

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Martin Doležal

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLOMOUC

Ústav managementu a marketingu

Martin Doležal

**Kvalita podzemní vody v pánvi „Lita“
vyhodnocení čerpaného množství z jednotlivých zdrojů**

Groundwater Quality in the Basin „Lita“

Evaluation Quantities Pumped from Individual Sources

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.

Olomouc 2011

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené informační zdroje.

Olomouc 31. 3. 2011

Děkuji vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Nině Strnadové, CSc. za cenné rady a připomínky při zpracování bakalářské práce. Dále děkuji vedení firmy Královéhradecké provozní, a.s. za poskytnutá data a možnost rozšířit si vzdělání.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 POPIS VODÁRENSKÉ SOUSTAVY A VODNÍHO ZDROJE „LITÁ“	7
2 VODY, JEJICH ÚPRAVA A HYGIENICKÉ ZABEZPEČENÍ	11
2.1 Podzemní vody	11
2.2 Pitná voda.....	11
2.3 Odželezňování chlorem.....	12
2.4 Hygienické zabezpečení chlorem	12
3 LEGISLATIVA V OBLASTI VOD.....	13
3.1 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.....	13
3.2 Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.....	14
3.3 Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.....	14
3.4 Vyhláška č. 428/2001 Sb., je prováděcí vyhláškou zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění	15
4 VÝZNAMNOST HYGIENICKÝCH PARAMETRŮ	16
4.1 Hodnota pH.....	16
4.2 Konduktivita	16
4.3 Železo	16
4.4 Mangan.....	17
4.5 $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ - tvrdost vody	17
4.6 Chloridy.....	18
4.7 Kyselinová neutralizační kapacita (KNK _{4,5}).....	18
5 VYHODNOCENÍ DAT, VÝBĚR VRTŮ A JEJICH ANALÝZA.....	19
5.1 VYHODNOCENÍ DAT	19
5.1.1 Hodnota pH.....	19

5.1.2	Konduktivita	20
5.1.3	Železo	20
5.1.4	Mangan.....	21
5.1.5	$\Sigma(\text{Ca}+\text{Mg})$ - tvrdost vody	21
5.1.6	Chloridy.....	22
5.1.7	Kyselinová neutralizační kapacita ($\text{KNK}_{4,5}$).....	22
5.2	VÝBĚR VRTŮ A JEJICH ANALÝZA.....	23
5.2.1	Vrt Lt - 01a	23
5.2.2	Vrt Lt - 1	25
6	EKONOMICKÉ ŘEŠENÍ	27
6.1	Spotřeba chloru na odželeznění	27
6.2	Náklady na provoz úpravny vody	28
6.3	Náklady na provoz úpravny při praní filtrů obden.....	29
6.4	Spotřeba chloru a náklady na hygienické zabezpečení	29
6.5	Návrh řešení	30
	ZÁVĚR.....	32
	ANOTACE	33
	LITERATURA A PRAMENY	35
	SEZNAM GRAFŮ	36
	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	37
	SEZNAM ZNAČEK A ZKRATEK.....	38
	SEZNAM PŘÍLOH.....	39

ÚVOD

Sine aqua dest vita - voda základ života. Tato myšlenka plně vystihuje význam vody pro existenci života na naší planetě. Voda je nejrozšířenější látkou na Zemi. Je podstatnou součástí všech živých organismů (tvoří 60 - 95 % jejich hmoty), všechny organismy jsou na ní závislé a musí ji přijímat v dostatečném množství po celý život. Nejinak tomu je i u lidí.

Voda je na první pohled jednoduchá chemická sloučenina. Jednu molekulu vody tvoří dva atomy vodíku a jeden atom kyslíku, a vzorec H_2O patří k neznámějším chemickým vzorcům na světě.

Pitná voda je zákonem definovaná jako voda, která je zdravotně nezávadná, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění či jiné poruchy zdraví díky přítomnosti mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním působením zdraví člověka a jeho potomstva, je to voda, jejíž smyslově postižitelné vlastnosti a kvalita nebrání jejímu požívání a užívání pro hygienické potřeby. Pitná voda se může získat prakticky pouze dvěma způsoby, chemickou úpravou povrchové vody nebo čerpáním z přirozeně chráněných podzemních zdrojů.

Každý se může sám rozhodnout, jakou a jak kvalitní vodu chce používat. Veřejně dostupných informací o kvalitě vody je dnes dostatek. Informace o ní poskytují jak dozorové a regulační orgány, tak i dodavatelé různých druhů vod. Kromě nich navíc existuje množství odborných studií zabývajících se různými dalšími aspekty znečištění pitné vody, která sice může vyhovovat, ale pro potřeby konzumenta, který chce, co nejvíce chránit své zdraví nemusí být optimální. Každý uživatel tak může posoudit kvalitu jemu dostupné vody a rozhodnout se, jak kvalitní vodu bude používat.¹

¹ Srov. National Geographic, *Duben 2010*.

1 POPIS VODÁRENSKÉ SOUSTAVY A VODNÍHO ZDROJE „LITÁ“

Vodárenská soustava společnosti Královéhradecká provozní, a.s. obsluhuje podstatné části bývalých okresů Náchod, Rychnov nad Kněžnou a Hradec Králové. Vodu systém získává z podzemních zdrojů lokalizovaných v územích označovaných jako Podorlická křídlová pánev, **jímací území „Litá“ Orlické hydrogeologické struktury. Jejimi rozhodujícími prvky je jedenáct trubních studní v jímacím území „Litá“ s celkem využitelnou vydatností okolo 250 l/s, přivaděč vody DN 400 a 800**



Obrázek 1: Rozmístění vrtů v okolí obce Pohoří²

od předávacího místa Bohuslavice do hlavní čerpací stanice v Hradci Králové, hradecká úpravna vody, hradecké vodojemy pro téměř 50 tisíc m³ a přivaděč vody DN 500 z Pardubické části soustavy s předávacím místem pod Kunětickou horou. Připojeny jsou i hraniční obce sousedních bývalých okresů Pardubice, Kolín, Nymburk, Jičín a Trutnov.³ Rozmístění vrtů v okolí obce Pohoří je uvedeno v obrázku č. 1 a v okolí obce Mokré v obrázku č. 2. Vodní zdroj „Litá“ je využíván soustavou jedenácti

² MAPY [on line]. [2011-02-12]. Dostupné na WWW:

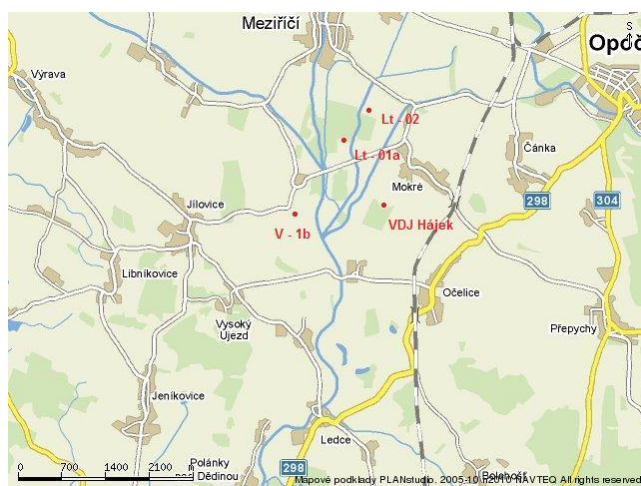
<http://www.mapy.cz/#mm=ZTtTcP@sa=s@st=s@ssq=%C4%8Desk%C3%A9%20mezi%C5%99%C3%AD%C4%8D%C3%AD@sss=1@ssp=124640364_128003788_145939564_145813196@x=136824320@y=136768512@z=11>.

³ VAK HK, *Interní data*.

vrtaných studní, z nichž deset je umístěno podél toku Dědiny a jeden u řeky Metuje. První vrty V - 1 a V - 2 byly vyhloubeny v roce 1964, vyhloubení dalších deseti vrtů (Lt - 01, Lt - 02, Lt - 1, Lt - 2, Lt - 3, Lt - 4, Lt - 6, Lt - 8, Lt - 9, Lt - 10) bylo dokončeno v roce 1968.

Stavba vodárenského přivaděče do Hradce Králové proběhla ve čtyřech etapách. V rámci stavby „Litá I“ byl postaven přivaděč Hradec Králové - Třebechovice pod Orebem. V rámci stavby „Litá II“ byl připojen vodojem Hájek v Mokrém a napojeny vrty Lt - 01, Lt - 02 a V - 1.

Součástí stavby „Litá III“ byl přivaděč k vodojemu Kozince a připojeny vrty Lt - 6, Lt - 8 a Lt - 10. V rámci stavby „Litá IV“ byly k vodojemu Kozince připojeny vrty



Obrázek 2: Rozmístění vrtů v okolí obce Mokrý⁴

Lt - 1, Lt - 2, Lt - 3, Lt - 4, Lt - 9 a V - 2. Dodatečně byl vybudován vodojem Bohuslavice, přes který je vodárenský přivaděč „Litá“ propojen s vodárenským systémem Náchod. V průběhu dalších let byly některé stářím znehodnocené vrty nahrazeny novými ve stejné lokalitě (Lt - 01a a V - 1b). Po povodních v roce 1998 byly poškozené vrty Lt - 8 a Lt - 9 také nahrazeny novými (Lt - 8a a Lt - 9a). Současně byl vyřazen netěsný a nepoužívaný vrt Lt - 10. Většina vrtů má tlakový, artézský charakter

⁴ MAPY [on line]. [2011-02-12]. Dostupné na WWW:

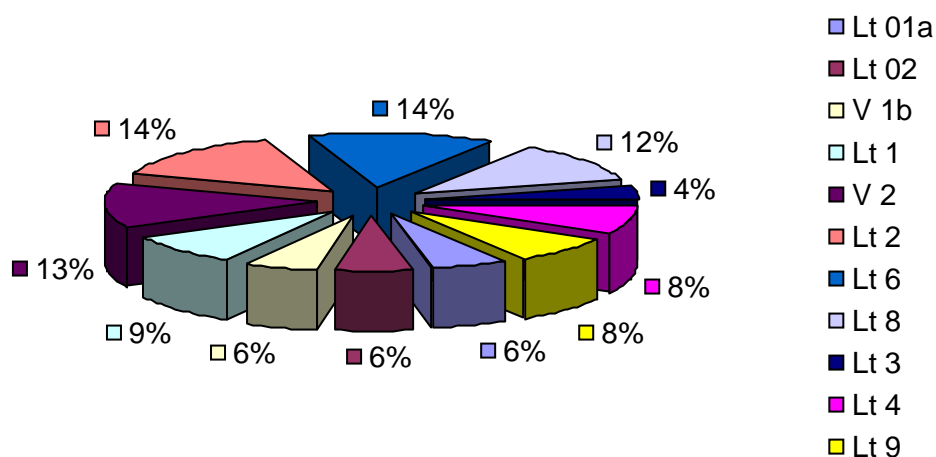
<http://www.mapy.cz/#mm=ZTtTcP@sa=s@st=s@ssq=%C4%8Desk%C3%A9%20mezi%C5%99%C3%AD%C4%8D%C3%AD@sss=1@ssp=124640364_128003788_145939564_145813196@x=136800768@y=136593920@z=11>.

zvodnění kolektoru. Velmi důležitá je mocnost artéského stropu, krycího izolátoru, která dosahuje 12 až 101 metrů. Krycí izolátor chrání jímanou podzemní vodu před znečištěním. Vrtky Lt - 01a, V - 1b, Lt - 2 a Lt - 3 jsou umístěny ve strukturních elevacích, kde izolátor chybí.⁵ Současný vodárenský odběr v jímacím území „Litá“ je

Tabulka 1: Povolené odběry od Městského úřadu Dobruška – odbor ŽP

Objekt	k. ú.	parcela	l/s	max.	m ³ /měsíc	m/rok	min. hlad. (m n.m.)
				l/s			
Lt 01a	České Meziříčí	1643/2	13	20	54000	410000	239
Lt 02	Mokré	683/5	13	21	56500	410000	240
V 1b	České Meziříčí	1562/3	13	16	43000	410000	237
Lt 1	České Meziříčí	1220/4	20	45	120600	640000	249
V 2	Bohuslavice	1671/16	29	53	142000	920000	250
Lt 2	Pohoří	668/2	32	55	147500	1010000	252
Lt 6	Pohoří	717/22	32	54	145000	1010000	251
Lt 8	Pohoří	717/3	27	50	125000	860000	252
Lt 3	Pulice	st. 179	8	13	35000	260000	256
Lt 4	Černčice	489/5	19	25	67000	600000	253
Lt 9	Pulice	291/2	18	28	75000	570000	259

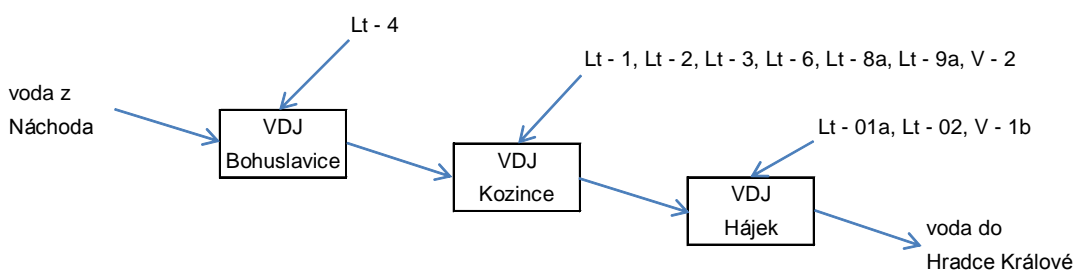
povolen vodohospodářským rozhodnutím referátu Životního prostředí Městského úřadu v Rychnově nad Kněžnou, č. j. 1307/99-231/2 ze dne 17. 2. 2000 (viz tabulka č. 1). Rozhodnutím stanovené omezující podmínky odběru podzemní vody na základě limitního čerpaného množství, nejnižších povolených úrovní hladin v čerpaných a



Graf 1: Poměr čerpaného množství z jednotlivých vrtů v pánvi „Litá“

⁵ Srov. HERRMAN, Z., *Litá - ochranná pásma*, s. 3-7.

monitorovaných vrtech byly zakomponovány do provozního řádu vodovodu „Litá“. Celkový odběr podzemní vody z prameniště „Litá“ je povolen v množství 250 l/s, resp. 7100000 m³/rok. Poměr čerpání z jednotlivých zdrojů znázorňuje graf č. 1. Povolené odběry z jednotlivých vrtů jsou limitovány, jednak průměrným ročním odběrem, dále maximálním měsíčním odběrem (stanoveným v l/s a m³/rok) a konečně minimální přípustnou úrovní hladiny podzemní vody v čerpaném vrtu stanovenou v m n/m, Bpv. Regulace odběrů se provádí jednak automaticky pomocí dálkového ovládání čerpadel



Obrázek 3: Schéma vodárenské soustavy

z královéhradeckého dispečinku, jednak manuálně pracovníky střediska Královéhradecké provozní, a.s. v Českém Meziříčí. Hygienické zabezpečení chlorem je dostačující pro všechny vrty kromě vrtu Lt - 1, který je odželezňován oxidací chlorem. Poměr čerpání z jednotlivých zdrojů názorně ukazuje graf č. 1.⁶

⁶ Srov. HERRMAN, Z., *Litá - ochranná pásma*, s. 9-10.

2 VODY, JEJICH ÚPRAVA A HYGIENICKÉ ZABEZPEČENÍ

2.1 Podzemní vody

Podzemní vody představují tu část podpovrchových vod, které vyplňují dutiny zvodněných hornin. Horninové prostředí vytváří podmínky pro proudění podzemní vody nebo pro její akumulaci pod zemským povrchem a v neposlední řadě ovlivňuje i chemické složení podzemních vod. Podzemní vody jsou přednostně využívány pro zásobování obyvatelstva. Podzemní vody ve srovnání s vodami povrchovými mají méně rozkolísané fyzikálně chemické ukazatele (teplota, nepřítomnost kyslíku nebo jeho minimální koncentrace, minimální koncentrace organických látek, mikrobiologické oživení těchto vod je téměř vyloučeno). Obecně však jakost podzemních vod ovlivňuje řada faktorů a dějů, které v podzemních vodách probíhají. Podzemní voda vyplňuje volné prostory ve zvodněných horninách a obvykle vytváří souvislou hladinu podzemních vod, pohybuje se v horninovém prostředí a zúčastňuje se oběhu vody v přírodě.⁷

2.2 Pitná voda

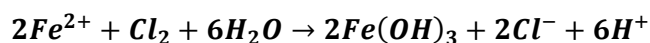
Podle Pittera: „Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství a voda určená k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na jejich původ, skupenství a způsob jejího dodávání. Za pitnou vodu se nepovažuje přírodní léčivý zdroj a přírodní minerální voda. Hygienické požadavky na zdravotní nezávadnost a čistotu pitné vody („jakost pitné vody“) se stanoví hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů.“⁸

⁷ Srov. STRNADOVÁ, N., JANDA, V., *Technologie vody I*, s. 6-7.

⁸ PITTER, P., *Hydrochemie*, s. 434.

2.3 Odželezňování chlorem

Železo se vyskytuje v podzemních vodách v rozpuštěné formě jako jednoduché hydratované kationty Fe^{2+} . Pro jeho odstranění z vod se používají způsoby založené na oxidaci iontů Fe^{2+} na Fe^{3+} . Pro oxidaci se často používá jako oxidační činidlo chlor, přičemž probíhá reakce:



Rychlost oxidace je závislá na pH vody (obecně roste s rostoucím pH) a složení vody. Oxidace železa může probíhat již při pH nižším než 7. Vzniklý hydratovaný oxid železitý se z vody odstraňuje sedimentací nebo filtrací.⁹

2.4 Hygienické zabezpečení chlorem

Cílem hygienického zabezpečení je dosažení mikrobiologické kvality pitné vody odpovídající vyhlášce č. 252/2004 Sb. Výhodou použití chloru je poměrně nízká cena, dostupnost a jednoduchost dávkovacích zařízení. Výhodou je také relativní stálost chloru ve vodných roztocích, zvláště pak za nepřístupu světla. Je doporučováno, aby koncentrace aktivního chloru byla v pitné vodě u spotřebitele v rozmezí 0,05 až 0,3 mg/l.¹⁰

⁹ Srov. STRNADOVÁ, N., JANDA, V., *Technologie vody I*, s. 199-200.

¹⁰ Srov. tamtéž, s. 218-222.

3 LEGISLATIVA V OBLASTI VOD

Provozování veřejného vodovodu a zásobování pitnou vodou, tzn. i čerpání vody, se řídí platnou legislativou. Jedná se zejména o zákon č. 254/2001 Sb. novelizovaný v roce 2010, zákon č. 274/2001 Sb., vyhláška č. 252/2004 Sb. a vyhláška č. 428/2001 Sb.

3.1 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění

Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů.

Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. V rámci vztahů upravených tímto zákonem se bere v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na související ochranu životního prostředí a nákladů na využívané zdroje, v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí.¹¹

¹¹ § 1, Zákon č. 254/2001 Sb.

3.2 Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění

Tento zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě, přípojek na ně, jakož i působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku.¹²

Voda odebraná z povrchových vodních zdrojů nebo z podzemních vodních zdrojů pro účely úpravy na vodu pitnou (surová voda) musí splňovat v místě odběru před její vlastní úpravou požadavky na její jakost ve vazbě na použité standardní metody úpravy surové vody na vodu pitnou. Provozovatel vodovodu je povinen provádět odběry vzorků surové vody v místě odběru a provádět jejich rozborů. Ukazatele jakosti surové vody a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na vodu pitnou, způsob a četnost měření hodnot jednotlivých ukazatelů, definice jednotlivých standardních metod úpravy surové vody na vodu pitnou, sledované parametry, referenční metody, četnost odběru vzorků a analýz, možnosti odchylek od požadavků na jakost a způsob předávání výsledků stanoví prováděcí právní předpis, resp. prováděcí předpis zákona č. 274/2001 Sb. (zákon o vodovodech a kanalizacích) je vyhláška č. 428/2001 Sb.¹³

3.3 Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění

Touto vyhláškou se v souladu s právem Evropských společenství stanoví hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody včetně pitné vody balené a teplé vody dodávané potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem, které jsou konstrukčně propojeny směšovací baterií s vodovodním potrubím pitné vody. Vyhláška dále stanoví

¹² § 1, Zákon č. 274/2001 Sb.

¹³ § 13, Zákon č. 274/2001 Sb.

rozsah a četnost kontroly dodržení jakosti pitné vody a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody.¹⁴

Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví. Ukazatele jakosti pitné vody a jejich hygienické limity jsou uvedeny v příloze č. 1, dané vyhlášky.¹⁵

Nestanoví-li vyhláška jinak, postupuje se při odběru vzorků pitné vody podle metod obsažených v normách: ČSN ISO 5667-5 Jakost vod. Odběr vzorků, část 5: Pokyny pro odběr vzorků pitné vody a vody využívané při výrobě potravin a nápojů. ČSN EN ISO 5667-3 Jakost vod. Odběr vzorků, část 3: Pokyny pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi. ČSN ISO 5667-14 Jakost vod. Odběr vzorků, část 14: Pokyny k zabezpečení jakosti odběru vzorků vod a manipulace s nimi.¹⁶

3.4 Vyhláška č. 428/2001 Sb., je prováděcí vyhláškou zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění

Tato vyhláška nařizuje i plán kontrol jakosti vod v průběhu výroby pitné vody, ukazatele jakosti vody odebrané z povrchových vodních zdrojů nebo podzemních vodních zdrojů pro účely úpravy na vodu pitnou ("surová voda") a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na vodu pitnou, včetně jejich definic.¹⁷

¹⁴ § 1, Vyhláška č. 252/2004 Sb.

¹⁵ § 3, Vyhláška č. 252/2004 Sb.

¹⁶ § 7, Vyhláška č. 252/2004 Sb.

¹⁷ § 8, Vyhláška č. 428/2001 Sb.

4 VÝZNAMNOST HYGIENICKÝCH PARAMETRŮ

4.1 Hodnota pH

Hodnota pH a oxidačně - redukční potenciál významně ovlivňují chemické a biochemické procesy ve vodách a z tohoto hlediska mají u vod mimořádnou důležitost. Proto je stanovení hodnoty pH nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody. Umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodách, je jedním z hledisek pro posuzování agresivity vody a ovlivňuje účinnost většiny chemických, fyzikálně chemických a biologických procesů používaných při úpravě a čištění vod. Hodnota pH prostých podzemních vod se obvykle pohybuje mezi 5,0 až 7,5. Mezní hodnota pH pro pitnou vodu je 6,5 až 9,5.¹⁸

4.2 Konduktivita

Elektrolytická konduktivita, která se v rozbořech vody označuje obvykle jen jako konduktivita, je míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. V přírodních a užitkových vodách, s velmi nízkou koncentrací organických látek, je konduktivita mírou obsahu anorganických elektrolytů (aniontů a kationtů). Elektrolytická konduktivita slouží také ke kontrole výsledků chemického rozboru vody. Z její hodnoty lze posoudit úplnost chemické analýzy iontových složek vody. Povrchové a podzemní vody mají při 25°C konduktivitu obvykle v rozmezí 5 až 50 mS/m. Mezní hodnota konduktivity pitné vody při 25°C činí 125 mS/m. Stanovení konduktivity je běžnou součástí chemického rozboru vody. Hodnotu lze získat poměrně snadno a rychle, umožňuje proto bezprostřední odhad koncentrace iontově roztušených látek a celkové mineralizace ve vodách (aniž by byl k dispozici úplný rozbor vody včetně alkalických kovů) a kontrolu výsledků chemického rozboru vody.¹⁹

4.3 Železo

Železo přítomné ve vodách způsobuje především technické závady tím, že materiály, se kterými přichází do styku (textilie, papír, keramika, potraviny), zbarvuje žlutě až hnědě. Z hygienického hlediska ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody.

¹⁸ Srov. PITTER, P., *Hydrochemie*, s. 230-233.

¹⁹ Srov. tamtéž, s. 9-11.

Negativně mohou ovlivňovat chuť vody a způsobovat její zákal již koncentrace železa asi nad 0,5 mg/l. I nízké koncentrace Fe^{2+} ve vodě mohou být příčinou nadměrného rozvoje železitých bakterií, které pak ucpávají potrubí a při jejichž odumírání voda zapáchá. Z uvedených důvodů je mezní hodnota železa v pitné vodě 0,2 mg/l. Výjimku tvoří vody, ve kterých je obsah železa dán geologickým podložím.²⁰

4.4 Mangan

Mangan je esenciální prvek nezbytný pro rostliny a živočichy. V koncentracích vyskytujících se v přírodních vodách je zdravotně nezávadný. Významně však ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody, a to více než železo. V koncentraci vyšší než 0,3 mg/l může již nepříznivě ovlivnit chuť vody a nerozpuštěné vyšší oxidační formy manganu mohou hnědě zbarvovat materiály přicházející s takovou vodou do styku. Z tohoto hlediska je mangan „závadnější“ než železo, proto jeho koncentrace v pitné vodě je poměrně přísně limitována. V požadavcích na jakost pitné vody v České republice je uvedena mezní hodnota 0,05 mg/l. V surové vodě je vyhovující ještě koncentrace 0,2 mg/l, pokud je zdůvodněna geologickým podložím.²¹

4.5 $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ - tvrdost vody

Ve spojitosti s vápníkem a hořčíkem se v hydrochemii a technologii vody hovoří někdy o tzv. tvrdosti vody. Z hygienického hlediska jsou vápník a hořčík netoxické, naopak je zřejmé, že jejich přítomnost v pitné vodě je žádoucí. Mnohé studie poukazují, že vyšší koncentrace hořčíku v pitné vodě jsou příznivé a snižují procento výskytu akutního infarktu myokardu. Vápník snižuje nervosvalovou dráždivost, ovlivňuje srážení krve, je součástí kostí, zubů aj. Nezávisí však jen na absolutní koncentraci obou prvků, ale i na jejich poměru. V požadavcích na jakost pitné vody v České republice patří vápník a hořčík mezi látky, jejichž přítomnost je v pitné vodě žádoucí. Doporučená hodnota pro $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ je 2,0 až 3,5 mmol/l, mezní hodnota (minimální) pro Ca je 30 mg/l a pro Mg 10 mg/l a doporučená hodnota pro Ca 40 až 80 mg/l a pro Mg 20 až 30 mg/l,²²

²⁰ Srov. PITTER, P., *Hydrochemie*, s. 104.

²¹ Srov. tamtéž, s. 111.

²² Srov. tamtéž, s. 84-88.

4.6 Chloridy

Ve vodách jsou chloridy chemicky i biochemicky stabilní. Oxidují se teprve při vysokých hodnotách oxidačně - redukčního potencionálu, které však v přírodních vodách nepřicházejí v úvahu. Díky chemické a biochemické stabilitě se chlorid sodný někdy využívá jako stopovací látka při výzkumu podzemních vod. Chloridy jsou hygienicky nezávadné, ale při vyšších koncentracích ovlivňují chuť vody. Jako orientační hodnota koncentrace, při které ještě nedochází k negativnímu ovlivnění chuti, se uvádí 200 mg/l. Pro pitnou vodu platí v České republice mezní hodnota 100 mg/l.²³

4.7 Kyselinová neutralizační kapacita (KNK_{4,5})

Kyselinovou neutralizační kapacitou se rozumí látkové množství silné jednosytné kyseliny v mmol, které spotřebuje 1 litr vody k dosažení hodnoty pH 4,5. Při rozboru přírodních vod je KNK_{4,5} jedním ze základních údajů, protože z ní lze vypočítat zastoupení hydrogenuhličitanů a uhličitanů a provést kontrolu výsledků základního chemického rozboru vody. V pitné vodě ve vodovodní síti České republiky byla zjištěna průměrná hodnota KNK_{4,5} asi 2,2 mmol/l. V požadavcích na jakost pitné vody není ukazatel KNK_{4,5} uveden a pro vodu dopravovanou ocelovým nebo litinovým potrubím má být hodnota KNK_{4,5} nejméně 0,8 mmol/l, což je jeden z ukazatelů působení na uvedená potrubí.²⁴

²³ Srov. PITTER, P., *Hydrochemie*, s. 173-174.

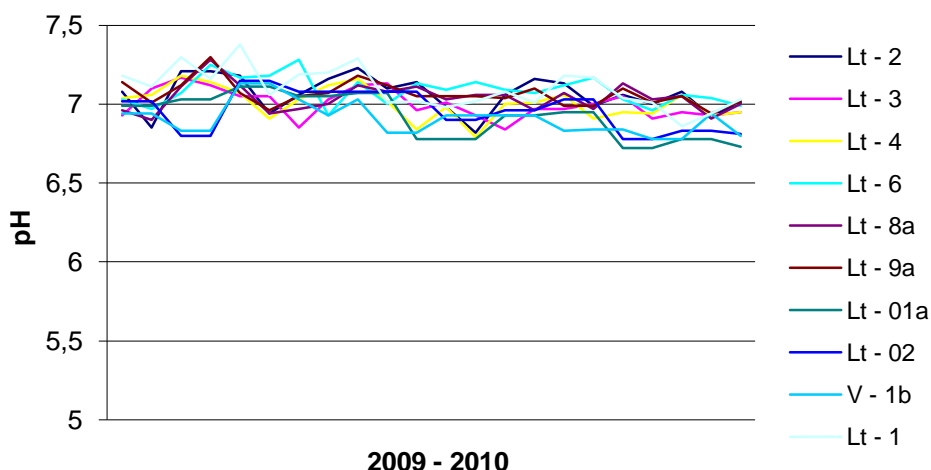
²⁴ Srov. tamtéž, s. 233-241.

5 VYHODNOCENÍ DAT, VÝBĚR VRTŮ A JEJICH ANALÝZA

5.1 VYHODNOCENÍ DAT

Podzemní zdroje „Litá“ zahrnují jedenáct vrtů velmi podobného chemického složení. Jednotlivé vrty se odlišují kvalitou vody pouze v několika ukazatelích. Výsledky chemických rozborů jsou na základě laboratorní kontroly prováděné akreditovanou laboratoří Královéhradecké provozní, a.s. (Laboratoř pitných vod, zkušební laboratoř č. 1454 akreditovaná u Českého institutu pro akreditaci). Vzorky vody z každého vrtu jsou odebrány minimálně jednou měsíčně. Jedenkrát ročně rozbor je požadován rozbor úplný. V práci uvedené grafy jsou zpracované ze získaných výsledků chemických rozborů, které jsou uvedeny v přílohách. Jedná se o hodnocení dvouleté, respektive o zpracování dat z období leden 2009 až prosinec 2010.

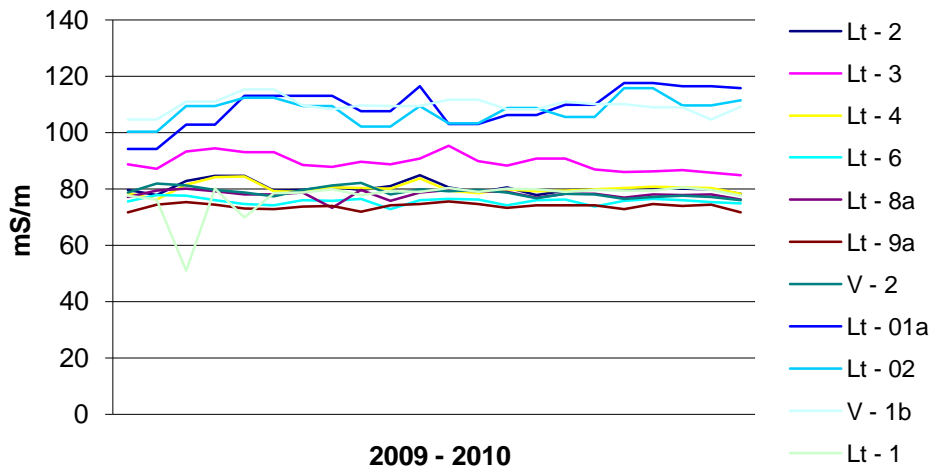
5.1.1 Hodnota pH



Graf 2: Hodnota pH v jednotlivých vrtech za dané období

Hodnota pH je poměrně vyrovnaná a lze konstatovat, že tento parametr nezpůsobuje problémy.

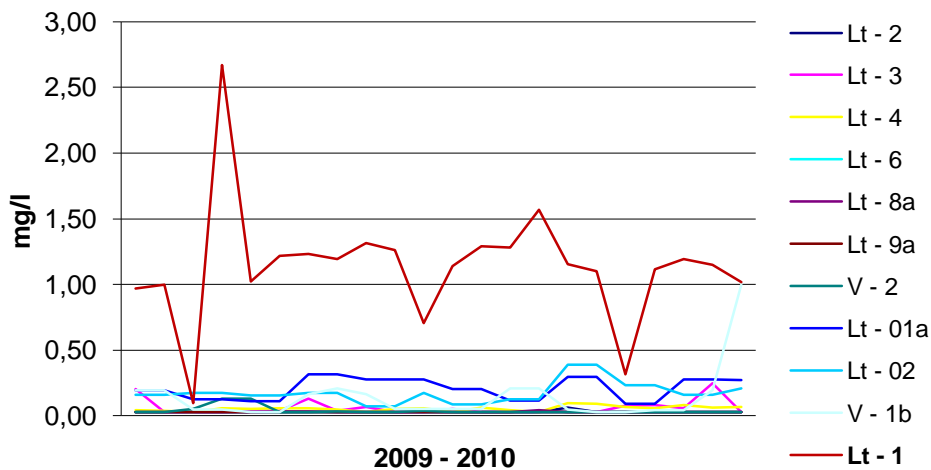
5.1.2 Konduktivita



Graf 3: Konduktivita v jednotlivých vrtech za dané období

Hodnoty jsou poměrně stabilní, což je významné ke kontrole výsledků chemického rozboru vody. Parametr v průběhu sledovaného období splňuje požadavek vyhlášky č. 252/2004 Sb. a významně se v jednotlivých vrtech nemění.

5.1.3 Železo



Graf 4: Obsah železa v jednotlivých vrtech za dané období

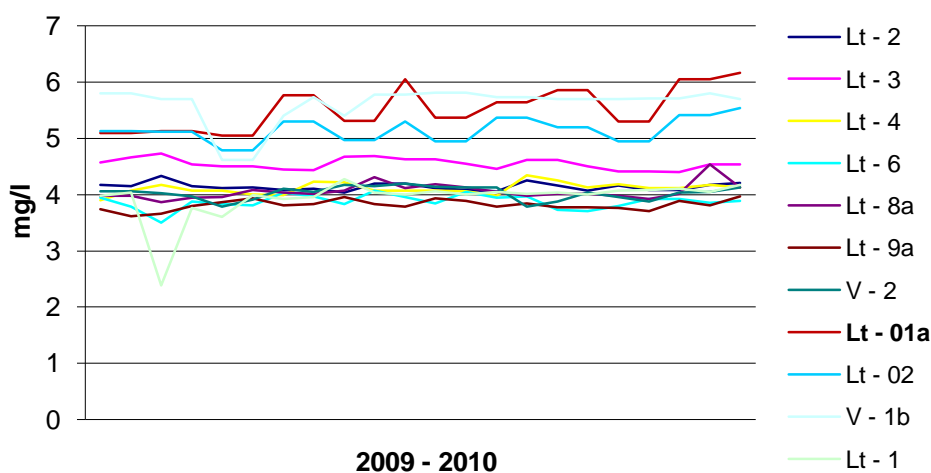
Vrt Lt – 1 vykazuje oproti ostatním vrtům trvale zvýšený obsah železa. Je proto odželezňován na úpravně vody Kozince, přesto jsou v rozvodné síti s tímto

parametrem soustavné problémy, s výraznými maximy a minimy. **Vrt Lt - 1 bude podroben další analýze.**

5.1.4 Mangan

Tento parametr má ve velké většině sledování hodnotu menší než 0,03 mg/l, což je mez stanovitelnosti metody. Z toho důvodu není uveden časový průběh obsahu manganu v jednotlivých vrtech. Mangan není problematickým ukazatelem.

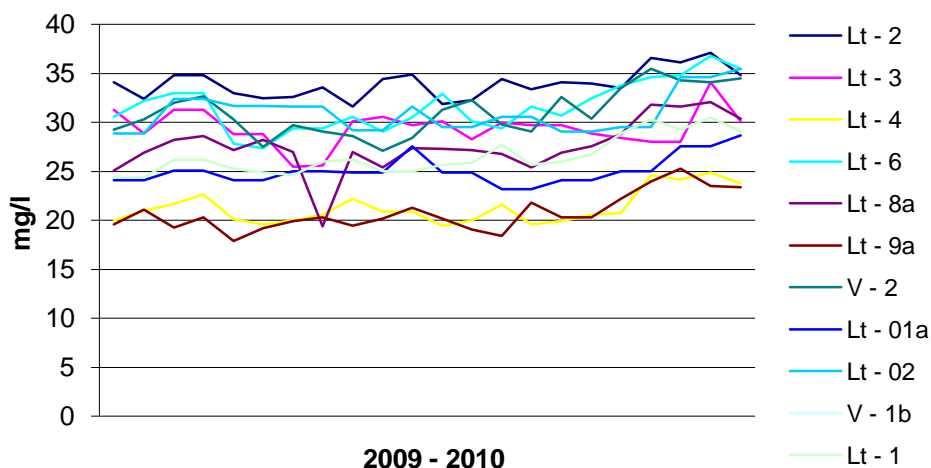
5.1.5 $\Sigma(\text{Ca}+\text{Mg})$ - tvrdost vody



Graf 5: $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ v jednotlivých vrtech za dané období

Vrt Lt – 01a má trvale stoupající tendenci v $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$. Vzhledem k tomu, že s tvrdostí vody jsou za sledované období v rozvodné síti problémy, **vrt Lt - 01a bude dále podrobněji analyzován.**

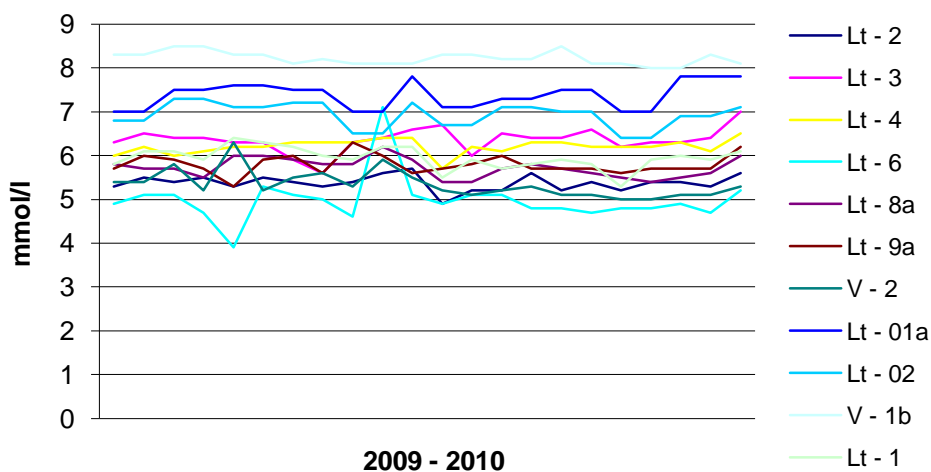
5.1.6 Chloridy



Graf 6: Obsah chloridů v jednotlivých vrtech za dané období

Obsah chloridů je u všech vrtů poměrně stabilní, pouze vrt Lt - 9a má v koncentraci chloridů od září 2010 stoupající tendenci (nárůst cca o 20%). Vzhledem k tomu, že chloridy jsou indikátorem změn kvality vody, měl by tento vrt být podrobněji sledován v intervalu.

5.1.7 Kyselinová neutralizační kapacita (KNK_{4,5})



Graf 7: KNK_{4,5} v jednotlivých vrtech za dané období

Hodnota $KNK_{4,5}$ má ve všech vrtech poměrně stálou hodnotu a není potřeba se hlouběji tímto parametrem zabývat.

5.2 VÝBĚR VRTŮ A JEJICH ANALÝZA

Podle Žáčka: „Kvalita podzemních vod se významně mění v průběhu využívání vrtu nebo prameniště v důsledku oxidace železa a manganu, rozpouštění nebo vyluhování uhličitanu vápenatého nebo jiných dějů. Důsledkem těchto kvalitativních změn je značné snížení vydatnosti vrtů.“²⁵

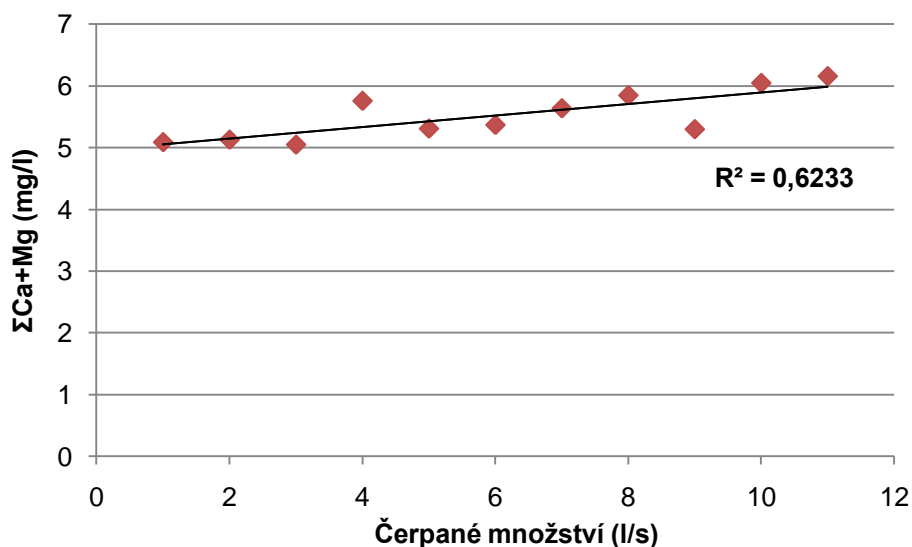
Pro hodnocení parametrů jednotlivých vrtů byly vybrány dva problematické vrty, Lt - 1 a vrt Lt - 01a. Vrt Lt - 1 je problematický velkým obsahem železa a jeho kolísáním. Vrt je odželezňován na úpravně vody. Vrt Lt - 01a má stoupající tendenci tvrdosti vody za období let 2009 a 2010. V celé rozvodné síti jsou pak problémy jak se zvýšeným obsahem železa, tak s proměnlivou tvrdostí vody. Podrobněji budou hodnoceny oba problematické ukazatele v závislosti na čerpaném množství vody a hladině spodní vody ve vrtech.

5.2.1 Vrt Lt - 01a

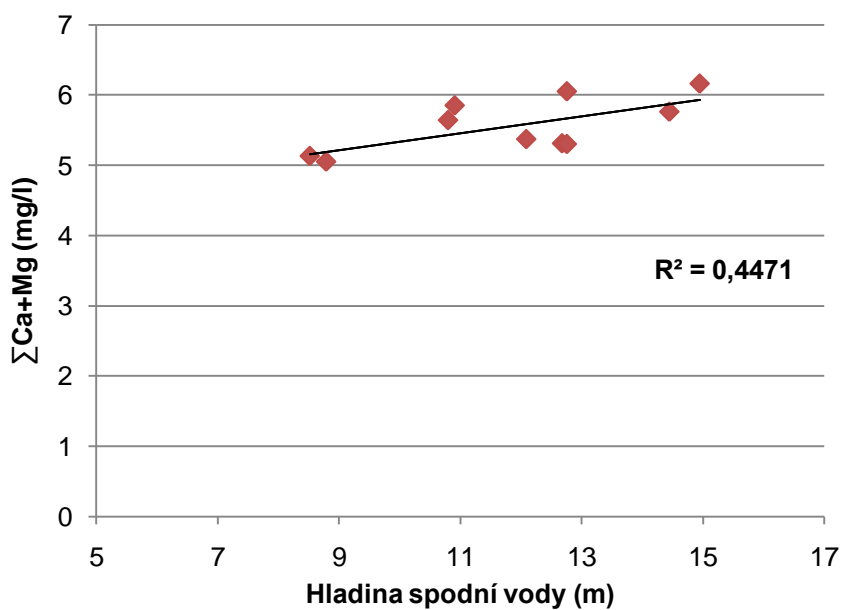
Vrt Lt - 01a se nachází u obce Mokré a voda je čerpána do vodojemu Hájek, hloubka vrtu je 64,5 m.²⁶ Závislost kvality vody na čerpaném množství nebo hloubce hladiny spodní vody znázorňují grafy č. 8 a 9.

²⁵ ŽÁČEK, L., *Chemické a technologické procesy úpravy vody*, s. 26.

²⁶ Srov. HERRMAN, Z., *Litá - ochranná pásma*, s. 6.



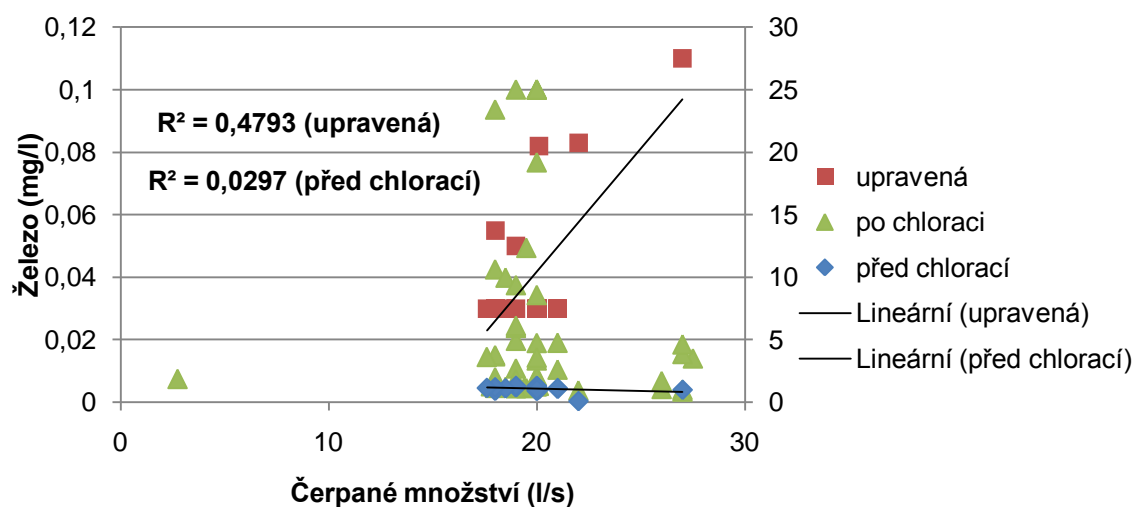
Graf 8: $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ v závislosti na čerpaném množství ve vrtu Lt - 01a



Graf 9: $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ v závislosti na hloubce spodní vody ve vrtu Lt - 01a

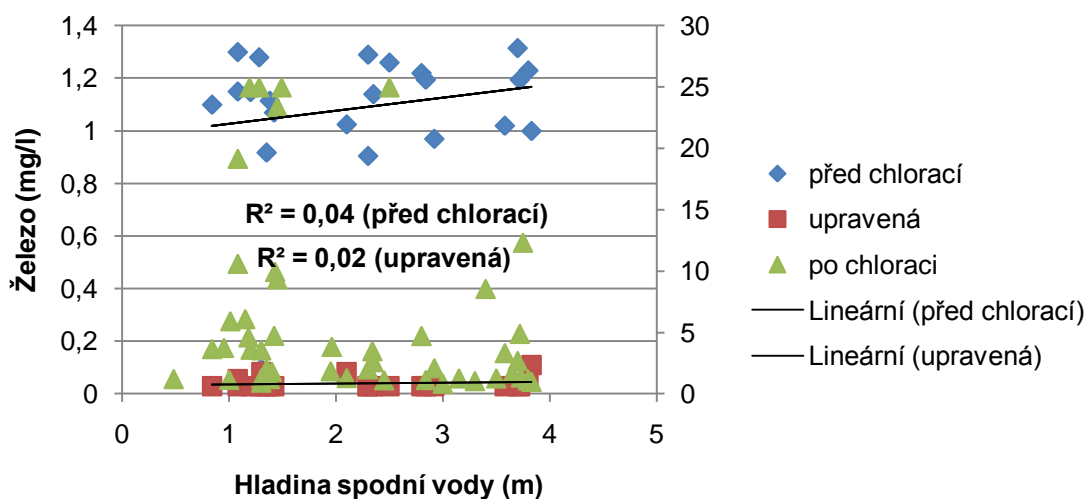
Podle hodnot R^2 je závislost parametru $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ oproti hloubce spodní vody ($R^2 = 0,4471$) méně spolehlivá než oproti čerpanému množství ($R^2 = 0,6233$). Vzhledem k malému množství odebraných vzorků by bylo zajímavé věnovat větší pozornost tomuto vrtu a dále ho sledovat.

5.2.2 Vrt Lt - 1



Graf 10: Obsah Fe v závislosti na čerpaném množství z vrtu Lt - 1

Jímací vrt Lt - 1 leží u mezi obcemi České Meziříčí a Pohoří a voda je čerpána do vodojemu Kozince, kde je na úpravně vody odželezňována oxidací chlorem. Hloubka vrtu je 147,6 m.²⁷ Závislost obsahu železa oproti čerpanému množství nebo hloubce hladiny spodní vody znázorňují grafy č. 10 a 11.



Graf 11: Obsah Fe v závislosti na hloubce hladiny spodní vody z vrtu Lt - 1

²⁷ Srov. HERRMAN, Z., *Litá - ochranná pásma*, s. 8.

Pro chemické analýzy se odebírají se tři vzorky. Vzorek před chlorací je odebírán na vodojemu Kozince před dávkováním chlorem, vzorek vody po chloraci se odebírá před filtry a vzorek upravené vody za filtry, kde se usazují vysrážené sloučeniny železa. Podle hodnot R^2 je závislost obsahu železa ve všech třech odebraných vzorcích oproti čerpanému množství ($R^2 = 0,0297$ až $0,4793$) a oproti hloubce spodní vody ($R^2 = 0,02$ až $0,04$) nespolehlivá. Vysoké hodnoty obsahu železa ve vzorcích surové vody nelze jasně vysvětlit, příčina může být i v chybném vzorkování.

6 EKONOMICKÉ ŘEŠENÍ²⁸

Vzhledem k tomu, že vrt Lt - 1 je upravován odželezňováním oxidací chlorem a tato úprava podzemní vody je poměrně dražší než voda, která se pouze hygienicky zabezpečuje, měla by se najít úspornější varianta čerpání vody ze zdroje v pánvi „Litá“. Nabízí se řešení ve zvýšeném odběru podzemní vody z ostatních vrtů, které nemusí být z důvodu příznivě nízké koncentrace železa upravovány.

Tabulka č. 2: Poměr odebraného a povoleného množství vody

Vrt	Povolené množství (m ³)	Odebrané množství za rok 2010 (m ³)	Rozdíl (m ³)	Vyčerpaná kapacita (%)
Lt - 01a	410000	282229	127771	69%
Lt - 02	410000	384699	25301	94%
V - 1b	410000	227567	182433	56%
Lt - 2	1010000	999331	10669	99%
Lt - 3	260000	204910	55090	79%
Lt - 4	600000	565908	34092	94%
Lt - 6	1010000	997143	12857	99%
Lt - 8a	860000	770756	89244	90%
Lt - 9a	570000	489861	80139	86%
V - 2	920000	907563	12437	99%
Lt - 1	640000	584412		
Celkem nevyužito:			630033 m³	

Porovnáním čerpaného množství za poslední kalendářní rok je zřejmé, že vrt Lt - 1 se podílel na celkovém množství čerpané podzemní vody z pánve „Litá“ méně než se odebralo z ostatních z ostatních deseti vrtů (porovnání odebraného množství a povoleného odběru - viz tabulka č. 2). Nabízí se možnost, že vrt Lt - 1 by mohl být v budoucnosti pouze jenom vrt záložní a ostatní vrty by zvýšeným odběrem (do maximálního povoleného množství) bez problémů nahradily čerpané množství z vrtu Lt - 1.

6.1 Spotřeba chloru na odželeznění

Za rok 2010 bylo z vrtu Lt - 1 vyčerpano celkem 584412 m³ podzemní vody, která byla upravována oxidací chlorem. Průměrně bylo v této podzemní vodě 1,14 mg/l železa a oxidací chlorem se obsah železa snižuje na 0,1 mg/l. Celkové množství

²⁸ KRÁLOVÉHRADECKÁ PROVOZNÍ, *Interní data*. (ceny, km, spotřeba energie).

železa v 584412 m³ podzemní vody je 6662 kg za celý rok. K snížení jeho koncentrace se výpočtem stanovila potřeba celkové dávky chloru na odželeznění množství 6604 kg železa ($M_{Cl} = 35,453 \text{ g/mol}$ a $M_{Fe} = 55,845 \text{ g/mol}$)²⁹, je započítána rezerva 15% (k):

$$m_{Cl} = \frac{1}{2} \times \frac{M_{Cl}}{M_{Fe}} \times m_{Fe} \times k = \frac{1}{2} \times \frac{35,453 \text{ g/mol}}{55,845 \text{ g/mol}} \times 6604 \text{ kg} \times 1.15 = \mathbf{2410 \text{ kg}}$$

Lahev chloru obsahuje 60 kg chloru, takže je roční potřeba 40 lahví chloru na ročně. Ve skladu chloru v chlorovně na úpravně vody mohou být dvě lahve s chlorem připojené na chlorovací zařízení a dvě lahve jako záložní. Doprava ADR vozí vždy dvě lahve s chlorem na výměnu, takže jede dvacetkrát ročně s lahvemi na úpravnu vody.

6.2 Náklady na provoz úpravny vody

Náklady na provoz úpravny vody na odželeznění oxidací chlorem jsou tvořeny cenou chloru, dopravou ADR, odvozem kalů z laguny za filtry a především praním filtrů, které se perou každý den (jedno praní 70 m³ vody). Královéhradecká provozní, a.s. nakupuje chlor za 23 Kč/kg.

$$N_{chlor} = m_{Cl} \times cena_{chlor} = 2410 \text{ kg} \times 23 \text{ Kč/kg} = \mathbf{55430 \text{ Kč}}$$

Doprava ADR se uskuteční dvacetkrát ročně při délce trasy tam i zpět za 14,- Kč/km.

$$N_{ADR} = počet_{cest} \times sazba_{ADR} \times délka_{cesty} = 20 \times 14 \text{ Kč/km} \times 50 \text{ km} = \mathbf{10500 \text{ Kč}}$$

Praní filtrů se provádí jednou denně, při kterém se spotřebuje 70 m³ vody z vrtu Lt – 4. Cena vody je dána průměrnou spotřebou elektrické energie na 1 m³ (0,291 kWh/m³) a poplatkem vodohospodářskému úřadu (2 Kč za 1 m³ odebrané podzemní vody).

$$N_{praní} = q_{denni} \times 365 \times (spotřeba_{energie} + poplatek) \times cena_{energie} \\ = 70 \text{ m}^3 \times 365 \times (0.291 \text{ kWh/m}^3 + 2 \text{ Kč/m}^3) \times 2,70 \text{ Kč/kWh} = \mathbf{71286 \text{ Kč}}$$

Likvidace kalu se provádí jednou měsíčně fekálním vozem TATRA 815, která odveze 8 m³ (cena 44 Kč/km) a na ČOV v Hradci Králové se účtuje za likvidaci 100 Kč/m³.

²⁹ Srov. SÝKORA, V., ZÁTKA, V., *Příruční tabulky pro chemiky*, s. 19-21.

$$N_{\text{doprava kalu}} = \text{počet}_{\text{cest}} \times \text{délka}_{\text{cesty}} \times \text{sazba}_{\text{Tatra}} = 12 \times 60\text{km} \times 44 \text{ Kč/km} \\ = 31680 \text{ Kč}$$

$$N_{\text{likvidace}} = \text{počet}_{\text{měsíců}} \times \text{objem}_{\text{Tatra}} \times \text{cena}_{\text{likvidace}} \\ = 12 \times 8 \text{ m}^3 \times 44 \text{ Kč/km} \times 100 \text{ Kč/m}^3 = 9600 \text{ Kč}$$

Celkové přímé náklady na provoz úpravný vody odželezňováním jsou:

- Náklady na chlor 55430,- Kč
- Náklady na dopravu ADR 10500,- Kč
- Náklady na praní filtrů 71286,- Kč
- Náklady na dopravu kalu 31680,- Kč
- Náklady na likvidaci kalu 9600,- Kč

NÁKLADY CELKEM 178496,- Kč

6.3 Náklady na provoz úpravný při praní filtrů obden

Náklady na provoz úpravný vody při praní filtrů obden se sníží o polovinu v nákladech na praní filtrů, odvozu a likvidaci kalu.

- Náklady na chlor 55430,- Kč
- Náklady na dopravu ADR 10500,- Kč
- Náklady na praní filtrů 35643,- Kč
- Náklady na dopravu kalu 15840,- Kč
- Náklady na likvidaci kalu 4800,- Kč

NÁKLADY CELKEM 122213,- Kč

6.4 Spotřeba chloru a náklady na hygienické zabezpečení

Za rok 2010 bylo vyčerpáno ze zdrojů v pánvi „Litá“ 6414379 m³ podzemní vody (Q_{Celk.}). Na její hygienické zabezpečení se používá zbytkový chlor, který zůstane po chloraci podzemní vody z vrtu Lt - 1, a to je 0,2 mg/l dávky chloru. Z této hodnoty se vychází pro hygienické zabezpečení veškeré vody čerpané ze zdrojů v pánvi „Litá“:

$$m_{\text{Cl}} = Q_{\text{Celk.}} \times \text{dávka}_{\text{Cl}} = 6414379 \text{ m}^3 \times 0,0002 \text{ mg/m}^3 = 1283 \text{ kg}$$

Z toho vyplývá, že je potřeba 22 lahví chloru za rok (tj. 11 cest ADR), ale nemusí se prát filtry a odvážet kal z laguny. Náklady jsou:

$$N_{chlor} = m_{Cl} \times cena_{chlor} = 1283 \text{ kg} \times 23 \text{ Kč/kg} = 29509 \text{ Kč}$$

$$N_{ADR} = počet_{cest} \times sazba \times délka_{cest} = 11 \times 14 \text{ Kč/km} \times 50 \text{ km} = 7700 \text{ Kč}$$

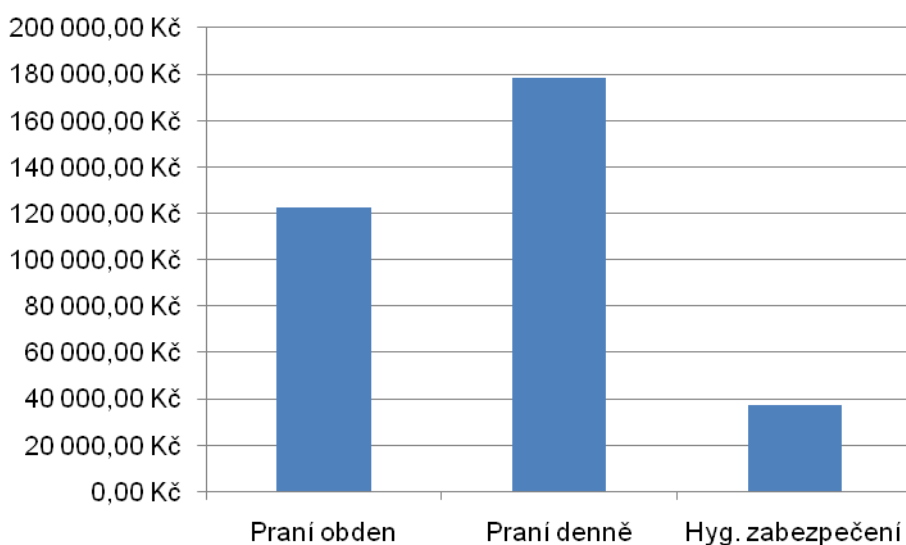
- Náklady na chlor 29509,- Kč
- Náklady na dopravu ADR 7700,- Kč

NÁKLADY CELKEM 37209,- Kč

6.5 Návrh řešení

Největší položka v nákladech je praní filtrů a chlor. Na základě ekonomického zhodnocení by řešením mohlo být odstavení vrtu Lt - 1 nebo optimalizace praní filtrů, což v případě stávajícího vyššího a navíc kolísavého obsahu železa v surové vodě je obtížně proveditelné.

Úspora je tudíž patrná na první pohled. Vrt Lt - 1 by mohl být veden jako záložní zdroj a ostatní vrty by byly schopny zvládnout vyčerpat množství vody, které by bylo čerpáno z vrtu Lt - 1.



Graf 12: Znázornění nákladů

Odpadly by poměrně vysoké náklady, hlavně na praní filtrů. Snížení nákladů by bylo až 80% z celkových nákladů na provoz úpravny vody, což není zanedbatelné. V případě optimalizace praní filtrů, které se v dnešní době provádí denně, kdyby se praní provádělo například obden, by mohlo dojít k 22% z celkových nákladů na provoz úpravny vody (viz graf 12).

ZÁVĚR

Podzemní zdroje v pánvi „Litá“, které jsou tvořeny jedenácti vrty, mají velmi podobné chemické složení. Odlišují se pouze v několika ukazatelích. Z vybraných parametrů chemického rozboru podzemní vody byla hodnocena závislost změn jednotlivých ukazatelů s hloubkou hladiny podzemní vody ve vrtech a s čerpaným množstvím u podzemní vody. Změny v ukazatelích hodnota pH, konduktivita, mangan, chloridy a kyselinová neutralizační kapacita byly v závislosti na hloubce hladiny podzemní vody ve vrtech a na čerpaném množství podzemní vody bezvýznamné.

U vrtu Lt - 01a se závislost ukazatele $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ - „tvrdosti vody“ jeví pravděpodobná, ale vzhledem k poměrně malému množství odebraných vzorků za sledované období, lze doporučit podrobnější sledování tohoto vrtu a častější vzorkování.

Vrt Lt - 1 je jako jediný zdroj podzemní vody v pánvi „Litá“ upravován odželezňováním oxidací chlorem. Závislost koncentrace železa na hloubce hladiny podzemní vody a čerpaném množství podzemní vody nebyla prokázána. Velké výkyvy hodnot ve vzorcích „před chlorací“ a zejména „po chloraci“ by bylo pravděpodobně možné vyloučit přesnějším vzorkováním.

Náklady na provoz úpravny vody by bylo možné snížit až o 80%, kdyby vrt Lt - 1 byl pouze jako záložní zdroj. Ostatní vrty by stačilo pouze hygienicky zabezpečit. Náklady by bylo možné snížit cca 20% optimalizací cyklu praní filtrů. Místo praní filtrů jednou denně, zvážit praní obden, přesto je toto řešení spíše provizorní.

S ohledem na životní prostředí by se s menším počtem cest ADR do ochranných pásem snížilo riziko možného úniku nebezpečných látek do přírody.

ANOTACE

Příjmení a jméno autora:	Martin Doležal
Instituce:	Moravská vysoká škola Olomouc
Název práce v českém jazyce:	Kvalita podzemní vody v pánvi „Litá“ – vyhodnocení čerpaného množství z jednotlivých zdrojů
Název práce v anglickém jazyce:	Groundwater Quality at the Basin „Litá“ – Evaluation Quantities Pumped from Particular Sources
Vedoucí práce:	Doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.
Počet stran:	39
Počet příloh:	13
Rok obhajoby:	2011
Klíčová slova v českém jazyce:	kvalita vody, podzemní voda, zdroje, limity, železo, mangan, konduktivita, pH, chloridy, KNK _{4,5}
Klíčová slova v angl. jazyce:	quality water, groundwater, sources, limits, iron, manganese, conductivity, pH, chlorides, ANC _{4,5}

Cílem mé práce je vyhodnocení kvality čerpané podzemní vody v pánvi „Litá“ v závislosti na hloubce hladiny podzemní vody a na čerpaném množství z jednotlivých zdrojů za období let 2009 a 2010. Ekonomické zhodnocení čerpaného množství podzemní vody z jednotlivých vrtů do zásobované oblasti a najít nejúspornější řešení poměru čerpaného množství podzemní vody z jednotlivých vrtů s ohledem na povolený odběr čerpaného množství.

The aim of this thesis is to evaluate the quality of underground water taken from the basin of Litá, which is based on the depth of the underground water level and the quantity taken from particular sources in 2009 and 2010. An economic analysis of the quantity of underground water taken from the particular sources to the supply area will also be considered, along with finding the most economical solution to the proportion of the quantity taken of underground water from the particular sources in relation to the permitted quantity take-off.

LITERATURA A PRAMENY

HERRMANN, Z. *Litá - ochranná pásma*. Praha: Aquatest, 2005. 63 s.

KRÁLOVÉHRADECKÁ PROVOZNÍ. *Interní data*.

MAPY [on line]. [2011-02-12]. Dostupné na WWW:

<http://www.mapy.cz/#mm=ZTtTcP@sa=s@st=s@ssq=%C4%8Desk%C3%A9%20mezi%C5%99%C3%AD%C4%8D%C3%AD@sss=1@ssp=124640364_128003788_145939564_145813196>.

NATIONAL GEOGRAPHIC Česká republika. *Duben 2010*. Praha: National Geographic ČR, 2002- . 1x měsíčně. ISSN 1213-9394.

PITTER, P. *Hydrochemie*. 4. vyd., Praha: VŠCHT, 2009. 592 s. ISBN 978-80-7080-701-9.

STRNADOVÁ, N., JANDA, V. *Technologie vody I*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1999. 226 s. ISBN 80-7080-348-7.

SÝKORA, V., ZÁTKA, V. *Příruční tabulky pro chemiky*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1960. 240 s.

VAK HRADEC KRÁLOVÉ. *Interní data*.

Vyhl. č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.

Vyhl. č. 428/2001 Sb., ze dne 16. listopadu 2001, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, v platném znění.

Zák. č. 254/2001 Sb., novelizovaná dne 28. června 2010, o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

Zák. č. 274/2001 Sb., ze dne 10. července 2001 o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.

ŽÁČEK, L. *Chemické a technologické procesy úpravy vody*. Praha: SNTL, 1981. 272 s.

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Poměr čerpaného množství z jednotlivých vrtů v pánvi „Litá“	9
Graf 2: Hodnota pH v jednotlivých vrtech za dané období	19
Graf 3: Konduktivita v jednotlivých vrtech za dané období.....	20
Graf 4: Obsah železa v jednotlivých vrtech za dané období	20
Graf 5: $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ v jednotlivých vrtech za dané období.....	21
Graf 6: Obsah chloridů v jednotlivých vrtech za dané období	22
Graf 7: $\text{KNK}_{4,5}$ v jednotlivých vrtech za dané období.....	22
Graf 8: $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ v závislosti na čerpaném množství ve vrtu Lt – 01a.....	24
Graf 9: $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ v závislosti na hloubce spodní vody ve vrtu Lt – 01a	24
Graf 10: Obsah Fe v závislosti na čerpaném množství z vrtu Lt - 1	25
Graf 11: Obsah Fe v závislosti na hloubce hladiny spodní vody z vrtu Lt - 1.....	25
Graf 12: Znázornění nákladů.....	30

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Rozmístění vrtů v okolí obce Pohoří.....	7
Obrázek 2: Rozmístění vrtů v okolí obce Mokré	8
Tabulka 1: Povolené odběry od Městského úřadu Dobruška – odbor ŽP	9
Obrázek 3: Schéma vodárenské soustavy	10
Tabulka 2: Poměr odebraného a povoleného množství vody	27

SEZNAM ZNAČEK A ZKRATEK

ADR	přeprava nebezpečných látek
Bpv	hladina Baltického moře po vyrovnání
Ca	vápník
Cl	chlor
ČOV	čistírna odpadních vod
DN	jmenovitá světlost (potrubí)
Fe	železo
Fe(OH) ₃	hydroxid železitý
k. ú.	katastrální úřad
KNK _{4,5}	kyselinová neutralizační kapacity
N	náklady
M	molární hmotnost atomu
Mg	hořčík
pH	kyselost
q	množství
Q _{Celk.}	celkové množství
R ²	míra spolehlivosti
VAK	vodovody a kanalizace
ŽP	životní prostředí

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Vrt Lt - 2	40
Příloha 2: Vrt Lt - 3	41
Příloha 3: Vrt Lt - 4	42
Příloha 4: Vrt Lt - 01a	43
Příloha 5: Vrt Lt - 6	44
Příloha 6: Vrt Lt - 02	45
Příloha 7: Vrt Lt - 8a	46
Příloha 8: Vrt V - 1b	47
Příloha 9: Vrt Lt - 9a	48
Příloha 10: Vrt V - 2	49
Příloha 11: Vrt Lt - 1 (před chlorací)	50
Příloha 12: Vrt Lt - 1 (po chloraci)	51
Příloha 13: Vrt Lt - 1 (upravená voda)	52

Příloha 1

Vrt Lt - 2

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
31	05.01.09	4,32	49	7,08	79,7	<0,030	<0,030	4,17	34,1	5,3
313	02.02.09	4,86	47	6,85	77,8	<0,030	<0,030	4,15	32,4	5,5
586	02.03.09	3,42	0	7,21	82,7	<0,030	<0,030	4,33	34,8	5,4
764	23.03.09	2,37	52	7,21	84,6	<0,030	<0,030	4,15	34,8	5,5
1043	20.04.09	2,35	52	7,18	84,6	<0,030	<0,030	4,11	33,0	
2185	03.08.09	3,78	49	6,94	79,3	<0,030	<0,030	4,13	32,5	5,5
2265	10.08.09	3,95	49	7,06	79,6	0,032	<0,030	4,08	32,6	
2551	08.09.09	4,46	48	7,16	80,7	<0,030	<0,030	4,10	33,6	5,3
2851	12.10.09	5,27	47	7,23	79,6	<0,030	<0,030	4,03	31,6	5,4
3251	23.11.09	5,35	48	7,10	81,0	<0,030	<0,030	4,19	34,4	5,6
3308	30.11.09	5,64	42	7,14	84,8	<0,030	<0,030	4,19	34,9	5,7
132	18.01.10	3,56	0	6,98	80,4	<0,030	<0,030	4,11	31,9	4,9
265	01.02.10	3,35	0	6,82	78,8	<0,030	<0,030	4,08	32,3	5,2
547	01.03.10	2,41	0	7,06	80,4	0,031	<0,030	4,06	34,4	5,2
831	29.03.10	1,95	0	7,16	77,7	<0,030	<0,030	4,25	33,4	5,6
1265	10.05.10	0	0	7,13	79,4	0,062	<0,030	4,16	34,1	5,2
2190	02.08.10	2,35	51	6,99	79,9	<0,030	<0,030	4,07	34,0	5,4
2331	16.08.10	2,57	51	7,06	79,8	<0,030	<0,030	4,16	33,5	5,2
2779	27.09.10	2,05	0	7,02	80,5	<0,030	<0,030	4,08	36,6	5,4
2898	11.10.10	1,68	0	7,08	80,1	<0,030	<0,030	4,08	36,1	5,4
3154	08.11.10	2,50	51	6,92	79,9	<0,030	<0,030	4,17	37,1	5,3
3400	07.12.10	2,52	51	7,01	78,2	<0,030	<0,030	4,21	34,8	5,6

Příloha 2

Vrt Lt - 3

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
32	05.01.09	3,77	0	6,93	88,7	0,206	<0,030	4,57	31,3	6,3
314	02.02.09	13,7	0	7,10	87,1	<0,030	<0,030	4,66	28,9	6,5
587	02.03.09	12,8	9	7,17	93,2	<0,030	<0,030	4,73	31,3	6,4
765	23.03.09	11,9	9	7,12	94,3	<0,030	<0,030	4,54	31,3	6,4
1044	20.04.09	12,0	9	7,05	93,0	0,036	<0,030	4,50	28,8	
2186	03.08.09	13,0	0	6,85	88,5	0,132	<0,030	4,45	25,5	5,9
2266	10.08.09	13,1	10	7,03	87,8	0,040	<0,030	4,43	25,6	5,6
2552	08.09.09	13,8	10	7,12	89,5	0,070	<0,030	4,67	30,1	6,3
2852	12.10.09	13,4	10	7,13	88,6	<0,030	<0,030	4,68	30,6	6,4
3252	23.11.09	2,96	0	6,96	90,7	<0,030	<0,030	4,63	29,7	6,6
3309	30.11.09	13,9	10	7,01	95,2	0,054	<0,030	4,63	30,1	6,7
133	18.01.10	13,3	11	6,93	89,9	<0,030	<0,030	4,55	28,3	6,0
266	01.02.10	2,18	0	6,84	88,3	<0,030	<0,030	4,46	30,0	6,5
548	01.03.10	1,94	0	6,97	90,7	<0,030	<0,030	4,62	29,7	6,4
832	29.03.10	12,4	15	7,03	86,9	<0,030	<0,030	4,50	28,9	6,6
1266	10.05.10	12,6	11	7,05	85,9	0,078	<0,030	4,41	28,4	6,2
2191	02.08.10	13,6	11	6,91	86,2	0,082	<0,030	4,41	28,0	6,3
2332	16.08.10	13,6	11	6,95	86,6	0,058	<0,030	4,40	28,0	6,3
3155	08.11.10	1,98	0	6,93	85,7	0,247	0,035	4,53	34,1	6,4
3401	07.12.10	12,4	8	6,95	84,9	<0,030	<0,030	4,53	30,1	7,0

Příloha 3

Vrt Lt - 4

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
33	05.01.09	15,9	17	7,04	78,4	0,042	0,036	3,90	20,0	6,0
315	02.02.09	16,2	17	7,06	76,3	0,040	0,060	4,07	21,0	6,2
588	02.03.09	15,5	16	7,18	81,4	0,031	<0,030	4,17	21,7	6,0
766	23.03.09	11,9	16	7,14	84,2	0,056	0,039	4,07	22,7	6,1
1045	20.04.09	11,1	17	7,07	84,4	0,055	0,038	4,07	20,1	
2187	03.08.09	14,6	17	6,91	79,2	0,057	0,046	4,01	19,6	
2267	10.08.09	14,7	17	7,03	79,0	0,056	0,031	3,99	20,0	
2553	08.09.09	15,5	15	7,12	80,6	0,050	0,031	4,23	20,6	6,3
2853	12.10.09	16,5	16	7,16	80,2	<0,030	<0,030	4,22	22,2	6,3
3253	23.11.09	16,4	15	7,02	80,1	0,053	0,035	4,07	20,9	6,4
3310	30.11.09	16,4	16	6,84	83,6	0,056	0,050	4,07	20,9	6,4
134	18.01.10	15,0	15	6,98	79,3	<0,030	0,034	4,07	19,5	5,7
267	01.02.10	14,7	14	6,79	78,4	0,064	0,059	4,06	20,0	6,2
549	01.03.10	14,4	16	7,03	79,8	0,045	0,034	3,98	21,6	6,1
833	29.03.10	11,3	15	7,01	79,1	<0,030	0,059	4,34	19,6	6,3
1267	10.05.10	10,5	16	7,06	79,3	0,095	0,040	4,25	19,9	6,3
2192	02.08.10	12,2	18	6,91	79,9	0,091	<0,030	4,13	20,6	6,2
2333	16.08.10	12,4	17	6,95	80,2	0,067	<0,030	4,18	20,8	6,2
2780	27.09.10	11,9	0	6,94	80,7	0,057	<0,030	4,12	24,6	6,2
2899	11.10.10	8,52	18	7,06	80,4	0,080	0,062	4,12	24,2	6,3
3156	08.11.10	9,68	0	6,93	80,3	0,063	0,067	4,17	24,9	6,1
3402	07.12.10	10,5	19	6,95	78,3	0,068	0,042	4,13	23,8	6,5

Příloha 4

Vrt Lt - 01a

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
99	12.01.09	13,9	11	6,99	94,21	0,196	<0,030	5,09	24,1	7,0
657	10.03.09	8,52	8	7,03	102,7	0,128	0,031	5,13	25,1	7,5
934	07.04.09	8,79	8	7,11	113,0	0,110	<0,030	5,05	24,1	7,6
2453	31.08.09	14,4	10	7,05	113,0	0,316	<0,030	5,76	25,0	7,5
3013	02.11.09	12,6	9	7,07	107,5	0,278	<0,030	5,31	24,9	7,0
203	25.01.10	12,0	10	6,78	103,1	0,203	<0,030	5,37	24,9	7,1
633	08.03.10	10,8	10	6,93	106,3	0,118	<0,030	5,64	23,2	7,3
999	13.04.10	10,9	9	6,95	109,9	0,296	<0,030	5,85	24,1	7,5
1979	12.07.10	12,7	9	6,72	117,5	0,094	<0,030	5,30	25,0	7,0
2546	06.09.10	12,7	8	6,78	116,4	0,276	<0,030	6,05	27,6	7,8
3112	01.11.10	14,9	9	6,73	115,7	0,274	<0,030	6,16	28,7	7,8

Příloha 5

Vrt Lt - 6

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
190	20.01.09	5,92	43	7,03	75,6	<0,030	<0,030	3,94	30,6	4,9
449	16.02.09	5,95	42	6,97	77,8	<0,030	<0,030	3,78	32,2	5,1
708	16.03.09	3,75	43	7,07	77,5	<0,030	<0,030	3,50	33,0	5,1
850	31.03.09	2,26	0	7,25	75,9	<0,030	<0,030	3,88	33,0	4,7
2310	17.08.09	5,26	43	7,17	74,5	<0,030	<0,030	3,83	27,8	3,9
2064	20.07.09	4,40	43	7,18	74,2	<0,030	<0,030	3,81	27,4	5,3
2590	14.09.09	5,05	0	7,28	75,9	<0,030	<0,030	4,03	29,4	5,1
2970	26.10.09	6,40	43	6,93	75,8	<0,030	<0,030	3,97	29,4	5,0
3015	02.11.09	6,40	42	7,14	76,4	<0,030	<0,030	3,83	30,6	4,6
3388	07.12.09	6,90	42	7,01	72,7	<0,030	<0,030	4,07	29,1	7,1
85	11.01.10	5,33	43	7,13	76,0	<0,030	<0,030	3,95	30,5	5,1
421	15.02.10	3,97	0	7,06	76,1	<0,030	<0,030	3,98	30,0	4,8
696	15.03.10	3,36	40	7,09	76,4	<0,030	<0,030	3,84	32,9	4,9
899	06.04.10	3,03	40	7,14	76,1	<0,030	<0,030	4,05	30,1	5,1
1112	26.04.10	2,84	41	7,09	74,1	<0,030	<0,030	3,94	29,4	5,1
1408	24.05.10	2,85	40	7,07	75,9	<0,030	<0,030	3,97	31,6	4,8
2080	19.07.10	2,14	40	7,12	76,2	<0,030	<0,030	3,73	30,7	4,8
2490	31.08.10	2,45	0	7,17	73,7	<0,030	<0,030	3,70	32,5	4,7
2622	13.09.10	3,44	40	7,03	75,8	<0,030	<0,030	3,80	33,8	4,8
2781	27.09.10	3,30	40	6,96	76,4	<0,030	<0,030	3,92	34,6	4,8
2900	11.10.10	2,70	40	7,06	75,9	<0,030	<0,030	3,92	34,8	4,9
3107	01.11.10	2,74	40	7,04	75,3	<0,030	<0,030	3,85	36,8	4,7
3403	07.12.10	3,54	45	6,99	74,8	<0,030	<0,030	3,89	35,5	5,2

Příloha 6

Vrt Lt - 02

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
100	12.01.09	12,2	15	7,02	100,2	0,158	<0,030	5,13	28,9	6,8
656	10.03.09	10,6	16	6,80	109,3	0,174	0,312	5,11	32,4	7,3
935	07.04.09	10,4	15	7,15	112,3	0,156	<0,030	4,78	31,7	7,1
2454	31.08.09	11,2	15	7,08	109,3	0,175	<0,030	5,30	31,6	7,2
3014	02.11.09	10,5	13	7,08	102,1	0,071	<0,030	4,97	29,2	6,5
204	25.01.10	9,85	13	6,90	103,2	0,086	<0,030	4,94	29,5	6,7
634	08.03.10	8,95	13	6,96	108,8	0,127	<0,030	5,36	30,6	7,1
1000	13.04.10	9,02	13	7,03	105,5	0,687	<0,030	5,19	29,1	7,0
1980	12.07.10	9,96	13	6,78	115,8	0,234	<0,030	4,95	29,5	6,4
2547	06.09.10	10,1	13	6,83	109,5	0,161	<0,030	5,41	34,6	6,9
3113	01.11.10	10,2	0	6,81	111,4	0,211	<0,030	5,54	35,5	7,1

Příloha 7

Vrt Lt - 8a

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
191	20.01.09	8,72	8,0	6,96	77,1	<0,030	<0,030	3,98	25,1	5,8
450	16.02.09	8,31	7,4	6,9	79,4	<0,030	<0,030	3,98	26,9	5,7
709	16.03.09	7,10	36	7,11	80,1	<0,030	<0,030	3,86	28,2	5,7
851	31.03.09	6,18	33	7,28	79,2	<0,030	<0,030	3,94	28,6	5,5
2311	17.08.09	8,57	36	7,12	78,0	<0,030	<0,030	3,96	27,2	6,0
2188	03.08.09	8,05	36	6,94	78,0	0,034	<0,030	4,08	28,2	
2591	14.09.09	9,15	35	6,97	78,8	0,035	<0,030	4,03	27,0	5,9
2971	26.10.09	9,10	0	7,02	73,2	<0,030	0,046	4,01	19,4	5,8
3152	10.11.09	9,04	0	7,12	79,5	<0,030	<0,030	4,07	27,0	5,8
3389	07.12.09	9,09	0	7,08	75,7	<0,030	<0,030	4,31	25,4	8,2
86	11.01.10	8,71	36	7,11	78,7	<0,030	<0,030	4,11	27,4	5,9
422	15.02.10	8,08	37	7,03	79,6	<0,030	<0,030	4,18	27,3	5,4
697	15.03.10	5,61	38	7,06	79,2	<0,030	<0,030	4,13	27,2	5,4
900	06.04.10	6,15	38	7,06	78,9	<0,030	<0,030	4,05	26,8	5,7
1113	26.04.10	5,21	0	6,96	76,9	0,042	<0,030	3,98	25,4	5,8
1409	24.05.10	5,84	32	7,07	78,3	<0,030	<0,030	4,01	26,9	5,7
2193	02.08.10	5,90	0	6,97	78,3	0,031	<0,030	4,01	27,6	5,6
2491	31.08.10	6,36	31	7,13	76,9	<0,030	<0,030	3,98	28,8	5,5
2623	13.09.10	6,50	31	7,03	77,9	<0,030	<0,030	3,92	31,8	5,4
3069	26.10.10	5,79	31	7,05	77,8	<0,030	<0,030	4,01	31,6	5,5
3157	08.11.10	6,27	30	6,91	78,1	<0,030	<0,030	4,53	32,1	5,6
3404	07.12.10	6,46	30	7,01	76,1	<0,030	<0,030	4,13	30,4	6,0

Příloha 8

Vrt V - 1b

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
98	12.01.09	12,1	9,0	6,94	104,5	0,194	<0,030	5,80	26,2	8,3
658	10.03.09	9,20	8,5	6,83	111,0	0,046	<0,030	5,69	29,3	8,5
933	07.04.09	9,76	8,5	7,13	115,4	<0,030	<0,030	4,62	29,3	8,3
3017	02.11.09	11,7	8,3	7,03	109,6	0,167	<0,030	5,40	25,2	8,1
202	25.01.10	11,8	8,5	6,82	109,4	0,054	<0,030	5,77	28,2	8,1
632	08.03.10	10,8	9,0	6,93	111,7	0,054	<0,030	5,81	29,9	8,3
998	13.04.10	11,5	7,0	6,93	108,3	0,208	<0,030	5,73	27,8	8,2
1975	12.07.10	12,2	7,0	6,84	110,1	<0,030	<0,030	5,70	28,5	8,1
2545	06.09.10	12,2	7,1	6,78	109,0	0,043	<0,030	5,71	30,6	8,0
3108	01.11.10	11,7	7,3	6,80	109,2	0,996	<0,030	5,70	31,7	8,1

Příloha 9

Vrt Lt - 9a

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
192	20.01.09	12,7	14	7,14	71,7	<0,030	0,081	3,74	19,6	5,7
451	16.02.09	12,2	16	7,01	74,4	<0,030	0,076	3,62	21,1	6,0
710	16.03.09	8,80	14	7,12	75,2	<0,030	0,033	3,66	19,3	5,9
852	31.03.09	7,85	18	7,30	74,4	<0,030	0,037	3,80	20,3	5,7
2312	17.08.09	11,0	14	7,07	73,1	<0,030	0,079	3,86	17,9	5,3
2189	03.08.09	10,8	15	6,96	72,8	<0,030	0,065	3,93	19,2	5,9
2592	14.09.09	11,7	13	7,05	73,6	<0,030	0,048	3,81	19,9	6,0
3153	10.11.09	9,19	0	7,07	73,9	<0,030	0,062	3,83	20,3	5,6
3390	07.12.09	9,19	0	7,18	71,8	<0,030	0,127	3,95	19,5	8,3
87	11.01.10	10,5	15	7,12	74,1	<0,030	0,093	3,83	20,2	6,0
423	15.02.10	10,7	14	7,05	74,5	<0,030	0,093	3,78	21,3	5,6
698	15.03.10	7,90	0	7,05	75,4	<0,030	<0,030	3,93	20,2	5,7
901	06.04.10	6,93	17	7,05	74,7	<0,030	<0,030	3,89	19,1	5,8
1114	26.04.10	6,85	17	7,04	73,3	<0,030	0,039	3,78	18,4	6,0
1410	24.05.10	7,42	17	7,10	74,2	<0,030	<0,030	3,84	21,8	5,7
2194	02.08.10	8,73	16	6,99	74,2	<0,030	<0,030	3,77	20,3	5,7
2492	31.08.10	8,70	15	7,10	72,8	<0,030	<0,030	3,76	22,2	5,6
2624	13.09.10	8,32	16	7,01	74,7	<0,030	0,048	3,70	24,0	5,7
3070	26.10.10	6,95	17	7,05	74,0	<0,030	0,082	3,89	25,3	5,7
3158	08.11.10	7,70	16	6,94	74,3	<0,030	0,073	3,81	23,5	5,7
3405	07.12.10	8,12	16	7,02	71,7	<0,030	0,071	3,97	23,4	6,2

Příloha 10

Vrt V - 2

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
193	20.01.09	5,66	44	7,08	78,8	<0,030	<0,030	4,06	29,3	5,4
452	16.02.09	5,32	47	7,07	81,8	<0,030	<0,030	4,06	30,3	5,4
711	16.03.09	2,50	0	7,19	81,1	0,055	<0,030	4,02	32,0	5,8
853	31.03.09	2,15	0	7,28	79,5	0,130	<0,030	3,97	32,7	5,2
2065	20.07.09	3,03	0	7,21	78,6	0,130	<0,030	3,78	30,3	6,3
2313	17.08.09	4,78	0	7,08	77,3	<0,030	<0,030	3,91	27,5	5,2
2593	14.09.09	5,74	47	7,30	79,5	<0,030	<0,030	4,10	29,7	5,5
2969	26.10.09	6,23	46	6,84	81,1	0,035	<0,030	4,05	29,1	5,6
3016	02.11.09	6,74	46	7,13	82,2	<0,030	<0,030	4,17	28,6	5,3
3391	07.12.09	6,30	46	6,96	77,9	<0,030	<0,030	4,15	27,1	7,9
88	11.01.10	4,02	0	7,09	79,9	0,037	<0,030	4,19	28,4	5,5
424	15.02.10	4,90	46	7,03	79,1	<0,030	<0,030	4,14	31,3	5,2
699	15.03.10	3,70	50	7,03	79,7	<0,030	<0,030	4,13	32,3	5,1
902	06.04.10	2,08	0	6,99	78,7	<0,030	<0,030	4,13	29,8	5,2
1115	26.04.10	3,52	50	6,97	76,6	<0,030	<0,030	3,78	29,1	5,3
1411	24.05.10	2,00	0	7,06	78,2	<0,030	<0,030	3,88	32,6	5,1
2081	19.07.10	3,66	51	7,02	78,0	<0,030	<0,030	4,03	30,4	5,1
2493	31.08.10	2,23	0	7,07	76,4	<0,030	<0,030	3,96	33,5	5,0
2625	13.09.10	2,37	0	7,02	77,1	<0,030	<0,030	3,88	35,5	5,0
3071	26.10.10	1,95	0	7,01	77,6	<0,030	<0,030	4,03	34,3	5,1
3109	01.11.10	3,72	47	6,99	77,2	<0,030	<0,030	4,05	34,1	5,1
3407	07.12.10	2,32	0	7,08	76,0	<0,030	<0,030	4,13	34,5	5,3

Příloha 11

Vrt Lt - 1 (před chlorací)

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
30	05.01.09	2,92	20	7,05	78,4	0,970	<0,030	3,92	24,4	5,8
312	02.02.09	3,83	27	7,08	76,0	1,011	0,050	4,03	24,4	6,1
585	02.03.09	1,30	22	7,25	81,3	0,096	<0,030	4,02	26,2	6,1
763	23.03.09	1,42	21	7,25	83,0	2,670	0,048	3,99	26,2	5,9
1042	20.04.09	2,10	20	7,21	82,7	1,025	<0,030	3,99	25,3	6,4
2184	03.08.09	2,80	20	6,92	78,0	1,220	<0,030	3,95	24,9	6,3
2264	10.08.09	3,80	19	7,03	80,9	1,230	<0,030	3,91	24,6	6,2
2550	08.09.09	3,72	19	7,20	79,3	1,195	<0,030	4,05	26,0	6,0
2850	12.10.09	3,70	19	6,96	79,1	1,315	<0,030	3,96	26,2	5,9
3250	23.11.09	2,50	20	7,14	79,7	1,260	<0,030	4,03	25,0	6,2
3307	30.11.09	2,30	20	7,10	68,7	0,705	<0,030	4,03	25,0	6,2
131	18.01.10	2,35	21	7,01	79,6	1,140	<0,030	3,95	25,7	5,5
264	01.02.10	2,30	20	6,85	77,7	1,290	0,034	3,94	25,9	5,9
546	01.03.10	1,28	20	7,07	79,3	1,281	<0,030	3,98	27,7	5,7
1264	10.05.10	1,08	20	7,16	78,4	1,571	<0,030	4,08	25,7	5,8
2189	02.08.10	1,08	18	6,99	78,9	1,155	<0,030	4,17	26,0	5,9
2330	16.08.10	0,84	18	7,10	79,6	1,101	<0,030	4,10	26,7	5,8
2621	13.09.10	1,35	18	7,03	76,8	0,318	<0,030	3,84	28,9	5,3
2778	27.09.10	1,38	18	7,01	80,1	1,115	<0,030	4,06	30,3	5,9
2897	11.10.10	2,84	18	7,12	79,8	1,195	<0,030	4,04	29,3	6,0
3153	08.11.10	1,20	17	6,95	79,5	1,148	0,036	4,05	30,5	5,9
3399	07.12.10	3,58	20	7,04	77,7	1,020	<0,030	4,37	29,1	6,1

Příloha 12

Vrt Lt - 1 (po chloraci)

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	železo (mg/l)
28	05.01.09	3,30	26	1,06
186	20.01.09	2,92	20	2,11
310	02.02.09	3,83	27	1,01
445	16.02.09	3,65	26	1,68
583	02.03.09	3,01	27	0,85
705	16.03.09	2,34	27	3,51
761	23.03.09	1,96	27	3,85
848	31.03.09	1,95	27	1,86
929	07.04.09	1,18	27	4,62
1038	20.04.09	1,30	22	0,94
1230	11.05.09	1,42	21	4,75
2059	20.07.09	2,10	20	1,31
2197	03.08.09	3,50	20	1,28
2305	17.08.09	2,80	20	4,73
2547	08.09.09	3,15	20	1,28
2588	14.09.09	2,45	19	1,12
2713	29.09.09	3,80	19	1,18
2846	12.10.09	3,80	19	1,11
2972	26.10.09	3,73	18	1,35
3037	02.11.09	3,75	19	12,3
3149	10.11.09	3,72	19	4,91
3305	30.11.09	1,45	0	23,4
3385	07.12.09	3,70	19	2,71
17	04.01.10	3,40	20	8,57
127	18.01.10	2,50	20	>25
261	01.02.10	2,30	20	2,01
415	15.02.10	2,35	21	2,61
544	01.03.10	1,49	20	>25
692	15.03.10	1,28	20	>25
828	29.03.10	1,19	19	>25
894	06.04.10	1,08	20	19,1
1110	26.04.10	1,01	19	5,94
1261	10.05.10	1,08	18	10,6
1406	24.05.10	1,00	18	1,16
1579	08.06.10	0,84	18	3,67
1715	21.06.10	0,48	18	1,22
2076	19.07.10	1,35	18	1,99
2204	02.08.10	1,40	19	1,82
2326	16.08.10	1,38	18	1,22
2488	31.08.10	1,43	18	9,96
2618	13.09.10	1,45	19	9,36
2776	27.09.10	1,30	17	1,27
2893	11.10.10	2,84	18	1,14
3067	26.10.10	0,95	18	3,76
3149	08.11.10	1,20	17	3,62
3274	22.11.10	1,15	19	6,11
3396	07.12.10	3,58	20	3,34
3458	13.12.10	1,31	20	3,56

Příloha 13

Vrt Lt - 1 (upravená voda)

Číslo vzorku	Datum odběru	Hladina (m)	Průtok (l/s)	pH	konduktivita (mS/m)	železo (mg/l)	mangan (mg/l)	Ca+Mg (mg/l)	chloridy (mg/l)	KNK _{4,5} (mmol/l)
29	05.01.09	3,30	26			0,070				
188	20.01.09	2,92	20	7,18	77,6	<0,030	<0,030	3,98	25,1	5,7
289	02.02.09	3,83	27	7,11	76,1	0,110	0,08	4,03	24,8	5,1
447	16.02.09	3,65	26	6,84	79,8	0,408	<0,030	3,86	25,5	6,0
584	02.03.09	3,00	27			0,482				
707	16.03.09	2,34	27	6,95	80,2	0,685	<0,030	3,86	25,5	6,0
762	23.03.09	1,96	27			0,517				
849	31.03.09	1,95	27			0,579				
932	07.04.09	1,18	27			<0,030				
1040	20.04.09	1,30	22	7,30	51,0	0,083	<0,030	2,39	9,40	6,4
1232	11.05.09	1,42	21	7,16	80,1	<0,030	<0,030	3,76	26,1	
2063	20.07.09	2,10	20	7,38	69,8	0,082	<0,030	3,60	20,8	5,9
2198	03.08.09	3,50	20			0,220				6,3
2306	17.08.09	2,80	20	7,06	78,5	<0,030	<0,030	3,99	25,2	5,5
2548	08.09.09	3,15	20			0,044				
2589	14.09.09	2,45	19			0,047				
2714	29.09.09	3,80	19			<0,030				
2848	12.10.09	3,80	19	7,19	78,6	0,050	<0,030	3,92	26,2	5,3
2973	26.10.09	3,73	18			0,057				
3038	02.11.09	3,75	19			0,764				
3151	10.11.09	3,72	19	7,20	79,9	<0,030	<0,030	3,95	28,0	5,8
3306	30.11.09	1,45	0			0,121				
3387	07.12.09	3,70	19	7,29	77,8	<0,030	<0,030	4,27	25,0	8,7
18	04.01.10	3,40	20			0,034				
130	18.01.10	2,50	20	7,01	79,1	<0,030	<0,030	4,03	26,4	5,5
263	01.02.10	2,30	20	7,02	78,9	<0,030	<0,030	4,00	26,6	5,9
418	15.02.10	2,35	21	6,98	80,3	<0,030	<0,030	4,06	27,6	5,8
545	01.03.10	1,49	20			0,096				
694	15.03.10	1,28	20	7,08	80,1	<0,030	<0,030	4,05	27,9	5,7
829	29.03.10	1,19	19			<0,030				
897	06.04.10	1,08	20	7,01	79,9	<0,030	<0,030	4,01	26,4	5,9
1111	26.04.10	1,01	19			0,092				
1263	10.05.10	1,08	18	7,18	78,9	0,055	<0,030	4,04	27,4	5,8
1407	24.05.10	1,01	18			0,045				
1581	08.06.10	0,84	18	7,17	79,7	<0,030	0,03	4,00	28,6	5,6
1716	21.06.10	0,48	18			0,357				
2078	19.07.10	1,35	18	7,04	79,4	<0,030	<0,030	4,07	27,7	5,9
2205	02.08.10	1,40	19			0,032				
2328	16.08.10	1,38	18	7,01	79,3	<0,030	<0,030	4,08	28,0	5,8
2489	31.08.10	1,43	18			1,455				
2619	13.09.10	1,45	19			0,561				
2777	27.09.10	1,30	17			1,984				
2895	11.10.10	2,84	18	6,86	80,4	<0,030	<0,030	4,10	31,4	5,9
3068	26.10.10	0,95	18			0,120				
3151	08.11.10	1,20	17	6,94	79,5	<0,030	<0,030	4,05	30,5	5,8
3275	22.11.10	1,15	19			0,052				
3398	07.12.10	3,58	20	7,03	77,6	<0,030	<0,030	4,17	29,4	6,1
3459	13.12.10	1,30	20			0,058				