

CHALMERS



Legionella i tappvattensystem

Förekomst och förebyggande – en redogörelse

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

TOBIAS PERSSON

Institutionen för Energi och miljö
Avdelningen för Installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2011
Examensarbete 2011:12

EXAMENSARBETE 2011:12

Legionella i tappvattensystem

Förekomst och förebyggande – en redogörelse

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

TOBIAS PERSSON

Institutionen för Energi och miljö
Avdelningen för Installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2011

Legionella i tappvattensystem
Förekomst och förebyggande – en redogörelse
*Examensarbete inom högskoleingenjörsutbildningen
Byggingenjör*

TOBIAS PERSSON

© TOBIAS PERSSON, 2011

Examensarbete / Institutionen för Energi och miljö,
Chalmers tekniska högskola 2011:12

Institutionen för Energi och miljö
Avdelningen för Installationsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Chalmers Reproservice
Göteborg 2011

Legionella i tappvattensystem
Förekomst och förebyggande – en redogörelse
*Examensarbete inom högskoleingenjörsutbildningen
Byggingenjör*

TOBIAS PERSSON

Institutionen för Energi och miljö
Avdelningen för Installationsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Legionella kan förhindras, frågan är bara hur. Den här rapporten är ett examensarbete i byggingenjörsutbildningen vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. En heltäckande skrift för Legionella-säkra VVS-installationer saknas och efterfrågas därför. Syftet med rapporten är att redovisa förebyggande åtgärder mot legionellabakteriens tillväxt i tappvattensystem och i andra typer av system där legionellabakterier är ett potentiellt problem. Tekniska lösningar redovisas inklusive hur de olika systemen fungerar och vad deras för- och nackdelar består av. En litteraturstudie inom området har gjorts och ytterligare information samlas genom studier av befintliga projekt och tekniska system. Det finns många sätt att sanera ett tappvattensystem som har problem med tillväxt av legionellabakterier. Metoderna varierar från ren mekanisk rening till tillsättning av kemikalier i form av biocider. Är problemen med tillväxt inte återkommande är termisk desinfektion ett bra alternativ. Om problemen däremot är återkommande och en generell temperaturökning i systemet inte hjälper bör biocider användas.

Legionella in tap water
Existence and prevention – a report
Diploma Thesis in the Engineering Program
Building and Civil Engineering

TOBIAS PERSSON
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Building services engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Legionella can be prevented, the question is how. This report is a degree in construction engineering education at Chalmers University in Gothenburg. A comprehensive written publication for Legionella-safe plumbing installations is not available and therefore requested. The purpose of this report is to present preventative measures against Legionella bacteria growth in tap water and in other systems where Legionella bacteria are a potential problem. Technical solutions are presented including how different systems function and what their advantages and disadvantages are. Literatures in the field have been studied and additional information has been gathered through studies of existing projects and technical systems. There are many ways to decontaminate a tap water system that has difficulties with growth of legionella bacteria. These technical solutions range from pure mechanical treatment to addition of chemicals such as biocides. If the problems of Legionella growths are not repeated, the thermal disinfection is a good alternative. If the problem however is repeated and a general increase in temperature in the system does not stop the bacteria growths, then biocides should be used.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	III
INNEHÅLL	V
FÖRORD	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Metod	1
1.5 Diskussion kring källor	1
2 LEGIONELLA	2
2.1 Bakteriens Bakgrund	2
2.2 Ekologi	2
2.3 Legionärssjuka	5
2.4 Statistik	5
2.5 Legionella i tappvattensystem	11
2.6 Legionella i Sverige	14
3 LAGAR & REKOMMENDATIONER	15
3.1.1 Boverkets byggregler (BFS 2006:12 BBR 10)	15
3.1.2 Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (SLV FS 2001:30)	16
3.1.3 Smittskyddslagen (2004:168) (Sveriges Riksdag, 2004)	18
3.2 Spridningskällor	18
3.3 Spridning via tappvatten	20
3.4 Riskfaktorer	21
3.5 Ledningsmaterial	21
4 AVDÖDNING OCH FÖREBYGGANDE METODER	22
5 SYSTEM FÖR SANERING	22
5.1 Termisk vattendesinfektion	24
5.1.1 Funktion	24
5.1.2 Användningsområde	25
5.2 Filtrering	26

5.3	Ultraviolettljus	26
5.3.1	Funktion	26
5.4	Ozonsanering	28
5.4.1	Funktion	28
6	SYSTEM FÖR SANERING MED BIOCIDER	29
6.1	Klorering	29
6.1.1	Funktion	30
6.2	Koppar- och silverjonisering	32
6.2.1	Funktion	32
7	ALTERNATIVA METODER	33
7.1	Spoldosan	33
7.2	Tappvattencirkulation	33
7.2.1	Bakgrund	34
7.2.2	Funktion	34
7.2.3	Användningsområde	35
8	BYGG BORT LEGIONELLA	36
8.1	Funktion	36
8.2	För- och nackdelar	37
9	TEORETISKA BERÄKNINGSMODELLER	38
9.1	Beräkningar	39
10	SLUTSATS	41
	KÄLLFÖRTECKNING	43

Förord

Detta examensarbete har utförts vid Installationsteknik, institutionen för Energi och miljö på Chalmers tekniska högskola. Examensarbetet är en del av högskoleutbildningen Byggteknik och omfattar 15 högskolepoäng. Rapporten behandlar förebyggande och förekomst av legionellabakterien i våra tappvattensystem.

Jag vill tacka min handledare Jessica Erlandsson, doktorand vid Installationsteknik på Chalmers tekniska högskola för all hjälp och stöd under projektets gång. Ett stort tack vill jag också rikta till Torbjörn Lindholm vid institutionen för Energi och miljö på Chalmers för sitt engagemang i vår utbildning.

Göteborg, juni 2011

Tobias Persson

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Legionella kan förhindras, frågan är bara hur. Den här rapporten är ett examensarbete i byggingenjörsutbildningen vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. En heltäckande skrift för Legionella-säkra VVS-installationer saknas och efterfrågas därför. Rapporten skrivs också för att bistå doktoranden Jessica Erlandsson vid Chalmers i sitt arbete med frågor kring tappvarmvatten.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med rapporten är att redovisa förebyggande åtgärder mot legionellabakteriens tillväxt i tappvattensystem och i andra typer av system där legionellabakterier är ett potentiellt problem. Legionellabakteriens historia och källa samt risker med dess spridning behandlas. Stor vikt läggs på olika system för att motverka dess tillväxt och system som haft kända utbrott redovisas. Tekniska lösningar redovisas inklusive hur de olika systemen fungerar och vad deras för- och nackdelar består av.

Exempel på frågeställningar kan vara om risken för tillväxt av legionellabakterier anses vara så stor i privata system, i exempelvis den egna villan, att särskild rening behövs. Vilken typ av rening är då bäst lämpad? Går det att förhindra tillväxt av legionellabakterier utan kemiska hjälpmedel?

1.3 Avgränsningar

Inga djupare jämförelser med system belägna utomlands ingår. Aktuella lagar och förordningar nämnda i rapporten är tagna från den svenska lagen och svenska rekommendationer. Ekonomisk analys eller jämförelse av de olika saneringssystemen kommer inte att göras.

1.4 Metod

En litteraturstudie inom området och ytterligare information samlas genom studier av befintliga projekt och tekniska system. De tekniska lösningarna studeras för att ge en bättre bild av hur legionellabakterier reduceras idag.

1.5 Diskussion kring källor

Alla källor i rapporten har granskats kritiskt och valts efter relevans. Källor i form av litteratur och artiklar har förekommit. Muntliga källor kommer att användas i arbetet.

2 Legionella

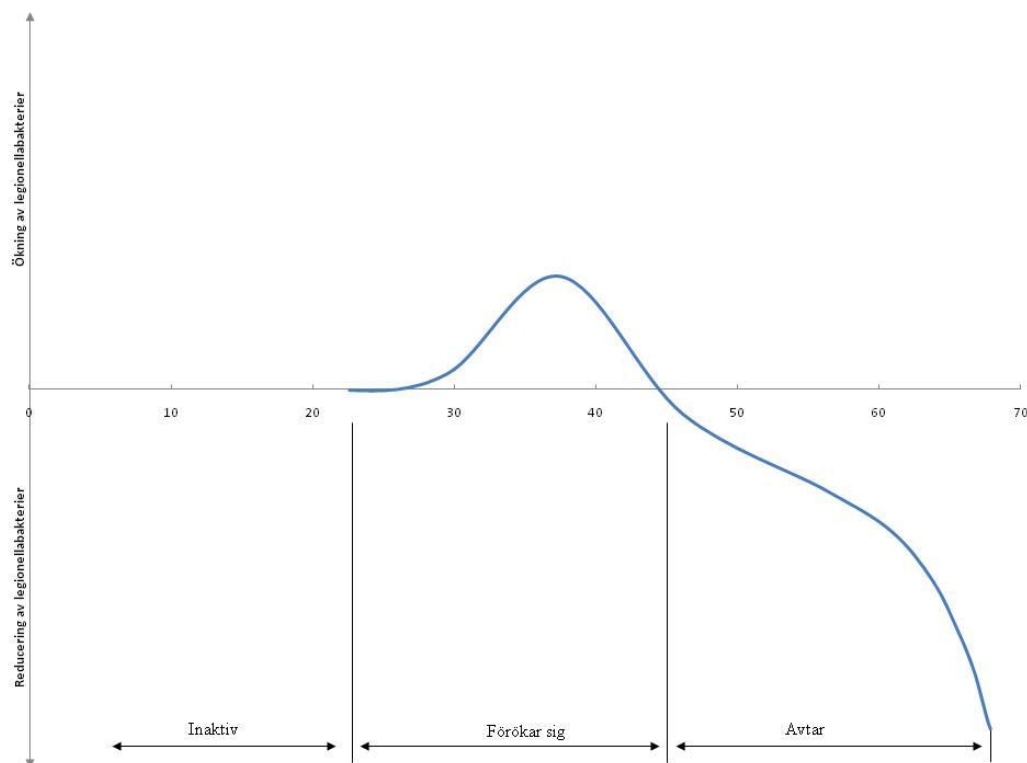
Legionella är en bakterie som finns naturligt i vatten. Legionella ingår i bakteriefamiljen Legionella ceae och kan i höga halter tillsammans med svagt immunförsvar hos receptorn orsaka legionärssjukan och pontiacfeber. Legionärssjukan kan liknas vid en svår lunginflammation och kan i en del fall leda till dödsfall (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS-installatörerna, 2006).

2.1 Bakteriens Bakgrund

Legionella pneumophila är namnet på den bakterie som upptäcktes första gången 1976 i Philadelphia, USA. Då 182 personer insjuknade i något som kan liknas vid en lunginflammation och 29 av dessa avled (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS Installatörerna, 2006). Utbrottet var det första kända men flera andra stora utbrott har konstaterats efter detta och en mängd olika arter av bakterien har hittats (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS Installatörerna, 2006). Fler än 43 olika arter har kunnat bekräftas (Association of water Technologies, 2003). Det var efter en utredning gjord av "Centers for Disease control and Prevention" som bakterien för första gången kunde identifieras och fick namnet Legionella Pneumophila som är grekiska och betyder "den som älskar lungor". Upptäckten 1976 var alltså inte en ny sjukdom utan en som funnits länge men som nu identifierats och fått ett namn (Association of water Technologies, 2003).

2.2 Ekologi

Legionellabakteriens naturliga miljö är sjöar och vattendrag. Bakterien har störst tillväxt vid temperaturen 35 °C men ökad tillväxt sker i hela temperaturspannet mellan 20 och 42 °C (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS Installatörerna, 2006). Viss tillväxt sker även utanför detta spann. Legionellabakterien lever i celler och i de flesta fall i samverkan med amöbor. Bakterien gynnas inte bara av lagom tempererat vatten utan tillväxten gynnas också i stor grad av stillastående vatten. Stora ytor har också visat sig gynnsamt för bakteriens tillväxt, ytor som ofta återfinns i stora byggnadskomplex. Studier har visat att temperaturer över 50 °C inte ger någon ökad tillväxt utan istället en reduktion av bakterierna (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS Installatörerna, 2006). Likt andra bakterier överlever legionellabakterier många år i nedfruset tillstånd. (Brundrett, 1992). Bakterien är där inaktiv och således sker ingen förökning av bakterier i detta tillstånd. I Figur 1 (Brundrett, 1992, information tagen ifrån) visas hur reduktionen och ökningen av legionellabakterier sker i förhållande till vattentemperaturen. Det går här att utläsa att inaktiviteten hos legionellabakterien infaller redan vid 20°C.



Figur 1 Temperaturpåverkan på legionellatillväxt.

Legionellabakterien är en aerobisk, icke sporformande och stavformad bakterie (Association of Water Technologies, 2003). Legionellabakterien lever i huvudsak i samverkan med amöbor men lever i regel också i biofilm eller också fritt i vatten. Materialet som ledningarna är konstruerade av har också visat sig påverka tillväxten. Kombinationen av dessa faktorer, ledningsmaterial, uppvärmt vatten och lågt flöde innebär en ökad risk för legionellatillväxt.

Legionellabakterien delar sig var 15:e minut och tillväxten går därför mycket snabbt (Zeonda AB 1999). De flesta bakterier går igenom tre stadier vid tillväxt. Det första är en fördröjning i tillväxten. I denna fas börjar cellerna växa i allt snabbare takt innan de börjar dela på sig. Nästa fas är den fas där cellerna börjar dela på sig och tillväxten sker exponentiellt. Tillväxten följer följande samband (Brundrett, 1992).

$$\frac{1}{\alpha} = t_1 \quad (1)$$

α = tillväxthastighet

t_1 = tid för en bakterie att fördubbla sin massa

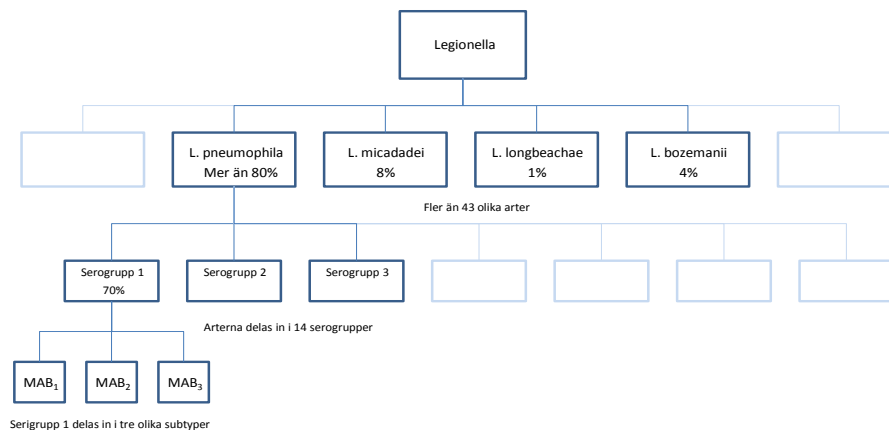
Ekvationen visar tillväxttiden för en bakterie att dubbla sin massa under förutsättning att tillväxthastigheten (α) är oförändrad. För att ge en rättvis bild bör dock en korrektionsfaktor användas i sambandet på grund av att massan på bakterierna varierar något. Istället fås då nedanstående samband (Brundrett, 1992).

$$\frac{t_1}{1,45} = t_D \quad (2)$$

t_D = tid för en bakterie att fördubbla sin massa med korrektionsfaktor
 t_1 = tid för en bakterie att fördubbla sin massa

Det finns som tidigare nämnts en mängd olika arter av legionellabakterien som alla hör till familjen Legionella. Den art som oftast orsakar smitta hos människor är Legionella Pneumophila. Legionellabakterien har en särskilt stark motståndskraft mot höga temperaturer och extrema miljöer vilket gör den till en svårutrotad bakterie. Vid sanering med UV-ljus och biocider beter sig dock legionellabakterien i likhet med andra typer av bakterier. En annan stor skillnad är att legionellabakterien klarar av att växa inuti andra bakterier som till exempel amöbor (Brundrett, 1992). Enligt (Brundrett, 1992) kan detta förklara svårigheten att bli av med bakterien när den väl börjat växa i systemet.

Som tidigare nämnts är legionellabakterien indelad i fler än 43 olika arter. Legionella Pneumophila, Legionella Micadadei, Legionella Longbeachae och Legionella Bozemanii är några av de vanligast förekommande. Av dessa är Pneumophila den art som oftast leder till insjuknande hos människan. Dessa arter är sedan indelade i olika serogrupper. Legionella Pneumophila är indelad i serogrupp 1, 2 och 3 där serogrupp 1 är den vanligaste. Serogrupp 1 är i sin tur indelad i subgrupper, MAB₁, MAB₂ och MAB₃ där MAB₁ är den vanligast förekommande under serogrupp 1 (Brundrett, 1992). Figur 2 (Brundrett, 1992) visar en övergripande bild av legionellabakteriens ekologiska träd.



Figur 2 Ekologiskt träd över legionellafamiljen.

2.3 Legionärssjuka

Legionärssjukan är en typ av allvarlig lunginflammation som kan ge svåra symptom och påverka inre organ (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS Installatörerna, 2006). Människan smittas genom inandning av aerosoler innehållande legionellabakterier. Legionellabakterien har en dödlighet på cirka 15–20 %, men bara 2-5 % insjuknar (Association of Water Technologies, 2003). De som löper störst risk att drabbas av Legionärssjukan är de som tillhör riskgruppen. De som tillhör riskgruppen, har av olika anledningar, nedsatt immunförsvar. Exempel på de som tillhör riskgruppen är, rökare, personer med alkoholberoende, HIV-smittade, cancerpatienter och personer som genomgått någon form av transplantation. Mest frekvent utsatta är personer som är rökare i kombination med någon form av kronisk lungsjukdom. Även personer som använder läkemedlet cortison i sin medicinering löper större risk att drabbas av legionärssjukan (Association of water Technologies, 2003).

Vid insjuknande i legionärssjukan uppkommer olika symptom. De flesta är mycket lika de som uppstår vid vanlig influensa och lunginflammation.

- Hög feber, frossningar, huvudvärk, muskelsmärtor
- Torrhosta, andningssvårigheter
- Diarré, kräkningar och sinnesförvirring

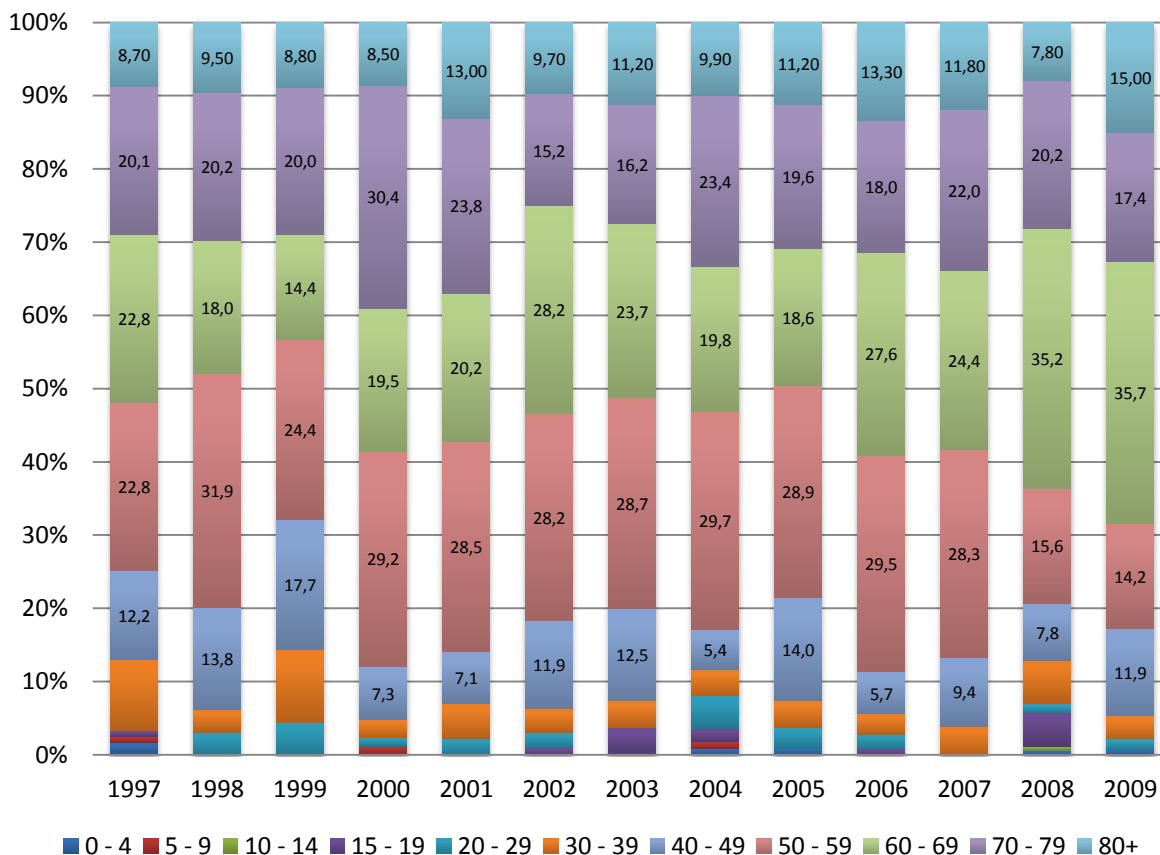
Inkubationstiden för legionärssjukan är 2 till 10 dagar och sjukdomen behandlas med antibiotika. Fullständig återhämtning kan ta upp till ett år (Association of water Technologies, 2003). Eftersom återhämtningstiden är lång blir kostnaderna för behandlingen också höga. Kostnaderna uppgår till i genomsnitt 800 000 kronor per legionellasmittad person i Sverige (Fath, 2009).

Spridningen till människa sker genom att bakterierna transporteras i luftburna vattendroppar så kallade aerosoler. Dessa aerosoler är mindre än 5 μm (ASHRAE Standard, 2000) och bildas när vattnet ”slås sönder”. Aerosolen, som Legionellabakterien transporteras i sprids i luften och när en person andas in aerosolerna hamnar bakterierna slutligen i lungorna. När detta har skett och förutsättningarna hos receptorn är de rätta riskerar personen att insjukna i Legionärssjukan eller Pontiacfeber. (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS Installatörerna, 2006). Tekniska installationer som bildar dessa aerosoler är bland annat duschar, kyltorn, luftkonditioneringsaggregat och bubblpooler. Ögonduschar har också visat sig problematiska då de bildar aerosoler vid användande. Detta i kombination med att tiden mellan varje användningstillfälle är lång, vilket leder till långa perioder med stillastående vatten, vilket i sin tur ger legionellabakterierna tid att växa (Colwell, et al, 1991). Att risk för tillväxt av Legionella föreligger i ögonduschar tyder på att det finns risker i de flesta typer av nödduschar, till exempel de som används för hela kroppen.

2.4 Statistik

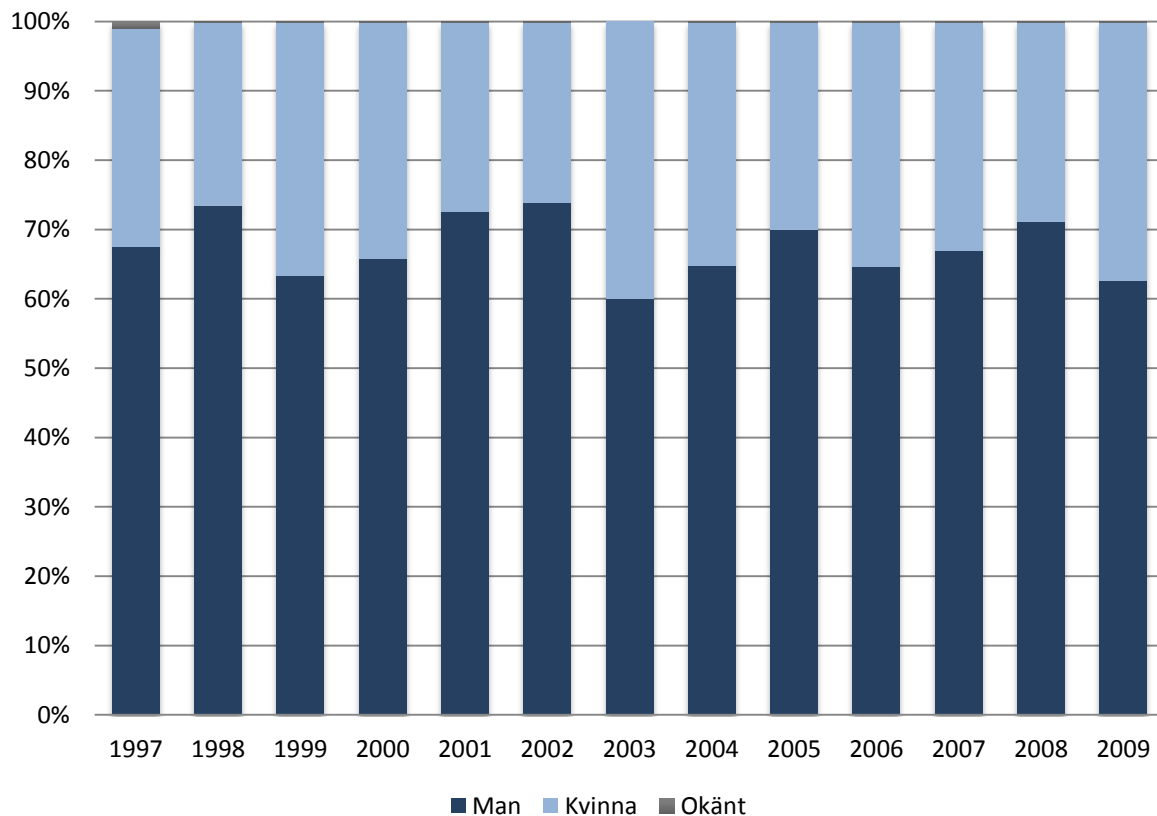
Legionella är en anmälningspliktig sjukdom och Smittskyddsinstitutet har länge fört statistik över de fall som rapporteras. Som tidigare nämnts är det personer med nedsatt immunförsvar eller på något annat sätt ingår i riskgruppen som oftast insjuknar i legionärssjukan. I Figur 3 (Statistik från Smittskyddsinstitutet, 2010) kan utläsas hur spridningen över åldersgrupperna ser ut. Y-axeln visar andel i procent och x-axeln visar förändring över tid, åldersgrupperna är färgkodade. Statistiken bygger på de cirka 100 rapporterade fallen per år som framgår av Figur 7. Ur figuren kan utläsas att tre åldersgrupper är mer frekvent utsatta än andra grupper.

De är 50 - 59, 60 - 69 och 70 - 79. Eftersom figuren endast sträcker sig över 13 år är det svårt att dra några slutsatser om förändring över tiden. I de yngre åldrarna 0 - 14 år är det en försvinnande liten del insjuknade. Det går därför säga att risken för att insjukna ökar högre upp i åldrarna. Anledningen kan vara att äldre personer ofta har ett något svagare immunförsvar jämfört med yngre personer.



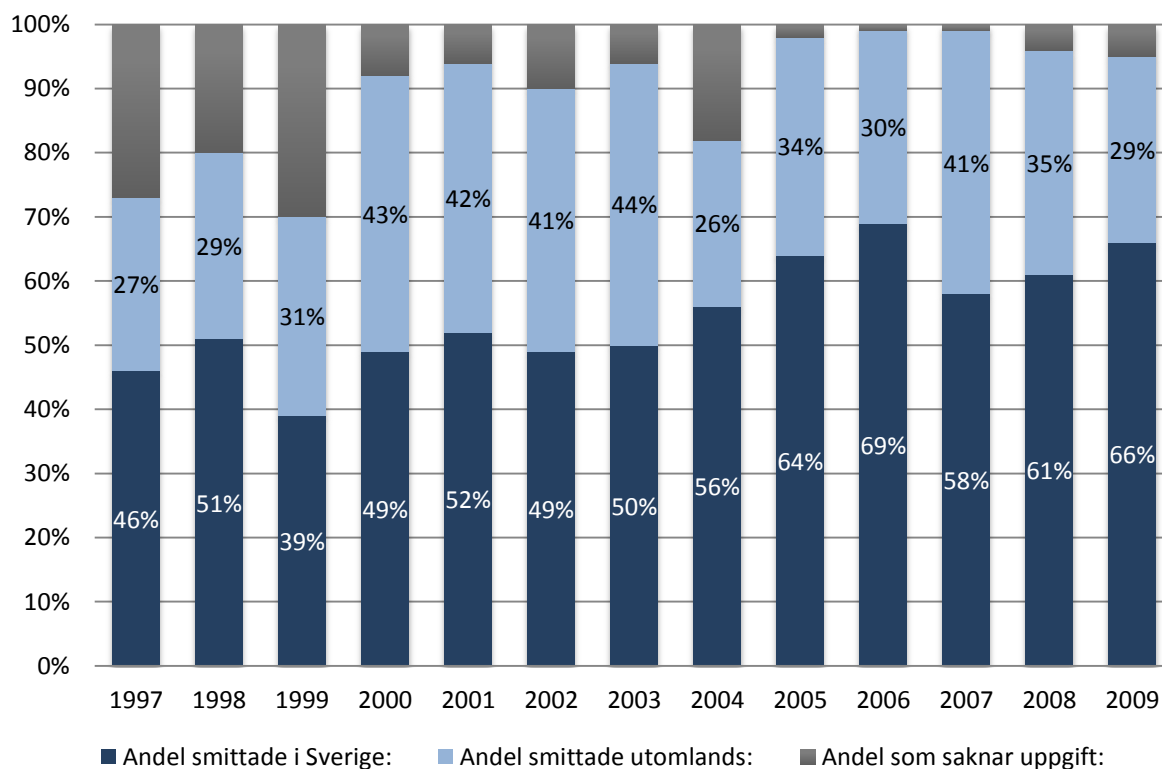
Figur 3. Andel smittade fördelat per åldersgrupp.

Utöver spridningen över åldersgrupperna finns även en skillnad i spridning mellan könen. Figur 4 (Smittskyddsinstitutet, 2010) visar rapporterade fall fördelat mellan män och kvinnor. Y-axeln visar den relativa andelen och med hjälp av tiden på x-axeln visas variationer från 1997 till 2009. Kategorierna män, kvinnor samt okänd är färgkodad. Statistiken bygger på de cirka 100 rapporterade fallen per år som framgår av Figur 7. Figuren visar att betydligt fler män än kvinnor insjuknar i sjukdom orsakad av legionellabakterier. Mellan 60 och 70 procent är män som smittas varje år och över de år figuren visar tenderar inte andelen förändras nämnvärt. Utifrån data ur Figur 3 och 4 kan det konstateras att de som löper störst risk att smittas av legionellabakterier är män i övre medelåldern.



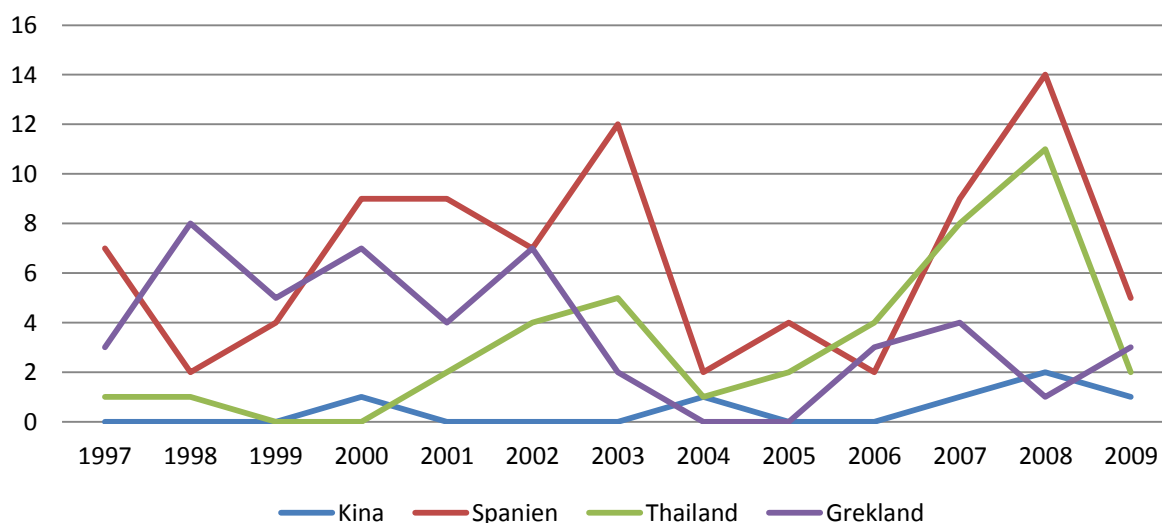
Figur 4. Rapporterade fall andel man och kvinna.

Många av de som smittas och insjuknar i legionärssjukan smittas utomlands. Kraven på kvaliteten på tappvattnet är generellt sett lägre utomlands än i Sverige (Smittskyddsinstitutet, 2010). I Figur 5 (Smittskyddsinstitutet, 2010) visas andelen smittade utomlands i jämförelse med dem som smittas i Sverige. Y-axeln visar andelen och x-axeln visar förändringen över tid. Smittoställena är färgkodade. Statistiken bygger på de cirka 100 rapporterade fallen per år som framgår av Figur 7. Genom att studera figuren kan det konstateras att runt 30 till 40 procent av de personer som drabbats har smittats utomlands. Statistiken är dock inte fullständig och en del av de som smittats går det inte konstatera om de smittats i Sverige eller i utomlands.



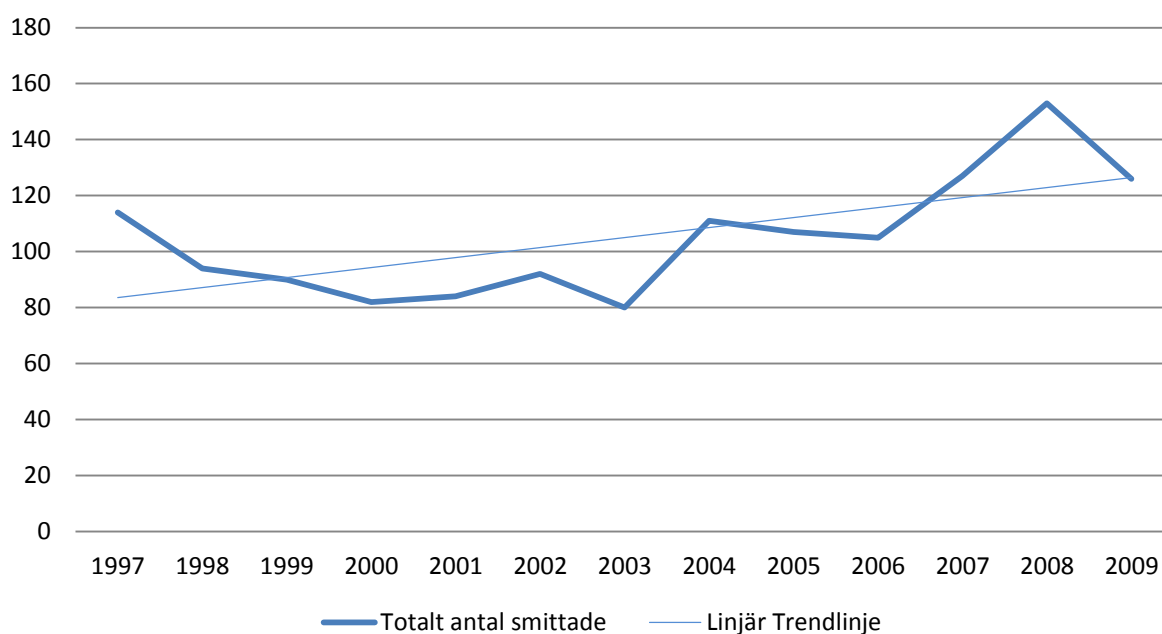
Figur 5. Andel smittade utomlands.

Av de som smittas utomlands har det i de flesta fall också kunnat konstateras i vilket land personen blivit smittad, dock med några undantag. I Figur 6 (Smittskyddsinstitutet, 2010) är fyra frekvent förekommande smittoländer redovisade. Där antalet smittade per år redovisas för respektive land. Av denna figur går det inte dra någon egentlig slutsats. Antalet smittade svenskar varje år i dessa länder bör vara starkt relaterat till svenskarnas resvanor. Att Kina och Thailand som båda, på senare år, blivit mer och mer populära turistmål avspeglas i figuren. Enligt (Energi & miljö, 6-7 juni 2008) kan det utläsas att spridningen är koncentrerad till södra Europa. Men att spridningen ökar i länder som exempelvis Thailand.



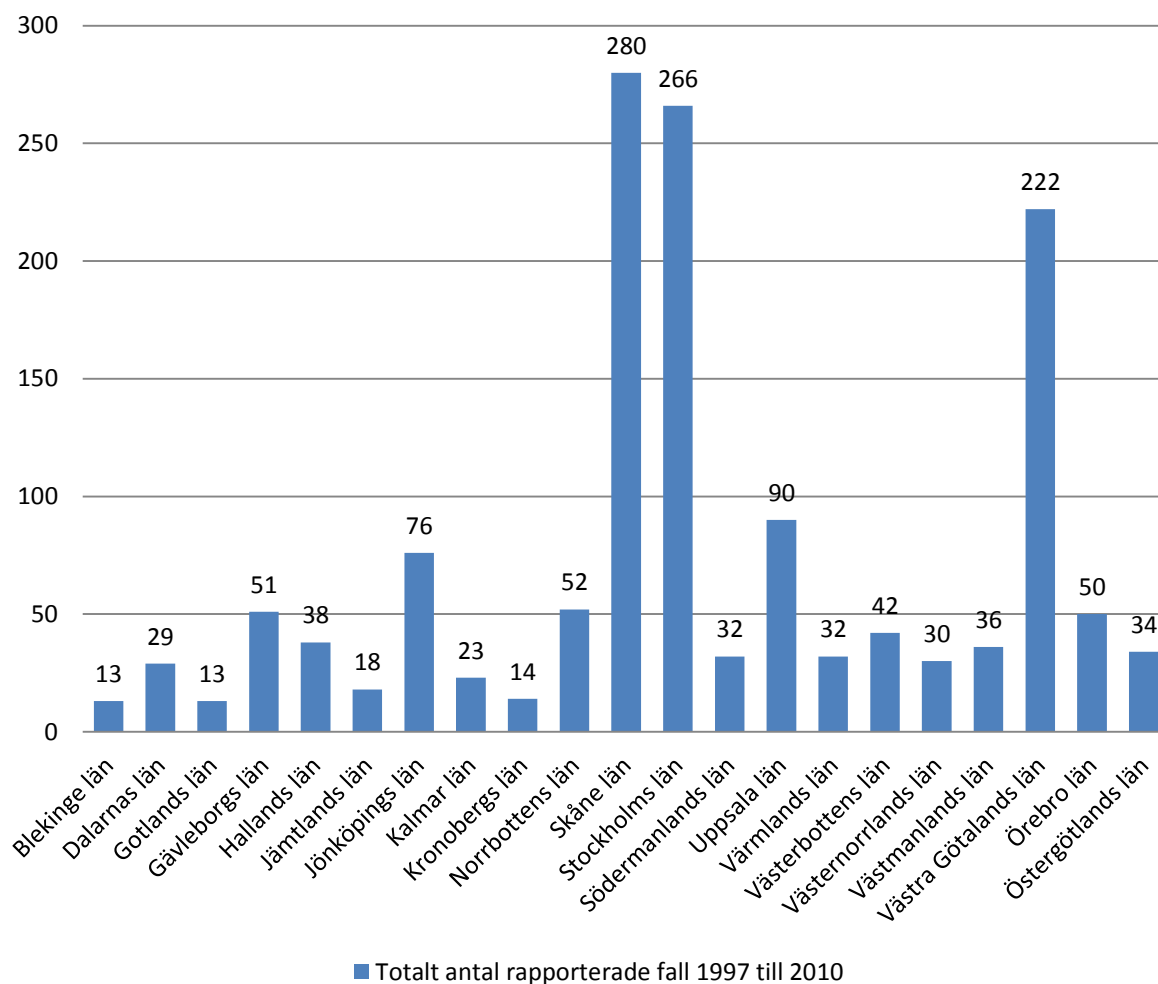
Figur 6. Spridning smittoländ.

Ur Figur 7 (Smittskyddsinstitutet, 2010) går att utläsa antalet rapporterade fall de senaste åren. Det rapporteras ungefär 100 fall per år (Steen, 2007). Däremot är mörkertalet stort och Smittskyddsinstitutet räknar med att det verkliga antalet är en faktor 10 större. Detta innebär att det faktiska antalet smittade per år skulle ligga runt 1000 personer men de smittade har förmodligen tillfrisknat utan att ha sökt vård. En annan del är de som sökt vård och fått diagnosen lunginflammation och fått penicillin mot detta. Under de år som figuren täcker kan en liten ökning i antal fall ses. Desto mer tydligt framgår det av den linjära trendlinje som baseras på de värden som redovisas i figuren.



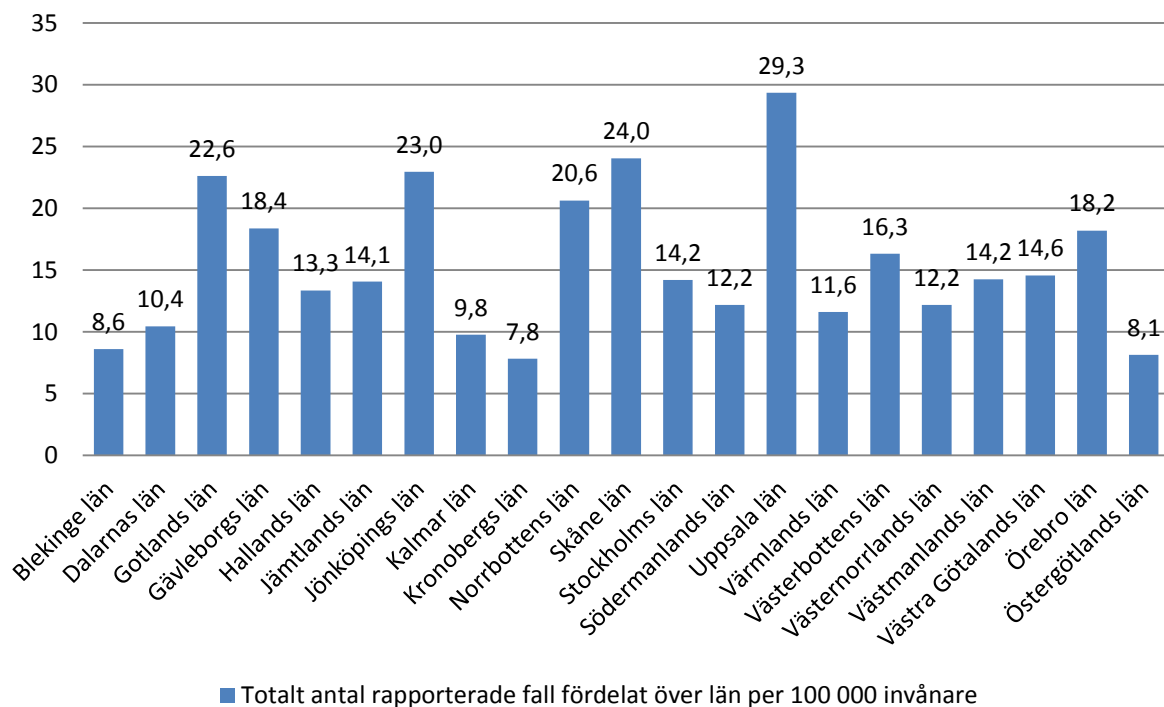
Figur 7. Totalt antal rapporterade fall i Sverige.

Figur 8 (Smittskyddsinstitutet, 2010) visar hur de rapporterade fallen fördelats över länen. Y-axeln visar totalt antal fall och x-axeln visar Sveriges olika län och det totala antalet fall som rapporterats från 1997 till och med 2010.



Figur 8. Antal rapporterade fall fördelat över län.

Figur 9 (Smittskyddsinstitutet, 2010) visar totalt antal rapporterade fall fördelat över län per 100 000 invånare.



Figur 9. Antal rapporterade fall fördelat över län per 100 000 invånare.

2.5 Legionella i tappvattensystem

En av orsakerna till att vi människor smittas av legionellabakterien är att dess tillväxt gynnas av utformningen av våra tappvattensystem i bostäder, lokaler och industrier. Systemet kan vara bristfälligt projekterat, delar kan vara trasiga eller så är underhållet eftersatt. Utformningen av systemet är av största vikt. Dåligt underhåll eller utbyggnader av systemet kan leda till att en gynnsam miljö för legionellabakterien att växa i. Då bakterien lever bäst i temperaturer runt 35 °C sker tillväxten oftast i varmvattenledningar men kallvattenledningarna kan också nå dessa temperaturer på grund av yttre påverkan.

Tillväxten av Legionella ökar i stillastående vatten och det tillståndet bör därför undvikas. Oanvända ledningar och proppade ledningar är ställen där vattnet står still och därför ökar risken för tillväxt. Denna typ av problem med stillastående vatten i installationer är vanligt i större byggnader med större system och där tillbyggnader har tillkommit efteråt. I lokaler för uthyrning är det också vanligt att vatten i ledningar blir stillastående under en längre tid. Enlig (Folkehelseinstitutet, 2003) bör inte temperaturen på tappvarmvattnet understiga 55 °C mer än 20 minuter i sträck för att undvika tillväxt.

En reducering av Legionellabakterien börjar vid temperaturer över 50 °C och vattnet bör därför inte understiga denna temperatur någonstans i systemet. Detta är även den lägsta temperatur Boverket rekommenderar att ett system ska hålla. Boverket har skärpt sina rekommendationer på dagens installationer och varmvatten ska idag kunna nås efter 10 sekunder vid tappstället, men här är dock enbostadshus undantagna (Boverket, 2010).

Både äldre och nyare system har ofta bristfällig isolering på rören. Dåligt isolerade rör kan leda till att varmvattenledningen värmer upp intilliggande kallvattenledningar och på så sätt skapa en trivsamt miljö för legionellabakterien även i kallvattenledningen. Kallvattnet bör ligga under 20 °C för att undvika tillväxt. Temperaturerna ligger ofta mellan 0 till 8 °C på vintern och upp till 20 °C på sommaren (Folkehelseinstituttet, 2003).

Som tidigare nämnts är temperaturen en avgörande orsak till legionellabakteriens tillväxt. Temperaturen i tappvarmvattensystemet kan vara för låg av flera anledningar. Systemet kan vara feldimensionerat och därför orsaka lågt flöde och låga temperaturer. Efter att ett nytt system är installerat ska det injusteras för att fungera optimalt. Om detta ej görs eller utförs bristfälligt fungerar systemet inte och med låga temperaturer som följd. En annan vanlig orsak i större byggnader där cirkulation av varmvattnet sker är att handdukstorkar ansluts till cirkulationsledningen och får en del av systemet att stå still varma dagar då handdukstorken ej är igång. Tekniken att ansluta handdukstorkar till varmvattnet används inte längre. Risken för brister i systemet ökar också givetvis i större byggnader där systemen är större. Faktorer och förutsättningar som påverkar och ökar tillväxten av legionellabakterier är bland annat (Association of Water Technologies, 2003):

- Stillastående vatten i oanvända ledningar och blindledningar
- Om vattentemperaturen ligger mellan 20 och 50°C. Optimal tillväxttemperatur är 35 till 45°C
- pH-värde mellan 5,0 till 8,5
- Om biofilm finns i systemet
- Alger som förser bakterierna med näringsämnen
- Om amöbor finns närvarande

I Figur 10 (Association of Water Technologies, 2003) illustreras hur avdödningen ökar med ökande temperaturer i vattnet.



Figur 10. Ungefärlig avdödningstid beroende av vattentemperaturen.

Att utsätta legionellabakterier för höga temperaturer är ett mycket effektivt sätt att eliminera dessa. Dödligheten vid en given temperatur är proportionell mot antalet levande celler. Dödligheten kan därför beräknas enligt följande samband (Brundrett, 1992).

$$\frac{dn}{dt} = B n \quad (3)$$

n = antalet celler vid tiden t

t = tiden

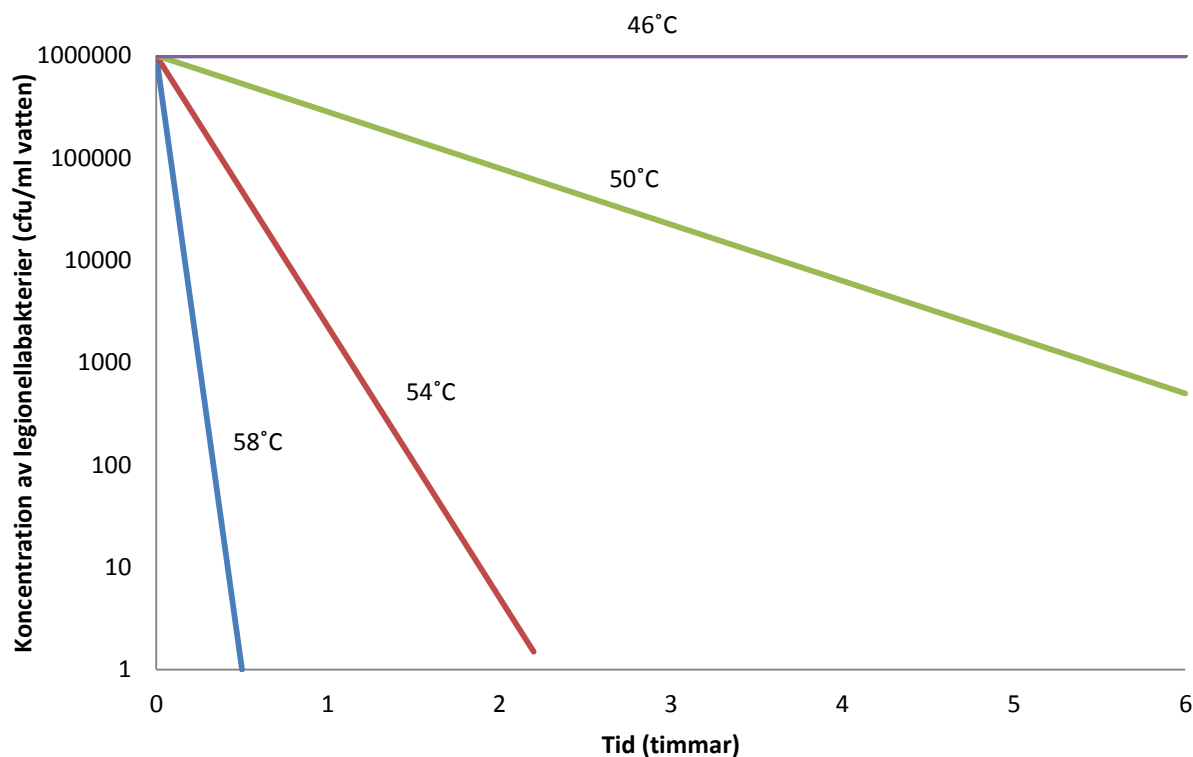
B = en konstant som är en funktion av vattnets temperatur, bakteriens art och kemikaliesammansättningen för vattnet.

Integreras denna funktion fås

$$n = n_0 e^{-Bt} \quad (4)$$

n_0 = antal celler vid tiden 0

I figur 11 (Brundrett, 1992) ses avdödningen av legionellabakterier som en funktion av tiden. Avdödningen är beroende av många faktorer men de viktigaste är vilken temperatur vattnet har, vattnets sammansättning och vilken typ av serogrupp bakterien tillhör. Ur figur 4 kan utläsas att när vattnet har en temperatur på 46 °C sker ingen avdödning alls. Sedan ökar gradvis avdödningen med temperaturen. Vid 58 °C är majoriteten av alla bakterier döda efter 30 minuter.



Figur 11. Avdödning av legionellabakterier.

2.6 Legionella i Sverige

En studie över legionellaspridningen i Sverige gjord 1992 (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS Installatörerna, 2006) påvisar ingen eller liten effekt av ökad tillväxt på grund av materialvalet i ledningsrören. I studien påvisades hög tillväxt i duschmunstycken och i annan armatur. I de system där vattnet haft en temperatur av 60 °C ut i ledningarna och minst 50 °C vid tappstället fann man inga fynd av bakterietillväxt (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS Installatörerna, 2006). I Sverige har det under åren skett ett antal större utbrott av Legionella. Några exempel på dessa är (Länsstyrelsen i Västra Götalands län 2005):

Västerås

68 personer insjuknade i Legionärssjukan 1979 i Västerås. Smittan lokaliserades här till ett kyltorn.

Värnamo

31 personer insjuknade i Legionärssjukan mellan 1990 och 1991. tre personer avled till följd av sjukdomen. Smittan kunde här lokaliseras till tappvarmvattnet på Värnamo lasarett.

Uppsala

Totalt 26 personer insjuknade i Legionärssjukan i två omgångar mellan 1993 och 1998. Smittorsaken var här tappvarmvattnet på sjukhuset i Uppsala.

Lycksele

27 personer insjuknade i pontiacfeber 1999 i Lycksele. Personerna tros här ha blivit smittade genom att ha badat i ett hotells bubbelpool vars vatten innehöll legionellabakterier.

Skövde

23 personer insjuknade i pontiacfeber 2002 i Skövde. Samtliga smittade hade badat i samma bubbelpool på ett hotell i Skövde.

3 Lagar & rekommendationer

För att undvika att legionellatillväxt fortsätter vara ett problem krävs att problemet byggs bort. Under Boverkets Författningssamling, BFS, finns BBR, Boverkets byggregler, som vid nybyggnad ställer krav på bland annat utformningen av tappvattensystemet. Till detta finns även Livsmedelsverkets föreskrifter, SLV, om vilken kvalitet dricksvatten ska hålla för att få distribueras. Nedan följer några utdrag ur dessa texter.

3.1.1 Boverkets byggregler (BFS 2006:12 BBR 10)

Nedan följer ett utdrag ur Boverkets byggregler som berör bland annat mikrobielltillväxt.

6:62 Installationer för tappvatten

Installationer för tappvatten ska utformas så att tappvattnet, efter tappstället, är hygieniskt och säkert samt kommer i tillräcklig mängd. Tappkallvatten ska uppfylla kvalitetskraven för dricksvatten efter tappstället. Tappvarmvatten ska vara så varmt att man kan sköta personlig hygien och hushållssysslor. Tappvatteninstallationer ska utföras av sådana material att inte ohälsosamma koncentrationer av skadliga ämnen kan utlösas i tappvattnet. Installationerna ska inte avge lukt eller smak till tappvattnet.

6:621 Varmvattentemperaturer för personlig hygien och hushållsändamål

Installationer för tappvarmvatten ska utformas så att en vattentemperatur på lägst 50 °C kan uppnås efter tappstället. För att minska risken för skållning får temperaturen på tappvarmvattnet vara högst 60 °C efter tappstället. Temperaturen på tappvarmvattnet får dock inte vara högre än 38 °C om det finns särskild risk för olycksfall. Anordningar för reglering av tappvarmvattnet ska utformas så att risken för personskador genom förväxling av tappvarm- och tappkallvatten begränsas.

6:622 Mikrobiell tillväxt

Installationer för tappvatten ska utformas så att möjligheterna för tillväxt av mikroorganismer i tappvattnet minimeras. Installationer för tappkallvatten ska utformas så att tappkallvattnet inte värms upp oavsiktligt. Cirkulationsledningar för tappvarmvatten ska utformas så att temperaturen på det cirkulerande tappvarmvattnet inte understiger 50 °C i någon del av installationen.

Allmänt råd

För att minska risken för tillväxt av bl.a. legionellabakterier i tappkallvatten bör tappkallvatteninstallationer inte placeras på ställen där temperaturen är högre än rumstemperatur. Risken finns bl.a. i varma schakt eller varma golv, i vilka installationer för t.ex. tappvarmvatten, tappvarmvatten-cirkulation och radiatorer är förlagda. Om det är omöjligt att undvika att placera tappkallvatteninstallationer på sådana ställen så bör samtliga installationer utformas och isoleras så att temperaturökningen på tappkall-vattnet blir så låg som möjligt. I samtliga rörledningar för tappvarmvattencirkulation bör det vara möjligt att mäta vattentemperaturen. För att mängden legionellabakterier i installationer där tappvarmvatten är stillastående, bl.a. i beredare eller ackumulatorer för uppvärmning med t.ex. el, sol, ved, värmepumpar och fjärrvärme, inte ska bli skadlig bör temperaturen på tappvarmvattnet inte understiga 60 °C. Handdukstorkar, golvvärme och andra värmare bör inte kopplas in på cirkulationsledningar för tappvarmvatten. Proppade ledningar, dvs. sådana som inte är direkt anslutna till tappställen, på installationer för tappvarmvatten bör vara så korta att temperaturen på vattnet i dessa proppade ledningar inte understiger 50 °C. Gemensam rörledning för flera duschplatser med en temperatur på högst 38 °C bör inte vara längre än 5 meter. (BFS 2006:12).

3.1.2 Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (SLV FS 2001:30)

3 § Vid beredningen av dricksvattnet skall sådana metoder användas som krävs för att säkerställa att det uppfyller kraven i dessa föreskrifter när det når användarna. Särskild hänsyn skall tas till

- Beskaffenheten av det vatten som är avsett att efter beredningen användas som dricksvatten (råvattnet) och
- Risken för kvalitetsförändringar under distributionen.

Beredningen skall vara försedd med ett tillräckligt antal säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk förorening. I de fall då desinfektion ingår i beredningen eller distributionen av dricksvatten skall kontroll ske av att desinfektionen är effektiv och att eventuella föroreningar som härrör från biprodukter från desinfektionen hålls på så låg nivå som möjligt utan att desinfektionens effektivitet riskeras.

- 7 § Dricksvatten skall vara hälsosamt och rent. Det skall anses vara hälsosamt och rent om det
- inte innehåller mikroorganismer, parasiter och ämnen i sådant antal eller sådana halter att de kan utgöra en fara för människors hälsa.

I. Mikrobiologiska parametrar (Livsmedelsverket 2001).

Parameter	Gränsvärde för otjänligt vid provtagningspunkt (enhet)	Kommentar
Utgående dricksvatten och dricksvatten hos användaren (8 § a, b, c, d)	Förpackat dricksvatten (8 § e)	
Antal mikroorganismer vid 22 °C ³	100 (antal/ml)	
Antal mikroorganismer vid 37 °C	20 (antal/ml)	
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	Påvisad (i 100 ml)	Påvisad (i 250 ml)
Enterokocker	Påvisad (i 100 ml)	Påvisad (i 250 ml)
Koliforma bakterier ³	10 (antal/100 ml)	10 (antal/250 ml)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Påvisad (i 250 ml)	

3.1.3 Smittskyddslagen (2004:168) (Sveriges Riksdag, 2004)

Legionella är en anmälningspliktig sjukdom enligt smittskyddslagen men har inte klassats som samhällsfarlig sjukdom.

Fall av legionärssjuka skall anmälas till Smittskyddsläkare och Miljöförvaltning/miljökontor. Smittskyddsenheten anmäler till Smittskyddsinstitutet. Anmälan skall insändas senast dagen efter den då läkaren fått vetskap om att den undersökte har smittats. Telefonanmälan skall göras till Smittskyddsläkaren vid särskilt brådskande fall.

Information kan behöva ges till:

- Hyresvärd/övriga hyresgäster
- Sjukvårdsupplysningen
- Distriktsläkare/vårdcentral i området
- Miljönämnd eller motsvarande
- Berörda verksamhetschefer inom sjukvården.

3.2 Spridningskällor

Enligt (Brundrett, 1992) är det fyra faktorer som spelar en viktig roll i processen från det att legionellabakterier har kommit in i systemet till att en person blir smittad. Den första faktorn är att bakterien förökar sig, den andra är att vattnet sprids i aerosoler, den tredje är att aerosolen andas in, den sista är mottagligheten hos receptorn.

En svårighet med legionellabakterier och dess spridning är att hitta källan till spridningen. Proceduren för detta är ofta komplicerad och lång och ofta osäker. Ofta kommer många fall in samtidigt och man söker då efter gemensamma nämnare i deras vardag. I enskilda fall tas legionellaprover i hemmet och i deras närhet.

Efter första utbrottet 1976 i USA, som nämnts tidigare i rapporten, har man kunnat kartlägga typiska källor till spridning av Legionella. Olika typer av ackumulatorer och beredare har länge varit ett känt faktum. Kyltorn har också visat sig i flera fall i Sverige smittat människor med Legionella. En studie (Benson, et al, 1996) gjord visar att även pooler och bubbelpooler har visat sig vara typiska källor till legionellatillväxt som i sin tur kan leda till legionärssjukan. I bubbelpooler råder perfekta förutsättningar för att legionellabakterierna ska kunna växa. Bakterierna sprids sedan med aerosolerna som bildas i bubblorna i poolen som sedan andas in av dem som brukar poolen.

Som tidigare nämnts krävs att flera förutsättningar är uppfyllda från att legionellabakterier börjar växa till att en person insjuknar i legionärssjukan eller pontiacfeber. Det som utmärker en spridningskälla är att förutsättningarna för att bakterierna ska kunna växa är goda och att de sedan ska kunna spridas. Nedan följer några av de vanligast förekommande källorna till spridning av legionellabakterien.

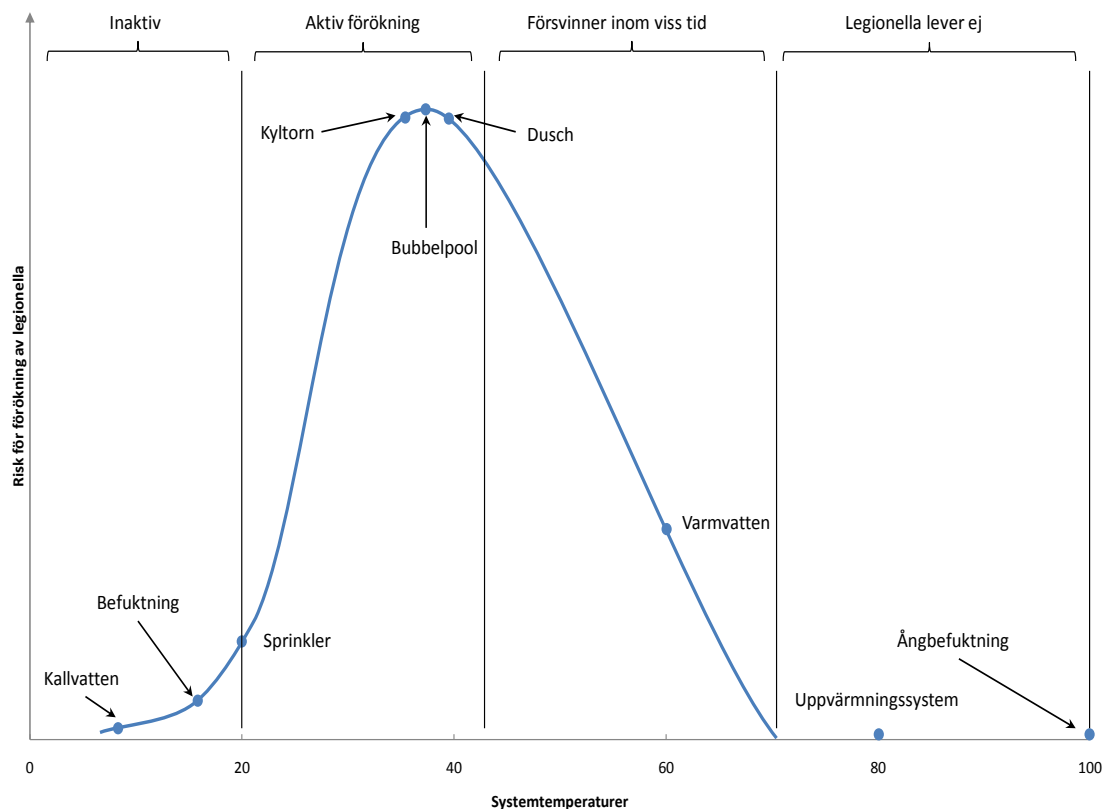
Källor till legionellatillväxt och spridning (Association of Water Technologies, 2003):

- Varmvattensystem
- Kyltorn
- Luftfuktare
- Fontäner
- Fuktspridare (till exempel i mataffären)
- Varma naturliga källor
- Tandläkarutrustning

Något som det tvistas om är ifall legionellasmittat vatten skulle vara farligt att dricka. Som tidigare nämnts är det ett krav för att smittas att få ner bakterierna i lungorna. Enligt (Association of Water Technologies, 2003) kan det inte uteslutas att inandning skulle kunna ske i samband med att det smittade vattnet dricks. Detta skulle i sådana fall innebära en potentiell risk att legionellabakterier hamnar i lungorna och som i sin tur orsakar legionärssjuka.

Legionellabakterier har även kunnat spåras till bil- och busstvättar där det recirkulerande sköljvattnet nått gynnande temperaturer för legionellatillväxt (HC Information Resources Inc, 2007).

I figur 12 (Brundrett, 1992) är tillväxten av legionellabakterier i förhållande till vattentemperaturen uppställt. I Figuren är även olika systemtemperaturer markerade för att få en bild av hur stor potentiell tillväxtrisk olika system har. Bland annat kan konstateras att, kyltorn, bubbelpooler och duschar ligger inom området ”aktiv förökning” vilket innebär stor risk för tillväxt av legionellabakterier.



Figur 12 Risk för förökning av Legionella i olika system

3.3 Spridning via tappvatten

Enligt tidigare nämnda studie av olika uppvärmningssystem för tappvatten gjord av Boverket, Smittskyddsinstitutet och VVS-installatörerna med syfte att identifiera faktorer i miljön som skulle kunna öka tillväxten av legionella. I studien har tappvattensystem, belägna i Sverige, som haft problem med ovanligt stor tillväxt av legionellabakterier granskats. I studien kunde i många fall anledningen till ökad legionellatillväxt spåras till uppvärmningssystem med direkta fel och brister. I studien nämns några typfel som i många fall påträffades flera gånger under studiens gång. I de fall där pelletspannor användes, framför allt i småhus, visade det sig att ackumulatören i många fall inte användes men fortfarande var inkopplad till värmesystemet. Där frånluftsvärmepump med elvärme används för uppvärmning visade det sig att ett vanligt förekommande fel var att kompressorn var trasig. Värmepumpssystem med bergvärme visade sig ofta inte fungera tillfredsställande på grund av fallerande värmepump. (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS-installatörerna, 2006).

I lite större system där flera bostäder är inkopplade på samma system var det i många fall injustering av systemen som inte utförts korrekt. När ett system inte är korrekt injusterat leder det ofta till för låga temperaturer i systemen. Pelletspannor kombinerade med el visade sig ofta ha för låga temperaturer på varmvattnet ut från pannan. Samma fel kunde konstateras på de naturgaspannor som kontrollerades (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS-installatörerna, 2006).

3.4 Riskfaktorer

Orsaken till ökad legionellatillväxt är i huvudsak för låga temperaturer på varmvattnet i distributionssystemen. Orsaken till att temperaturerna är för låga kan bero på många olika faktorer. Enligt studien gjord av Boverket, smittskyddsinstitutet och VVS-installatörerna är det både administrativa och installationstekniska faktorer som spelar in. Exempel på administrativa faktorer kan vara att driftinstruktioner och ritningar i många fall saknas vilket leder till svårigheter vid bland annat injustering och utbyggnad av systemet. Det visade sig också att uppföljning av temperaturen i cirkulationssystemen sällan eller aldrig gjordes. I många fall saknades även rätt utbildad driftpersonal. Det fördes även sällan protokoll vid de tillfällen injustering utförts. Exempel på de installationstekniska faktorerna var bland annat ledningar med risk för stillastående vatten och sällan använda tappställen. Vanligt var också att de varmvattencirkulationssystem, VVC, som fanns installerat inte fungerade för hela systemet. Kall- och varmvattenledningar som stod i kontakt med varandra och eller dålig isolering som leder till att temperaturen överstiger 30 grader. Handdukstorkar kopplade till VVC-system, dåligt dimensionerade värmesystem vilket leder till temperaturdippar vid störttappning av vatten som också är ett problem. Speciella installationer till exempel centralblandare och brandposter som är inkopplade på tappvarmvattnet orsakar problem. Vattnet blir ofta stående i dessa installationer och gynnar därför tillväxten av legionellabakterier (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS-installatörerna, 2006).

3.5 Ledningsmaterial

Materialet i ledningarna har inte kunnat konstateras påverka tillväxten av legionellabakterier. Koppar har visat tecken på att hämma tillväxten bättre när det är nya ledningar men den effekten avtar med åldern på ledningen. De material som har visat sig ha gynnande egenskaper för tillväxt är naturgummi. Duschslangar var tidigare gjorda av detta material. Eftersom temperaturerna är optimala för legionellabakterien i duschslangen ökade risken för att tillväxt skulle ske. Duschslangar tillverkas numer inte av naturgummi utan av PVC-plast (Kling, Stålbom, 2002). Materialvalet har dock inte visat sig vara det avgörande för hur tillväxten ser ut utan det viktiga är att hålla rätt temperaturer i systemet. Icke korrosiva material har visat sig ge negativ effekt på tillväxten av legionellabakterier. Exempel på sådana material är bland annat PVC-plast och koppar (VVS-Tekniska Föreningen, 1991). Biofilmstillväxten gynnas olika beroende på vilket material ledningar och rör är tillverkade av. Om ett rörmaterial avger stora mängder organiska ämnen ökar också risken för legionellatillväxt. PVC och gummi är några material som avger stora mängder organiska ämnen och ger därför ökad tillväxt av biofilm. Användningen av material med dessa egenskaper bör därför begränsas (Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS-installatörerna, 2006).

4 Avdödning och förebyggande metoder

Idag finns inga gränsvärden för legionellabakterier i tappvatten i Sverige. Detta beror på att det ännu inte finns något krav på att rapportera legionellasmittat vatten. De högsta värden som mätts upp i ett tappvattensystem är 10 000 cfu/100 ml (Fasth, 2009). Enheten cfu visar antalet levande organismer som finns i till exempel ett vattenprov. I detta fall visar det hur många levande organismer det fanns per 100 ml vatten. För att få en bild av vilka riktvärden som bör följas kan EWGLI (European Group for Legionella Infections) föreskrifter användas. Där anges att vid en koncentration av 100 cfu/100 ml vatten krävs inga åtgärder. Vid koncentrationer mellan 100 och 1000 cfu/100 ml vatten bör ett nytt prov tas och om liknande värden mäts upp i andra provet bör sanering påbörjas. Koncentrationer över 1000 cfu/100 ml vatten bör sanering eller andra åtgärder vidtas. Om de som brukar vattnet tillhör riskgruppen bör värdet inte överstiga 100 cfu/100 ml vatten. Klart är att legionellatillväxt behöver förebyggas, frågan är bara hur. Lagar och föreskrifter har tagits fram för att vägleda och styra konstruktioner till att bli så säkra som möjligt. De flesta av dessa regler finns i Byggnadsverkslagen, Smittskyddslagen, Arbetsmiljölagen och Miljöbalken. Förebyggande regler går att hitta i Plan och bygglagen, PBL, Plan och byggnadsförordningen, PBF, Byggnadsverkslagen, BVL och Byggnadsverksförordningen, BVF. För att uppfylla dessa lagar och föreskrifter används en mängd olika system och tekniker.

Ur Boverkets byggregler, BBR och Livsmedelsverket kungörelse, SLV, kan följande regler utläsas. Dessa måste följas vid nybyggnation.

- System måste konstrueras så att legionellabakterier och andra mikroorganismer inte kan föröka sig till hälsofarliga nivåer.
- Varmvattnet måste hålla minst 50 °C vid tappstället.
- Varmvattnet får dock inte hålla högre temperatur än 60 °C vid tappstället för att förhindra risken för skållning
- I de fall där varmvattnet cirkuleras måste dess retur hålla en temperatur på minst 50°C
- Installationerna ska utformas så att risk för att kallvattnet värms upp undviks.

5 System för sanering

Att bygga legionellasäkra system för att förhindra tillväxt av legionellabakterier är dyrt och en eventuell sanering är tidskrävande och kostsam. I ett system som har problem med tillväxt av legionellabakterier är det i ett första skede viktigt att kontrollera att systemtemperaturerna är korrekta och att cirkulationen av varmvattnet fungerar tillfredsställande (Fasth, 2009). Om sanering av legionellabakterier blir aktuellt finns det olika sätt att gå tillväga. Vattnet kan renas genom mekanisk, termisk och kemisk rening. De vanligaste metoderna idag är att tillsätta klor, klordioxid, ozon eller bestråla vattnet med UV-ljus. De olika metoderna är olika bra lämpade beroende på förutsättningarna i systemet de ska användas i. Det finns en rad faktorer som påverkar hur effektiv reningsprocessen blir. I Tabell 1 (Prominent, 2010) illustreras enkelt i tabellform de olika metodernas förutsättningar och egenskaper. Desinficeringskapaciteten är måttet på effektiviteten hos metoden och det går här att utläsa att ozonrening är den mest effektiva saneringsmetoden mot legionellabakterier. Kemikalier reagerar olika beroende på vilket pH vattnet har. Olika ämnen är olika beroende av rätt pH.

Tabell 1. Förutsättningar för saneringsmetoder.

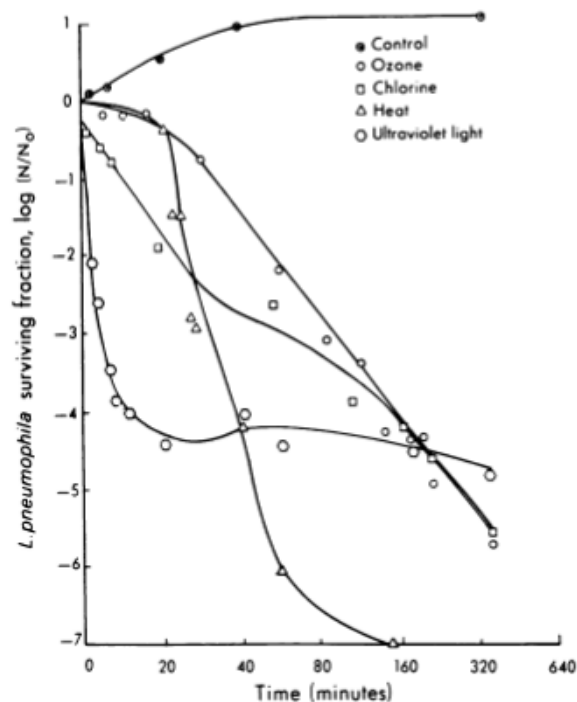
	Klor	CIO ₂	Ozon	UV
Desinficeringskapacitet	medium	stark	starkast	medium
pH-beroende	extrema	ingen	medium	ingen
Biprodukter	THM	klorit	eventuellt bromider	eventuellt nitrit
Investering	låg - hög	medium	medium - hög	medium
Underhåll	medium	medium	låg	låg

Flera av dessa kemiska reningsmetoder har dock visat sig bilda biprodukter, bland annat Trihalometaner, THM som enligt några studier visat sig ge upphov till cancer medan andra studier inte visat några sådana tecken (Johanson, Stamyr, 2006). Klor- och ozonrening kan även ge smak och lukt till vattnet. Klor och ozon kan få ledningarna att korrodera, vilket på sjukhus kan leda till att utrusningen tar skada eller att höga järnhalter hamnar i dricksvattnet (Stenius, 2006). Att tillsätta klor eller kloroxid är en effektiv åtgärd. Kloret reducerar mängden biofilm i ledningarna. Tillsättning av ozon i system har liknande effekter som klor.

I ett antal länder har flera av metoderna förbjudits på grund av riskerna med biprodukter och kemikalierester i systemen, men i Sverige finns än så länge inga förbud (Stenius, 2006).

Andra viktiga faktorer i val av system är hur stor investeringskostnaden för systemet är och hur stort underhållsbehovet för respektive metod är. Större underhållsbehov leder till högre kostnader under systemets livstid. En annan vanlig kemikaliefri metod är termisk vattendesinfektion värmesanering som innebär att vattentemperaturen ökas till omkring 70 °C och sedan cirkuleras vattnet genom hela systemet under en tid.

En jämförelse mellan några av metoderna gjordes i en studie och gav sambandet redovisad i figur 6 (Muraca, Stout, Yu, 1987).



Figur 13 Jämförelse mellan olika saneringsmetoder.

Data i figuren är framtagen från saneringsmetoder gjorda i en testanläggning med vatten som håller 25 °C. Värdena är plottade med tiden, i minuter på x-axeln och legionellaförekomsten logaritmiskt på y-axeln, $\log(N/N_0)$. Där N är koncentrationen legionellabakterier vid en given tid. N_0 är koncentrationen legionellabakterier vid tiden 0 (Muraca, Stout, Yu, 1987). Figuren visar en jämförelse mellan olika saneringsmetoder. Kontrollpunkter där ingen sanering gjorts finns också med för att illustrera förändringen. Samtliga saneringsmetoder minskar andelen bakterier markant. Däremot visar termisk vattendesinfektion ett bättre resultat än övriga metoder.

5.1 Termisk vattendesinfektion

Då legionellabakterier dör mycket snabbt i temperaturer över 60 °C är en temperaturhöjning av vattnet i ett ansatt system mycket effektiv. Metoden går ut på att temperaturen på vattnet tillfälligt höjs och det varma vattnet spolas sedan genom hela systemet ut vid tappställena.

5.1.1 Funktion

Värmen i varmvattenberedaren höjs till minst 60 °C men många gånger upp till så mycket som 70 till 80 °C. Vattnet cirkuleras sedan i hela systemet genom att samtliga tappställen öppnas. Tiden för genomspolningen är beroende av vilken temperatur vattnet håller. Ju högre temperatur vattnet håller desto kortare spoltid är nödvändig. Som tidigare illustrerats kan avdödningstiden som funktion av vattentemperaturen åter ses i Figur 4 (Brundrett, 1992). Figuren visar att vid ökande temperaturer ökar också avdödningen. Vid 58 °C tar det cirka 30 minuter innan alla bakterier dött. Temperaturerna som används vid termisk vattendesinfektion är högre än 58 °C och leder därför till mycket snabb avdödning.

Om orsaken till den ökade tillväxten av legionella aldrig utreds kommer problemen att återkomma efter en viss tid. Resultatet blir att när vattnets temperatur sänks till den ursprungliga igen finns risken att gynnsam temperatur för legionellabakterierna nås och då

startar direkt en återväxt. Resultatet efter en hetvattenspolning ger därför i många fall endast ett tillfälligt resultat och saneringen behöver därför göras om med jämna mellanrum. Kostnaden för detta varierar från system till system men ger i de flesta fall märkbart ökade energikostnader (Association of Water Technologies, 2003). Även bakterier i biofilmen och amöbor dödas när de kommer i kontakt med varmt vatten. Detta är till stor fördel då andra metoder främst kemiska medel har svårt att komma åt de bakterier som är skyddade av biofilm och amöbor (Socialstyrelsen, 2004). För att de kemiska medlen ska komma åt biofilmen och de bakterier som lever i den krävs så höga koncentrationer att systemen som desinficeras måste stängas av under saneringstiden. Under en termisk vattendesinfektion krävs i normala fall inte att systemet stängs av (Stenius, 2006).

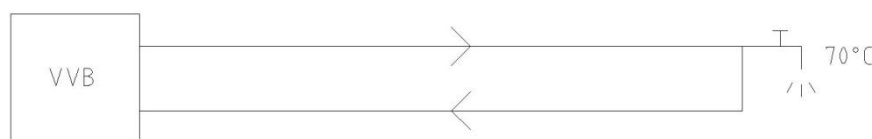
5.1.2 Användningsområde

Termisk vattendesinfektion kan tillämpas i de flesta typer av system. Metoden används både i förebyggande syfte och för att sanera när tillväxt redan har skett. Badhus och liknande anläggningar är system där regelbunden termisk vattendesinfektion är vanligt förekommande. När värmesaneringen används finns risk för skällning då temperaturer över 60°C, ger risk för skällning vid kontakt (Association of Water Technologies, 2003). I moderna system sker därför spolningen ofta automatiskt och styrs ofta med rörelsedetektorer för att säkerställa att inga personer befinner sig i lokalen där duschar och andra tappställen spolas. På detta sätt undviks risken för skällning vis själva spolningen. Ett normalstort tappvattensystem brukar spolas i cirka 30 minuter innan det anses vara helt rent (Åslund, 2010).

Himlabadet i Sundsvall är ett äventyrsbad som försetts med denna teknik. Systemet spolas nattetid, en gång per dygn, med 70 °C vatten för att undvika stillastående vatten i duschar och tvättställ. Spolningen styrs med hjälp av rörelsedetektorer och tidsstyrning för att undvika att någon är närvarande under spolningen (Åslund, 2010).

Att spola igenom ett tappvattensystem med högt tempererat vatten är en effektiv metod att sanera ledningarna från legionellabakterier och andra mikroorganismer. Metoden kräver ingen tillsättning av kemikalier vilket innebär att den i det avseendet inte påverkar miljön och påverkar heller inte vattenkvaliteten negativt i form av skadliga biprodukter. Svårigheten är att komma åt i alla delar av systemet. Invecklade system med blindledningar och avsättningar är svåra att få helt rena från legionellabakterier. Att inte kunna komma åt att spola i blindledningar och avsättningar är en stor nackdel då det är just i dessa delar som stor tillväxt sker. Om enbart termisk vattendesinfektion används bör genomspolning ske var sjätte månad för bibehållen effekt (Folkehelseinstituttet, 2003).

Figur 8 visar principen för termisk vattendesinfektion. Vattnet hettas upp till drygt 70 °C i varmvattenberedaren för att vattnet som tappas i tappstället ska hålla minst 70°C.



Figur 7 Principskiss termisk vattendesinfektion.

Figur 7 (Figur skapad av författaren) visar en enkel schematisk skiss över ett system där termisk vattensanering sker. Tappvarmvattnet värms upp till en tillräcklig temperatur för att kunna hålla 70°C vid sista tappstället.

5.2 Filtrering

Det finns flera olika typer av filtrering. Steril- och sandfiltrering är två av typerna (prominent). Vid steril filtrering används filter med en porstorlek mindre än 5 µm. Underhållet av denna typ av filter är ganska stort då det måste desinficeras med jämna intervall. Sterilfiltrering används i stora anläggningar och kan även användas i mindre hushåll. Sandfiltrering är en långsam process och ytan på filtret är stor vilket leder till att rengöring av filter är omständligt och dyrt (Prominent, 2010).

5.3 Ultraviolettljus

Ultraviolettljus är en saneringsmetod som blivit allt vanligare i stora tappvattensystem. Det ultravioletta ljuset används ofta som komplement i rening till det övriga systemet. Detta har bland annat blivit vanligt förekommande på badanläggningar där miljön är extra utsatt (Eklöf, 2007). Ultraviolettljus ligger på en våglängd mellan 250 och 280 nm (Association of Water Technologies, 2003). Forskning har visat att UV-strålningen är som starkast och effektivast vid 260 nm (Brundrett, 1992). Legionellabakterien är en bakterie som reagerar starkt på UV-strålning (Socialstyrelsen, 2004).

5.3.1 Funktion

När bakterier utsätts för ultraviolettljus börjar bakterierna att avdödas. Avdödningen liknar, matematiskt, den som sker vid upphettning av vattnet (Brundrett, 1992).

$$n = n_0 e^{-kIt} \quad (5)$$

n_0 = antal celler vid tiden 0

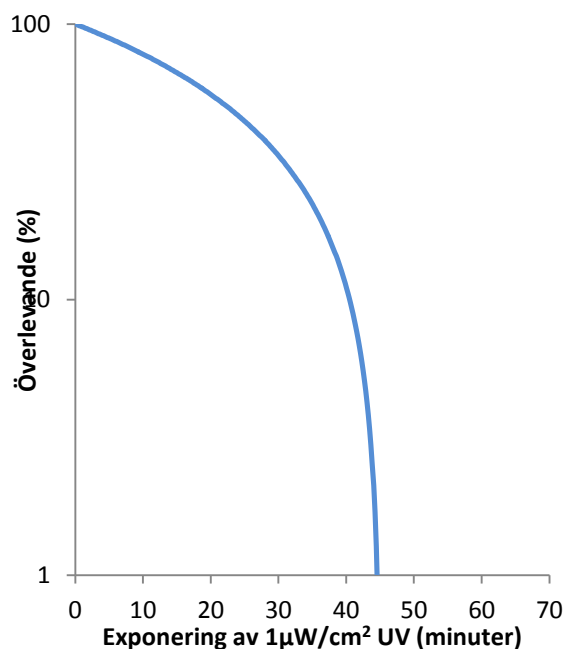
t = exponeringstid

t = exponeringstid

k = konstant

I = UV-ljusets intensitet

I figur 8 (Brundrett, 1992) är avdödningen som funktion av tiden uppställt, där andelen avdödade bakterier i procent är uppställt logaritmiskt. Vid tiden noll har vi 100 procent aktivitet. Efter att bakterierna utsatts för UV-strålningen i mer än 40 minuter är andelen levande bakterier nära noll. Sambandet gäller för legionellabakterier i serogrupp 1. Andra typer av legionellabakterier ligger inom samma område men reagerar lite olika på den ultravioletta strålningen (Brundrett, 1992).



Figur 8 Avdödning av legionellabakterier med UV-ljus

Styrkan på UV-lamporna är en viktig faktor i sammanhanget. Ju högre effekt vattnet utsätts för desto högre blir avdödningshastigheten. Tillverkarna av dessa UV-lampor måste följa vissa effekt-gränsvärden när de används till att sterilisera vatten från bakterier. Tillverkarna använder sig ofta av lampor som är betydligt starkare än det kravet då en viss stagnering i intensitet sker från lampan när den åldras. I och med att intensiteten för UV-lampan sjunker med tiden finns även en undre gräns för när ljuset inte längre har någon avdödande effekt och därmed måste bytas. Lampan bör då bytas med marginal innan detta lägsta värde uppnåts. Avdödningsintensiteten påverkas också starkt av hur stort vattenflödet är. Vattenflödet påverkar motståndet mot UV-ljuset vilket i sin tur påverkar avdödningshastigheten (Brundrett, 1992). Anledningen är att tiden bakterierna utsätts för UV-ljuset är avgörande för hur stor avdödningen blir (Association of Water Technologies, 2003).

Lampor som strålar ultraviolett ljus monteras på vattenledningarna som en lös modul och vattnet strömmar genom modulen och ljuset. På detta sätt dödas legionellabakterierna. För att få strålningen effektiv mot bakterierna krävs höga effekter, metoden är därför ganska energikrävande. Smuts på UV-linsen försämrar intensiteten och därmed effekten. Regelbunden rengöring av lampa och lins är därför viktigt. Detta leder i sin tur till högre underhållskostnader (Association of Water Technologies, 2003).

Att använda ultraviolettstrålning som saneringsmetod av Legionella är en effektiv metod för att ta död på bakterierna. Ett problem är att vattnet endast renas vid den punkt där bakterierna bestrålas. Vad som händer efter denna punkt kan inte UV-systemet påverka. För att metoden därmed ska fungera tillfredställande krävs att hela systemet som ska renas är rent från bakterier och biofilm vid installation av UV-lamporna. En annan förutsättning för att UV-strålning ska fungera är att vattnet inte är grumligt. Är partikelhalten för hög blir effektiviteten inte tillräcklig och då bestrålas inte all volym vatten vilket leder till att fler bakterier överlever (Association of Water Technologies, 2003). Vid bestrålning av vatten med UV-ljus används inga kemikalier och det bildas heller inte hälsoskadliga biprodukter (Prominent, 2010). Detta

gör att vattnet kan användas av brukarna samtidigt som systemet saneras. Eftersom avdödning endast sker vid den punkt där vattnet bestrålas bör bestrålningen ske så nära tappstället som möjligt för att förhindra att återväxt sker efter bestrålningen (Socialstyrelsen, 2004). På grund av detta används sällan enbart UV-ljus som metod för att förhindra tillväxt av *Legionella*. Då systemen ofta är stora och komplexa finns ofta blindledningar som sällan eller aldrig får någon omblandning i vattnet. I sådana delar av ett system är UV-ljuset effektlöst då det renade vattnet aldrig når dit. UV-ljus används därför ofta inte ensamt som enda saneringsmetod utan ses ofta som ett komplement (Folkehelseinstituttet, 2003). Ett UV-ljus-system är relativt dyrt och används främst därför i större byggnader med större system (Kling, Stålbom, 2002). UV-ljus används ofta som komplement för sanering i badanläggningar eftersom det är en extra utsatt miljö (Eklöf, 2007). Ett UV-ljus-system är lätt att installera, och det är därför smidigt att komplettera befintliga system med metoden (Folkehelseinstituttet, 2003). Utöver de underhållskostnader som UV-ljus-systemet dras med tillkommer även en energikostnad (Association of Water Technologies, 2003).

5.4 Ozonsanering

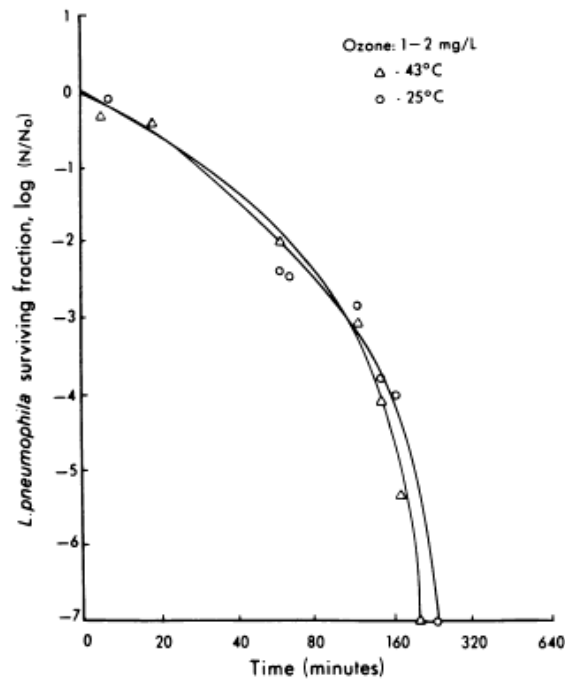
Ozon är en gas bestående av tre syreatomer och är en naturlig växthusgas. Ozon används som saneringsmetod bland annat i tappvattensystem.

5.4.1 Funktion

Ozon tillsätts vattnet med en dos av 1-2 ppm på valfri plats i systemet (Association of Water Technologies, 2003). Ozonet tillverkas med en generator som kontinuerligt tillverkar ozon beroende på vattenflödet i systemet. Generatoren är placerad i anslutning till anslutningspunkten vilket gör att transport av ozon undviks. Ozon är ett väldigt starkt oxidationsmedel och är effektiv mot legionellabakterier redan vid låga koncentrationer. På grund av att ozon är ett starkt oxidationsmedel finns det risk för att ledningar tar skada och korrosionen bör hållas under uppsikt vid användandet. Ozon har väldigt kort halveringstid och det är därför svårt att få rening genom hela systemet. Tillsätts ozonet tidigt i systemet finns därför risken att alla ledningar inte renas. Metoden lider dessutom av samma problem med blindledningar och komplexa system som många andra saneringsmetoder. I dessa delar av systemet är reningen ofta obefintlig. Ozons inverkan på biofilm har också visat sig vara låg och legionellabakterier som finns i biofilmen överlever därför en sådan sanering (Association of Water Technologies, 2003).

Ozon som saneringsmetod lider av höga materialkostnader och underhållskostnader (Association of Water Technologies, 2003). Ozon är liksom klor pH-beroende. Metoden är därför som mest effektiv när vattnet har ett pH mellan 7,2 och 8,9 (Brundrett, 1992). En av de största fördelarna med metoden är att inga biprodukter, mer än rent syre, bildas vid användandet (Prominent, 2010). Ozon har visat sig vid flera tillfällen vara en otillräcklig metod om den används som enda saneringsmetod. Flera långtidsstudier har visat på detta Ozon bör därför ses som ett komplement till andra saneringsmetoder (Blanc, et al, 2004).

I figur 9 (Muraca, Stout, Yu, 1987) visas hur ozonets effektivitet påverkas av olika tempererat vatten.



Figur 9 Ozonets effektivitet beroende på vattentemperatur.

Värdena är plottade med tiden, i minuter på x-axeln och legionellaförekomsten logaritmiskt på y-axeln, $\log(N/N_0)$. Där N är koncentrationen legionellabakterier vid en given tid. N_0 är koncentrationen legionellabakterier vid tiden 0.

6 System för sanering med biocider

Utöver tidigare nämnda metoder, termisk vattendesinfektion, ultraviolettljus och ozonrening finns även ett antal metoder som bygger på att kemikalier tillförs direkt i vattnet för att öka avdödningen av bakterierna, så kallade biocider. Biocider är ett samlingsnamn på ämnen som dödar liv, exempelvis bakterier (Nationalencyklopedin). Biociderna påverkas av yttre förhållanden och olika biocider påverkas olika mycket. Hur stor positiv eller negativ effekt reningen med biocider har beror mycket av följande faktorer (Brundrett, 1992)

- Storleken på koncentration av biociden som tillförs vattnet.
- Temperaturen på vattnet.
- Vattnets pH.
- Vattnets renhet.

6.1 Klorering

Klorering används ofta som ett komplement till andra metoder som till exempel termisk vattendesinfektion när den inte varit tillräckligt effektiv. Det finns två huvudsakliga tillvägagångssätt vid klorering. Klor kan tillsättas i en stor mängd under kort tid, så kallad chockklorering eller med lägre dos under ett längre tidsintervall, kontinuerlig klorering. Kontinuerlig dosering av ett system används i förebyggande syfte och vid ett eventuellt utbrott med stor tillväxt av legionellabakterier används chockklorering (Prominent, 2010).

En utveckling av kloreringen har skett och idag har klor börjat användas i formen klordioxid. Klordioxid är en mycket reaktiv gas som lätt löser sig i vatten. Klordioxiden har biocida

egenskaper över ett brett pH-spektra. Det oxiderar däremot lätt men bildar inte några cancerogena ämnen som rent klor gör vid klorering. Det är heller inte lika aggressivt mot koppar och stål som rent klor. Andra fördelar är att klordioxid är effektivt både mot legionellabakterier och mot biofilm (Grundfos, 2008). Metoden dras dock med problem med höga kostnader (Association of Water Technologies, 2003).

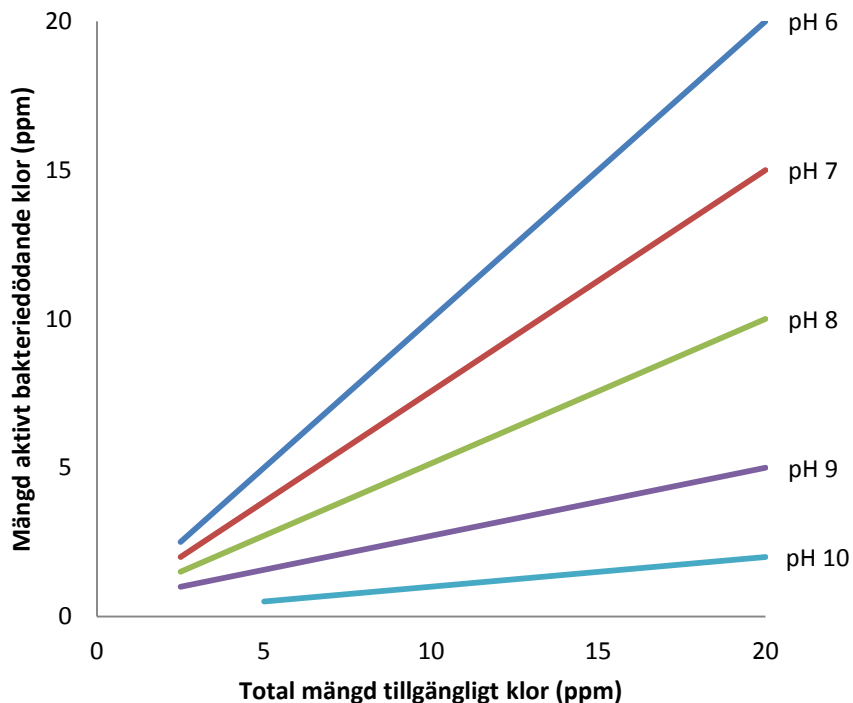
Ett nytt system som nyligen lanserats på den Svenska marknaden är Oxiperm Pro, som saluförs av Grundfos Alldos. Än så länge finns Oxiperm Pro endast installerad i två system i Sverige. Enheterna har placerats på bland annat Karlstads lasarett.

6.1.1 Funktion

Vid klorering av vatten tillsätts klorgas, natrium- eller kalciumhypoklorit (Prominent, 2010). Klor tillsätts i systemet med en dos av 20-50 mg/l vilket är betydligt högre koncentrationer än vad som tillsätts i dricksvattensystem i reningsverken (Association of Water Technologies, 2003). Det klorerade vattnet cirkuleras sedan genom hela systemet. Under denna process är systemet avstängt för brukarna då klorhalterna är över drickbara gränsvärden (Stenius, 2006). Då klorering endast ger tillfälligt skydd kan kontinuerlig dosering behövas. Kontinuerlig dosering innebär att systemet hålls i drift samtidigt som klor tillsätts. Klorhalten anpassas då efter flödet i dricksvattensystemet och tillsätts i drickbara halter 0,5 till 1 mg/l (Association of Water Technologies, 2003), (Folkehelseinstitutet, 2003). En studie visar att temperaturen på vattnet som behandlas inte bör vara över 30 °C för att full effekt ska uppnås (Folkehelseinstitutet, 2003).

Vid användandet av klor som saneringsmetod måste det tas i beaktande att klor har en korrosiv effekt på metaller. Koppar och stål är två vanligt förekommande rörmaterial som vid för höga koncentrationer av klor börjar korrodera. Ett annat problem är att det bildas biprodukter vid saneringen och dessa kan i vissa fall vara skadliga för människan. En del av dessa restprodukter är cancerframkallande, som till exempel trihalometan och haloacetic, när de reagerar med organismer. Kontinuerlig klorering som sker i samband med rening av dricksvatten på reningsverk 1-2 mg/l är mycket ineffektivt mot biofilm och Legionella. Odör- och smakproblem kan dessutom uppstå om halten överstiger 2 mg/l (Association of Water Technologies, 2003).

Klor är starkt beroende av pH-halten i vattnet. Effektiviteten av det aktiva klorer minskar i takt med att pH ökar. Det är därför mycket viktigt vid användning av klor som saneringsmetod att pH-halten är kontrollerbar (Brundrett, 1992). I Figur 10 (Brundrett, 1992) kan relationen mellan effektiviteten och pH-halten i vattnet vid temperaturen 30 °C ses. Totalt kvarvarande halt klor på x-axeln och kvarvarande halt aktivt klor på y-axeln.



Figur 10 Förändring av kloreffektivitet vid olika pH vid 30°C

Koncentrationer från 0,4 till 0,6 mg/l är tillräckligt för att döda legionellabakterier som lever fritt i vattnet. Vid dessa koncentrationer är dock de legionellabakterier som lever i amöbor och biofilm fortfarande skyddade (Socialstyrelsen, 2004). För att komma åt även de bakterier som finns inne i amöbor och biofilm krävs en koncentration på cirka 50 mg/l. Det kan jämföras med den koncentration vattenreningsverk använder på 4 mg/l. Kloret tillsätts oftast centralt och spolas och fördelas sedan i systemet. Som tidigare nämnts får vattnet inte, vid chockklorering, användas av de boende under tiden saneringen pågår (Kling, Stålbom, 2002). Socialstyrelsen har satt upp gränsvärden för hur hög klorkoncentrationen får vara och om den överstiger 0,4 mg/l anses vattnet inte längre vara tjänligt (Socialstyrelsen, 2005).

Användningen av klordioxid fungerar på liknande sätt som klor. Oxiperm Pro sanerar vattnet genom tillsättning av klordioxid. Klordioxiden tillverkas på plats i enheten med hjälp av olika kloritföreningar. Tidigare var hanteringen av farliga ämnena ett problem men med dagens system där tillverkningen sker på plats undviks transport av klordioxiden. På det sättet försvinner de potentiella komplikationerna som kan uppstå när klordioxid transporteras. Det finns flera sätt att framställa klordioxid, det går bland annat använda, klorit- eller kloratföreningar och någon form av syra. Dessa kemikalier blandas och bildar klordioxid (Socialstyrelsen, 2006).

För att reningsprocessen med klordioxid ska fungera tillfredställande måste vattnets beskaffenhet bestämmas med provtagning innan systemet tas i bruk. Utifrån provdata bestäms sedan koncentrationen klordioxid som ska tillsättas i vattnet. Lågt tempererat vatten, runt 5 °C, gör att desinfekteringen går långsammare men med samma styrka. Varmt vatten gör att klordioxiden bryts ner och förlorar sin funktion. Vattnet som klordioxiden tillförs i bör därför inte ha en temperatur högre än 60 °C (Grundfos, 2010).

Grundfos system har en kapacitet på 50 m³ dricksvatten per timme (Grundfos, 2008). Det finns olika metoder för hur klordioxiden tillsätts i vattnet. Vid förebyggande rening används en så kallad lågdossanering där en koncentration av högst 0,5 mg/l får användas under en längre tid. Koncentrationen kan höjas till 1,0 mg/l om det sker under kortare tid. Vid denna lågdossanering går vattnet går att använda av brukarna. Ett annat alternativ är högdossanering där det tillsätts höga koncentrationer klordioxid främst vid akuta behov. Metoden liknar den som används vid chockklorering. Vid en högdossanering får vattnet inte användas av brukarna. Klordioxidrening går att tillämpa både på kall- och varmvattensystem (Kling, Stålbom, 2002; Kling, 2003).

Oxiperm används för att rena dricksvatten i olika typer av byggnader, vattenverk och processer i industrin. Systemet är väl spritt i Europa och har sedan en tid lanserats på den svenska marknaden (Grundfos, 2010). Klordioxid är dock förbjudet att använda i Norge (Folkehelseinstituttet, 2003). Klordioxid går att tillsätta i de flesta system. Materialet som idag används i tappvattensystem går också att tillsätta klordioxid i utan att ta skada (Grundfos, 2010).

6.2 Koppar- och silverjonisering

Koppar- och silverjonisering är en annan typ av saneringsmetod där koppar- och silverjoner tillförs vattnet. De positiva jonerna söks sedan till de negativt laddade bakteriernas cellväggar vilket leder till att bakterien dör (Association of Water Technologies, 2003).

6.2.1 Funktion

Vatten som ska renas strömmar genom en kammare. I kammaren finns elektroder av koppar och silver. När en viss spänning läggs på elektroderna lösgörs positivt laddade kopparjoner och negativt laddade silverjoner i vattnet och förs sedan vidare i tappvattensystemet. De positiva jonerna söker sig då till de negativt laddade bakteriernas cellväggar vilket leder till att bakterien dör. Metoden har bra långtidsverkan vilket innebär att god avdödning kan ses även när joniseringen inte är i drift (Association of Water Technologies, 2003).

Vid saneringen används vanligen en koncentration av 0,05 till 0,1 mg/l silverjoner (Prominent, 2010), och kopparjoner i koncentrationer av 0,2 till 0,8 mg/l (ASHRAE Standard, 2000). Metoden används inte i vanliga dricksvattensystem utan används främst på fartyg och i extremt utsatta områden där bristen på rent vatten är stor (Prominent, 2010). Koppar- och silverjonisering bör kombineras med andra saneringsmetoder. Metoden har visat sig fungerat bra när vattnet håller höga temperaturer vilket innebär att metoden med fördel kunna kombineras med termisk vattendesinfektion. Metoden är ofarlig men det kräver att koppar- och silverhalten i vattnet kontrolleras regelbundet (Cachafeiro, Garcia, Naveira, 2007). Kopparhalter över 0,20 mg/l skapar tekniska och estetiska problem i vattnet. Vid 2,0 mg/l klassas vattnet som otjänligt och är direkt hälsofarligt för människan. (Socialstyrelsen, 2005).

Metoden har stora fördelar jämfört med klorering. Effektiviteten är högre, vilket leder till att det behövs förhållandevis låga koncentrationer för att uppnå samma effekt som vid klorering. Metoden är dessutom mycket effektiv mot biofilm. Den ger också lägre kostnader än klorering. (Goetz, Yu, 1997). Underhållskostnaderna är relativt låga däremot är systemet dyrt i inköp. Som tidigare nämnts gör högt pH och kalkavlagringar att effektiviteten minskar vilket gör att underhållskostnaderna ökar. System som är tillverkade av stål finns det en potentiell risk för galvanisk korrosion på stålet (Association of Water Technologies, 2003).

Metoden med koppar- och silverjonisering används i Europa och framför allt inom vården. Säröhus konferensanläggning är exempel på en anläggning som har systemet installerat och använder sig av det. Prover tas här varje år och dessa har ännu inte visat några spår av legionellabakterier (Stenius, 2006).

7 Alternativa metoder

Tillsättning av kemikalier bör ses som en nödgärd när inget annat fungerat. Systemen borde vara så utformade att risken för *Legionella* elimineras. En av nackdelarna med tillsättning av kemikalier i vattnet är att det är svårt att komma åt all bakterietillväxt i alla delar av rörsystemet. Som exempel kan nämnas duschslangar, pluggade ledningar eller ledningar som ska underlätta en senare utbyggnad. För att komma åt på dessa ställen har det utvecklats alternativa metoder.

7.1 Spoldosan

Spoldosan är en svensk uppfinning och saluförs av Gustavsberg. Då duschen varit oanvänd under en längre tid finns det en risk för att en viss bakterietillväxt har skett. De första minuterna vid spolning är därför kritiska då dessa bakterier följer med vattnet ut i duschmunstycket. Personer inom riskgruppen för att smittas bör därför undvika att befinna sig i den vattendimma som bildas. Spoldosans syfte är att minska spridningen av den bildade vattendimman. Duschhandtaget placeras i en dosa de första minuterna och stora delar av vattendimman stannar i dosan och på så sätt minskar risken för att smittas (Villeroy & Boch Gustavsberg AB, 2010).

Spoldosan är testad på flera sjukhus i Sverige (Torso Innovation AB, 2010). På sjukhus bör temperaturerna på utgående vatten vara noggrant kontrollerad och blandaren ser till att vattnet ut från den ligger inom området 32 och 42 grader för att förhindra skållning (Stenius, 2006). Dessa temperaturer är som tidigare nämnts idealisk miljö för bakterietillväxt. Detta vatten blir sedan stillastående i blandaren och duschslangen. Duschslangen blir därmed en perfekt miljö för legionellabakterier att växa i. Med hjälp av de tryckförändringar som sker i det övriga tappvattensystemet kommer även syre att tillföras blandare och slang som ytterligare gynnar tillväxten (Stenius, 2006). Enligt prover reducerar Spoldosan 75 % av ånghalten vid en vattentemperatur på 33 °C och en reduktion med 86 % vid en temperatur på 45 °C (Villeroy & Boch Gustavsberg AB, 2010).

Legionellatillväxt i duschblandare och duschslangar är svår att komma tillrätta med och flera olika metoder har konstruerats för att förhindra tillväxten. Bland annat har en metod utvecklats där blandare och slang spolats med rent vatten kallt eller varmt utan att vatten spolats genom duschmunstycket. Slangen är uppdelad i en inner- och ytterdel, där vatten cirkuleras ut genom innerdelen och sedan tillbaka igen genom ytterhöljet (Pexep, Nastola, 2003).

7.2 Tappvattencirkulation

Varmvattencirkulation, VVC, har länge använts i större tappvattensystem i syfte att varmvattnet ska hålla rätt temperatur och nå tappstället på kortare tid. Varmvattnet blir heller

aldrig stillastående och risken för tillväxt av legionellabakterier minskar därför (Armaterc, 2007). Att utöver varmvattencirkulation också cirkulera kallvatten är något som blivit allt mer vanligt och eftertraktat på den svenska marknaden. Syftet med att cirkulera kallvatten är att undvika vattnet blir stillastående i systemet. Ett sätt att göra detta på är genom att använda metoden beskriven nedan som bygger på en svensk uppfinning och har installerats på flertalet sjukhus i Sverige (Zeonda AB, 1999).

7.2.1 Bakgrund

I BBR finns det krav på att varmvatten ska nå tappstället inom 10 sekunder. Det är en av anledningarna till att installera cirkulerande varmvatten (VVC) i tappvattensystemet. En annan anledning är för att hålla säkra temperaturer genom hela systemet för att hindra bakterietillväxt. Traditionell varmvattencirkulation cirkulerar vatten i stamledningarna, grenledningar ut till tappställen står därför ocirkulerade och där riskerar vatten att bli stillastående. Stillastående varmvatten sjunker snabbt till temperaturer där bakterier trivs och bör därför undvikas. Flera studier har visat att många system som haft problem med legionellatillväxt har haft kallvattenledningarna monterade tätt intill varmvattenledningarna och med otillräcklig isolering på dessa. Står sedan kallvattnet still vid dessa förutsättningar ligger även kallvattenledningarna i riskzonen för skadlig tillväxt av bakterier (Zeonda AB, 1999). Av den anledningen är det därför önskvärt att även möjliggöra cirkulation av kallvattnet.

7.2.2 Funktion

Grundprincipen för tappvattencirkulationen är relativt enkel men fodrar specialanpassade och avancerade komponenter. Idén är att undvika för låg temperatur på varmvattnet och för hög temperatur på kallvattnet och dessutom undvika att vattnet blir stillastående längre perioder. Vattnet cirkuleras så att varmvattentemperaturen aldrig understiger 55 °C och kallvattnet inte överstiger 17 °C (Fasth, 2009). Går det uppfylla dessa krav är risken för legionellatillväxt mycket liten. Likt ett traditionellt tappvattensystem cirkuleras här varmvattnet men utöver det skiljer sig systemet från traditionella på ett antal punkter (Zeonda AB, 1999).

- Allt varmvatten i systemet cirkuleras. Det innebär att varmvattnet måste cirkuleras ända ut till tappstället. Detta tillåts göras genom specialtillverkade armaturer där inkoppling för varmvattencirkulation finns. Resultatet blir att så gott som inget varmvatten blir stillastående (Zeonda AB, 1999).
- Kallvatten cirkuleras på samma sätt som varmvattnet. Risken för att kallvattnet i ledningarna ska värmas upp till temperaturer som gynnar bakterier elimineras därmed (Zeonda AB, 1999).
- Armaturerna som används tillsammans med systemet är anpassade för att kunna cirkulera det varma och kalla vattnet (Zeonda AB, 1999).
- Väntetiden på både varmt och kallt vatten förkortas (Stenius, 2006).
- Kallvattenledningarna ska isoleras på samma sätt som varmvattnet (Stenius, 2006).

7.2.3 Användningsområde

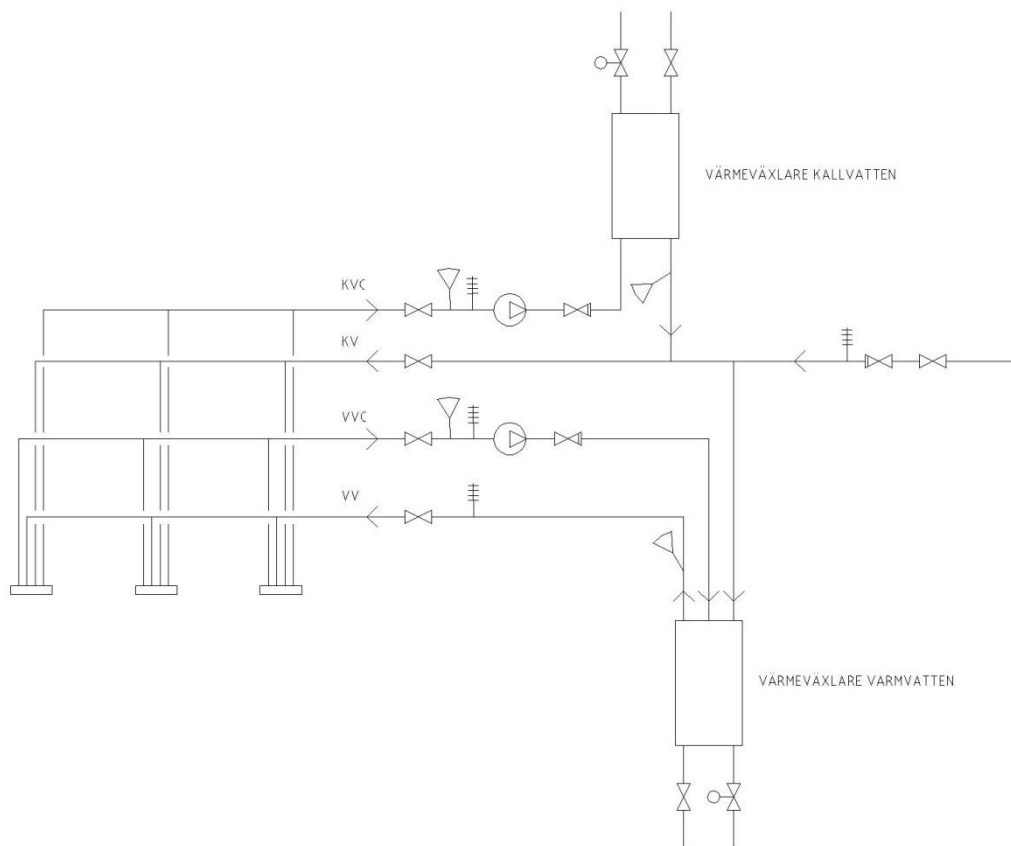
Behovet av rening av legionellabakterier är alltid som störst där personer inom riskgruppen befinner sig. Typiska exempel på detta är vårdhem, äldreboenden och sjukhus. Systemen i dessa byggnader är ofta stora och komplexa vilken innebär en ökad risk för tillväxt av legionellabakterier. Tekniken med tappvattencirkulation fram till tappstället finns idag installerat på flera sjukhus i Sverige, bland annat (Stenius, 2006).

- Karolinska Universitetssjukhuset i Huddinge
- Karlstads Centrallasarett
- Alingsås Centrallasarett

På Karolinska Universitetssjukhuset installerades systemet främst för deras transplantationspatienter. Dessa patienter har ett nedsatt immunförsvar och löper därför större risk att insjukna i Legionärsjuka (Fasth, 2009). Sjukhusets neonatalavdelning har senare kompletterats med samma typ av cirkulationssystem (Sörbo, 2010).

På Alingsås Centrallasarett finns systemet installerat på intensivvårdsavdelningen. Prover har här visat att halten legionellabakterier är obefintlig i varmvattnet (Zeonda AB, 1999).

Systemet bör finnas på fler ställen men investeringskostnaden är hög. Kostnaden för tappvattnet blir uppemot dubbelt så hög som en konventionell anläggning på grund av att cirkulationen av tappvattnet är energikrävande. Ett system av den här typen kräver även mycket isolering för att kunna hålla temperaturkraven vilket leder till ökade investeringskostnader (Fasth, 2009).



Figur 11 Principschema över tappvattencirkulation

Figur 11 (Zeonda AB, 1999) visar en enkel schematisk skiss över hur ett tappvattensystem med tappvattencirkulation för både kallt och varmt vatten kan vara uppbyggt.

8 Bygg bort legionella

MedicHus förvaltar ett stort antal äldreboenden och vårdbyggnader i Göteborgs Stad. Eftersom de personer som vistas inom deras verksamhet ofta är äldre och ofta med nedsatt immunförsvar ligger de i riskgruppen för att smittas av Legionella och insjukna i legionärssjuka eller pontiacfeber. Det är därför viktigt att inom dessa verksamheter ha helt bakterie- och legionellafria system.

8.1 Funktion

MedicHus har sex vårdbyggnader på Styrso som alla är anslutna till kommunalt vatten med en bergvärmepump för respektive byggnad som värmekälla. MedicHus har för dessa sex byggnader ett gemensamt system för uppvärmning av varmvattnet som försörjer byggnaderna. Detta system är byggt för att klara av att eliminera legionellabakterier utan att behöva rena med filter och biocider. Systemet bygger på de kunskaper som finns inom området av hur legionellabakterier reagerar i olika miljöer. Vad som redan har nämnts och som är känt så överlever legionellabakterier mycket kort tid i temperaturer över 70°C. Grundprincipen i varmvattenberedningen går därför ut på att vid någon tidpunkt i uppvärmningsprocessen värma vattnet till 70 °C för att säkerställa att inga legionellabakterier sprids i tappvattensystem.

- Kommunalt kallvatten tas in i systemet. En del används som kallvatten och en del går vidare för uppvärmning.
- Kallvattnet bereds via en slingberedare där varmvattnet förvärms till cirka 45 - 50°C. Värmen till slingberedaren kommer från en värmepump. Vattnet når här en temperatur som i sig är väldigt nära den temperatur som ok att distribuera i ett tappvarmvattensystem.
- Det varma vattnet blandas nu på traditionellt vis med det cirkulerade varmvattnet
- Varmvattnet transporteras sedan vidare till en elvarmvattenberedare som ska värma vattnet till 70 °C så att alla legionellabakterier här dör. Innan detta sker värms vattnet ytterligare i en plattvärmeväxlare med hjälp av det vatten som har spetsvärmts till 70 °C grader vilket resulterar i att det varmvatten som ska värmas i den elektriska varmvattenberedaren når en temperatur av cirka 69 °C och reducerar därför energibehovet markant. Samtidigt skyles det spetsvärmda vattnet ned för att nå en lagom distribueringsstemperatur.
- Som tidigare nämnts kyls det spetsvärmda vattnet ned efter att det nått en temperatur på 70°C. Efter avkylningen har varmvattnet återigen en temperatur på ca 45°C. För att sedan få en lagom distribueringsstemperatur på vattnet blandas det med 70 °C vatten som inte blivit kylt. Varmvattnet når nu en temperatur på 55 °C och kan därmed skickas ut till de olika byggnaderna.

8.2 För- och nackdelar

Det finns en uppsjö av olika metoder för att rena vatten från legionellabakterier. Systemet som MedicHus i det här fallet använder är en smart lösning som i teorin fungerar mycket effektivt. Vid full funktion kan det, i teorin, garanteras att inga av de legionellabakterier som följer med det kommunala vattnet eller som pumpats tillbaka med varmvattencirkulationen kommer att gå vidare ut i varmvattensystemet. De potentiella problemen är därmed inte kopplade till uppvärmningssystemet utan problemen uppkommer långt senare i systemet.

Som tidigare nämnts är stillastående vatten idealisk miljö för legionellabakterier. Tappvatten blir ofta stillastående i de system där det finns blindledningar, avsättningar och rörgrenar som stått oanvända under en längre tid. I vårdbyggnader är oanvända rörgrenar ett vanligt problem då rum och avdelningar ibland står tomma. Därmed skapas en idealisk miljö för legionellabakterierna att föröka sig och då nå, för människan, farliga koncentrationer. Systemet ovan förutsätter därmed att tappvattensystemen i vårdbyggnaderna är utfört på sådant vis att vatten inte blir stående längre perioder eller att vattnets temperatur hinner sjunka under 50 °C innan det når tappstället. I idealfallet skulle temperatursänkningar och stillastående vatten vara något problem då det inte finns några bakterier kvar som kan föröka sig. Som tidigare nämnts är dock detta begränsat till teorin och i det verkliga fallet finns ofta en liten andel bakterier kvar i systemet som vid de rätta förutsättningarna åter börja förökas.

Metoden kan jämföras med användandet av UV-ljus vid sanering. UV-ljuset säkerställer att bakteriehalten direkt efter strålningen är mycket låg men kan inte påverka om tillväxt skulle ske i en senare del av systemet. Sådana system måste, vid behov, kompletteras med hetvattenspolning, biocidbehandling eller andra tillvägagångssätt som säkerställer att hela systemet saneras.

9 Teoretiska beräkningsmodeller

Svensk Fjärrvärme AB har låtit göra en studie (Persson, T., Wollerstrand, J, 2004) och simuleringsmodeller på olika typer av VVC-kretsar i flerbostadshus. De har här gjort simuleringsmodeller för VVC-kretsar injusterade med termostatiska VVC-ventiler. De har utöver detta även utfört beräkningar på VVC-system med tillhörande tappvattensystem hur tillväxten av legionellabakterier ser ut. Beräkningarna utgår från samband framtagna av (Brundrett, 1992).

Systemet som använts i simuleringarna redovisas i figur 7 nedan där systemets olika delar framgår. Systemet har en tappvarmvattenkrets och en varmvattencirkulationskrets som fördelas på 26 stammar som vardera försörjer tre lägenheter. Totalt försörjs 78 lägenheter där samtliga har varmvattencirkulation anslutet. I modellen har ett antal antaganden gjorts för att kunna utesluta vissa variabler och förenkla modellen. Då varmvatten- och cirkulationsledningar dras parallellt samisoleras dessa då detta är praxis i Sverige idag (Olsson, D, 2003). Den totala värmeförlusten sätts utifrån detta till 12 W/m (Persson, T., Wollerstrand, J, 2004).

I studien beaktas endast faktorerna temperatur och närvaron av biofilm. Det är många faktorer utöver detta som påverkar avdödning och tillväxt av *Legionella* men till dessa faktorer tas ingen hänsyn och ingen närmare analys av dessa faktorer görs (Persson, T., Wollerstrand, J, 2004). Som tidigare nämnts är sambanden som används i beräkningsmodellen tagna från (Brundrett, 1992).

För att beskriva tillväxten av *Legionella* används samma samband som redovisats tidigare i denna rapport.

$$\frac{dN}{dt} = B N \quad (6)$$

Integreras denna formel fås likt tidigare följande uttryck som beskriver antalet celler vid tiden t .

$$N = N_0 e^{-Bt} \quad (7)$$

B är här en konstant som är en funktion av vattnets temperatur, bakteriens art och kemikaliesammansättningen för vattnet. I simuleringsmodellen gjordes förenklingen att B endast beror av vattentemperaturen. Som tidigare nämnts sker tillväxten exponentiellt. Antagandet kan antas inte vara helt korrekt då den ökade tillväxten i verklig miljö leder till brist på näringsämnen och därför blir tillväxthastigheten avtagande. Detta tar dock inte beräkningsmodellen hänsyn till (Persson, T., Wollerstrand, J, 2004).

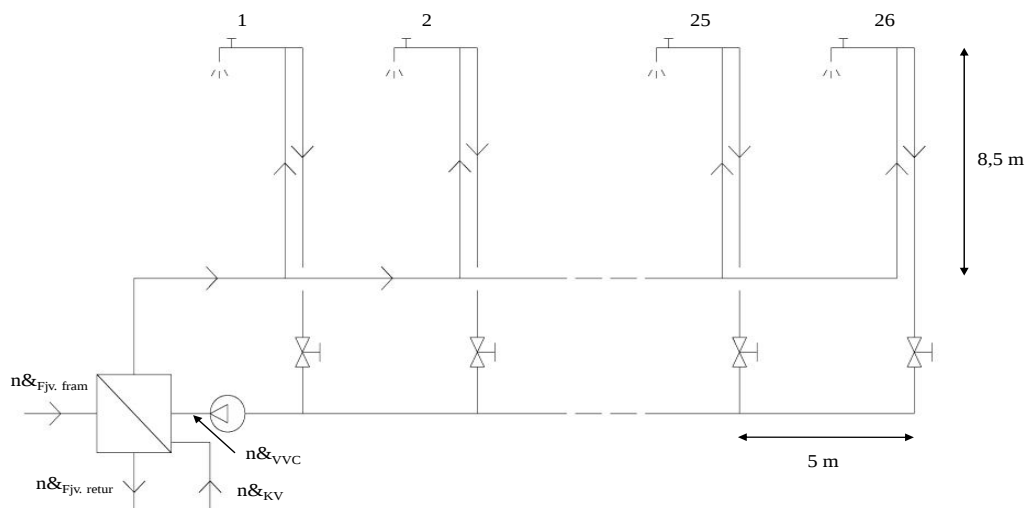
Ur detta samband har sedan funktioner tagits fram för att kunna göra förenklade teoretiska beräkningar på tappvattensystem för att se hur tillväxten påverkas av systemets utformning.

9.1 Beräkningar

Förenklade beräkningar kan göras för att visa hur systemet påverkas av ökade legionellakoncentrationer. Tillsätts en koncentration av legionellabakterier i stam 26 efter tappstället på väg tillbaka med varmvattencirkulationen kommer koncentrationen successivt minska beroende på att en utblandning sker vid varje frisk stam på väg tillbaka till värmecentralen. Resultatet bli att koncentrationen är avsevärt mycket mindre när vattnet når värmecentralen än den koncentration som tillsattes i stammen. Detta händelseförlopp illustreras i figur 15. I stam 26 tillsätts 100 cfu/ml legionellabakterier som sedan följer varmvattencirkulationen tillbaka till värmecentralen. Koncentrationen sjunker på grund av inblandning av friskt vatten från resterande stammar vilket gör att den är mycket låg vid värmecentralen. Vid beräkningarna har det antagits att temperaturen på vattnet i varmvattencirkulationen är 50 °C och att hastigheten är 0,3 m/s. Det är i modellen 5 meter mellan varje stam och därmed 5m mellan varje blandningspunkt. Det tar nästan 7 minuter för vattnet att gå från stam 26 till värmecentralen och koncentrationen sjunker från 100 cfu/ml till 6 cfu/ml. I vilken stam bakterierna tillsätts i har ingen betydande roll då koncentrationen vid värmecentralen blir densamma som i första fallet (Persson, T., Wollerstrand, J, 2004).

Skulle systemet istället endast bestå av stam 26 längst bort i systemet skulle en koncentration som tillsätts där komma till värmecentralen utan ytterligare tillförsel av friskt vatten och koncentrationen skulle således vara mycket hög vid värmecentralen. För att få ner koncentrationen till 6 cfu/ml skulle rörsträckan till värmecentralen behöva vara betydligt längre (Persson, T., Wollerstrand, J, 2004).

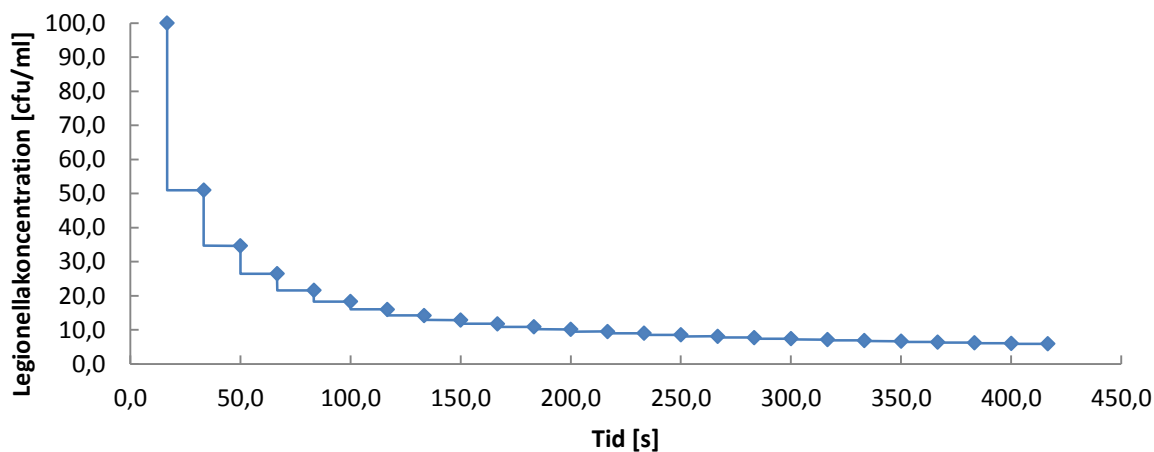
Det har i beräkningarna antagits att flödet i varje stam är lika stort. Det har också antagits att varmvattencirkulationsflödet är lika stort som varmvattenflödet. Detta innebär att inget friskt färskvatten tillsätts i systemet.



Figur 12 Principschema simuleringsmodell

Figur 12 (Persson, T., Wollerstrand, J, 2004) visar schematisk skiss över uppställningen av beräkningsmodellen. 26 stammar, 8,5 meter höga och dess blandningspunkter med samlingsledningar visas.

I figur 13 (Persson, T., Wollerstrand, J, 2004) kan utläsas hur koncentrationen legionellabakterier sjunker efter varje blandningspunkt där en stam ansluter.



Figur 13 Koncentration av legionellabakterier simuleringsmodell

Figuren illustrerar hur stor koncentrationen av legionellabakterier hade varit vid varmvattenberedaren om en av de 26 stammarna hade varit utsatt för legionellatillväxt. När den koncentrationen hela tiden späds där varje stam ansluter resulterar det i att koncentrationen vid varmvattenberedaren i detta exempel fall blir nära 0.

10 Slutsats

Syftet med rapporten var att redovisa förebyggande åtgärder mot legionellabakteriens tillväxt i tappvattensystem och i andra typer av system där legionellabakterier är ett potentiellt problem. Tekniska lösningar redovisas inklusive hur de olika systemen fungerar och vad deras för- och nackdelar består av. Exempel på frågeställningar är om risken för tillväxt av legionellabakterier anses vara så stor i privata system, i exempelvis den egna villan, att särskild rening behövs. Följande frågeställningar skulle besvaras: Vilken typ av rening är då bäst lämpad? Går det att förhindra tillväxt av legionellabakterier utan kemiska hjälpmedel?

100 fall av legionellarelaterad smitta rapporteras varje år till Smittskyddsinstitutet, men mörkertalet är stort och 1000 fall per år är en mer realistisk summa. Statistiken visar att legionella är ett reellt problem och att något behöver göras för att minska spridningen. Legionellabakterier finns naturligt i omgivningen och något vi kommer i kontakt med dagligen. Att bakterierna får fäste och fortplantas ibland annat våra tappvattensystem är något vi däremot kan förhindra.

Det har visats att legionellabakterier inte längre är aktiva i temperaturer över 50 grader Celsius och att de dessutom börjar försvinna. I ett idealt system skulle temperaturerna på varmvattnet alltid hållas över 50 grader och kallvattnet under 20 grader. I teorin är det enkelt men i det praktiska fallet är det mycket som kan förändra förutsättningarna. Komponenter som inte fungerar som avsett kan snabbt bli källa till problem. En slarvig tillbyggnad och komplettering av ett befintligt system kan lätt orsaka störningar i ett väl fungerande system och därmed leda till problem. Helt klart är därför att ett system är svårt att få helt utan risk för tillväxt av legionellabakterier. Alternativa sätt att sanera system på är därför eftertraktat och nya metoder och förbättringar på befintliga metoder dyker upp kontinuerligt. Metoderna varierar från ren mekanisk rening till tillsättning av kemikalier i form av biocider.

Den snabbaste och enklaste metoden är termisk vattendesinfektion. Metoden går ut på att tillfälligt höja temperaturen i tappvattensystemet till en sådan nivå att bakterierna inte längre kan överleva. Detta upphettade vatten cirkuleras sedan genom systemet till alla tappställen. Termisk vattendesinfektion har fördelen att det kan användas på de flesta typer av system. Metoden är effektiv både i en villa och på ett sjukhus det som skiljer är logistiken för spolning av alla tappställen i ett stort system och volymen vatten som ska värmas upp.

Att rena tappvattensystem med kemikalier i form av biocider har blivit allt mer vanligt men är fortfarande något som oftast bara används i kommersiella byggnader med större system. Kemisk rening görs ofta av två anledningar. Det görs i samband med att ett utbrott skett och systemet är i behov av akut rening eller förebyggande rening för att förhindra ett eventuellt framtida utbrott.

Gemensamma problem som de redovisade systemen i rapporten dras med är bland annat att komma åt på alla ställen i systemet. De delarna av systemet som renas vid sanering blir rena men problematiken ligger ofta i de ledningar där en sanering inte kommer åt. Det är just i dessa delar av systemet som legionellabakterier trivs och det är därför i dessa fall svårt att komma åt alla bakteriehärdar. Exempel på detta kan vara ledningar som inte längre används men som fortfarande är anslutna till systemet. Vid en jämförelse mellan de olika saneringsmetoderna kan ses att effektiviteten skiljer sig lite men om tidsaspekten tas bort blir slutresultatet ungefär detsamma. Vid val av saneringstyp är det alltså frågor som kostnad, tillgänglighet och logistik som är avgörande.

En kostnadskalkyl har ej kunnat sammanställas i rapporten på grund av brist på sådana data. Tillverkare publicerar inte kostnader för deras system av flera orsaker. Bland annat för att kostnaderna ofta blir väldigt projektspecifika och varierar från system till system. Större system med större volym vatten blir av naturliga skäl dyrare både i inköp och i drift. Priserna på de kemikalier som används i reningsprocessen varierar också med tiden. Det kan dock sägas att kostnaden för termisk vattendesinfektion i ett vanligt villasystem är försvinnande liten.

För gemene man som står ägare till ett litet villasystem är termisk vattendesinfektion det mest tillgängliga och absolut billigaste alternativet idag. Är problemen med bakterietillväxt återkommande bör i första hand en temperaturhöjning i systemet ske innan kemikalier används. Detta är också en fungerande lösning som inte kräver några tillsatser av kemikalier. Är personer i riskgruppen medvetna om problemet är mycket vunnet.

Källförteckning

Armaterc (2007) *Handbok – Beredning av tappvarmvatten*
<http://www.armaterc.se> (05 maj, 2011).

ASHRAE Standard. (2000) *Minimizing the risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems*. Atlanta: ASHRAE.

Association of Water Technologies (AWT). (2003) *Legionella 2003: An Update and Statement by the Association of Water Technologies (AWT)*. Rockville: Association of Water Technologies (AWT).

Benson, R. F., Breiman, R. F., Carter, R. J., Cetron, M. S., Edelstein, P. H., Fields, B. S., Genese, C. A., Guerrero, I. C., Hofmann, J., Jernigan, D. B., Lipman, H. B., Nuorti, J. P., Paul, S. M. (1996) Outbreak of Legionnaires' disease among cruise ship passengers exposed to a contaminated whirlpool spa. *The Lancet*, vol. 347, ss. 497.

Blanc, D. S., Carrara, Ph., Francioli, P., Zanetti, G. (2004) Water disinfection with ozone, copper and silver ions, and temperature increase to control Legionella: Seven years of experience in a university teaching hospital. *Journal of Hospital Infection*, vol. 60, ss. 69-72.

Boverket (2006) *Boverkets byggregler 2008*.
<http://www.boverket.se> (10 aug, 2010).

Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS-installatörerna. (2006) *Legionella i vatteninstallationer*. Stockholm: Alfa Print AB.

Brundrett, G. W. (1992) *Legionella and Building Services*. Oxford: Billings Ltd of Worcester.

Cachafeiro, P. S., Garcia, G. I., Naveira, M. I. (2007) Is copper – silver ionization safe and effective in controlling legionella. *Journal of Hospital Infection*, vol. 67, ss. 209-216.

Colwell, R. R., Morris, G., Paszko-Kolva, C., Sawyer, T. K., Shahamat, M., Yamamoto, H. (1991) Isolation of Amoebae and Pseudomonas and Legionella spp. From eyewash Stations. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 57, nr 1, ss. 163-167.

Eklöf, C. (2007) Det svåra samspelet. *Energi & Miljö*, nr 10, ss. 28-30.

Fasth, E-M. (2009) Cirkulationsmetoden kan stoppa Legionella på svenska sjukhus. *VVS-Forum*, nr 5, ss. 89-92.

Fasth, E-M. (2009) Smittskyddsinstitutet kräver bättre rapportering. *VVS-Forum*, nr 5, ss. 94.

Folkehelseinstituttet. (2003) *Veileder for forebygging og kontroll av legionellasmitte fra VVS-anlegg*. Nydalen: Nordberg Trykk AS.

Goetz, A., Yu, V.L. (1997) Copper-silver ionization: Cautious optimism for Legionella disinfection and implications for environmental culturing. *American Journal of Infection Control*, vol. 25, nr 6, ss. 449-450.

Grundfos. (2008) Legionella kan bekämpas med klordioxid. *Energi & Miljö*, nr 10, ss. 74.

Grundfos. (2010) FAQs about the Oxiperm®Pro. *Grundfos*.
<http://www.grundfosalldos.com> (23 nov. 2010).

HC Information Resources Inc. (2007) Recent Outbreaks of Legionnaires' Disease. *HC Information Resources Inc*. <http://www.hcinfo.com> (23 sep. 2010).

Johanson, G., Stamy, K. (2006) *Hälsoriskbedömning av trihalometaner i bassängbad*. Stockholm: Institutet för miljömedicin. (IMM-rapport nr 2/06)

Kling, R. (2003) Noggrann temperaturkontroll legionellabakteriernas fiende. *Husbyggaren*, nr 2, ss. 40-42.

Kling, R. Stålbom, G. (2002) *Legionella – Risker i VVS-installationer*. Stockholm: Alfa Print AB.

Kretz, M. (2008) Se upp! Vatten ofta orsak till turistsjuka. *Energi & Miljö*, nr 6-7, ss. 30.

Legionella Control International. (2011) CFU or Colony Forming Units – Legionella Glossary. Legionella Control International. <http://www.legionellacontrol.com/cfu-glossary.htm> (1 maj. 2011).

Livsmedelsverket (2001) *SLVFS 2001:30*.
<http://www.slv.se> (11 aug. 2010).

Länsstyrelsen i Västra Götalands län. (2005) *Rapport om ett utbrott av Legionärssjuka i Lidköping aug-sept 2004*. Skara: Länsstyrelsen i Västra Götalands län.

Muraca, P., Stout, J. E., Yu, V. L. (1987) Comparative Assessment of Chlorine, Heat, Ozone, and UV Light for killing *Legionella pneumophila* within a Model Plumbing System. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 53, nr 2, ss. 447-453.

Nationalencyklopedin *biocider*
<http://www.ne.se/biocider> (2011-04-20).

Olsson, D. (2003) *Tappvarmvatten i flerbostadshus*. Borås: Illustration & Information. (2003:04)

Persson, T., Wollerstrand, J. (2004) *Injustering av VVC-kretsar – Termostatiska cirkulationsventiler och dess inverkan på Legionella-säkerhet*. Lund: Svensk Fjärrvärme AB. (FOU 2004:118)

Pexep, OY, och Nastola, FI. (2003). *Förfarande och anläggning för att åstadkomma vattencirkulation i ett rörsystem*. 521 197.

Prominent. (2010) Nolltolerans för Legionella. *Prominent*.
<http://www.prominent.se> (20 jul. 2010).

Socialstyrelsen. (2004) *Meddelandeblad nr 13/93*. Socialstyrelsen.

Socialstyrelsen. (2005) *Ändring i allmänna råden (SOSFS 2003:17) om försiktighetsmått för dricksvatten*. Kungälv: Grafikerna Livréna i Kungälv AB.

Socialstyrelsen. (2006) *Bassängbad – Hälsorisker, regler, skötsel*. Lindesberg: Bergslagens grafiska.

Steen, C. (2007) Legionella vanligare än befarat – går att förebygga. *Miljöforskning*, nr 2.

Stenius, M. (2006) Bästa sätten att stoppa Legionella. *Energi & Miljö*, nr 10.

Sveriges Riksdag (2004) *Svensk författningssamling - smittskyddslag*. Stockholm: Elanders Gotab.

Sörbo, L. (2010) Huddinge sjukhus installerar cirkulationsmetod. *VVS-Forum*, nr 2.

Torso Innovation AB. (2010) Spoldosan[®] - För en bättre duschmiljö. *Torso Innovation AB*. <http://www.torsoinnovation.se> (2 sep. 2010)

Villeroy & Boch Gustavsberg AB. (2010) Spoldosan från Gustavsberg – Legionellaprevention och hjälpmedel. *Villeroy & Boch Gustavsberg AB*.

VVS-Tekniska Föreningen. (1991) *Legionella i Tekniska System*. Stockholm: VVS-Tekniska Föreningen.

Zeonda AB (1999) *Zeonda Cirkulationsmetoden*. <http://www.zeonda.com> (9 jul, 2010).

Åslund, B. (2010) Nytt system ska spola Legionella. *Energi & Miljö*, nr 2.