



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

Jakost pitné vody v soukromých studních

Drinking water quality in private wells

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor: Zdravotní laborant

Vedoucí práce: Ing. Alena Saidlová, CSc.

Eliška Cuhrová

Kladno 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Eliška Cuhrová**
Obor: Zdravotní laborant
Téma: **Jakost pitné vody v soukromých studních**
Téma anglicky: Drinking water quality in private wells

Zásady pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude provedení přehledu ukazatelů jakosti pitné vody na základě legislativy ČR včetně možných zdravotních rizik a včetně přehledu hygienických limitů mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody.

V praktické části se bude práce zabývat analýzou vzorků ze soukromých studní ve Středočeském kraji a porovnáním vývoje čistoty pitné vody z hlediska chemického i mikrobiologického. Předmětem práce bude také se pokusit na mapě Středočeského kraje vyznačit oblasti nízké kvality pitné vody v soukromých studních a dalších zdrojích pitné vody.

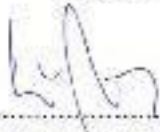
Práce shrne dosud užívaný rozsah metod sledování kvality vody a případně navrhone rozšíření ukazatelů čistoty pitné vody.

Seznam odborné literatury:

- [1] Pítek Pavel, Hydrochemie, ed. 4, vydání, VŠCHT Praha, 2009, 568 s., ISBN 978-80-7020-701-9
- [2] Kolektiv autorů, Výsledky Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí, ed. 1, Vydání, SZU Praha, 2015, 74 s., ISBN 978-80-7071-339-5
- [3] Vyhláška č. 252/2004 Sb., Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Zadání platné do: 11.09.2018

Vedoucí: Ing. Alena Šaichlová, CSc.


vedoucí katedry / pracoviště


číslo

V Kládě dne 31.10.2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Jakost pitné vody v soukromých studních vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 19.05.2017

.....
Eliška Cuhrová

Poděkování

Ráda bych zde poděkovala Ing. Aleně Saidlové, CSc. za odborné vedení bakalářské práce, cenné rady a konstruktivní připomínky, které mi pomohli tuto práci zkompletovat, a také za vstřícnost a veškerý čas, který mé práci věnovala. Dále bych ráda poděkovala pracovníkům Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem za poskytnutá data a podklady k vypracování bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce “Jakost pitné vody v soukromých studních” je zaměřena na problematiku pitné vody individuálním zásobováním. První kapitola popisuje podzemní vodu a její získávání v soukromých studnách. Tématem druhé kapitoly je pitná voda a kontrola její jakosti. Jsou zde uvedeny hlavní fyzikálně – chemické ukazatele a mikrobiologické ukazatele kvality vody. Pro každý ukazatel jsou popsány základní vlastnosti, jejich vliv na kvalitu vody, nejvyšší mezní hodnoty v pitné vodě, dopad na lidské zdraví a metody laboratorního stanovení.

V praktické části práce je vyhodnocení rozborů vody ze soukromých studní ve Středočeském kraji v letech 2014 – 2017. Výsledky byly poskytnuty Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem. Pro vybrané chemické a mikrobiologické ukazatele je provedeno zhodnocení a jejich vývoj ve sledovaném období.

V závěru je porovnání našich zjištěných hodnot s národními Výročními zprávami a návrh na snížení rizika nedostatečné kvality pitné vody.

Klíčová slova

Podzemní voda; kvalita pitné vody; studna; ukazatele; mikroorganismy; rozbor

Abstract

Bachelor thesis “Drinking water quality in private wells” is focused on water quality issues of domestic supply. The first chapter describes groundwater and its obtaining in domestic wells. The topic of second chapter is drinking water and inspection of water quality. There are listed the main physical – chemical indicators and microbiological indicators of water quality. For each one is described basic information, their effect on water quality, the highest limit value in drinking water, influence on humans health and laboratory methods of detecting.

The practical part of this thesis includes evaluation of analysis of water from private wells in Central Bohemian Region in years 2014 – 2017. The results of analysis were provided by state public health laboratory. For some chemical and microbiological parametres of evaluation and assessment of increase in monitored period is completed.

In conclusion our results are compared with national reports and proposal to reduce the risk of poor drinking water quality is offered.

Keywords

Groundwater; quality of drinking water; well; indicator; microorganisms; analysis

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Současný stav	10
2.1	Jímání podzemní vody.....	10
2.2	Zřizování studní	11
2.2.1	Vrtané studny.....	12
2.2.2	Kopané studny.....	12
2.2.3	Horizontální jímadla.....	12
2.2.4	Jímání pramenů	12
2.3	Péče o studny.....	13
2.4	Jakost podzemní vody	14
2.4.1	Pitná voda.....	16
2.4.2	Kontrola kvality vody	17
3	Cíl práce.....	36
4	metodika práce	37
4.1	Monitoring pitné vody.....	37
4.2	Sběr dat.....	38
4.3	Odběr a zpracování materiálu	38
4.4	Zpracování dat	40
5	Výsledky.....	41
5.1	Vyhodnocení rozborů vzorků.....	44
5.2	Porovnání sledovaných hodnot s výročními Zprávami o kvalitě vody zpracované Státním zdravotním ústavem.....	45
5.3	Dlouhodobý obraz jakosti pitné vody ve studních ve Středočeském kraji.....	47

6	Diskuze	51
7	Závěr	54
8	Seznam použitých zkratek.....	55
9	Seznam použité literatury.....	56
10	Seznam tabulek.....	59
11	Seznam grafů	60

1 ÚVOD

Voda je nenahraditelná a nezbytná látka pro veškerý život na Zemi. Lidé jsou proto odkázáni na neustálý přísun kvalitní vody. Spotřeba vody neustále stoupá, ovšem napříč tomu rozvojem průmyslu jsou ohrožovány zásoby pitné vody.

Přestože je již plně rozvinut systém veřejných vodovodů, stále v České republice je přibližně 10% obyvatel, kteří využívají pro domácí zásobování podzemní vodu. Soukromou studnu volí stále více lidí i z důvodů ekonomických. Ačkoli bývá podzemní voda kvalitnější než voda povrchová, nedostatečně upravenou vodu lze používat pouze jako užitkovou. Nezbytným faktorem pitné vody je její pravidelná kontrola jakosti, protože voda svým složením nesmí ohrožovat lidské zdraví.

Tato bakalářská práce seznamuje s individuálním zásobováním pitnou vodou, metodami stanovení kvality vody a možnými zdravotními riziky spojenými s užíváním vody. V praktické části podává vyhodnocení výsledků rozborů vody ze soukromých studní ve Středočeském kraji v průběhu tří let. Srovnání s národním monitoringem vodovodního zásobování nabádá k pravidelné kontrole jakosti vody v soukromé studni.

2 SOUČASNÝ STAV

Podzemní voda je shromážděna pod povrchem terénu v puklinách a dutinách hornin. Doplnjuje se vsakováním srážkové vody, proto na její složení má vliv výskyt znečišťujících látek na povrchu půdy (hnojiva, odpadové vody, skládky apod.), které se následně s vodou vsakují do podloží. Jelikož má horninové prostředí velkou samočisticí schopnost, bývá zpravidla podzemní voda výrazně kvalitnější než voda povrchová. Je tedy vhodnější čerpat pitnou vodu z větší hloubky, aby se snížil vliv látek v povrchu země. Pokud do podzemní vody neproniká znečištěná povrchová voda, bývá obvykle zdravotně nezávadná. Složení podpovrchových vod ovlivňuje nejen mnoho hydrogeologických procesů, ale také například i roční období. (1)(2)

Podzemní voda je nenahraditelným zdrojem pitné vody. O zásady její ochrany se stará Evropská vodní charta.

2.1 Jímání podzemní vody

Pro využití podzemních vod je třeba budovat jímací objekty (studny nebo pramenné jímky), zabezpečit jejich ochranu a zajistit možnost trvalého odběru vody. Dle Vodního zákona se jedná o podzemní stavbu, je tedy třeba povolení k její stavbě. (4) Jímání vody je povoleno po řádném hydrogeologickém průzkumu a hloubení studny se řídí normou ČSN 75 5115. (5)

Jímací objekty jsou rozdělovány podle hloubky, ve které se podzemní voda nachází. Mělké podzemní vody lze jímat horizontálními jímadly a vertikálními jímadly (tzv. kopanými studnami), k získání vody z větší hloubky se pak používají vrtané studny. Různé prameny lze jímat pramennými jímkami nebo zemní nádrží. (6)

Norma ČSN 75 5115 pro individuální zásobování vodou rozlišuje studny šachtové (kopané) a studny trubní (vrtané).

Podle účelu a využití pak na studny veřejné, neveřejné a požární. (5)

2.2 Zřizování studní

Podle vodního zákona č. 254/2001 Sb. je studna stavbou a k budování je třeba povolení příslušného vodohospodářského úřadu. Všechny vrtané studny do hloubky více než 30 m jsou dokonce vedeny jako báňská díla, spadají tedy pod Horní zákon (je třeba povolení báňského úřadu). Po získání povolení je majitel zavázán k udržování studny v takovém stavu, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti osob, majetku a krajiny. (3)

Z ČSN 75 5115 vychází několik základních zásad budování studní pro individuální zásobování pitnou vodou a všichni jsou povinni se jimi řídit:

- Studnu je třeba umístit v prostředí, které není znečištěné a neohrožuje jakost čerpané vody.
- Studna musí být situována a vybudována tak, aby odběrem vody ze studny nebyla omezena vydatnost již existujících jímacích zařízení a nebyla ovlivněna možnost jejich znečištění.
- Musí být zamezeno vniknutí dešťové vody a nečistot do studny vhodnou konstrukcí studny.
- Všechny materiály využitě ke stavbě musí být zdravotně nezávadné a atestované na pitnou vodu.
- Konstruktivním požadavkem je i úprava okolí studny. 2 metry od konstrukce studny musí být vodotěsná úprava povrchu a v ploše do vzdálenosti 10 metrů jsou zakázány činnosti, které by mohly znečišťovat nebo zhoršovat úroveň jakosti podzemní vody. (1)

2.2.1 Vrtané studny

Nejběžnějšími studnami jsou studny vrtané, občas označované jako studny trubní. Je to nejrozšířenější způsob individuálního zásobování podzemní vodou. Vrtaná studna může být hloubena několika způsoby – nejčastěji rotačním nebo nárazovým způsobem. Obvyklým budovaným průměrem je 120 – 160 mm. (5)

2.2.2 Kopané studny

Kopaná studna, občas ještě označována jako studna šachtová, je hloubená studna, která je vyztužena pláštěm ze skruží nebo zdiva. (5)

Nejvíce používaným průměrem pro domácí zásobování podzemní vodou je 1 a 1,5 metru. Studny kopané se budují maximálně do hloubky 15 metrů, proto je v dnešní době odborníci již nedoporučují. Podpovrchová voda již bývá ohrožena znečištěním a náklady pro úpravu vody v pitnou jsou vysoké. Studny jsou často příliš mělké a hladina vody v nich průběžně kolísá.

Tento typ studny je tedy vhodnější spíše pro čerpání užitkové vody. (2)

2.2.3 Horizontální jímadla

Pro jímání podzemní vody je možné vybudovat i jímací zářezy. Nejsou moc spolehlivé, protože s obdobím sucha klesá jejich vydatnost. Jímací zářezy mohou být i nevhodné, jelikož je voda odváděna nepřetržitě. V některých oblastech je ovšem toto jediná možnost zásobení podzemní vodou, kupříkladu v horském terénu. (6)

2.2.4 Jímání pramenů

Pramenní jímky jsou dnes k čerpání pitné vody využívány zcela výjimečně. Jímání pramenů je náročné a jakost vody může značně kolísat. (6)

2.3 Péče o studny

Nezávadná pitná voda je nezbytná pro život, proto je důležité věnovat pozornost hrozícímu zhoršení jakosti podzemní vody. Stav pitné vody je neustále ovlivňován nejrůznějšími látkami v okolí studny, ať už je to vlivem hospodářství, průmyslu nebo úniku odpadu a škodlivin. Absence průběžné kontroly a péče je nejčastějším problémem studní v České republice.

Z Vodního zákona (č.254/2001 Sb.) vyplívá, že majitel studny je povinen každý rok zajistit technickou prohlídku studně (případně odstranit i zjištěné závady) a provést odběr vody a její rozbor. (7)

Tato opatření mohou být ovšem nedostačující. Optimální kontrola stavu jakosti podzemní vody je 2 – 4x ročně a při podezření změny kvality vody.

Podnětem ověření jakosti pitné vody je zejména:

- Oprava či technická závada ve studni - stačí porušení krytu studně
- Náhlá změna zdravotního stavu po užití pitné vody
- Organoleptická změna vody - pach, zákal
- Rizikové činnosti v okolí studny
- Přírodní a klimatické jevy – přívalové deště, tání sněhu či dlouhodobá sucha
- Dlouhodobé problémy s kvalitou vody (7)

Postupem času ve studni vzniká nános usazenin. Čištění studny by měla za všech okolností provádět odborná firma s příslušným technologickým vybavením, to platí i v případě znovuoobnovení studny jako vodního zdroje. Prakticky existují dva typy čištění studní, a to mechanický, při němž se odstraňují usazeniny, a chemický, při kterém dochází k rozpuštění tvrdých

chemických sloučenin a to i v okolí studny. Chemické čištění smí být provedeno pouze chemikáliemi, které splňují atest hlavního hygienika České republiky. (1)

Po každém zásahu do studně je vhodné provést i její dezinfekci. Ta lze provádět fyzikálně (UV-lampy) nebo chemicky. Jako dostupné a vhodné dezinfekce jsou doporučovány přípravky na bázi chlornanu sodného.

V případě mikrobiologické závadnosti vody je dezinfekce bezpodmínečně nutná! (7)

2.4 Jakost podzemní vody

V naší republice je více než 750 tisíc využívaných studní. Odhaduje se, že 70 % jich je „zdravotně rizikových“, to znamená, že nejméně v jednom ukazateli nevyhovují hygienickým požadavkům. To je pochopitelně zapříčiněno hnojením polí, kyselými dešti a nakládáním s odpady.

Chemické složení vody je ovlivněno jak činností člověka, tak i faktory hydrogeologickými a klimatickými, fyzikálně – chemickými a biochemickými.

O výskytu a životě organismů v podzemní vodě rozhoduje především teplota a koncentrace kyslíku. S hlubší vodou klesá obsah rozpuštěného kyslíku a živin, které mikroorganismy potřebují pro život. Z toho plyne, že z čím větší hloubky podzemní vodu jímáme, tím vyšší je její jakost. Znečišťující látky se totiž se srážkovou vodou vsakují do podpovrchové vody. (8)

Vyhláškou Ministerstva zemědělství č.146/2004 Sb. jsou formulovány požadavky na hodnoty ukazatelů jakosti podzemní vody a následně jsou rozděleny do tří kategorií podle náročnosti její úpravy ve vodu pitnou:

- 1. kategorie: podzemní voda nevyžadující žádné zvláštní úpravy kromě dezinfekce, nebo voda vyžadující pouze mechanické odkyselení
- 2. kategorie: podzemní vody vyžadující úpravu – velmi měkké vody, vody obsahující železo nad hranici 0,3 mg/l anebo mangan nad hranici 0,1 mg/l, vody obsahující dusitany anebo amonné ionty a tvrdé vody od 3,55 do 8,90 mmol/l
- 3. Kategorie: vody tvrdší než 8,90 mmol/l a vody s vyšším obsahem jiných ukazatelů než je jejich NMH jsou nevhodné (33)

Parametrů, které mohou ohrozit zdraví, je plno. Je to především vysoký obsah dusitanů, dusičnanů, fluoridů a těžkých kovů, ropných látek a pesticidů. V případě mikrobiálního rozboru vody se jedná o obsah fekálního znečištění.

Před ověřením jakosti podzemní vody pro pitné účely je vhodné konzultovat rozsah rozboru vody s tamějším hydrogeologem a hygienikem. (1)

Znečištění vody se může projevit změnou fyzikálních vlastností, změnou chemického složení nebo změnou biologického oživení (namnožení virů a mikroorganismů) a lze rozdělit do tří základních skupin:

- *Znečištění zdrojové (zastaralé bodové)* je obvykle možno jednoduše zachytit a ihned odstranit. Zdrojem tohoto znečištění jsou většinou odpady.
- Pro *znečištění plošné* je charakteristické zatížené životní prostředí. Hlavními spouštěči bývají průmyslová hnojiva a vliv dopravy. Pro opětovné zlepšení kvality vody je nezbytné odstranit původní zdroj znečištění.
- *Havarijní znečištění* je nejčastěji způsobeno únikem závadných látek do prostředí a následným vsáknutím do podpovrchové vody. Je nezbytné co nejrychleji zamezit dalšímu unikání škodlivin a ihned kontaktovat příslušný hydrologický ústav – v ČR to jsou *Vodní zdroje Praha*.

V případě plošného a havarijního znečištění jsou asanace (podmínky znovuoobnovení životního prostředí) velmi náročné, proto je základem prevence, aby ke znečišťování vůbec nedošlo. (9)

2.4.1 Pitná voda

Pitná voda je nezbytná pro všechny živé organismy.

Pitná voda je zdravotně nezávadná, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním působením zdraví fyzických osob a jejich potomstva, jejíž smyslově postižitelní vlastnosti a jakost nebrání jejímu požívání a užívání pro hygienické potřeby fyzických osob. (10)

Pitná voda by tedy neměla obsahovat toxické, radioaktivní či biologicky aktivní látky v množství, které by mohlo i po dlouhé době organismus jakkoli poškodit. Hygienické požadavky na pitnou vodu, četnost a rozsah jejích kontrol stanovuje *Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb.* Tato vyhláška je harmonizovaná se *Směrnicí Evropské unie 98/83/EC* o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu a také s doporučením Světové zdravotnické organizace. (11) (12)

Jsou tedy stanoveny ukazatele, podle kterých se posuzuje kvalita pitné vody:

nejvyšší mezí hodnota (NMH) = hodnota ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku překročení je vyloučeno použít vodu jako pitnou, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví jinak.

mezí hodnota (MH) = hodnota organoleptického ukazatele jakosti pitné vody, jejích přirozených součástí nebo provozních parametrů, jejíž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko. Není-li u ukazatele uvedeno jinak, jde o

horní hranici rozmezí přípustných hodnot.

doporučená hodnota (DH) = nezávazná hodnota ukazatele jakosti pitné vody, která stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky, nebo optimální rozmezí koncentrace této látky.

Rozbor vody je rozlišován na krácený a úplný rozbor.

Krácený rozbor získává pravidelné informace o stabilitě vodního zdroje a účinnosti úprav vody a zjišťuje, zda jsou dodržovány hygienické limity. Krácený rozbor se skládá z vybraných 23 ukazatelů a provádí se v pravidelných intervalech. Je často využíván majiteli individuálních studní, jeho cena je do 1 000 Kč.

Úplný rozbor se provádí při uvedení do provozu nových zdrojů vody, nebo po jejich delší odstávce, či po haváriích, kdy mohla být ovlivněna jakost pitné vody. Úplný rozbor získává informace o všech ukazatelích stanovených Vyhláškou 252/2004 Sb. Obsahuje tedy 52 fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů a 10 mikrobiologických.

Překročení výše uvedených hodnot vylučuje použití vody jako pitné, nicméně může být využita jako voda užitková.

Kontrola kvality pitné vody je důležitý úkol, který spočívá v propojení nejrůznějších oborů zdravotnictví a vědy.

2.4.2 Kontrola kvality vody

Ke zjištění charakteru a konkrétního složení vody slouží laboratorní rozbor. Je výstupní informací fyzikálně - chemického a mikrobiologického hodnocení vody.

Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanovuje hygienické limity mezních hodnot a pokud je některý z ukazatelů nesplňuje, nesmí být voda použita jako pitná. (11) Následuje

úprava vody nebo vyčištění studny a po určité době (ve většině případů se doporučují 2 týdny) zopakování kontroly kvality vody.

Rozbor pitné vody smí být proveden pouze v laboratoři akreditované Českým institutem pro akreditaci dle normy dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005. (13)

Chemicko – fyzikální rozbor vody

Při prvním rozboru pitné vody, nebo po delším odstavení studny, je vhodné nechat udělat rozbor co nejpodrobnější. Je důležité si uvědomit, že i stopové množství těžkých kovů nebo specifických organických látek, jako jsou rozpouštědla nebo pesticidy, může mít zásadní dopad na lidské zdraví. Zvýšený obsah nežádoucích látek v podzemní vodě nemusí být vždy produktem lidské činnosti, ale může souviset i s geologickým podložím. V takovém případě je vhodné kontaktovat odborného pracovníka působícího v místním zdravotním ústavu či na hygienické stanici. Tito odborníci mají přehled o vlivu lidské činnosti na podloží a vedou průběžné záznamy o kvalitě vody v oblasti. (7)

Při pravidelném rozboru vody je pak dostačující vyhodnocení několika základních ukazatelů, které v další části rozvádím podrobněji.

Během chemického stanovení vody je využíváno chemicko-fyzikálních metod. Opět jsou zde vyhláškou stanoveny mezní hodnoty pro jednotlivé ukazatele. Rozbor je proveden dle standardních operačních postupů jednotlivých laboratoří, musí ovšem vyhovovat daným normám. V současné době je již většina metod prováděna instrumentálně, tedy zejména spektrofotometricky, turbidimetricky nebo chromatografickými metodami.

- Absorpční atomová spektrofotometrie

Principem atomové absorpční spektrofotometrie je absorpce záření rezonanční spektrální čáry volnými atomy měřeného prvku v základním energetickém stavu. Vztah mezi absorbancí a koncentrací stanovovaného prvku vyjadřuje Lambert-Beerův zákon.

AAS je běžná optická metoda, kterou probíhá stanovení kovů i některých nekovů. (14)

- Turbidimetrie

Principem turbidimetrie je sledování rozptylu světla suspendovanými částicemi. Prakticky je měřena intenzita záření, které prošlo roztokem. Tato analytická metoda slouží ke stanovení malých částic v kapalině nebo v plynu. Je tedy vhodná pro sledování znečištění vod. (14)

Přítomnost chemických látek ve vodě má vliv na její kvalitu – změna pachu, chuti, zákalu, dokonce se mohou projevit na zdravotní nezávadnosti vody. Chemicko - fyzikální parametry jako pH, konduktivita a tvrdost vody se tedy během určování kvality vody snoubí se stanovením chloru, sodíku, draslíku, sloučenin dusíku aj.

Chemicko – fyzikální hodnocení kvality vody je vázané na místo odběru a jeho výhodou je objektivní posouzení ukazatelů jakosti vody. Data získaná laboratorními rozbory jsou potřebná pro hodnocení vlastností pitné vody a případné zhodnocení míry znečištění. (15)

Konduktivita (měrná vodivost)

Běžnou součástí fyzikálně - chemických rozborů kvality vody je stanovení měrné vodivosti (dříve také „*elektrolytické vodivosti*“). Jedná se o odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace ve vodách. Je to tedy nepřímé vyjádření obsahu solí ve vodě. (16)

Konduktivita je závislá na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti, viskozitě roztoku a teplotě. To znamená, že vzrůst nebo pokles teploty o 1 °C může způsobit změnu konduktivity o 2 %. Velký důraz je tedy kladen na temperování vzorku.

Jelikož lze měřit měrnou vodivost snadno a kontinuálně, podává okamžitou představu o časových změnách koncentrací rozpuštěných látek ve vodě, což má velký význam při průběžné kontrole jakosti vody. (17)

Limitní hodnota konduktivity pro pitnou vodu dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. pitné vody je 125 mS/m, což odpovídá obsahu rozpuštěných látek asi 1000 mg/l. Optimální obsah pro lidský organismus je ovšem 200 – 400 mg/l rozpuštěných látek.

Pitné vody s obsahem mineralizací více než 1000 mg/l jsou považovány za minerální a jsou nevhodné pro stálé užívání. V závislosti na složení může mít i vliv na chuť vody. (7)

Podstatou stanovení konduktivity je měření elektrického odporu vrstvy vzorku dvěma platinovými elektrodami dle normy ČSN EN 27888 (75 7344). Měření je prováděno konduktometrem.

Vápník a hořčík (Σ Ca + Mg)

Společná koncentrace vápníku a hořčíku byla dříve označována jako „*tvrdost vody*“, dnes už jsou ovšem vyvráceny společné chemické a biologické vlastnosti těchto dvou prvků. (17)

Obsah vápníku a hořčíku je z hygienického hlediska nevýznamný, má ale příznivý vliv na srdečně-cévní systém.

Tvrdá voda má vysoký obsah hydrogenuhličitanů. Ty se při zahřívání srážejí a usazují na stěnách potrubí jako uhličitán vápenatý a známe je jako vodní kámen.

Ve tvrdé vodě se hůře rozpouští mýdlo. Tyto jevy ovšem ze zdravotního hlediska nepředstavují žádné riziko. (7)

Doporučená hodnota je stanovena na rozmezí 2 -3,5 mg/l. (7)

Tabulka 1 - Stupnice tvrdosti vody:

Pitná voda	mmol/l
velmi tvrdá	> 3,76
tvrdá	2,51 - 3,75
středně tvrdá	1,26 - 2,5
měkká	0,7 - 1,25
velmi měkká	< 0,7

Hodnocení sumy vápníku a hořčíku se provádí odměrnou metodu s použitím kyseliny ethylendiamintetraoctové (EDTA) ke stanovení koncentrací Ca a Mg v podzemní, povrchové, minerální a pitné vodě a vodném výluhu dle normy ČSN ISO 6058. (18)

Celková tvrdost se stanovuje komplexometrickou titrací vápníku a hořčíku vodným roztokem disodné soli EDTA při pH 10. Indikátorem je sodná sůl eriochromčerně T, která v přítomnosti vápenatých a hořečnatých iontů dává vínově červené nebo fialové zbarvení. Během titrace reaguje EDTA nejprve s volnými ionty vápníku a hořčíku, a potom, v bodě ekvivalence, s ionty vápníku a hořčíku vázanými indikátorem. Po tomto uvolnění indikátoru dochází k barevným změnám. (32)

Pokud byl stanoven pouze vápník, je možno získat koncentraci hořčíku dopočtem. (18)

pH

Podle Brönstedovy teorie kyselin a zásad se roztoky, které vodíkový ion mohou uvolňovat, považují za kyseliny, naopak roztoky, které vodíkový mohou vázat, za zásady. Hodnoty pH jsou v rozmezí 0 – 14. Tedy roztoky s pH nižším než 7 jsou kyselé a roztoky s pH vyšším než 7 jsou zásadité. (17)

pH je záporná hodnota dekadického logaritmu číselné hodnoty aktivity vodíkových iontů vyjádřené v molech na litr. V důsledku interakcí iontů je aktivita vodíkových iontů poněkud menší než jejich koncentrace. (19)

Stanovení hodnoty pH patří do naprostého základu laboratorního rozboru pitné vody, jelikož pH přímo ovlivňuje velké množství chemických a biochemických reakcí. (17)

Se změnou pH, se mění i základní vlastnosti vody. pH vody je také úzce spjata s tvrdostí vody. Měkké vody bývají kyselé, mají nízké pH. Tvrdé vody obsahují více rozpuštěných látek a mají až zásadité pH. (7)

Limitní hodnota konduktivity pro pitnou vodu dle vyhlášky 252/2004 v pl. znění pitné vody je 6,5 – 9,5 pH, ale optimální je neutrální rozmezí 6 – 8 pH. S výjimkou extrémních hodnot nemá pH přímý zdravotní význam. (11)

Vysoké pH může dát vodě nepříjemnou chuť. (7)

pH se stanovuje potenciometricky, jak udává norma ČSN ISO 10523 (75 7365). Probíhá měření rozdílu potenciálů dvou elektrod ponořených do měřeného vodného vzorku. Jedna elektroda je referenční, se stálým potenciálem, k ní je vztahován potenciál druhé elektrody měrné. Měření je ovlivněno teplotou, některými plyny a organickými látkami. (32)

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK-Mn, dříve oxidovatelnost)

Chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným je nespécifické stanovení odhadující organické znečištění pitných a přírodních vod. Je to množství kyslíku, které se za určitých podmínek spotřebuje na oxidaci ve vodě přítomných organických látek. Oxidačním činidlem může být i dichroman draselný v případě silně znečištěných odpadních vod. (8)

CHSK-Mn poukazuje na znečištění pitné vody organickými látkami živočišného nebo rostlinného původu. Organické látky mohou mít, kromě zhoršení fyzikálních vlastností vody, i karcinogenní a mutagenní účinky. (17)

Principem stanovení CHSK-Mn je titrace. Metoda je založena na oxidaci organických látek manganistanem draselným v kyselém prostředí (kyselina sírová) při zahřívání ve vroucí vodní lázni. Oxidace probíhá za přebytku manganistanu (minimálně 40%). Úbytek manganistanu, tj. množství spotřebované na oxidaci organických látek, se zjistí odměrným manganometrickým stanovením - po ukončení oxidace se do reakčního roztoku přidá známé množství standardního odměrného roztoku šfavelanu sodného, který se manganistanem draselným zpětně titruje. (32)

Limitní hodnota chemické spotřeby kyslíku pro pitnou jsou 3mg/l. (11)

Amonné ionty (NH_4^+)

Amoniakální dusík je jedním z primárních produktů rozkladu organických dusíkatých látek (hlavně proteinů, močoviny a dusíkatých hnojiv), je tedy ukazatelem možného fekálního znečištění vody. Poměr disociovaných iontů NH_4^+ a nedisociovaných NH_3 závisí na teplotě a pH vody. (17)

Amonné ionty se stanovují spektrofotometricky. Reagují v alkalickém prostředí s chlornanem sodným za vzniku monochloraminu. Ten v reakci s thymolem tvoří indofenolovou modř, která je vhodná k fotometrickému stanovení. (32)

Dusičnany (NO_3^-)

Dusičnany jsou konečným produktem rozkladu organicky vázaného dusíku. Vyskytují se ve všech podzemních vodách vlivem hnojiv a únikem odpadních vod. Dusičnany jsou samy o sobě pro člověka minimálně škodlivé. Problém nastává v trávicím traktu, kde se redukují na dusitany. Ohroženi jsou především novorozenci onemocněním methemoglobinémií, kdy dusitany reagují v krvi s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu, který už nemá schopnost v krvi přenášet kyslík. Dusitanové ionty mohou být také příčinou vzniku karcinogenních nitrosoaminů. (9)

Limitní hodnota dusičnanů v pitné vodě je 50 mg/l pro dospělého člověka, pro kojence jsou ovšem doporučeny hodnoty pouze do 10mg/l. (7)

Stanovení dusičnanů se provádí spektrofotometricky a je založeno na jejich reakci se salicylanem sodným v prostředí koncentrované kyseliny sírové. Po alkalizaci vzniká žlutě zbarvená sůl nitrosalicylové kyseliny, ta je následně vhodná pro fotometrické měření. Měřená absorbance je přímo úměrná koncentraci dusičnanů ve vzorku. (32)

Novou metodou stanovení dusičnanů a dusitanů je amperometrická metoda, která nevyužívá karcinogenní činidla. (20)

Dusitany (NO_2^-)

Dusitany se vyskytují v nízkých koncentracích, vznikají totiž jako meziprodukty při biochemické oxidaci amoniakálního dusíku (nitrifikaci) nebo redukcí dusičnanů. Všechny sloučeniny dusíku se vyskytují výhradně pospolu. (17)

Dusitany mají stejný původ i zdravotní rizika jako výše uvedené dusičnany.(7)

Stanovení dusitanů probíhá opět spektrofotometricky. Reagují v přítomnosti kyseliny fosforečné při hodnotě pH 1,9 s amidem kyseliny sulfanilové za vzniku diazoniové soli. Tato sůl tvoří s dihydrochloridem N-(1-naftyl)-1,2diaminoethanu růžové zbarvení. (32)

Chloridy (Cl⁻)

Chloridy jsou běžnou součástí přírodních vod. V pitné vodě prakticky nejsou škodlivé, ovlivňují chuť vody. Bývají také spojovány s vyšším obsahem sodíku, ten může vést ke zvýšení krevního tlaku.

Základní mezní hodnota obsahu chloridů je 100mg/l, ovšem pokud je jejich obsah zvýšen vlivem geologického podloží, je možné toleranci posunout až na 250mg/l. (17)

Obsah chloridů se stanovuje titračně. Odměrným roztokem dusičnanu stříbrného probíhá titrace za vzniku málo rozpustného chloridu stříbrného. Konec titrace je indikován chromanem draselným, který tvoří s ionty Ag⁺ sraženinu chromanu stříbrného. Sraženina chloridu stříbrného je bílá, sraženina chromanu stříbrného je červenohnědá. (32)

Pro kvantitativní stanovení chloridů se využívá potenciometrie, v praxi to znamená použití iontově selektivní elektrody (ISE). (17)

Sírany (SO₄²⁻)

Sírany jsou přirozeně se vyskytující součástí podzemních vod. Nemají žádný hygienický význam, ve vyšší koncentraci mohou pouze ovlivnit chuť vody. Koncentrace síranů se odvíjí od geologického podloží, jejich mezní hodnota je 250 mg/l. (17)

Zákal

Zákal lze definovat jako snížení průhlednosti (transparence) vody nerozpuštěnými koloidními látkami jako je pyl a prach nebo mikroskopické organismy.

Podzemní vody bývají zakaleny ovšem jen zřídka, a to převážně anorganickými látkami. (17)

Náhlá silná změna zákalu je prvotním signálem kontaminace povrchovou vodou.

Zákal se stanovuje turbidimetricky (měření útlumu zářivého toku procházejícího kapalinou) nebo nefelometricky (měření intenzity rozptýleného záření). (32)

Barva

Barva je významným ukazatelem jakosti vody spíše pro běžného spotřebitele. Zabarvení ovlivňují organické látky, sloučeniny kovů a vzácně třeba částice planktonu či nerozpuštěných látek. (7)

Pitná voda má být bezbarvá.

Mezní hodnota barvy pitné vody je 20mg/l Pt stupnice.

Průměrná hodnota barvy pitných vod v ČR asi 4 mg/l Pt stupnice. (17)

Stanovení barvy vody je prováděno spektrofotometricky dle normy ČSN EN ISO 7887. (32)

Intenzita zbarvení vzorku vody je charakterizována absorpcí světla měřenou při vlnové délce maximální absorpce. Přírodní vody se měří při vlnové délce 436 nm proti opticky čisté vodě a výsledky se uvádějí jako hodnoty spektrálního absorpčního koeficientu $\alpha(436)$, což je absorbance vztažená na jednotkovou délku [m-1]. (32)

Barva často závisí na teplotě a hodnotě pH.

Mikrobiologický rozbor vody

Voda je domovem velkého množství organismů, které mohou především pozitivně i negativně působit na její kvalitu. Zastoupení a množství mikroorganismů ve vodě je závislé na mnoha faktorech prostředí. Mikrobiologický rozbor vody umožňuje získat vyhodnocení hygienické hodnoty vody.

V současnosti se při mikrobiologickém rozboru pitné vody stanovují tzv. *indikátorů fekálního znečištění*, poněvadž udává přesný přehled o bakteriích žijících ve střevním traktu člověka. Stanovují se především E.coli, Koliformní bakterie a enterokoky.

Dále se vyšetřují *indikátory obecné kontaminace*, kdy se stanovuje počet kolonií rostoucích při 22°C a při 36°C, a *Clostridium perfringens* poukazující na znečištění parazity. (7)

V pitné vodě je také mikroskopicky posuzován výskyt živých i mrtvých organismů, jako jsou prvoci, řasy a sinice.

Mikrobiologický rozbor je nezbytnou součástí stanovení jakosti pitné vody, jelikož jakákoli kontaminace může ohrozit zdraví uživatele, nebo dokonce vyvolat epidemii.

Indikátory fekálního znečištění

Stanovení indikátorů fekálního znečištění dle směrnic WHO probíhá ve všech vyspělých zemích jakožto ověření nezávadnosti pitné vody. Detekce těchto mikroorganismů má nezastupitelný význam v hygieně a veřejném lékařství, jelikož u člověka jsou schopny vyvolat závažná onemocnění. Potvrzení patogenních bakterií znamená, že voda byla v kontaktu s lidskými nebo zvířecími fekáliemi anebo se zemědělsky znečištěným prostředím. Následně je prohlášena za nevhodnou k užívání.

- Koliformní bakterie

Koliformní bakterie jsou mikroorganismy z čeledi *Enterobacteriaceae*.

Bakterie jsou tyčinkovité, gramnegativní a nevytváří spory. Do této skupiny se řadí rody *Escherichia*, *Citrobacter*, *Clebsiella* a *Enterobacter*. (21)

Tyto druhy jsou obvykle neškodné a osídlují střevní trakt, ale běžně se vyskytují i v půdě. Jejich nález tedy indikuje nedostatečnou úpravu vody nebo sekundární fekální kontaminaci.

Nejvyšší mezní hodnota je 0 KTJ/100 ml. (11)

(KTJ = kolonii tvořící jednotka)

- Escherichia coli (E.coli)

E.coli patří sice do skupiny koliformních bakterií, stanovuje se ale zvlášť, jelikož produkuje i další enzym β -D-glukuronidázu. Představuje hlavní indikátor fekálního znečištění, protože její podíl ve znečištěných vodách je až 60% celkově izolovaných bakterií. (21)

Escherichia je tyčinkovitá bakterie s bičíkem a je nezbytnou součástí střevní mikroflóry.

Nález je vždy patogenní, její nejvyšší mezní hodnota je tedy také 0 KTJ/100 ml. (11)

Stanovení koliformních bakterií a Escherichia coli kultivačně a vychází z normy ČSN EN ISO 9308-1. (32)

Vzorek vody se filtruje přes membránový filtr, který se pak přenesse na plotnu s chromogenním médiem nebo se provede přímý výsev vzorku na stejnou půdu. Kultivuje se při $36 \pm 2^\circ\text{C}$ po dobu 21 ± 3 hodin.

Koliformní bakterie (β -D-galaktosidáza pozitivní kolonie) jsou růžové až červené kolonie s negativním oxidázovým testem.

E.coli (β -D-galaktosidáza a β -D-glukuronidáza pozitivní kolonie) jsou tmavě modré až fialové kolonie.

Celkový počet koliformních bakterií je součet oxidáza negativních kolonií s růžovou až červenou barvou a všech tmavě modrých až fialových kolonií.

(32)

- Enterokoky

Enterokoky se stanovují jako doprovodný indikátor fekálního kontaminace, upozorňují na čerstvé znečištění. Jsou to fakultativně anaerobní diplokoci. Vyznačují se odolností vůči vyšším teplotám a antibiotikům.

Enterokoky mohou být příčinou meningitid, zánětů močových a žlučových cest a infekčních endokarditid. (22)

Pro všechny výše uvedené mikroorganismy je platná limitní hodnota 0 KTJ/ 100 ml. (11)

Indikátory obecné kontaminace

Životaschopné organismy jsou všechny aerobní bakterie, kvasinky a mikromycety, které jsou schopné tvořit kolonie na specifickém kultivačním médiu za předem daných podmínek. V Laboratorních podmínkách jsou schopné růstu při teplotách buď 22°C nebo 37°C, stanovují se tedy při každé teplotě zvlášť. (23)

V případě pitné vody jsou tato stanovení posouzením její jakosti v průběhu jednotlivých fází úpravy vody. Tyto bakterie ovlivňují barvu, pach a zákal vody.

Jsou to mikroorganismy získávající živiny pouze z organických látek. Řadíme sem *Pseudomonas aeruginosa*, kvasinky, gramnegativní nefermentující tyčinky a sporulující bakterie. (7)

- Stanovení kultivovatelných mikroorganismů při 22°C

Podstatou zkoušky je kultivace vzorku na agaru a následná inkubace v termostatu při 22°C po dobu 72 hodin. Vyhodnocuje se počet vyrostlých kolonií na kultivační půdě.

Tyto mikroorganismy nemají zvláštní hygienický význam, jejich NMH je 500 KTJ/ml. (21)

- Stanovení kultivovatelných mikroorganismů při 36°C

Pracovní postup je shodný se stanovením předchozího ukazatele. Rozdíl je pouze ve vyšší teplotě (36°C) a době kultivace (48 hodin). (21)

Teplota pro jejich optimální růst poukazuje na návaznost na teplokrevné organismy, proto je dána přísnější hygienická limitní hodnota a to 100KTJ/ml. (11)

Hygienicky významné mikroorganismy

Přítomnost následujících organismů v pitné vodě může způsobovat hrubé závady hygienického či epidemiologického charakteru. Jejich stanovení není součástí rutinních rozborů, provádí při podezření na kontaminaci těmito organismy, jelikož jsou pro člověka silně patogenní. (21)

- Streptokoky

Grampozitivní koky tvořící dlouhé řetízky se dělí do dvou skupin a to α -hemolytické a β -hemolytické. Právě druhá skupina je pro člověka epidemiologicky významná. Jsou to původci angín, spály, hnisavých a kožních onemocnění. (22)

Stanovení se provádí metodou membránové filtrace. (32)

- Legionely

Legionella je rod gramnegativních mikroorganismů a může se vyskytovat v povrchové a vodovodní vodě. U člověka jsou původci pneumonií. (21)

- Salmonely

Salmonely jsou gramnegativní bakterie čeledi *Enterobacteriaceae* a jsou častým původcem alimentární nákaz.

Salmonella Typhi způsobuje horečnaté onemocnění břišní tyfus. Typickým epidemiologickým ukazatelem je *Salmonella typhimurium* vyvolávající náhlé obtíže trávicího traktu.(24)

Stanovení se řídí zásadami technické normy vodního hospodářství TNV 75 7855. (24)

- Shigely

Shigella je nepohyblivá gramnegativní bakterie a způsobuje vysoce nakažlivou bacilární úplavici spojenou s dehydratací. (25)

- Vibria

Vibria jsou bičíkaté gramnegativní tyčky a mohou způsobovat průjmová onemocnění a infekce otevřených ran. Důležitým zástupcem je *Vibrio cholerae*, původce cholery. (25)

- Cryptosporidium a Giardia

Jsou to prvoci, jejichž vysoce odolná oocysta se vyskytuje v povrchových vodách a je odolná i vůči většině chemických dezinfekcí. Způsobují průjmovitá onemocnění a jsou nejčastější příčinou epidemií z pitné vody v USA a Velké Británii. (21)

Clostridium perfringens

Klostridia jsou anaerobní organismy tvořící spory. Při mikrobiologickém rozboru vody mají zvláštní hygienický význam, jsou rezistentní na chlor, indikují tedy nedostatečnou dezinfekci vody. Spory se v pitné vodě vyskytují v případě, že přišla do kontaktu s exkrementy nebo odpadní vodou. (21)

Stanovení počtu *Clostridium perfringens* se provádí kultivačně a je založeno na filtraci vzorku vody přes membránový filtr s vyhovující velikostí pórů (0,2 µm) k zachycení bakterií včetně jejich spor. Filtr se pokládá na povrch selektivního kultivačního média, kultivuje se za anaerobních podmínek.

Počet *Clostridium perfringens* v určeném objemu vzorku se stanoví na základě počtu confirmovaných kolonií vyrostlých na filtru na půdě m-CP agaru. (32)

V přítomnosti *Clostridia perfringens* ve vzorku vody se dále provádí vyšetření na přítomnost parazitů způsobující průjmová onemocnění. (22)

Stanovení mikroskopického obrazu

Bioseston

Stanovení souboru živých i mrtvých mikroskopických organismů ve vodě, především řas a sinic, je důležitým ukazatelem samočisticích procesů ve stojaté i tekoucí vodě.

Metoda je založena na zahuštění organismů biosestonu odstředěním nebo filtrací určitého objemu vzorku vody a jejich kvalitativním a kvantitativním stanovením. (26)

Abioseston

Jsou to neživé částice anorganického původu i zbytky těl organického původu (produkty metabolismu bakterií, prázdné schránky rozsivek, pylová a škrobová zrna, zbytky rostlinných pletiv apod.) vyjádřené v procentu pokryvnosti zorného pole po definovaném zahuštění vzorku vody.

Identifikace neživých částic pomáhá určit původ zdrojů znečištění a zátěže nejrůznějšího druhu. (27)

Jedním z mimořádných epidemiologických opatření může být i zákaz používání vod ze studní a vydává jej orgán ochrany veřejného zdraví. Tato opatření jsou však až sekundární, především zabraňující dalšímu šíření nákazy. Primárním opatřením je stále průběžná preventivní kontrola, která brání vstupu infekčních agens do pitné vody. (7)

3 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části této bakalářské práce je podat přehled základních ukazatelů kvality pitné vody během jejího rozboru. K tomu je připojen princip jejich stanovení a možná zdravotní rizika spojená s nevyhovujícími hodnotami ukazatele.

Praktická část je zaměřena na zpracování provedených rozborů odběrů ze soukromých studní ve Středočeském kraji. Na základě výsledků je provedeno porovnání vývoje jakosti vody v letech 2014 -2017 z hlediska chemického i mikrobiologického. Vhodnost využitých ukazatelů je propojena se zjištěními výsledky monitoringu. Naměřené výsledky odběrů studniční vody jsou srovnány s výsledky národního průzkumu veřejného zásobování vodovodní sítí.

Praktická část probíhá ve spolupráci s hygienickou laboratoří Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem na pracovišti v Kladně.

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Monitoring pitné vody

Systematický monitoring pitné vody je v České republice veden od roku 1991 a zahrnuje prakticky všechny vodovody v ČR a veřejné a komerční studně. Nezahrnují se ovšem do průzkumu malé zdroje pitné vody – soukromé studny. Do roku 2003 se vyhodnocování provádělo dle krajů a okresů. Celorepubliková data ze všech zdrojů pitné vody se zpracovávají až od roku 2004, od uvedení systému PiVo do provozu. (30) (31)

Monitoring jakosti podzemních vod zabezpečuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). (30)

IS PiVo

Informační systém PiVo (zkratka slov pitná voda) byl založen hygienickou službou ke sledování kvality vody v České republice. Jeho spuštění proběhlo v roce 2004. Všichni provozovatelé vodovodního zásobování jsou ze zákona povinni zajistit pravidelné rozbory vzorků vody a laboratorní výsledky poskytovat příslušným krajským hygienickým stanicím. Všechna získaná data jsou pak vkládána do IS PiVo a výsledky jsou následně poskytovány elektronicky v jasně definovaných a popsanych tvarech. (31)

„Systém slouží hygienické službě ke zpracování výstupů, k posouzení kvality vody a k případnému rozhodnutí o nutných opatřeních vedoucích ke zlepšení kvality vody. Předmětem monitorování jsou vody pitné (veřejné vodovody, veřejné studny, komerční studny) a vody rekreační (koupaliště umělá i ve volné přírodě, povrchové vody využívané ke koupání, bazény saun a další).“ (31)

Registr a monitoring pitné vody je provozován na základě legislativních předpisů, především zákonu č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví, zákonu č. 254/2001 Sb. o vodách a pochopitelně vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Vloženy do systému mohou být pouze rozborů provedené v akreditovaných laboratořích.

4.2 Sběr dat

V praktické části bakalářské práce jsou sledována data rozborů pitné vody ze soukromých studní ve Středočeském kraji, definovaných jako malý nedezinfikovaný zdroj, produkující méně než 5 m³ vody za den.

Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem mi poskytl anonymní data z rozborů pitné vody ze soukromých studní za roky 2014, 2015, 2016 a první čtyři měsíce roku 2017.

Základem všech vyšetření vody je krácený rozbor, další ukazatele na přání zákazníka. Pro sledování jsem si zvolila významné ukazatele jakosti pitné vody.

4.3 Odběr a zpracování materiálu

Správný postup odběru reprezentativního vzorku pitné vody je nezbytný pro přesné laboratorní stanovení sledovaných ukazatelů. Odběr lze provést přímým náběrem do vzorkovnice nebo pomocí objemového vzorkovače. Součástí je i zaznamenání místa a času odběru.

Postup odběru vzorků ze studny:

- a. Studna s čerpadlem, výtokovou armaturou – je nutné odstranit veškeré doplňky a mechanicky očistit výtokovou část od usazenin, odebereme vzorek středního proudu a zaznameneáme teplotu
- b. Studna s náběrem - pomocí sterilních rukavic nebo teleskopickou odběrovou tyčí s nástavcem odebereme vodu do vzorkovnice

V případě odběru vzorku ze studny je nejprve odebrán vzorek pro mikrobiologický rozbor, poté následuje odběr pro fyzikálně-chemický rozbor.

Vzorkovnice (nádoba, ve které je vzorek dopraven do laboratoře) pro **mikrobiologický rozbor** se neproplachuje a plní se pouze ze 4/5 objemu. Během odběru není možno dotýkat se hrdla lahve ani zátky v té části, která přijde do styku s hrdlem vzorkovnice. Hrozí nebezpečí sekundární kontaminace vzorku. Zátka je chráněna hliníkovou fólií. (34)

Pro **fyzikálně-chemický rozbor** je nutné vzorkovnici důkladně propláchnout vzorkovanou vodou a naplnit až po okraj. Naplněnou nádobu bezpečně uzavřít a zkontrolovat, zda se v ní nenacházejí vzduchové bubliny.

V průběhu odběru vzorku je důležité zabránit kontaminaci nebo znehodnocení vzorku. Mezi **rušivé vlivy** patří znečištění vzorkovnice, změna teploty, dlouhá doba do laboratorního zpracování a pochopitelně odchýlení se od správného postupu odběru.

Zakončením odběru vzorku pitné vody je identifikační označení vzorku (např. lihovým fixem nebo štítkem) a vyplnění protokolu o odběru a transportu vzorku vody. Vzorky jsou následně transportovány do laboratorních zařízení v termo boxech o teplotě 2 – 5 °C. (34)

Dle Výročních zpráv SZÚ si odebírá a dodává vzorek vody pro ověření jakosti zhruba 95% soukromých uživatelů, pouze 5% odběrů je provedeno hygienickou

službou. V případě odběru uživatelem je součástí rozboru i Protokol o převzetí vzorku vody v laboratoři, v případě odběru hygienickou službou, popř. akreditovanou laboratoří je součástí rozboru Protokol o odběru vzorku.

4.4 Zpracování dat

Zdravotní ústav v Kladně mi poskytl data rozborů studniční vody ze Středočeského kraje. Jelikož naměřených hodnot je opravdu mnoho a rozsahy stanovení nejsou u všech vzorků stejné, bylo třeba data pečlivě uspořádat.

Nejprve jsem k ukazatelům kráceného rozboru přiřadila odpovídající naměřené hodnoty a provedla součet kolikrát byl ukazatel stanovován v příslušném roce. Ze všech měřených hodnot jsem pak pomocí vzorců v programu Excel vyznačila hodnoty neodpovídající požadavkům vyhlášky č. 252/2004 Sb. a vyjádřila procentuální zastoupení nevyhovujících vzorků vody.

Dále jsem provedla pro jednotlivé ukazatele porovnání jejich vývoje v rámci uplynulých tří let.

Posledním bodem je porovnání provedených rozborů ve Středočeském kraji s celorepublikovým průzkumem dle výročních zpráv Státního zdravotního ústavu.

5 VÝSLEDKY

Všechny získané hodnoty byly vyhodnocovány dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanovují hygienické požadavky na pitnou vodu:

Tabulka 2 - Mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity (vyhláška č. 252/2004 Sb. v platném znění)

A. Mikrobiologické a biologické ukazatele

ukazatel	jednotka	limit	typ limitu
Clostridium perfringens	KTJ/100 ml	0	MH
Intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH
	KTJ/250 ml	0	NMH
Escherichia coli	KTJ/100 ml	0	NMH
	KTJ/250 ml	0	NMH
koliformní bakterie	KTJ/100 ml	0	MH
	KTJ/250 ml	0	MH
mikroskopický obraz - abioseston	%	10	MH
mikroskopický obraz - počet organismů	jedinci/ml	50	MH
mikroskopický obraz - živé organismy	jedinci/ml	0	MH
počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH
	KTJ/ml	200	DH
	KTJ/ml	100	NMH
počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH
	KTJ/ml	40	DH
	KTJ/ml	20	NMH
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KTJ/250 ml	0	NMH

B. Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele

.	ukazatel	symbol	jednotka	limit	typ limitu
1	1,2-dichlorethan		µg/l	3,0	NMH
2	akrylamid		µg/l	0,1	NMH
3	amonné ionty	NH ₄ ⁺	mg/l	0,50	MH
4	antimon	Sb	µg/l	5,0	NMH
5	arsen	As	µg/l	10	NMH
6	barva		mg/l Pt	20	MH
7	benzen		µg/l	1,0	NMH
8	benzo[a]pyren	BaP	µg/l	0,010	NMH
9	beryllium	Be	µg/l	2,0	NMH
0	bor	B	mg/l	1,0	NMH
1	bromičnany	BrO ₃ ⁻	µg/l	10	NMH
2	celkový organický uhlík	TOC	mg/l	5,0	MH
3	dusičnany	NO ₃ ⁻	mg/l	50	NMH
4	dusitany	NO ₂ ⁻	mg/l	0,50	NMH
5	epichlorhydrin		µg/l	0,10	NMH
6	fluoridy	F ⁻	mg/l	1,5	NMH
7	hliník	Al	mg/l	0,20	MH
8	hořčík	Mg	mg/l	10	MH
				20-30	DH
9	chemická spotřeba kyslíku (manganistanem)	CHSK-Mn	mg/l	3,0	MH
0	chlor volný		mg/l	0,30	MH
1	chlorethen (vinylchlorid)		µg/l	0,50	NMH

2	chloridy	Cl-	mg/l	100	MH
3	chloritany	ClO ₂ -	µg/l	200	MH
4	chrom	Cr	µg/l	50	NMH
5	chuť			příjatel ná pro odběratele	MH
6	kadmium	Cd	µg/l	5,0	NMH
7	konduktivita	k	mS/m	125	MH
8	kyanidy celkové	CN-	mg/l	0,050	NMH
9	mangan	Mn	mg/l	0,050	MH
0	měď	Cu	µg/l	1000	NMH
1	microcystin-LR		µg/l	1	NMH
2	nikl	Ni	µg/l	20	NMH
3	olovo	Pb	µg/l	10	NMH
4	ozon	O ₃	µg/l	50	MH
5	pach			příjatel ný pro odběratele	MH
6	pesticidní látky	PL	µg/l	0,10	NMH
7	pesticidní látky celkem	PLC	µg/l	0,50	NMH
8	PH	pH		6,5-9,5	MH
9	polycyklické aromatické uhlovodíky	PAU	µg/l	0,10	NMH
0	rtuť	Hg	µg/l	1,0	NMH
1	selen	Se	µg/l	10	NMH
2	sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	250	MH
	sodík	Na	mg/l	200	MH

3					
4	stříbro	Ag	µg/l	50	NMH
5	tetrachlorethen	PCE	µg/l	10	NMH
6	trihalomethany	THM	µg/l	100	NMH
7	trichlorethen	TCE	µg/l	10	NMH
8	trichlormethan (chloroform)		µg/l	30	MH
9	vápník	Ca	mg/l	30	MH
				40-80	DH
0	vápník a hořčík	Ca + Mg	mmol/l	2-3,5	DH
1	zákal		ZF (t,n)	5	MH
2	železo	Fe	mg/l	0,20	MH
3	teplota		°C	8-12	DH

Použité zkratky:

KTJ - kolonie tvořící jednotka

NMH - nejvyšší mezní hodnota

MH - mezní hodnota

DH - doporučená hodnota

5.1 Vyhodnocení rozborů vzorků

Pro zpracování bakalářské práce jsem vycházela jen z hodnot krácených rozborů provedených ve Zdravotním ústavu, tedy stanovení mikroskopického obrazu, počtu kolonií při 22°C a při 36°C *Escherichie coli*, koliformních bakterií a *Clostridium perfringens*, z fyzikálně – chemických ukazatelů pak stanovení amonných iontů, dusitanů, dusičnanů, CHSK-Mn, TOC, pH, železa, zákalu a konduktivity.

V tabulce jsou uvedeny ukazatele kráceného rozboru pitné vody, které se v průběhu sledovaného období zřetelně vyvíjely. Procentuální zastoupení vyjadřuje kolik z provedených stanovení nesplňovalo podmínky normy.

Tabulka 3 – Četnost nevyhovujících vzorků v jednotlivých letech

ukazatel	2014	2015	2016	2017
Mikroorganismy kultivovatelné při 22°C	50%	50 %	56%	59%
Mikroorganismy kultivovatelné při 36°C	44 %	55%	63%	60%
Koliformní bakterie	63%	62%	65%	61%
Escherichia coli	21%	18%	18%	14%
Amonné ionty	5%	3%	4%	4%
dusičnany	37 %	38%	36%	32%
dusitany	2%	2%	2%	2%
tvrdost	36%	36%	38%	30%
celkový organický uhlík (TOC)	13 %	7%	8%	8%

Znepokojujícím faktem může být průběžný nárůst mikrobiologického znečištění.

5.2 Porovnání sledovaných hodnot s výročními Zprávami o kvalitě vody zpracované Státním zdravotním ústavem

Úkolem výročních zpráv je monitorování kvality vody celé vodovodní sítě v České republice. Zdrojem dat je informační systém PiVo a závazným podkladem pro hodnocení jakosti pitné vody je vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 252/2004 Sb.

Údaje o jakosti podzemní vody jsou sbírané jak z veřejných studní a individuálních zdrojů zásobování, tak i z větších zdrojů pitné vody a vodovodů z celé republiky, proto se ve srovnání s naším sledováním soukromých studní výrazně liší.

Voda v soukromých studních využívaných čistě pro domácí zásobování není ve většině případů upravovaná či dezinfikovaná. Kdežto voda ve veřejných vodovodech, která je zahrnuta do výročních zpráv, je upravovaná jak po chemické tak i mikrobiologické stránce. To je perfektně vidět v tabulce níže – voda upravovaná má nižší hodnoty mikrobiologie a dusičnanů.

Kvalita podzemní vody se místem odběru značně liší. Například v horských oblastech a pohraničí lze očekávat lepší hodnoty, než v průmyslové části země. Středočeský kraj lze tedy považovat za jednu z nejvíce znečištěných oblastí České republiky.

K porovnání naší oblasti jsem využila výroční zprávy z let 2014 a 2015 (pro rok 2016 v době vypracování bakalářské práce ještě nebyla vyhotovena). (35)

Ve výročních zprávách nejsou vyhodnoceny všechny ukazatele kvality vody, pouze jen ty staticky významné v daném roce. V tabulce je uvedena četnost vzorků vody nevyhovující vyhlášce. Pro některé ukazatele tedy není možné provést porovnání.

Tabulka 4 – Porovnání hodnot s výsledky Výročních zpráv SZÚ v roce 2014

ukazatel	Získané hodnoty	výroční zprávy
Mikroorganismy kultivovatelné při 22°C	49,60%	7,53%
Mikroorganismy kultivovatelné při 36°C	44,30%	12,86%
Koliformní bakterie	62,63%	11,78%
Escherichia coli	20,60%	3,91%
Amonné ionty	4,53%	
dusičnany	37,03%	5,37%
dusitany	1,60%	
tvrdost	36%	
celkový organický uhlík (TOC)	13,01%	

Tabulka 5 – Porovnání hodnot s výsledky Výročních zpráv SZÚ v roce 2015

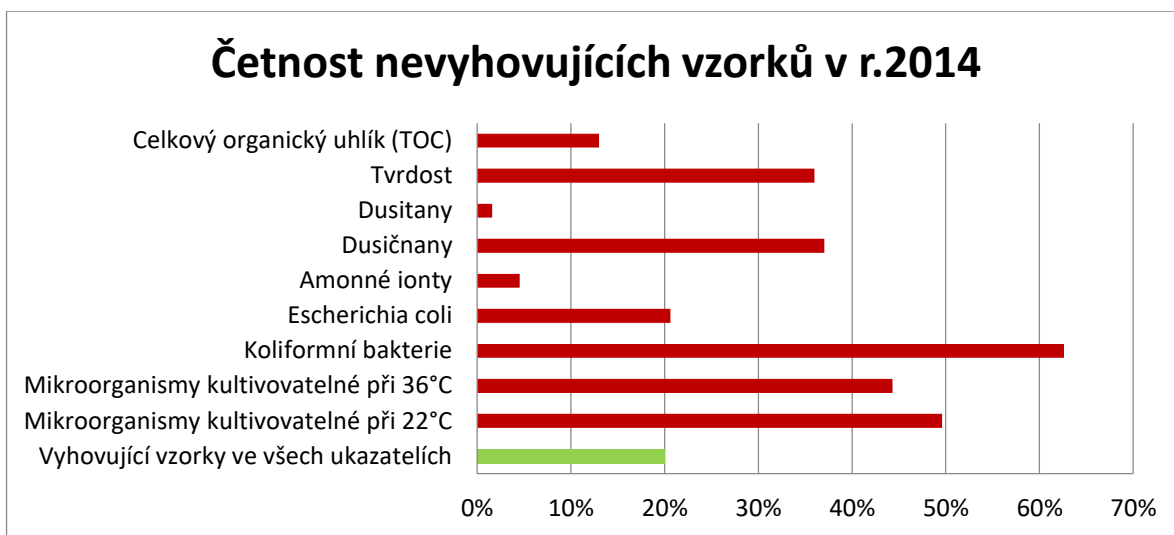
ukazatel	Získané hodnoty	výroční zprávy
Mikroorganismy kultivovatelné při 22°C	50,70%	
Mikroorganismy kultivovatelné při 36°C	55,70%	
Koliformní bakterie	62,40%	10,48%
Escherichia coli	18,60%	3,38%
Amonné ionty	3,76%	
dusičnany	38,55%	4,68%
dusitany	2,00%	
tvrdost	36%	
celkový organický uhlík (TOC)	6,80%	

Největší rozdíl je pochopitelně v mikrobiologických ukazatelích. Jelikož naše sledované objekty jsou malé, často nedezinfikované, zdroje vody, šlo problém s vysokým počtem nálezů bakterií očekávat.

Výrazně vyšší hodnoty byly zjištěny i u tvrdosti vody a v dusíkatých parametrech, což je opět obrazem jiného složení podloží a nedostatečné úpravy pitné vody.

5.3 Dlouhodobý obraz jakosti pitné vody ve studních ve Středočeském kraji

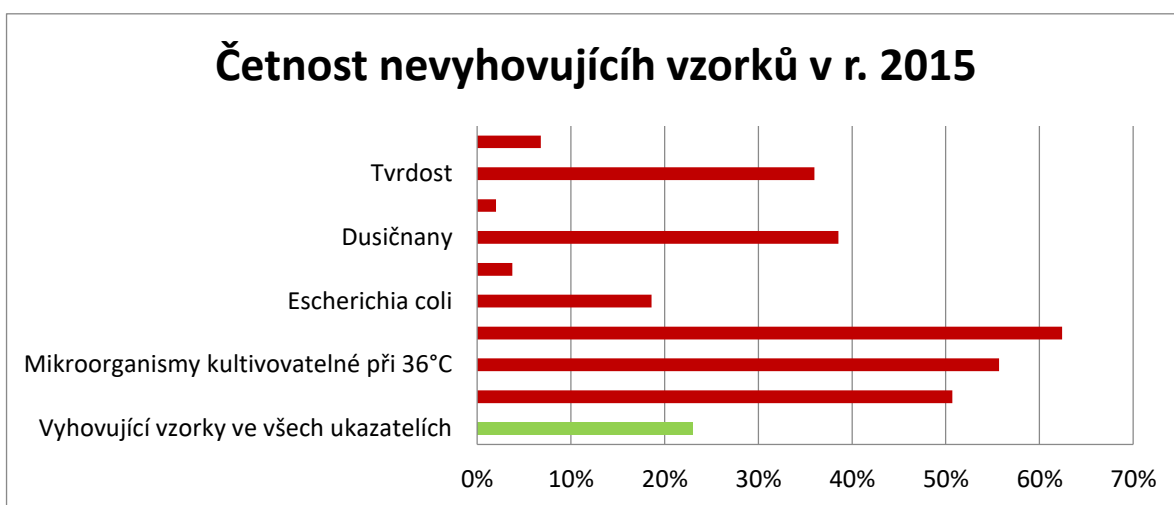
V roce 2014 bylo vyšetřeno 1602 vzorků studniční vody, z toho 1280 (tedy celých 80%!) nesplňovalo požadavky na všechny ukazatele Vyhlášky 252/2004. Nejvíce vzorků nevyhovovalo kvůli vysokému počtu koliformních bakterií (62,63% vzorků). I počty kolonií bakterií kultivovatelných při 22°C a při 36°C byly značně vysoké (49,6% a 44,3%). Ukazatel TOC (celkový organický uhlík) přesáhl NMH ve 13% odběrů.



Graf 1 – Množství nevyhovujících vzorků v jednotlivých ukazatelích v r. 2014

V roce 2015 byl proveden rozbor 1849 vzorků vody. 1415 rozborů (77%) nevyhovělo normě alespoň v jednom měřeném ukazateli. Opět legislativě neodpovídaly především mikrobiologické ukazatele, pouze výskyt *Escherichie coli* mírně klesl.

Počet vzorků, které nevyhověly v ukazateli TOC, oproti roku 2014 klesl o polovinu, tedy NHM překročilo pouze 6,80%.

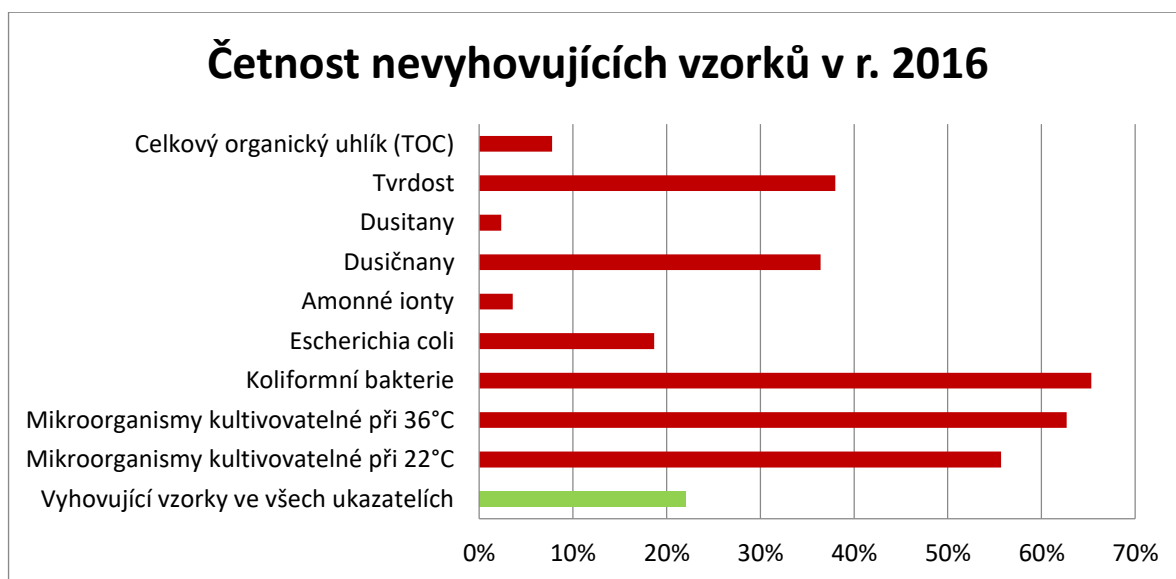


Graf 2 – Množství nevyhovujících vzorků v jednotlivých ukazatelích v r. 2015

V roce 2016 bylo nevyhovujících 1550 vzorků (78%) pitné vody z celkem 1985 odběrů.

Překročení limitní hodnoty všech mikrobiologických ukazatelů značně vzrostlo.

Fyzikálně – chemické ukazatele se drží na stejné úrovni.

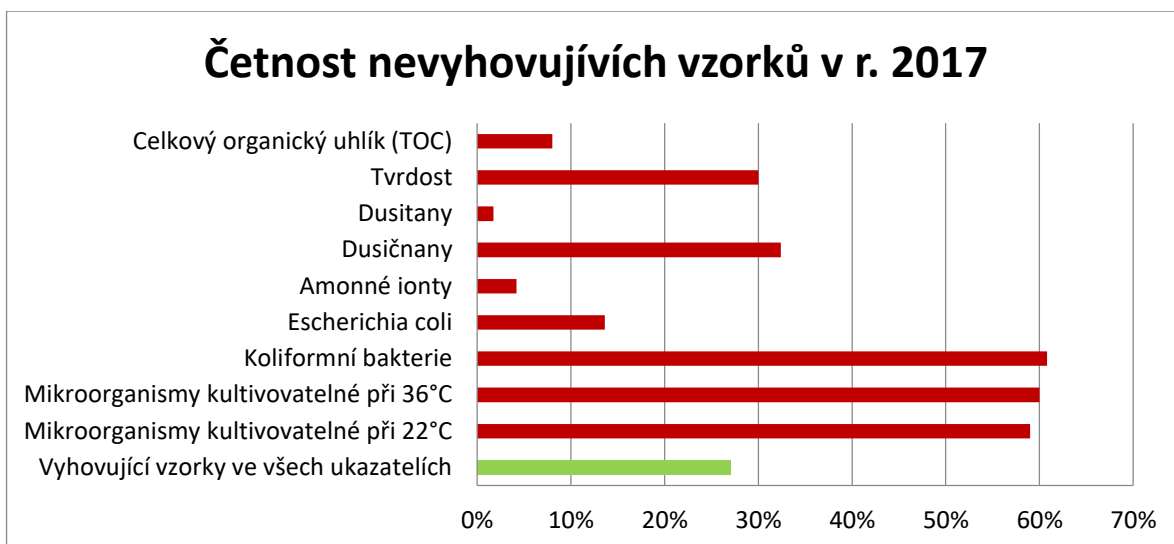


Graf 3 - Množství nevyhovujících vzorků v jednotlivých ukazatelích v r. 2016

Během prvních čtyř měsíců roku 2017 byl proveden rozbor 503 vzorků vody ze studní, z toho veškeré ukazatele Vyhlášky splnilo pouze 27% vzorků, tedy celých 367 odběrů nevyhovělo v alespoň jednom požadavku legislativy.

Největším problémem byl opět mikrobiologický rozbor, nález kultivovatelných bakterií opět stoupl. Naopak přítomnost koliformních bakterií a Escherichie coli klesla o 5%.

Z chemických ukazatelů klesly naměřené hodnoty u dusičnanů a dusitanů. Tvrdost vody se oproti minulým rokům zlepšila zhruba o 8%.



Graf 4 - Množství nevyhovujících vzorků v jednotlivých ukazatelích v r. 2017

Z výsledků první třetiny roku nelze ovšem vyvozovat žádné směrodatné závěry. Rozbory pitné vody jsou značně ovlivněny klimatickými jevy, proto odběry provedené v zimě nevyovídají a kvalitě podzemní vody v průběhu celého roku.

6 DISKUZE

V Bakalářské práci jsme zpracovala výsledky rozborů studniční vody ze Středočeského kraje v letech 2014 – 2017. V tomto sledovaném období bylo provedeno celkem 5939 rozborů především ze soukromých studní. Použitá data byla z hygienické laboratoře Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem. Sledovány byly krácené rozborů, tedy základní mikrobiologické a chemické parametry jakosti vody.

Kvalita studniční vody je v dnešní době stále více ovlivňována průmyslem. Nelze však opomenout sezónní změny, především množství srážek, a chov hospodářských zvířat.

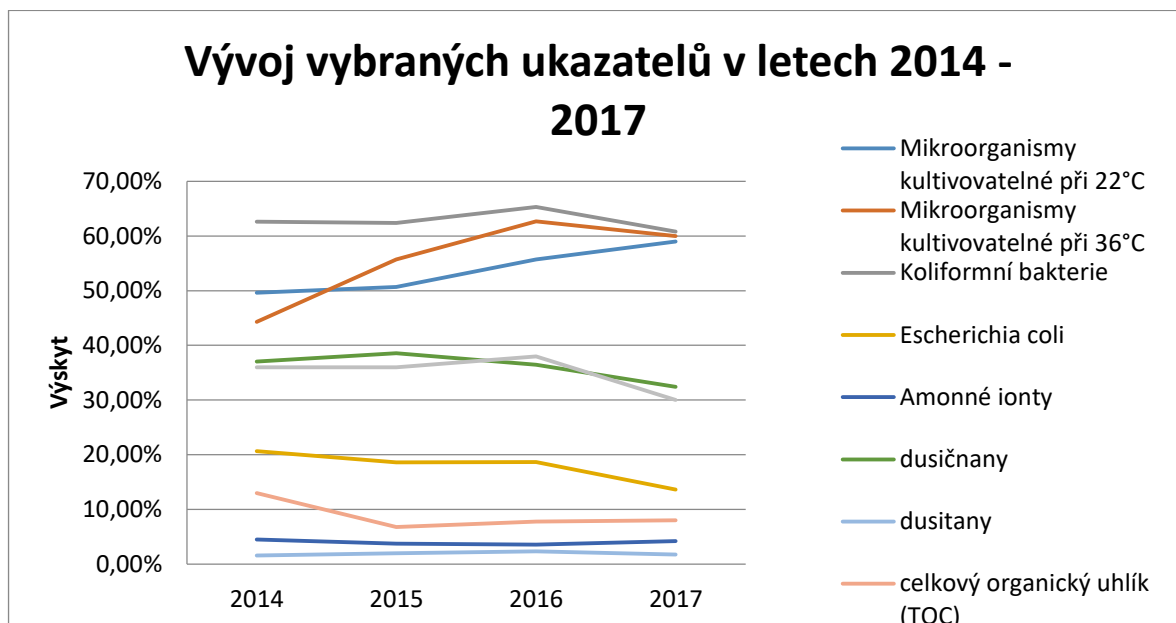
Dle výročních zpráv o kvalitě vody v České republice vydané Státním zdravotním ústavem, kde jsou zpracovány výsledky rozborů veřejného zásobování pitnou vodou, je na místě porovnání s naměřenými hodnotami vzorků vody ze soukromých studní.

Státní zdravotní ústav každý rok zpracuje přibližně 6 000 vzorků studniční vody. Nedodržení mezních hodnot u mikrobiologických ukazatelů se pohybuje na hranici 10% a u dusičnanů je to zhruba 5%.

Výsledky v bakalářské práci, kdy byly sledované malé soukromé zdroje pitné vody, jsou ovšem podstatně vyšší. Mikrobiologické ukazatele nevyhovovaly legislativním předpisům zhruba v polovině vzorků, hodnota koliformních bakterií se pohybovala dokonce nad hranicí 60%. Nežádoucí přítomnost dusičnanových iontů byla zjištěna v 37% případů.

Přísun zdravotně nezávadné vody je nezbytně důležitý. Z výsledků rozborů ve sledovaném období je patrné, že se kvalita pitné vody zvyšuje jen mírně.

Ve sledovaném období bylo jen 1327 vzorků (21%) plně v souladu s platou vyhláškou č. 252/2004 Sb. Nejvíce vzorků nevyhovovalo v rámci mikrobiologického rozboru, výskyt bakterií stále stoupá.



Graf 5 – Vývoj vybraných ukazatelů v letech 2014 - 2017

Tyto výsledky svědčí o nedostatečné úpravě vody a samotné kontrole stavu studní soukromých vlastníků.

Řešením se nabízí dostatečná osvěta široké veřejnosti. Majitelé studní by měli znát právní aspekty vlastnictví studní a s tím i povinnosti kontroly a údržby. Rozbor vody by měl být proveden alespoň jednou do roka a po jakékoli mimořádné události jako je výměna trubek ve studni nebo i přírodní záplavy.

I přesto, že je sledované období poměrně krátké, dají se vyvodit některé závěry. Z výsledků je patrné, že na rozdíl od dodávané vody z vodovodu může používání

nekontrolované vody ze studny mít vliv na lidské zdraví. Především zvýšené počty mikroorganismů mohou způsobit zdravotní problémy dětem nebo oslabeným jedincům.

Rozbor vody provádí hodně laboratoří, v dnešní době už je hodně i soukromých laboratoří, proto nelze s určitostí říci, zda se zvyšuje počet uvědomělých vlastníků soukromých studní, kteří si nechávají svůj zdroj pitné vody pravidelně a dostatečně kontrolovat.

Rozsah ukazatelů kráceného rozboru se jeví jako dostačující, avšak rozhodně by bylo vhodnější provádět rozbor vždy ve všech ukazatelích. Často jsou totiž stanovovány jen některé ukazatele zadané vlastníkem studni a může tedy uniknout problém jiného charakteru. To brání objektivnímu posouzení celkového stavu jakosti vody.

Při první kontrole kvality vody po uvedení studny do provozu nebo při kontrole po zásahu do studny by bylo nejvhodnější provádět rozbor úplný. Je možné tím zachytit i zcela neočekávaný faktor vody. Tímto by pak byl obraz o jakosti podzemní vody mnohem jasnější.

Jelikož u sledovaných rozborů není uvedeno místo odběru vzorku, nelze tak podat informace o různé úrovni kvality vody v závislosti na místě původu. Na kvalitě podzemní vody se odráží i složení půdy, množství vsakování vody a zemědělská činnost. Tedy i na malém území může být podzemní voda značně rozdílná.

7 ZÁVĚR

V teoretické části této bakalářské práce byly shrnuty aspekty kvalitní pitné vody čerpané v soukromých studních a metody chemicko – fyzikálního a mikrobiologického rozboru vody.

Cílem praktické části bylo provést vyhodnocení rozborů studniční vody ve Středočeském kraji. Kvalita jímané podzemní vody se v letech 2014 – 2017 téměř nezměnila. Výsledky jsou spíše důkazem špatného stavu studní a nedostatečné úpravy vody.

Ve všech sledovaných letech převažuje počet vzorků nevyhovujících po stránce mikrobiologické. Především nadměrné nálezy koliformních bakterií svědčí o fekálním znečištění podzemní vody.

Pro udržení zdravotní nezávadnosti pitné vody je nezbytné zamezení její případné kontaminace, ať už je to péčí o studnu a její okolí nebo průběžnou dezinfekcí vody. Pravidelná kontrola jakosti pité vody by měla být zcela běžnou součástí života jejích uživatelů.

Téma bakalářské práce mi dalo impulz k dalšímu studiu kvality pitné vody na našem území, zejména technologii úpravy vody v pitnou.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AAS	atomová absorpční spektrofotometrie
CHSK-Mn	chemická spotřeba kyslíku stanovená manganistanem draselným
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DH	doporučená hodnota
EDTA	kyselina ethylendiamintetraoctová
IS PiVo	Informační systém PiVo
ISE	iontově selektivní elektrody
KTJ	kolonie tvořící jednotka
MH	mezní hodnota
NMH	nejvyšší mezní hodnota
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TOC	„ <i>Total Organic Carbon</i> “, celkový organický uhlík
WHO	„ <i>World Health Organization</i> “, Světová zdravotnická organizace

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) ZELINKA, Zdeněk. *Studny*. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4482-7.
- (2) HANOUSEK, Miloš. *Voda pro chataře a zahrádkáře*. Praha: Grada, 2005. Profi & hobby. ISBN 80-247-0400-5.
- (3) Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- (4) ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3994-6.
- (5) ČSN 75 5115. *Jímání podzemní vody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- (6) ZELINKA, Zdeněk. *Studny*. 2. dopl. vyd. Brno: ERA group, 2003. Stavíme. ISBN 8086517756.
- (7) KOŽÍŠEK, František. *Studna jako zdroj pitné vody: příručka pro uživatele domovních a veřejných studní*. 2. vyd. Praha: Státní zdravotní ústav, 2003. ISBN 80-7071-224-4.
- (8) MICHEK, Václav a Anita DAŘÍČKOVÁ. *Upravujeme vodu doma a na chatě: [zdroj pitné vody, vyšetření kvality, úprava a dezinfekce]*. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-1546-9.
- (9) *Čistota vód: Vysokošk. učeb. pre staveb. fak. vys. šk.* Bratislava: Alfa, 1991. ISBN 8005007000.
- (10) Zákon č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- (11) Vyhláška č. 252/2004 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- (12) Směrnice Rady 98/83/ES. [Http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1998/83/oj](http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1998/83/oj) [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dir/1998/83/oj>
- (13) ČSN EN ISO/IEC 17025. *Metodické pokyny pro akreditaci Národního akreditačního orgánu České republiky*. Praha: Český normalizační institut, 2005. ISBN 80-7283-203-4.

- (14) OPEKAR, František. *Základní analytická chemie pro studenty, pro něž analytická chemie není hlavním studijním oborem*. Praha: Karolinum, 2002. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0553-8.
- (15) *Kvalita vod* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf
- (16) HORÁKOVÁ, Marta. *Analytika vody*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2000. ISBN 80-7080-391-6.
- (17) PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
- (18) ČSN ISO 6058 (757416) A. *Jakost vod. Stanovení vápníku. Odměrná metoda s EDTA = Water quality. Determination of calcium content. EDTA titrimetric method*. Praha : Český normalizační institut, 1996
- (19) *Zdravotní význam tvrdosti pitné vody* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://www.vak.cz/soubory/tvrdost.pdf>
- (20) New electrochemical sensors for detection of nitrites and nitrates. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 509 (2001) 66–72. ISSN ISSN: 0022-0728.
- (21) ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. *Mikrobiologie v technologii vod*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2004. ISBN 80-7080-534-x.
- (22) JULÁK, Jaroslav a Emil PAVLÍK. *Lékařská mikrobiologie pro zubní lékařství*. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 9788024617923.
- (23) ČSN EN ISO 6222. *Jakost vod - stanovení kultivovatelných mikroorganismů - stanovení počtu kolonií očkovaním do živného agarového kultivačního média: česká technická norma*. Praha: Český normalizační institut, 2000. ISSN 62221999.
- (24) TNV 75 7855 *Jakost vod - Průkaz přítomnosti bakterií rodu Salmonella*. Praha: Hydroprojekt, 1999. Odvětvová technická norma vodního hospodářství.
- (25) VOTAVA, Miroslav. *Lékařská mikrobiologie obecná*. 2. přeprac. vyd. Brno: Neptun, 2005. ISBN 80-86850-00-5.
- (26) ČSN 75 7712 (757712). *Kvalita vod – Biologický rozbor – Stanovení biosestonu*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- (27) ČSN 75 7713. *Kvalita vod - Biologický rozbor - Stanovení abiosestonu*. Český normalizační institut, 2015.
- (28) *Nádrže jako zdroj pitné vody ...: sborník .. celostátní konference*. České Budějovice: Dům techniky ČSVTS, 1990-. ISBN 80-239-7113-1.

- (29) *Zprávy systému monitorování za rok ...: souhrnná zpráva a výroční odborné zprávy za jednotlivé subsystémy : informační CD č. ... Praha: SZÚ, 2009-. ISBN 978-80-7071-339-6.*
- (30) *Dvacet pět let systematického sledování jakosti podzemních vod v České republice* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://www.vtei.cz/2016/04/dvacet-pet-let-systematickeho-sledovani-jakosti-podzemnich-vod-v-ceske-republice/>
- (31) *PiVo - Pitná voda* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://eregpublic.ksrzis.cz/cms/web/Stranky/pivo.aspx>
- (32) *SOP, Standartní operační postupy Zdravotního ústavu se sedlem v Ústí nad Labem*
- (33) Vyhláška č. 146/2004 Sb., kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- (34) ČSN ISO 5667-5. *Jakost vod - Odběr vzorků - Část 5: Návod pro odběr vzorků pitné vody z úpraven vody a z vodovodních sítí*. Český normalizační institut, 2008.
- (35) *Monitoring pitné vody* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/monitoring-pitne-vody>

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Stupnice tvrdostivody.....	21
Tabulka 2 Mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity.....	41
Tabulka 3 Četnost nevyhovujících vzorků v jednotlivých letech.....	45
Tabulka 4 Porovnání hodnot s výsledky Výročních zpráv SZÚ v roce 2014.....	46
Tabulka 5 Porovnání hodnot s výsledky Výročních zpráv SZÚ v roce 2015.....	47

11 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Množství nevyhovujících vzorků v jednotlivých ukazatelích v r.2014.....	48
Graf 2 – Množství nevyhovujících vzorků v jednotlivých ukazatelích v r.2015.....	48
Graf 3 - Množství nevyhovujících vzorků v jednotlivých ukazatelích v r. 2016.....	49
Graf 4 - Množství nevyhovujících vzorků v jednotlivých ukazatelích v r. 2017.....	50
Graf 5 – Vývoj vybraných ukazatelů v letech 2014 2017.....	52