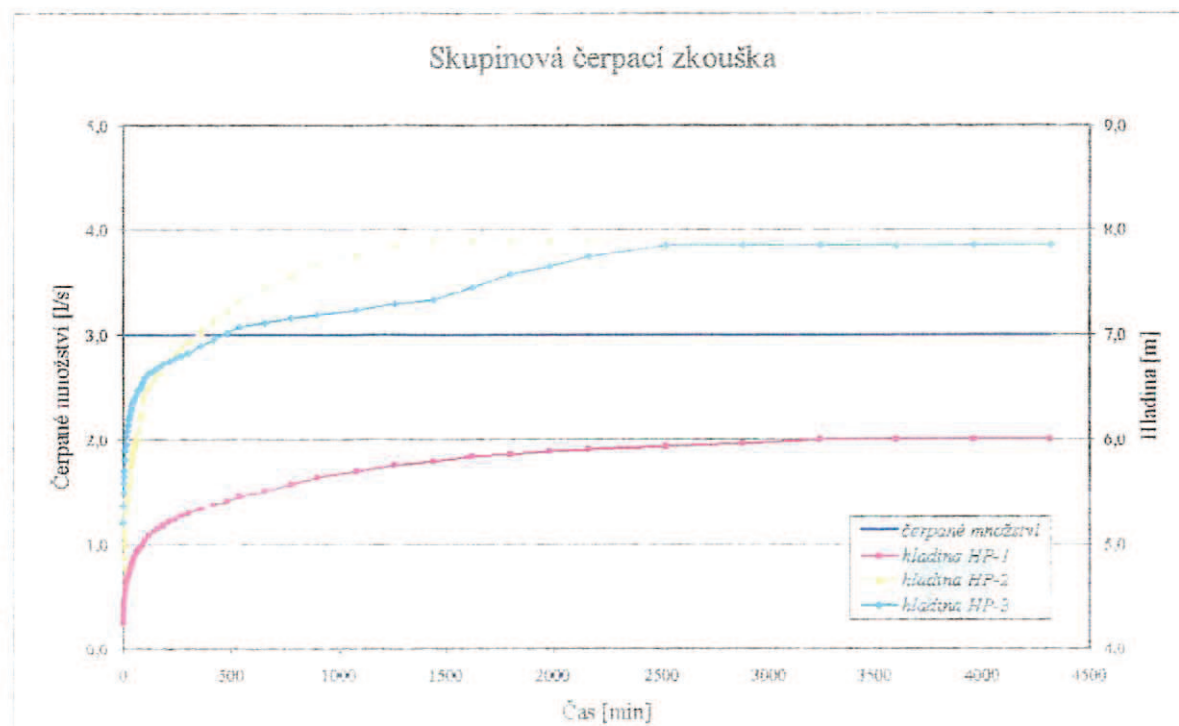
Obr. 8 Průběh stoupací zkoušky na vrtu HP-3



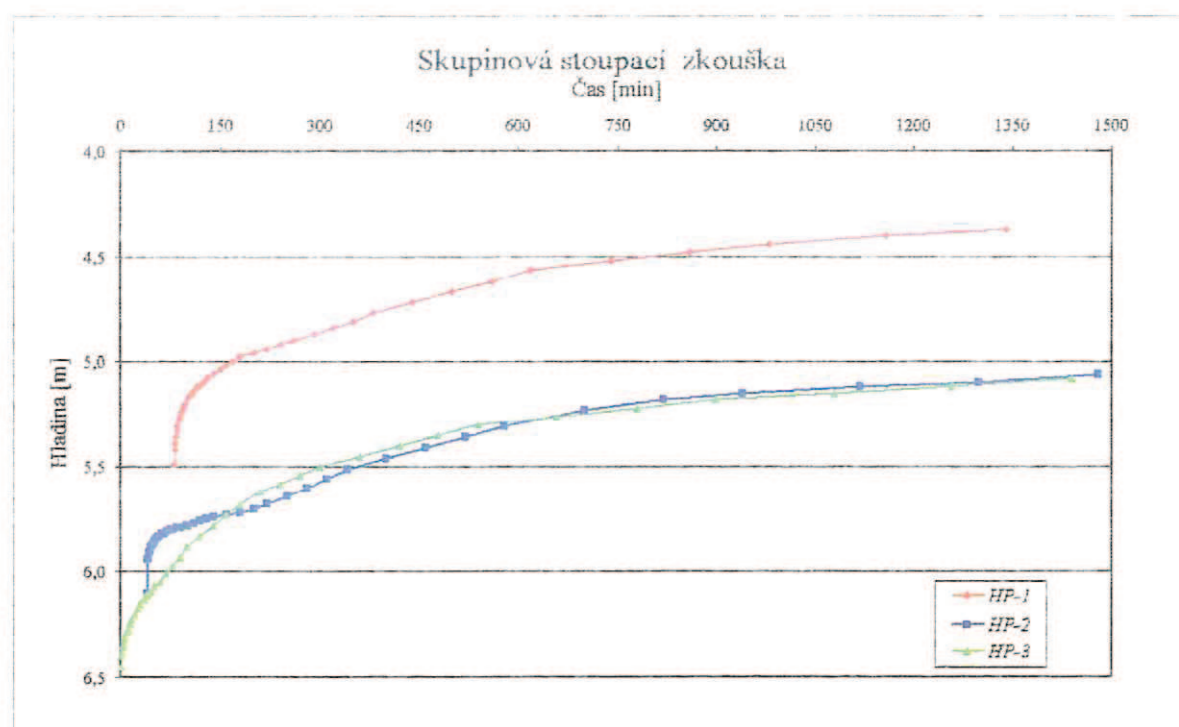
Obr. 9 Průběh čerpací zkoušky s vsakovacím pokusem



Obr. 10 Průběh stoupací zkoušky po vsakovacím pokusu



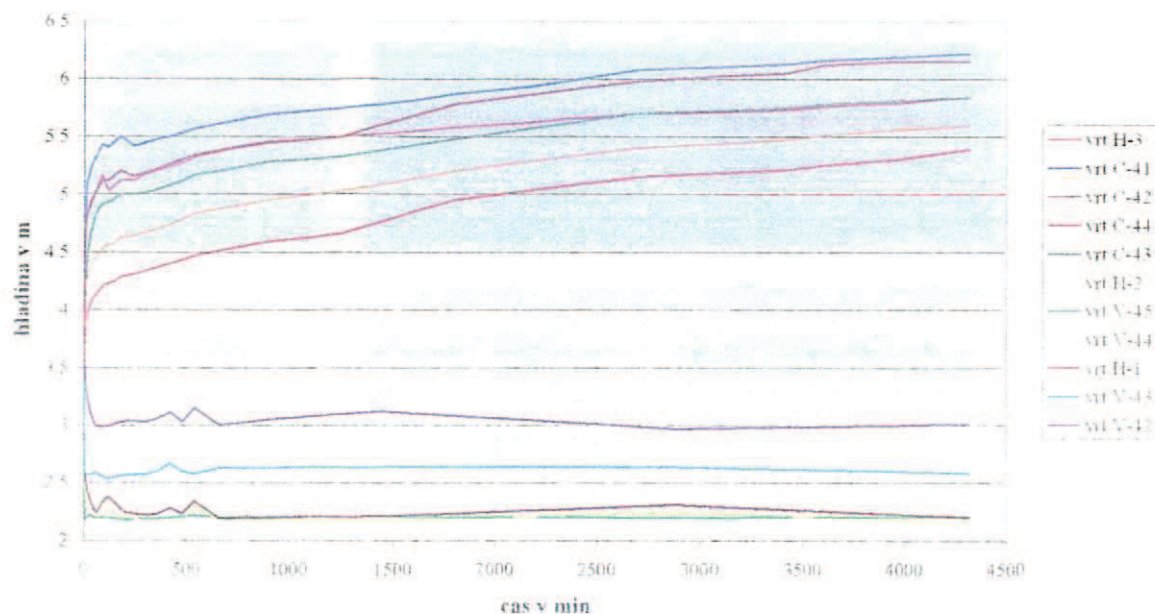
Obr. 11 Průběh skupinové čerpací zkoušky



Obr. 12 Průběh stoupací zkoušky po skupinové čerpací zkoušce

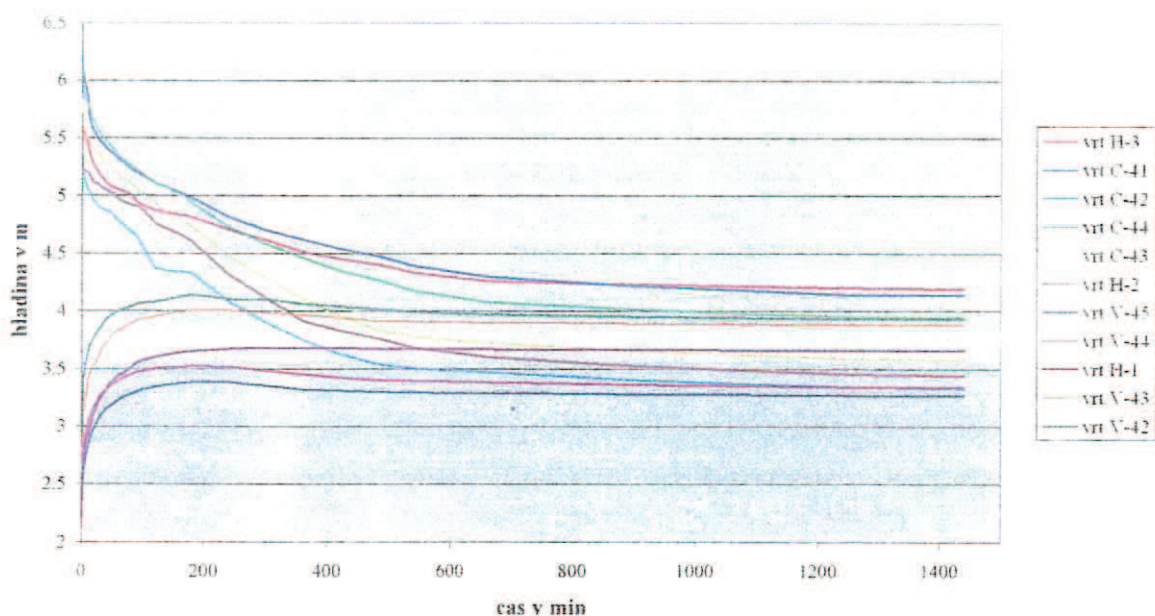
Příloha 4 Skupinová čerpací zkouška

Skupinová čerpací zkouška



Obr. 13 Graf průběhu skupinové čerpací zkoušky

Stoupací zkouška po skupinové čerpací zkoušce



Obr. 14 Graf průběhu stoupací zkoušky

Tab. 3 Souhrn hydraulických parametrů

VRT	ČERPACÍ ZKOUŠKA		STOUPACÍ ZKOUŠKA	
	Transmisivita [m ² /s]	Hydraulická vodivost [m/s]	transmisivita [m ² /s]	hydraulická vodivost [m/s]
C – 41	$1.55 \cdot 10^{-3}$	$3.10 \cdot 10^{-4}$	$1.74 \cdot 10^{-3}$	$3.49 \cdot 10^{-4}$
C – 42	$1.55 \cdot 10^{-3}$	$3.10 \cdot 10^{-4}$	$1.90 \cdot 10^{-3}$	$3.21 \cdot 10^{-4}$
C – 43	$1.55 \cdot 10^{-3}$	$3.10 \cdot 10^{-4}$	$1.26 \cdot 10^{-3}$	$2.52 \cdot 10^{-4}$
C – 44	$1.55 \cdot 10^{-3}$	$3.10 \cdot 10^{-4}$	$1.89 \cdot 10^{-3}$	$3.79 \cdot 10^{-4}$
C – 45	$1.55 \cdot 10^{-3}$	$3.10 \cdot 10^{-4}$	$1.04 \cdot 10^{-3}$	$2.08 \cdot 10^{-4}$
V – 41	$1.59 \cdot 10^{-2}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$	$1.34 \cdot 10^{-2}$	$2.68 \cdot 10^{-3}$
V – 42	$1.59 \cdot 10^{-2}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$	$7.47 \cdot 10^{-3}$	$1.45 \cdot 10^{-3}$
V – 43	$1.59 \cdot 10^{-2}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$	$3.45 \cdot 10^{-3}$	$6.69 \cdot 10^{-4}$
V – 44	$1.59 \cdot 10^{-2}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$	$4.27 \cdot 10^{-3}$	$8.55 \cdot 10^{-4}$
V – 45	$1.59 \cdot 10^{-2}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$	$3.53 \cdot 10^{-3}$	$7.04 \cdot 10^{-4}$
V – 46	$1.59 \cdot 10^{-2}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$	$2.21 \cdot 10^{-3}$	$4.42 \cdot 10^{-4}$

Obr. 15 Situace okolních studní a vrtů v areálu CPA

Příloha 6 Návrh ochranných pásem vrtu H-2 a C-43

Hydrogeologický vrt H-2 hloubený jako průzkumný v projektovaném areálu Plaveckého stadionu je vybudován jako jímací vrt. Konstrukce vrtu plně vyhovuje požadovanému účelu a je možné jej používat jako trvalý zdroj podzemní vody jak pro vodovodní zásobení, tak i jako primární zdroj pro tepelné čerpadlo. Vydátnost vrtu je až 3 l/s. Voda je dobré chemické kvality. S ohledem na geologický a hydrogeologický charakter struktury údolní nivy, kdy je mělká kvartérní zvodně ve štěrcích překryta více než tři metry mocnou velmi málo propustnou polohou povodňových hlín s jemnými písky (tvoří artézský tlak ve zvodni) je dostatečnou ochranou vymezení kruhového ochranného pásma o poloměru 6m, protože infiltrace do zvodně je ve vzdálenosti několika set metrů proti toku a spádu údolí.

Před schválením čerpané vody z tohoto objektu pro vodovodní zásobení je nutné požadovat opakovanou krátkodobou čerpací zkoušku na požadovanou vydátnost a před jejím ukončení odběr vody jak pro chemickou, tak i bakteriologickou analýzu. Před převedením průzkumného vrtu na jímací studnu je nutné zajistit vybudování šachty s poklopem minimálně 0,5m nad okolní terén.

Obdobná hydrogeologická situace je v místě označeném jako C-43 a proto v případě, že bude tento vrt uvažován jako souběžně využívaný objekt pro vodovodní zásobování bude nutno i zde vytýčit ochranné pásmo o kruhovém poloměru 5m. Pokud se obě ochranná pásma propojí, vytvoří se vlastně jedno spojené ochranné pásmo pro vodní zdroj. Při současném odběru podzemní vody z obou objektů s mohou vyvolané depresní kužely i z části propojit, což může ovlivnit celkovou čerpanou vydátnost cca o 10%.

Příloha 7 Opakovaná skupinová čerpací zkouška

V níže uvedené tabulce jsou vyhodnoceny krátkodobé čerpací zkoušky na vsakovacích vrtech realizované vámi dne 7.7.2004 podle našich dispozic. Vzhledem k tomu, že na dodaných podkladech není uvedeno měřené čerpané množství jak jsme požadovali, použili jsme pro výpočet jednotnou hodnotu čerpaného množství vámi uvedené jako parametr čerpadla tj. 3 l/s, i když si nejsme jisti, zda tato hodnota je správná. I za tohoto předpokladu vycházejí hodnoty koeficientu propustnosti a transmisivity velmi blízké hodnotám jako při původních čerpacích zkouškách, kdy bylo čerpáno jen 2 l/s.

Nejlepší hodnotu vykázal vrt V46 a nejhorší jsou vrty V44 a V45.

Podle teoretických propočtů by tedy měly být dostatečné ustálené výšky vsakování na hodnotách nad ustálenou hladinou:

V41 ... 2m, V42... 3m, V43.... 2.7m, V44... 3.2m, V45...3.4m, H1...2.6m a V46 jen cca 1m.

Z tohoto rozboru vyplývá, že je nutné rozdělit vsakovaná množství podle sacích možností a napouštění začít vsakovat v pořadí : V46 – V41 – H1 – V42 - V43 – V44 – V45.

Další doporučení je postupné nabíhání vsakování, protože pro překonání odporů prostředí je nutné postupné zatěžování přes svrchní méně propustnou zónu.

Vzhledem k tomu, že je objednáno čištění vrtů platí znovu doporučení realizace obdobných čerpacích a stoupacích zkoušek jak bylo požadováno s ohledem na posouzení vlivu čištění vrtů.

Tab. 4 Výsledky opakované skupinové čerpací zkoušky

ČAS [MIN]	Q [L/S]	V 41	V 42	V 43	V 44	V 45	H 1	V 46
		hladina [m]	hladina [m]	hladina [m]	hladina [m]	hladina [m]	hladina [m]	hladina [m]
0	0	4.3	4.35	4.3	3.7	3.65	4.15	4.1
1	3	4.85	4.9	5	4.9	4.6	5.1	4.4
2	3	5.1	5.35	5.4	5.15	5.05	5.35	4.5
3	3	5.2	5.55	5.55	5.2	5.15	5.4	4.55
4	3	5.25	5.7	5.55	5.25	5.2	5.45	4.55
5	3	5.3	5.7	5.55	5.25	5.2	5.45	4.55
6	3	5.3	5.7	5.55	5.25	5.25	5.45	4.55
7	3	5.3	5.7		5.25	5.25	5.45	
8	3	5.3				5.25		
9	3					5.25		
snížení		1	1.35	1.25	1.55	1.6	1.3	0.45
Q		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
T 1		1.10E-03	8.14E-04	8.80E-04	7.09E-04	6.87E-04	8.46E-04	2.44E-03
T 2		5.49E-04	4.07E-04	4.39E-04	3.54E-04	3.43E-04	4.22E-04	1.22E-03
mocnost		3.7	3.65	3.7	4.3	4.35	3.85	3.9
k 1		2.97E-04	2.23E-04	2.38E-04	1.65E-04	1.58E-04	2.20E-04	6.26E-04
k 2		1.48E-04	1.11E-04	1.19E-04	8.24E-05	7.89E-05	1.10E-04	3.13E-04
k=		4.97E-03						
T=		2.23E-02						