



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zdravotně sociální fakulta  
Ústav laboratorní diagnostiky a veřejného zdravotnictví

Diplomová práce

Jak zamezit množení *Legionella*  
*pneumophylis* v rozvodech teplé vody v  
nemocnici Český Krumlov

Vypracoval: Bc. Jan Turek

Vedoucí práce: RNDr. Jana Krejsová

České Budějovice 2016

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá mikrobiologickou kvalitou teplé vody, stavem teplovodních rozvodů, ve vztahu k *Legionelle pneumophylis* v Nemocnici Český Krumlov a.s. a opatřeními, která jsou ve zdravotnickém zařízení podnikána, pro zlepšení kvality teplé vody. Podstatou a cíli této práce je zjištění těchto uvedených parametrů na základě vlastního pozorování, technické dokumentace a rozborů teplé vody, provedených akreditovanou laboratoří.

Nemocnice Český Krumlov a.s., jejíž stavba byla zahájena v roce 1909, byla dostavěna v roce 1911 jako „Nemocnice Císaře Františka Josefa I.“. Postupem času byly přistavovány další a další budovy. V roce 1942 byla nemocnice ustanovena jako „Všeobecná veřejná nemocnice“. V následujících letech docházelo postupně k dalšímu rozšiřování, přístavbám a úpravám až do současné podoby.

Kvalita vody a s ní spojený výskyt legionel, je celosvětovým problémem, se kterým je nutno bojovat.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. První, teoretická část, zahrnuje všeobecné i konkrétní poznatky o *Legionelle*, jejích zdravotních rizicích, prostředí ve kterém se vyskytuje, možnostech jejího odstranění, o vhodnosti používaného materiálu k výstavbě teplovodního potrubí, získané z odborné literatury a také z české legislativy, zabývající se ochranou veřejného zdraví - zákon č. 258/2004 Sb. v platném znění a dále kvalitou pitné a teplé vody, která je zanesena ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. a dalších předpisech. Jsou zde také uvedeny limity pro bakterii *Legionella pneumophila*, stanovené v příloze č. 3, vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontrol pitné vody. Četnost a rozsah kontrol pitné vody je stanovena v příloze č. 4, téže vyhlášky, která je v práci také uvedena.

Ve druhé, empirické části, se podrobně zabývám situací v nemocnici Český Krumlov v období 2009 až 2015, týkající se nově vybudované kotelny a souhrnně celého rozvodného systému teplé vody ve vztahu k *Legionelle*. Konkrétně jsou v práci rozvedeny materiály, které byly použity jak při ekologizaci plynové kotelny, tak ty, ze kterých jsou provedeny rozvody teplé vody a stav rozvodů v jednotlivých budovách a

v areálu zdravotnického zařízení. Dále jsou v diplomové práci uvedeny rozborů vzorků vody, provedené akreditovanou laboratoří, které byly i s potřebnou technickou dokumentací, týkající se rozvodné teplovodní sítě, poskytnuty zdravotnickým zařízením. Při vyhodnocování těchto dokumentů, bylo využito sekundární analýzy dat.

Z výsledků, sledovaných za období let 2009 až 2015 vyplývá, že mikrobiologická kvalita teplé vody neodpovídá limitům stanoveným v příloze č. 3, vyhlášky 252/2004 Sb., v platném znění. Mezní hodnota tohoto limitu pro kolonie tvořící jednotky bakterie legionely, je stanovena na maximálně 100 KTJ. Ve většině odebraných vzorcích teplé vody došlo k překročení tohoto limitu a to od řádů jednotek až po statisíce. Příkladem může být vzorek z gynekologicko-porodnického oddělení, z prosince roku 2011, kdy zjištěná hodnota Legionell byla 21000 KTJ, ze srpna 2012 z interního oddělení s 12000 KTJ nebo vzorek z oddělení následné péče, odebraný v březnu 2014, se 14000 KTJ. Nejvyšší koncentrace Legionelly v Nemocnici Český Krumlov a.s. byla zjištěna v červnu 2013. Tento vzorek pocházel z oddělení následné péče, tedy LDN a obsahoval 260000 kolonií tvořících jednotky.

Výsledky z posledního analyzovaného roku 2015, vykazují zlepšení této nepříznivé situace. Za toto období byla analýza vzorků vody provedena celkem třikrát. První v únoru 2015. Výsledné hodnoty vykazovaly kolonie tvořící jednotky „jen“ ve stovkách, s maximem 550 KTJ na oddělení následné péče, kde se vzhledem k umístěným méně pohyblivým nebo nepohyblivým pacientům dá vyšší osídlení rozvodného systému touto bakterií očekávat a to z důvodu nižšího odběru vody. Na těchto méně frekventovaných místech totiž dochází ke stagnaci vody, ve které se Legionella může pohodlně množit. Druhá analýza byla provedena v červnu téhož roku. Výsledky byly velmi uspokojivé. Naměřená maximální hodnota Legionelly byla 64 KTJ. Paradoxně v budově chirurgie, ve které jako jediné, jsou staré teplovodní rozvody vyměněny za nové, měděné. V teoretické části uvedená studie, kterou provedl holandský institut KIWA (institut pro výzkum kvality pitné vody), byla měď vyhodnocena jako nejnevhodnější materiál pro růst bakterií Legionelly, tudíž by měď měla být ideálním materiálem pro teplovodní potrubí. Poslední hodnocený odběr v tomto roce a jeho analýza, byly provedeny v prosinci. Zvýšená koncentrace

Legionelly byla opět v budově chirurgie. Zde bylo stanoveno 1400 kolonií tvořících jednotky. Vzorek z LDN obsahoval 300 KTJ a sedmé patro interního oddělení dosáhlo hraniční hodnoty limitu, tedy 100 KTJ.

Odpovědi na stanovené výzkumné otázky „Jak zamezit množení Legionelly pneumophylis v rozvodech teplé vody v nemocnici Český Krumlov“ a „Jak zajistit dostatečné množství kvalitní teplé vody ve zdravotnickém zařízení“ se nacházejí v závěru uvedených doporučeních. Velkým rizikovým faktorem, pro rozvoj Legionell v tomto zdravotnickém zařízení, jsou zastaralé rozvody teplé vody v téměř všech budovách a nízká teplota vody vystupující z ohřevu, která činí 55 °C.

Všechny tyto uvedené výsledky a hodnocení jsou v této diplomové práci graficky zpracovány. Součástí této práce jsou také přiložené fotografie, které nastiňují prostředí a situaci ve zdravotnickém zařízení.

**Abstract:**

This diploma thesis deals with microbiological quality of hot water in a hospital in Cesky Krumlov as well as hot water piping condition with respect to Legionella. It also deals with arrangements for improving the quality of hot water in this hospital. The subject and target of this thesis are the findings of the mentioned parameters based on own observations, technical documentation and analysis of warm water performed by an accredited laboratory.

The hospital in Cesky Krumlov, the construction of which began in 1909, was built in 1911 as the 'Nemocnice Císaře Františka Josefa I.' As the time went by, new buildings were built up. The hospital was renamed to 'Všeobecná veřejná nemocnice' in 1942. In the following years the hospital expanded until the current condition.

Water quality and presence of Legionella is a world-wide issue, which we must fight against.

The thesis is divided into two parts. First, theoretical part, which includes both general and specific knowledge about Legionella, its health risks, the environment in which it occurs, possibilities of eliminating, suitability of the material for hot water pipes, gained in professional literature and a part of the Czech legislation dealing with public health protection, the law 'No. 258/2004 Coll.' in actual version and quality of drinking water and hot water. I also mentioned limits for the bacteria Legionella pneumophila from the attachment No. 3 of the mentioned Attachment No. 3, Order No. 252/2004 Coll., which defines requirements for drinking and hot water and frequency of inspections of drinking water. Frequency of inspections of drinking water is defined in Attachment No. 4 of the above mention law and is also part of this thesis.

In the second, empirical part, I focus on the situation of the hospital in Cesky Krumlov from 2009 till 2015, concerning newly built boiler room and the whole distribution system of hot water regarding Legionella. Particularly I focused on materials used for ecologisation of the gas boiler room and materials used for hot water pipes and actual state of water distribution in individual buildings of this health care facility. I mentioned the analysis of the water samples performed by an accredited

laboratory with corresponding technical documentation, which concerns the water distribution system, provided by the medical facility. I used secondary data analysis to evaluate these documents.

Regarding the results from 2009 to 2015 the microbiological quality of warm water doesn't meet the limits defined in the Attachment No. 3 of the above mentioned law Order 252/2004 Coll. Limit value for colony forming units of Legionella is set to maximum of 100 CFU. In most of the samples this limit was exceeded by series of units up to hundred thousands of units. As an example let us use the Gynecology-Obstetrics ward, where the discovered value was 21000 CFU in 2011, the ward of internal medicine with 12000 CFU in 2012 or the Postacute Care ward with 14000 CFU in 2014. The highest value of 260000 CFU was also measured in the Postacute Care ward in June 2013.

The last results in 2015 prove improvement of the unfavorable situation. In that year the analysis was tested three times. First in February, where the CFU units were 'only' in hundreds, with the top value of 550 CFU in the Postacute Care ward, which is comprehensible due to lower water consumption by older patients who are partly or completely motion impaired. Due to this fact, the water remains in the pipes for a long time, which creates good conditions for Legionella to spread. Second analysis was performed in June that same year. Results were acceptable. The highest value was 64 CFU, paradoxically in the Surgery ward, only where the water pipes were changed to new ones, coppery ones. Analysis was performed by the Netherlands Institute KIWA (Institute for Research on drinking water quality), mentioned in the theoretical part, claimed that copper is the best material for hot water pipes. Last analysis in the hospital was performed in December. Increased concentration of Legionella was again in the Surgery building. There were established of 1400 colony forming units. There were 300 CFU in the Postacute Care ward and the limit value of 100 CFU was in the ward of Internal medicine.

The answers to research questions 'How to prevent reproduction of Legionella pneumophylis in the water distribution system of the hospital in Cesky Krumlov?' and 'How to ensure a sufficient amount of quality hot water in the medical facility?' are

included at the end of the stated recommendations. A risk factor causing the fast reproduction of Legionella is the old water distribution system in most of the buildings and low water temperature of water leaving the boiler, which is 55°C.

All mentioned results and evaluations are included in this thesis as well as attached pictures, which show the environment and situation within the Health Care Institutions.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 16. 8. 2016

.....

Bc. Jan Turek



## **Poděkování**

Děkuji tímto vedoucí diplomové práce RNDr. Janě Krejsové, vedení a zaměstnancům Nemocnice Český Krumlov a.s., za jejich vstřícnost, ochotu, připomínky, rady, pomoc a poskytnuté informace, na jejichž základě jsem mohl tuto diplomovou práci vypracovat.

## Obsah

ÚVOD.....	14
1 Současný stav .....	16
1.1 Legionella.....	17
1.1.1 Biofilm.....	18
1.1.2 Onemocnění způsobená Legionellou.....	18
1.1.2.1 Legionářská nemoc .....	18
1.1.2.1.1 Příznaky.....	19
1.1.2.1.2 Diagnostika.....	19
1.1.2.1.3 Léčba .....	20
1.1.2.2 Pontiacká horečka .....	20
1.1.2.2.1 Příznaky.....	20
1.1.3 Vnímavost.....	21
1.1.4 Role imunitního systému při legionelové infekci.....	21
1.1.5 Predisponovaní jedinci.....	21
1.1.6 Prevence a doporučení při onemocnění způsobeném legionelou .....	22
1.1.7 Legionela v číslech .....	22
1.1.8 Úmrtnost na Legionellu .....	22
1.1.9 Legionella v české legislativě.....	23
1.1.9.1 Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví v platném znění ...	23
1.1.9.2 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 ....	24
1.1.9.2.1 Ukazatele jakosti pitné a teplé vody a jejich hygienické limity .....	24
1.1.9.2.2 Četnost kontrol .....	25

1.1.9.3	Sureveillance legionelózy .....	27
1.1.10	Kontaminace vody Legionellou .....	28
1.1.10.1	Základní rozdělení kontaminace vodovodních rozvodů.....	29
1.1.10.1.1	Lokální kontaminace .....	29
1.1.10.1.2	Systémová kontaminace .....	29
1.1.10.2	Faktory přispívající ke kontaminaci Legionellou.....	29
1.1.11	Problematika legionelóz z epidemiologického hlediska.....	30
1.1.12	Legionella ve vodovodním potrubí.....	31
1.1.13	Technická a organizační opatření .....	33
1.1.14	Eliminace legionel z distribuční sítě pitné vody.....	36
1.1.15	Způsoby odstranění legionel z rozvodné sítě.....	37
1.1.15.1	Fyzikální dezinfekce.....	37
1.1.15.1.1	Termodezinfekce .....	37
1.1.15.1.2	UV zářiče .....	38
1.1.15.2	Chemická dezinfekce.....	39
1.1.15.2.1	Chlorace.....	40
1.1.15.2.2	Monochloramin .....	41
1.1.15.2.3	Chlordioxid.....	41
1.1.15.2.4	Ozón.....	42
1.1.15.3	Fyzikálně-chemická dezinfekce: .....	42
1.1.15.3.1	Ionizace Ag/Cu .....	42
1.1.15.3.2	Ionizace zinkem.....	43
1.1.16	Shrnutí.....	43
2	CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	45

2.1	Cíle práce .....	45
2.2	Výzkumné otázky.....	45
3	METODIKA.....	46
4	VÝSLEDKY.....	47
4.1	Ekologizace energetického zdroje.....	47
4.1.1	Technologie plynové kotelny.....	48
4.1.1.1	Zabezpečovací zařízení plynové kotelny .....	49
4.1.1.2	Ohřev a úprava teplé vody .....	50
4.1.1.3	Provoz tepelných zdrojů.....	51
4.1.1.4	Potrubní rozvody kotelna .....	52
4.2	Rozvody topné a teplé vody .....	52
4.2.1	Větev „A“ .....	53
4.2.2	Větev „B“ .....	54
4.2.3	Situační plán rozvodných větví.....	55
4.2.4	Pavilon „E“ – Chirurgické obory.....	56
4.3	Výsledky analyzovaných rozborů vody .....	57
4.4	Další hodnocené ukazatele kvality teplé vody .....	78
5	DISKUZE .....	86
6	ZÁVĚR.....	91
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	93
8	KLÍČOVÁ SLOVA.....	101
9	PŘÍLOHY .....	102

## **Seznam použitých zkratk**

ARO – Anesteziologicko-resuscitační oddělení

DPS – Domovní předávací stanice

GPO – Gynekologicko-porodnické oddělení

HDS – Hemodialyzační středisko

INT, IO – Interní oddělení

JIP – Jednotka intenzivní péče

KHS – Krajská hygienická stanice

KTJ – Kolonie tvořící jednotky

LDN – Léčebna dlouhodobě nemocných

MTZ – Materiálně-technické zabezpečení

ONP – Oddělení následné péče

PE – polyethylen

PEX – označení pro třívrstvá trubka, kdy první a třetí vrstvu tvoří síťovaný polyethylen a druhá vrstva je hliníková

PPR – polypropylen

TUV – teplá užitková voda

TV – teplá voda

UV – ultraviolet (ultrafialové záření)

ZTI – Zdravotně technická instalace

ZU – Zdravotní ústav

## ÚVOD

Tato práce se zabývá problematikou Legionelly v teplé vodě v nemocnici Český Krumlov. Problematika s výskytem legionel nezasahuje pouze toto zdravotnické zařízení, ani pouze Českou republiku, ale její výskyt je zaznamenáván celosvětově.

První zmínky o novém onemocnění s názvem Legionelóza neboli Legionářská nemoc, byly zaznamenány v roce 1976 ve Spojených státech amerických. Původcem tohoto onemocnění byla bakterie *Legionella pneumophila*. V roce 1976 došlo ve Filadelfii k hromadné nákaze vojenských legionářů ze znečištěné klimatizace. Z tohoto důvodu nese toto onemocnění název Legionářská nemoc. Od té doby je i epidemický výskyt této nemoci zaznamenáván celosvětově až do současnosti. Zdrojem bakterií legionely jsou vodní rezervoáry, vodovodní systémy, klimatizační zařízení, sprchy a sprchové růžice, zvlhčovače vzduchu, nebulizátory a dekorativní fontány. K přenosu bakterií na člověka dochází inhalací infikovaného aerosolu z vodního prostředí nebo formou kapének. *Legionella* způsobuje dvě onemocnění. Již zmíněnou Legionářskou nemoc, probíhající jako pneumonie s až multisystémovým postižením a Pontiackou horečku, což je lehčí forma legionelózy.

Jak již zde bylo řečeno, problematika legionel je celosvětová. Tato diplomová práce je zaměřena na nemocnici v Českém Krumlově. Stanovenými cíli bylo zjistit, jaká je kvalita teplé vody ve zdravotnickém zařízení, jaká opatření se zde dělají ohledně mikrobiologické kvality TV, jaká je kvalita teplé vody v jednotlivých budovách s ohledem na vodovodní rozvody a zjistit, v jakém stavu je teplovodní systém se svými rozvody. V teoretické části práce je popsána bakterie *Legionella pneumophila*, onemocnění která způsobuje, jaké jsou možnosti boje a odstranění legionely. Uvedena je také legislativa České republiky, zabývající se kvalitou teplé a pitné vody. Praktická část se týká konkrétně českokrumlovské nemocnice. Pomocí sekundární analýzy dat, která byla získána od zdravotnického zařízení, je zde zanesen stav rozvodné sítě teplé vody, používaná technologie a situace týkající se legionely. Všechny uvedené výsledky jsou zpracovány a interpretovány z technické dokumentace zdravotnického zařízení a

z protokolů vypracovaných akreditovanými laboratořemi, které rozborů vody prováděly.

## 1 SOUČASNÝ STAV

V roce 1908 bylo rozhodnuto o stavbě nemocnice "Císaře Františka Josefa I.". Stavba nemocnice začala v roce 1909 a dokončena byla v roce 1911. Nemocnice se postupem doby dále rozšiřovala a vznikala nová oddělení. V roce 1933 bylo z důvodu nedostatečné kapacity dostavěno 2. patro. V letech 1939 až 1942 proběhla výstavba infekčního pavilonu. Roku 1942 byla ustanovena jako Všeobecná veřejná nemocnice. V roce 1950 došlo ke zřízení dětsko-kojeneckého oddělení a o tři roky později v roce 1953 bylo vybudováno oddělení gynekologicko-porodnické. V období 1957 – 1958 byl rekonstruován hlavní pavilon nemocnice. Nemocnice se dočkala i jednotky intenzivní péče, která byla uvedena do provozu roku 1977. Na přelomu 80. a 90. let, tedy v letech 1980 – 1984 došlo k rekonstrukci a výstavbě nového křídla gynekologického pavilonu. V roce 2011 došlo k zateplení a výměně oken v budově interny, chirurgie, ředitelství a LDN. V dnešní době se nemocnice skládá celkem z devíti budov a poskytuje pacientům lůžkovou péči na odděleních ARO, dětské, gynekologie, chirurgie, interna a oddělení následné péče. Ambulance se zde nachází dětská, gynekologická, dialýza, chirurgická a interní. V některých budovách jsou vodovodní rozvody ještě původní, v některých již rekonstruované. (42)

*„Nemocnice Český Krumlov, a.s. je zdravotnickým zařízením s vlastní právní subjektivitou, jejímž jediným akcionářem je Jihočeský kraj. Zabezpečuje poskytování zdravotnických služeb, poskytuje ambulantní i lůžkové zdravotní, diagnostické a léčebně preventivní služby v souladu se stanovenými předpisy a smlouvami s pojišťovnami. Ošetření probíhá v souladu s nejnovějšími vědeckými poznatky a je zajišťováno kvalifikovanými specialisty. V roce 2012 byla Nemocnice Český Krumlov reakreditována SAK. Dále také spolupracuje se Střední zdravotnickou školou v Českém Krumlově, umožňuje odbornou praktickou výuku a stáže studentů.“ (42)*



## 1.1 Legionella

Uplynulo téměř čtyřicet let od doby, kdy bylo poprvé popsáno nové onemocnění. Byla to legionelóza, způsobená bakterií *Legionella pneumophila*. Stalo se tak v roce 1976 ve Spojených státech amerických ve Filadelfii, kdy došlo k hromadné nákaze vojenských legionářů, vinou znečištěné klimatizace. Z tohoto důvodu je onemocnění, jehož původcem je *Legionella pneumophila*, označováno jako legionářská nemoc. Od té doby patří legionela do hledáčku odborné i laické veřejnosti a ani po čtyřiceti letech tomu není jinak. (17, 36)

Legionely, jsou mikroby, přirozeně kolonizující vodovodní systémy. Řadíme je do čeledi Legionellaceae, rodu *Legionella*, který v současné době ukrývá více než třiapadesát druhů, z nichž je pro člověka nebezpečných asi 24. Nejznámějším a také nejzávažnějším druhem je *Legionella pneumophila*. (16)

Bakterie legionely se běžně vyskytují ve vodním prostředí, ať v přírodním či umělém, s teplotou vody 25 – 50 °C kde jsou schopny přežít a množit se. Teplotu vyšší než 50 °C snášejí hůře a obvykle nepřežívají až při teplotě nad 65 °C. Naopak v teplotě nižší než 25 °C se bakterie mohou ponořit do tzv. spánku, ve kterém mohou dlouho přežívat do doby, než se teplota opět zvýší na optimální hodnotu. (36, 50)

Mezi zdroje legionel neřadíme pouze již zmiňované vodní rezervoáry a vodovodní systémy, ale také klimatizační zařízení, sprchy a sprchové růžice, zvlhčovače vzduchu, nebulizátory a dekorativní fontány. K přenosu bakterií na člověka dochází inhalací kontaminovaného aerosolu z vodního prostředí nebo formou kapének, od již infikované osoby. (36, 50)

Legionely patří mezi takzvané slizotvorné organismy. To znamená, že si samy tvoří biofilm, pomocí kterého se fixují na povrch a který je chrání před nepříznivými vlivy z prostředí, včetně dezinfekce, která je z tohoto důvodu tolik obtížná. Bakterie, které jsou v biofilmu, jsou až 1000krát odolnější než bakterie ve fázi planktonu. (40)

Z epidemiologického hlediska rozdělujeme nákazy legionelou na nozokomiální, komunitní, cestovní a profesionální. (16)

### **1.1.1 Biofilm**

Biofilmy jsou výchozím způsobem života pro mnohé, ne-li většinu druhů bakterií. Důvody tvorby biofilmu jsou relativně snadné. Díky biofilmu mohou některé planktonní formy bakterií přežívat v tekutém médiu a tvořit kolonie z relativně homogenních směsí mikrobiálních buněk. Biofilm je tedy společenstvo mikroorganismů, tvořící povlaky (film) na površích různých materiálů. (35, 40)

Aby mohlo dojít ke vzniku biofilmu, je nutná přítomnost vody, kyslíku a živin. Uvnitř biofilmu, stejně jako v jiném organismu, dochází k látkové výměně. Biofilmy jsou tvořeny vrstvami a vyskytují se nejen na vnějších površích, ale i v systémech potrubí a různých zásobnících vody. Zmíněné vrstvy, poskytují útočiště dalším mikroorganismům, kterým udělují ochranu před chemikáliemi. Biofilm nechrání bakterie pouze před biocidy, ale také před teplem, kdy snižuje jeho přenos. Z těchto důvodů jsou tyto bakterie tak nezvykle odolné. Mezi další negativní důsledky můžeme zařadit zrychlenou korozi materiálů osídlených právě biofilmy a s tím spojené ucpávání potrubí a rozvodných systémů vody. (40)

### **1.1.2 Onemocnění způsobená Legionellou**

#### **1.1.2.1 Legionářská nemoc**

Legionářská nemoc nebo také legionelóza je bakteriální onemocnění s multisystémovým postižením, probíhajícím obvykle jako pneumonie. Bakterie legionely, které se dostaly do lidského organismu, tedy do plic, jsou zde fagocytovány alveolárními makrofágy (bílé krvinky) v plicních sklípcích. Tyto bakterie se množí jako nitrobuněční parazité. Způsobují rozpad hostitelské buňky a expandují do okolí. To má za následek vznik zánětlivých ložisek v plicní tkáni, které se rozšíří v celých plicích. Dochází k vyplnění plicních sklípků edémovou tekutinou a tím k omezení dýchání. Může zde docházet k trvalým následkům, jako je plicní fibróza, což je ztvrdnutí

plicní tkáň. Legionelové abscesy se mohou tvořit i v ledvinách, v mozku, svalech, v játrech, ale i na kůži a nejen v plicích. (37)

Nejčastějším původcem je *Legionella pneumophila*. Legionelóza často postihuje starší osoby, kuřáky a chronicky nemocné pacienty. Inkubační doba probíhá od dvou do deseti dnů. Po jejím uplynutí dochází k rozvinutí akutní pneumonie s různým průběhem. (37)

#### **1.1.2.1.1 Příznaky**

Počáteční příznaky legionelózy nejsou typické pouze pro toto onemocnění a tudíž mohou být často přisuzovány onemocnění jinému. Řadíme sem malátnost, zvýšenou teplotu a bolest hlavy, bolest na hrudi, kašel. Na začátku bývá kašel suchý a bez hlenu. Mezi pozdější příznaky můžeme zařadit bolesti břicha, průjem a zvracení, ale také halucinace a celkovou zmatenost. (36)

Pokud není toto onemocnění včas diagnostikováno, může dojít k poškození ledvin a jater. Postiženy mohou být i další orgány jako mozek, mícha a trávicí soustava. Jedná se tedy o velmi vážné onemocnění, které může skončit i smrtí. (36,50)

#### **1.1.2.1.2 Diagnostika**

Legionelóza je prokazována ve sputu metodami PCR a dodatečně lze potvrdit také sérologickými metodami. Průkazný je antigen legionely v moči. V laboratorních testech jsou obvykle přítomny známky poškození jater a ledvin, zatímco například rentgen, poskytuje nespecifický nález. (50)

„Laboratorní diagnostika:

1. Přímý průkaz antigenu v moči.
2. Průkaz specifických protilátek v séru.
3. Přímá detekce mikroba v respiračních sekretech.

4. Kultivace na selektivních půdách.

5. Typizace kmenů zaslaných do Národní referenční laboratoře pro legionely pomocí sekvenace. (13)

### **1.1.2.1.3 Léčba**

Léčba legionelózy je prováděna specifickými antibiotiky. Jedná se tedy o kauzální léčbu, při které dochází ke zničení původce nákazy, tedy o bakterie samotné. V případě lehčího průběhu onemocnění dostává nemocný lék erytromycin a tetracyklin. Při těžším průběhu nebo v případě, kdy se jedná o pacienta s oslabeným imunitním systémem, je podáván lék levofloxacin a azitromycin. (50)

### **1.1.2.2 Pontiacká horečka**

Pontiacká horečka je mírnější forma legionelové infekce. Své označení si toto onemocnění nese dle amerického města Pontiac, kde proběhla jedna z masivních epidemií legionelózy. (36, 39)

Jedná se o tzv. self-limiting onemocnění, tedy onemocnění, které odeznívá bez léčby. Pontiacká horečka má kratší inkubační dobu než legionářská nemoc. První příznaky onemocnění se obvykle objevují již do 48 hodin od vstupu bakterie do organismu. (36, 39)

#### **1.1.2.2.1 Příznaky**

Obvyklé příznaky pontiacké horečky se velmi podobají, až shodují s chřipkou, tedy teplota, zimnice, bolest hlavy a celková malátnost. Toto onemocnění nepostihuje plíce a jeho projevy obvykle odchází do pěti dnů. (36)

### **1.1.3 Vnímavost**

Onemocnění jsou ve většině případů popsána u osob starších 50 let, dále u osob nemocných chronickými nemocemi plic, diabetem, onemocněním ledvin, malignitami, osob v imunopresi, po transplantaci, alkoholiků a kuřáků. U mužů je výskyt asi 2,5 krát častější než u žen. Vznik onemocnění závisí i na množství legionel přítomných ve vodě a na délce expozice. (36)

### **1.1.4 Role imunitního systému při legionelové infekci**

Protilátky proti bakteriím legionel, se začínají tvořit od druhého až třetího týdne. To znamená, že průběh infekce nemohou podstatně ovlivnit. S bakteriemi legionely jsme v častém kontaktu. Je to způsobeno jejich všeobecným rozšířením v našem okolí. Z tohoto důvodu se předpokládá, že nezanedbatelná část populace, má proti bakteriím legionely vytvořenou imunitu. Legionely, způsobují v běžné populaci jen 2 – 5 % zánětů plic, ze všech evidovaných. (37)

### **1.1.5 Predisponování jedinci**

Jak již bylo řečeno, tak vyšší náchylnost k legionelovým infekcím mají starší lidé, alkoholici a kuřáci, chronicky nemocné osoby či osoby s poruchou imunity. Tato vyšší incidence je způsobena jejich zhoršenou plicní funkcí nebo porušenou buněčnou imunitou. (37)

K porušení buněčné imunity dochází také u pacientů po transplantacích, s různými nádorovými onemocněními, dále u osob užívající léky potlačující imunitní pochody jako jsou kortikosteroidy nebo imunopresiva a pacienti s AIDS. U takovýchto pacientů bývá původcem legionelové infekce nozokomiální neboli nemocniční nákaza. Je odhadováno, že až 30 % nozokomiálních zánětů plic způsobuje právě bakterie Legionelly. (37)

### **1.1.6 Prevence a doporučení při onemocnění způsobeném legionelou**

Z praxe již víme, že provozovat rozvodnou síť, neboli vodovod, bez přítomnosti legionel nebo jiných mikroorganismů je nemožné. Dále je třeba omezit nebo úplně eliminovat styk s aerosoly, což je také velmi nelehký úkol. Je ale možnost, vyloučit ze zařízení takzvanou respirabilní frakci aerosolu, pomocí technických konstrukcí sprchových růžic, rozprašovačů a dalších zařízení. Abychom dosáhli poklesu infekčního rizika legionely, musíme výrazně redukovat její dávku v pitné vodě. (56)

Další prevencí před vznikem legionářské nemoci je stejně jako u mnoha dalších onemocnění udržování se v dobré tělesné kondici – sport, dostatečný spánek, pravidelná a zdravá strava a omezování působení stresu. U kuřáků je riziko nakažení se legionelou vyšší, než u nekuřáků. (37)

Proti legionelóze se bohužel nemůžeme očkovat. Důraz je proto kladen na preventivní opatření, která jsou zaměřená na technické úpravy, čištění zařízení produkující aerosol, jako jsou například klimatizační jednotky a na dezinfekci cirkulující vody, obsažené právě v těchto zařízeních. V systému vodovodních rozvodů se legionely likvidují termickou či chemickou cestou. (37)

### **1.1.7 Legionela v číslech**

V USA onemocní každoročně Legionellou 9 – 17 000 osob. S Legionellou můžeme bojovat vysokou teplotou vody, to znamená alespoň 60 °C. Při této teplotě trvá zničení bakterií až několik hodin. Při zvýšení na 70 °C se tato doba zkracuje i na vteřiny. Dnes známe více jak 53 druhů legionel. Přenos je uskutečňován prostřednictvím kapének. (36)

### **1.1.8 Úmrtnost na Legionellu**

Jestliže nedojde k léčení legionářské nemoci včas, nezřídka se stává smrtelnou. Obzvláště pak u predisponovaných osob s poruchami imunity nebo chronickým plicním onemocněním. U pacientů dosud zdravých, dosahuje úmrtnost 15 – 20%. U pacientů

s oslabenou imunitou, nemocných nebo pozdě léčených, dosahuje úmrtnost 30 – 50%. Mezi příčiny smrti obvykle patří selhání plic nebo jiných životně důležitých orgánů. Může také dojít k rozsevu infekce po celém organismu. U neléčených osob může úmrtnost dosáhnout až 80%. (37)

### **1.1.9 Legionella v české legislativě**

#### **1.1.9.1 Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví v platném znění**

##### **Hygienické požadavky na vodu**

*„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, voda, která je určena 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 její původ, skupenství a způsob jejího dodávání.“ (14)*

*„Hygienické požadavky na zdravotní nezávadnost a čistotu pitné vody se stanoví hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem, nebo jsou povoleny nebo určeny podle tohoto zákona příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví.“ (14)*

*„Hygienické limity se stanoví jako nejvyšší mezní hodnoty, mezní hodnoty a doporučené hodnoty. Doporučené hodnoty jsou nezávazné hodnoty ukazatelů jakosti pitné vody, které stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky, nebo optimální rozmezí koncentrace dané látky.“ (14)*

*„Provozovatel vodovodu pro veřejnou potřebu je povinen zajistit, aby dodávaná pitná voda měla jakost pitné vody.“ (14)*

*„Teplá voda dodávaná jako součást podnikatelské činnosti osoby nebo jiné činnosti právnické osoby musí splňovat hygienické limity mikrobiologických, biologických,*

*fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem; za splnění této povinnosti odpovídá výrobce teplé vody. Teplou vodu dodávanou potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem, které jsou konstrukčně propojeny směšovací baterií s vodovodním potrubím pitné vody, může výrobce vyrobit jen z vody pitné.“ (14)*

#### **1.1.9.2 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, jakož i vody teplé vyráběné z individuálního zdroje pro účely osobní hygieny zaměstnanců. Vyhláška dále stanoví rozsah a četnost kontroly dodržení jakosti pitné vody a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody.“ (12)*

##### **1.1.9.2.1 Ukazatele jakosti pitné a teplé vody a jejich hygienické limity**

*„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.“ (12)*

*„Hygienické limity ukazatelů teplé vody musí být dodrženy na všech místech uvnitř stavby nebo na pozemku, kde teplá voda vytéká z kohoutku nebo ze sprchy.“ (12)*



**Mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele teplé vody podle § 3 odst. 3 zákona a jejich hygienické limity:**

**Tabulka č. 1 Mikrobiologické požadavky**

<b>Mikrobiologické požadavky</b>					
<b>č.</b>	<b>Ukazatel</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Limit</b>	<b>Typ limitu</b>	<b>Vysvětlivky</b>
<b>1</b>	Legionely	KTJ/100ml	100	MH	1, 2
<b>2</b>	Legionely	KTJ/100ml	0	NMH	1, 3
<b>3</b>	Počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	200	200	1

(12)

**Vysvětlivky:**

1. „Odběr vzorků pro stanovení ukazatelů teplé vody (s výjimkou cíleného epidemiologického šetření) se provádí po odpuštění vody po dobu 1 minuty.“ (12)

2. „Limit jako mezní hodnota platí pro zdravotnická a ubytovací zařízení, pro teplou vodu dodávanou do sprch umělých nebo přírodních koupališť a pro pitnou vodu použitou pro výrobu teplé vody; pro ostatní objekty platí jako doporučená hodnota, o kterou je nutné pomocí technických opatření usilovat.“ (12)

3. „Limit jako nejvyšší mezní hodnota platí pro oddělení nemocnic, kde jsou umístěni imunokompromitovaní pacienti, jako jsou například oddělení transplantační, nedonošenecká, anestezioreuscitační, dialyzační, onkologie, hematoonkologie, jednotky intenzivní péče.“ (12)

„Doporučení - Teplota teplé vody po odtočení by neměla klesnout pod 50 st.C (optimálně nad 55 st.C) z důvodu minimalizace rozvoje legionel v rozvodu vody.“ (12)

### **1.1.9.2.2 Četnost kontrol**

Příloha číslo 4, vyhlášky 252 z roku 2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném

znění, stanovuje minimální roční četnost odběrů a rozborů vzorků pitné vody pro provádění kontroly, zda voda má jakost pitné vody. (12)

**Tabulka č. 2 Četnost odběrů a rozsah vzorků pitné vody**

Minimální roční četnost odběrů a rozsah vzorků pitné vody (mimo balené vody)			
Počet obyvatel zásobované oblasti při denní spotřebě 200 l na osobu	Objem vody rozváděné či produkované v zásobované oblasti (m <sup>3</sup> /den)	Roční počet vzorků pro krácený rozbor	Roční počet vzorků pro úplný rozbor
≤ 50	≤ 10	1	1 za dva roky
> až 50 ≤ 100	> 10 až ≤ 20	2	1
> až 100 ≤ 500	> 10 až ≤ 100	3	1
> 500 až ≤ 5 000	> 100 až ≤ 1 000	4	2
> 5 000 až ≤ 50 000	> 1 000 až ≤ 10 000	4 + 3 na každých 1000 m <sup>3</sup> /den (včetně nedokončených z celkového objemu)	1 + 1 na každých 3300 m <sup>3</sup> /den (včetně nedokončených z celkového objemu)
> 50 000 až ≤ 500 000	> 10 000 až ≤ 100 000		3 + 1 na každých 10000 m <sup>3</sup> /den (včetně nedokončených z celkového objemu)
> 500 000	> 100 000		10 + 1 na každých 25000 m <sup>3</sup> /den (včetně nedokončených z celkového objemu)

(12)

Kromě těchto, v tabulce uvedených četností kontrol, se odběry a rozborů vzorků vody provádějí dalších v případech uvedených ve vyhlášce 252/2004 Sb., a to z nového vodovodního potrubí nebo jeho části, která má být uvedena do provozu, dále v případech, kdy dojde k přerušení zásobování vodou a to na více jak 24 hodin. (12)

*„Před zahájením sezonního využívání části vodovodu nebo individuálního zdroje pitné vody, u zdrojů s minimální četností rozborů a sezonním provozem do 6 měsíců, které jsou provozovány podle § 3 odst. 2 písm. a) až d) zákona, je možno tento rozbor započítat do minimální*

*roční četnosti podle odstavce 1 a po opravě havárie vodovodu, která by mohla ovlivnit jakost vody ve vodovodu.“ (12)*

### **1.1.9.3 Sureveillance legionelózy**

Jedná se o systém epidemiologické bdělosti, který je upraven vyhláškou číslo 473/2008 Sb., ve znění pozdějších předpisů. „*Tato vyhláška upravuje rozsah infekcí, pro které je zaveden systém epidemiologické bdělosti (surveillance),“* a stanovuje, mimo jiné i surveillance legionelózy v příloze číslo 10. V této příloze je celkem v sedmi člancích popsán systém epidemiologické bdělosti legionelózy. (13)

Článek 1, popisuje klinickou definici legionelózy. Jsou zde uvedena a popsána onemocnění, jakými jsou legionářská nemoc a pontiacká horečka, jejich průběh, příznaky a inkubační doba. (13)

V článku 2, je obsažena laboratorní diagnostika a kritéria, která musí splňovat pro prokázání legionelózy. (13)

Článek číslo 3 uvádí epidemiologická kritéria, při kterých musí dojít k expozici stejnému rezervoáru, jako u již potvrzeného případu onemocnění. (13)

Ve čtvrtém článku je uvedena klasifikace případů onemocnění. Tato klasifikace je rozdělena do několika skupin – A) Možný, B) Pravděpodobný, C) Potvrzený, a další klasifikace legionelóz pro účely národního systému epidemiologické bdělosti (nozokomiální legionelózy, cestovní legionelózy, profesionální, komunitní a jiné). (13)

V článku číslo 5 je upraveno shromažďování údajů a jejich hlášení. „*Osoba poskytující péči, která diagnostikuje onemocnění legionelózou, neprodleně hlásí orgánu ochrany veřejného zdraví onemocnění a úmrtí na toto onemocnění.“* (13)

Článek číslo 6 – Epidemiologické šetření při podezření na výskyt legionelózy uvádí: „*Osoba poskytující péči, která vyslovila podezření na onemocnění legionelózou, provede odběry biologického materiálu (bronchoalveolární laváž, sputum nebo pleurální výpotek, moč, krev, případně další tělní tekutiny, v případě úmrtí část ze zasaženého ložiska plicní tkáně) k laboratornímu průkazu etiologie a zajistí jejich*

*transport do vyšetřující laboratoře. Vykultivované kmeny, případně odebraný biologický materiál, předá laboratoř do Národní referenční laboratoře pro legionely k identifikaci a typizaci nebo zpracování. Epidemiologické šetření zajistí orgán ochrany veřejného zdraví, zejména s cílem určit rezervoár infekce a cestu přenosu.“ (13)*

Článek 7, popisuje protiepidemická opatření v ohnisku onemocnění legionelózou, jimiž jsou:

1. Hlášení onemocnění legionelózou podle článku 5.
2. Zajištění odběru biologického materiálu k ověření diagnózy, jeho transport do příslušné laboratoře.
3. Epidemiologické šetření v ohnisku nákazy včetně vymezení dalších ohrožených osob, prověření cestovní anamnézy, odběrů vzorků vod z technických zařízení, návrhu na technickou revizi. (13)

#### **1.1.10 Kontaminace vody Legionellou**

Pitná voda a její příjem se řadí mezi nejzákladnější životní potřeby člověka a její příjem, spolu s dalšími tekutinami, patří k elementárním životním potřebám, důležitým pro správné fungování lidského organismu. Z tohoto důvodu klademe důraz na její kvalitu. Pokud kvalita vody neodpovídá hygienickým požadavkům, může docházet k různým zdravotním problémům jejích uživatelů, ať už akutního či chronického charakteru. Rizika spojená s nevyhovující kvalitou vody, nemůžeme vyloučit u žádné vody a nezáleží, zda bereme v potaz vodu z distribuční sítě, tedy vodovodu, studny nebo vodu balenou. To znamená, že ani u vody balené si nemůžeme být jistí její kvalitou, s ohledem na proces výroby, distribuci či její nevhodné uskladnění. (14, 48)

### **1.1.10.1 Základní rozdělení kontaminace vodovodních rozvodů**

#### **1.1.10.1.1 Lokální kontaminace**

Jako lokální kontaminaci označujeme místa, kdy není postižen celý rozvodný systém, ale pouze odběrová, neboli výtoková místa, jako jsou baterie, sprchové růžice, kohouty, výlevky, apod.). Takovouto kontaminaci můžeme obvykle v těchto místech krátkodobě avšak okamžitě velmi výrazně zredukovat a to pouhým odpuštěním vody. Ve většině případů stačí 5 minut, pokud se tedy nejedná o slepé rameno rozvodů. V opačném případě musíme proplachovat delší dobu. (56)

#### **1.1.10.1.2 Systémová kontaminace**

Systémová kontaminace, již podle svého názvu ukazuje, že se jedná o přítomnost bakterií v celém vodovodním systému. Ve většině případů nebývají postižena výtoková místa. Jedná se tedy o kontaminaci celého systému, při které nepostačí pouhé odpouštění vody, ale musí dojít k dezinfekci, ať už termické či chemické. Mělo by také dojít ke změně provozu, sanitace a údržby vodovodního systému. Ve velké většině případů se situace stále opakuje a tak musí dojít k řadě technických a stavebních úprav. (56)

### **1.1.10.2 Faktory přispívající ke kontaminaci Legionellou**

Faktorů, které přispívají ke kontaminaci vodovodních systémů právě bakteriemi legionely je celá řada. Mezi hlavní faktory je teplota vody. Teplota, která se pohybuje v rozmezí 20 – 50 °C je optimální pro rozvoj a šíření legionel. Proto by hodnoty teplé vody měli být udržovány na teplotě 55 °C u vody teplé a na 20 °C u vody studené. Velmi důležitá je také izolace vodovodního potrubí a to nejen s teplou vodou, ale i se

studenou. V případě špatné izolace rozvodů studené vody, může docházet k ohřevu vody v potrubí z okolních zdrojů tepla a prostředí. Naopak u špatné izolace na teplovodním rozvodu dochází k ochlazování vody a tím i k rozvoji legionel. Obvyklým problémem bývají také úseky, kde dochází k malému průtoku vody, neboli stagnaci, zvláště pak u velkoobjemových zásobníků vody, slepá či málo využívaná ramena rozvodné sítě. V těchto problematických místech tak dochází k rozvoji biofilmů, ukládání sedimentů, kalu, koroze potrubí a může dojít a poškození rozvodného systému. (56)

### **1.1.11 Problematika legionelóz z epidemiologického hlediska**

Počty případů onemocnění, způsobených legionelou, která jsou v České republice hlášená, jsou pouhým zlomkem z počtu skutečných onemocnění. Onemocnění způsobená legionelou, patří totiž k takzvaně poddiagnostikovaným, respektive podhlášeným onemocněním, které jsou často nerozpoznané od jiných netypických pneumonií. V ČR bylo od roku 2000 hlášeno cca 12 případů onemocnění ročně. Když došlo v roce 2009 k zavedení aktivní surveillance, došlo také k navýšení počtu hlášených onemocnění až na 60/rok. I přes tuto skutečnost, je odhadováno, že skutečný počet onemocnění by se měl pohybovat okolo 180 ročně. K podhlášenosti dochází z několika důvodů. Mudra uvádí, že k úskalím dochází na straně klinika, laboratoře, ale i orgánu ochrany veřejného zdraví. (16, 40)

Dle Drašara, je podstatou při hledání zdroje nákazy odběr biologického materiálu od pacienta s klinickými příznaky, abychom mohli určit shodu se vzorkem, odebraným v předpokládaném místě nákazy. K tomu je potřeba epidemiologa a mikrobiologa, který v místě provede odběry vody a stěry. (16, 40)

### 1.1.12 Legionella ve vodovodním potrubí

Vodovodní potrubí, je člověkem přímo využívaný systém, pro dodávku nejen pitné vody, na určené místo. Při realizaci vodovodu musí docházet ke správné volbě materiálu, z něhož vodovod bude. Totiž, při použití nevhodného materiálu může docházet ke změnám kvality pitné vody a to nejen z hlediska chemického složení, ale také mikrobiální kolonizace. Různé druhy materiálů, ze kterých jsou v dnešní době rozvodné systémy vody realizovány, mají rozdílné vlastnosti ve vztahu k bakteriím, ať už se jedná o vodu studenou či teplou. (49)

V případě teplé vody, musíme také brát v potaz technologii ohřevu. Právě nevhodně zvolené a také neudržované ohřívače vody, mohou být dalším zdrojem kolonizace a to z důvodu, že jsou v nich vytvořeny přímo ideální podmínky pro nárůst bakterií. Příkladem jsou neodkalované zásobníkové ohřívače, vodorovné rozvody s množstvím kalu, či deskové výměníky bez akumulace vody. Právě v těchto výměnících dochází k nemožnosti zachycení a následného odstranění kalu, který může být značným předpokladem pro mikrobiální kolonizaci vodovodního systému. (49)

Výchozím bodem pro mikrobiální kolonizaci systému, je však uchycení a rozvoj biofilmů na vnitřních stěnách potrubí, vodovodních armatur a jejich těsněních a vlastně na všem, co přijde do styku s vodou. Experimenty prokázaly, že do jednoho týdne dochází k mikrobiální kolonizaci na všech povrchích používaných materiálů, kromě měděných. V průběhu tří týdnů se vytvářejí viditelná mikrobiální společenstva, která produkují usazeniny a sliz, což má za následek tvorbu biofilmu. (49)

**Tabulka č. 3 Materiál vs. Legionella pneumophila**

Materiál	Osídlení (počet kolonií 1 x 10 <sup>3</sup> /1 cm <sup>2</sup> )		Relativní osídlení	
	Mikroflóra celkově	Legionella pneumophila	Mikroflóra celkově	Legionella pneumophila
<b>Měď</b>	70	0,7	1	1
<b>Sklo</b>	150	1,5	2,1	2,1
<b>Polybutylen</b>	180	2	2,6	2,8
<b>Polyetylén</b>	960	23	13,7	33
<b>Tvrký PVC</b>	1070	11	15,3	15,7
<b>EPC</b>	27000	500	386	714

(49)

Holandským institutem pro výzkum kvality pitné vody KIWA, byla uskutečněna studie, která zkoumala vztah mezi bakteriemi legionely a materiály, určenými pro výstavbu vodovodního potrubí. Výzkum probíhal v laboratorních podmínkách, na nových trubkách s teplotou vody 37 °C, která tvoří ideální podmínky pro růst této bakterie. Po 500 dnech výsledky ukazovaly, že nárůst bakterií je na měděných trubkách několikanásobně menší, než v případě trubek ze síťovaného polyethylenu (PEX). Tudiž se tedy zdálo, že měď je ideálním materiálem. Ovšem po dalších deseti měsících došlo k obratu a nárůst bakterií byl u mědi vyšší. Jako vysvětlení tohoto faktu studie uvádí, že biofilm, který Legionella pro svůj růst využívá, se na měděných trubkách tvoří pomaleji než na trubkách plastových. Měď totiž působí na mikroorganismy toxicky, avšak po uplynutí určitého času dochází k vytvoření biofilmů i na mědi a tím i ztrátě jejího antibakteriálního působení. (1)



### 1.1.13 Technická a organizační opatření

Návrh parametrů, které by měl splňovat distribuční systém teplé vody s ohledem na minimalizaci rozvoje legionel, je dle metodického doporučení Státního zdravotního ústavu – Oddělení hygieny vody ke kontrole jakosti teplé vody (zvláště s ohledem na riziko přítomnosti legionel) podle § 3 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb. v platném znění rozdělen do několika bodů:

a) regulace distribučního systému, monitorování teplotního režimu:

Voda, vystupující z ohřevu by měla mít teplotu alespoň 60 °C, při kterých by měla být také uchovávána a distribuována způsobem, který v průběhu jedné minuty výtoku zajistí teplotu minimálně 50 °C. Lépe však 55 °C. V systému, kde teplá voda cirkuluje, by nemělo docházet k poklesu teploty vratné vody, oproti vodě, která vystupuje z ohřevu. Teplota vratné vody by neměla klesnout pod 50 °C. Stejně tak jsou doporučovány teploty pro vodu studenou, kdy by teplota studené vody v rozvodu neměla přesáhnout hranici 20 °C, během jejího odtáčení po dvě minuty. (55)

Rozvodný systém, by měl být správně vyregulován, co se týče teploty vody, jejího tlaku a také průtoku. Znamená to, že rozdíl mezi teplotami na výtocích po odtáčení vody během jedné minuty, by neměl překročit rozmezí deseti stupňů Celsia. Pokud dochází k vyšším teplotním rozdílům, může to znamenat nedostatečný průtok vody potrubím, špatnou izolaci potrubí či dokonce špatně navržený systém rozvodu vody. (55)

b) ostatní technické požadavky:

Tyto požadavky spočívají v úpravách systému v místech, kde může docházet a obvykle dochází k velkým kolonizacím mikroorganismy a tato místa by měla být ze systému odstraněna. Jedná se o slepá či nevyužívaná potrubí a zásobníky vody, dále místa, ať už teplého či studeného rozvodu, která mají malý nebo žádný průtok vody. Měli bychom se vyvarovat příliš velkým zásobníkům studené vody. Jejich skladovaný objem, by měl odpovídat spotřebě na jeden den. (55)

Dalším požadavkem, je možnost periodického zvyšování teploty vody v systému na 70 °C, takzvaný teplotní šok, kdy teplota vody v systému po tři dny zůstane na 70 °C, popřípadě zajištění jiného způsobu dezinfekce teplé vody. V systému bychom měli být

schopni udržovat stálou teplotu vody v rozmezí 55 – 56 °C. Jako další způsob dezinfekce, je zde uvedeno šokové hyperchlorování, které je prováděno jedinou dávkou chloru při teplotě nižší než 30 °C po dobu 1 až 2 hodin, podle použité dávky 20 – 50 mg/l, která musí být přítomna v celém systému. Je zde také možnost použití chlordioxidu, který je méně prchavý a je účinnější proti biofilmům. (55)

Materiály, které jsou použité pro stavbu vodovodních rozvodů, musí být dle EN 16421:2012, návrh evropské normy testovacích metod pro stanovení vlivu materiálů na vodu určenou pro lidskou spotřebu takové, které nepodporují růst mikroorganismů, avšak v České republice dosud takovéto testování materiálů, které jsou používány k distribuování teplé a pitné vody není povinností. Systém rozvodů, vedoucí studenou vodu musí být dostatečně izolován a vzdálen od zdrojů tepla tak, aby nedocházelo ke zvýšení teploty studené vody a to o více jak 2 °C. Dle ČSN EN 1717, musí být rozvody chráněny, proti zpětnému průtoku vody. (55)

c) sanitace a údržba:

Pokyny pro sanitaci a údržbu zařízení pro ohřev a rozvody teplé vody, by měly být uvedeny v provozním řádu instituce. Jedná se o pokyny, které udávají způsob a četnost údržby těchto zařízení, jako je odkalování potrubí a zásobníků na vodu a to z důvodu, že tyto nečistoty v systému sťažují jeho regulaci v tlaku, teplotě a průtoku, ztěžují průchod dezinfekci a umožňují rozvoj a šíření mikroorganismů. (55)

Přílohou metodického doporučení SZÚ je „Prevence nadměrného výskytu bakterií rodu Legionella v teplé a pitné vodě“, což je výtah z technické normalizační informace TNI CEN/TR 16355 (75 5407) - „Doporučení pro prevenci zvyšování koncentrace bakterií rodu Legionella ve vnitřních vodovodech pro rozvod vody určené k lidské spotřebě“. V tomto dokumentu jsou uvedena preventivní opatření, která by měla zajistit snížené riziko rozvoje legionel, kupříkladu že bychom se měli vyvarovat teplotám vody v rozsahu 25 – 55 °C, při které dochází k optimálním podmínkám pro rozvoj těchto bakterií, v necirkulujícím vnitřním rozvodu teplé vody má být ve všech místech vodovodu dosaženo nejméně 55 °C. V případě cirkulačního rozvodu s teplou vodou, samozřejmě vnitřního, by v každém okruhu cirkulace mělo být minimálně 55 °C a při otevření kteréhokoliv výtokového místa mělo být do 30 sekund dosaženo minimální

teploty šedesáti °C. Důležitost, je zde kladena také na dobu stagnace vody v potrubí, která by měla být co nejvíce omezena, například rovnoměrným odebíráním vody ze systému nebo minimálně jednou týdně provést proplach každé části vodovodního rozvodu. To znamená, že alespoň jednou týdně musí být otevřena všechna výtoková místa. Nepoužívaná potrubí by měla být co možná nejkratší nebo odstraněna úplně. Důležité je odkalování celého systému, včetně zásobníků a ohřivačů. Existence biofilmů umožňuje přežití a rozvíjení bakterií legionel a proto je důležitá volba materiálu pro stavbu rozvodného systému, který omezuje tvorbu biofilmů a tím i růst bakterií. Studená voda musí být teplotně udržována na nízké úrovni. Z tohoto důvodu se musíme vyvarovat blízkému kontaktu s tepelnými zdroji a nekvalitní izolace. Pokud je rozvod studené a teplé vody či ústředního topení veden souběžně, jejich vzdálenost mezi sebou musí být ve stěnách minimálně 125 mm a v podlahách či stěnách z betonu alespoň 200 mm. Pokud jsou rozvody vedeny skrze podhledy, musí být studená voda vedena pod potrubím s teplou vodou nebo ústředním topením a s dostatečnou vzdáleností. Jestliže jsou všechna potrubí umístěná v instalačních šachtách, tak rozvod se studenou vodou má být veden odděleně v takzvané chladné šachtě. Těmito opatřeními se vyhneme nechtěnému ohřevu studené vody a riziku její následné kolonizace. Systém, vedoucí teplou vodu, by měl být navržen takovým způsobem, aby dokázal odolat teplotám alespoň 70 °C, aby bylo možné provádět termickou dezinfekci a to ve všech místech rozvodného systému. (55)

Snaha o eradikaci legionel z vodovodního systému, ať už chemickou, termickou či kombinovanou cestou má obvykle krátkodobý účinek, obvykle v řádu jednoho až dvou měsíců. Proto je nutné toto snažení podpořit provozními, technickými, ale i stavebními opatřeními. Šašek uvádí, že nejvýznamnější z provozně-technických opatření je tzv. "vyregulování" systému rozvodu TUV, dále udržování teploty teplé vody do 55 °C, jedenkrát denně ohřát přehřívací stupně na 60 °C s možností termodezinfekce jednou týdně při  $\geq 70$  °C. (56)

*„Vyregulovaný systém rozvodu TUV musí splňovat určité teplotní a tlakové charakteristiky.“* V rozvodném systému teplé, cirkulující vody, nesmí dojít k poklesu teploty o více jak 5 °C u vody která vstupuje do ohřevu (vratné vody) oproti vodě

vystupující z ohřevu. Při stejném zdroji ohřevu, na stejném podlaží, musí být rozdíl v teplotě teplé vody mezi nejvzdálenějšími výtakovými místy maximálně 3 °C. Měření se provádí po 30 sekundách plného průtoku vody. Na všech odběrových místech, musí být tlak teplé i studené vody vyrovnaný. (56)

Technická opatření v rámci stavebních úprav, znamenají zásah do celého systému. Důležitá je také údržba a funkčnost všech částí a zařízení rozvodného systému, aby následná dezinfekční opatření byla účinná. Až po provedení všech těchto opatření můžeme dosáhnout účinnosti dezinfekce a minimalizovat tak riziko legionelózy. (56)

#### **1.1.14 Eliminace legionel z distribuční sítě pitné vody**

Z praxe již víme, že eradikace legionel z vodovodní sítě není možná a to z důvodů biologických i technických. Můžeme však zredukovat jejich přítomnost na přijatelnou úroveň. Většinou ale jen krátkodobě. Abychom dosáhli kýženého dlouhodobého efektu, musí docházet ke kontinuální eradikaci, založené nejlépe na kombinaci chemické a termické dezinfekce nebo alespoň jedné z těchto možností. Problémem však zůstává, že se tyto eradikační zásahy provádějí na nevyregulovaných systémech rozvodů vod a tím samozřejmě dochází ke snižování účinnosti těchto eradikačních opatření. (56)

*„Přežívání legionel v síti umožňuje rozvoj biofilmů na vnitřní straně potrubí a vod. armatur. V těchto útvarech jsou mikroorganismy chráněny před působením dezinfekce.“*  
*„V případě legionel působí v rozvodech pitné vody ještě další nepříznivý fenomén, totiž výskyt volně žijících prvoků a zejména améb v biofilmech (slizových povlacích vnitřku potrubí). Ty jsou hostitely legionel a legionely jejich nitrobuňčnými parazity. Legionely nacházíme i v jejich cystách, které jsou extrémně odolné teplotně i chemicky, takže v nich legionely přežijí jak termodezinfekci, tak i dezinfekci chemickou.“* (56)

Na nemocničních odděleních s pacienty s oslabenou imunitou, jako ne jednotka ARO či JIP, musí být úplná absence legionel. Znamená to, že v jednom litru vody musí být nález negativní. Toto však není možné. Jediným možným řešením je tedy nepoužívání vody z kolonizované rozvodné sítě, ani k osobní hygieně, ani k pití. (56)

### **1.1.15 Způsoby odstranění legionel z rozvodné sítě**

Způsoby dezinfekce rozdělujeme do několika skupin. Prvním ze způsobů je fyzikální, dále chemická a nebo kombinace obou, tedy fyzikálně-chemická dezinfekce.

#### **1.1.15.1 Fyzikální dezinfekce**

##### **1.1.15.1.1 Termodezinfekce**

Termická dezinfekce (termodezinfekce) je nárazové nebo kontinuální, přehřívání celého objemu vodovodního systému, od zdroje přípravy teplé vody až po výtoková místa. Toto přehřívání systému je prováděno na teploty nad 60 °C. Podstatou termodezinfekce je pravidelné zvyšování teploty v celém systému, včetně odběrových (výtokových) míst. Důležité je, aby v těchto výtokových místech docházelo k jejich proplachu po určitou dobu. Platí, že čím vyšší teplota vody v systému, tím kratší doba je nutná k účinku. Při ohřátí vody na 70 °C, stačí již 5 minut proplachu ke snížení kontaminace legionelami. (56, 66)

Tato metoda ohřevu a proplachu je nazývána "Superheat and flush". Její efekt není dlouhodobý a musí být pravidelně opakován, aby se předcházelo opětovné kolonizaci legionelou. Je to způsobeno stávajícími problémy v rozvodném systému a to právě přítomností biofilmů, sedimentů, inkrust, nevyužívaných nebo slepých ramen, úseků s malým průtokem vody. Tyto technické problémy v rozvodné síti způsobují, že nedochází k „prohřátí“ celého systému a následně vedou k opětovné kolonizaci. Šašek uvádí, že se termodezinfekcí při 70 °C po dobu 72 h s 20 až 30 minutovým proplachem sníží % kontaminace výtokových míst ze 30 až 40% kolonizace před zvýšením teploty, na 0 % po týdnu a 10 až 30 % po měsíci po zásahu. Tentýž zásah s teplotou 60 °C má malý efekt. Termodezinfekce působí kromě legionel i na množství jiných bakterií, plísní a snižuje počty prvoků. (56)

Mezi další, kromě výše uvedených problémů termodezinfekce, patří i vysoké finanční náklady, spojené s organizační a technickou náročností. Termická dezinfekce vyžaduje vyregulovaný rozvodný systém, což je velice obtížné a finančně náročné. (56)

#### **1.1.15.1.2 UV zářiče**

Použití ultrafialového světla, jako dezinfekčního prostředku, není žádnou novinkou. Dezinfekce pomocí UV záření byla poprvé aplikována v roce 1910, v Marseille ve Francii. UV světlo bylo běžně užíváno k dezinfekci užitkové vody v průmyslu, jako je farmacie a potravinářství. Výhodou při desinfekci vody UV zářením je, že nedochází k produkci nežádoucích vedlejších látek. (6)

UV záření, je elektromagnetické záření ve vlnové délce 100 – 400 nm. Představuje tedy rozmezí mezi paprsky X a viditelnou částí spektra. UV lampy klasifikujeme podle tlaku v trubici na lampy nízkotlaké (low-pressure), vydávající monochromatické záření o vlnové délce 253,7 nm, dále na střednětlaké (medium-pressure), které vydávají polychromatické záření s vlnovou délkou 180 – 400 nm a na lampy s vysokou intenzitou záření s takzvaným pulzním způsobem emise. Energie částic elektromagnetického záření, tedy fotonů, je vyjadřována v Joulech. (57)

Při dezinfekci ultrafialovým zářením, dochází k fotochemickému poškození nukleových kyselin (DNA) buňky, bílkovin, enzymů a dalších molekul. Do nukleových kyselin je absorbováno záření v rozsahu vlnových délek 240 – 280 nm a dochází tak k poškození buněčných struktur bakterie. Následkem je nemožnost množit se. Může však dojít k procesu reaktivace, tedy obnovy poškozených struktur buňky, pomocí enzymů. Při použití polychromatických UV lamp, dochází k poškození enzymů a reaktivace poškozených buněk tak není možná. (57)

Výhodami dezinfekce ultrafialovým zářením je, že do vody nejsou vnášeny žádné chemikálie a tím odpadá riziko vedlejších produktů dezinfekce, není ovlivněna chuť ani pach, nedochází ke změnám ve složení vody a účinek UV nezávisí na teplotě a chemickém složení vody. (57)

Mezi případná rizika, při použití UV záření patří vznik mutagenních látek a to z důvodu, že působí na genetické struktury buňky. Amesovým testem však nebyla mutagenita prokázána ani při dávce  $10\,000\text{ J/m}^2$ . Legislativní požadavek na použití UV je  $400\text{ J/m}^2$ . Dalším rizikem je vznik biodegradabilních sloučenin. Jsou to sloučeniny, které jsou snadno využitelné k výživě bakterií. Zvýšená produkce biodegradabilních sloučenin nebyla měřením potvrzena a jejich koncentrace ve vodě zůstává na stejných hodnotách, jako při běžných úpravách pitné vody. Může také docházet k tvorbě dusitanů a formaci formaldehydu, při použití střednětlakých lamp proti nízkotlakým. Tomuto problému se dá předejít trubici, vyrobenými z křemenného skla. Ke zvýšené tvorbě dusitanů, dochází však až při dávkách  $10\,000\text{ J/m}^2$  a vyšších. K formaci formaldehydu může docházet u povrchových nebo podzemních vod, obsahující huminové látky. Ty by ale měly být odstraněny běžnou úpravou vody. (57)

#### **1.1.15.2 Chemická dezinfekce**

V praxi je chemická dezinfekce prováděna dvěma způsoby z hlediska finanční náročnosti. První způsob obsahuje vysokou finanční náročnost na technické vybavení k aplikaci biocidu a cena biocidů je relativně nízká. Druhá varianta je opačná. Technologie není tak drahá jako v prvním případě, avšak finanční náklady spojené s nákupem biocidů, tedy provozní náklady, jsou velmi vysoké. I přes tato finanční úskalí chemodezinfekce, nastává další problém. Při použití biocidů s neschopností pronikání do biofilmů, nemůžeme očekávat, že dlouhodobá kvalita vody bude zajištěna. Docházíme tedy k závěru, že použití těchto biocidů se jeví jako nevýhodné. Oproti těmto skutečnostem, nelze vždy a to zejména ve starých vodovodních systémech aplikovat biocidy, které mají penetrační účinek. (47)

### 1.1.15.2.1 Chlorace

Chlorace se svou účinnější variantou hyperchlorací je využívána k odstranění legionel z rozvodné sítě pitné vody. Využití chlóru k dezinfekci vody, byla nejpoužívanější metoda. Jeho dávka se odvíjí podle množství organických látek ve vodě. Při použití chlóru může docházet k reakci s organickými látkami, obsaženými ve vodě a vzniku pro organismus škodlivých látek. V tomto případě hovoříme o kontaminaci sekundárními látkami nebo vedlejších produktech chlorace. (41, 56)

Chlor a jeho další sloučeniny, mají dezinfekční schopnost na základě toho, že oxidují ionty siřičitanů, sulfidů, železitanů a manganů. Ve skutečnosti však snižují jejich účinek. Chlor, po přidání do vody, vytváří volný chlor, který se skládá ze dvou chemických látek. Kyseliny chlorné, která je elektricky neutrální a ionty chlornanu, které mají záporný náboj. Kyselina chlorná je více reaktivní než chlornanové ionty a je tedy i silnějším oxysličovadlem. Je tedy zřejmé, že poměr těchto látek ve vodě v rovnovážné koncentraci, je důležitým faktorem ovlivňujícím pH. Z tohoto důvodu bude rychlost a účinnost dezinfekce vody chlorem ovlivněna pH vody, která obsahuje další oxidovatelné organické znečišťující látky. Několik bakterií a virů bylo shledáno snadnými cíli chlorování v širokém rozmezí pH. Avšak například u bakterií rodu *Giardia* bylo zjištěno, že jsou mnohem odolnější než jiné druhy bakterií. Dalším důvodem pro zachování vysoké koncentrace kyseliny chlorné při úpravě vody může být skutečnost, že mikroorganismy nesou čistý negativní náboj na svém povrchu. Těmito povrchy snadněji proniká elektricky neutrální kyselina chlorná, než záporně nabitě ionty chlornanu. Tímto způsobem jsou mikroorganismy eliminovány nebo dochází k narušení schopnosti rozmnožování se. (46)

Aby mohlo být dosaženo kýženého účinku, musí být prováděna chlorace kontinuální, kdy je do rozvodného systému přidáváno 4 – 6 mg/l aktivního chlóru. Další možností je šoková dezinfekce, kdy je v celém rozvodu po době jedné až dvou hodin 20 – 50 mg/l. Při kontinuální dezinfekci by neměla koncentrace chlóru klesnout pod 4 mg/l. V praxi tomu tak není a to z důvodu koroze potrubí a možné sekundární kontaminace vedlejšími produkty chlóru. K potlačení aktivity legionel v potrubí,



postačuje dávka 0,4 mg/l. Bohužel toto množství je nedostačující pro biofilmy, cysty améb a jiné prvoky. Jejich odolnost vůči takto nízké dávce je velmi vysoká. (56)

#### **1.1.15.2.2 Monochloramin**

Monochloramin, dichloramin ( $\text{SnCl}_2$ ) a trichloramin ( $\text{NCl}_3$ ) se vyrábějí přidáním chloru do roztoku amoniaku, přidáním amoniaku do roztoku obsahujícího volný zbytkový chlor nebo přidáním předem namíchaného roztoku amoniaku a chlóru do vody. (67)

Oproti chlóru, má chloramin delší reziduální účinky, je stabilnější za vyšších teplot, snáze proniká do biofilmů a míst, s nižším průtokem vody. Bylo zjištěno, že při využívání chloraminu k dezinfekci vody je kolonizace legionelou až 10,2 krát nižší než při dezinfekci chlórem. (56)

#### **1.1.15.2.3 Chlordioxid**

Chlordioxid, neboli oxid chloričitý je anhydridem kyseliny chloričité a je to silné oxidační činidlo. Chlordioxid je nestabilní oranžově zbarvený plyn. Díky své nestabilitě je velmi obtížné jej přemísťovat a tak bývá k dezinfekci vody vyráběn pomocí generátorů v místě potřeby. Chlordioxid není užíván pouze k dezinfekci vody, ale také k bělení či dezinfekci v potravinářství. (18)

Oxid chloričitý působí pouze oxidačně, na rozdíl od ostatních sloučenin chlóru. Také u něho nedochází k reakcím s metabolickými produkty řas a bakterií a tím pádem nedochází ke vzniku zápachajících derivátů chlóru. Oproti ostatním způsobům dezinfekce má prodloužený reziduální účinek. (65)

#### **1.1.15.2.4 Ozón**

Ozón byl poprvé použit pro úpravu pitné vody v roce 1883 v Oudtshoornu v Holandsku. V roce 1906 byl při závodě ve Francii poprvé použit k dezinfekci. Od té doby byl ozón široce používán pro dezinfekce pitné vody v mnoha evropských zemích. Ozón použitý při operacích na úpravu vody je generován na místě, především z následujících dvou důvodů. Ozon je nestabilní formou kyslíku a snadno se rozkládá a druhým důvodem je, že kapalný ozon v koncentraci větší než 30% a stlačená směs plynného ozónu ve vzduchu jsou vysoce výbušné a tudíž nevhodné pro dopravu. Studie ukázaly, že prvním místem útoku ozonu na bakterie jsou bakteriální membrány s proteiny a nenasycenými lipidy v buněčné membráně. (38)

Ozon je výborným a nejúčinnějším dezinfekčním prostředkem. Je velmi reaktivní a jeho účinkům podléhá široké spektrum mikroorganismů. Bohužel však nevykazuje reziduální účinky, jeho životnost je velmi krátká a rychle se rozkládá. Díky tomu nestačí docházet k příslušným reakcím s organickou ani anorganickou hmotou mikrobů a nepostihuje tak vzdálenější místa v rozvodné síti. Proto je nutné jej kombinovat například s chlorací či termodezinfekcí. Jeho účinnost je relativně vysoká. K zastavení růstu mikroorganismů je třeba 0,3 – 0,4 mg/l. Toto množství postačuje i ke zničení cyst. Při koncentraci 1 až 2 mg/l dochází dokonce i poškození biofilmů. (43, 56)

Kromě výše uvedených nedostatků tohoto způsobu dezinfekce, patří i jeho silná oxidačně-korozní aktivita kovů a plastů, u kterých způsobuje jejich křehnutí, vedoucí k jejich poškození. (43)

### **1.1.15.3 Fyzikálně-chemická dezinfekce:**

#### **1.1.15.3.1 Ionizace Ag/Cu**

Při ionizaci pomocí stříbra a mědi, je využíváno působení těchto těžkých kovů mikroorganismy. Ag, neboli stříbro, působí na syntézu enzymů a proteinů v buňce mikroorganismu, zatímco Cu, měď, ovlivňuje propustnost buněčné membrány. (56)

Mezi výhody ionizace, oproti tepelné či chemické dezinfekci je její vyšší a delší účinnost. Je to z důvodu, že stříbro a měď má větší schopnost průniku do biofilmů. Při koncentraci 400 µg/l Cu + 40 µg/l Ag dochází k výraznému snížení hustoty legionel. Po 1 měsíci používání této koncentrace, je procentuální pokles pozitivita na výtocích na 0 % z původních 60 až 80 %. Pokud aplikujeme koncentrace nižší, může dojít k adaptaci mikroorganismů Ag i Cu. Při prvopočátečním zásahu bývá obvykle volená koncentrace 400 až 800 µg/l Cu + 40 až 80 µg/l Ag. Dojde tak k významné eliminaci legionel z rozvodné sítě. Pro udržení výsledného stavu pak postačuje množství okolo 5 až 20 µg/l + 50 až 200 µg/l Ag/Cu. Pokud ionizaci přeručíme nebo ukončíme, tak stav výtokových míst s 0% pozitivitou zůstane ještě cca 6 týdnů. Po dalších šesti týdnech dojde k opětovné kolonizaci a návratu k původním hodnotám. Pokud bude ionizace prováděna kontinuálně, dosáhneme dlouhodobého efektu a to až 22 měsíců. (56)

#### **1.1.15.3.2 Ionizace zinkem**

Ionizace vody zinkem je obdobná jako ionizace Ag/Cu. Je zde přítomná zinková anoda a katoda. Zinková anoda má samočisticí schopnost, která chrání vodovodní potrubí před korozi a usazováním vodního kamene, který poskytuje mikroorganismům vhodné podmínky pro jejich růst. K uvolňování zinku dochází díky zinkové anodě s velkým specifickým povrchem a oxidy zinku, které jsou vytvářeny katodou. Zinek pak působí jako srážedlo a současně jako krystalizační jádro a dochází tak k pohlcení živin, které jsou pro růst a množení bakterií nezbytné. (43)

#### **1.1.16 Shrnutí**

Dezinfekčních postupů existuje stále více. Další dostupnou možností je vybavení všech výtokových míst filtry, s porozitou 0,2 µm nebo UV lampou. Také můžeme k přípravě malých objemů vodu využívat var nebo zařízení, jako jsou například výdejní automaty, které udržují teplotu vody na cca 82 °C. Primární podmínkou pro úspěšnou

dezinfekci jakoukoliv dezinfekční látkou nebo postupem, je její přívod ve stejné koncentraci a ve stejném čase do všech míst rozvodného systému. Pokud nebude tato podmínka dodržena, nemůže být žádná dezinfekce dosáhnout úspěchu. Z těchto důvodů musí docházet k řádné údržbě a sanitaci systému, proplachům a odkalování sítě a zařízení. Velmi důležitý je správně vyregulovaný systém teplé vody, splňující teplotní a tlakové charakteristiky. (56)

## **2 CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

### **2.1 Cíle práce**

1. Zjistit stav rozvodů teplé vody v nemocnici Český Krumlov.
2. Zjistit, jaká opatření se dělají ohledně mikrobiologické kvality teplé vody ve zdravotnickém zařízení.
3. Zjistit kvalitu teplé vody v jednotlivých budovách zdravotnického zařízení s ohledem na vodovodní rozvody.

### **2.2 Výzkumné otázky**

1. Jak zamezit množení *Legionella pneumophylis* v rozvodech teplé vody v nemocnici Český Krumlov?
2. Jak zajistit dostatečné množství kvalitní teplé vody ve zdravotnickém zařízení.

### **3 METODIKA**

Pro tuto diplomovou práci byly využity metody pozorování, studium odborné literatury, práce s internetem, studium technické dokumentace a sekundární analýza dat. Technický stav zdravotnického zařízení byl porovnáván s technickou dokumentací, na základě vlastního pozorování. Laboratorní rozborů, které byly analyzovány akreditovanou laboratoří, byly vyhodnoceny a graficky zpracovány do grafů a k nim přiložených tabulek, pomocí programu Microsoft Excel. Laboratorní rozborů vody z různých budov nemocnice, s ohledem na různé druhy vodovodního potrubí, které jsem načerpal z technické dokumentace zdravotnického zařízení, byly porovnávány s českou legislativou a v ní uvedenými hygienickými limity.

Tyto výsledné hodnoty jsou v práci uváděny v absolutních číslech.

## 4 VÝSLEDKY

V nemocnici Český Krumlov a. s. byla k ošetřování teplé vody využívána pára a to až do roku 2008. Jednalo se tedy o úpravu vody pomocí termodezinfekce, která byla prováděna několikrát ročně. Docházelo k ohřívání vody na 70 – 80 °C a následnému odpouštění takto ohřáté vody na všech výtokových místech v areálu nemocnice. Právě v roce 2008 byl v kotelně nemocnice nainstalován generátor chlordioxidu od firmy EuroClean, který zde byl umístěn až do období, kdy došlo k ekologizaci kotelny a renovaci rozvodů v roce 2012. Generátor chlordioxidu a termodezinfekce parou fungovali současně a docházelo tak ke kombinaci úpravy vody cestou chemickou a fyzikální. Před koncem roku 2011 se od úpravy vody pomocí chlordioxidu ustoupilo.

K ukončení chemické desinfekce došlo především proto, že docházelo k neustálým poruchám teplovodního potrubí a servis firmy EuroClean byl i přes opakované urgency ze strany nemocnice příliš laxní. Voda byla rezavá a výsledky téměř žádné. V březnu, roku 2012, byla termodesinfekce obnovena. Zpočátku se zdáli naměřené hodnoty lepší, avšak opět se objevily příliš časté poruchy na potrubí. Teplá voda byla neustále zastavována a pouštěna, což vedlo k uvolnění biofilmu, obsaženém v rozvodech a následné kolonizaci celého systému. Termodesinfekce, byla vzhledem k technickému stavu kotelny a potrubí, také velice obtížná a k odstranění legionel docházelo pouze částečně a tudíž i krátkodobě. V celé rozvodné síti je velké množství tzv. „slepých odboček“ a nepoužívaných či nefunkčních výtokových míst. Na konci roku 2012 došlo k ekologizaci a modernizaci kotelny a rozvodné sítě v areálu zdravotnického zařízení. (58, 59, 60, 61, 62)

### 4.1 Ekologizace energetického zdroje

V roce 2012 došlo ve zdravotnické zařízení k modernizaci a ekologizaci energetického zdroje a některých částí rozvodů teplé vody. Upravená plynová kotelna, spolu se stávající kogenerační výrobou tepla, dodává v topném období teplo do všech

vytápěných budov a celoročně zajišťuje přípravu teplé vody pro všechny objekty nemocnice. (58, 59, 60, 61, 62)

#### **4.1.1 Technologie plynové kotelny**

V plynové kotelně byl odstraněn dříve využívaný parní zdroj. Došlo k tomu v návaznosti na dřívější rozhodnutí vedení nemocnice, týkající se nákupu nových sterilizačních systémů, změny technologie v nemocniční kuchyni a zrušení nemocniční prádelny. Díky odstranění parního zdroje a jeho rozvodů tak došlo k výraznému snížení ztrát při výrobě a distribuci tepla. V modernizované kotelně tak nalezneme tři kotle a dvě stávající kogenerační jednotky. Jeden z původních kotlů (K2 – Viessmann Vitomax 200) byl přezbrojen na teplovodní. Jeho výkon je nyní 1,0 MW. Došlo také k náhradě parního kotle (K3) za kotel teplovodní, skýtající výkon 1,6 MW. Zachován byl pouze teplovodní kotel (K1) s výkonem 3,2 MW. Instalovaný výkon je tedy 5,8 MW a výkon stávajících kogeneračních jednotek 0,4 MW. V celkovém součtu dosahují všechny tepelné zdroje výkonu 6,2 MW. Soudobý výkon však v energetických špičkách nepřesáhne hodnotu 3,2 MW, což je maximální výkon největšího kotle. Všechny tyto kotle jsou opatřeny spalinovými výměníky, což umožňuje snížení spotřeby zemního plynu až o 7 %. Díky těmto výměníkům a stávajícím kogeneračním jednotkám je vznikající nízkopotenciální teplo, pomocí 10m<sup>3</sup> akumulární nádrže, využíváno pro předehřev teplé vody. Teplota vody ze spalinových výměníků je při vstupu do kotle 24 °C. Při zapojení těchto pěti zdrojů tepla, došlo k takovým úpravám, aby bylo přednostně využíváno energeticky výhodnějších tepelných zdrojů a to právě z kogeneračních jednotek. Další úpravou byla kompletní změna zapojení teplovodního potrubí, hlavně z důvodu optimalizace dodávky tepla z kogeneračních jednotek. Dále došlo ke zřízení kotlových okruhů uzavřených hydraulickým vyrovnávačem tlaku (HDVT). Každý plynový kotel má svůj vlastní směšovací uzel, zajišťující dostatečnou teplotu vratné vody. Před hydraulickým vyrovnávačem tlaku je umístěna odbočka, určená pro akumulaci tepla a dohřívání teplé vody. Všechny plynové kotle jsou na výstupním



potrubí opatřeny pojistnými ventily, jejichž otevírací tlak je nastaven na 0,50 MPa. (58, 59, 62)

*„ Sekundární část zdroje tepla obsahuje hlavní směšovací uzel, kterým je teplota výstupní vody do distribučních větví „A“ a „B“ upravována dle ekvitermní závislosti, dále frekvenčně řízená hlavní oběhová čerpadla pro výstupní větve „A“ a „B“ a sekce vlastní spotřeby tepla v objektu plynové kotelny. Sestava dvou oběhových čerpadel je doplněna filtry, zpětnými klapkami a uzavíracími mezipřírubovými klapkami. Rozdělovače čerpadel DN250 jsou osazeny na ocelové konstrukci nad čerpadly. Oběhová čerpadla jsou osazena přímo do potrubí s vertikální osou hřídele. Spirální těleso je uchyceno na pomocné ocelové konstrukci tvořící s rámem z profilů UE80 společný nosný prvek i pro rozdělovač a sběrač čerpadel. Celá sestava byla ukotvena pomocí betonového základu. Jedno čerpadlo zajišťuje 65% cirkulace topné vody. V letním a přechodném období bude v provozu jedno čerpadlo, zimní provoz bude zajištěn chodem obou čerpadel. S ohledem na kvantitativní regulaci v objektech je množství cirkulující vody značně proměnné.“ (59)*

#### **4.1.1.1 Zabezpečovací zařízení plynové kotelny**

Bezpečnost v plynové kotelně byla rozdělena na dva samostatné celky. Jedná se o zabezpečení tepelných zdrojů proti přetopení a zabezpečení soustavy, udržování konstantního přetlaku. Plynové kotle byly vybaveny na výstupním potrubí pojistným ventilem, který je u všech tepelných zdrojů nastaven na otevírací tlak 0,50 MPa. Instalováno bylo také vícefunkční bezexpanzní doplňovací zařízení s úpravnou vody, která obsahuje 2× vířivý filtr, oddělovací člen, montážní blok a dávkovací čerpadlo s největším výkonem 3 m<sup>3</sup>/hodinu. Toto jedinečné softwarové řešení umožňuje bezporuchový provoz při zachování základních podmínek funkčnosti pro topný systém objektů typu nemocnice, při zachování záruk a četnosti provozu. Toto bezexpanzní doplňovací zařízení disponuje výkonem do 3 MW, tlakem až 0,6 MPa a teplotou vody do 100 °C. Tento systém pro doplňování a odpouštění topné vody je zdvojený na straně

čerpadel i odpouštěcích ventilů. Regulace tohoto zařízení je autonomní. Díky tomuto zařízení je statický tlak v systému udržován v rozmezí 0,35 až 0,40 MPa. Na vývodech pro topné větve „A“ a „B“ jsou umístěna oběhová čerpadla, která navyšují tlak v systému na maximálně 0,45 až 0,55 MPa. (58, 61)

#### **4.1.1.2 Ohřev a úprava teplé vody**

Teplá voda je vyráběna z pitné vody, dodávané z vodovodního řádu. Ohřev teplé vody je navržen průtokově ve dvou stupních. Prvním je využití předeřevu nízkopotenciálního tepla ze spalinových výměníků o celkovém výkonu 560 kW a z kogeneračních jednotek a druhý stupeň je za pomoci teplovodního průtočného ohřevu. K tomu jsou využívány dva paralelně zapojené výměníky. Pro ohřev TV je využita sestava akumulacních nádob, o celkovém objemu 26,3 m<sup>3</sup>. Zapojení nádob je navrženo takovým způsobem, aby docházelo k rovnoměrnému nabíjení i vybíjení. Tyto akumulacní nádrže jsou původní, repasované, na ohřev TV, předeřev TV a na upravenou vodu. Nejprve tedy dochází k předeřevu vody a k jejímu shromažďování v akumulacních nádržích. Poté je z akumulacních nádrží voda dohřívána na 55 °C a vpuštěna do systému. Ve vodovodním systému je obsaženo zařízení na dávkování TV. Toto zařízení je generátor chlordioxidu od firmy Waleon s.r.o. WCIO2-GG-OP, 230 V (10 A), kterým dochází k ošetřování TV proti Legionelle. Teplá voda je vyráběna z pitné vody. Ohřev a úprava parametrů teplé vody včetně zařízení zajišťující cirkulaci teplé vody je součástí centrální kotelny nemocnice Český Krumlov. (59, 60)

#### **Parametry výměníků pro předeřev TV:**

Jedním z teplovodních výměníků je výměník deskový, rozebíratelný. Na primární strana je topná voda 55/15 °C (0,6 MPa), max dp = 45 kPa a na sekundární straně studená voda 10/50°C (1,0 MPa), max dp = 45 kPa. Výkon tohoto výměníku je 560 kW. (60)

Druhý výměník tepla je vertikální kapilární, skýtající parametry na primární straně - topná voda 80/45 °C (0,6 MPa), max dp = 25 kPa a na sekundární - studená/teplá voda 15/55°C (1,0 MPa) max dp = 25 kPa. Disponuje výkonem 500 kW. (60)

#### **4.1.1.3 Provoz tepelných zdrojů**

##### **Letní období:**

Zapojení tepelných zdrojů je koncipováno tak, aby bylo přednostně využíváno teplo ze spalinových výměníků. Při špičkových odběrech jsou využívány i kogenerační jednotky. Spuštěn je také kotel K2, ale to pouze v případě příliš vysokých odběrů vody nebo při odstávce kogeneračních jednotek. Ohřev probíhá tak, že je voda předehřívána pomocí výměníků, uchovávána v akumulacích nádrží, ze kterých je následně opět pomocí výměníků dohřívána na 55 °C a odchází do rozvodného systému. (61)

##### **Přechodné období:**

K ohřevu vody a pro vytápění je využíván kotel K2 a kotel K3. Kogenerační jednotky jsou v provozu dle potřeby elektrické energie. (61)

##### **Zimní období:**

Teplo potřebné k ohřevu vody a k vytápění je zajišťováno pouze kotlem spalinovými výměníky a kotlem K1. Kogenerační jednotky jsou spuštěny pouze dle potřeby výroby elektrické energie. (61)

Takto definovaný provoz tepelných zdrojů, umožňuje jejich rovnoměrné opotřebení a zároveň dochází k maximálnímu využití jejich účinnosti. Z hlediska ovládání je systém navržen tak, aby nedocházelo k žádné ruční manipulaci s armaturami či ovládacími prvky, při změně provozu. (61)

#### **4.1.1.4 Potrubní rozvody kotelna**

*„Veškerý rozvod potrubí byl proveden z ocelových bezešvých trubek jakost 11353.0. Rozvod v dimenzi DN 50 a vyšší byl proveden z trubek hladkých ČSN 425715.0, rozvody DN 40 a nižší pak z trubek závitových ČSN 425710. Potrubí bylo vedeno podle výkresů na společných ocelových nosnících v minimálním spádu 0,5%. V nejvyšších bodech byly osazeny odvzdušňovací nádobky se svodem DN 10 k odvzdušňovacím ventilům. Tepelné izolace byly provedeny v plynové kotelně na všech potrubích s protékajícím médiem o teplotě 40°C a vyšší. Tepelná izolace rozdělovačů, sběračů a nádob byla provedena čedičovou vatou o síle 100 mm s povrchovou úpravou Al plech. Izolace potrubí byla provedena izolačními návleky z minerální vlny (dle výběru dodavatele) o síle izolace odpovídající požadavkům Vyhl. 193/2007 Sb. Ostatní potrubí sloužící k napojení doplňovacího zařízení, otopných těles a pojišťovacích ventilů nebylo izolováno. Neizolované potrubí bylo opatřeno dvojnásobným základním syntetickým nátěrem s 1x emailováním. Tepelně izolované potrubí bylo pod izolací opatřeno 2x základním syntetickým nátěrem. Na potrubích bylo označeno protékající medium (nápis na štítku) a šipkou směr průtoku.“ (58)*

#### **4.2 Rozvody topné a teplé vody**

Na konci roku 2012 došlo v Nemocnici Český Krumlov nejen k ekologizaci tepelného zdroje, včetně kotelního potrubí a veškerého příslušenství, ale bylo také renovováno, tedy vyměněno potrubí jak topné, tak i teplé vody. Tato potrubí byla kompletně vyměněna a to od tepelného zdroje, tedy z kotelny, až k přípojkám jednotlivých budov. Tento rekonstruovaný systém dodává teplo do všech budov v areálu nemocnice v topném období a v průběhu celého roku přivádí teplou vodu, včetně cirkulace teplé vody. (63)

Celý rekonstruovaný systém rozvodů topné a teplé vody, je rozdělen na dvě hlavní větve. Větev „A“, ve které jsou vedeny rozvody jak topné, tak i teplé vody včetně

cirkulace TV a větev „B“, která obsahuje tytéž rozvody. Rozvody vody jsou vedeny v nadzemní i podzemní části areálu. (63)

#### 4.2.1 Větev „A“

Tato rekonstruovaná větev, je vedena stávající trasou, na jejímž místě bylo původně parní a kondenzátní potrubí, které bylo bez náhrady demontováno. Původní teplovodní rozvody, rozvody teplé vody a cirkulace TV bylo odstraněno ve své nadzemní i podzemní části až po připojení nových rozvodů. Rozvody pro topnou a teplou vodu včetně cirkulace jsou vedeny souběžně. Nadzemní teplovodní potrubí je z oceli, systémem Spiro v provedení PE s odolností proti UV záření (předizolovaná polyethylenová trubka, kdy izolaci tvoří tvrdá pěna a spirálově překládaný ocelový plášť). Teplovodní potrubí vedené podzemní trasou bylo nainstalováno do výkopů a prochází původními kolektory, s využitím stávajících nosných prvků. Je provedeno systémem „klasického“ potrubí s tepelnou izolací dle vyhlášky 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. (63)

Nadzemní rozvody teplé vody a cirkulace teplé vody, jsou plastové (PEX – třívrstvá trubka, kdy první a třetí vrstvu tvoří síťovaný polyethylen a druhá vrstva je hliníková), opět v provedení Spiro s odolností proti UV záření. Podzemní rozvody teplé vody a cirkulace teplé vody jsou souběžně s topnou vodou uloženy ve výkopech a procházejí původními kolektory. Také podzemní rozvody teplé vody jsou plastové (PEX), vyhotovené systémem standardního předizolovaného potrubí. (63)

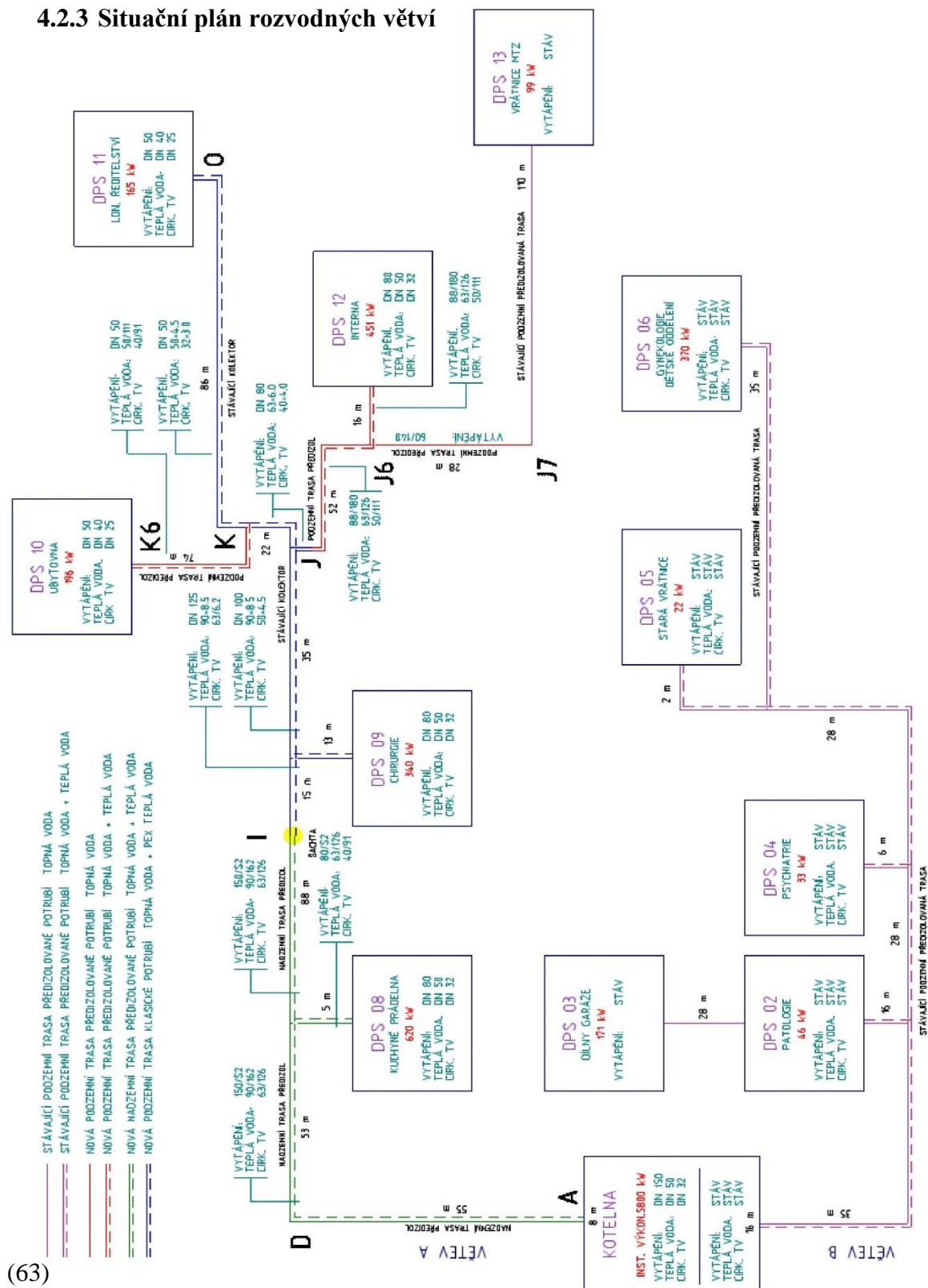
Rozvodná větev „A“ zásobuje topnou a teplou vodou kuchyni a bývalou prádelnu, chirurgii, ubytovny, budovu LDN a ředitelství, internu t pouze topná voda je vedena do nové vratnice v areálu objektu a skladu MTZ. Rozvodné schéma větve „A“ je uvedeno níže v situačním plánu nemocnice Český Krumlov. (63)

#### 4.2.2 Větev „B“

Distribuční větev B je provedena ze standardního předizolovaného PPR potrubí. Z tohoto materiálu je potrubí pro topnou vodu, teplou vodu i cirkulaci teplé vody. V období rekonstrukce větve „A“ nebylo do této části zasahováno a to z důvodu plánované přestavby části areálu, zásobovaného právě větví „B“. K její rekonstrukci však došlo v 5. a 6. měsíci roku 2013, z důvodu neustálých havárií. Topnou vodou je z této části rozvodu zásobována patologie, dílny a garáž, psychiatrie, stará vrátnice, gynekologie a dětské oddělení. Teplou vodou zásobuje pouze patologii, psychiatrii a gynekologii s dětským oddělením. Nové potrubí je uloženo ve stejné trase jako původní, které však nebylo demontováno. Schéma rozvodné větve „B“ je uvedeno níže v situačním plánu nemocnice Český Krumlov. (63)

Tyto nové rozvody obsažené ve větvích „A“ a „B“ jsou přivedeny k patám jednotlivých budov, kde jsou vedená média pomocí DPS (domovní předávací stanice) předávány do budov. Tam jsou, až na výjimky, bohužel rozvody staré a některé dalo by se říci v havarijním stavu. (63)

## 4.2.3 Situační plán rozvodných větví



(63)

#### 4.2.4 Pavilon „E“ – Chirurgické obory

Ve stejném období, kdy došlo k ekologizaci kotelny, prošel co se týče rozvodů vody rekonstrukcí i pavilon „E“. Je to pavilon chirurgie. Jak je vidět ze situačního plánu (viz výše), je také tento objekt napojen na centrální rozvod teplé a studené vody v areálu nemocnice. K rekonstrukci bylo přistoupeno z důvodu havarijního stavu původního potrubí. Došlo ke kompletní výměně rozvodů teplé vody, cirkulace TV a studené vody, s výjimkou stoupaček požární vody. (64)

##### **Původní stav:**

Původní rozvody v tomto objektu, byly z pozinkovaných ocelových trubek. Uzavírací armatury byly ocelolitinové pro studenou vodu a mosazné pro teplou vodu a cirkulaci teplé vody. Pátevní rozvod zdravotně technické instalace (ZTI) vedl v prvním suterénu, uložený pod stropem na ocelových konzolách. Zakrytý byl podhledem z hliníkových lamel. Na odbočkách pro stoupačky byly umístěny uzavírací armatury. Stoupačí a ostatní přípojná potrubí byla vedena k odběrným místům pod omítkou. (64)

##### **Současný stav:**

Nově zhotovené rozvody, jsou vedeny v trasách původního potrubí. Hlavní rozvod zdravotně technické instalace je vyhotoven z pozinkovaných ocelových trub. Pro stoupačí potrubí jsou i zde umístěny uzavírací armatury. Od těchto armatur je stoupačí potrubí včetně odboček k odběrným místům vyhotoveno z trub měděných. Ocelové trubky v páteřním rozvodu jsou spojeny závity. Spoje měděných trubek jsou pájeny. Umístěné uzavírací armatury jsou kulové s pákou s mosazným provedení a baterie jsou termostatické. Tepelná izolace páteřního potrubí je provedena minerální vatou ISOVER s hliníkovým polepem. Potrubí vedoucí pod omítkou je opatřeno izolací Turbolit HS. Tloušťky izolací jsou v souladu s Vyhl. 197/2003 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. Síla izolace je pro studenou vodu ve zdech 9 mm a pro teplou vodu ve zdech 13 mm. Páteřní rozvod je izolován minerálními pouzdry o síle 20 – 30 mm, dle průměru trubky. (64)



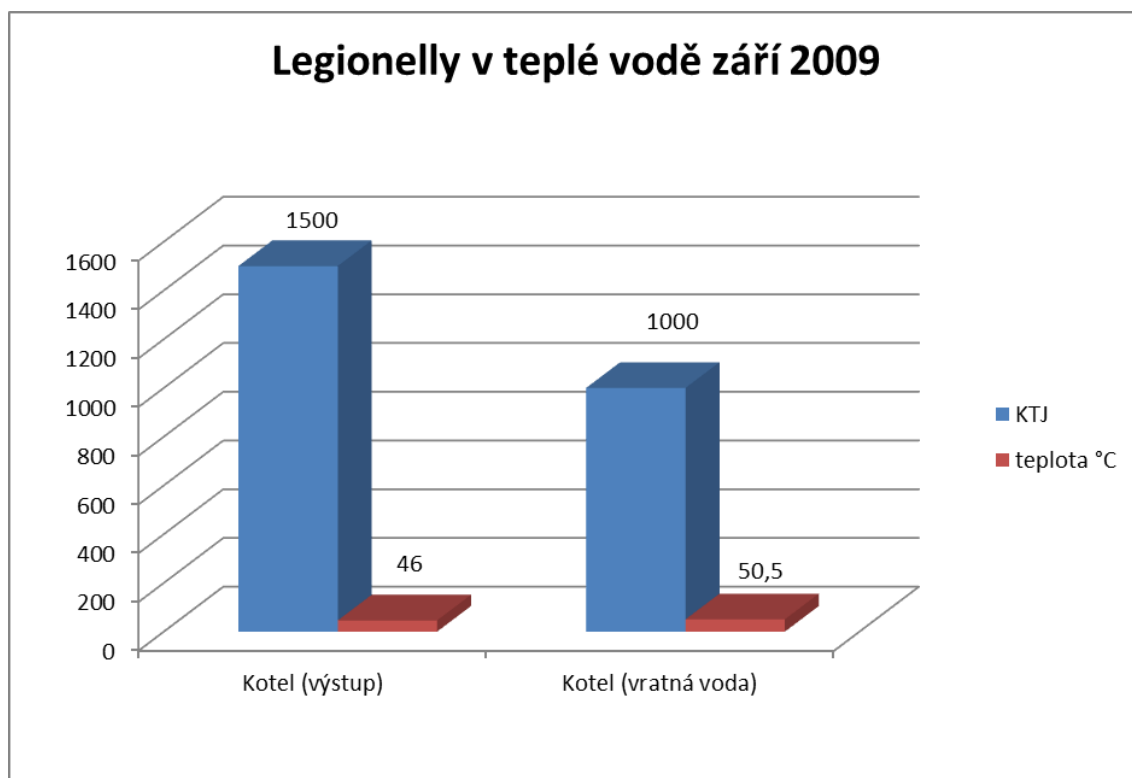
Rozvody topné vody, teplé vody a cirkulace TV v ostatních budovách jsou původní. Průběžně dochází k výměnám jednotlivých rozvodných částí potrubí v případě havárií.

### **4.3 Výsledky analyzovaných rozborů vody**

Odběry vzorků vody, ke zjištění koncentrací Legionellou, jsou prováděny celkem na sedmi stálých místech v areálu nemocnice. Dvě odběrová místa jsou v kotelně, tedy na výstupu teplé vody z kotle a na vratné vodě. Další odběrná místa jsou na gynekologicko-porodnickém oddělení, chirurgii (3. patro, pokoj č. 5), na oddělení LDN (1. patro, pokoj č. 9). Na interním oddělení jsou odběrová místa dvě. To první je na hemodialyzačním středisku a druhé na pokoji číslo 5, v sedmém patře. Všechny odběry vody byly prováděny pracovníky KHS nebo zdravotního ústavu a vyhodnoceny akreditovanou laboratoří. Uvedené výsledky jsou interpretovány z protokolů zdravotního ústavu.

První uvedené výsledky jsou z devátého měsíce, roku 2009. Následující grafy uvádějí rozdíly sledovaných parametrů, tedy teplotou a koncentrací legionel, mezi výstupní a vratnou teplou vodou. Zdrojem všech interpretovaných výsledků jsou protokoly akreditovaných laboratoří, poskytnuté zdravotnickým zařízením.

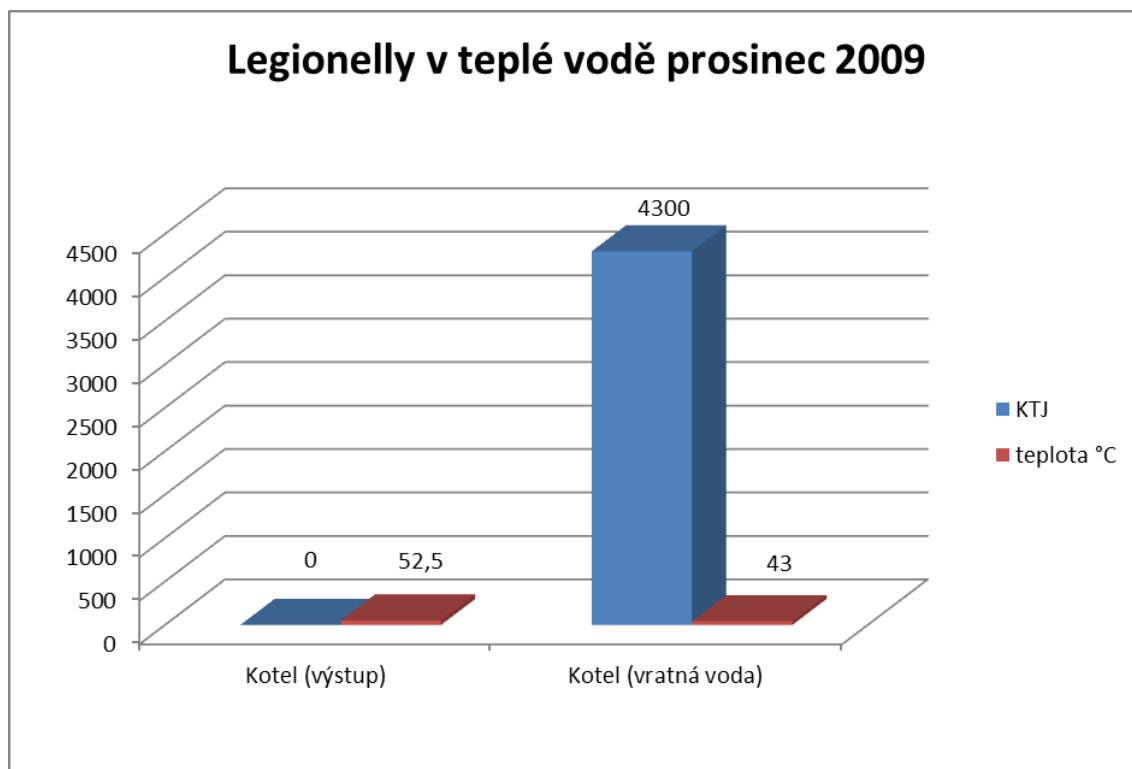
**Graf č. 1 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(54)

Z grafu je patrné, že hodnoty Legionell ve vzorcích odebrané teplé vody, jsou zcela nevyhovující. Stanovený limit pro Legionellu je mnohonásobně překročen v obou případech. Změřená teplota je na termickou desinfekci nedostačující. Součástí tohoto grafu je tabulka č. 4, kde jsou uvedeny naměřené hodnoty ostatních odběrových míst. Nejvyšší analyzovaná hodnota Legionell dosáhla 2000 KTJ na interním oddělení, při naměřené teplotě 32,1 °C. Nejnižší pak 200 KTJ. Dosažená teplota byla 41,6 °C. Stanové hodnoty počtu Legionell v laboratoři a naměřené teploty nejsou v souladu s požadavky vyhlášky a ani s potřebami zdravotnického zařízení.

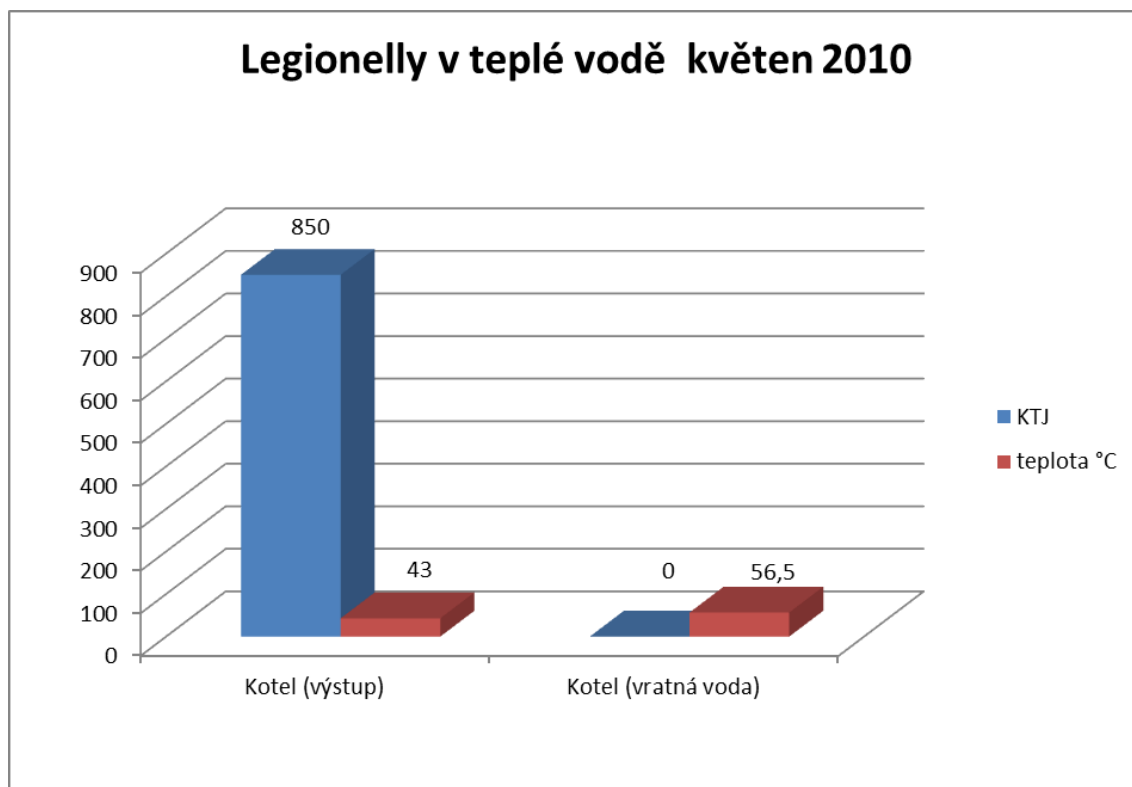
**Graf č. 2 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(53)

Graficky znázorněné hodnoty v grafu číslo dvě, zobrazují vynikající výsledky u výstupní vody, co se týče Legionelly, avšak kolonizace vratné vody je velmi vysoká. Teplota je pro kolonizaci optimální u obou vzorků, což není v pořádku. Přílohu tohoto grafu tvoří tabulka č. 5. V ní uvedené změřené teploty ani osídlení nevyhovují požadavkům zdravotnického zařízení a vyhlášce ve většině případů.

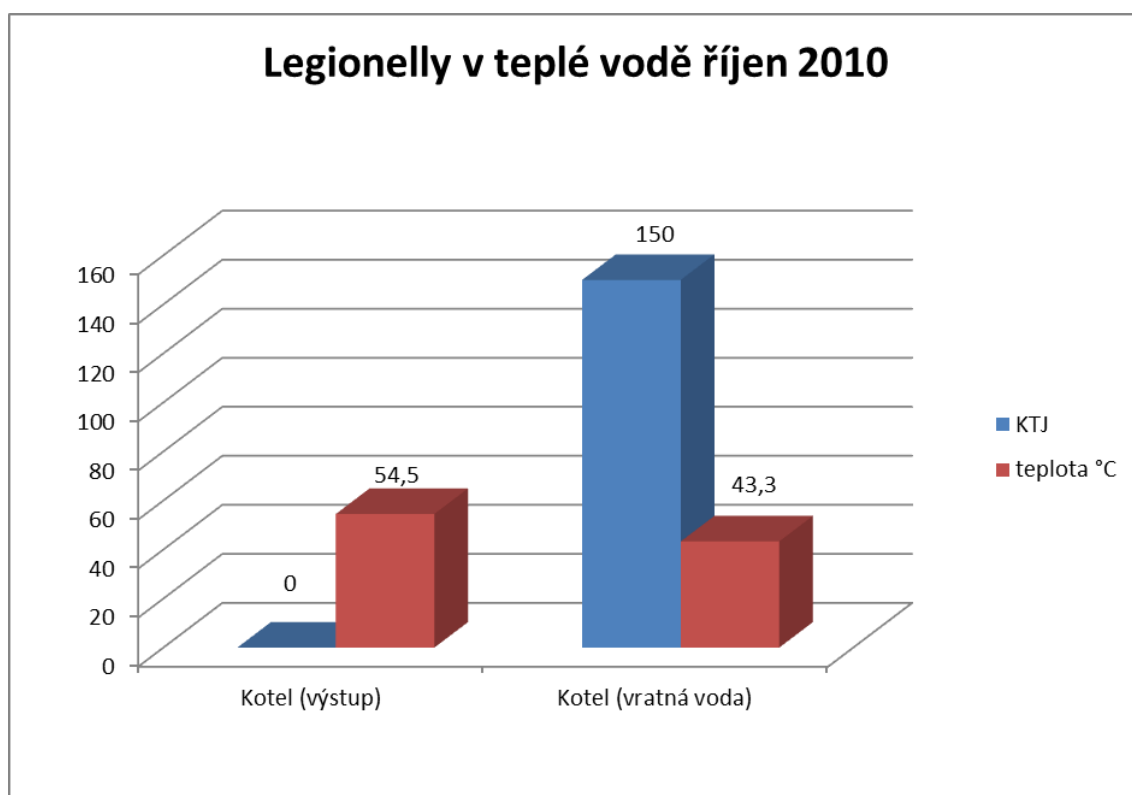
**Graf č. 3 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(30)

V tabulce č. 6, patřící k tomuto grafu, která je uvedena v příloze, je patrné výrazné zlepšení, co se týče mikrobiální kolonizace Legionellou. Kromě výstupní vody, jsou všechny ostatní výsledky vyhovující.

**Graf č. 4 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(24)

Hodnoty Legionell, které byly naměřené v tomto období se udržují na relativně dobré úrovni. Nevyhověla pouze vratná voda s hodnotou 150 KTJ a voda testovaná na chirurgii, kde bylo změřeno 320 KTJ. Přílohu k tomuto grafu s ostatními výsledky tvoří tabulka číslo 7.

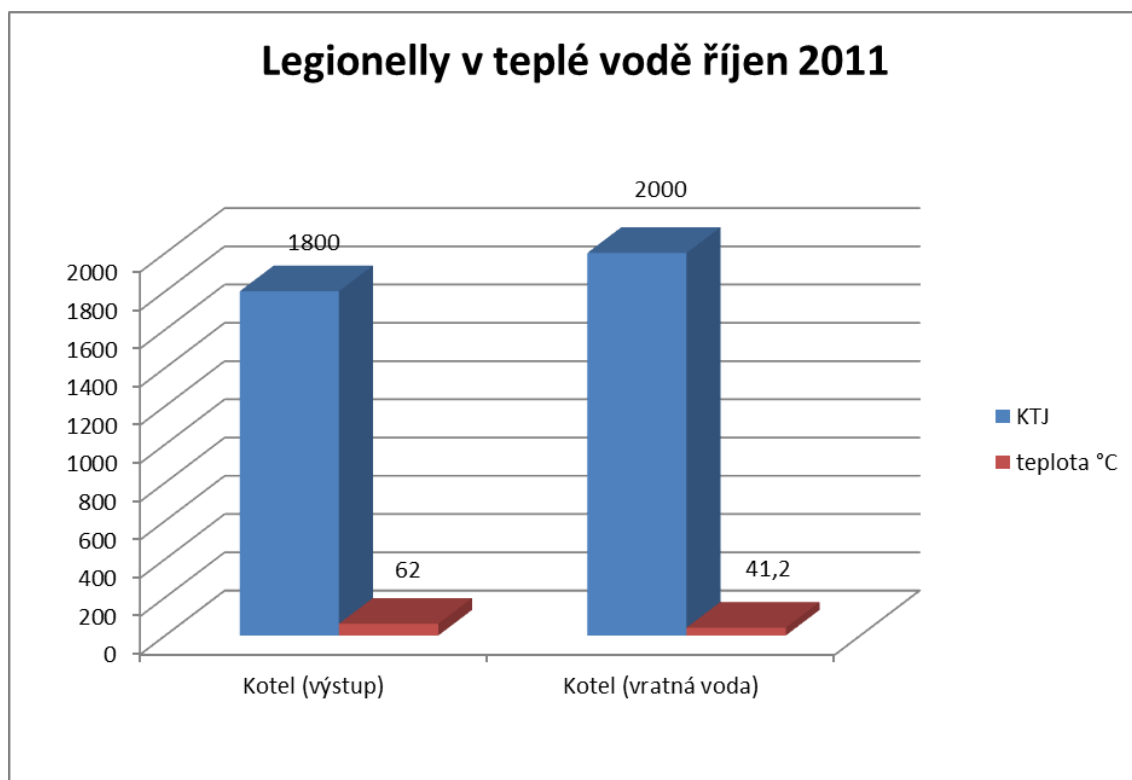
**Tabulka č. 8 Legionelly v teplé vodě**

	28.4.2011	
Odběrové místo	KTJ	°C
Kotel (výstup)		
Kotel (vratná voda)	1400	41
GPO	300	45
Chirurgie (3.p. č.5)	400	45
Interna HDS	5600	37,5
Interna (7.p. č.5)	5200	35
LDN (1.p. č.9)	260	35

(34)

Z důvodu nekompletního odběru vzorků, je zde uvedena tabulka, která zobrazuje hodnoty Legionell, které byly analyzovány na šesti, ze sedmi odběrových míst. Ve všech vzorcích je patrné vysoké překročení limitu.

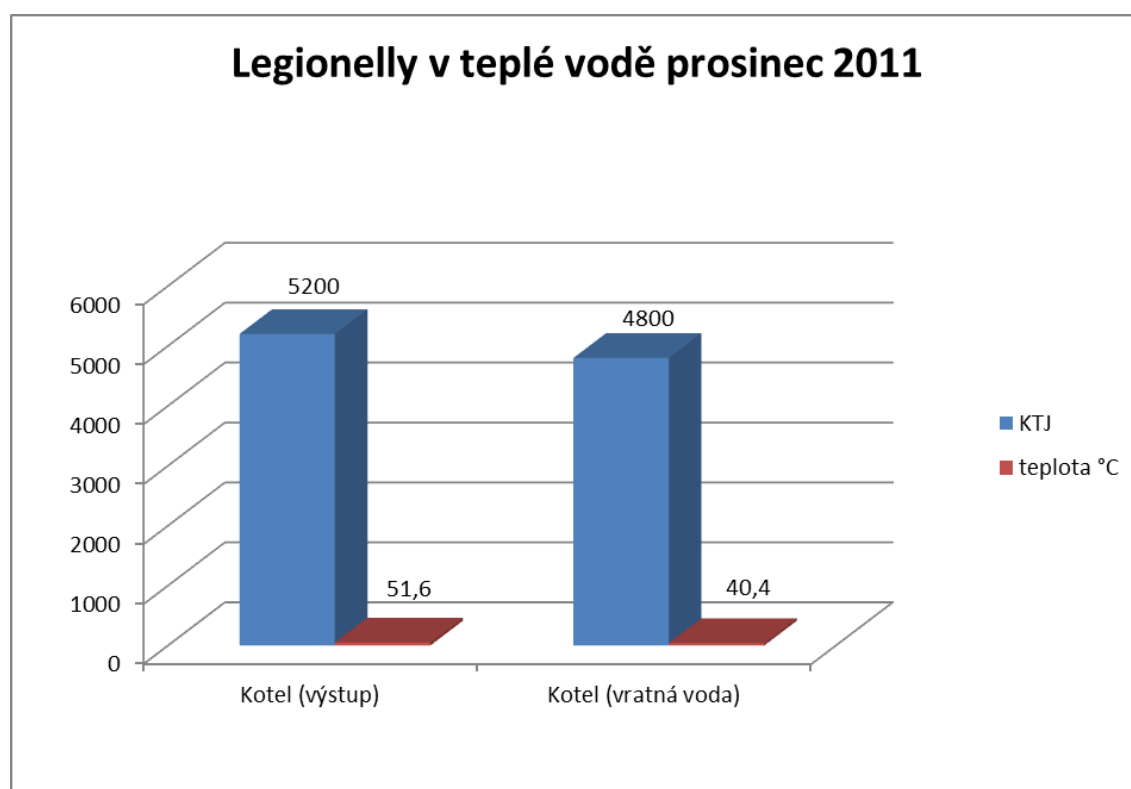
**Graf č. 5 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(25)

Uvedený graf, znázorňuje hodnoty Legionelly a teploty vody. Odběr vzorků pro toto vyhodnocení byl proveden 3. 10. 2011. Před tímto odběrem, 27. 9. 2011, bylo uskutečněno organizační opatření a to termodesinfekce, spočívající v ohřevu vody až na 80 °C s následným proplachem všech výtokových míst v areálu nemocnice. I přes toto opatření vyhověla pouze dvě odběrová místa. Podrobné výsledky v příloze, v tabulce číslo 9.

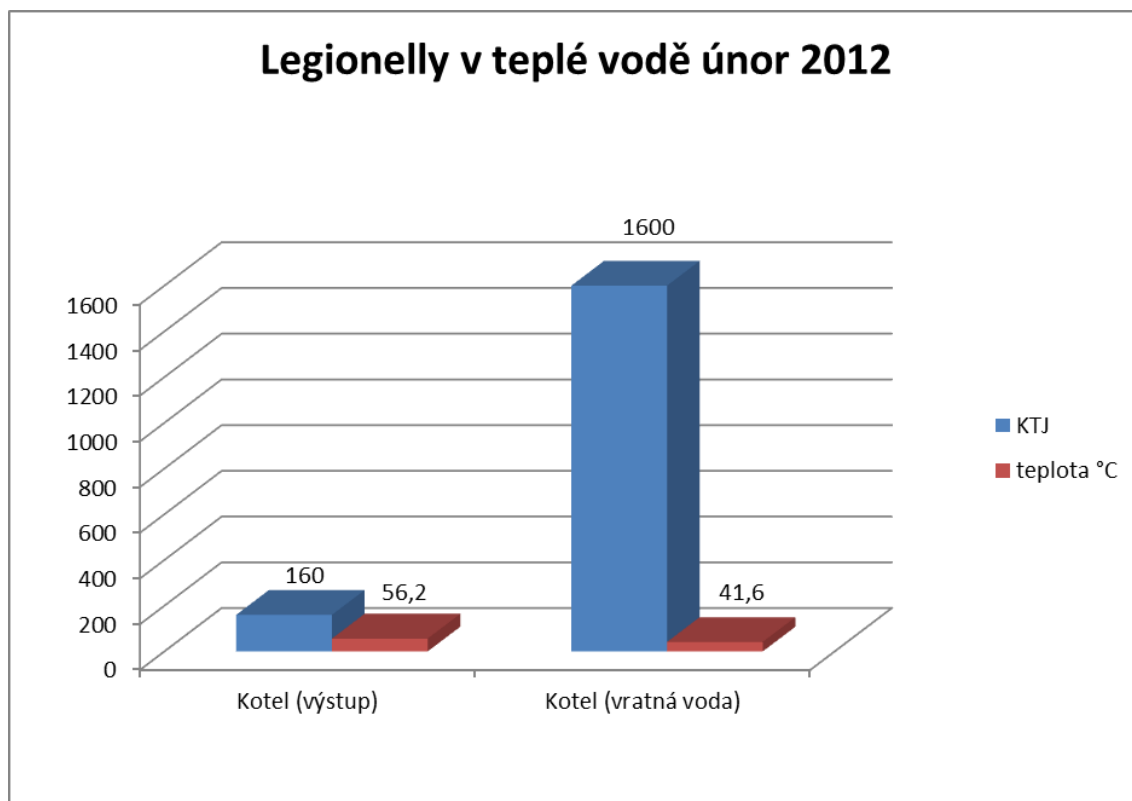
**Graf č. 6 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(27)

Velmi vysoké hodnoty jsou zaznamenány i v tomto grafu pro výstupní a vratnou teplou vodu. Ostatní výsledky uvedené v příložené tabulce č. 10 jsou velmi podobné. Až neuvěřitelné hodnoty byly zjištěny na gynekologicko-porodnickém oddělení, kdy analýza odhalila hodnotu 21 000 KTJ.

**Graf č. 7 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**

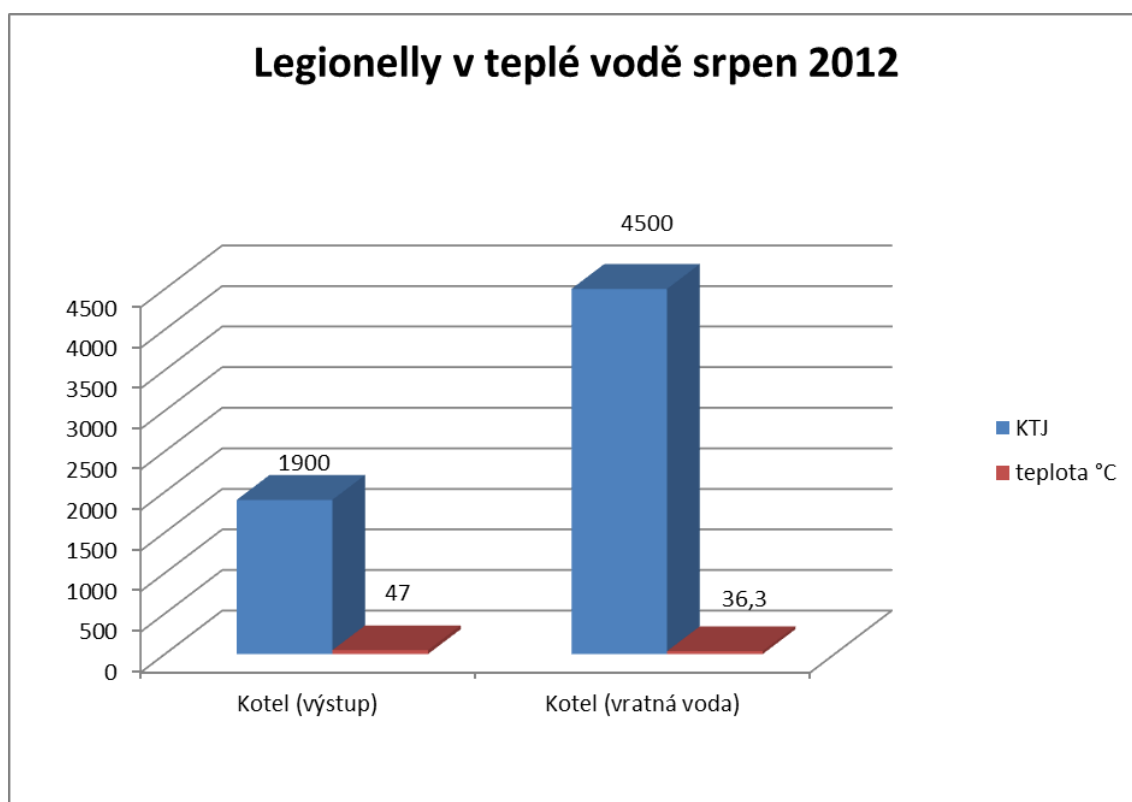


(28)

Výsledky zjištěné při únorovém odběru roku 2012, jsou stále velmi znepokojivé. Výjimku tvoří pouze hodnoty z chirurgie. Zde, v odebraném vzorku, nebyly nalezeny žádné kolonie Legionell. Nejvyšší počet kolonií byl ve vratné vodě. Na oddělení LDN bylo při analýze vzorku zjištěno 550 KTJ. Výsledky z ostatních odběrových míst mají klesající tendenci a jsou uvedeny v příloze, v tabulce č. 11.



**Graf č. 8 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



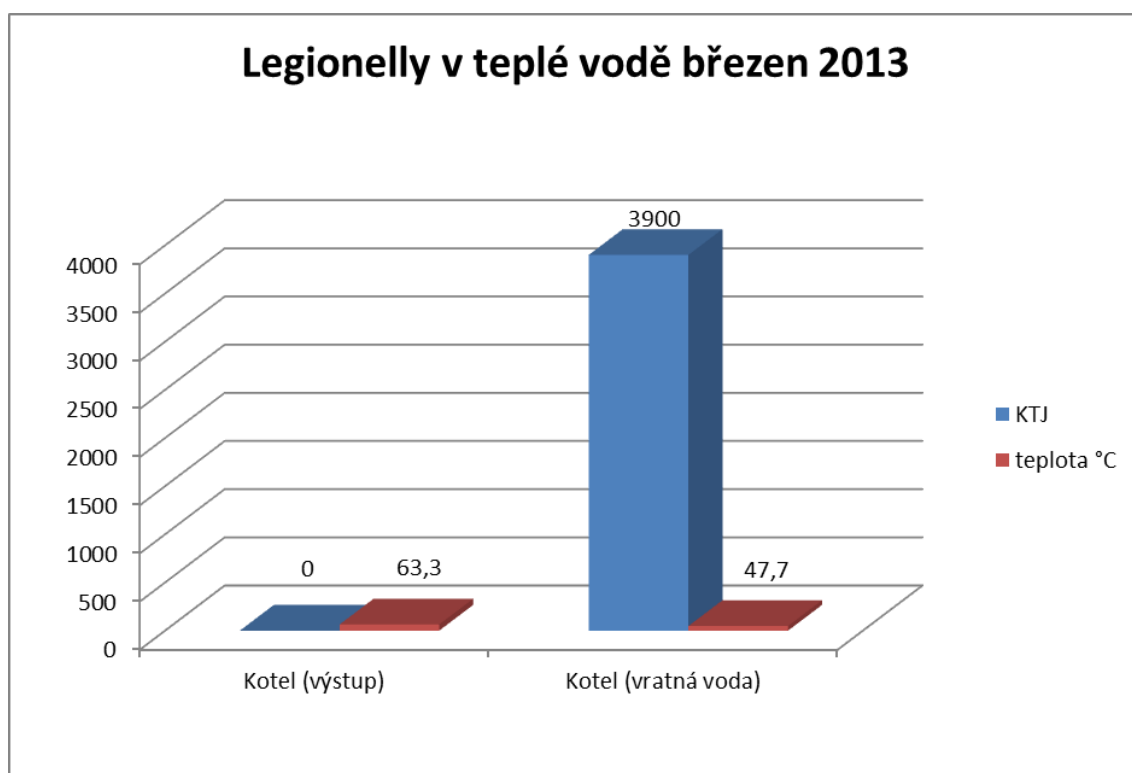
(22)

Hodnoty, které byly změřené v osmém měsíci roku 2012, jsou opět velmi vysoké. Tabulka č. 12 uvedená v příloze, nastiňuje ostatní hodnoty. Z odběrových míst vyhovělo pouze gynekologicko-porodnické oddělení, kde bylo analyzováno 0 KTJ. Vzorokly z ostatním míst se pohybovaly v řádech tisíců, od v grafu uvedených 1900 KTJ ve vratné vodě až do 12 000 KTJ na interním oddělení v sedmém patře.

Z uvedených výsledků je patrné, že nedošlo ke zlepšení situace v boji s Legionellou. Dle informací od personálu nemocnice spíše naopak. Při modernizaci kotelny, tak došlo k výměně veškerého zařízení. Nejen že byla odstraněna a nahrazena pára, ale vyměněn byl i generátor chlordioxidu. Dle informací byl původní generátor firmy EuroClean pro toto zdravotnické zařízení nevyhovující a tepelné ztráty při parním ohřevu vody příliš vysoké. Nové dávkovací zařízení pro úpravu vody, bylo instalováno společností Waleon s.r.o. Jedná se o generátor chlordioxidu WCIO2-GG-OP, 230 V (10

A). Druhý generátor stejného typu je uložen v podzemním průchozím kolektoru pod budovu LDN. Od cca jedenáctého měsíce roku 2012 došlo tedy ke spuštění provozu nové chemie.

**Graf č. 9 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(29)

Po uvedení do provozu zmodernizované kotelny a generátoru chlordioxidu byl první odběr uskutečněn 4. 3. 2013. Ke zlepšení situace však nedošlo. Pouze v případě vody vystupující z ohřevu a kompletně zrekonstruovaného vodovodu v budově chirurgie, kde hodnota KTJ dosáhla 36, byly zjištěny kladné výsledky. Ostatní analyzované výsledky mnohonásobně překračují limit. Například ve vzorku na GPO bylo odhaleno 9 500 KTJ, na interním oddělení 11 500 a na LDN dokonce 16 000 KTJ. Ostatní informace jsou uvedeny v příložené tabulce číslo 13.

**Tabulka č. 14 Legionelly v teplé vodě**

	4.4.2013	
Odběrové místo	KTJ	°C
Kuchyně - dřez	0	55
Kotel (výstup)		
Kotel (vratná voda)		
GPO	2900	
Chirurgie (3.p. č.5)		
Interna HDS		
Interna (7.p. č.5)	2500	46,5
LDN (1.p. č.9)	31900	46,3
Ubytovna (3.p. dřez)	900	41,2

(32)

Z důvodu nehodnocení výstupní a vratné teplé vody, je zde uvedena tabulka číslo 14. Vzorky byly odebrány na jiných místech než obvykle a to v kuchyni a ubytovně. Z tohoto rozboru je vyhovující pouze nově odebraná kuchyně. Zde lze předpokládat, že voda v kuchyni se používá častěji, tudíž se nemohou Legionelly namnožit. V pavilonu LDN dosáhly hodnoty neuvěřitelných 31 900 KTJ. Na oddělení LDN lze očekávat vyšší množství Legionell a to z důvodu zde umístěných pacientů. Nedochozí tu k pravidelnému či častému odběru vody, tudíž voda stagnuje v těchto tzv. slepých místech, což jsou ideální podmínky pro kolonizaci legionelami.

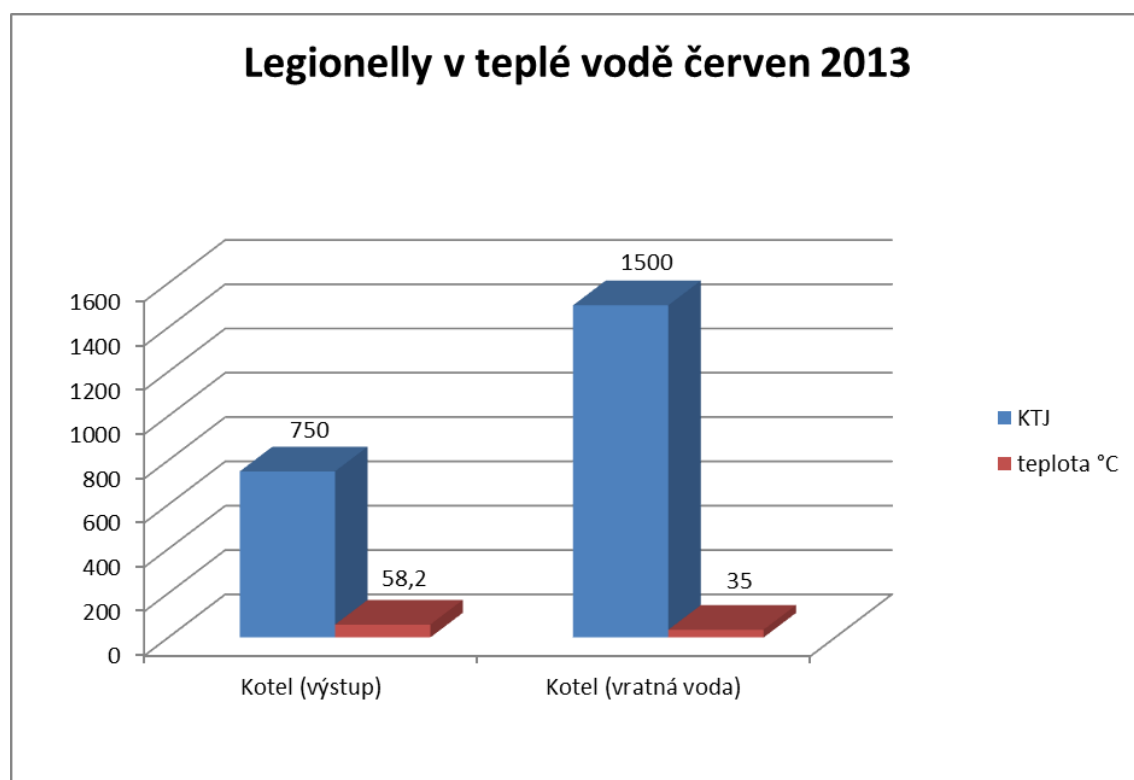
**Tabulka č. 15 Legionelly v teplé vodě**

	20.5.2013	
Odběrové místo	KTJ	°C
Kotel (výstup)		
Kotel (vratná voda)	1100	41,8
GPO	460	44,3
Chirurgie (3.p. č.5)		
Interna HDS		
Interna (7.p. č.5)		
LDN (1.p. č.9)	12500	44,5

(19)

Ze stejného důvodu jako v předchozím případě, tzn. pro nekompletnost odběru, je zde uvedená tabulka č. 15, z níž je patrné opětovné překročení hodnot KTJ na všech odebraných místech.

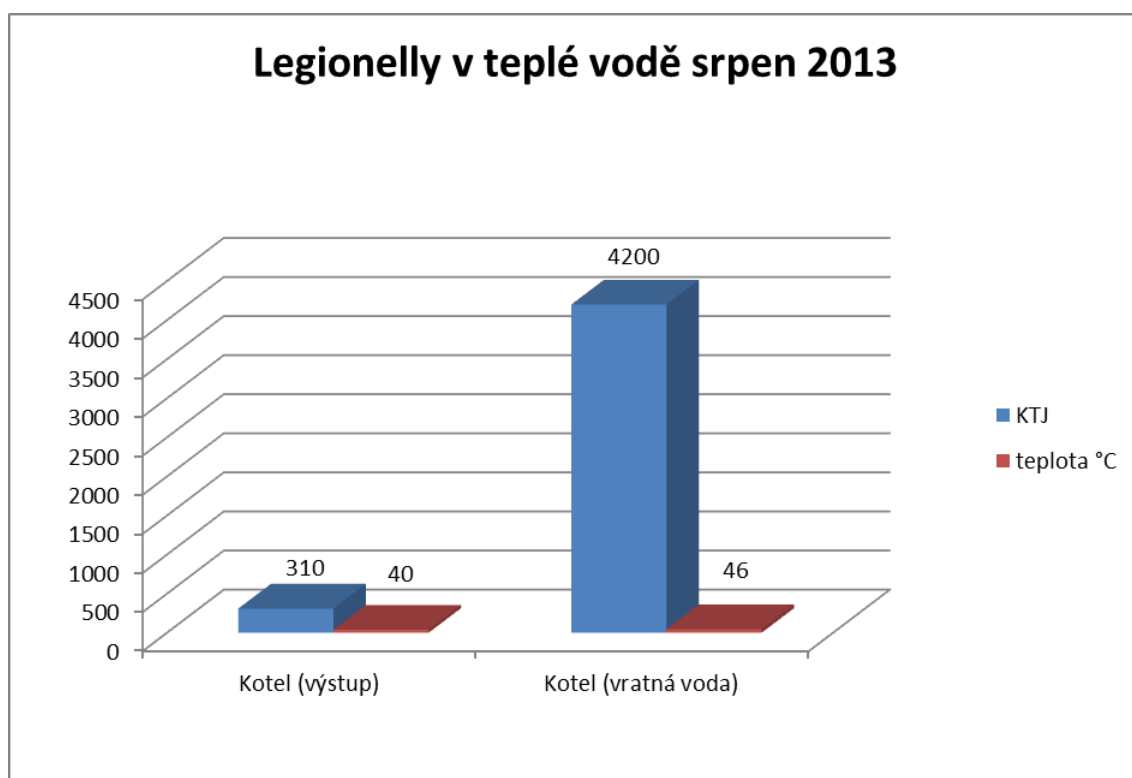
**Graf č. 10 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(20)

Před tímto odběrem vzorků, jehož hodnoty zobrazuje graf č. 10, došlo k havárii vodovodu na gynekologicko-porodnickém oddělení. Nový vodovod byl zprovozněn 24. 6. 2013 a odběr vzorků proveden 26. 6. 2013. Výsledky měření jsou velmi neuspokojivé. V pavilonu LDN dosáhly hodnoty extrémních 260 000 KTJ. Konkrétní naměřené hodnoty v příložené tabulce č. 16.

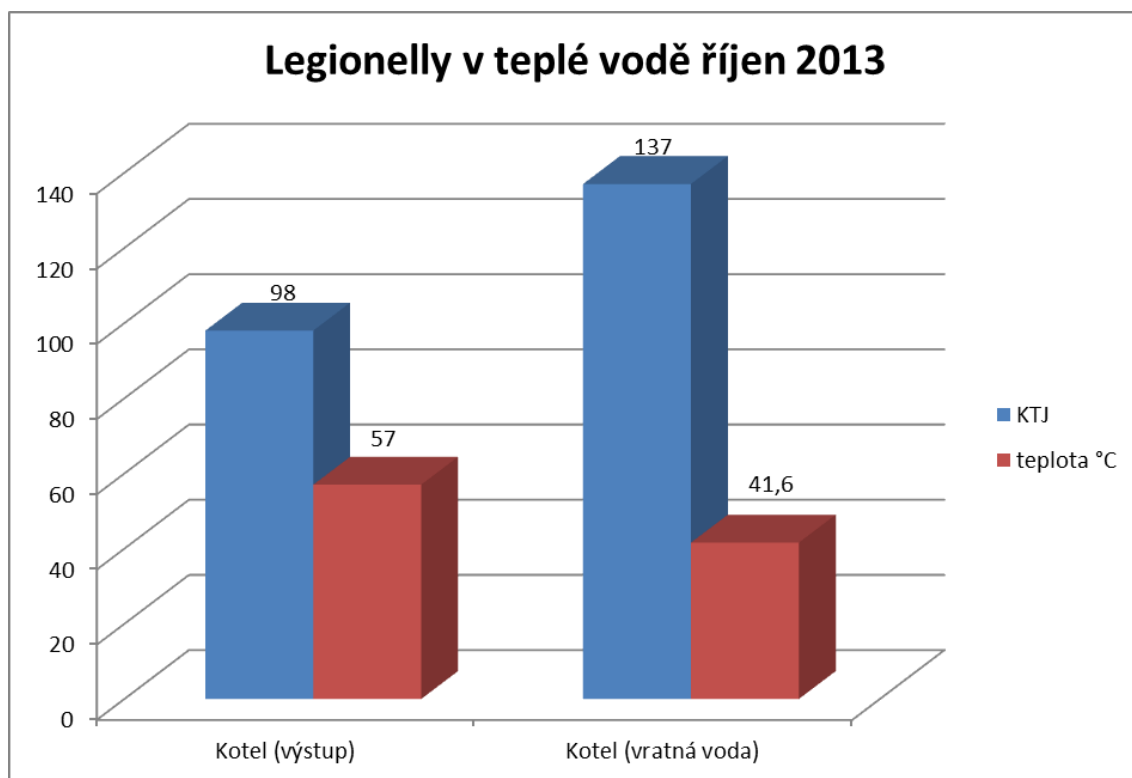
**Graf č. 11 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(26)

Z tohoto grafu i přiložené tabulky č. 17 je patrné zlepšení oproti předchozím výsledkům, avšak situace je stále neuspokojivá a KTJ dosahují na odběrových místech řádů tisíců. Příkladem je GPO s 8 900 KTJ, pokoj číslo 5 v sedmém patře na interním oddělení se 7 800 KTJ a LDN se 7 200 KTJ.

**Graf č. 12 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**

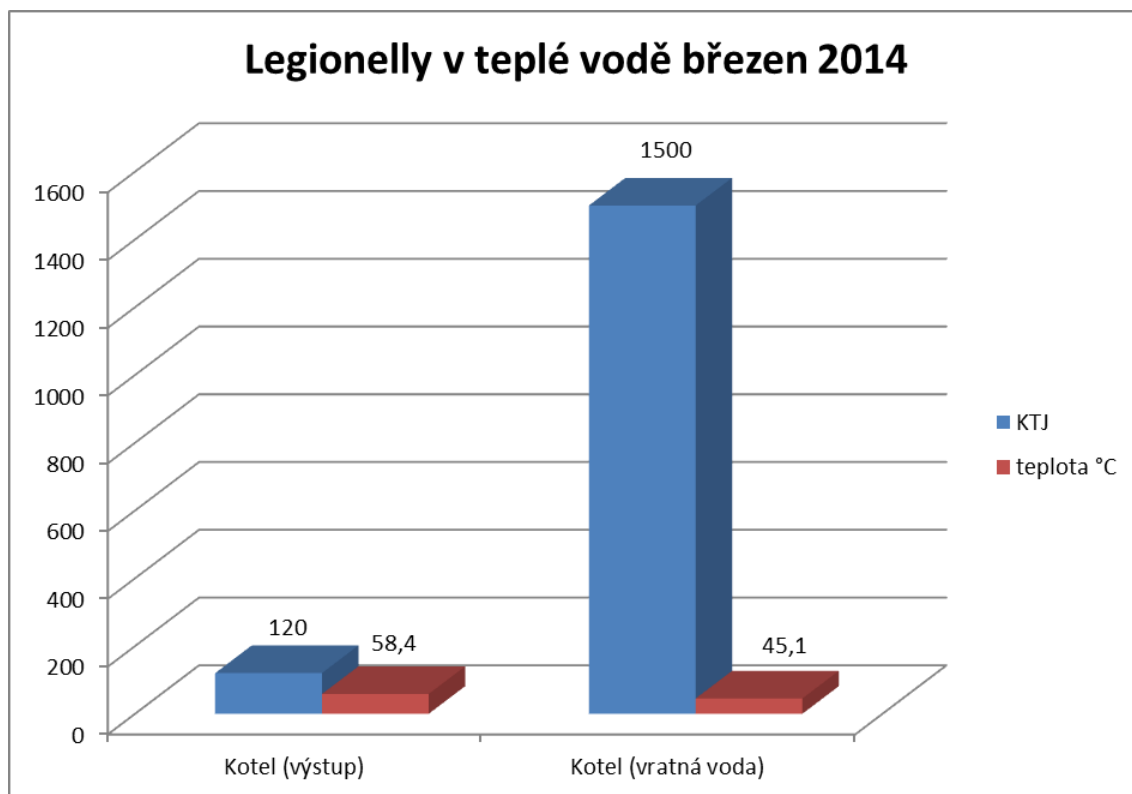


(8)

Výsledky zjištěné při odběru v říjnu 2013 jsou téměř uspokojivé. K překročení limitu došlo pouze na dvou odběrových místech. Jedním z nich je vratná voda, kde bylo zjištěno 137 KTJ a pavilon LDN se 460 KTJ, kde je vyšší výskyt předpokládán, právě díky velmi malému odběru vody. Ostatní výsledky nabývají hodnot 83, 11, 7 a 0 KTJ. Konkrétní odběry uvedené v příloze, v tabulce č 18.

Dne 15. 2. 2014 došlo ke zprovoznění druhého generátoru chlordioxidu. Totožný generátor, jako ten instalovaný v kotelně, je uložen v průchozím podzemním kolektoru pod pavilonem LDN. V termínech od 10. do 12. 3. 2014 došlo k proplach všech odběrových míst za zvýšené teploty na 70 °C. Proplach probíhal v těchto dnech vždy od 14:00 hodin. Následující den, 13. 3. 2014 byl proveden odběr na přítomnost legionely, jehož výsledky zobrazuje graf č. 13.

**Graf č. 13 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(7)

I přes všechna organizační opatření a instalaci nového generátoru chlordioxidu, dosahují KTJ řádů tisíců. Pouhým světlem bodem je pavilon chirurgie, kde bylo dosaženo 25 KTJ. Výsledky analýz z jednotlivých odběrových míst jsou uvedeny v příloze, v tabulce č. 19.

**Tabulka č. 20 Legionelly v teplé vodě**

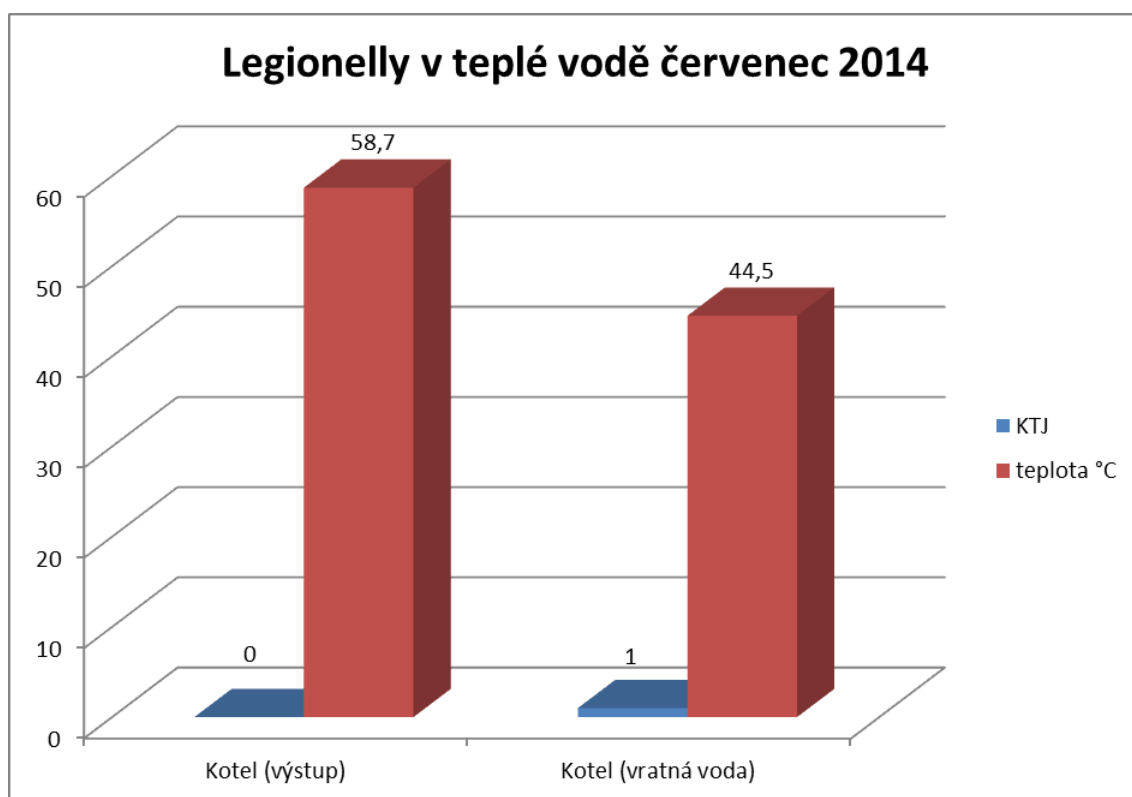
	20.5.2014	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)		
Kotel (vratná voda)		
GPO	1800	45,3
Chirurgie (3.p. č.5)		
Interna HDS		
Interna (7.p. č.5)	50	45
LDN (1.p. č.9)	2800	46,7

(9)

V termínu 20. 5. 2014 byly provedeny odběry pouze na třech místech, jejichž hodnoty jsou znázorněny v tabulce č. 20. K překročení mezní hodnoty limitu došlo na gynekologicko-porodnickém oddělení a to o celých 1700 kolonií tvořících jednotky. V pavilonu LDN analýza prokázala dokonce 2800 KTJ. Vyhověl pouze vzorek z interního oddělení.



**Graf č. 14 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(10)

Při vyhodnocování odběrů z července 2014, které jsou zaneseny v grafu č. 14, vyhověla požadované kvalitě vody pouze výstupní a vratná voda. I přes tuto skutečnost, jsou KTJ na podstatně nižší úrovni, než při předchozích měřeních. Žádný z analyzovaných vzorků nepřekročil 1000 KTJ. Nejvyšší obsah Legionell byl zjištěn na GPO a to 540 kolonií. Na hemodialyzačním středisku (interní oddělení) a v sedmém patře IO bylo prokázáno 260 a 250 KTJ. Příznivější situace nastala i na LDN. Ve vzorku bylo 220 KTJ. Všechna tato data jsou zanesena v tabulce č. 21 v příloze.

**Tabulka č. 22 Legionelly v teplé vodě**

	11.9.2014	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)		
Kotel (vratná voda)		
GPO	900	47
Chirurgie (3.p. č.5)		
Interna HDS	1500	53,5
Interna (7.p. č.5)		
LDN (1.p. č.9)		

(11)

Při zářijovém odběru 2014, byla hodnocena pouze dvě odběrová místa. Hodnoty Legionell jsou příliš vysoké a opět nesplňují požadavky na kvalitu teplé vody.

**Tabulka č. 23 Legionelly v teplé vodě**

	4.11.2014	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)		
Kotel (vratná voda)		
GPO		
Chirurgie (3.p. č.5)		
Interna HDS	340	51,5
Interna (7.p. č.5)		
LDN (1.p. č.9)	2900	45,5

(3)

Dílčí odběr na vybraných místech v areálu nemocnice byl proveden 4. 11. 2014. Výsledné hodnoty zobrazuje tabulka číslo 23. Oproti zářijové analýze došlo k výraznému zlepšení situace na hemodialyzačním středisku interního oddělení, avšak výsledky jsou stále nevyhovující. GPO také nevyhovuje limitním hodnotám.

**Tabulka č. 24 Legionelly v teplé vodě**

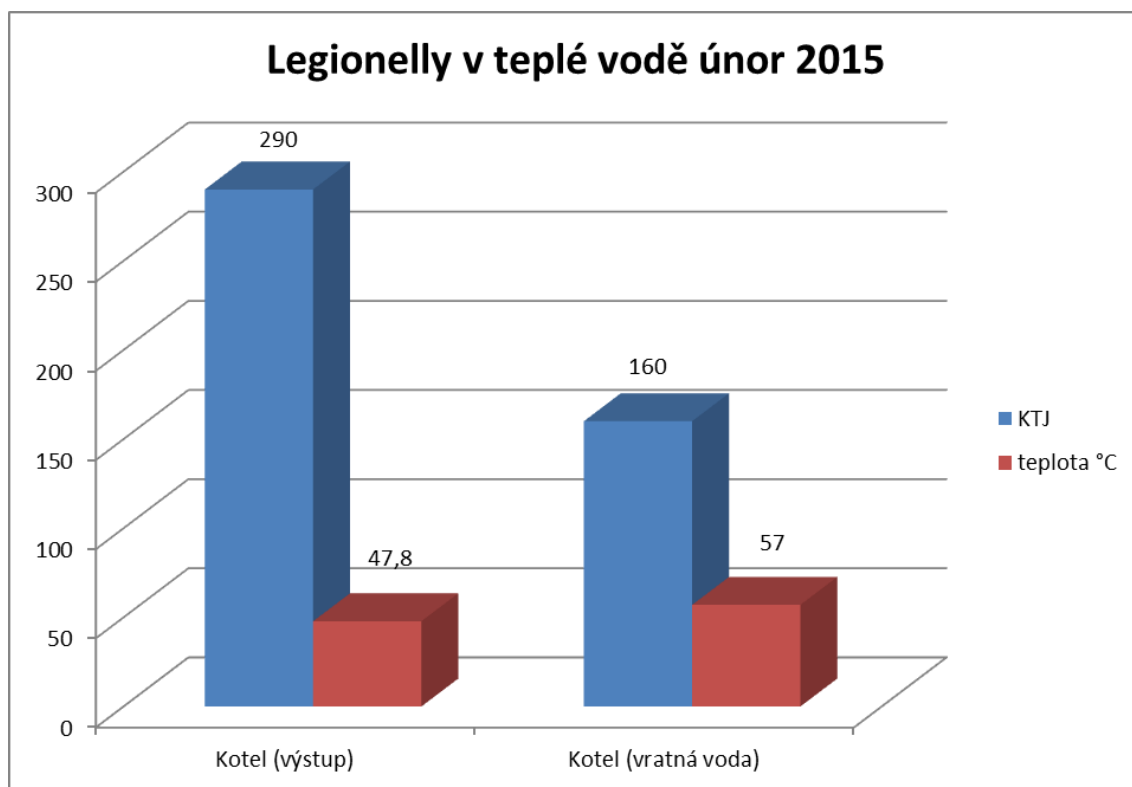
	22.12.2014	
Odběrové místo	KTJ	°C
Kotel (výstup)		
Kotel (vratná voda)		
GPO		
Chirurgie (3.p. č.5)		
Interna HDS	2100	50,3
Interna (7.p. č.5)		
LDN (1.p. č.9)	1900	42,7

(4)

Hodnoty, uvedené v tabulce č. 24 jsou z odběru provedeného 22. 12. 2014, tedy o měsíc a půl později než v předchozím případě. Stejná odběrová místa v jiném čase. Na interním oddělení došlo k výraznému nárůstu oproti údajům uvedeným v tabulce 23. Tedy z 340 KTJ na 2100. Na oddělení LDN je naopak zjevný pokles z 2900 na 1900 KTJ.

Z informací uvedených personálem, došlo na začátku roku 2015 k přenastavení dávkovacích zařízení chlordioxidu. Při všech předchozích kontrolách a nastaveních těchto zařízení, docházeli do areálu nemocnice dle informací zaměstnanců „absolutně neschopní technici“, zástupci firmy Waleon s.r.o., kteří netužili nic o technologii ani o správnosti fungování celého systému. Přes opakované urgencye od vedení nemocnice, dorazili v únoru 2015 z uvedené firmy konečně schopní lidé. Údajně došlo ke kompletní změně v dávkování a nastavení zařízení. Následující měření zanesené v grafech tyto informace mohou jen potvrdit.

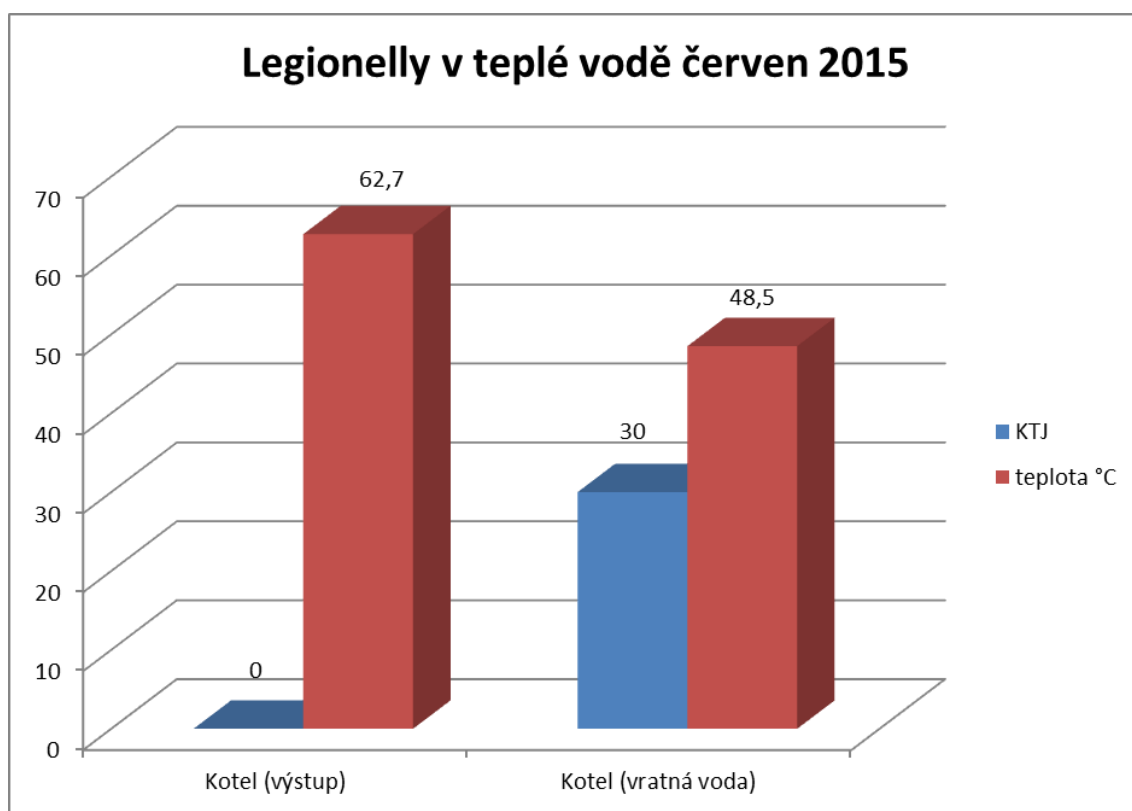
**Graf č. 15 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(5)

V uvedeném grafu nejsou stanovené hodnoty Legionell vyhovující, avšak pokles KTJ oproti předchozím analýzám je značný. V příloze uvedená tabulka č. 25 podrobně znázorňuje ostatní odběrová místa, na kterých došlo k velkému zlepšení v osídlení Legionellou. Na chirurgii a GPO bylo prokázáno 0 KTJ. V 7. patře IO pouhých 30 kolonií. Vzorek z hemodialyzačního střediska obsahoval 290 a z LDN 550 kolonií tvořících jednotky.

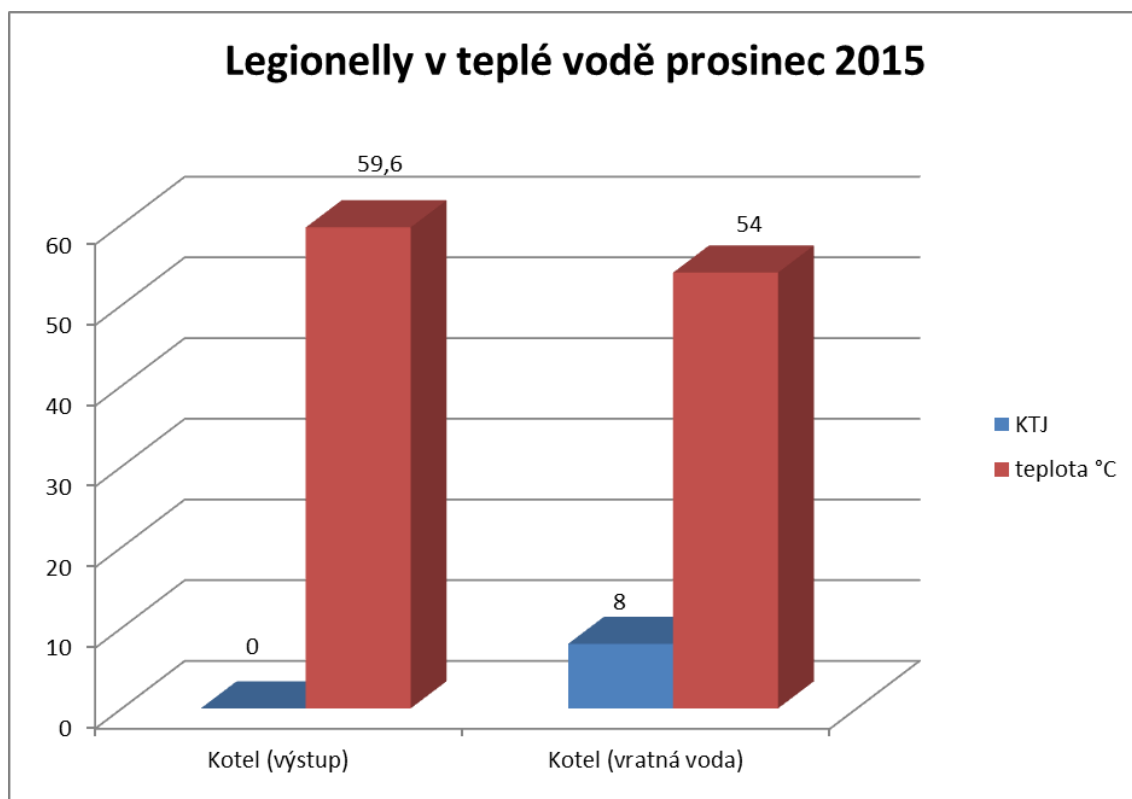
**Graf č. 16 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(52)

Množství Legionelly na všech odběrových místech kleslo pod mezní hodnotu KTJ, stanovenou vyhláškou. Ze všech uvedených výsledků je to poprvé. Na výstupu z kotle a GPO nebyly prokázány žádné kolonie. Největší počet kolonií byl ve zrekonstruované chirurgii, 64 KTJ. Dále hemodialyzační středisko s 56 koloniemi, 28 KTJ na interním oddělení v sedmém patře a LDN, kde byl průkaz jedenadvaceti kolonií tvořících jednotky. Zaneseno v příloze, v tabulce číslo 26.

**Graf č. 17 - Teplota a počty Legionell ve výstupní a vratné vodě do kotle**



(51)

Na většině odběrových míst trvá příznivá situace. Výjimkou je paradoxně zrekonstruovaný pavilon chirurgie, kde hodnoty KTJ dosáhly 1400 a pavilon LDN se 300 KTJ. Podrobné údaje v příloze, v tabulce č. 27.

#### **4.4 Další hodnocené ukazatele kvality teplé vody**

Další provedené analýzy jakosti teplé vody v Nemocnici Český Krumlov a.s., jsou uvedeny v následujících tabulkách. Tyto data se týkají nejen mikrobiologických, ale i ostatních biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů teplé vody. Uvedené výsledky ve většině případů vyhovují stanoveným limitům ohledně

kvality teplé a pitné vody. Největším zjištěným problémem, při těchto analýzách, byla teplota, která je příliš nízká.

Tabulka č. 28 Ostatní hodnocené ukazatele

Protokol č. 8534/2009 - odběr 23. 9. 2009 (kotel výstup)			
Místní měření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Chlor volný	0,03	mg/l	max. 1,0
Teplota vzorku	<b>46</b>	°C	min. 55
Výsledky zkoušení - chemické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Barva	2	mg/l Pt	max. 20
TOC	2	mg/l	max. 5,0
Pach	příjemný		příjemný
pH	7,7		6,5 - 9,5
Trihalomathany	1,9	µg/l	max. 100
Zákal	1,2	ZF(n)	max. 5
Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Legionella pneumophila	<b>800</b>	KTJ/100ml	max. 100
Počty kolonií při 36 °C	0	KTJ/ml	max. 200

(68)

Z tabulky je dle uvedených limitů zřejmé, že k jejich překročení dochází pouze v případě Legionelly. Tedy nejen Legionella, jejíž hodnoty osminásobně překračují limit, ale také teplota, která je příliš nízká.

Tabulka č. 29 Ostatní hodnocené ukazatele

Protokol č. 6938/2010 - odběr 5. 5. 2010 (kotel výstup)			
Místní měření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Teplota vzorku	<b>43</b>	°C	min. 55
Výsledky zkoušení - chemické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Barva	2	mg/l Pt	max. 20
TOC	2	mg/l	max. 5,0
Pach	příjemný		příjemný
pH	6,7		6,5 - 9,5
Trihalomethany	3	µg/l	max. 100
Zákal	1,7	ZF(n)	max. 5

(31)

Při odebrání tohoto vzorku, nebyla Legionella hodnocena. Kromě teploty, jsou všechny ostatní parametry v pořádku a odpovídají současné legislativě.



Tabulka č. 30 Ostatní hodnocené ukazatele

Protokol č. 9989/2011 - odběr 28. 4. 2011 (kotel výstup)			
Místní měření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Chlor volný	0,04	mg/l	max. 1,0
pH	6,8		-
Teplota vzorku	<b>54,6</b>	°C	min. 55
Výsledky zkoušení - chemické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Barva	2	mg/l Pt	max. 20
TOC	1,5	mg/l	max. 5,0
Pach	příjemný		příjemný
Trihalomathany	1,7	µg/l	max. 100
Zákal	1	ZF(n)	max. 5
Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Legionella pneumophila	73	KTJ/100ml	max. 100
Počty kolonií při 36 °C	0	KTJ/ml	max. 200

(33)

I v případě této analýzy, byla zjištěna nízká teplota. Všechny ostatní sledované parametry jsou v souladu s vyhláškou č. 252/2004 Sb.

Tabulka č. 31 Ostatní hodnocené ukazatele

Protokol č. 22324/2012 - odběr 28. 8. 2012 (RTG - snímkovna, přízemí)			
Místní měření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Chlor volný	0,03	mg/l	max. 1,0
pH	7,4		-
Teplota vzorku	<b>34,5</b>	°C	min. 55
Výsledky zkoušení - chemické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Barva	20	mg/l Pt	max. 20
TOC	2,1	mg/l	max. 5,0
Pach	příjemný		příjemný
Trihalomethany	5,5	µg/l	max. 100
Zákal	<b>20</b>	ZF(n)	max. 5
Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Legionella pneumophila	<b>6000</b>	KTJ/100ml	max. 2
Počty kolonií při 36 °C	15	KTJ/ml	max. 200

(23)

Z této tabulky je patrné, že došlo k překročení limitu u třech sledovaných bodů. A všechny tři překročili daný limit výrazně. Teplota dosáhla pouhých 34,5 °C, zákal 20 ZF(n) a Legionella dokonce 6000 KTJ.

Tabulka č. 32 Ostatní hodnocené ukazatele

Protokol č. 30937/2012 - odběr 19. 11. 2012 (kotel výstup)			
Místní měření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Chlor volný	0,08	mg/l	max. 1,0
pH	6,8		-
Teplota vzorku	58,4	°C	min. 55
Výsledky zkoušení - chemické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Barva	2	mg/l Pt	max. 20
TOC	1,9	mg/l	max. 5,0
Pach	příjemný		příjemný
Trihalomethany	2,9	µg/l	max. 100
Zákal	1,2	ZF(n)	max. 5
Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Legionella pneumophila	<b>900</b>	KTJ/100ml	max. 2
Počty kolonií při 36 °C	<b>&gt;300</b>	KTJ/ml	max. 200

(44)

Při tomto odběru, uskutečněném 19. 11. 2012 všechny parametry vyhověly svým limitům. Ovšem mimo Legionelly, která dosáhla 900 kolonií tvořících jednotky ve 100 ml a více než 300 KTJ/ml při 36 °C.

Tabulka č. 33 Ostatní hodnocené ukazatele

Protokol č. 30938/2012 - odběr 19. 11. 2012 (Chirurgie - RTG 2. nadzemní podlaží - kuchyňka)			
Místní měření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Požadavek
Chlor volný	0,06	mg/l	max. 0,30
pH	6,8		6,5 - 9,5
Výsledky zkoušení - chemické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Amonné ionty	<0,10	ml/l	max. 0,50
Barva	2	mg/l Pt	max. 20
TOC	1,8	mg/l	max. 5,0
Dusičnany	11	mg/l	max. 50
Dusitany	<0,050	mg/l	max. 0,50
Chuť	příjatelná		příjatelná
El. konduktivita	23	mS/m	max. 125
Pach	příjatelný		příjatelný
Zákal	0,2	ZF(n)	max. 5
Fe (železo)	0,03	mg/l	max. 0,20
Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Escherichia coli	0	KTJ/100ml	max. 0
Koliformní bakt.	0	KTJ/100ml	max. 0
Počty kolonií při 22 °C	33	KTJ/ml	max. 200
Počty kolonií při 36 °C	<b>40</b>	KTJ/ml	max. 20

(45)

19. 11. 2012 byl uskutečněn ještě další odběr a to na RTG ve druhém nadzemním podlaží na chirurgii. Legionella zde bohužel nebyla hodnocena, ale došlo k překročení stanoveného limitu vyhláškou č. 252/2004 Sb. a to koliformními bakteriemi. Další ukazatele jsou v pořádku, tudíž ve stanoveném limitu.

Tabulka č. 34 Ostatní hodnocené ukazatele

Protokol č. 21057/2013 - odběr 26. 6. 2013 (kotel výstup)			
Místní měření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Chlor volný	0,05	mg/l	max. 1,0
pH	7,4		-
Teplota vzorku	58,2	°C	min. 55
Výsledky zkoušení - chemické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Barva	2	mg/l Pt	max. 20
TOC	1,6	mg/l	max. 5,0
Pach	příjemný		příjemný
Trihalomethany	21,6	µg/l	max. 100
Zákal	0,8	ZF(n)	max. 5
Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření			
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Limit
Legionella pneumophila	<b>850</b>	KTJ/100ml	max. 2
Počty kolonií při 36 °C	58	KTJ/ml	max. 200

(21)

Při analýze vzorku ze šestadvacátého června 2013, byl opět zjištěn vysoký počet kolonií bakterie Legionella pneumophila. Tento počet dosáhl 850 KTJ.

## 5 DISKUZE

Tato diplomová práce, pojednává o stavu teplé vody v Nemocnici Český Krumlov a.s. Hlavním sledovaným parametrem je bakterie *Legionella pneumophila*. Zmíněná bakterie, je zde zkoumána i ve vztahu k vodovodnímu potrubí, které je potřeba brát na zřetel. Výsledky, interpretované pomocí grafů a přiložených tabulek, nastiňují situaci ve zdravotnickém zařízení v období let 2009 až 2015. V těchto letech, došlo v nemocnici k mnoha úpravám, jak technického tak organizačního charakteru a investici mnoha miliónů, aby došlo k nápravě této nepříliš dobré situace. I přes tyto skutečnosti je hladina kontaminace bakterií celého vodovodního systému stále neuspokojivá, jak je patrné z analyzovaných výsledků.

Ve zdravotnickém zařízení byla do roku 2008 k ohřevu vody využívána pára. Parní kotle nebyly využívány pouze k prosté výrobě teplé vody, která je vyráběna z vody pitné, ale také k její termodezinfekci. Každé čtvrtletí docházelo k „přehřívání“ vody na 70 – 80 °C a jejímu následnému odpouštění, aby docházelo k odstranění *Legionelly*. Dle informací od personálu nemocnice bylo od této metody upuštěno, pro její neekonomičnost. Z tohoto důvodu zde byl v témže roce instalován generátor chlordioxidu, který dodala firma EuroClean. Po jeho spuštění byla dle poskytnutých informací údajně kontaminace *Legionellou* ještě mnohem horší.

První, v této diplomové práci uvedené výsledky, jsou ze září roku 2009. Jak je možné vidět výše v grafu č. 1 a k němu v příloze uvedené tabulce č. 4, výsledky této „legionelové infekce“ nejsou dobré a ve všech odebraných vzorcích došlo k překročení limitu, stanoveného v příloze č. 3, vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontrol pitné vody. Analýza vody z prosince téhož roku byla o něco lepší. Ve vodě vystupující z ohřevu bylo 0 kolonií tvořících jednotky. Výborně dopadla i další odběrová místa jako gynekologicko-porodnické oddělení, hemodialyzační středisko a chirurgie. V ostatních vzorcích byla bohužel *Legionella* stále přítomna ve vysokém počtu. Nejvíce tedy ve vratné vodě, kde bylo zjištěno 4300 KTJ.

Rok 2010 přinesl velice uspokojující výsledky. Při květnovém odběru vzorků vody, byla zjištěna vysoká hladina *Legionell* pouze na výstupní vodě. KTJ dosáhly hranice

850. V ostatních vzorcích byla bakterie obsažena pouze v řádech jednotek. Od žádných kolonií, po maximálně dvacet. Analýza říjnová, téhož roku, přinesla obdobná čísla. Zvýšená kontaminace byla pouze u vratné vody, s hodnotou 150 KTJ a na chirurgii se 320 koloniemi tvořícími jednotky. Zdálo se tedy, že tato opatření jsou úspěšná a Legionella je na ústupu.

Rok 2011 však toto tvrzení vyvrátil. První uskutečněná analýza, provedená v dubnu, opět ukázala velmi znepokojující údaje. Kolonie Legionelly, zjištěné ve vzorcích ze všech odběrových míst, překročily vyhláškou stanovený limit a nabyly hodnot v řádech stovek až tisíců. Největší osídlení bylo prokázáno na interním oddělení, hemodialyzačním středisku, kde dosáhla 5600 KTJ. Ve stejné budově v sedmém patře 5200 kolonií. Výsledky z října 2011 nepřinesli žádné zlepšení. Kolonizace vody Legionellou byla nadále vysoká. Na výstupu z ohřevu bylo analyzováno 1800 KTJ a ve vratné vodě 2000. Pouze dvě odběrová místa dopadla dobře, tedy byla v limitu a to právě ta, v budově interního oddělení, kde při předchozí analýze byla kolonizace Legionellou největší. V období mezi říjnovým a následným prosincovým odběrem musela být tato technologie zastavena, z důvodu špatného stavu rozvodného systému teplé vody. Začalo docházet k destrukci teplovodního potrubí, jejíž příčinou byla pravděpodobně přítomnost chemické dezinfekce. K poruchám a následným opravám docházelo cca dvakrát do týdne a voda byla neúnosně rezavá. Přes opakované urgencye firmy EuroClean, která tuto technologii poskytla, nedocházelo k žádné nebo velmi omezené komunikaci. Tudiž došlo ze strany nemocnice k vypovězení smlouvy a ukončení spolupráce. Prosinec 2011 přinesl hrůzné výsledky. Všechny vzorky obsahovaly tisíce kolonií tvořících jednotky. Na GPO bylo analyzováno 21000 kolonií. Nejlépe dopadl vzorek z chirurgie, kde bylo „pouhých“ 1000 KTJ.

Ke zlepšení situace došlo 2012 při únorové analýze. Limitu vyhlášky sice odpovídal pouze jeden vzorek odebraný v pavilonu chirurgie, avšak nejvyšší zjištěná koncentrace byla jen 1600 kolonií a to ve vratné vodě. V březnu 2012 byla termodezinfekce obnovena. Ve stejné době však pokračovaly poruchy na teplovodním potrubí a tak docházelo k neustálému zastavování a pouštění TV do systému, což vedlo k uvolnění biofilmu a nánosů v potrubí a šíření legionel. Prohřívání celého systému bylo

také velmi obtížné, vzhledem ke stavu rozvodů, které byly poškozené a zarostlé a ke stavu kotelny, která nestačila množství odebírané vody dostatečně prohřívát. Následující analýza byla provedena v srpnu 2012. Nepřinesla dobré výsledky. Jediným světlým bodem byl vzorek z gynekologicko-porodnického oddělení, kde nebyla prokázána přítomnost legionel. Ostatní hodnoty opět vystoupily na tisíce. 7. patro interního oddělení 12000 kolonií, chirurgie 8600, vratná voda 4500, LDN 4400 a HDS 4200. V termínu tohoto odběru již docházelo k ekologizaci a modernizaci kotelny, výměně rozvodné větve „A“, která je zanesena ve výše uvedeném situačním plánu a také k výměně kompletních rozvodů teplé vody v budově chirurgie. V ostatních budovách zůstaly rozvody TV původní. Došlo také k osazení nového generátoru chlordioxidu od firmy Waleon s.r.o., který byl umístěn do kotelny a opět došlo k zahájení chemické dezinfekce.

První analýzy teplé vody v roce 2013 proběhly v březnu. Na některých odběrových místech nastalo zlepšení, na jiných byla kolonizace Legionellou ještě vyšší. Výstupní voda z kotle nyní nevykazovala žádné osídlení. V srpnu 2012 bylo ve výstupní vodě 1900 KTJ. U vratné vody bylo zlepšení ze 4500 na 3900 KTJ. Situace se také zlepšila ve zrekonstruovaných rozvodech na chirurgii. Prokázána přítomnost pouze 36 KTJ. Kolonizace Legionellou na HDS klesla ze 4200 na 875 a v sedmém patře téže budovy z 12000 na 11500 KTJ. Obrovský nárůst byl však zaznamenán na GPO, kde se z nulového osídlení objevilo 9500 kolonií a také v budově LDN. Zde bylo v srpnu loňského roku 4400 kolonií a nyní 16000. V následujících měsících nepřicházelo výrazné zlepšení. Při dubnové analýze byly vzorky odebrány pouze na třech místech. Gynekologicko-porodnickém oddělení, interním oddělení v 7. patře a v LDN. Na GPO byl zjevný pokles z 9500 na 2900 kolonií, na IO hodnoty klesly z 11500 na 2500. Na oddělení následné péče, tedy LDN, se kontaminace Legionellou zvýšila ze 16000 na 21700 KTJ. V průběhu měsíce května a června byla uskutečněna rekonstrukce rozvodné větve „B“. V květnu bylo analyzováno ve vratné vodě 1100 kolonií tvořících jednotky. Na GPO poklesly hodnoty z 2900 na 460 KTJ a v budově LDN z 21700 na 12500. Červen byl na bakterie Legionelly opravdu bohatý. Na oddělení následné péče se prokázalo 260000 kolonií této bakterie. V budově IO v sedmém patře 22000 a v HDS



6300. Zrekonstruovaná chirurgie vykazovala 16000 kolonií a GPO 17000. Dle informací sdělených firmou Waleon a vedením zdravotnického zařízení, došlo pravděpodobně k uvolnění biofilmu ze starých rozvodů v budovách a následnému rozšíření do celého systému. Zástupce této firmy doporučil nadále pokračovat v chemické dezinfekci. Srpen přinesl pozitivnější zprávy. Ve výstupní vodě ohřevu bylo 310 kolonií, na GPO ze 17000 8900 KTJ. Situace na LDN se také zlepšila. Z původních a neuvěřitelných 260000 došlo ke snížení kontaminace na 7200 KTJ. Analýzy provedené v říjnu dopadly téměř výborně. Všechny výsledky odpovídaly platné legislativě a vyhověly limitu, s výjimkou vratné vody se 137 KTJ a budovy LDN se 460 koloniemi. V budově LDN, se vzhledem k umístěným, obtížně či méně pohyblivým pacientům, dají předpokládat menší odběry vody, s její následnou stagnací v těchto koncových větvích a tudíž i zvýšenou kolonizací touto bakterií.

Dne 15. 2. 2014 byl v průchozím kolektoru pod budovou LDN zprovozněn druhý generátor chlordioxidu, shodný s tím, který je umístěn v kotelně zdravotnického zařízení. Pravděpodobně byl tento zásah do systému příčinou zvýšené kolonizace při analýze vzorků v březnu 2014. Z těchto vzorků vyhověla limitu pouze chirurgie, s pětadvaceti koloniemi. Ostatní odběry obsahovaly stovky až tisíce kolonií. Příkladem je GPO s 15000, HDS s 4100 a LDN se 14000 KTJ. V květnu tyto hodnoty poklesly. Gynekologicko-porodnické oddělení 1800 kolonií, LDN 2800. Červencová analýza přinesla uspokojivější výsledky. Výstup z ohřevu nebyl kolonizován vůbec a ve vratné vodě pouze 1 KTJ. Ostatní odběrová místa v rozmezí od 110 kolonií s maximem 540 kolonií na GPO. V září byl prokázán nárůst na hemodialyzačním středisku z původních 250 na 1500 KTJ a také na GPO na 900 z původních 540. Ostatní místa analyzována nebyla. V 11. a 12. měsíci roku 2014 byly odebrány vzorky pouze na dvou místech. HDS vykazovalo v listopadu 340 KTJ a v prosinci 2100. Na oddělení následné péče, tedy LDN bylo v listopadu 2900 a v prosinci 1100 kolonií.

Rok 2015 byl pozitivnější než předchozí léta. První analýzy proběhly v únoru, kdy nejvyšší hodnota kolonizace Legionellou byla 550. HDS a výstup z ohřevu vykazovaly 290 kolonií, vratná voda 160. Ostatní odběry vyhověly limitům vyhlášky č. 252/2004 Sb. Následující vyhodnocení kvality teplé vody proběhlo v červnu 2015. Všechny

odebrané vzorky vyhověly. Zjištěné maximum bylo překvapivě v budově chirurgie a to 64 KTJ. Poslední odběr v tomto roce byl proveden v prosinci. Bohužel došlo ke zvýšení hodnot v budově chirurgie na 1400 KTJ a v pavilonu LDN na 300 kolonií.

Dle výše uvedených výsledků se domnívám, že problém s výskytem legionel v tomto zdravotnickém zařízení má řešení. Z posledního, zde analyzovaného období 2015 vyplývá, že se situace oproti předchozím létům relativně ustálila a je mnohem lepší a zdá se i stabilnější. Odborná literatura uvádí, že je důležitý nejen obsah chemie v teplé vodě, ale také mnoho dalších technických a organizačních opatření, která jsou v této práci uvedena. Domnívám se také, že co se týče technologie (generátory chlordioxidu, nová kotelna), má nemocnice v Českém Krumlově dobrý základ, pro výhru s tímto protivníkem. Velmi důležitá je vyregulovanost celého systému.

Ze všech provedených analýz jsou jasné velmi vysoké rozdíly v teplotách mezi jednotlivými odběrovými místy. Vzhledem k tomu, že hlavní rozvodné větve jsou nové, je třeba hledat problém přímo v budovách. Jak je v práci uvedeno, tak jsou ve všech objektech, mimo pavilonu chirurgie, staré rozvody. V těchto trubkách jsou usazeny nečistoty, včetně legionel, které brání průchodu teplé vody, tzn. potřebnému prohřátí a chemie. To jsou optimální podmínky pro růst bakterie *Legionella pneumophila*. Dalším důležitým technickým faktorem je odpojení slepých či nepoužívaných odboček. Ze všech těchto neprůchodných a „hluchých“ míst dochází ke kolonizaci již zrekonstruovaných částí systému. Dle mého názoru, by v první řadě mělo dojít ke zvýšení teploty, vystupující z ohřevu, protože 55 °C na které je voda nyní ohřívána je opravdu málo. Následně by měly být rekonstruovány rozvody v ostatních budovách, které jsou v tuto chvíli zdrojem kontaminace. Myslím, že těmito postupy může být dosaženo kýženého cíle, tedy vyhrát boj s Legionellou.

## 6 ZÁVĚR

Diplomová práce se věnuje tématu, jak zajistit, aby se v rozvodech TUV ve zdravotnickém zařízení v Českém Krumlově, nenacházeli Legionelly. V práci jsou podrobně popsány poznatky, týkající se celkového stavu rozvodů teplé vody a technologického zařízení, o prováděných opatřeních, která jsou ohledně mikrobiologické kvality teplé vody v nemocnici prováděna a také poznatky o kvalitě teplé vody v jednotlivých budovách zdravotnického zařízení ve vztahu k vodovodním rozvodům, které byly stanovenými cíli této práce.

Uvedená, zpracovaná data, jsou za léta 2009 až 2015. V tomto období docházelo ve zdravotnickém zařízení k mnoha úpravám, opravám a opatřením, které byly nezbytné ve vztahu k Legionelle i fungování celého systému teplé vody. Myslím, že po technologické stránce, je boj proti Legionelle započatý velmi dobře. Nová kotelna, nové rozvody TUV, ale kvalita teplé vody ve vztahu k bakteriím legionell v zdravotnickém zařízení je stále problematická a tento stav byl v celém zkoumaném období. Naději přináší až analýzy z roku 2015. Koncentrace Legionelly v rozvodech teplé vody se v zařízení snižuje a celý systém začíná být funkční.

Dle mého názoru jsou největším problémem stále ještě původní rozvody, ve většině budou, které jsou teplou vodou zásobovány. Právě v těchto starých potrubích je průtok teplé, chemicky ošetřené vody problematický a téměř nemožný. Voda, která těmito rozvody jen velmi obtížně prochází, předává svoji tepelnou energii do nánosů v potrubí a na výtokových místech není dosaženo potřebné teploty. Teplota vody vycházející z ohřevu je také nedostačující. Pokud má výstupní voda na počátku celého systému pouhých 55 °C, je jasné, že na koncových výtokových místech bude tato hodnota ještě nižší, což je z výsledků patrné a Legionella se bez větších komplikací množí dál. Teplota výstupní vody by proto měla být alespoň 63 °C. Ze starého, zaneseného potrubí, bude opět docházet k osidlování potrubí nového a v tom případě neměly provedené úpravy smysl.

Je zapotřebí, aby byla provedena renovace potrubí ve všech zásobovaných budovách, ve kterých se nachází mnoho slepých a nevyužívaných odboček a odběrových míst. Právě ta, jsou zdrojem kolonizace. Toto jsou směry, jak se s tímto

problémem vypořádat. Tedy organizační opatření, tzn. zvyšování teploty s následnými proplachy výtokových míst a odkalování celého systému a dále technická opatření, spočívající ve zvýšení teploty vody vystupující z ohřevu, ve výměně starých nefunkčních rozvodů a tím zefektivnění celého systému rozvodů teplé vody. Myslím, že toto jsou odpovědi na obě mé výzkumné otázky „Jak zamezit množení Legionelly pneumophylis v rozvodech teplé vody v nemocnici Český Krumlov“ a „Jak zajistit dostatečné množství kvality teplé vody ve zdravotnickém zařízení“. Tyto zkušenosti a poznatky zde uvedené, jsou velmi dobré pro provozní pracovníky jak ve zdravotnických zařízeních, tak i provozovatele tepelných hospodářství i mimo zdravotnictví.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ATTLOVÁ, Ivana. Růst bakterií způsobující Legionářskou nemoc je stejný na plastech i na mědi. *TZB - info*[online]. 2006 [cit. 2016-04-25]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3100-rust-bakterii-zpusobujici-legionarskou-nemoc-je-stejny-na-plastech-i-na-medi> - <http://www.tzb-info.cz/3100-rust-bakterii-zpusobujici-legionarskou-nemoc-je-stejny-na-plastech-i-na-medi>
2. BARTRAM, Jamie. *Legionella and the Prevention of Legionellosis*. Geneva: World Health Organization, 2007. ISBN 9789241562973.
3. BEDNÁŘOVÁ, Radka. *Protokol č. 112852-112853/2014*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1388 akreditovaná ČIA, 2014, 4 s.
4. BEDNÁŘOVÁ, Radka. *Protokol č. 131615-131616/2014*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1388 akreditovaná ČIA, 2014, 4 s.
5. BEDNÁŘOVÁ, Radka. *Protokol č. 17438-17444/2015*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1388 akreditovaná ČIA, 2015, 4 s.
6. COTTON, Christine, Laurel PASSANTINO a Douglas OWEN. *Integrating UV Disinfection Into Existing Water Treatment Plants*. United States: American Water Works Association, 2005. ISBN 9781583214015. - [https://books.google.cz/books?id=fgvyiZF2F4C&pg=PR17&dq=thermo+desinfection+of+water&hl=cs&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=thermo%20desinfection%20of%20water&f=false](https://books.google.cz/books?id=fgvyiZF2F4C&pg=PR17&dq=thermo+desinfection+of+water&hl=cs&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=thermo%20desinfection%20of%20water&f=false)
7. ČERNÁ, Kristýna. *Protokol č. 21403/2014*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2014, 2 s.
8. ČERNÁ, Kristýna. *Protokol č. 37413/2013*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2013, 2 s.

9. ČERNÁ, Kristýna. *Protokol č. 46312-46314/2014*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2014, 2 s.
10. ČERNÁ, Kristýna. *Protokol č. 73361-73368/2014*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2014, 2 s.
11. ČERNÁ, Kristýna. *Protokol č. 91280-91283/2014*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1388 akreditovaná ČIA, 2014, 4 s.
12. ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. In: . Praha: Ministerstvo zdravotnictví, 2004, Vyhláška 252/2004 Sb. Dostupné také z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=57875&fulltext=258~2F2000&nr=252~2F2004&rpp=15#local-content>
13. ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 473/2008 Sb. o systému epidemiologické bdělosti pro vybrané infekce*. In: *151/2008*. Česká republika: Ministerstva zdravotnictví, 2008, částka 8010. <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?page=0&idBiblio=67660&recShow=14&nr=473~2F2008&rpp=15#parCnt> –
14. ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů v platném znění*. In: . Praha: Parlament České republiky, 2000, Zákon 258/2000 Sb. Dostupné také z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49577&fulltext=258~2F2000&nr=258~2F2000&rpp=15#local-content>
15. Česká republika. *Změna požadavků na kvalitu teplé vody ukazatel Legionella pneumophila (metodické doporučení Národního referenčního centra pro pitnou vodu)*. In: CHŽP-326/06. Praha: SZÚ, 2006. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/legionela.pdf>

16. Drašar V., Mentasti M., Palepou Ch., Polcar R., Buchtová H.: Současné trendy v průkazu zdroje nálezů z vody – panelákové a lázeňské legionelózy Sborník konference Pitná voda 2010, s. 75-76. W&ET Team, Č. Budějovice 2010. ISBN 978-80-254-6854-8 - <http://www.wet-team.cz/files/konference/2010/PV2010%20sbornik/13-Drasar.pdf>
17. HEUNER, Klaus a Michele SWANSON. Legionella: Molecular Microbiology. Norfolk, UK: Horizon Scientific Press, 2008. ISBN 9781904455264.
18. Chlordioxid - oxid chloričitý: Dezinfekce vody chlordioxidem a jeho další použití. *Chlordioxid* [online]. © 2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.clo2.cz/>
19. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 15364/2013*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2013, 2 s.
20. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 21056/2013*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2013, 2 s.
21. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 21057/2013*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2013, 2 s.
22. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 22319/2012*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2012, 2 s.
23. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 22324/2012*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2012, 2 s.
24. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 22900/2010*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Plzni, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2010, 2 s.
25. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 24605/2011*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Plzni, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2011, 2 s.

26. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 29099/2013*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2013, 2 s.
27. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 31375/2011*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Plzni, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2011, 2 s.
28. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 4130/2012*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Plzni, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2012, 2 s.
29. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 4971/2013*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2013, 2 s.
30. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 6927/2010*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Plzni, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2010, 2 s.
31. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 6938/2010*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2010, 2 s.
32. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 8912/2013*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2013, 2 s.
33. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 9989/2011*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2011, 2 s.
34. KOČMOUD, Zdeněk. *Protokol č. 9990/2011*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Plzni, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2011, 2 s.
35. LEAR, Gavin a Gillian D LEWIS (eds.). *Microbial biofilms: current research and applications*. Norfolk: Caister Academic Press, 2012. ISBN 978-1-904455-96-7.
36. *Legionella Pneumophilia: Vše o bakterii na jednom místě* [online]. WP Symposium Pro, Copyright2009-2015 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://legionella.cz/>



37. Legionelóza (legionářská nemoc). *Academy spektrum zdraví: Cesta do světa zdraví a medicíny* [online]. Brno: PROPEOPLE s.r.o., 2009 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.spektrumzdravi.cz/academy/legioneloza-legionarska-nemoc>
38. LINGIREDDY, Srinivasa. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. *Control of Microorganisms in Drinking Water*. Virginia: American Society of Civil Engineers, 2002. ISBN 9780784475232.
39. MACELA, Aleš. *Infekční choroby a intracelulární parazitismus bakterií*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. ISBN 9788024706641.
40. MUDRA, Radim, Irena MARTINKOVÁ, Marie FIEDOROVÁ a Danuše HANSLÍKOVÁ. Legionela aneb čert nikdy nespí: Legionella – the Devil Never Sleeps. *HYGIENA: Časopis pro ochranu a podporu zdraví*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2014, **59**(1), 37-40. ISSN 1803-1056. <http://apps.szu.cz/svi/hygiena/archiv/h2014-1-08-full.pdf>
41. MÜLLEROVÁ, Dana a Anna AUJEZDSKÁ. *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2510-2.
42. Nemocnice Český Krumlov, a.s. *Nemocnice Český krumlov* [online]. Český Krumlov: Nemocnice Český Krumlov, a.s., ©2011-2016 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: [www.nemck.cz](http://www.nemck.cz)
43. OČIPOVÁ, Daniela. Teplá voda a jej hygienické zabezpečenie. *TZB - info* [online]. 2008 [cit. 2016-04-25]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4818-tepla-voda-a-jej-hygienicke-zabezpecenie>
44. PALASOVÁ, Lenka. *Protokol č. 30937/2012*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2012, 2 s.
45. PALASOVÁ, Lenka. *Protokol č. 30938/2012*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň, Zkušební laboratoř č. 1384 akreditovaná ČIA, 2012, 2 s.

46. PANDIT, Aniruddha Bhalchandra a Jyoti Kishen KUMAR. *Drinking water disinfection techniques*. Boca Raton: CRC Press, c2013. ISBN 978-1-4398-7740-1.
47. PETROVOVÁ, Markéta. Jaké je v České republice riziko onemocnění legionelózou? *Praktický lékař*, Praha: ČLS JEP, 2012, roč. 2012/92, č. 4, s. 209-213. ISSN 0032-6739.
48. Pitná voda. *Státní zdravotní ústav* [online]. Praha: SZÚ [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/pitna-voda>
49. POSPÍCHAL, Zdeněk. Ochrana vnitřního vodovodu z pohledu mikrobiologie (II). *TZB - info* [online]. 2005 [cit. 2016-04-25]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2858-ochrana-vnitriho-vodovodu-z-pohledu-mikrobiologie-ii>  
<http://www.tzb-info.cz/2858-ochrana-vnitriho-vodovodu-z-pohledu-mikrobiologie-ii>
50. ROZSYPAL, Hanuš, Michal HOLUB a Monika KOSÁKOVÁ. *Infekční nemoci ve standardní a intenzivní péči*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2013, 386 s., viii s. obr. příl. ISBN 978-80-246-2197-5.
51. SAJTLEROVÁ, Jela. *Protokol č. 131784-131790/2015*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1388 akreditovaná ČIA, 2015, 4 s.
52. SAJTLEROVÁ, Jela. *Protokol č. 63622-63628/2015*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Centrum hygienických laboratoří, Zkušební laboratoř č. 1388 akreditovaná ČIA, 2015, 4 s.
53. SCHORNÁ-MATYÁŠOVÁ, Pavla. *Protokol č. 11387/2009*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Českých Budějovicích zkušební laboratoř akreditovaná ČIA pod č. 1383, 2009, 2 s.
54. SCHORNÁ-MATYÁŠOVÁ, Pavla. *Protokol č. 8539/2009*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Českých Budějovicích zkušební laboratoř akreditovaná ČIA pod č. 1383, 2009, 2 s.
55. ŠAŠEK, Jaroslav a František KOŽÍŠEK. Metodické doporučení Státního zdravotního ústavu – Oddělení hygieny vody ke kontrole jakosti teplé vody (zvláště s ohledem na riziko přítomnosti legionel) podle § 3 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb. v

platném znění. In: *Státní zdravotní ústav: Centrum zdraví a životního prostředí* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2014 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/tuv.pdf>

56. ŠAŠEK, Jaroslav. Možnosti odstranění legionel z distribuční sítě pitné vody Zdroj: *TZB-info* [online]. 2000, (5) [cit. 2016-04-06]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/395-moznosti-odstraneni-legionel-z-distribucni-site-pitne-vody>

57. ŠAŠEK, Jaroslav. Použití UV záření pro dezinfekci pitné vody. *TZB-info* [online]. 2013, (1) [cit. 2016-04-18]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9697-pouziti-uv-zareni-pro-dezinfekci-pitne-vody>  
<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9697-pouziti-uv-zareni-pro-dezinfekci-pitne-vody>

58. ŠPINGL, Jan. *Ekologizace energetického zdroje Nemocnice Český Krumlov a.s.: PS-01 Úprava teplovodní části kotelny*. Sezimovo Ústí, 2012.

59. ŠPINGL, Jan. *Ekologizace energetického zdroje Nemocnice Český Krumlov a.s.: PS-02 Využití nízkopotenciálního tepla*. Sezimovo Ústí, 2012.

60. ŠPINGL, Jan. *Ekologizace energetického zdroje Nemocnice Český Krumlov a.s.: PS-06 Demontáže zařízení v plynové kotelně*. Sezimovo Ústí, 2012.

61. ŠPINGL, Jan. *Ekologizace energetického zdroje Nemocnice Český Krumlov a.s.: PS-03 Ohřev teplé vody (TV)*. Sezimovo Ústí, 2012.

62. ŠPINGL, Jan. *Ekologizace energetického zdroje Nemocnice Český Krumlov a.s.: PS-05 Úprava palivového hospodářství*. Sezimovo Ústí, 2012.

63. ŠPINGL, Jan. *Ekologizace energetického zdroje Nemocnice Český Krumlov a.s.: SO-03 Potrubní trasy*. Sezimovo Ústí, 2012.

64. ŠPINGL, Jan. *Rekonstrukce pavilonu "E" Chirurgické obory: Zdravotně - technické instalace (vodovod)*. Sezimovo Ústí, 2012.

65. TŘEŠKA, Michal. Dezinfekce vody chlordioxidem generátorem Euroclean OXCL Blue Zdroj: *TZB-info* [online]. 2015 [cit. 2016-04-19]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/12514-dezinfekce-vody-chlordioxidem-generatorem-euroclean-oxcl-blue>
66. TYWONIAK, Jan a a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada Publishing a.s., 2012. ISBN 9788024780511.
67. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Monochloramine in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality* [online]. In: . © World Health Organization 2004, 2004 [cit. 2016-08-07]. Dostupné z: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/en/monochloramine.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/monochloramine.pdf)
68. ZEMKOVÁ, Marcela. *Protokol č. 8534/2009*. České Budějovice: Zdravotní ústav se sídlem v Českých Budějovicích, Zkušební laboratoř akreditovaná ČIA pod č. 1383, 2009, 2 s.

## **8 KLÍČOVÁ SLOVA**

Legionella pneumophila

Teplá voda

Potrubní rozvody

KTJ

Mikrobiologická kvalita vody

Desinfekce vody

## 9 PŘÍLOHY

### Příloha č. 1: Tabulky s konkrétními hodnotami Legionell v teplé vodě

Tabulka č. 4 Legionelly v teplé vodě

	24.9.2009	
Odběrové místo	KTJ	°C
Kotel (výstup)	1500	46
Kotel (vratná voda)	1000	50,5
GPO	1000	46,7
Chirurgie (3.p. č.5)	500	43,3
Interna HDS	420	41
Interna (7.p. č.5)	2000	32,1
LDN (1.p. č.9)	200	41,6

(54)

Tabulka č. 6 Legionelly v teplé vodě

	5.5.2010	
Odběrové místo	KTJ	°C
Kotel (výstup)	850	43
Kotel (vratná voda)	0	56,5
GPO	7	47,7
Chirurgie (3.p. č.5)	0	44,4
Interna HDS	20	43,5
Interna (7.p. č.5)	2	36
LDN (1.p. č.9)	18	46

(30)

Tabulka č. 5 Legionelly v teplé vodě

	2.12.2009	
Odběrové místo	KTJ	°C
Kotel (výstup)	0	52,5
Kotel (vratná voda)	4300	43
GPO	42	49,5
Chirurgie (3.p. č.5)	400	49
Interna HDS	30	45,3
Interna (7.p. č.5)	1100	39
LDN (1.p. č.9)	300	43,5
Chirurgie (3.p. JIP)	90	49,1
Suterén (vstup)	120	22,7

(53)

Tabulka č. 7 Legionelly v teplé vodě

	19.10.2010	
Odběrové místo	KTJ	°C
Kotel (výstup)	0	54,5
Kotel (vratná voda)	150	43,3
GPO	5	48,6
Chirurgie (3.p. č.5)	0	45,5
Interna HDS	0	44,5
Interna (7.p. č.5)	0	36,6
LDN (1.p. č.9)	45	45,4
Chirurgie (3.p. JIP)	320	44

(24)

**Tabulka č. 9 Legionelly v teplé vodě**

	3.10.2011	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	1800	62
Kotel (vratná voda)	2000	41,2
GPO	660	49,5
Chirurgie (3.p. č.5)	140	33,7
Interna HDS	9	42,5
Interna (7.p. č.5)	17	35
LDN (1.p. č.9)	110	45,5

(25)

**Tabulka č. 11 Legionelly v teplé vodě**

	23.2.2012	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	160	56,2
Kotel (vratná voda)	1600	41,6
GPO	120	46,5
Chirurgie (3.p. č.5)	0	44
Interna HDS	280	43,4
Interna (7.p. č.5)	120	34,4
LDN (1.p. č.9)	550	43,3

(28)

**Tabulka č. 10 Legionelly v teplé vodě**

	8.12.2011	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	5200	51,6
Kotel (vratná voda)	4800	40,4
GPO	21000	44,2
Chirurgie (3.p. č.5)	1000	43
Interna HDS	3100	43
Interna (7.p. č.5)	4500	31,2
LDN (1.p. č.9)	6200	41,4

(27)

**Tabulka č. 12 Legionelly v teplé vodě**

	28.8.2012	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	1900	47
Kotel (vratná voda)	4500	36,3
GPO	0	39,5
Chirurgie (3.p. č.5)	8600	39,4
Interna HDS	4200	36,9
Interna (7.p. č.5)	12000	34,5
LDN (1.p. č.9)	4400	36,4

(22)

**Tabulka č. 13 Legionelly v teplé vodě**

	4.3.2013	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	0	63,3
Kotel (vratná voda)	3900	47,7
GPO	9500	47,9
Chirurgie (3.p. č.5)	36	43,3
Interna HDS	875	51,6
Interna (7.p. č.5)	11500	49,5
LDN (1.p. č.9)	16000	38

(29)

**Tabulka č. 17 Legionelly v teplé vodě**

	15.8.2013	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	310	40
Kotel (vratná voda)	4200	46
GPO	8900	43
Chirurgie (3.p. č.5)		
Interna HDS		
Interna (7.p. č.5)	7800	37,5
LDN (1.p. č.9)	7200	40

(26)

**Tabulka č. 16 Legionelly v teplé vodě**

	26.6.2013	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	750	58,2
Kotel (vratná voda)	1500	35
GPO	17000	37,2
Chirurgie (3.p. č.5)	16000	31
Interna HDS	6300	41
Interna (7.p. č.5)	22000	41
LDN (1.p. č.9)	260000	36

(20)

**Tabulka č. 18 Legionelly v teplé vodě**

	15.10.2013	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	98	57
Kotel (vratná voda)	137	41,6
GPO	83	42,3
Chirurgie (3.p. č.5)	0	46,6
Interna HDS	7	47,2
Interna (7.p. č.5)	11	41,6
LDN (1.p. č.9)	460	46,9

(8)



**Tabulka č. 19 Legionelly v teplé vodě**

	13.3.2014	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	120	58,4
Kotel (vratná voda)	1500	45,1
GPO	15000	49,5
Chirurgie (3.p. č.5)	25	50,8
Interna HDS	4100	50,8
Interna (7.p. č.5)	8200	42
LDN (1.p. č.9)	14000	47,9

(7)

**Tabulka č. 25 Legionelly v teplé vodě**

	25.2.2015	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	290	47,8
Kotel (vratná voda)	160	57
GPO	0	55,5
Chirurgie (3.p. č.5)	0	48
Interna HDS	290	53
Interna (7.p. č.5)	30	50
LDN (1.p. č.9)	550	46

(5)

**Tabulka č. 21 Legionelly v teplé vodě**

	7/2014	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	0	58,7
Kotel (vratná voda)	1	44,5
GPO	540	45
Chirurgie (3.p. č.5)	110	46,5
Interna HDS	250	48,8
Interna (7.p. č.5)	260	48,2
LDN (1.p. č.9)	220	48,2

(10)

**Tabulka č. 26 Legionelly v teplé vodě**

	23.6.2015	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	0	62,7
Kotel (vratná voda)	30	48,5
GPO	0	55,9
Chirurgie (3.p. č.5)	64	50
Interna HDS	56	57,3
Interna (7.p. č.5)	28	51
LDN (1.p. č.9)	21	47

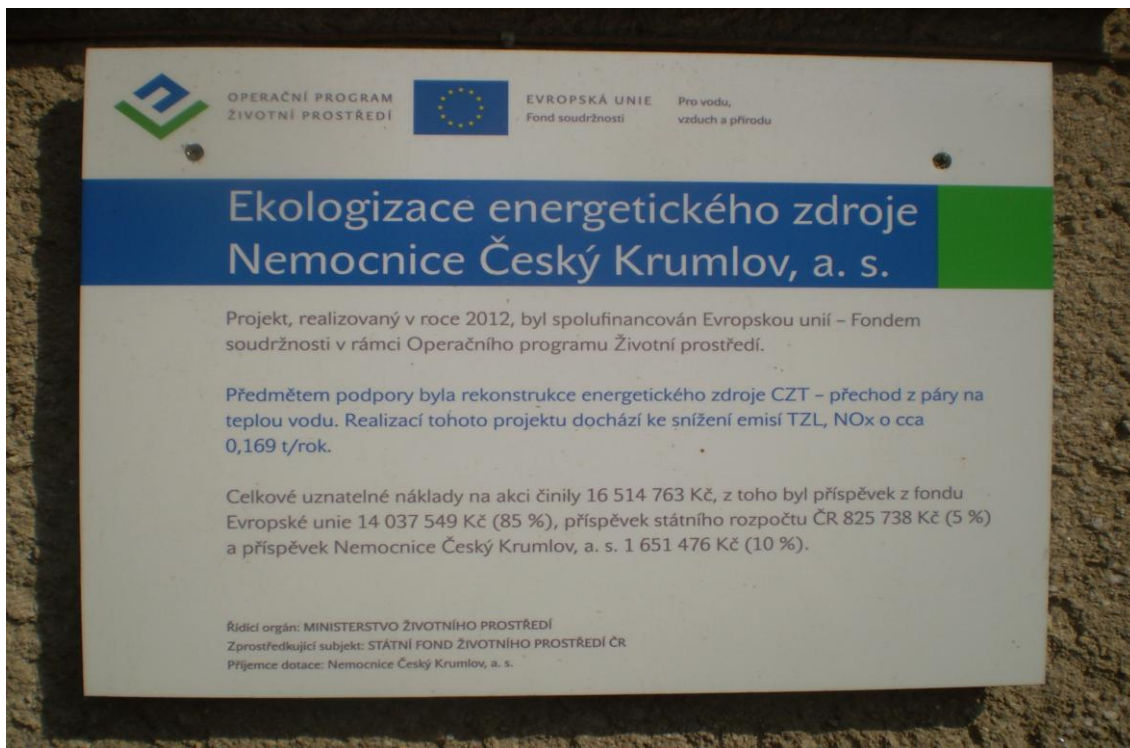
(52)

**Tabulka č. 27 Legionelly v teplé vodě**

	9.12.2015	
<b>Odběrové místo</b>	<b>KTJ</b>	<b>°C</b>
Kotel (výstup)	0	59,6
Kotel (vratná voda)	8	54
GPO	0	56,2
Chirurgie (3.p. č.5)	1400	44
Interna HDS	0	60,4
Interna (7.p. č.5)	100	46,4
LDN (1.p. č.9)	300	39

(51)

**Příloha č. 2: Modernizované zařízení a potrubní rozvody v kotelně (Zdroj: vlastní foto)**







**Příloha č. 3: Původní generátor chlordioxidu EuroClean (Zdroj: vlastní foto)**



**Příloha č. 4: Nový generátor chlordioxidu (Zdroj: vlastní foto)**



**Příloha č. 5: Potrubní rozvody v podzemním kolektoru v Nemocnici Český Krumlov a.s. (Zdroj: vlastní foto)**





**Příloha č. 6: Odběrové místo v LDN (Zdroj: vlastní foto)**





**Příloha č. 7: Odběrová místa na Interním oddělení (Zdroj: vlastní foto)**



**Příloha č. 8: Nové rozvody a odběrové místo na chirurgii (Zdroj: vlastní foto)**



Příloha č. 9: Odběrové místo na GPO

