

원도심 공동주택의 레지오넬라균 오염도 조사

이지영, 민성은, 서상원, 길혜진, 이주형, 최상인, 권문주
인천보건환경연구원 환경생태과

Investigation of *Legionella* Infection Risk in Apartment Houses in the Old Downtown

Ji-Young Lee, Sung-Eun Min, Sang-Won Seo, Hye-Jin Kil, Ju-Hyung Lee, Sang-In Choi, Mun-Ju Kwon

Division of Environmental Ecology, Incheon Research Institute of Public Health and Environment

Abstract

This study was conducted to investigate the risk of *Legionella* infection in apartment houses in the old downtown area of Incheon. Analysis of 190 samples, including cold water, hot water and the inside of faucets in 60 apartment houses, revealed that *Legionella* was detected in 16.2 % of hot water samples and 3.2 % of faucet samples, but was not detected in cold water. The detection rates according to environmental factors were highest in the following categories: district heating systems (17.4 %), housing age exceeding 10 years (9.0 %), and during the summer season (20.8 %). After recommending water supply facility management measures and reobserving in apartment houses where *Legionella* existed, the number of *Legionella* decreased in all apartment houses. It was found that increasing the temperature of the supplied hot water was the most effective management method. To compare with apartment houses, we examined the *Legionella* detection status in 40 multi-use facilities. Out of 294 samples, 18 (6.1 %) were detected, with public bath showing the highest detection rate of 12.3 %. The serotype analysis of *Legionella* detected in both facilities revealed that 20.0 % in apartment houses and 50.0 % in multi-use facilities were indentified as *L. pneumophila* sg. 1, the causative agent of Legionnaires' disease. This indicates that the risk of *Legionella* infection is possible not only in multi-use facilities but also in apartment houses. However, in Korea, there is currently no clear legal inspection and regulation for the management of *Legionella* in apartment houses. Additionally, there is a lack of support in terms of energy efficiency and operating costs for maintaining the appropriate temperature of hot water supply (above 50 °C). As *Legionella* is widely present in the environment, and poses a high risk of infection, requiring continuous management of pathogens, it is necessary to establish a more robust and systematic surveillance system, along with the development and support of related systems.

Key words : *Legionella*, apartment houses, multi-use facilities, sereotype

I. 서론

레지오넬라균은 그람음성, 호기성 간균으로 자연의 지하수, 하천 등 환경수와 다중이용시설의 급수시설, 냉각탑 등 인공의 수생환경에 대부분 존재한다(Lee et al., 2021). 또한 25 ~ 45 ℃의 따뜻한 물, 배관시설의 고인 물, 생물막(biofilm)이 형성된 급수시설에서는 급속도로 증식할 수 있다(이세진, 여명석, 2018). 레지오넬라균은 에어로졸을 통하여 호흡기로 감염되며, 이 입자는 바람을 타고 최대 20 km까지도 날아간다. 면역력이 취약한 계층이 레지오넬라균에 감염되면 폐렴과 비슷한 증상이 나타나는 급성 호흡기 질환인 레지오넬라증을 일으킨다(질병관리청, 2023). 불특정 다수가 이용하는 시설의 레지오넬라균 오염은 지역사회의 집단발병 원인이 될 수 있다. 그리하여 레지오넬라증은 대표적인 특이적 건물 관련 질환으로 분류되며, 레지오넬라증 예방을 위해서는 대상 시설 관리가 중요하게 여겨지고 있다(Lee et al., 2023).

레지오넬라증은 대부분 연중 산발적으로 발생하며, 주로 여름과 초가을에 집단 발생한다. 미국과 유럽의 경우 레지오넬라증 신고율은 매년 증가하고, 2022년 9월 아르헨티나에서는 레지오넬라증으로 인해 4명이 사망하였다(Lampl et al., 2020), (질병관리청, 2023). 국내의 경우에도 최근 10년간 레지오넬라증 발생이 증가추세이며, 특히 2016년 이후로 급증하고 있다. 2022년 우리나라의 인구 10만 명당 레지오넬라균 발생률은 0.81이고, 인천시의 인구 10만 명당 레지오넬라증 발생률은 1.22로 전국에 비해 1.5배 크다(질병관리청, 2023).

미국, 영국을 포함한 유럽 국가, 일본 등은 자국에 맞는 형태의 보건 및 설비 지침을 가지고 있다(Table 1.). 특히 유럽의 경우 식수, 온천, 수영장, 냉각탑 등 영역별로 각국의 실정에 맞는 규제를 가지고 있다(고려대학교산학협력단, 2020), (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2020).

우리나라의 레지오넬라 관련 지침의 경우, 보건 관련은 질병관리청에서 「레지오넬라증

Table 1. International laws and regulations regarding *Legionella* management in building water systems.

Country	Regulation / Standard / Guideline
USA	ToolKit: Developing a Water Management Program to Reduce <i>Legionella</i> Growth & Spread in Buildings(2017)
UK	Health and Safety at Work Act, L8 regulations (2013)
	Health and Social Care Act (2008)
	Notification of Cooling Towers and Evaporative Condensers Regulations (1992)
Germany	Protection against Infection Act
	Emissions Control Act (2017)
Netherlands	Drinking Water Act (2011)
	Hygiene and Safety Act (2000)
	Safety at Work Act (2007)
	Environmental Protection Act (2010)
Japan	Notification No. 264; Technical Guideline on Measures Necessary to Prevent Legionnaires' Disease(2003)
	Guidelines for Building Hygiene Management Education Center(2017)

관리지침」을 2023년에 개정하였다. 설비 관련은 환경부에서 2019년에 개정한 「급수설비 관리 업무처리지침」에 「레지오넬라균 예방을 위한 급수설비 관리방안」을 추가하였고, 최근 설비 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다(이세진, 여명석, 2018), (이준혜 등, 2018), (여명석 등, 2019), (대한설비공학회, 2020), (여명석, 이세진, 2021).

2018년도 감염병 역학조사 연보에 따르면 국내에서 발생한 레지오넬라증 감염경로 추정 결과 가정 내 감염이 6.0 %로 조사되어(질병관리본부, 2019) 가정 내 레지오넬라균 감염 위험이 존재함을 알 수 있다. 그러나 레지오넬라균 환경 검사대상 시설은 종합병원, 요양시설, 대형 건물 등 다중이용시설에 치중되어 있으며 법적인 규제가 모호하고, 공동주택의 경우 레지오넬라균 검사가 활발히 진행되지 않고 있어(Lee et al., 2023), 공동주택에서의 레지오넬라균 관리현황은 파악되지 않는 상황이다. 그리하여 본 연구에서는, 레지오넬라균 감염예방과 경로 추정을 위하여 공동주택 냉수, 온수, 수도꼭지 내부 침전물(biofilm)을 대상으로 레지오넬라균 검사를 진행하였다.

II. 연구대상 및 방법

2.1. 연구대상

본 연구는 2023년 2월부터 10월 사이에 인천 원도심(중구, 동구, 미추홀구, 부평구, 남동구) 내 구축 공동주택 60개소(Fig. 1.)의 냉수, 온수, 수도꼭지 내부 침전물을 대상으로 하였다. 공동주택과의 비교를 위하여 원도심 다중이용시설 검사 대상군(대형 건물, 숙박시설, 종합병원, 요양시설, 대형 목욕탕) 40개소의 냉수, 온수도 검사 대상으로 추가하였다. 공동주택 중 레지오넬라균이 검출된 곳에 대해서는 급수시설 관리 방법을 권고하고, 각 공동주택 실정에 맞는 조치를 시행 후 재검사하였다.

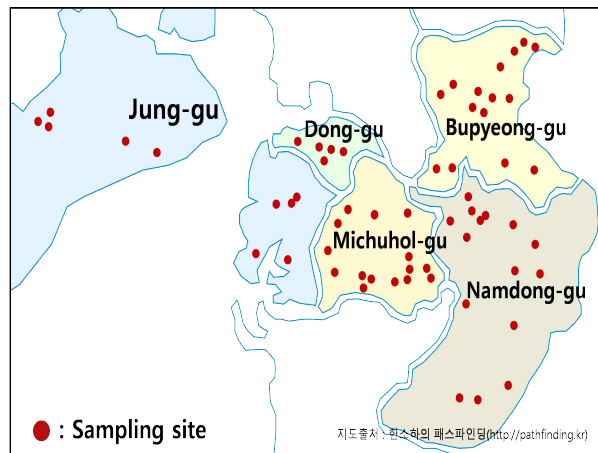


Fig. 1. Sampling site for apartment houses.

2.2. 연구방법

2.2.1. 시료 채취 및 환경인자 조사

시료는 2023년도 레지오넬라증 관리지침(질병관리청, 2023)에 따라 채취하였다. 냉수와 온수는 수도꼭지를 냉수 또는 온수로 선택하여, 1 ~ 2분간 물을 그냥 흘려보낸 후, 무균 채수병에 1 L 이상 받은 후 온도(HI 147-00, HANNA)와 잔류염소(DR300, HACH)를 측정하였다. 수도꼭지는 입구의 정류망을 제거한 후 수송배지 내 멸균 면봉(시너지이노베이션, Korea)을 수도꼭지 내부로 넣고 3 ~ 4회 돌려 내부 침전물을 채취하였다. 온수 공급 방식, 주택 노후도는 사전 조사 후 현장 확인하였으며, 레지오넬라균 및 탁도(TL 2300, HACH)는 시험실에서 분석하였다.

2.2.2. 레지오넬라균 배양 시험

레지오넬라균 시험은 환경 중 레지오넬라 표준분석법(국립환경과학원, 2013)에 따라 진행하였다. 시료 1 L를 공극 0.45 μ m, 47 mm의 membrane filter(Advantec, Japan)에 여과한 후 멸균생리식염수 20 mL에 여과지를 넣어 2분 동안 세게 흔든다. 수도꼭지 내부 침전물을 채취한 수송배지와 함께 (50 ± 1) $^{\circ}$ C의 항온수조(NB-304, N-BIOTEK)에 넣고 (30 ± 2) 분간 열처리한 후 시료를 잘 섞어서 0.1 mL를 GVPC (Glycine Vancomycin Polymyxin

Cycloheximide) 평판배지(bioMérieux SA, France)에 도말하였다. 시료가 배지에 완전히 흡수되면 (36 ± 1) °C, 5 % CO₂ 배양기(MCO-18AC, Panasonic)에 10일간 배양하였다. GVPC 배양기간 동안 2 ~ 4일 간격으로 레지오넬라균의 특성을 보이는 집락의 형성 여부를 관찰하고 그 집락의 수를 계수하였다.

레지오넬라균이 성장한 GVPC 배지로부터 집락을 선택하여 각 집락을 BCYE(Buffered Charcoal Yeast Extract)와 BCYE-Cys(without Cysteine) 평판배지에 각각 희석 접종하여 계대 하였다. (36 ± 1) °C에서 적어도 2일 동안 배양하여 BCYE 위에서는 성장하지만 BCYE-Cys 배지에서는 성장하지 못하는 집락을 레지오넬라로 간주하고, 이 집락은 PCR(C1000, BIO-RAD)과 전기영동(BR164-0302, BIO-RAD)을 통해 양성판정 후 염기서열을 분석하였다.

2.2.3. 레지오넬라균 혈청학적 동정

양성으로 확인된 검체는 *Legionella* Latex Test(Oxoid, UK)를 이용하여 혈청균을 조사하였다. 시험은 슬라이드에 균주 집락 1 ~ 2개와 buffer 1방울과 유화시킨 후 라텍스 시약 1방울과 혼합하여 강한 파란색 응집을 일으키는 것을 양성으로 판독하였다. 양성균은 라텍스 시약에 따라 3가지(*L. pneumophila* sereogroup 1, *L. pneumophila* sereogroup 2 ~ 14, *L. spp*)로 분류하였다.

2.2.4. 자료분석

공동주택 급수시설의 온수, 냉수, 수도꼭지 내부 침전물을 분석하여 도출된 데이터로 레지오넬라균수와 환경인자들의 상관성 분석과 주성분 분석을 진행하였다. 2023년 2월부터 10월까지의 월별 데이터를 활용하였으며, Microsoft Excel과 R 프로그램(version 4.2.1)을 이용하여 상관계수를 구하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 공동주택의 환경요인에 따른 레지오넬라균 검출 현황

3.1.1. 급수시설

인천시 원도심 내 공동주택 60개소를 대상으로 조사를 진행한 결과 냉수 60건, 온수 68건, 수도꼭지 내부 침전물(이하 수도꼭지) 62건으로 총 190건을 검사하였다(Table 2.). 190건 중 레지오넬라균이 검출된 시료는 온수 11건, 수도꼭지 2건(총 13건, 검출률 6.8 %)으로 냉수에서는 검출되지 않았다.

Table 2. Analysis of *Legionella* prevalence in apartment houses.

Sample type	No. of positive / Total No.	Positivity (%)	Positive range (CFU/L)
Cold water	0/60	0.0	-
Hot water	11/68	16.2	200 ~ 4,200
Faucets	2/62	3.2	200 ~ 300
Total	13/190	6.8	200 ~ 4,200

검출된 공동주택의 평균 온수 온도는 41.0 °C로 전체 공동주택 평균 온수 온도인 48.1 °C에 비해 낮게 조사되었다. 이는 질병관리청 레지오넬라증 감염 예방 권장 온수 유지기준인 50 °C보다 현저히 낮았다.

수도꼭지에서 레지오넬라균이 검출된 2건은 시료 채수 시 황색 또는 검은색 내부 찌꺼기가 관찰되었다. 이는 생물막(biofilm) 내에 존재하는 미생물에 레지오넬라균이 기생·증식하였기 때문으로 추정된다(Declerck, 2010).

3.1.2. 온수 공급 방식

공동주택의 온수 공급 방식은 각 가정에서 온수 온도를 조절하는 개별난방, 열병합발전소에

Table 3. Analysis of *Legionella* prevalence by environmental factors in apartment houses.

Items		No. of positive / Total No.	Positivity (%)	Positive range (CFU/L)	Temperture range of hot water (°C)
Deterioration of housing	Over 30y	4/64	6.3	200 ~ 4,200	33.4 ~ 75.0
	Over 20y	3/59	5.1	800 ~ 2,200	39.8 ~ 58.1
	Over 10y	6/67	9.0	200 ~ 1,600	39.7 ~ 75.7
Hot water supply system	District heating	12/69	17.4	200 ~ 4,200	37.1 ~ 51.7
	Central heating	1/13	7.7	300	33.4 ~ 57.3
	Individual heating	0/108	0.0	-	35.5 ~ 75.7

서 대단위 지역에 온수를 일괄적으로 공급하는 지역난방, 공동주택 내부의 기계실에서 관리하는 중앙난방 세 가지로 나눌 수 있다. 온수 공급 방식에 따른 레지오넬라균의 검출률은 지역난방이 69건 중 12건(17.4 %)로 가장 높았고, 중앙난방이 13건 중 1건(7.7 %), 개별난방이 108건 중 0건(0.0 %) 순으로 나타났다(Fig. 2).

온수 온도는 지역난방이 가장 낮았으며 (Table 3.), 본 연구에서 조사한 지역난방의 평균 온수 공급 온도는 43.9 °C로 권장 온수 온도 유지기준 50 °C에 비해 낮은 수치이다. 또한, 지역난방은 중앙집중식 시스템으로 열교환 후 말단까지의 배관 경로가 길고 복잡하

여 다른 공급 방식에 비해 레지오넬라균 오염에 취약한 경향을 보였다.

3.1.3. 주택 노후도

주택 노후도 분류는 준공년도를 기준으로 10년, 20년, 30년 이상 공동주택으로 나누어 비교하였다. 검사 결과 10년 이상의 검출률(9.0 %)이 가장 높았고, 30년 이상(6.3 %), 20년 이상(5.1 %)순으로 나타났다(Fig. 3.). 재검사 결과 10년 이상 공동주택에서의 레지오넬라균 검출(2건)이 포함되어 10년 이상 주택의 검출률이 높게 나타났으며, 1차 검사 결과는 30년 이상(6.7 %) > 10년 이상(6.3 %) > 20년

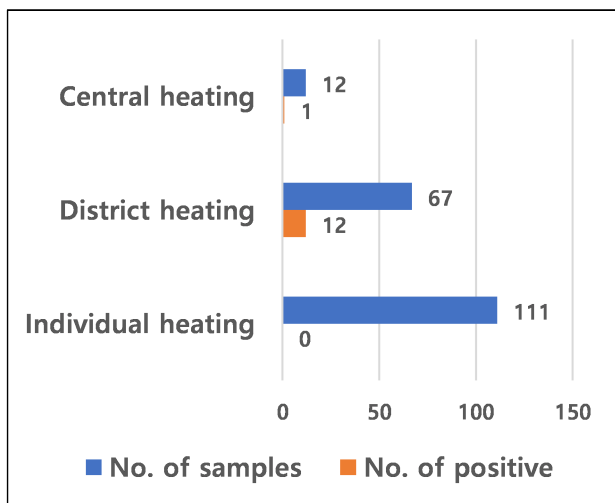


Fig. 2. Detection status by hot water supply system.

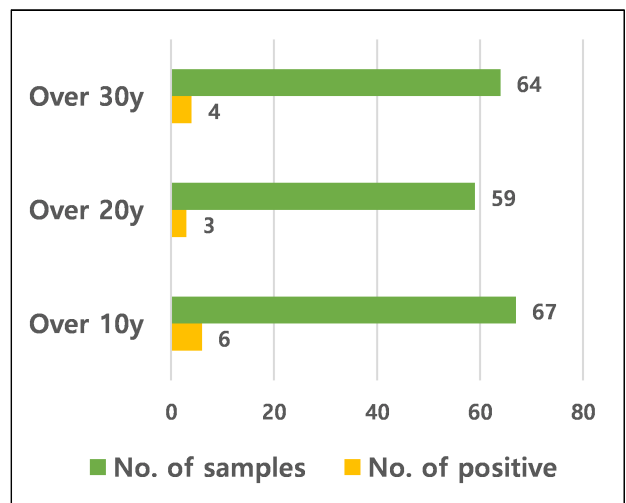


Fig. 3. Detection status by deterioration of housing.

이상(3.5 %) 순으로 조사되었다. 30년 이상 공동주택에서 4,200 CFU/L로 가장 많은 레지오넬라균이 검출되었으며, 이는 10년, 20년 공동주택에 비해 각각 2.6배, 1.9배 높은 값이다 (Table 3.).

레지오넬라균은 급수 배관 노후로 막히거나 정체된 부분이나 저장탱크 등의 생물막 (Biofilm)에서 과다 증식 경향을 보여(Yang et al., 2016) 공동주택의 노후정도 보다는 주기적인 온수 온도 상승, 관수 체류구간 방지, 관 세척과 같은 물분배시스템 관리 상태가 균 검출에 큰영향을 미침을 확인하였다.

3.1.4. 계절

레지오넬라균이 주로 검출된 온수의 계절 별 레지오넬라균 검출률을 비교한 결과, 검출률은 여름(20.8 %), 가을(16.7 %), 봄(13.6 %), 겨울(0.0 %) 순으로 높았다. 평균 기온이 높고 습한 여름이 레지오넬라균 증식에 취약한 것을 알 수 있었다.

3.1.5. 레지오넬라균 검출 공동주택 재검사

1차 검사 후 레지오넬라균이 검출된 공동

주택 9개소에 급수시설 관리 방안을 권고하고 (Table 5.) 공동주택에서 각 실정에 맞는 조치 후 재검사를 진행하였다.

공급 온수 온도 상승(90.0 %), 관 세척(20.0 %), 수도꼭지 내부 청소(100.0 %) 조치 후 재 검사 결과 모든 공동주택에서 레지오넬라균수가 저감되었다(Table 4.). 레지오넬라균이 검출되었던 10건 중 7건이 불검출이었고, 검출된 3건도 레지오넬라균수가 평균 71.7 % 감소하여 시설의 적절한 운영 관리 효과를 확인하였다.

가장 많이 시행된 관리 방법은 공급 온수 온도 상승이었으며 그 효과로 레지오넬라균수가 평균 91.0 % 감소되었다. 그러나 공급 온수 온도 상승은 급탕 시스템 열손실 증가, 운전비용 상승, 급수시설 말단에서의 화상 위험 등의 어려움이 있다.

공급 온수 온도 상승과 관 세척을 함께 시행한 모든 공동주택에서 레지오넬라균이 불검출로 조사되어 관 세척의 효과를 확인 할 수 있었다. 선행연구(Zacheus, Martikainen, 1996)에서도 확인되었듯이 급수관의 주기적인 청소가 공급 온수 온도 상승을 대체할 수 있는 레지오넬라균 증식 저감 방안으로 생각된다.

Table 4. Results of re-inspection of apartment houses and the status of management action.

Sample No.	Sample type	No. of <i>Legionella</i> (CFU/L)		Management action		
		1st	2nd	Increasing hot water temp.	Flushing water supply pipe	Cleaning faucet
M-5	Faucets	300	0	O	X	O
N-12	Hot water	400	0	O	X	-
M-14	Hot water	1,600	600	O	X	O
	Faucets	200	0			
N-2	Hot water	1,800	0	O	O	-
B-10	Hot water	2,200	800	O	X	-
B-3	Hot water	200	0	X	X	-
B-6	Hot water	4,200	0	O	O	-
J-9	Hot water	2,800	200	O	X	-
J-5	Hot water	1,800	0	O	X	-

Table 5. Management of water supply facilities to prevent Legionnaires' disease.

<div> <div>■ Water Supply Facility Management</div> <div>Management of water supply facility for cleaning and disinfection, avoiding supply water temperature 25 ~ 45 °C</div> </div>		
Water Quality Maintenance Standards	Tap water	<ul style="list-style-type: none"> Residual chlorine 0.1 ~ 4.0 mg/L, pH 5.8 ~ 8.5
Regular water supply facility cleaning and disinfection	Water storage tank	<ul style="list-style-type: none"> Using disinfectants such as chlorine - Removal of sediment and attached substances by using high-pressure spray cleaning equipment - Stand for 30 minutes with disinfectant water with an effective chlorine concentration of 50 ~ 100 mg/L, then rinse(2 times)
	Hot water tank	<ul style="list-style-type: none"> Maintain at 60 °C, but clean for at least 30 minutes if necessary ※ Maintain faucet hot water temperature above 50 °C and cold water temperature below 20 °C
Clean and disinfect water supplies if contamination is suspected or confirmed.	Water storage tank	<ul style="list-style-type: none"> Clean and sanitize the water storage tank as usual
	Water supply pipe	<ul style="list-style-type: none"> Cold water pipe : After cleaning, fill the water lines with disinfectant water with an effective chlorine concentration of 50 to 100 mg/L and let stand for 1 hour before flushing Hot water pipe : Drain the hot water from the pipes and disinfect and clean them according to the methods above
	Hot water tank	<ul style="list-style-type: none"> Clean at 71 ~ 77 °C for at least 30 minutes ※ Maintain the tap temperature above 65 °C, be cautious of burns
	Faucet	<ul style="list-style-type: none"> Disassemble faucet and shower connections and remove debris Keep cold water below 20 °C and hot water above 50 °C

3.2. 환경인자와 레지오넬라균수 간의 기여도 파악

3.2.1. 상관성 분석

공동주택 내 환경인자와 레지오넬라균 간의 영향을 알아보기 위해 상관성 분석을 진행하였다(Fig. 4.). Pearson의 상관 분석을 사용하였으며, r 의 절댓값이 0.4 ~ 0.6 일 때 보통 관계, 0.6 ~ 0.8에서 높은 상관관계, 0.8 이상

은 매우 높은 상관관계를 가진다.

레지오넬라균수는 잔류 염소, 노후도와는 음의 상관관계, 온도, 계절과는 약한 양의 상관관계를 보였다. r 값은 ± 0.5 이하로 통계적 유의성은 적었지만 선행연구(이정희 등, 2020)와는 유사한 경향성을 보였으며 특히, 레지오넬라균수와 잔류염소간의 음의 상관관계(-0.27)는 $p <$

0.01로 통계적으로 유의하여 레지오넬라균수 저감에 염소 소독이 중요한 인자로 적용하는 것을 알 수 있었다. 그 밖에 유의미한 상관관계를 보인 인자는 잔류 염소와 온도(-0.44), 탁도(-0.24), 노후도와 탁도(0.25)로 모두 급수시설 설비 관련 인자로 확인되었다.

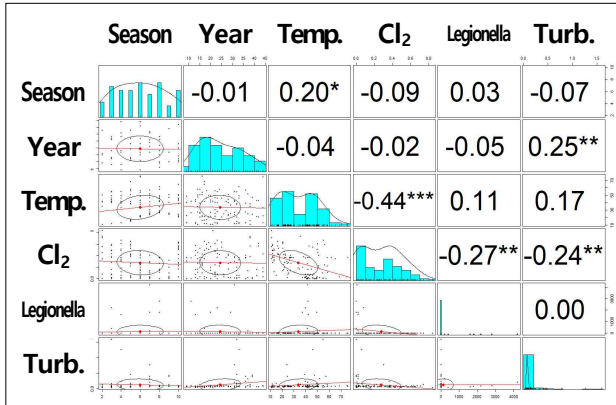


Fig. 4. Results of correlation coefficient with *Legionella* and environmental factors.
(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)

레지오넬라균이 검출되었던 온수의 공급 온도와 균수의 관계에 대하여도 알아보았다(Fig. 5.). 공동주택 검출 시료의 온수 온도와 레지오넬라균수 로그값의 상관 계수는 -0.53 ($p < 0.01$)로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보였다. 이는 공동주택 내 온수 공급 온도가 낮을수록 레지오넬라균수가 높게 검출됨을 의미하며, 수온이 레지오넬라균의 증식에 영향을 미치는 중요한 환경인자임을 나타낸다.

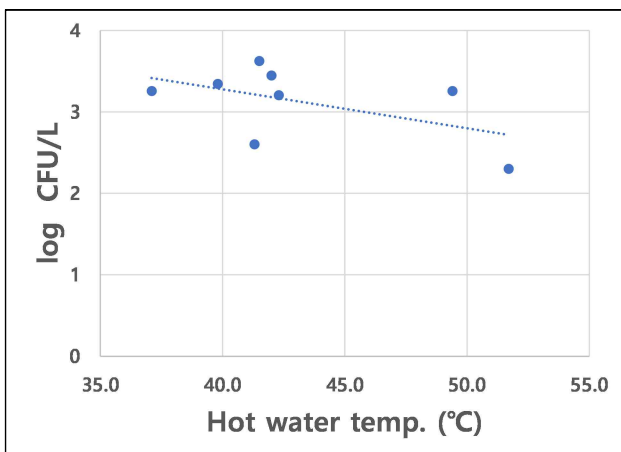


Fig. 5. Correlation between *Legionella* CFU and temperature of hot water in apartment houses.

3.2.2. 주성분 분석

2월부터 10월까지 10년 이상의 인천지역 노후 아파트에서 채취한 온수와 냉수를 대상으로 한 데이터에 대하여 주성분 분석(Principal component analysis)을 실시하여 표준편차(Standard deviation)와 분산비율(Proportion of variance)을 Table 6.에 나타내었다.

Table 6. Eigenvalues and Eigenvalues of *Legionella* and environmental factors properties obtained from the principal component analysis.

	PC1	PC2	PC3
Standard deviation	1.3106	1.1205	1.0077
Proportion of variance	0.2863	0.2092	0.1692
Cumulative proportion	0.2863	0.4955	0.6647
Date	0.2104698	-0.3393086	0.7484052
Year	0.0883341	0.6582813	0.2128482
Temp.	0.5723606	-0.1484873	0.2036294
Cl ₂	-0.6232951	0.0398562	0.1539909
<i>Legionella</i>	0.3252771	-0.2711800	-0.5731857
Turbidity	0.3549660	0.5952814	-0.0294168

주성분 분석을 수행하는 목적은 다양한 조건의 변수를 서로 상관성이 없는 적은 수의 변수를 이용하여 원래 변수가 가지는 변동을 설명하는데 있다. 주성분 분석을 통하여 표준편차의 제곱에 해당하는 고윳값이 1 이상이고 전체 자료의 66.5 %를 설명할 수 있는 주성분 3개를 구하였다. 제 1주성분(PC1)은 온도(0.5724), 잔류염소(-0.6233)와 관련이 있었고, 제 2주성분은 노후도(0.6583), 탁도(0.5953)과 제 3주성분은 채취일(0.7484), 레지오넬라(-0.5732)와 관련이 있었다. PC1은 전체자료의 28.6 %, PC2는 20.9 %, PC3은 16.9 %를 나타내어 총 66.4 %로 조사 결과의 경향성을 확인할 수 있었다.

이러한 결과를 종합하여 PC1과 PC2를 이용한 그래프를 Fig. 6.에 나타내었다. 냉수는

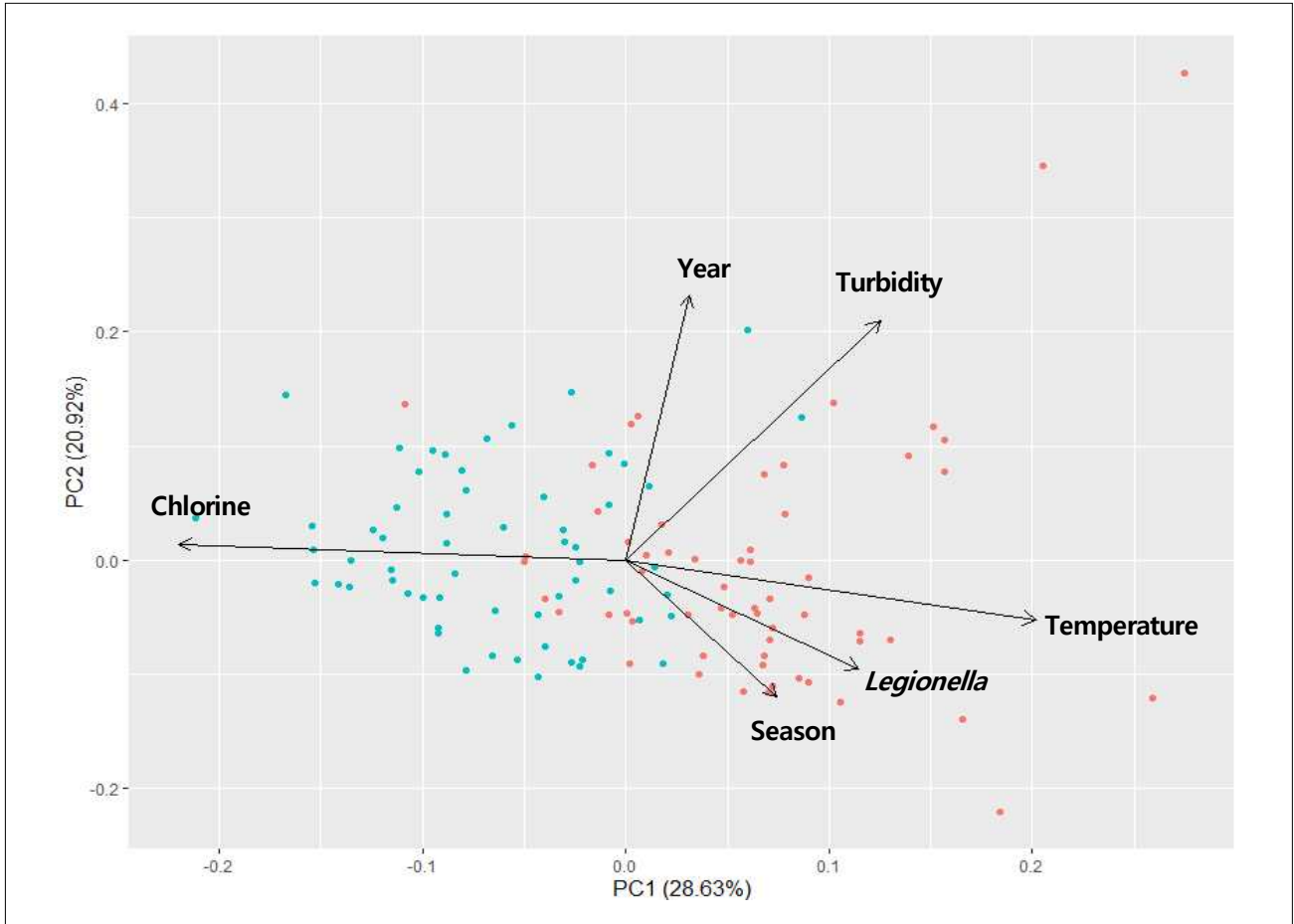


Fig. 6. Principle component analysis of *Legionella* and environmental components.

파란색 점, 온수는 빨간색 점으로 표현되었으며, 각각의 화살표는 각 값에 대한 경향성을 나타낸다. 따라서 레지오넬라균은 냉수보다는 주로 온수에서 검출되는 것을 확인할 수 있으며, 온도가 높은 하절기에 주로 검출되고 있었다. 또한 잔류염소와는 반대의 경향을 나타내고 있어 잔류염소를 높게 유지하는 것이 레지오넬라균 증식 예방에 유리할 것으로 판단된다.

3.3. 다중이용시설 레지오넬라균 검출 현황

3.3.1. 다중이용시설 유형별

공동주택과의 비교를 위하여 다중이용시설 40개소 급수시설 냉·온수 294건의 레지오넬라균을 검사한 결과 18건(6.1 %)이 검출되었고 (Table 7.), 그중 온수는 16건(88.8 %), 냉수는 2건(11.1 %)을 차지하였다.

Table 7. Analysis of *Legionella* prevalence in multi-use facilities.

Sample type	No. of positive / Total No.	Positivity (%)	Positive range (CFU/L)
Health care center	8/204	3.9	200 ~ 9,200
Public bath	10/81	12.3	400 ~ 21,600
Accommodation	0/2	0.0	-
Large building	0/7	0.0	-
Total	18/294	6.8	200 ~ 21,600

다중이용시설 유형별로는 목욕장이 12.3 %로 가장 검출률이 높았고, 종합병원·노인복지시설이 3.9 %, 숙박시설, 대형건물은 불검출

로 타 시도의 조사결과 등과 비슷한 경향성을 보였다(천영희 등, 2021), (Lee et al., 2023).

3.3.2. 공동주택과의 지역별 현황 비교

원도심내 공동주택과 다중이용시설의 레지오넬라균 검출 현황을 비교해 보았다. 공동주택에서는 중구(9.4 %) > 부평구, 미추홀구(8.3 %) > 남동구(4.3 %) > 동구(0.0 %) 순으로 나타났다, 다중이용시설에서는 남동구(8.2 %) > 부평구(8.1 %) > 미추홀구(5.9 %) > 중구(3.6 %) > 동구(0.0 %) 순으로 나타났다. 공동주택은 다중이용시설의 일부이며 단순 비교하기는 어려움이 있지만, 중구와 남동구를 제외하고는 지역별로 비슷한 양상을 보였다.

공동주택에서는 중구가 가장 높은 레지오넬라균이 검출률을 보였는데, 중구 영종도 지역에 지역난방을 사용하는 아파트가 많았기 때문으로 추정된다. 다중이용시설에서는 남동구 목욕장 한 업체의 욕조, 샤워기 등 여러 곳에서 레지오넬라균이 검출되어 남동구가 가장 높은 검출률로 조사되었다.

3.3.3. 공동주택과의 혈청형 비교

공동주택에서 검출된 13건의 레지오넬라균주의 혈청형 분석 결과, 재검사 3건을 제외한 10건 중 2건이 *L. pneumophila* sg. 1, 8건이 *L. pneumophila* sg. 2 ~ 14이었다(Fig. 7(a)). 문헌

에 따르면 레지오넬라증의 80 ~ 90 %는 *L. pneumophila* sg. 1이 원인균이다 (이정희 등, 2020). 이는 조사된 공동주택 검출 균주의 20.0 %를 차지하여 공동주택 내 레지오넬라증 감염 위험성이 존재함을 시사한다.

다중이용시설의 레지오넬라균 검출 시료에서 분리된 균주 18건 중 9건(50.0 %)이 *L. pneumophila* sg. 1로 동정 되었고(Fig. 7(b).), 이는 다중이용시설을 대상으로 진행한 선행연구 결과(질병관리본부, 2009), (이현경 등, 2017)와 유사한 경향을 보이며 공동주택에 비해 *L. pneumophila* sg. 1이 상대적으로 높은 비율을 차지한다. 특히 병원·요양원·노인복지시설 검출 시료 8건 중 6건 (75 %)이 레지오넬라증의 대표 원인균인 *L. pneumophila* sg. 1으로 동정 되어 의료기관 내에서 레지오넬라증 발생 가능성도 조사되었다.

3.4. 공동주택 레지오넬라균 관리의 문제점 및 제안점

마지막으로 본 연구를 통해 나타난 공동주택의 레지오넬라균 관리에 대한 문제점 및 해결 방안을 제안하고자 한다.

첫 번째로 공동주택 급수설비의 레지오넬라균 관리를 위한 법적 규제 및 체계가 미비하다. 본 연구 결과, 공동주택의 레지오넬라균 검출률(6.8 %)이 다중이용시설(6.1 %)에 비해

<Apartment house>

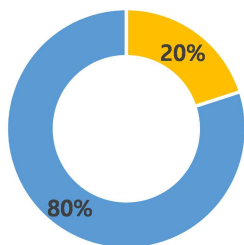


Fig 7(a). Sereotype of *Legionella* detected in apartment houses.

<Health care center>

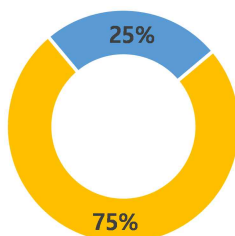
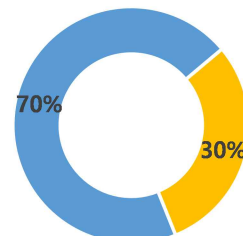


Fig. 7(b). Sereotype of *Legionella* detected in multi-use facilites.

<Public bath>



■ *L. pneumophila* sg. 1
■ *L.pneumophila* sg. 2 ~ 14

근소하지만 높게 조사 되었다. 재검사 결과 공동주택에서 10건 중 3건이 재검출 되었고, 다중이용시설은 18건 모두 재검사 결과 불검출이었다. 조사 공동주택의 경우 연구조사의 목적으로 시행되어 감염환경에 대한 의무관리가 병행되는 전체 다중이용시설 관리 보다는 낮은 수준의 권고와 안내 등의 조치 후 재검사가 시행되었다. 이번 조사결과 공동주택에서도 *L. pneumophila* sg. 1 혈청형이 확인되어 향후 공동주택 내에서 레지오넬라균 감염예방 대응을 위한 법적 검사 및 시설관리가 점차적으로 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해 매년 시행되는 지역 다중이용시설 환경 검사 시 공동주택을 포함하여 조사하는 것이 지역사회 내 레지오넬라증 발생을 낮출 수 있는 예방책으로 작용 될 수 있을 것이라 제안한다.

아울러, 공동주택관리법에 따르면 지방자치단체의 장은 그 지방자치단체의 조례로 정하는 바에 따라 공동주택의 관리에 필요한 비용의 일부를 지원할 수 있다. 이에 근거한 소규모 공동주택 시설개선 지원 사업의 관리비용의 지원 대상에 노후 급수관 교체 및 세척·갱생 공사 등을 명시하는 공동주택 관리 조례의 보완 등 지원책 마련으로 레지오넬라균 발생 예방에 적극적인 노력이 필요하다. 또한, 공동주택 노후 옥내급수관 개량지원 사업(상수도사업본부)의 근거인 수도법 시행규칙(별표 7)의 급수관 수질검사 항목 및 기준에 레지오넬라균 신설을 검토하여 공동주택 내 레지오넬라균 증식 예방을 위한 세부적 관리방안으로 제시할 수도 있다.

두 번째로, 공동주택 내에서 레지오넬라균 발생 예방을 위한 노력 및 지원이 필요하다. 레지오넬라균 예방을 위한 가장 효율적인 방법은 열 교환시스템의 온수 적정온도(50℃) 이상 유지이다. 본 연구의 결과 온수 중앙공급 방식의 지역·중앙난방을 운영하는 공동주택의 경우 온수 온도 평균(44.7℃)이 적정 온도(50℃)보다 낮게 조사되었다. 그러나 공급

온수 온도 상승은 에너지 효율, 운영비용 문제, 고온으로 인한 위험도와 같은 운영 문제를 안고 있으며, 공동주택 시설관리 현장에서도 특히 운영비용 상승에 대한 어려움을 호소하였다. 이에 레지오넬라균 관리 목표와 에너지 소비량 저감 목표가 상생하는 설비적 시스템 개발등 후속 연구가 필요한 실정이다. 아파트 등 공동주택은 도시생활의 대표적 주거 형태로서 거주자의 건강과 안전한 생활공간 관리를 위해서도 급·배수시스템의 위생안전성 확보가 매우 중요하며 이를 위해 비용과 안전 등의 관리적 문제가 고려되고 신속하고 쉬운 현장형 관리조치에 대한 후속 연구와 제도적 보완이 필요하다.

IV. 결론

본 연구는 인천시 내 원도심(중구, 동구, 미추홀구, 부평구, 남동구) 내 공동주택의 레지오넬라균 오염도를 조사하기 위하여 레지오넬라균 검사와 환경인자 조사, 다중이용시설과의 비교를 진행하였다.

공동주택 60개소의 냉수, 온수, 수도꼭지 내부 침전물에서 레지오넬라균을 조사한 결과 190건 중 13건이 검출되었고(6.8%), 13건 중 3건은 재검사에서 검출되었다.

온수 공급 방식에 따른 결과에서는 지역난방이 17.4%로 가장 많이 검출되었고 이는 지역난방의 권장 온수 온도 유지기준 이하의 온수 공급, 열교환 시스템의 길고 복잡한 배관 경로가 원인이라 추정되었다. 공동주택 노후도에 따른 검출률은 10년 이상이 9.0%로 가장 높게 나타나 노후도 보다는 급수 배관 관리 상태가 균 검출에 큰 영향을 미침을 예상할 수 있었다. 계절에 따른 검출률은 고온다습한 여름이 가장 높게 나타났다. 레지오넬라균이 검출된 공동주택에 급수시설 관리 방안을 권고하고 재검사를 진행한 결과 가장 많이

시행되었고 효율이 높았던 관리 방법은 공급 온수 온도 상승이었지만, 관 세척도 높은 효과를 보여 공급 온수 온도 상승의 어려움이 있는 현장에서는 구간별 배관 세척을 차선의 대안으로 제시 할 수 있다.

레지오넬라균과 환경인자들의 상관분석을 진행한 결과, 레지오넬라균수는 잔류 염소, 노후도와는 음의 상관관계, 온도, 계절과는 약한 양의 상관관계를 보였다. r 값이 낮아 통계적 유의성은 적었으나 선행연구와의 비슷한 경향성을 보여 유의미한 결과를 얻었다. 레지오넬라균이 검출된 시료의 온수 온도와 균수의 상관계수를 구해본 결과 상관계수는 -0.53 ($p<0.01$)로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보였으며, 수온이 레지오넬라균의 증식에 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 주성분분석 결과 레지오넬라균은 온도가 높은 하절기에 주로 검출되었고, 잔류염소와는 반대의 경향을 보여 잔류염소 유지가 레지오넬라균 오염 예방에 중요한 인자임을 확인하였다.

다중이용시설 40개소의 레지오넬라균 검출은 294건 중 18건(6.1 %) 였으며, 시설별로는 목욕장(12.3 %)이 가장 높은 검출률을 보였다. 지역별 검출률 비교에서는 다중이용시설과 공동주택이 비슷한 양상을 보이는 것을 확인하였다. 검출된 레지오넬라균의 혈청형 비교에서는 공동주택과 다중이용시설 모두 레지오넬라증의 대표 원인균인 *L. pneumophila* sg. 1이 조사되었으며, 다중이용시설에서는 50.0 %, 공동주택에서는 20.0 %를 차지하여 다중이용시설 뿐만 아니라 공동주택에서도 레지오넬라증 감염 위험이 존재함을 시사하였다.

지구온난화로 인한 여름 일수 증가, 면역력 낮은 노인인구 비율 증가 등으로 최근 10년간 인구 10만 명당 레지오넬라증 발생이 증가 추세에 있으며, 본 연구 결과에 따르면 공동주택의 물분배 시스템 내에서도 레지오넬라균이 검출되어 레지오넬라증 감염 가능성이 있었다. 레지오넬라균은 자연환경 뿐만 아니라 인

공적 환경 중에도 널리 존재하며, 특히 따뜻한 물을 재순환·가열하여 사용하는 지역난방 시스템은 2차 오염에 취약할 수 있어 지속적인 관리가 필요하다. 앞으로 더 다양한 감염 경로 파악을 통한 레지오넬라증 예방을 위하여 공동주택 환경검사와 같은 다원적 검사대상의 선제적 확대 등의 체계적인 감시체계 구축과 현장형 관리 시스템 개발·지원이 필요할 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

1. 고려대학교산학협력단 (2020). 레지오넬라증 관리 및 공동대응 전략 개발.
2. 국립환경과학원 (2013). 환경 중 레지오넬라 표준분석법.
3. 대한설비공학회 (2020). SAREK 표준 405-2020 레지오넬라균 감염 예방을 위한 물 사용 설비 관리기준, 서울: 대한설비공학회.
4. 여명석, 이세진 (2021). 레지오넬라균 감염 예방을 위한 예방대책 추진 경과와 해외 동향, 설비저널, 50(7), 74-85.
5. 여명석, 이준혜, 이세진 (2019). 건물 설비 시스템에서의 레지오넬라 검출현황과 예방 대책, 설비저널, 48(4), 16-30.
6. 이세진, 여명석 (2018). 공동주택에서 레지오넬라 감염예방이 고려된 급탕설비계획 및 적용성 비교 검토.
7. 이정희, 박명기, 김영수, 임부건, 이해연, 김영숙 (2020). 공동주택의 레지오넬라균 오염도 조사, 2020년도 경기도보건환경연구원보, 33, 109-116.
8. 이준혜, 이세진, 조구상, 여명석, 이기영

- (2018). 레지오넬라증 예방 지침을 위한 건축 분야 전문가의 역할 및 필요성, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 471-474.
9. 이현경, 박용배, 황선일, 김영수, 박난주, 박광희, 윤미혜 (2017). 경기도내 수계시설에서 분리된 레지오넬라균의 분포현황 및 *Legionella pneumophila* serogroup 1 의 유전학적 다양성 연구, 미생물학회지, 53(3), 156-162.
 10. 인천광역시 상수도사업본부, 2023, 2023년 노후 옥내습수관 개량지원 사업공고, 공고 제2023-56호
 11. 인천광역시, 2023년도 소규모 공동주택 시설개선 지원사업 알림, 공고 제2023-109호
 12. 질병관리본부 (2009). 2008년 다중이용시설에서 분리된 레지오넬라균의 다양성.
 13. 질병관리본부 (2019). 2018년도 감염병 역학 조사연보, 213-230.
 14. 질병관리청 (2023). 레지오넬라증 관리지침.
 15. 질병관리청, 감염병 누리집 통계 자료 [URL: <https://npt.kdca.go.kr/>].
 16. 천영희, 이현아, 남해성, 최지혜, 이다연, 고영은, 박종진, 이미영, 박준혁 (2021). 충남지역 다중이용시설의 환경수계에서 분리한 레지오넬라균의 특성 분석, 한국환경보건학회지, 47(5), 472-478.
 17. Declerck, P. (2010). Biofilms: the environmental playground of *Legionella pneumophila*. Environmental microbiology, 12(3), 557-566.
 18. Lampl, B. M., Lang, M., & Wodnick, S. (2020). Can mandatory monitoring in rental apartments effectively prevent legionellosis? A retrospective analysis of data from Regensburg with a review of the literature, GMS Hygiene and Infection Control, 15.
 19. Lee, G., Kim, I., Cha, J., Kang, S., Gwack, J. (2023). Analysis of environmental test results for Legionnaire's disease in 2021, 16(39), 1309-1321.
 20. Lee, J. H., Park, M. K., Kim, Y. S., Lim, B. G., Lee, H. Y., Kim, Y. S. (2021). Investigation of the Prevalence of *Legionella* in Apartment Houses, Journal of Bacteriology and Virology, 51(2), 54-61.
 21. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, (2020). Management of *Legionella* in water systems, National Academies Press.
 22. Zacheus, O. M., & Martikainen, P. J. (1996). Effect of heat flushing on the concentrations of *Legionella pneumophila* and other heterotrophic microbes in hot water systems of apartment buildings. Canadian journal of microbiology, 42(8), 811-818.
 23. Yang, X., Li, H., Svendsen, S. (2016). Alternative solutions for inhibiting *Legionella* in domestic hot water systems based on low-temperature district heating, Building services engineering research and technology, 37(4), 468-478.