

POJAV LEGIONELE V GRAJENEM OKOLJU IN MOŽEN VPLIV NA ZDRAVJE LJUDI

OCCURANCE OF *LEGIONELLA* IN THE BUILT ENVIRONMENT AND POSSIBLE IMPACT ON HUMAN HEALTH

Milan Grašič, Constructing Architect
(Bach. of Arch. Techn. and Constr. Man.)

grasic.milan@gmail.com

doc. dr. Živa Kristl, univ. dipl. inž. arh.

zkristl@fgg.uni-lj.si

asist. dr. Mateja Dovjak, dipl. san. inž.

mdovjak@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova 2, 1000 Ljubljana,

Znanstveni članek

UDK 582.23:613/614:69

Povzetek | Legionela je v naravi v vseh sladkovodnih okoljih, kjer je prisotna v zelo majhnih količinah in običajno ne predstavlja tveganja za zdravje. V umetno ustvarjenih vodnih okoljih (npr. toplovodni sistemi, hladilni stolpi prezračevalnih sistemov, vlažilniki zraka, masažni bazeni) se zaradi ugodnih razmer lahko zelo namnoži, kar pa lahko pomeni tveganje za zdravje. Največkrat se z legionelo okužimo zaradi vdihovanja aerosola. Pojav legionele in njegovo preprečevanje v grajenem okolju sta dobro znana, vendar se kljub temu pojavljajo občasni izbruhi legioneloze. Namen članka je opozoriti na problem pojava legionele v kontekstu grajenega okolja, preučiti razširjenost legionele v grajenem okolju, opredeliti najpogostejše vzroke za pojav in predstaviti možne posledice za zdravje ljudi. Sistematičen pregled raziskav smo opravili v 38 faktografskih in bibliografskih bazah ter na drugih spletnih naslovih. Vključili smo študije, objavljene med letoma 1995 in 2013. Iskali smo s ključnimi besedami v slovenščini in angleščini. Študije, ki se ukvarjajo s problematiko pojava legionele v grajenem okolju, so dokazale, da predstavljajo hladilni stolpi prezračevalnih sistemov enega od pomembnih izvorov legionele. Problematični so zato, ker predstavljajo idealno okolje za rast legionele, tvorbo aerosolov in posledičen prenos le-teh v zunanje okolje. Pregled študij je dokazal, da je pojav legionele v vodovodnih in prezračevalnih sistemih v bolnišnicah zelo problematičen. V bolnišničnem okolju so prisotni tudi ljudje z oslabljenim imunskim sistemom, zato je preprečevanje pojava legionele v takšnih okoljih izrednega pomena. Ukrepi za preprečevanje pojava legionele v grajenem okolju so znani in vključujejo odstranitev mrtvih rokavov in ustrezne sanitarnotehnične in higienske ukrepe. Pri hladilnih stolpih je posebno pozornost treba nameniti izdelavi ocene tveganja, vzdrževanju sistema in ustrezni usposobljenosti upravitelja. Na področju zakonodaje bi bilo treba uvesti strožje zahteve o omejevanju ali prepovedovanju prisotnosti legionele v vodovodnem omrežju in v prezračevalnih sistemih glede na vrsto stavb. Ključno je sodelovanje med načrtovalci stavb in sistemov, izvajalci, higiensko-epidemiološkimi službami, vzdrževalci in uporabniki.

Ključne besede: legionela, legioneloza, grajeno okolje, hladilni stolpi, bolnišnično okolje, vpliv na zdravje

Summary | *Legionella* bacteria can be found in natural, freshwater environments, but they are present in insufficient numbers to cause disease. Man-made water systems (e.g., hot water systems, ventilation systems, cooling towers, humidifiers, whirlpool spas) are common sources of the outbreaks of infection. The inhalation of aerosols containing

the bacterium is presumed to be the primary cause of acquiring legionellosis. The control and the prevention of *Legionella* in the built environment are well known, nevertheless occasional outbreaks of legionellosis still occur. The purpose of this paper is to draw attention to the problem of *Legionella* in the built environment, to examine its prevalence, and to identify the causes and possible adverse effects on human health. A systematic literature review was performed in 38 factographical and bibliographical databases, as well as other www addresses with English and Slovenian keywords. We included studies published between 1995 and 2013. The review of studies has shown that cooling towers are often contaminated with *Legionella* due to optimal conditions for its growth, and due to the formation and transfer of aerosols with *Legionella* to the external environment. The occurrence of *Legionella* in the hospital water systems may present a serious concern. The control and the prevention of *Legionella* in such environments are very important. The measures for the control and the prevention of the occurrence of *Legionella* in the built environment are well defined; they include removing dead legs in the water distribution system and other sanitary-technical and hygienic measures. Regarding cooling towers particular attention should be paid to the risk assessment strategy, maintenance, and training of managers. At the level of legislation, more strict requirements should be defined. The cooperation among building and system designers, contractors, sanitary and epidemiological services, maintenance services, and users presents a key element.

Keywords: *Legionella*, legionellosis, built environment, cooling towers, hospital environment, health concerns.

1 • UVOD

Legionele (*Legionella sp.*) so aerobične, nesporogene, gramnegativne in kokobacilarne bakterije, ki so v naravi v vseh sladkovodnih okoljih, kot so jezera, potoki in reke. V naravi so prisotne v zelo majhnih količinah in običajno ne pomenijo tveganja za zdravje ljudi (IVZ, 2012). V grajenem okolju so legionele lahko v umetno ustvarjenih vodnih okoljih, kot so toplovodni sistemi (pojav mrtvega roka), vlažilniki zraka, hladilni stolpi in evaporacijski kondenzatorji prezračevalnih sistemov, razpršilniki vode v trgovskih središčih, dekorativne fontane, masažni bazeni, dihalna terapevtska oprema, dentalna higienska oprema, in v številnih drugih umetno ustvarjenih izvorih (WHO, 2007), (Flynn, 2009), (IVZ,

2012)). Zaradi ugodnih razmer za rast in razmnoževanje (optimalna temperatura med 35 in 42 °C, prisotnost hranil) se v umetno ustvarjenih vodnih okoljih lahko zelo namnožijo (IVZ, 2012), kar pa lahko pomeni tveganje za zdravje. Z legionele (legioneloza) se praviloma okužimo z vdihavanjem aerosola, aspiracijo kontaminirane vode ali z neposrednim vnosom legionele v kirurške rane in opekline. Na preživetje legionele v aerosolu imata velik vpliv relativna vlažnost zraka in temperatura zraka ((Washington, 1995), (WHO, 2007), (Lin, 2009), (IVZ, 2012)). Legioneloza je izraz, ki ga uporabljamo pri opisu vseh infekcij, ki jih povzroči bakterija legionele. Primeri legioneloz so bili v zadnjem času pri nas odmevni tudi

v medijih, posebno izpostavljena sta bila pojava legionel v bolnišničnem in hotelskem okolju ((WHO, 2007), (Flynn, 2009), (Musič, 2009)).

Kljub temu da je območje pojava in preprečevanja legionele v grajenem okolju dobro raziskano, se še vedno pojavljajo občasni izbruhi legioneloz, zato je treba na ta pojav vseskozi opozarjati in preventivno ukrepati. Namen članka je s sistematičnim pregledom literature obravnavati problem pojava legionele v kontekstu grajenega okolja, preučiti razširjenost legionel v grajenem okolju, definirati najpogostejše, tipične vzroke za pojav in preučiti možne posledice na zdravje ljudi. V članku so predstavljene razmere za rast in razmnoževanje, pregled področne zakonodaje, možen vpliv na zdravje ljudi ter ukrepi za preprečevanje in obvladovanje pojava legionele.

2 • METODA

Sistematični pregled literature smo opravili v iskalnih bibliografskih in faktografskih bazah podatkov, kot so Science Direct, Cobiss, TOXNET in PubMed. Relevantne vire literature smo iskali tudi na drugih spletnih naslovih, kot so World Health Organization (WHO), Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Eurostat, Statistični urad RS (SURSTAT), Uradni

list EU, Uradni list RS, Register predpisov, Ministrstvo za zdravje RS, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor RS, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje RS, Ministrstvo za delo, družino, socialne zadeve in enake možnosti RS, Zavod za zdravstveno varstvo Ljubljana (ZZV LJ), Inštitut za varovanje zdravja (IVZ). Uporabljena sta bila dva iskalna niza besed v angleščini:

»Legionella AND air(3W)conditioning«, »Legionellosis OR pontiac fever OR legionnaires' disease«, in en iskalni niz besed v slovenščini: »Legionela AND (hladilni stolp OR zdravje)«. V pregled smo vzeli relevantno literaturo, objavljeno med letoma 1995 in 2013.

Z obširnimi pregledom literature smo preučili mikrobiološke lastnosti bakterij legionele, pojav v grajenem okolju, ugotovili vzroke in minimalne razmere za njihovo rast in razmnoževanje, preučili zakonodajo ter ugotovili razširjenost in možne posledice, ki jih imajo na zdravje ljudi.

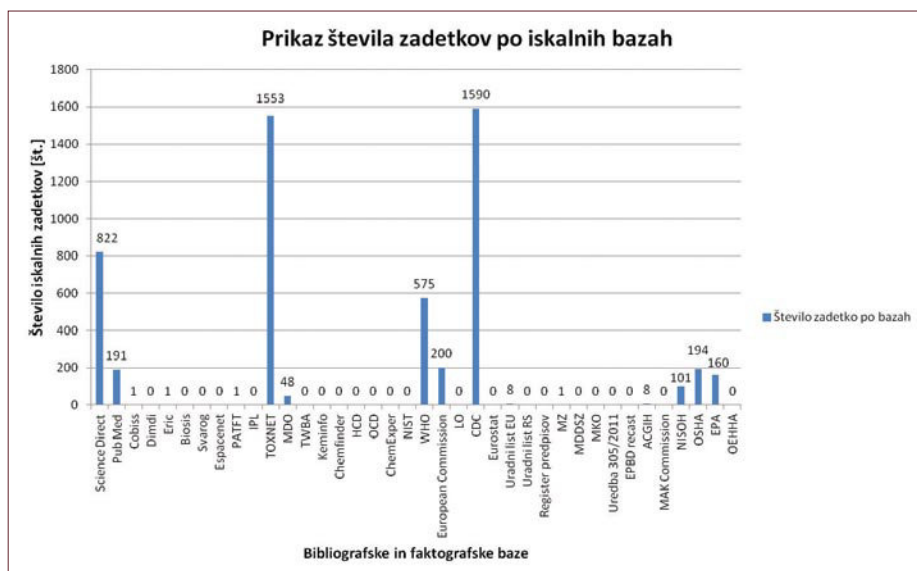
3 • REZULTATI

3.1 Raziskanost področja

Splošno področje pojava legionele in njenega vpliva na zdravje je dobro raziskano. Manj raziskano področje je pojava legionele v hladilnih stolpih oziroma prezračevalnih sistemih. Največ zadetkov je bilo v iskalni bazi CDC (1590 zadetkov), TOXNET (1553 zadetkov), Science Direct (882 zadetkov) in WHO (575 zadetkov). Majhno število zadetkov je bilo v iskalnih bazah inštitucij, ki pokrivajo EU in nacionalno zakonodajo (European Commission, Eurostat, Ministrstvo za zdravje RS, Ministrstvo za delo, družino, socialne zadeve in enake možnosti RS, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje RS) (slika 1).

3.2 Mikrobiološke značilnosti legionele

Rod *Legionella* obsega več kot 50 različnih vrst bakterij. Potencialno imajo vse vrste bakterij iz rodu *Legionella* lahko negativen vpliv na zdravje, vendar je do danes kot človeški patogeni definiranih le 19 vrst bakterij. Med njimi je bakterija *L. pneumophila* odgovorna za več kot 90 % kliničnih okužb z legionelo (slika 2). *L. pneumophila* seroskupina 1 je bila spoznana za največjega povzročitelja obolenj legioneloze, saj so seroskupino 1 povezali s kar 70 % teh obolenj. Druge seroskupine iste vrste bakterij so uspeli povezati z 20 do 30 % vseh obolenj, 5 do 10 % obolenj so uspeli povezati z dru-

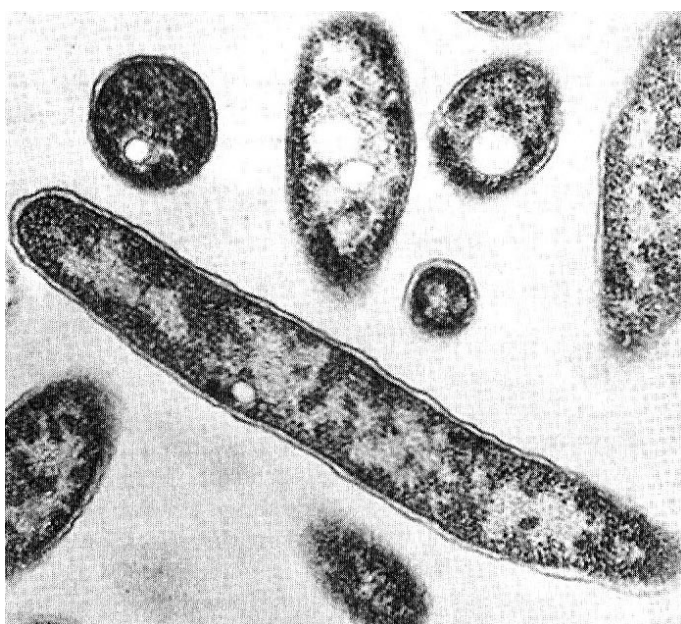


Slika 1 • Odvisnost števila iskalnih zadetkov od bibliografskih in faktografskih baz

gimi ne-pneumophila vrstami bakterij, kot so *L. micdade*, *L. bozemanii*, *L. dumoffi* in *L. longbeache* ((Washington, 1995), (Lin et al., 2009), (Flynn, 2009)).

Legionela za rast potrebuje vodno okolje, kisik, primerno temperaturo in pH ter hranila. Rast in razmnoževanje legionel se pojavita, ko ima voda temperaturo 20 do 50 °C. Optimalna temperatura za rast in razmnoževanje je pri 35 do 45 °C. Redkokdaj rastejo pri

temperaturi pod 20 °C. Temperatura vode nad 60 °C lahko že uniči bakterije, če je taka temperatura vzdrževana dovolj časa. Legionele so tolerantne na kislo okolje in so sposobne za krajši čas preživeti tudi v zelo kislem okolju (pH 2,0). Legionele v neugodnih razmerah kot zaščito uspešno izrabijo biofilme, amebe in praživali ((Washington, 1995), (WHO, 2007), (Flynn, 2009), (IVZ, 2012)) (preglednici 1 in 2).



Slika 2 • Izolirana bakterija *L. pneumophila* (Flynn, 2009)

Temperaturna območja (°C)	Komentar
5,7–20	Bakterije preživijo, vendar se ne razmnožujejo.
20–35	Bakterije pričnejo rasti in se razmnoževati.
35–42	Optimalna temperatura za razmnoževanje in rast.
42–49	Bakterije še rastejo in se razmnožujejo, vendar manj.
50	Decimalno-redukcijski čas* pri tej T je 80 do 124 minut.
60	Decimalno-redukcijski čas pri tej T sta 2 minuti.
70	Bakterije legionele pri tej T poginejo v 30 sekundah.

* Decimalno-redukcijski čas je čas, ki je potreben za uničenje 90 % populacije mikroorganizmov pri konstantni temperaturi in pod določenimi pogoji.

Preglednica 1 • Vpliv temperature na rast in razmnoževanje legionele ((WHO, 2007), (Flynn, 2009), (IVZ, 2012))

pH-območja	pH
pH-okolja, kjer so bile bakterije najdene	2,7–8,3
optimalno pH-okolje	5,5–8,3

Preglednica 2 • Vpliv pH na rast legionele (povzeto po ((Flynn, 2009), (IVZ, 2012)))

Pot prenosa bakterije na človeka je možna samo preko okužene vode oziroma preko prenosa legionele z aerosoli velikosti 1 do 5 µm. Torej se lahko okužimo z vdihavanjem aerosola z legionelo, kontaminirane vode ali z neposrednim vnosom legionele v kirurške rane in opeklino. Na preživetje legionele v aerosolu imata velik vpliv temperatura in relativna vlažnost zraka. Bakterije legionele se ne prenašajo s človeka na človeka ((Washington, 1995), (WHO, 2007), (Lin et al., 2009), (IVZ, 2012)).

3.3 Vpliv legionele na zdravje

Bakterije legionele lahko povzročajo dve vrsti bolezni, legionarsko bolezen in pontiaško vročico (IVZ, 2012). Legionarsko bolezen najpogosteje povzročata *L. pneumophila*. Nima tipičnega sindroma ali simptomov in je lahko smrtno nevarna ((Washington, 1995), (WHO, 2007)). Legionarska bolezen je pljučnica, vendar lahko prizadene tudi druge organe (srce, živčevje, ledvice in prebavila). Prizadetost osrednjega živčevja se lahko pojavi pri kar 20 do 30 % bolnikov. To lahko privede do halucinacij in zmedenosti bolnika (IVZ, 2012). Legionarska bolezen je pogostejša pri moških (med 40. in 70. letom starosti, obolevajo dvakrat pogosteje od žensk), pri kadilcih, alkoholikih, imunsko oslabljenih ljudeh (pacienti s presajenimi organi, bolniki, ki se zdravijo s steroidnimi zdravili, ljudje s krvnim rakom, kroničnim obolenjem pljuč, cirozo jeter in diabetesom), pri ljudeh, ki delajo več kot 40 ur na teden, in pri ljudeh, ki veliko potujejo (WHO, 2012). Za popolno okrevanje bolnika je zelo pomembno zgodnje odkrivanje in zdravljenje bolezni. Kljub temu se lahko pojavijo časovno dolge patogene spremembe, kot so rane na dihalih, oslabelelost, slab spomin in utrujenost, in lahko trajajo več mesecev. Čas okrevanja je pri legionarski bolezni lahko dolgotrajen ((Washington, 1995), (WHO, 2007), (WHO, 2012)).

Pontiaško vročico najpogosteje povzročita bakteriji *L. micdadei* in *L. cincinnatiensis* in je akutna, influenci podobna vročinska bolezen, brez pljučnice. V nasprotju z legionarsko boleznijo ima pontiaška vročica visoko stopnjo napadalnosti in lahko prizadene tudi do 95 % ljudi, ki so ji izpostavljeni. Bolezen navadno traja pet dni in se spontano pozdravi brez antibiotičnega zdravljenja.

Značilni simptomi, inkubacijska doba, trajanje bolezni, smrtnost bolezni in napadalna stopnja so razvidni iz preglednice 3 ((Washington, 1995), (WHO, 2007), (IVZ, 2012), (WHO, 2012)).

Značilnosti	Legionarska bolezen	Pontiaška vročica
Inkubacijska doba	2 do 10 dni, redkokdaj do 20 dni	5 ur do 3 dni (najbolj pogosto 24 do 48 ur)
Trajanje bolezni	Več tednov	2 do 5 dni
Smrtnost bolezni	Odvisno od gostitelja bolezni, v bolnišnicah lahko tudi 40 do 80 %	Ni smrtnosti
Napadalna stopnja	0,1 % do 5 % v splošni populaciji	Tudi do 95 %
	0,4 % do 14 % v bolnišnicah	
Simptomi	* Pogosto nespecifični	* Influenci podobno obolenje
	* Bolečine v mišicah (UVZ)	* Izguba moči, utrujenost
	* Bolečine v prsih	* Visoka vročina
	* Glavobol (UVZ)	* Bolečine v mišicah
	* Visoka vročina	* Glavobol
	* Suh kašelj	* Bolečine v sklepih
	* Sputum postane kasneje bele barve, gnojen lahko pa tudi krvav	* Bruhanje, slabost
	* Bolečine v trebuhu	* Oteženo dihanje in suh kašelj
	* Diareja (25 do 50 % primerov)	
	* Bruhanje in slabost (10 do 30 % primerov)	
	* Prizadet centralni živčni sistem (50 % primerov)	
	* Odpoved ledvic	

Preglednica 3 • Značilnosti legionarske bolezni in pontiaške vročice

3.4 Zakonske zahteve

V Sloveniji ni celovitih zakonskih zahtev, ki bi eksplicitno omejevale ali prepovedovale prisotnost bakterij legionele v vodovodnem omrežju in v prezračevalnih sistemih glede na vrsto stavb.

Mejne vrednosti legionele so v Sloveniji določene za vlažilne komore. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Ur. l. RS, št. 42/2002, 105/2002) v 29. členu navaja, da bakterij vrste *Legionella* v 1 ml vode, prisotne v vlažilni komori, ne sme biti. V tabeli za higienske zahteve za bazenske kopalne vode, priloženi k Pravilniku o kopalnih vodah (Ur. l. RS, št. 72/2003), ni navedenih konkretnih števil o omejitvi bakterij vrste *Legionella*. V Pravilniku o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/2004) je navedeno, da skupno število mikroorganizmov ne sme biti večje od 100 CFU/ml (CFU, colony-forming unit, število, kolonijaska enota, ki se nanaša na število vidnih kolonij, ki jih formirajo aktivne bakterije, na njihovo sposobnost, da se razmnožujejo in rastejo v ustreznih razmerah) ((Gubina et al., 2002), (IVZ, 2012), (Biology, 2012)).

Priporočila glede koncentracije legionel v vodovodnem omrežju so natančneje defini-

rana za bolnišnična okolja, zdravstvene ustanove in domove za ostarele. V omenjenih institucijah veljajo interna pravila in določila o ukrepih glede prisotnosti legionel v vodovodnem omrežju. Swiss-NOSO (2009) navaja, da predstavlja koncentracija legionel, od 1000 do 10.000 CFU/L vode, nizko tveganje za okužbo zdravega človeka. V bolnišnicah in domovih za ostarele so izkustveno priporočene nižje koncentracije legionel v vodi (od 0 do 100 CFU/L). V oddelkih za intenzivno nego in zdravljenje, hematoloških oddelkih in operacijskih prostorih je priporočeno, da je voda v vodovodnem omrežju brez legionel (0 CFU/L) (Musič, 2009).

Na Nizozemskem in v Veliki Britaniji število legionel v vodovodnem omrežju ne sme presežati vrednosti 100 CFU/L. V Nemčiji je zgornja meja 1000 CFU/L. V Franciji pa so zakonske zahteve še natančneje definirane tako, da je predpisana maksimalna dopustna koncentracija legionel v vodovodnem omrežju glede na vrsto stavb (do 1000 CFU/L za splošne javne stavbe; do 100 CFU/L za bolnišnice, do 50 CFU/L za oddelke bolnišnic z najhujše bolnimi pacienti) (WHO, 2007).

3.5 Razširjenost legionarske bolezni

Legionarska bolezen se je prvič pojavila leta 1976 na konvenciji ameriških legionarjev v Filadelfiji, Pensilvanija. Zbolelo je 221 ljudi, od tega jih je 34 umrlo. Pol leta po izbruhu bolezni so ugotovili povzročitelja legionarske bolezni, bakterijo *Legionella pneumophila* ((Flynn, 2009), (IVZ, 2012)). Zadnji večji izbruh legioneloze v Evropi se je zgodil leta 1999 na razstavi rož na Nizozemskem, kjer je zbolelo 181 obiskovalcev, od tega jih je 21 umrlo. Vzrok obolenja so odkrili v razstavljenem masažnem bazenu, kjer je bila voda kolonizirana z bakterijo *L. pneumophila* (Flynn, 2009).

V EU za legionelozo vsako leto zbolijo do 20 ljudi na milijon prebivalcev ((WHO, 2007), (Flynn, 2009)). Nekateri viri navajajo (WHO, 2007), da je to število še večje, saj vsi primeri niso prijavljeni pristojnim inštitucijam. V preglednici 4 je predstavljena razširjenost legionarske bolezni v državah EU. Sočan (2007) navaja, da je bilo v Sloveniji med letoma 1999 in 2006 prijavljenih 130 primerov legioneloze, približno 15 primerov na leto. Od 130 obolelih je bilo 75,3 % moških in 24,7 % žensk ((WHO, 2007), (Flynn, 2009), (Musič, 2009)). Legioneloza je lahko tudi poklicna bolezen. V študiji (Ricci, 2010) je analiza podzemnih telefonskih jaškov, v katerih zastaja voda. Te jaške uporabljajo italijanska telekomunikacijska podjetja za nameščanje telefonskih napeljav. Po prvi smrti človeka, ki je pregledoval podzemne jaške in je zbolel za legionarsko boleznijo, so opravili preiskavo vode v telefonskih jaških. Pregledali so 100 jaškov in odvzeli 353 vodnih vzorcev. Bakterije legionele so odkrili v 28 % vodnih vzorcev in v 8 % vzorcev biofilmov.

Iz preglednice 4 je razvidno, da je pojav legionarske bolezni v Sloveniji zelo razširjen glede na druge evropske države. Slovenija zaseda tretje mesto glede na število okužb na milijon prebivalcev (tik za Švico in Španijo).

3.6 Legionela v vodovodnih in prezračevalnih sistemih

V študiji (Mathys, 2008), v kateri so analizirali prisotnost bakterije legionele v vodovodnih sistemih družinskih hiš (analizirali so 452 vodovodnih omrežij hiš v dveh nemških mestih) so pridobili zanimive rezultate. Ugotovili so, da je bilo več kot 50 % vodovodnih omrežij hiš, ki uporabljajo sistem daljinskega ogrevanja vode, kontaminiranih z bakterijo legionele. Glavni vzrok za okrepljeno rast legionele v teh sistemih je njihova bistveno nižja temperatura tople vode. Toplovodni sistemi, ki uporabljajo

Država	Vsi prijavljeni primeri legionarske bolezni	Populacija (milijoni)	Razmerje obolelih ljudi/milijon prebivalcev
Andora	1	0,1	11,9
Avstrija	100	8,3	12,0
Belgija	138	10,7	12,9
Bolgarija	1	1,2	0,8
Hrvaška	30	4,4	6,8
Ciper	9	0,8	11,4
Češka	20	10,4	1,9
Danska	128	5,5	23,3
Estonija	7	1,3	5,2
Finska	15	5,3	2,8
Francija	1244	62,6	19,9
Nemčija	522	82,2	6,3
Grčija	27	11,0	2,5
Madžarska	25	10,0	2,5
Irska	11	4,2	2,6
Italija	1107	59,6	18,6
Latvija	5	2,3	2,2
Litva	2	3,4	0,6
Luksemburg	5	0,5	10,1
Malta	3	0,4	7,6
Norveška	38	4,8	7,9
Poljska	20	38,1	0,5
Portugalska	102	10,6	9,6
Romunija	4	1,9	2,1
Rusija	18	20,0	0,9
Slovaška	9	5,3	1,7
Slovenija	48	2,0	23,7
Španija	1219	44,7	27,3
Švedska	155	9,3	16,7
Švica	220	7,7	28,6
Nizozemska	337	16,4	20,5
Turčija	9	67,8	0,1
Velika Britanija	495	60,5	8,2

Preglednica 4 • Razširjenost legionarske bolezni v Evropi leta 2008 (Joseph, 2010)

sončno energijo kot dopolnilni vir pri pripravi tople vode, delujejo pri temperaturah 3 °C nižje od običajnih sistemov. Ugotovili so, da kljub temu taka metoda priprave tople vode ne spodbuja širjenja bakterije. Avtorji študije so preučevali tudi vpliv vrste materialov za vodovodne cevi na kontaminacijo vodovodnega omrežja z legionelo in sklenili, da so bili vodovodni sistemi z bakrenimi cevmi pogosteje kontaminirani z bakterijo legionele kot pa vodovodni sistemi s cevmi iz galvaniziranega

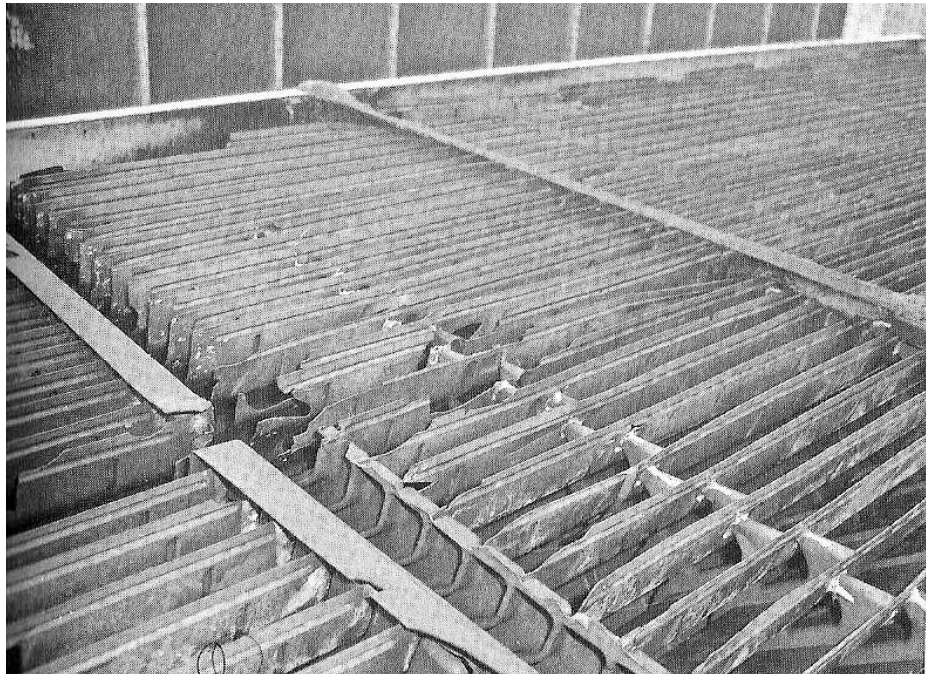
jekla in sintetičnih materialov. V podobni študiji (Van der Kooij, 2005) so preučevali vpliv različnih vrst materialov za vodovodne cevi na rast in razmnoževanje legionele v biofilmih. V bakrenih vodovodnih ceveh je bila koncentracija legionele 2,9-krat manjša kot v ceveh iz nerjavečega jekla in polietilena.

Veliko pozornost je treba posvečati obvladovanju in preprečevanju legionele v vodovodnih in prezračevalnih sistemih v bolnišnicah. V bolnišničnem okolju so namreč

ljudje z oslabiljenim imunskim sistemom, zato je kakršnakoli prisotnost legionele izredno nezaželena ((Gubina, 2002), (Musič, 2009)). Musičeva je skupaj s Komisijo za preprečevanje bolnišničnih okužb (KOBO) pripravila akcijski načrt ukrepov za zmanjševanje tveganja okužb, povezanih s prisotnostjo legionel v bolnišničnem vodovodnem omrežju. Ukrepi so vključevali: odstranitev mrtvih rokavov v vodovodnem omrežju; desetminutno točenje vode na vseh izstopnih mestih za preprečevanje zastajanja vode (enkrat do dvakrat tedensko pri večjem porastu legionel); doseganje temperature hladne vode na izlivnih mestih pod 20 °C, tople vode nad 50 °C; vzdrževana temperatura vode v kotlu pri 70 do 80 °C; preventivno pregrevanje vode v kotlu pri temperaturi 70 °C za 24 ur (enkrat mesečno oziroma enkrat tedensko v času večjega porasta legionel); toplotna dezinfekcija ob večjem porastu legionel v vodovodnem omrežju; kloriranje kotla po potrebi; redno vzorčenje vode na prisotnost legionele; namestitve protimikrobnih filtrov na izlivna mesta; kemična dezinfekcija vodovodnega omrežja je bila uporabljena, ko drugi ukrepi niso pomagali. Ugotovili so, da so z uporabljenimi ukrepi v bolnišnici uspešno zatrli porast legionele v vodovodnem omrežju. Koncentracijo legionele so obdržali pod 100 CFU/L, posebno previdnost so posvetili pojavu korozije v vodovodnem sistemu (možna rast biofilma). V dokumentu (WHO, 2007) navajajo, da se uporabljajo tudi druge metode za odstranjevanje legionel, kot so ionizacija bakra in srebra, UV-dezinfekcija itd. Navajajo, da med najbolj uspešne metode prištevamo toplotni in klorni šok vodovodnega omrežja. V študiji (Marchesi, 2011) je bila pripravljena ocena učinkovitosti metod za zmanjševanje prisotnosti legionel v bolnišničnem vodovodnem omrežju. Avtorji študije priporočajo uvedbo cenovno dostopnih in hkrati učinkovitih metod, kot je uporaba klorovega dioksida v kombinaciji s pregrevanjem vode v grelnikih sanitarne vode. V pregledu študije (Kim, 2002) so povzeti številne kemične in termične metode ter sredstva za dezinfekcijo vode.

3.7 Pojav legionele v hladilnih stolpih prezračevalnih sistemov

Študiji ((Lin, 2009), (Mouchtouri, 2010)) sta izpostavili, da prištevamo hladilne stolpe med glavne izvore legionel (širitev aerosolov z legionelo iz hladilnih stolpov v okolico), ki so vzročno povezani z večjimi izbruhi legioneloz.



Slika 3 • Poškodovani lovilniki aerosolov v hladilnem stolpu (Mouchtouri, 2010)

Primarna naloga hladilnih stolpov je hlajenje vode z zrakom, ki se pretaka skozi hladilni stolp. Običajno se v hladilnih stolpih ohladi voda kondenzatorja ali prezračevalnega sistema. Topla voda se razprši znotraj hladilnega stolpa, ta se ohlaja v kontaktu s pretočnim zrakom ((WHO, 2007), (Flynn, 2009)). S tem ko pretočni zrak hladi vodo v hladilnem stolpu, pride tudi do evaporacije vode in nevarnosti pojava aerosolov v okoliškem zraku (aerosoli lahko vsebujejo legionelo). Prenos aerosolov delno preprečujemo z uporabo lovilnikov kapljic. Ker lovilniki kapljic niso 100-odstotno učinkoviti in so pogosto tudi poškodovani (slika 3), lahko kontaminirane kapljice pridejo v okoliški zrak. Slabo vzdrževani hladilni stolpi predstavljajo idealno okolje za rast in razmnoževanje legionel ter tvorbo in možen prenos aerosolov.

V (Lin, 2009) je opisan vpliv temperature zraka na rast bakterij legionele v 321 hladilnih stolpih v urbanih območjih Šanghaja na Kitajskem. Študiji ((Wang, 2005), (Lin, 2009)) navajata, da je kar 7,6 % prebivalstva v Šanghaju pozitivnih na protitelesa legionele. V (Lin, 2009) je dokazano, da je bilo od celotnega števila odvzetih vzorcev vode iz hladilnih stolpov kar 58,9 % pozitivnih na bakterijo legionele. 19,9 % vzorcev je imelo preokračeno koncentracijo legionel 100 CFU/mL.

Posebno problematični so bili hladilni stolpi bolnišnic in podzemnih železnic. 15,4 % vzorcev vode, odvzetih iz hladilnih stolpov v bolnišnicah, je imelo koncentracijo legionele

enako ali večjo od 100 CFU/mL. Od vodnih vzorcev, vzetih v podzemni železnici, je imelo 26 % vzorcev koncentracijo legionele enako ali večjo od 100 CFU/mL. *Legionella pneumophila* seroskupina 1 je bila najbolj pogosto izolirana vrsta (82,0 %), sledi bakterija *L. micdadei* (23,3 %). Koncentracija legionel v okuženih hladilnih stolpih se je proporcionalno zviševala z dvigom povprečne temperature zraka med obravnavanimi meseci. Največjo koncentracijo legionel v okuženih hladilnih stolpih so opazili v poletnih mesecih od julija do septembra. Študija je izpostavila nevarnost pojava legioneloz v Šanghaju.

V (Mouchtouri, 2010) so ugotavljali prisotnost bakterij legionel v 96 hladilnih stolpih javnih stavb v Grčiji, definirali dejavnike tveganja in ocenili uspešnost kontrolnih metod. Od analiziranih 96 hladilnih stolpov je bilo 48,9 % hladilnih stolpov koloniziranih z legionelo, od tega je 21,2 % hladilnih stolpov potrebovalo takojšnjo sanacijo. Skupno je bilo na legionelo pozitivnih kar 50 % vodnih vzorcev (> 500 CFU/L) in 23 % je bilo zelo kontaminiranih (> 104 CFU/L). Na prisotnost legionel v hladilnih stolpih je vplivala tudi starost stolpov. Starejši hladilni stolpi (mediana 17 let) so bili pogosteje pozitivni na legionele v primerjavi z novejšimi hladilnimi stolpi (mediana 6 let). Med glavnimi vzroki za kolonizacijo vodnih stolpov z legionelo avtorji študije navajajo napačen izbor metode kontrole in neredno opravljanje kontrole. Pomembnost opravljanja kontrole navaja tudi

(Lin, 2009). Med najpomembnejše ukrepe, s katerimi zmanjšamo kolonizacijo vodnih stolpov, spadajo tudi ocena tveganja, upravljavski načrt in kemična dezinfekcija. Zavedati se je treba, da tudi kemična dezinfekcija ni 100-odstotno učinkovita. Potem ko so 21,2 % na legionelo pozitivnih hladilnih stolpov dezinficirali s klorom, sta 2 % še vedno ostala na legionelo pozitivna s koncentracijo > 1000 CFU/L (Mouchtouri, 2010). Podobni zaključki so tudi v (Lin, 2009).

Hladilni stolpi so problematični ne le zaradi tega, ker predstavljajo idealno okolje za rast legionel, temveč tudi zaradi tvorbe aerosolov in posledičnega prenosa legionel v okolico. V (Ishimatsu, 2000) so ugotovljeni koncentracija *L. pneumophila* v aerosolih iz industrijskih hladilnih stolpov na Japonskem, njihov prenos v zunanji zrak in potencialen vpliv na zdravje

ljudi. Koncentracija bakterij *L. pneumophila* v vzetih vodnih vzorcih hladilnega stolpa je bila $1,2 (\pm) 0,3 \cdot 10^5$ CFU/mL. Vzorce vode znotraj in zunaj hladilnega stolpa so medsebojno primerjali z metodo PCR (ang. *Polymerase Chain Reaction*). V vzorcih, odvzetih zunaj hladilnega stolpa, so zaznali aerosolizirano bakterijo *L. pneumophila* seroskupino 6 (0,09 CFU/L). V vzorcih vode, odvzetih znotraj hladilnega stolpa, so našli enako vrsto bakterije *L. pneumophila* seroskupino 6, kar dokazuje, da je bila bakterija v vzorcu vode zunaj hladilnega stolpa aerosolizirana v hladilnem stolpu. Avtorji navajajo, da je bil vzrok za nizko koncentracijo legionel v aerosolih v sistemu pridobivanja zračnih vzorcev (in posledično aerosolov). V študiji bi morali obravnavati tudi starejše hladilne stolpe, pri katerih je večja verjetnost poškodbe lovilnikov aerosolov, kot

je bilo prikazano v študiji (Mouchtouri, 2010). Verjetno bi tam ugotovili večje koncentracije legionel v aerosolih.

Čeprav je bila koncentracija legionele v aerosolu zelo nizka, to nakazuje na možnost okužbe ljudi preko vdihavanja aerosolov iz hladilnih stolpov. (Lin, 2009) navaja, da so hladilne stolpe že uspeli povezati z večjimi izbruhi boleznih legioneloze v okolici okuženih hladilnih stolpov. V (Engelhart, 2008) je opisana epidemiološka študija primera človeka, ki je zbolel za legionelozo med hospitalizacijo. Na podlagi mikrobiološkega pregleda so ugotovili, da se je okužil z isto vrsto legionele (seroskupina), kot je bila identificirana v vzorcih, odvzetih iz hladilnih stolov na strehi bolnišnice. Meteorološke razmere s toplotno inverzijo so pomembno prispevale k aerogenemu prenosu aerosolov z legionelo in posledični okužbi.

4 • SKLEPI

Vodovodni sistemi, sistemi prezračevanja in drugi izvori legionele v grajenem okolju so pogosto slabo načrtovani, zastareli in nevdrževani. Sanitarnotehnični in higienski ukrepi so sicer dobro definirani, vendar se ne izvajajo v celoti. Prisotnost legionele v strojnih inštalacijah ima potencialno negativen vpliv na zdravje ljudi. Hladilni stolpi prezračevalnih sistemov so bili večkrat povezani z večjimi izbruhi legioneloze v okolici objekta. Na ravni hladilnih stolpov bi bilo treba opraviti sanitarnotehnične

in higienske ukrepe, izdelati oceno tveganja, narediti upravljavske načrte, določiti upravitelje, zagotoviti izobraževanje in sprotno usposabljanje. Posebno nevarnost predstavlja prisotnost legionele v bolnišničnem okolju, kjer so imunsko oslabiljeni bolniki še bolj dovzetni za okužbo z legionelozo.

Zakonske podlage glede maksimalno dovoljenih koncentracij legionele v vodi so zelo slabo urejene, zlasti bi bilo treba definirati maksimalno dovoljene vsebnosti legionel v

vodi za različne vrste stavb. Splošna javnost se ne zaveda nevarnosti okužbe z legionelozo. Legionela se lahko pojavi praktično v vseh vodnih okoljih, kjer so ugodne razmere za rast. Navedeno pomeni nevarnost tudi za domača vodovodna omrežja. Vsekakor bi javne ustanove morale bolj informirati ljudi, kako lahko ukrepamo, da preprečimo razvoj legionele. Kljub temu je treba to bolezen vzeti resno, saj so lahko posledice hude, to vrsto obolenja pa se da preprečiti z ustreznimi ukrepi. Ključno je sodelovanje med načrtovalci stavb in sistemov, izvajalci, s higiensko-epidemiološkimi službami, vzdrževalci in uporabniki.

5 • LITERATURA

Biology, povzeto po: http://www.biology-online.org/dictionary/Colony-forming_unit, pridobljeno 20. 8. 2013, 2012.

Engelhart, S., Pleisch, S., Lück, C., Marklein, G., Fischnaller, E., Martin, S., Simon, A., Exner, M., Hospital-acquired legionellosis originating from a cooling tower during a period of thermal inversion. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, l. 211, št. 3–4, str. 235–240, 2008.

Flynn, D. J., Nalco Company, The Nalco water handbook, 3rd. Edition, McGraw-Hill, 2009.

Gubina, M., Dolinšek, M., Škerl, M., Bolnišnična higiena, Medicinska fakulteta, Ljubljana, 2002.

Lin, H., Xu, B., Chen, Y., Wang, W., Legionella pollution in cooling tower water of air-conditioning systems in Shanghai, China, *Journal of Applied Microbiology*, l. 106, št. 2, str. 606–612, 2009.

IVZ, Inštitut za varovanje zdravja, povzeto po: <http://www.ivz.si/>, pridobljeno 20. 8. 2013, 2012.

Ishimatsu, S., Miyamoto, H., Hori, H., Tanaka, I., Yoshida, S., Sampling and Detection of Legionella pneumophila Aerosols Generated from an Industrial Cooling Tower, *Ann. occup. Hyg.*, l. 45, str. 421–427, 2000.

Joseph, C. A., Ricketts, K. D., Legionnaire's disease in Europe 2007–2008, povzeto po: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19493>, *Eurosurveillance*, izdaja 15, št. 8, februar 2010.

Kim, B. R., Anderson, J. E., Mueller, S. A., Gaines, W. A., Kendall, A. M., Literature review-efficacy of various disinfectants against Legionella in water systems, *Water Research*, l. 36, št. 18, str. 4433–4444, 2002.

- Mathys, W., Stanke, J., Harmuth, M., Junge-Mathys, E., Occurrence of Legionella in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating, *Int. J. Hyg. Environ. Health*, l. 211, št. 1–2, str. 179–185, 2008.
- Marchesi, I., Marchegiano, P., Bargellini, A., Cencetti, S., Frezza, G., Miselli, M., Borella, P., Effectiveness of different methods to control legionella in the water supply: ten-year experience in an Italian university hospital, *Journal of Hospital Infection*, l. 77, št. 1, str. 47–51, 2011.
- Mouchtouri, V. A., Goutziana, G., Kremastinou, J., Hadjichristodoulou, C., Legionella species colonization in cooling towers: Risk factors and assessment of control measures, *American Journal of Infection Control*, l. 38, št. 1, str. 50–55, 2010.
- Mušič, D., Kako smo obvladovali problem legionel v bolnišničnem okolju, Zbornik 7. kongresa zdravstvene in babiške nege Slovenije, 11.–13. maj 2009, Grand hotel Union, Ljubljana, Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije, str. 1–6, 2009.
- Pravilnik o kopalnih vodah, Ur. l. RS, št. 72/2003.
- Pravilnik o pitni vodi, Ur. l. RS, št. 19/2004, 26/2006, 92/2006.
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, Ur. l. RS, št. 42/2002, 105/2002.
- Ricci, M. L., Fontana, S., Bella, A., Gaggioli, A., Cascella, R., Cassone, A., Scaturro, M., Microbiologists of the Regional Agency for Environmental Protection of Novara e., A preliminary assessment of the occupational risk of acquiring Legionnaires' disease for people working in telephone manholes, a new workplace environment for Legionella growth, *American Journal of Infection Control*, l. 38, št. 7, 540–545, 2010.
- Sočan, M., Ukrepi ob pojavu legionarske bolezni v bolnišnicah (sekundarna prevencija), *Zdravstveno varstvo*, 41, 290–298, 2002.
- Swiss-NOSO, Zmanjševanje bolnišničnih okužb, povzeto po: <http://www.swiss-noso.ch/de/swissnoso>, pridobljeno 10. 8. 2013, 2009.
- Van der Kooij, D., Veenendaal, H. R., Scheffer, W. J. H., Biofilm formation and multiplication of Legionella in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene, *Water Research*, l. 39, št. 13, str. 2789–2798, 2005.
- Wang, G., Chen, Y., Shen, J., Ai, E., Survey of antibody level of Legionella among patients with respiratory tract infection, *Chin J Dis. Control Prev.* l. 9, str. 74–75, 2005.
- Washington, C. Winn. Jr., Legionella, povzeto po: priede.bf.lu.lv/grozs/Mikrobiologijas/Legionella/Legionella.doc, pridobljeno 10. 8. 2013, 1995.
- WHO, World Health Organization, Legionella, povzeto po: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/admicrob4.pdf, pridobljeno 11. 10. 2012, 2012.
- WHO, World Health Organization, Legionella and prevention of legionellosis, povzeto po: http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/Legionella_rel/en/, pridobljeno 10. 8. 2013, 2007.