

Brugsvandsinstallationer og *Legionella*

Delrapport 2:

Incidens af legionærsygdom og mulig geografisk influens

- Tilstedeværelse af og sygdomsincidens fra *Legionella*, samt geografiske Influensmuligheder fra drikkevandskvalitet, fjernvarmetemperatur mv.

INDHOLD:

Forord

Resumé og konklusion / Summary and Conclusion

Indholdsfortegnelse, detaljeret

1 Indledning vedr. del 2

2 Incidens af legionærsygdom internationalt

3 Incidens af legionærsygdom i Danmark og fordelingsmønstre

4 Vandkvalitetsdata for Danmark og deres influens

5 Fjernvarmetemperaturer for Danmark og deres influens

6 Anden geografisk fordelt influens

7 Samlet vurdering af geografisk fordelt influens

Referencer

Begreber og forkortelser

Bilag

Teknologisk Institut

November 2022



FORORD

EUDP-projektet J. nr. 64020-1099 "Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning" er dokumenteret ved 6 faglige delrapporter, jf. [EUDP2020-projekt 'Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning' - Projekter - Teknologisk Institut](#)

Nærværende delrapport 2 har som hovedforfattere Søren Anker Uldum for afsnit 2 og 3, Ditte Andreasen Søborg for afsnit 4 og Carl Hellmers for afsnit 5 og med yderligere input fra Kaj Bryder, ligesom den samlede projektgruppe har medvirket ved udarbejdelsen.

Projektgruppen har bestået af:

- Håvard Clausen (Lars Overgaard frem til juni 2021), DCW
- Torben Schifter-Holm, Metro Therm
- Søren Anker Uldum, Statens Serum Institut (SSI)
- Ditte Andreasen Søborg, VIA University College
- Carl Hellmers, Fredericia Fjernvarme
- Nikas Arp-Wilhelm (Brian Kaarsberg frem til september 2021), KAB
- Tommy Steen Møller, Projektkontoret - Region Sjælland
- Leon Buhl, Henrik Kjeldsen og Kaj Bryder (projektleder), Teknologisk Institut (projektansvarlig).

Særlige skriveregler:

- *Legionella* er, af hensyn til formens generelle anvendelse i forskningsverdenen, benyttet som skrivemåde for Legionella/legionella i selve rapporterne
- Citerede afsnit fra kilder – evt. i oversættelse, er i teksten markeret enten i "" eller ved *kursivskrift*.
- Rapporteringen er opdelt i delrapporter (del 1, del 2 etc.), afsnit (1, 2, 3 etc.) og i underafsnit (2.1, 2.2 etc.). Desuden kan være yderligere opdeling ved fed skrift samt understregning, der også benyttes til markering af særlige ord/sentenser.
- Under projektarbejdet er gennemført en omfattende kildesøgning via litteraturlister, Google og andre kilder. Henvielse til tekstkilder er i teksten angivet ved [] indeholdende årstal og hovedforfatter/udgiver og henviser til referenceoversigten bagerst i rapporten. Ved henvisning til produktkataloger, hjemmesider mv. er alternativt anført hyperlink i selve teksten og med præcisering af kilden
- Figurer og tabeller er nummereret fortløbende inden for hvert afsnit, dvs. fx figur 3-1, 3-2 etc.
- Punktangivelser er generelt anført ved "•", mens henvisning til særlige kilder, geografiske områder mv. er markeret med "■". Opremsninger fremgår ved "-".

RESUMÉ OG KONKLUSION

EUDP-projektet J. nr. 64020-1099 "Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning", der vedrører legionellasikring for brugsvandsinstallationer, omfatter bl.a. tre udredningsrapporter del 1 – 3.

Delrapport 2 belyser udviklingen i legionærsygdom i Danmark og globalt og vurderer den danske situation ift. udlandet, ligesom de mulige samfundsmæssige konsekvenser er belyst.

Del 2 skal ses i sammenhæng med del 1, der dækker en generel introduktion til projektet samt de lokale influensparametre, og del 3, der vedrører myndighedskrav og F&U-undersøgelser om brugsvandsinstallationer, *Legionella* og energiforhold

Da den i Danmark geografiske fordelte incidens af legionærsygdom varierer med mere end en faktor 5 (se nedenfor) er der ifm. rapporten gennemført pilotundersøgelser med henblik på - om muligt - at afgøre, om det kan skyldes forskellige vandkvalitetsforhold, fx kalkindholdet, eller lave temperaturer, fx i fjernvarmenettet. Ligeledes er der på baggrund af fundne geografiske variationer i legionellatyper gjort overvejelser, om der kan være andre årsager til den geografiske variation.

På baggrund af udredningen og undersøgelserne er projektgruppen kommet frem til følgende konklusioner:

- Legionærsygdom er en relativt belastende sygdom – både menneskeligt og samfundsmæssigt, og den synes at være i udfordrende vækst.
- Danmark har en forholdsvis høj og stadigt stigende incidens af legionærsygdom, som tyder på, at risikoen for smitte med *Legionella* er stigende. Samtidig skal det bemærkes, at den i Danmark høje testrate for legionærsygdom også kan spille ind
- I 80 % af de danske brugsvandsinstallationer kan der konstateres dyrkbar *Legionella pneumophila*, men den afledte incidens ved nogle undersøgelser har vist meget stor geografisk variation og med en faktor 5 til forskel.
- De gennemførte pilotundersøgelser vedr. en mulig indflydelse fra vandkvaliteten har indikeret, at der eventuelt er en vis sammenhæng, så øget kalk i grundvandet bevirker et højere legionellaindhold. Variationen viser dog også, at en række andre influensparametre må spille ind.
- Sammenholdelse af de historiske temperaturdata fra indberettede fjernvarmeforsyninger med udviklingen i incidens af legionærsygdom tyder ikke umiddelbart på, at reduceret fjernvarmetemperatur (som energi- og klimamæssigt er særdeles ønskeligt) har ført til stigende incidens det pågældende sted. Et gennemført studenterprojekt hos en forsyning viser samtidig, at der pga. de lokale tilslutningsforhold selv ved en fuldt tilstrækkelig fjernvarmetemperatur i nettet kan forekomme u hensigtsmæssige temperaturudfordringer i brugsvandsanlæggene.
- Andre årsagen til de geografiske variationer i incidens af legionærsygdom kan evt. også spille ind, specielt da der også er forskel på de forekommende *L. pneumophila* stammer med varierende virulens.

Baseret på den manglende signifikans i resultaterne af pilotundersøgelserne har projektgruppen i det videre projektarbejde med risikovurdering og produktløsninger valgt at notere og indregne den betydelige usikkerhed, som de anførte geografiske variationer giver anledning til.

Det er dog projektgruppens opfattelse, at det for på sigt samfundsmæssigt at kunne optimere legionellasikring og energieffektivisering i Danmark er meget centralt at få fundet årsagerne til de store geografiske variationer. Dette kan fx ske gennem en mere systematisk bearbejdning af sammenhæng mellem incidens og data fra GEUS, fjernvarmedata m.v., evt. via inddragelse af kunstig intelligens. Samtidig er der mulighed for bedre systematisering og granskning af forholdene vedr. brugsvandsinstallationen ifm. konkrete legionellatilfælde.

SUMMARY AND CONCLUSION

The EUDP project J. no. 64020-1099 "Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning", which concerns *Legionella* protection for domestic water installations, includes among other things, three investigation reports, parts 1 – 3.

Part 2 illustrates the development of Legionnaires' Disease in Denmark and globally and assesses the Danish situation compared to other countries, just as the potential societal consequences are clarified.

Part 2 is related to part 1 which covers a general introduction to the project as well as the local influence parameters, and to part 3, which covers authority requirements and R&D studies of domestic water installations, *Legionella* and energy related matters.

Since the geographically distributed incidence of Legionnaires' disease in Denmark varies by more than a factor of 5 (see below), pilot studies were carried out in order to determine, if possible, whether this could be due to different water quality conditions, such as the lime content, or low temperatures, e.g. in the district heating network. Besides, based on the geographical variations found in *Legionella* types, it was considered whether there may be other reasons for the geographical variation.

Based on the determination and investigation, the project group drew the following conclusions:

- Legionnaires' Disease is a relatively severe disease and a burden to humans and to society, and it seems to be growing challengingly.
- Denmark has a relatively high and steadily increasing incidence of Legionnaires' Disease indicating that the risk of infection with *Legionella* is increasing. At the same time, it should be mentioned that the high test rate for Legionnaires' disease in Denmark may also play a role.
- Culturable *Legionella pneumophila* may be found in 80% of the Danish hot water installations, but the derived incidence in some studies shows very large geographical variations and with a difference of a factor of 5.
- The conducted pilot studies on the potential influence by the water quality, indicate that there may be a correlation, so that an increased content of lime in the groundwater may cause a higher content of *Legionella*. However, the variation also shows that a number of other influence parameters probably play a role.
- Comparing the historical temperature data from reported district heating supplies with the incidence development of Legionnaires' Disease, there is no direct indication that a reduced district heating temperature (which is highly desirable in terms of energy and climate) has led to an increasing incidence at the specific location. A student project at a utility also

shows that, due to the local connection conditions, even with a fully sufficient district heating temperature in the network, inappropriate temperature challenges may occur in the domestic water systems.

- Other reasons for the geographical variations in the incidence of Legionnaires' disease may be also play a role, especially since there also are differences in the occurring *L. pneumophila* strains with varying virulence.

Based on the lack of significance in the results of the pilot studies, the project group decided to note and include the significant uncertainty that the listed geographical variations give rise to in the further project work with risk assessment and product solutions.

However, it is the project group's point of view that in order to be able to optimise *Legionella* prevention and energy efficiency in Denmark in the long term, it is very important to find the reasons for the large geographical variations. This could be done through a more systematic processing of the correlation between incidence and data from GEUS, district heating data, etc., possibly through involvement of artificial intelligence. At the same time, this could be an opportunity for an optimised systematisation and scrutiny of conditions relating to domestic water installations in relation to specific *Legionella* cases.

DETALJERET INDHOLDSFORTEGNELSE DEL 2

1 INDLEDNING VEDR. DELRAPPORT 2	6
1.1 Projektets formål og opdeling i delaktiviteter og -rapporter	
1.2 Delrapport 2 om den geografiske fordelte incidens og influens	
2 INCIDENS AF LEGIONÆRSYGDOM INTERNATIONALT	8
2.1 Legionærsygdom, en alvorlig sygdom med store konsekvenser og global opmærksomhed	
2.2 Europæiske årsopgørelser over incidens af legionærsygdom	
2.3 USA med variationer mellem stater og sæsonmæssige svingninger	
2.4 Generelt om den stigende incidens af legionærsygdom	
3 INCIDENS AF LEGIONÆRSYGDOM I DANMARK OG FORDELINGSMØNSTRE.....	13
3.1 Geografisk fordeling af incidensen	
3.2 Stigning i incidensen af legionærsygdom i Danmark	
3.3 Betydningen af beboernes alder og sundhedstilstand	
4 VANDKVALITETSDATA FOR DANMARK OG DERES INFLUENS	21
4.1 Relevante danske vandkvalitetsdata geografisk fordelt	
4.2 Vandets hårdhed geografisk fordelt	
4.3 Vandets NVOC-indhold geografisk fordelt	
4.4 Vandets jernindhold geografisk fordelt	
4.5 Vandets sporstofindhold geografisk fordelt	
4.6 Vandets alder geografisk fordelt	
5 FJERNVARMETEMPERATURER FOR DANMARK OG DERES INFLUENS	27
5.1 Relevante danske fjernvarmetemperaturdata geografisk fordelt	
5.2 Fjernvarmetemperaturer geografisk fordelt lokalt	
5.3 Overvejelser angående fjernvarmetemperaturen ift. incidens af legionærsygdom	
5.4 Sammenfatning vedr. fjernvarmetemperaturens mulige betydning	
6 ANDEN GEOGRAFISK FORDELT INFLUENS	32
7 SAMLET VURDERING AF GEOGRAFISK FORDELT INFLUENS	33
7.1 Høj dansk incidens af legionærsygdom og med meget stor geografisk variation	
7.2 Konstateringer og konklusioner fra de gennemførte pilotundersøgelser	
7.3 Forslag til videre tiltag for afklaring af geografisk variation i incidens af legionærsygdom	
REFERENCER	36
BEGREBER OG FORKORTELSER.....	39
BILAG	40
Bilag 1: Legionærsygdom i EU/EEA 2013-2020	

1 INDLEDNING

1.1 Projektets formål og opdeling i delaktiviteter og -rapporter

Formålet med projektet "Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning" (EUDP J. nr. 64020-1099) er beskrevet i delrapport 1, afsnit 1, sammen med opdeling i følgende 6 delrapporter (dele):

1. *Lokale influensparametre for Legionella i brugsvandsinstallationer*, der omhandler de forskellige influensparametre og deres specifikke betydning for udvikling af *Legionella*
2. *Incidens af legionærsygdom og mulig geografisk influens*, der belyser den geografisk fordelte incidens og undersøger mulige årsager til den meget betydelige danske variation.
3. *Myndighedskrav samt undersøgelser*, der udreder myndighedskrav, anvisninger, vejledninger og F&U-undersøgelser med fokus på brugsvandsinstallationer, *Legionella* og energiforhold. Endvidere sammenfattes resultaterne med input fra del 1 og 2 og med henblik på anvendelse i del 4 – 6.
4. *Legionella-risikovurderinger og -ressourcekonsekvenser*, der omhandler udvikling af et værktøj for vurdering af risiko for *Legionella* i brugsvandsinstallationer og belyser konsekvenser for energi, klima, miljø og økonomi, samt sammenfatter forbedringspotentialer.
5. *Legionellabekæmpelse i brugsvand gennem temperaturbehandling*, der omhandler udvikling og demonstration af løsning for temperaturkontrol og styring.
6. *Legionellabekæmpelse i brugsvand ved anvendelse af biocid*, der omhandler udvikling og demonstration af en forbedret løsning for biociddosering.

Del 1 -3 belyser resultaterne af den gennemførte udredning vedr. *Legionella* i brugsvandsinstallationer, og danner baggrund for dels arbejdet med Legionella-risikovurderinger og -energikonsekvenser i del 4, dels de to produktløsninger beskrevet i del 5 og 6.

1.2 Delrapport 2 om den geografisk fordelte incidens og influens

Delrapport 2 omhandler resultaterne af den gennemførte udredning vedr. incidens af legionærsygdom og dens betydning og geografiske fordeling internationalt og i Danmark.

Grundet en funden betydelig geografisk forskel i legionellaincidens i Danmark er samtidig gennemført 2 pilotundersøgelser vedr. en mulig indflydelse fra hhv. vandkvaliteten og fra fjernvarmetemperaturen.

Kort over incidens af legionærsygdom i Danmark antyder således, at vandkvalitet, fjernvarmetemperatur-forhold mv. kan spille en forholdsvis stor rolle i udbredelsen. Det har stor betydning at kunne afklare sådanne sammenhænge og dermed tilhørende risikofaktorer og indflydelse på den samlede risikovurdering. Dette gælder både viden- og risikomæssigt, men også for eventuelt at kunne sætte ekstra ind i særligt legionella-risikofyldte områder, hvilket kan få betydning både for design og drift af komponenter og brugsvandsinstallationer, og for forsyningerne. Mht. det sidste skal dog tages in mente, at selv områder med lav incidens i Danmark har et niveau af legionærsygdom, der matcher Europas gennemsnit, samt - som anført videre i

rapporten, at der er en vis frygt for, at *Legionella* er i en uheldig forankring og eventuelt i øget forekomst.

For vandforsyningerne kan mulige sammenhænge evt. føre til forebyggende foranstaltninger allerede ifm. vandbehandlingen efter at vandet er pumpet op fra en boring.

For fjernvarmeforsyningerne har det betydning at vide, om fremløbstemperaturen i sig selv er årsag til en stigende incidens qua at forbrugernes brugsvandsanlæg ikke kan give den nødvendige temperaturbehandling af *Legionella* – evt. at det forstærkes via samspillet med den aktuelle vandkvalitet.

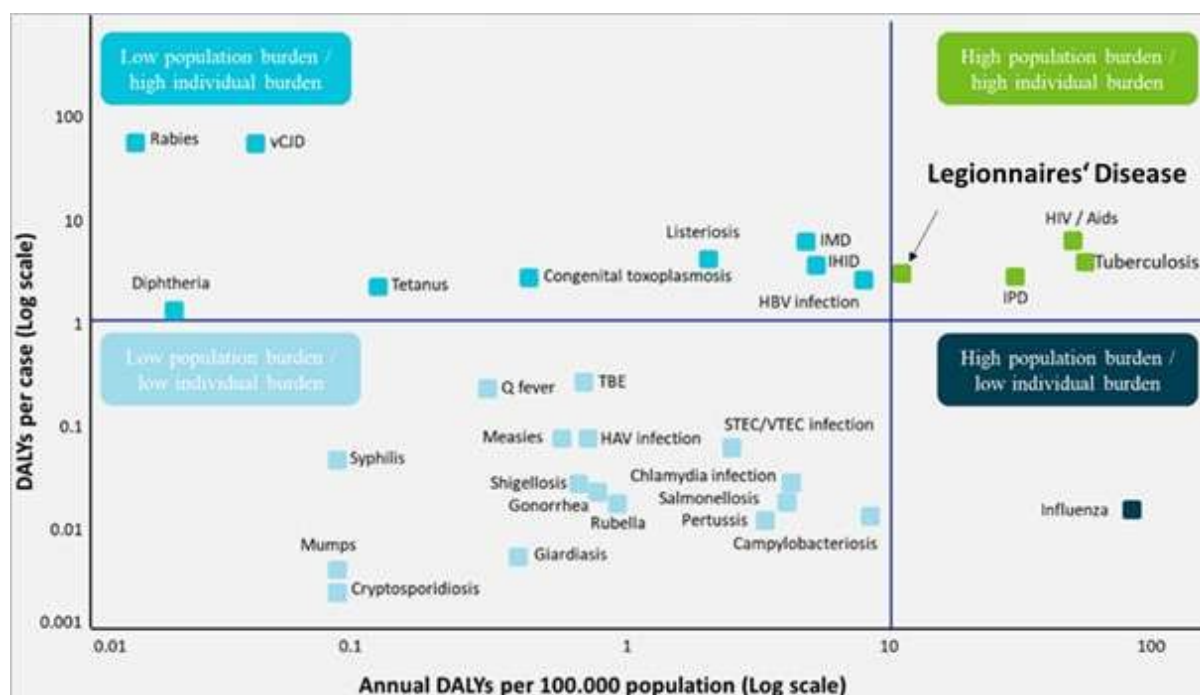
Incidens af legionærsygdom og dens betydning og geografiske fordeling internationalt og i Danmark er beskrevet i afsnit 2 og 3, mens resultaterne af de to pilotundersøgelser fremgår af afsnit 4 og 5. I afsnit 6 er andre, mulige geografisk fordelte påvirkninger omtalt, og i afsnit 7 er anført en sammenfattende vurdering af den geografiske fordelte influens.

2 INCIDENS AF LEGIONÆRSYGDOM INTERNATIONALT

2.1 Legionærsygdom, en alvorlig sygdom med store konsekvenser og global opmærksomhed

Legionærsygdom er en alvorlig sygdom, da sygdommen ofte bevirker et voldsomt og langvarigt forløb og samtidig ofte har en høj dødsrate. I nogle studier anføres, at legionærsygdom er den tredje værste sygdom mht. dødelighed (efter rabies og difteritis), og ud fra dødelighed og forekomst er den anført som den femte værste sygdom.

Ved ensartede opgørelser over den byrde, som patient og samfund udsættes for, ligger *Legionella* også klart i den tunge ende, som vist på figur 2-1. Sammenligningen baserer sig her på en EU-opgørelse og norm kaldet DALY (Disability-Adjusted Life Years).



Scatterplot of the burden of selected infectious diseases in disability adjusted life years (DALYs) per case and DALYs per 100,000 population per year, European Union/European Economic Area countries, 2009 to 2013. SOURCE: Cassini et al. (2018).

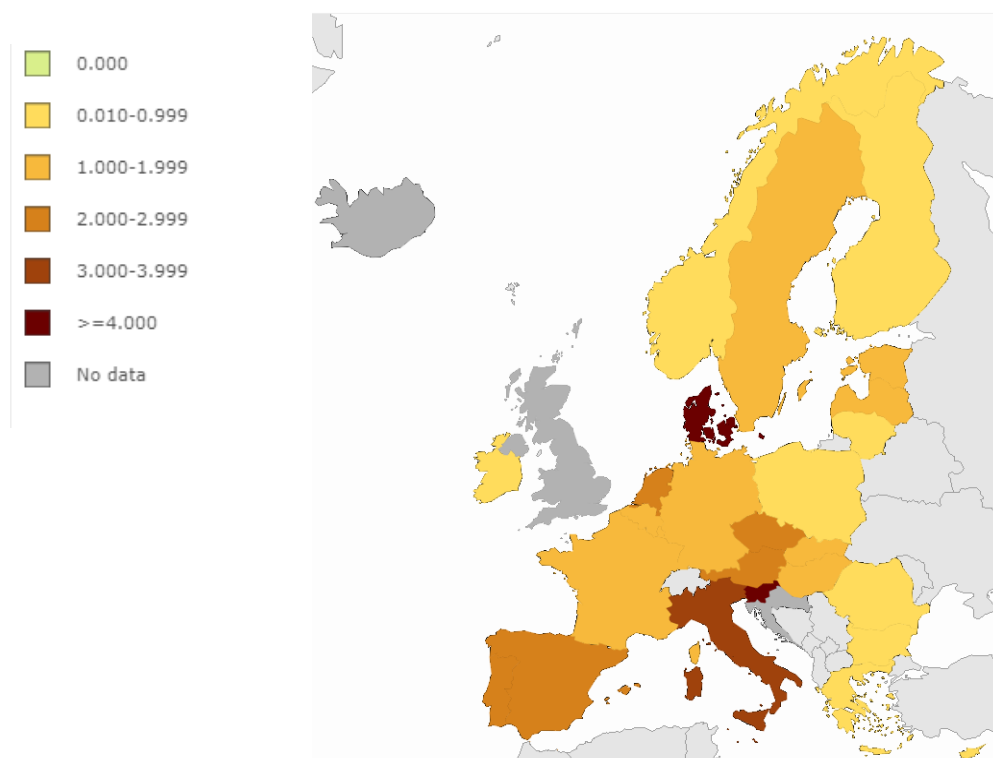
Figur 2-1. *Legionella* bevirker alvorlig sygdom og med betydelig udbredelse.

Også de økonomiske omkostninger forbundet med legionærsygdom er alvorlige. I UK blev der med baggrund i et alvorligt legionellaudbrud i 2012 med over 100 tilfælde estimeret en årlig omkostning på 100 mio £, og i USA har man vurderet at den økonomiske byrde af et års legionærsygdom var på 835 mio USD i form af udgifter til sundhedsvæsenet og produktionstab.:

<https://www.healio.com/news/infectious-disease/20201218/economic-burden-of-just-1-year-of-legionnaires-disease-cases-tops-835-million>

Legionella har derfor global bevågenhed – ikke mindst fordi den samtidig synes i vækst, som det fremgår af de efterfølgende afsnit.

2.2 Europæiske årsopgørelser over incidens af legionærsygdom



Figur 2-2. Fordeling af rapporterede tilfælde af legionærsygdom pr. 100.000 indbyggere i EU/EEA, 2020. Se Bilag 1 for udviklingen i EU/EEA fra 2013 til 2020. Kilde: Surveillance Atlas of Infectious Diseases, ECDC, 2021 (<https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx>).

I den europæiske overvågningsrapport fra ECDC 2018 og 2020 om legionærsygdom [2018, 2020 Surveillance] konkluderes, at antal rapporterede tilfælde med legionærsygdom steg fra 2013 (1,15 tilfælde pr. 100.000) til 2018 (2,20 tilfælde pr. 100.000), men uden konklusioner om årsagerne. Stigningen var specielt markant fra 2016 til 2017/2018 (figur 2-3). I 2019 flader kurven ud, så det kan se ud som om stigningen er stoppet, eventuelt for en periode.

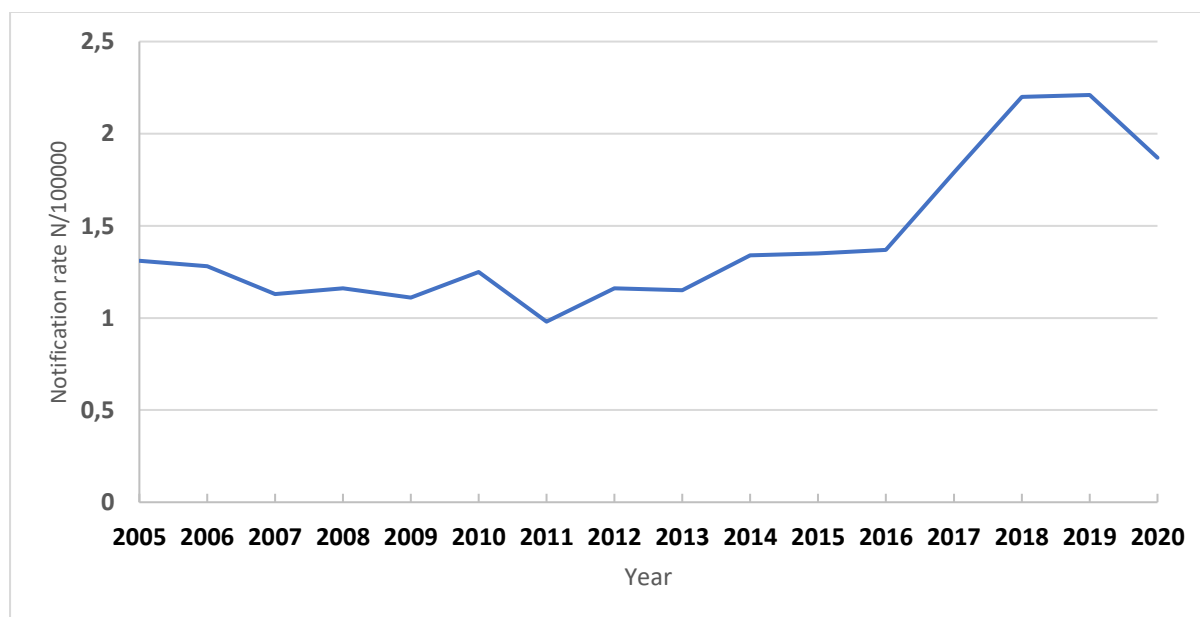
De påviste incidenser varierer meget fra land til land fra 0,04 tilfælde pr. 100.000 i Rumænien til 5,73 tilfælde pr. 100.000 i Slovenien i 2020 (figur 2-3). Tallene dækker sandsynligvis ikke over reelle forskelle i incidenser, men er i højere grad et udtryk for diagnostisk aktivitet og overvågningssystemernes effektivitet i de enkelte lande, om end der antageligt også er reelle forskelle mellem landene. Fremover kan man godt forvente højere gennemsnitlige incidenser i EU pga. forbedret diagnostik og overvågning i lande med meget lave registrerede incidenser. ECDC ser dette som et indsatsområde og erfaringerne fra COVID-19 pandemien vil antageligt bidrage til et løft indenfor diagnostik af luftvejs sygdomme.

I 2020 var der i langt de fleste lande en nedgang i incidensen i forhold til 2018/2019 (figur 2-3), hvilket i høj grad skyldtes meget lav rejseaktivitet på grund af COVID-19 pandemien (og dermed få rejseassocierede tilfælde). I nogle lande sås også en lille tilbagegang i antal lokale tilfælde (ikke rejseassocieret). I Italien, som havde en stor tilbagegang fra 5,31 tilfælde til 3,47 tilfælde pr. 100.000 fra 2019 til 2020 (fald på 34,7%), har man fremført den hypotese, at tilbagegangen kan hænge

sammen med kravet om at bære mundbind i det offentlige rum allerede fra tidligt under pandemien (personlig kommunikation Maria Luisa Ricci, Rom, ISS). Som et af meget få lande var der i Danmark ikke en overordnet nedgang i antal tilfælde, idet antal tilfælde erhvervet i Danmark steg med 25% i forhold til årene før (se afsnit 3.2).

Det er interessant at trods store forskelle mellem landene, er der overordnede tendenser. Stigningen fra 2016 til 2017/2018 blev observeret i mange Europæiske lande, samtidigt med at antallet af rejseassocierede tilfælde også steg. Dette peger mod at overordnede faktorer spiller ind, snarere end forhold i de enkelte lande (såsom nationalt øget testaktivitet). Det kan være klimatiske forhold, eventuelt relateret til klimaændringer, der har været årsagen, men der er ikke udført nærmere analyse af dette.

Danmark har gennem tiden altid haft én af Europas højeste incidenser (Bilag 1), dette kan sandsynligvis tilskrives en kombination af høje kolonisationsrater med *L. pneumophila* i danske varmtvandssystemer (~80% vs. ~20% i mange andre lande) [2021 Projekt 2, tværministerielle arbejdsgruppe], høj diagnostisk aktivitet (300-400 undersøgte pr. 100.000 indbyggere pr. år) og anvendelse af PCR som primær diagnostisk metode (frem for *L. pneumophila* Urin Test, der primært påviser *L. pneumophila* serogruppe 1) [2020, 2021, Legionella årsopgørelse, SSI]. Stigningen i Danmark fra 2013 til 2017 (specielt fra 2016 til 2017) (figur 3-2) kan dog ikke alene tilskrives disse faktorer (se afsnit 3.2).



Kilde: Surveillance Atlas of Infectious Diseases, EDCD, 2021; <https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx>.

Figur 2-3. Rapporterede tilfælde af legionærsygdom pr. 100.000 indbyggere i EU/EEA, 2005 til 2020.

2.3 USA med variationer mellem stater og sæsonmæssige svingninger

Ligesom i Europa (figur 2-3) er der også i USA påvist en stigende incidens af legionærsygdom, endda mere markant end i Europa med mere end en firedobling i incidensen fra 2005 til 2018. USA har også en højere påvist gennemsnitlig incidens end Europa (godt 3 tilfælde vs. godt 2 tilfælde pr. 100.000 i 2018). Det er interessant, at USA ligesom Europa specielt havde en kraftig stigning fra 2016 til 2017/18 (figur 2-4).

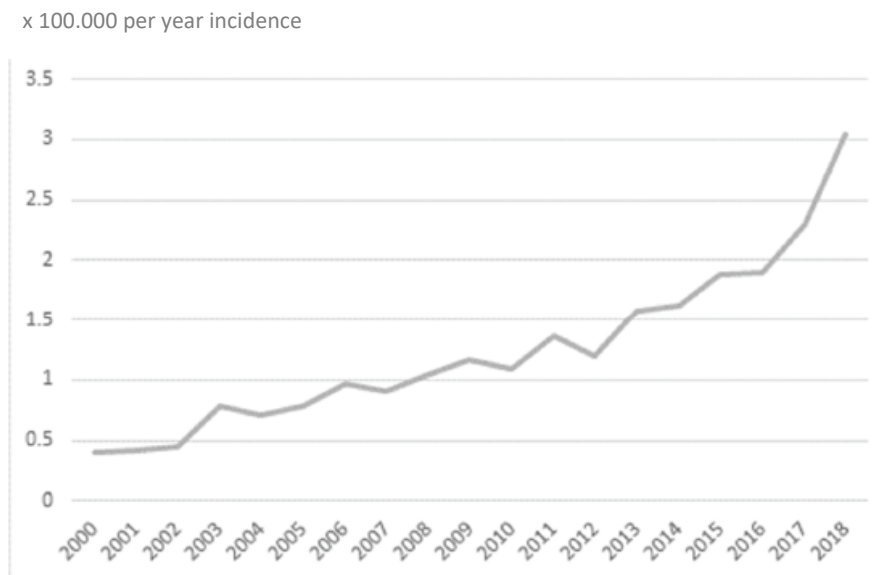
Diagnostik og overvågning af legionærsygdom i USA er ikke så effektiv som i mange vesteuropæiske lande. Man regner derfor med en meget stor underdiagnosticering og underrapportering (hvilket også er gældende i mange europæiske lande), således at det reelle antal kan være op til 10 gange højere end det, der registreres [2020 Management of *Legionella* in Water Systems].

I USA ses der ret store forskelle i incidensen mellem staterne. Der har været en generel stigning i alle stater, men de højeste incidenser forekommer i de nordøstlige stater Connecticut, Delaware, Maryland, Michigan, New Hampshire, Pennsylvania, Rhode Island, Tennessee, Vermont og Wisconsin, alle med > 3 tilfælde pr. 100.000 og de højeste er Washington DC, New York og New York City med > 5 tilfælde pr. 100.000 i 2017. Alle andre stater havde < 3 tilfælde pr. 100.000 i 2017 (figur 2-5) [2020 Legionnaires' Disease]

I USA er antallet af tilfælde udpræget sæsonafhængig med flest tilfælde sommer og efterår (dette ses også i mange Europæiske lande men næsten ikke i Danmark). Årsager til den geografiske skæve fordeling tilskrives forskelle i befolkningstæthed og et varmt og fugtigt klima i de nævnte stater. Forskelle i installationer kan også have en betydning. Sæsonvariationen i USA tilskrives ligeledes klimatiske forhold (hvilket også gælder i flere Europæiske lande) med en varm og fugtig sommer- og efterårssæson. Den ret store sæsonvariation tyder på at eksterne kilder (som køletårne) spiller en større rolle i mange lande i forhold til i Danmark. Sæsonvariationen er dog også til dels drevet af, at de fleste rejseassocierede tilfælde forekommer sommer og efterår.

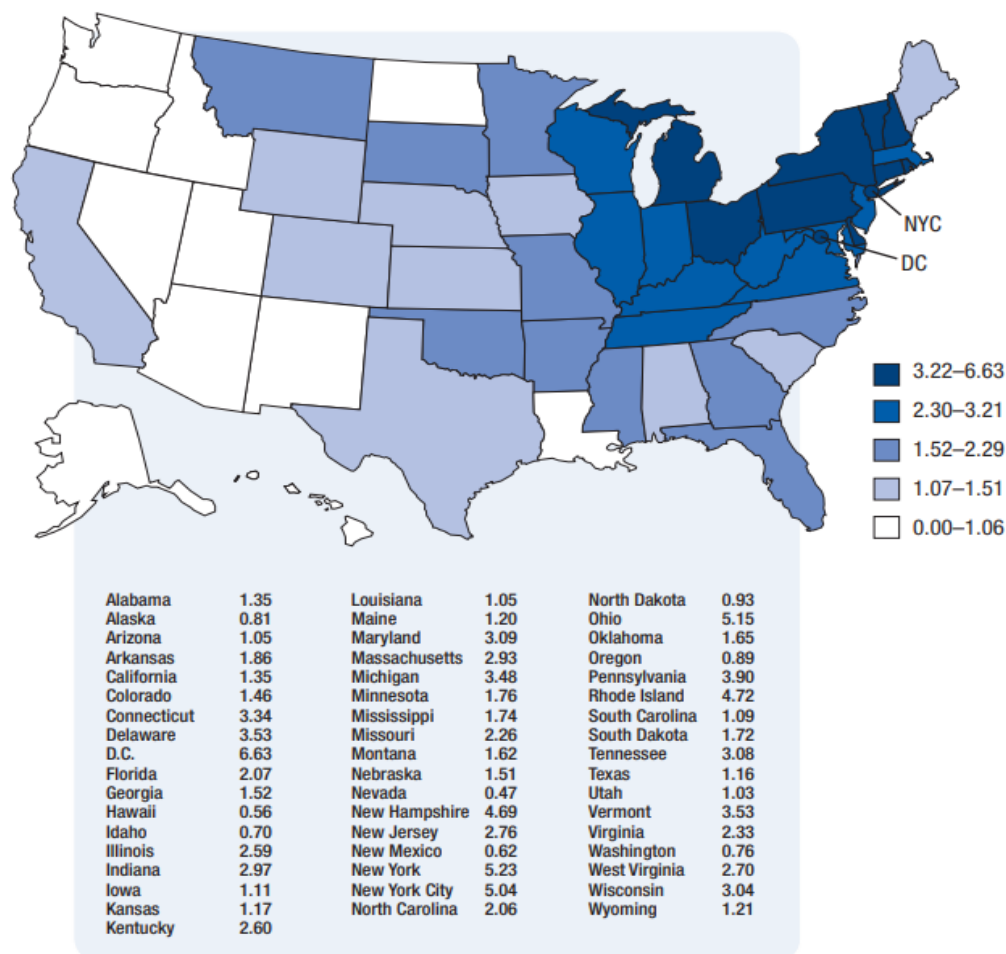
Foreløbige tal fra USA tyder på at stigningen er stoppet (ligesom i Europa), idet den gennemsnitlige incidens i 2019 antageligt var en anelse under 3 tilfælde pr. 100.000 [TABLE 2i, 2019 US Annual].

Desuden ser der i USA, ligesom i Europa, også ud til at være en faldende tendens i 2020 på grund af færre rejseassocierede tilfælde (personlig kommunikation Kelsie Cassell, Connecticut, Yale).



Kilde: Figur fra [2020 Management of *Legionella* in Water Systems].

Figur 2-4. Stigende incidens af legionærsygdom (legionellose) i USA fra 2000 til 2018



Crude incidence of cases per 100,000 population (number of confirmed Legionnaires' disease cases reported that year divided by postcensal resident jurisdiction population estimate for that year times 100,000 population).
 Cases of disease due to *Legionella* are reported to NNDSS as legionellosis, which includes Legionnaires' disease, Pontiac fever, and extrapulmonary legionellosis, but are referred to as Legionnaires' disease in this figure (because almost all legionellosis cases reported in the United States are due to Legionnaires' disease).
 Jurisdiction of the patient's "usual residence" at the time of disease onset.
 National Notifiable Diseases Surveillance System (NNDSS).
 Based on year the case was reported to CDC.
 Shading represents quintiles of incidence rates.

Kilde: US Legionnaires' Disease Surveillance Summary Report, United States, 2016-2017, February 2020,
 Figure 3b. Crude incidence of reported confirmed cases of Legionnaires' disease
 [2020 US Legionnaires' Disease]

Figur 2-5. Incidens af legionærsygdom (tilfælde pr. 100.000) i USA 2017.

2.4 Generelt om den stigende incidens af legionærsygdom

Stigningen i antal tilfælde af legionærsygdom, der både rapporteres fra Europa og USA (og Japan) kan skyldes mange forhold, herunder øget opmærksomhed på sygdommen. Faktorer, der sandsynligvis er medvirkende er en øget andel af ældre og sårbare personer, aldrende installationer i bygninger, øget brug af installationer som køletårne, spa bade, wellness, forstøvere mv., klimaændringer (med varmere og mere fugtigt vejr), vand- og energibesparelse og højere befolkningstæthed [2018 Rubin].

3 INCIDENS AF LEGIONÆRSYGDOM I DANMARK OG FORDELINGSMØNSTRE

3.1 Geografisk fordeling af incidensen

Den danske incidens fordelt på områder og byer

Danmark har som nævnt i afsnit 2.2 en høj incidens af legionærsygdom i forhold til de fleste andre Europæiske lande. Fordelingen er dog ikke jævnt fordelt over hele landet som det ses af tabel 3-1 og figur 3-1. Figur 3-1 viser den historiske fordeling på kommuneniveau fra 2000 til 2019.

Der er for nogle kommuner konstateret en mere end faktor 5 stor forskel i incidensen. I nedenstående figurer og tabeller indgår kun tilfælde med smitte eller formodet smitte i Danmark.

Region	Landsdel	Antal		Incidens		
		2020	2020	2019	2018	2017
Hovedstaden	København by	8	1,0	1,6	1,8	1,0
	København omegn	36	6,7	4,5	4,2	2,6
	Nordsjælland	37	8,0	5,2	4,8	4,6
	Bornholm	0	0,0	2,5	2,5	0,0
Sjælland	Østsjælland	14	5,6	2,8	5,6	4,5
	Vest- og Sydsjælland	27	4,6	3,6	3,1	3,8
Syddanmark	Fyn	44	8,8	9,6	5,6	7,3
	Sydjylland	43	7,3	4,6	4,8	4,0
Midtjylland	Østjylland	21	2,3	2,3	3,3	5,3
	Vestjylland	14	3,2	2,3	2,3	2,1
Nordjylland	Nordjylland	18	3,0	2,0	1,5	2,2
Danmark	I alt	262 *	4,5	3,7	3,5	3,6

*For én person var region/landsdel ukendt

Kilde: [2021 SSI Legionella-pneumoni 2020]

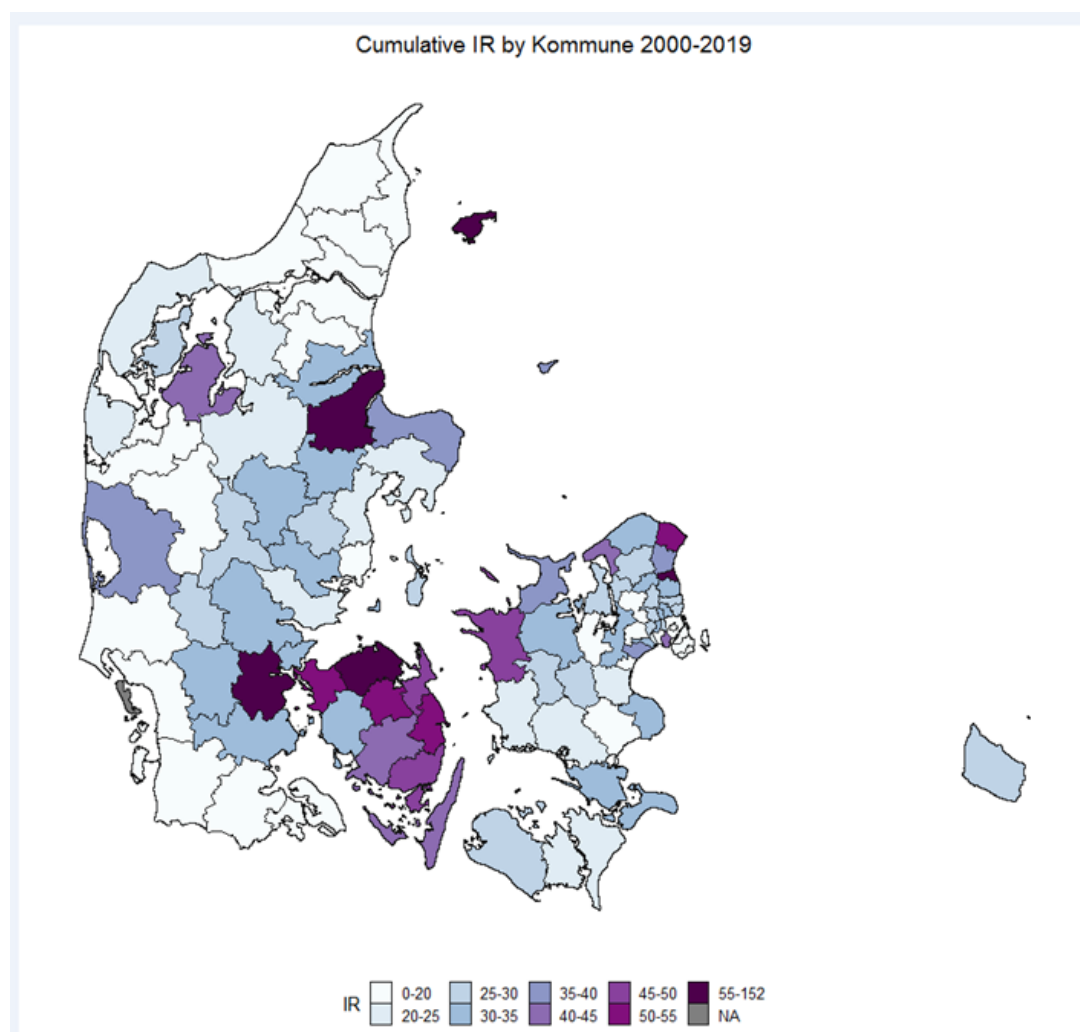
Tabel 3-1. Antal tilfælde af legionærsygdom smittet i Danmark 2020 og incidenser fra 2017 til 2020 fordelt på bopælslandsdel.

Det skal bemærkes, at der er en bagvedliggende dynamik så nogle områder i en periode, eventuelt kun et år, har en høj incidens:

- Kolding, som i nogle år og i en årrække fra 2010 til 2014 havde en ca. 4 gange højere incidens i forhold til landsgennemsnittet og det omgivende område (Sydjylland), har fortsat en høj incidens, men den er nu kun ca. 2 gange højere end gennemsnittet for landsdelen (figur 3-2).
- I Østjylland var der en stor stigning i antal tilfælde i 2017, som var med til at drive landsgennemsnittet op på over 4,5 tilfælde pr. 100.000 (tabel 3-1 og figur 3-3). Der har de senere år har været en faldende incidens, og i 2021 var den meget lav med kun ca. 1.5 tilfælde pr. 100.000 (tabel 3-1 og figur 3-3).
- Randers, som traditionelt har haft en høj incidens (figur 3-1), havde i 2021 slet ingen tilfælde smittet i Randers (Randers er en del af Østjylland og følger dermed den ovenstående trend for denne landsdel).

- Fyn generelt har derimod ret konstant haft høje incidenser, mens incidensen i fx Nordjylland og København by ret konstant har ligget lavt (tabel 3-1).
- I andre områder er der over de sidste år set en stigning i antal tilfælde (fx Syddjylland, Københavns Omegn og Nordsjælland) (tabel 3-1). I landsdelen Syddjylland var der dog et markant fald i 2021 i forhold til 2020, mens der for hele Sjælland (Region Sjælland og Region Hovedstaden) i 2021 var de højeste incidenser nogensinde, hvilket bidrager til, at landsgennemsnittet i 2021 er på niveau med det hidtidige rekordår 2020 (figur 3-3).

Man skal derfor ikke overtolke den historiske fordeling (figur 3-3), som kan dække over store variationer fra år til år, hvor de sidste år fra 2014 til 2019 også vægter mest, med flere registrerede tilfælde end i årene før.

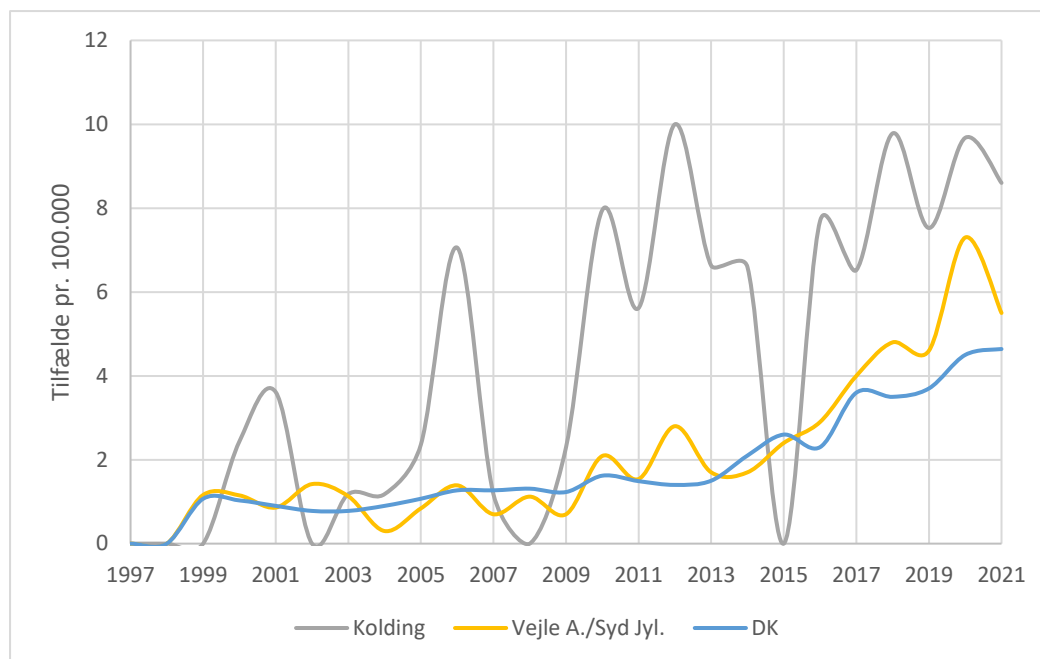


Forklaring og kommentarer:

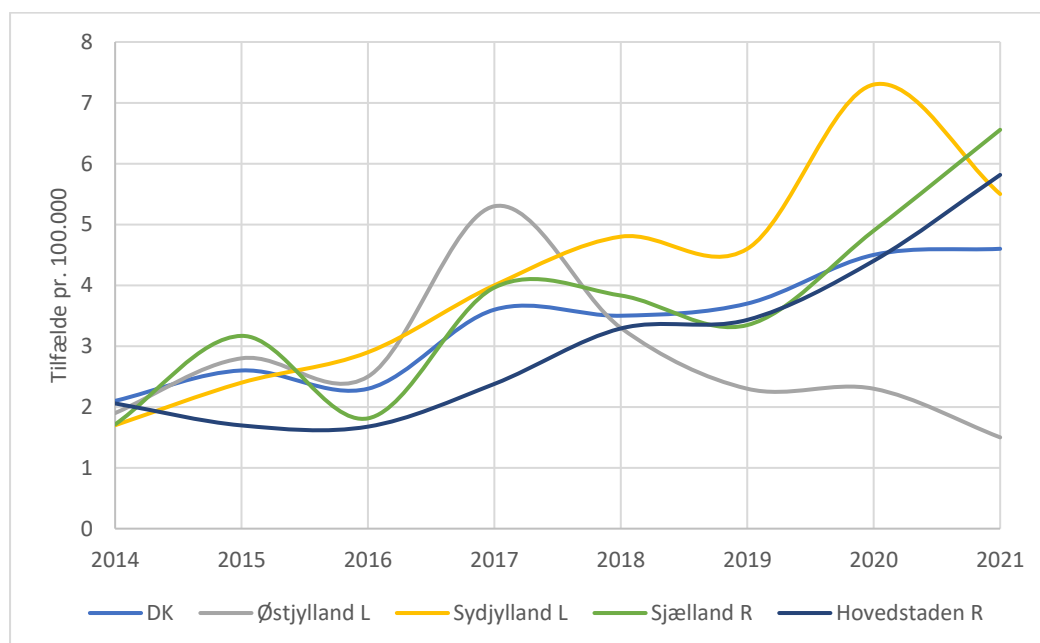
- Incidenstal (IR) er pr. 100.000 personer for 21år og gælder de tilfælde, som er vurderet at skyldes hjemlige forhold, dvs. forhold fra rejseaktivitet er fratrukket.
- Høje incidensstal i DK forekommer i høj grad uden for de største byer København, Aarhus og Aalborg, modsat flere steder i udlandet, hvor de store byer er hårdest ramte.
- Nogle områder, fx Randers og Kolding, har haft særligt mange tilfælde mens andre, fx Esbjerg, ligger helt i bund

Kilde: Kelsie Cassell, Yale/SSI.

Figur 3-1. Kumuleret incidens (pr. 100.000) af legionærsygdom for perioden 2000-2019 (21 år) geografisk fordelt i Danmark. Geodata fra SSI fra 2000-2019 – på forekomst af legionærsygdom i DK.



Figur 3-2. Incidens af legionærsygdom med formodet smitte i Kolding Kommune, Vejle Amt/Syddjylland (fra 2007) og Danmark fra 2000 til 2021 (incidenser for 2021 er opgjort januar 2022 og dermed ikke nødvendigvis helt endelige).



Figur 3-3. Incidens af legionærsygdom med formodet smitte i udvalgte geografiske områder i Danmark fra 2014 til 2021 (incidenser for 2021 er opgjort januar 2022 og dermed ikke nødvendigvis helt endelige). R = Region, L = Landsdel.

Undersøgelser af de regionale forskelle med afsæt i demografiske forskelle

Det er undersøgt om demografiske (alders- og kønssammensætning) forskelle kan bidrage til de regionale forskelle i incidens. Risiko for legionærsygdom stiger med alderen (Delrapport 1, figur 2-2), herudover rammes mænd hyppigere end kvinder (forhold mellem kvinder og mænd er i Danmark for

dansksmittede ca. 1:1,5), derfor kan demografiske forskelle i disse forhold spille en rolle for incidensen. Konklusionen var, at forskelle i alders- og kønssammensætningen kun har lille (ikke signifikant) betydning for de observerede regionale forskelle, dog har fx København en yngre befolkningssammensætning end resten af landet, men det bidrager kun marginalt til den lave incidens her (tabel 3-1) [2021 Cassell]. Det er ligeledes undersøgt om regionale forskelle i testintensitet (og metoder anvendt) kan bidrage til forskellene. Konklusionen er også her, at disse forskelle kun i nogen grad kan bidrage til de regionale/kommunale forskelle i de registrerede incidenser [2021 Robesyn].

Undersøgelser for 4 byer med henblik på at afklare årsager til de regionale forskelle

I 2020 gennemførtes en undersøgelse af vandprøver i forbindelse med det tværministerielle arbejde om legionellasmitte, for at belyse om der er sammenhæng mellem kolonisationsrater, niveauer af *Legionella*, legionellatyper og incidenser [2021 Projekt 2, tværministerielle arbejdsgruppe; Uldum 2022]. Der blev udvalgt to byer (Randers og Odense) med høje incidenser (10 til 10,3 tilfælde pr. 100.000) og to byer (Aalborg og Esbjerg) med lave incidenser (2 til 2,3 tilfælde pr. 100.000).

Fireogtyve til 30 bygninger (beboelsesejendomme) i hver by blev udvalgt til vandprøvetagning, idet der blev udtaget den første liter (straksprøver) og yderligere en liter efter et minut. Niveauer af *Legionella* blev bedømt ved dyrkning, og yderligere blev for hver anden bygning analyseret ved qPCR. Legionellaisolater (delvist tilfældigt udvalgt) blev bestemt til sero-/subgruppe og sekvenstype (sekvenstyper bestemt fra helgenomsekvenser).

De overordnede resultater er, at alle fire byer havde høje *L. pneumophila* kolonisationsrater fra 68% (Esbjerg) til 87,5% (Odense) og høje niveauer > 10.000 cfu/l blev målt i alle fire byer fra 28% og 12% (Esbjerg) til 53% og 33% (Odense) for hhv. straksprøver og prøver efter et minut. Trods disse forskelle var der ikke signifikant forskel på rater eller niveauer mellem byerne.

De mikrobiologiske fund (legionellatyper) fra vandprøverne blev sammenholdt med mikrobiologiske fund fra patienter i de omtalte byer (match på postnumre hvorfra prøverne blev taget).

Der blev fundet ret store forskelle på de *L. pneumophila* typer, der blev påvist i byerne. I Odense blev der fx fundet en høj diversitet og forekomst af *L. pneumophila* serogruppe 1 subgruppe OLDA/Oxford ST1 (i 20% af anlæggene). Typen er hyppigste årsag til legionærsygdom i Danmark (ca. 20% af dyrkningspåviste tilfælde) og er også hyppigste årsag til legionærsygdom i Odense (25% af dyrkningspåviste tilfælde). Denne type blev ikke påvist i de andre byer (hvor den i Randers også kun er årsag til 4% af dyrkningspåviste tilfældene, og hvor der for de to andre byer ikke er påvist tilfælde). I Aalborg blev serogruppe 1 slet ikke påvist, og den blev kun påvist i ét anlæg i Esbjerg (4%).

Hovedkonklusioner fra undersøgelserne vedr. Aalborg, Randers, Esbjerg og Odense

Konklusion på den omtalte undersøgelse [2021, Projekt 2, tværministerielle arbejdsgruppe; 2022, Uldum] var at regionale forskelle i høj eller nogen grad kan skyldes følgende forhold:

A høje incidenser: 1: Høj rate af koloniserede anlæg, høje niveauer af *L. pneumophila* og høj forekomst af intermedært smitsomme typer som serogruppe 1 OLDA/Oxford (non-"Pontica"; lag-1 negativ) - eksemplificeret ved Odense. 2: Relativ høj rate af anlæg koloniseret med *L. pneumophila* af en lav- til intermedier smitsom type (ST87 som er næst hyppigste årsag til legionærsygdom i Danmark), samt en sporadisk forekomst af smitsomme/virulente serogruppe 1 typer ("Pontiac"; lag-1 positive) - eksemplificeret ved Randers.

B lave incidenser: 1: Ingen (eller lille) forekomst af *L. pneumophila* serogruppe 1 og generel lav forekomst af smitsomme typer - eksemplificeret ved Aalborg. 2: Relativt lav koloniseringsrate og relativt lave niveauer af *L. pneumophila* samt lille forekomst af *L. pneumophila* serogruppe 1 og andre smitsomme typer - eksemplificeret ved Esbjerg.

Forskellige forhold med betydning for hovedkonklusionerne

Der kan ikke gives en entydig forklaring på disse forskelle. Odense skilte sig dog ud fra de andre byer ved at langt de fleste anlæg var forsynet med varmtvandsbeholdere (90%), mens denne andel var meget lavere i de andre byer (Randers 0%, Aalborg og Esbjerg 12%). Det er velkendt, at varmtvandsbeholdere kan udgøre en risiko for vækst af *Legionella* specielt ved overdimensionering. Temperaturforholdene (målt efter et minut) var generelt lave og for > 50% af systemerne var temperaturen < 50 °C (gennemsnit fra 48,1 og 50,8 °C). Der var ingen forskel af betydning mellem byerne. I undersøgelsen blev temperaturen fundet at være signifikant korreleret til målte niveauer af dyrkbare *Legionella* både for straksprøver og for prøver efter et minut (*p* værdier hhv. 0,0074 og 0,0015). Dog skal det ikke forstås således, at man ud fra en temperaturmåling kan forudsige legionellaniveaue, men risikoen for høje niveauer falder med stigende temperatur (2022, Uldum).

Trods relativt ens temperaturforhold i anlæg fra de fire byer, var der alligevel forskelle både på niveauer og typer af *Legionella* i varmtvandsystemerne. Andre faktorer har derfor betydning for disse forhold, herunder antageligt både den kemiske og biologiske vandkvalitet (se afsnit 4).

Eventuelt kan kalkniveauet have en betydning. Brugs vandet i Danmark er generelt ret hårdt men med visse forskelle. Mens vandet i Aalborg, Randers og Odense generelt er medium hårdt til hårdt (12 til ≤ 18 °dH), er vandet i Esbjerg blødt til medium hårdt (8 til ≤ 12 °dH) [2021(Geological Survey of Denmark)], hvilket eventuelt kan være medårsag til det lidt lavere legionellaniveau i Esbjerg.

Niveauet af assimilerbart organisk kulstof (AOC, både tilført og fra rør og fittings) har betydning for dannelse af en biofilm hvor *Legionella* kan vokse. *Legionella* er fakultativt intracellulære bakterier og tilstedeværelse af amøber og andre protozoer (også visse flercellede organismer kan være vært) er en forudsætning for kraftig vækst og udvikling til et infektiøst stadie. For at der kan være protozoer i et vandsystem, kræves det, at der er føde tilstede (organisk materiale og mikroorganismer), altså en udviklet biofilm. Tilstedeværelse af et for stort og gunstigt fødegrundlag for protozoerne kan dog være negativt for *Legionella*, idet deres værtsorganismer kan "vælge" at indtage andre bakterier end *Legionella*, som derved kan udkonkurreres (idet *Legionella* netop er afhængig af at blive betragtet som føde). Visse protozoer kan desuden optage og fordøje *Legionella*, ligesom vækst af visse bakterier (de stoffer de udskiller) kan være toksiske for *Legionella*. Det er meget komplekse interaktioner, som først i disse år er ved at afklares hjulpet godt på vej af avancerede sekventeringsteknikker, idet kun en lille del af de mikroorganismer, der er i et vandsystem, kan dyrkes.

Et ret stort mysterium er hvorfor de mest smitsomme typer er så sjældne i miljøet. Nogle af de mest smitsomme (ST47, ST63 og ST23) bliver meget sjældent påvist i miljøet (og hidtil aldrig i Danmark). I Danmark ser vi ingen til meget få sygdomstilfælde forårsaget af disse typer (oftest i forbindelse med udlandsrejse), mens de i andre lande er de hyppigste årsager til legionærsygdom (ST47 UK, Frankrig og Holland, ST63 Tjekkiet (også hyppig andre steder) og ST23 Italien). Disse typer har desuden udbrudspotentiale (fra køletårne, spa-bade mv.).

Årsagen til at der er meget få udbrud/ophobninger i Danmark er antageligt at disse typer (og andre lignende) ikke er (eller meget sjældent er) tilstede i Danmark. Det er tankevækkende, at disse typer

oftest påvises (ved udbrud) i vandprøver fra biocid behandlede anlæg (om end ikke tilstrækkeligt behandlede) som køletårne, spa-bade og hotellers vandforsyning.

I Danmark er langt de fleste varmtvandssystemer (jævnfør ovenstående undersøgelse) koloniseret med lavvirulente til intermediært virulente typer, hvilket også afspejler sig i de typer, der findes hos patienter (70% af dansksmittede). Hvis man laver det tankeeksperiment, at vi i Danmark stort set kun brugte *L. pneumophila* Urin Test til diagnostik af legionærsygdom, som man gør i andre lande (i stedet for PCR), ville den danske incidens kun være ca. halvt så høj, som den, vi påviser.

Foreløbige konklusioner angående den danske incidens og de regionale forskelle

Den høje danske incidens skyldes høje kolonisationsrater og høje niveauer af lav- til intermediært smitsomme *L. pneumophila* typer sammenholdt med høj testaktivitet og anvendelse af PCR som primær diagnostisk test.

Regionale forskelle skyldes i nogen grad både demografiske forskelle og forskelle i testaktivitet, men lokal forekomst af mere smitsomme typer er antageligt den faktor, der har størst betydning. Herudover er der tilsyneladende også lokale forskelle på legionellaniveauerne i varmtvands-systemerne, som også kan have en betydning.

Det skal dog understreges, at langt fra alle tilfælde af legionærsygdom skyldes koloniserede varmtvandssystemer i boligejendomme, eventuelt skyldes op til 50% af tilfælde smittet i Danmark andre smittekilder. I relativt få tilfælde kan smitte spores til hospitaler, hoteller, badelande og arbejdspladser. Eksterne kilder som køletårne mv. kan også være smittekilder i Danmark og kortvarige udbrud kan lokalt have indflydelse på incidensen, som det sås i Odense 2015-2016 [2016 EPI-NYT, Uge 42/43].

3.2 Stigning i incidensen af legionærsygdom i Danmark

Over de sidste syv år (siden 2013) er der sket en markant stigning i antal registrerede tilfælde af legionærsygdom, incidenser var således i 2013 ca. 2 tilfælde, i 2015 ca. 3,3 tilfælde og i perioden 2017 til 2020 fra 4,6 til 4,9 tilfælde per 100.000 indbyggere.

Det skal dog bemærkes, at fra 2015 intensiveredes overvågningssystemet så mikrobiologiske data registreret i [MiBa] er blevet brugt til registreringen. Det har alene givet en merregistrering på omkring 20%, hvorfor antallet for 2011 til 2014 er undervurderet. Derfor var der antageligt reelt flere tilfælde i 2014 (vurderet incidens mindst 3,6 tilfælde pr. 100.000) end i 2015. Uanset dette er stigningen fra 2016 (ca. 3 tilfælde pr. 100.000) til 2017 (4,9 tilfælde pr. 100.000), hvor overvågningssystemet har været det samme markant og uforklaret.

I perioden fra 2013 til 2019 er der set en samtidig stigning for alle kategorier af legionærsygdom (rejserelaterede, relaterede til sundhedsvæsenet og samfundserhvervede). Idet antallet af rejserelaterede tilfælde er steget med samme frekvens som samfundserhvervede tilfælde, kan man fremsætte to hypoteser – 1: Stigningen skyldes helt eller delvist en global trend (som Danmark er en del af), som er uforklaret eller 2: Stigningen skyldes øget diagnostisk aktivitet. Begge dele kan naturligvis bidrage, men testaktiviteten steg ikke markant fra 2016 til 2017 i Danmark.

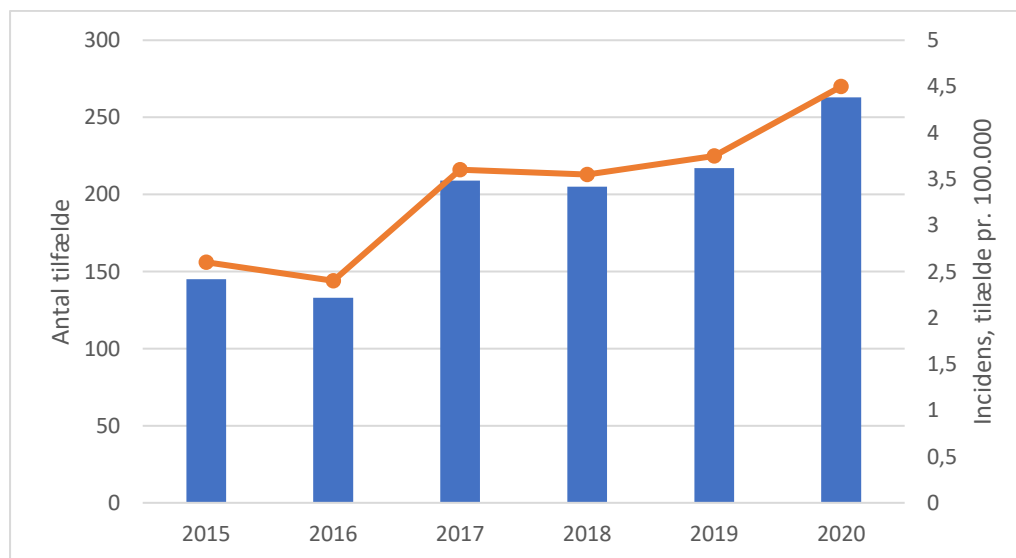
Sammenholdelse af stigningen og analysegrundlaget med udlandet

Som vist i afsnit 2.2 og 2.3 har der både i Europa og USA (og andre lande) været en tilsvarende stigning i antal tilfælde af legionærsygdom, så trenden er mere eller mindre global.

Vurdering af testaktivitet i USA er, at der ikke har været så markant en stigning, at den alene kan forklare stigningen i incidens [2020 Management of *Legionella* in Water Systems]. I Danmark har vi analyseret testaktiviteten fra 2014 til 2018 [2021 Robesyn], og fundet at testaktiviteten er steget hen over årene og sandsynligvis har bidraget til den højere registrering. Testaktiviteten er specielt steget i nogle områder af Danmark, fx Københavns omegn og Syddjylland og har her angiveligt haft en betydning for en højere registrering. Det overordnede antal analyser steg også marginalt fra 2016 til 2017, mens antallet af personer, der blev undersøgt, var på samme niveau de to år. Testaktiviteten har derfor sandsynligvis kun haft en ringe indflydelse på stigningen fra 2016 til 2017.

Testaktiviteten i Danmark er høj med 300 til 400 undersøgte personer pr. 100.000 pr. år (dog med geografiske variationer). Den høje testaktivitet bidrager sandsynligvis til den høje danske incidens (data for testintensitet fra udlandet findes dog ikke), og gør det samtidigt muligt at påvise udsving i antal tilfælde (idet kun 1 – 2% af undersøgte er positive, er der en betydelig "overdiagnosticering").

Som nævnt har der trods forskelle i incidens, været omtrent samme forhold mellem tilfælde smittet i udlandet og tilfælde smittet i Danmark (omkring 20 til 25% er almindeligvis knyttet til rejse i udlandet). Dette ændrede sig dog i 2020, hvor rejseaktiviteten faldt markant pga. COVID-19 pandemien og de dertil knyttede rejserestriktioner. Alligevel registrerede vi ikke et fald i antal tilfælde af legionærsygdom i Danmark (som man gjorde i de fleste andre lande, se afsnit 2.2). Dette betød en stigning på 25% i antal tilfælde smittet i Danmark i forhold til 2017 til 2019 (figur 3-4) og en stigning på 90% i forhold til 2015 og 2016 (samme overvågningssystem). Stigningen i 2020 var specielt høj i landsdelen Københavns omegn, Nordsjælland og Syddjylland. For Fyn var incidensen på samme høje niveau som året før (tabel 3-1).



Figur 3-4. Antal registrerede tilfælde af legionærsygdom hvor smitte kan henføres til Danmark fra 2015 til 2020 (blå søjler venstre akse) og incidensen som tilfælde per 100.000 (orange kurve højre akse).

I 2020 har testintensiteten eventuelt været medårsag til de flere registrerede tilfælde, idet testaktiviteten steg samtidigt med at antallet af patienter indlagt med SARS-CoV-2 infektion steg. I 2020 blev der således undersøgt 37% flere personer for *Legionella* med *L. pneumophila* PCR end året før (stigning fra 17.500 til 24.000). Det vides ikke, om der er en kausal sammenhæng mellem disse to forhold. I givet fald kan det tyde på at en forøget testaktivitet alligevel kan "afsløre" flere tilfælde

som normalt (tidligere) ikke bliver diagnosticeret. Andre faktorer kan dog også spille ind på det højere antal tilfælde i 2020, idet COVID-19 og nedlukningen også ændrede mange andre ting i samfundet, herunder mere hjemmearbejde og helt eller delvis nedlukning af institutioner, hoteller, fitnesscentre, restauranter, arbejdspladser mv. Dette medførte et generelt lavere vandforbrug og mange anlæg havde ingen eller stærkt reduceret forbrug af varmt vand, hvilket har medført lange opholdstider med øget risiko for legionellavækst [2021 Legionella årsopgørelse 2020], [2021 Projekt 2, tværministerielle arbejdsgruppe].

3.3 Betydningen af beboernes alder og sundhedstilstand

Som angivet i del 1, afsnit 2.5 "Risiko for legionella-smitte og -sygdom" stiger risikoen for legionærsygdom med alderen, herudover er der en lang række andre præ-disponerende faktorer som underliggende kronisk sygdom, rygning, alkoholisme, rejseaktivitet mv.

Hvert år opgøres legionellatilfælde på smittekategori (samfundserhvervet, rejseassociation, hospitals- og institutions-association samt en gruppe af ukendt kategori). Herudover opgøres mortaliteten for hver kategori. I figur 3-5 er der en opgørelse for 2020. Som det ses, er mortaliteten lavest for rejseassocierede tilfælde og højest for tilfælde med hospitalssmitte og smitte associeret til institution (primært plejehjem), men disse to sidste kategorier udgør kun 9 % af alle tilfælde (hvilket er ret konstant fra år til år).

Tabel 1. Antal tilfælde af legionærsygdom i 2020, fordelt på smittekategori og vitalstatus

Smittekategori	Samlet antal	Heraf antal døde	Døde i procent
Samfund Danmark	209	26	12
Rejse Danmark	7	0	0
Hospital	9	2	22
Institution/plejehjem	16	8	50
Ukendt*	22	3	14
Rejse udlandet	15	0	0
I alt	278	39	14

*Mest sandsynligt smittet i Danmark idet der ikke er oplysninger om udlandsrejse

Kilde: [2020 SSI – Legionella årsopgørelse 2019]

Figur 3-5. Antal tilfælde af legionærsygdom i 2020, fordelt på smittekategori og vitalstatus.

Langt den største andel udgøres af samfundssmittede (som havde en meget høj andel i 2020 pga. lille rejseaktivitet). De fleste samfundssmittede antages at være smittet fra boligens varmtvandssystem. Der er udarbejdet en opgørelse under det tværministerielle arbejde der ser på boligformer for samfundssmittede [2021, McManus]. Udover at der var signifikante forskelle mellem landsdele (se afsnit 3.1 "Geografisk fordeling af incidensen"), var en øget risiko for at være patient forbundet med at bo i en lejlighed i stuen (gadeplan) (OR 2,15), bo til leje (OR 1,76), eller bo i et mindre hus. Herudover blev der ikke fundet støtte for vores hypotese om, at fjernvarme øgede risikoen for legionærsygdom. Legeledes blev der ikke påvist sammenhæng mellem bygningers alder og risiko for legionærsygdom. Odds for at være case var højere blandt personer som boede i provinskommuner (OR 1.28) sammenlignet med personer der boede i landkommuner. Det blev dog bemærket, at "disse forskelle kunne tænkes at skyldes confounding, således at den egentlig risiko snarere er lav socioøkonomisk status end boligform".

4 VANDKVALITETSDATA FOR DANMARK OG DERES INFLUENS

4.1 Relevante danske vandkvalitetsdata geografisk fordelt

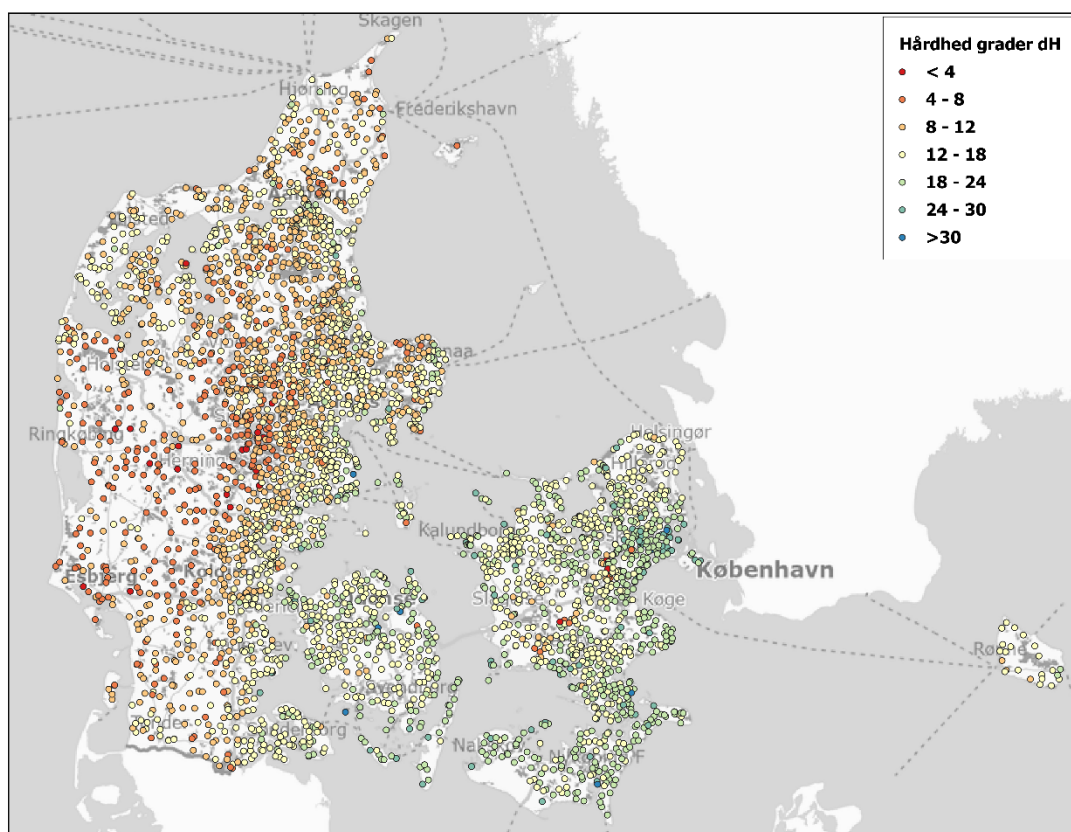
Vandkvaliteten karakteriseres ved både fysisk/kemiske og mikrobiologiske parametre. I Danmark anvendes grundvand til drikkevand. Dette vand ender som både koldt og varmt brugsvand og kan være en potentiel kilde til *Legionella*. Da incidensen af legionærsygdom varierer over Danmark, spekuleres det derfor i, hvorvidt geografiske forskelligheder i vandkvaliteten kan have en betydning. Der tages i den sammenhæng udgangspunkt i danske vandforsyninger, og når geografiske forskelle vurderes skal man have for øje, at der er færre vandværker i den vest- og nordlige del af Danmark sammenholdt med resten af landet. Man kan dog stadig uden problemer sammenligne vandkvalitetsparametre.

Vandets kemiske sammensætning varierer over Danmark og ned gennem jorden og er blandet andet bestemt af, hvilke jordlag, det befinder sig i, iltindhold samt vandets optag af kemiske stoffer fra sine omgivelser. Vandkvalitetsparametre, der vurderes særlig interessante i forhold til biofilmsammensætning og forekomst af *Legionella* omfatter vandkemi (temperatur, pH, opløst ilt, hårdhed) i vandforsyningsnettet og i rørsystemet i bygninger samt niveauer af næringsstoffer (organisk stof, kvælstof, fosfor og sporstoffer). Betydningen af temperatur for den geografiske spredning af incidens af legionærsygdom er beskrevet i afsnit 5, hvor dette afsnit vil beskrive de fysisk/kemiske parametre.

4.2 Vandets hårdhed geografisk fordelt

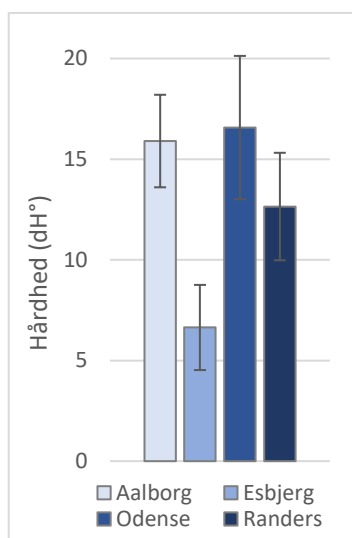
Det er vist, at fx calcium kan øge vedhæftning af bakterier i den tidlige biofilmdannelse, ligesom det formodes, at biofilm i sammenhæng med kalkaflejringer kan være sværere at bekæmpe. I litteraturen er der ikke vist sammenhæng mellem vækst af *Legionella* og vandets hårdhed, men der er vist sammenhæng mellem hårdhed og øget vedhæftning af *Legionella*, tilstedeværelsen af *Legionella* i vandprøver [2011 Bargellini], samt reduktion af effekten af legionelladesinfektion [2021 Muškovic].

I Østdanmark er der kalk i jorden og dermed hårdt vand. I Vestjylland er jorden sandet og uden kalk og dermed er vandet blødt og mere surt. Et kort over hårdhed af drikkevandet (medianværdier for vandværker, data udtrukket fra Jupiter (Den Nationale Boringsdatabase, GEUS 2021) kan ses på figur 4-1.



Figur 4-1 Hårdhedsgrader for drikkevand som medianværdi for danske vandværker (data er udtrukket fra Jupiter (Den Nationale Boringsdatabase), GEUS, 2021).

Det kan spekuleres i, om denne øst-vest-variation i vandets hårdhed har betydning for de geografiske forskelle i incidens af legionærsygdom. Generelt ses lavere incidens i Vestjylland (Figur 3-1), der understøtter, at calcium kan fremme forekomst af *Legionella*. Som eksempel ses en lav incidens i Esbjerg, hvor den gennemsnitlige hårdhed ligger omkring 5 mod en højere incidens i Odense og Randers, hvor den gennemsnitlige hårdhed ligger omkring 12-15 (se figur 4-1 og 4-2).

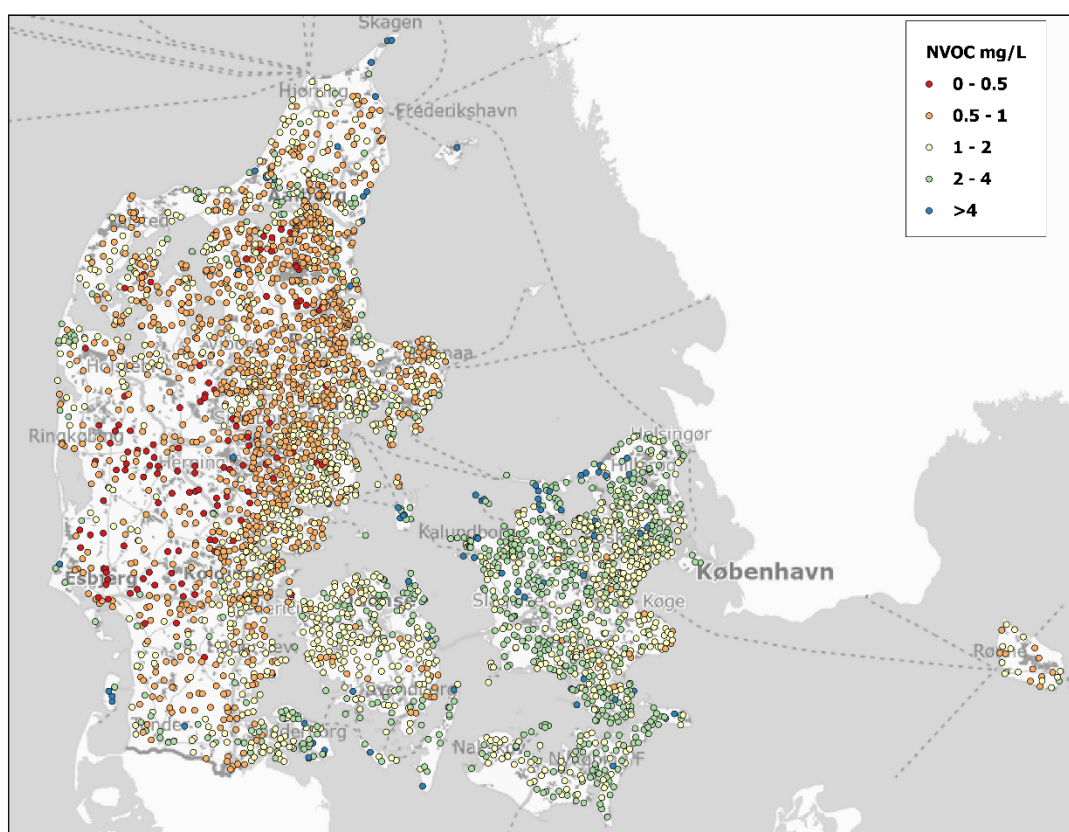


Figur 4-2. Hårdhed i udvalgte byer bestemt som gennemsnit for behandlet vand afgang vandværk.

Samtidig observeres også det modsatte, som det er tilfældet for Aalborg, hvor der er lav incidens af legionærsygdom, men hvor vandets gennemsnitlige hårdhed er bestemt til 15 (Figur 4-2). Andre undtagelser er lav incidens for København, hvor hårdheden er høj og en høj incidens i Ringkøbingområdet, hvor hårdheden er meget lav. Det konkluderes, at hårdhed givetvis kan have en betydning for biofilmsammensætning og bekæmpelse af biofilm, hvorfor fx høje calciumkoncentrationer og dermed større kalkudfældninger kan fremme risikoen for *Legionella*. Men parameteren kan ikke alene forklare geografiske forskelle i incidens af legionærsygdom.

4.3 Vandets NVOC-indhold geografisk fordelt

Grundvand med højt indhold af organisk stof optræder flere steder i Danmark. I dele af Vest- og Midtjylland er der steder hvor grundvandet indeholder så store mængder organisk stof, at vandet kan være misfarvet heraf (brunt vand). Med udgangspunkt i Jupiter (Den Nationale Boringsdatabase, GEUS 2021) viser det sig dog, at grundvand med ikke-flygtigt-organisk-kulstof (NVOC)-indhold >4 mg/L forekommer spredt over landet, men er mest almindelig på Sjælland, på Als, i den sydvestlige del af Sønderjylland og rundt om Odense (Se figur 4-3), hvilket nærmere afspejler en problematik med at skaffe tilstrækkeligt uproblematisk grundvand til indvinding snarere end en geografisk fordeling. En anden kilde til organisk stof i drikkevand kan være afsmitning fra plastrør og fittings.



Figur 4-3: NVOC-indhold for drikkevand som medianværdi for danske vandværker (data udtrukket fra Jupiter (Den Nationale Boringsdatabase, GEUS 2021).

Niveauet af organisk stof er dog generelt lavt i drikkevandssystemer baseret på grundvand, som er tilfældet i Danmark, og der er krav om at fjerne organisk stof til et NVOC-indhold < 4 mg/L for det behandlede drikkevand [BEK nr 1110 af 30/05/2021]. I et Hollandsk studie, hvor drikkevandsressourcen også er grundvand, er det vist at et AOC-indhold omkring $5-10$ $\mu\text{g/L}$ (dvs. assimilerbart organisk kulstof, der angiver den biologisk omsættelige del af det organiske stof) gav anledning til lavere antal *L. pneumophila* i drikkevandssystemet [2017 van der Kooij et al] i forhold til højere AOC-indhold. Studiet viste yderligere, at der var korrelation mellem AOC-indhold, biofilmkoncentration og vækst af *L. pneumophila*, hvor der ikke sås vækst under AOC-niveauer på 1 $\mu\text{g/L}$. Yderligere studier støtter disse observationer [2019 Learbuch et al]. Modsat er det observeret i varmtvandssystemer, at PEX og andre varmeresistente fleksible polymerer kan afsmitte organisk stof, der kan stimulere generel bakteriel vækst, mens [Williams et al, 2015] og [Proctor et al 2017] fandt, at der ikke var nogen sammenhæng mellem organisk indhold og vækst af *Legionella*.

Legionella er heterotrofe, dvs. de benytter en organisk kulstofkilde. Bakteriens vækst er dog primært associeret med amøber og andre protozoer i biofilmen. Derfor vil en reduktion i organisk stof generelt formodes at kunne reducere biofilm, amøber og *Legionella*, og kan måske endda benyttes som en strategi for begrænsning af legionellavækst. Men da vandets indhold af organisk stof, fx målt i form af NVOC, ikke viser nogen særlig geografisk fordeling, kan der ikke umiddelbart findes synlige geografiske sammenhænge mellem incidens af legionærsygdom og indhold af organisk stof (Figur 4-3).

4.3 Vandets jernindhold geografisk fordelt

Jern er et essentielt næringsstof for vækst af *L. pneumophila*, og det er vist at jern kan fremme både vækst og virulens af *L. pneumophila* [2000 Goldoni et al]. Jernkoncentrationer i grundvand varierer i høj grad over Danmark fra nogle hundrede $\mu\text{g/L}$ til flere mg/L. Men i behandlet drikkevand skal jern fjernes til under en grænseværdi på $0,2$ mg/L. Derfor rapporteres analyseværdier på det behandlede vand ofte som $<0,2$ mg/L, så det vanskeliggør en vurdering af geografiske forskelle, der kan have en betydning for variationer i incidens af legionærsygdom. En begrænsende effekt på *Legionella* ved meget lave jernkoncentrationer er observeret ved værdier $<0,02$ mg/L, men værdierne vil potentielt være højere i drikkevandssystemet grundet behandlingskravet til $0,2$ mg/L.

En mulighed for et bidrag til geografiske forskelle i jernkoncentration i både koldt og varmtvandssystemet, og dermed en påvirkning af tilstedeværelse af *Legionella*, er rørmaterialet. Jernrør har vist sig at fremme biofilmdannelse sammenlignet med andre materialer [2000 Norton and LeChevallier], og vil dermed også risikere at fremme tilstedeværelsen af *Legionella*. Det er dog heller ikke på denne baggrund muligt at dokumentere geografiske sammenhænge, da det kræver kendskab til forekomsten af jernrør i vandsystemerne.

4.4 Vandets sporstofindhold geografisk fordelt

En række studier viser at kobber- og sølv-ioner kan inhibere vækst af *L. pneumophila* ved at ødelægge cellevæggen og efterfølgende optag af næringsstoffer [fx 2019 Cloutman-Green et al, 2019 Learbuch et al, 2018 June and Dziewulski]. De fleste af disse studier viser en effekt af anvendelse af kobber- og sølv-ionisering efter en kolonisering af et system med *Legionella*.

Ligeledes er kobber-rør fundet at resultere i et lavere antal dyrkbare *Legionella* [2017 Proctor et al, 2002 Pringler et al]. Der er dog også studier, der modsiger dette [fx 2014 Buse et al]. Muligvis kan disse modstridende observationer forklares ved, at nye kobber-rør er i stand til at inhibere *L. pneumophila* ved at frigive kobber-ioner, mens denne effekt reduceres over tid [2005 van der Kooij et al]. En anden mulig årsag er, at effekten ikke kan ses ved højere temperaturer (>53°C), hvor temperaturen begrænser vækst og rørmaterialet bliver ubetydeligt [2017 Proctor et al]. En sidste mulighed er, at kobber inducerer mængden af ikke-dyrkbare (VBNC) *L. pneumophila*, hvorfor et lavere antal *Legionella* vil registreres ved dyrkning efter eksponering for kobber [2019 Learbuch et al]. Derudover kan *Legionella* beskyttes fra kobber- og sølv-ioner, hvis bakterien er associeret med biofilm eller vækst i amøber, ligesom der også er en risiko for at *Legionella* kan udvikle resistens for kobber og sølv, hvilket kan være et problem, da bakterier, der udvikler resistens mod tungmetaller også kan risikere at udvikle antibiotika-resistens [2015 Chen et al].

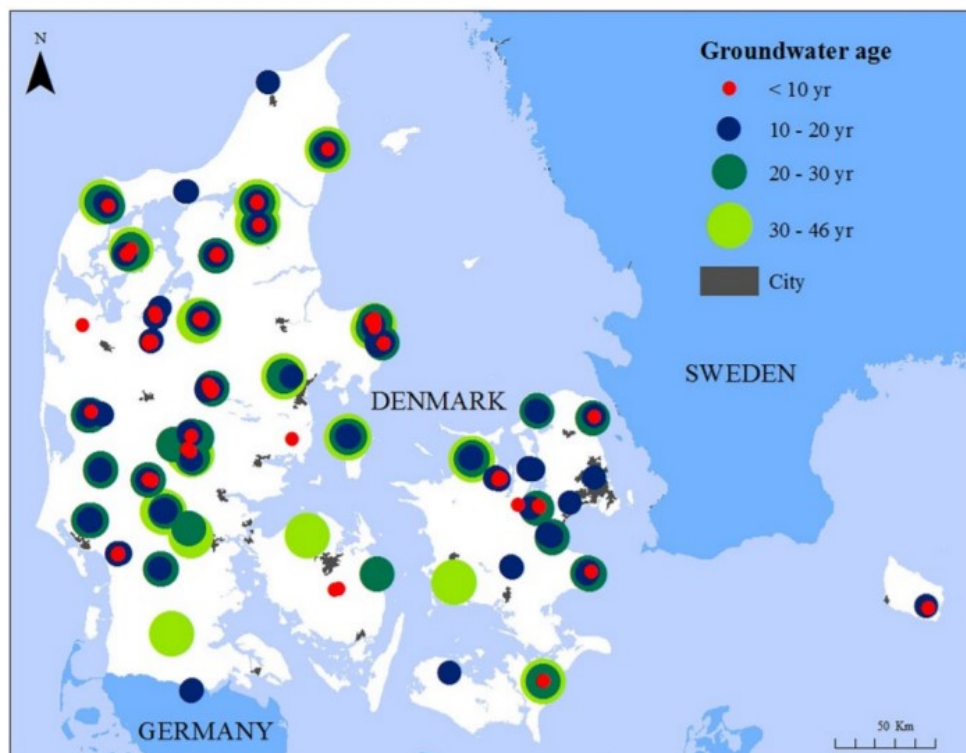
Drikkevand analyseres normalt ikke regelmæssigt for kobber. Et udtræk fra Jupiter (Den Nationale Boringsdatabase, GEUS 2021) viste alligevel et gennemsnitligt indhold af kobber i drikkevand fra både Esbjerg og Aalborg på ca. 8 µg/L baseret på godt 50 målinger fra hvert sted. Det er vist i litteraturen at kobberkoncentrationer selv under 50 µg/L kan have en begrænsende effekt på *Legionella* [2013 van der Kooij], men da der generelt ses lave niveauer af kobber i drikkevand over det meste af Danmark, kan forskelle i kobber-koncentrationer ikke forklare geografiske forskelle i forekomsten af *Legionella*. Dette er naturligvis baseret på målinger i drikkevand som kilde til *Legionella*, hvor man kan formode at finde højere niveauer i kobberrør i varmtvandssystemet.

Lignende observationer er gjort for zink. I litteraturen har zink-koncentrationer selv <100 µg/L vist at kunne begrænse *Legionella* [van der Kooij]. Hermed kunne man formode at se en begrænsende effekt af zink for fx byerne Esbjerg og Aalborg, hvor der er fundet gennemsnitlige værdier på hhv. 40 og 12 µg/L. Denne effekt er dog ikke specifik for et givet geografisk område, da der generelt findes lave zink-koncentrationer i drikkevand over hele Danmark.

4.6 Vandets alder geografisk fordelt

Grundvandets alder over Danmark vil også variere og have betydning for vandkvaliteten, herunder fx grundvandsforureninger. Grundvandets alder er forstået som den tid, det tager, fra vandet falder som regn til det når fx en drikkevandsboring, og fastlæggelsen er baseret på forskellige videnskabelige metoder.

Generelt set bliver vandet ældre med dybden i grundvandsmagasinet, idet vandet efter at have infiltreret den umættede zone vil følge strømningsveje bestemt af geologi og tilførsel af vand ovenfra. Således vil geologi have en effekt på vandets alder, hvor fx sandmagasiner har en simpel transport og minimal opblanding af vand fra forskellige aldre, mens områder med kompleks geologi og ler vil resultere i opblanding.



Figur 4-4 Den geografiske fordeling af vandets alder fra 340 monitoreringer [2017 Hansen et al].

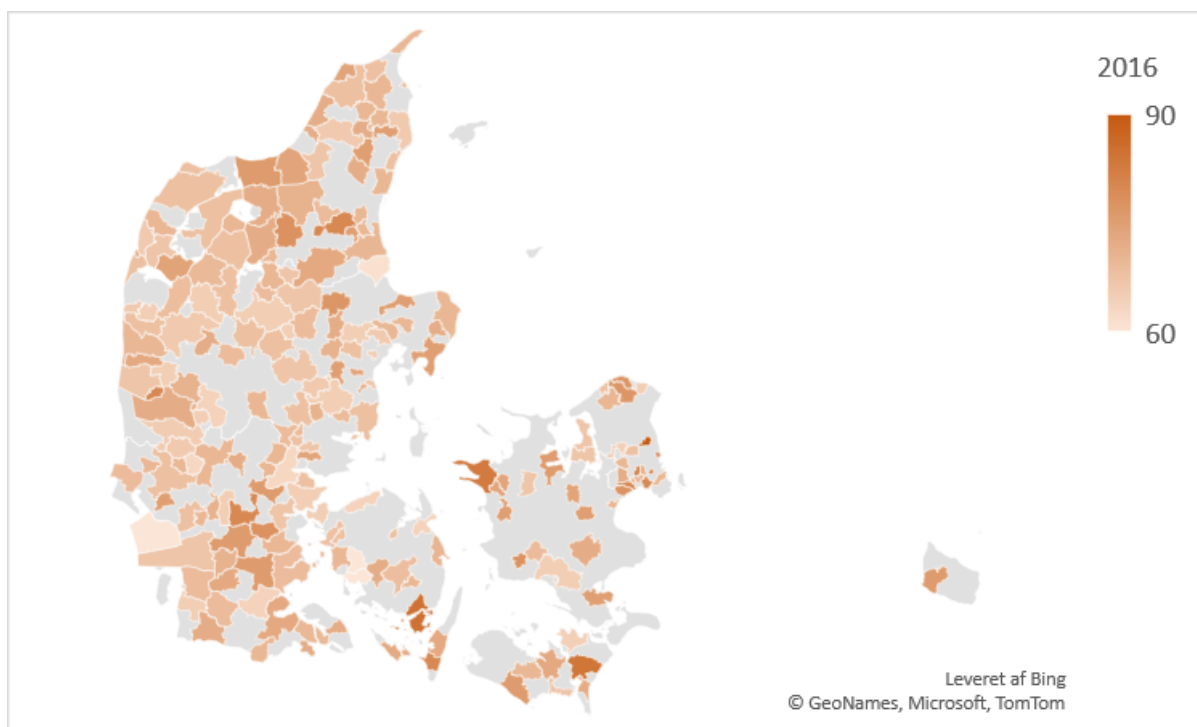
Figur 4-4 er et eksempel fra [2017 Hansen et al], der viser den geografiske fordeling af vandets alder fra 340 monitoreringer. Grundvandets alder blev vist at variere fra 0,3 til 46 år. En tilsvarende undersøgelse har dateret alderen af grundvand fra 0,3 til 84 år i 92 overvågningsboringer [2015 Laier]. I figur 4-4 ses imidlertid ingen tydelig geografisk fordeling af vandets alder over Danmark, hvorfor der ikke kan drages nogen sammenhænge til variation i incidens af legionærsygdom. Vandforsyningen TREFOR har dog udover at aldersdatere grundvand fra 34 til 358 år, dokumenteret bedre biologisk stabilitet i ældre vand [2016 Silkjær].

5 FJERNVARMETEMPERATURER FOR DANMARK OG DERES INFLUENS

5.1 Relevante danske fjernvarmetemperaturdata geografisk fordelt

Dansk Fjernvarme udarbejder løbende forskellige statistikker, jf. [Dansk Fjernvarme-statistik], men den dækker ikke længere de enkelte medlemmers fjernvarmetemperaturer. Tidligere blev der dog hvert år gennemført en spørgeskemaundersøgelse hos medlemmerne, hvor der blev spurgt ind til de aktuelle fremløbstemperaturer sommer og vinter. Spørgeskemaundersøgelsen blev foretaget frem til 2020 og foretages ikke længere, idet antallet af svar fra værkerne er faldet til mindre 60% af foreningens medlemmer. Spørgsmålet om temperaturforhold var en del af foreningens årlige statistikarbejde, som nu er ophørt.

Projektet har fået adgang til statistikdatabasens oplysninger om fremløbstemperaturer for alle indberetninger i perioden 2015 – 2020. Der er anvendt svar fra spørgsmålet om fremløbstemperatur om sommeren. Samme spørgsmål om vintertemperatur giver ca. 7 – 15 °C højere temperaturer. Resultaterne af undersøgelsen fremgår af figur 5-1.



Figur 5-1 Fremløbstemperaturen fordelt efter postnumre.

kilde: Dansk Fjernvarme data 2015-2020

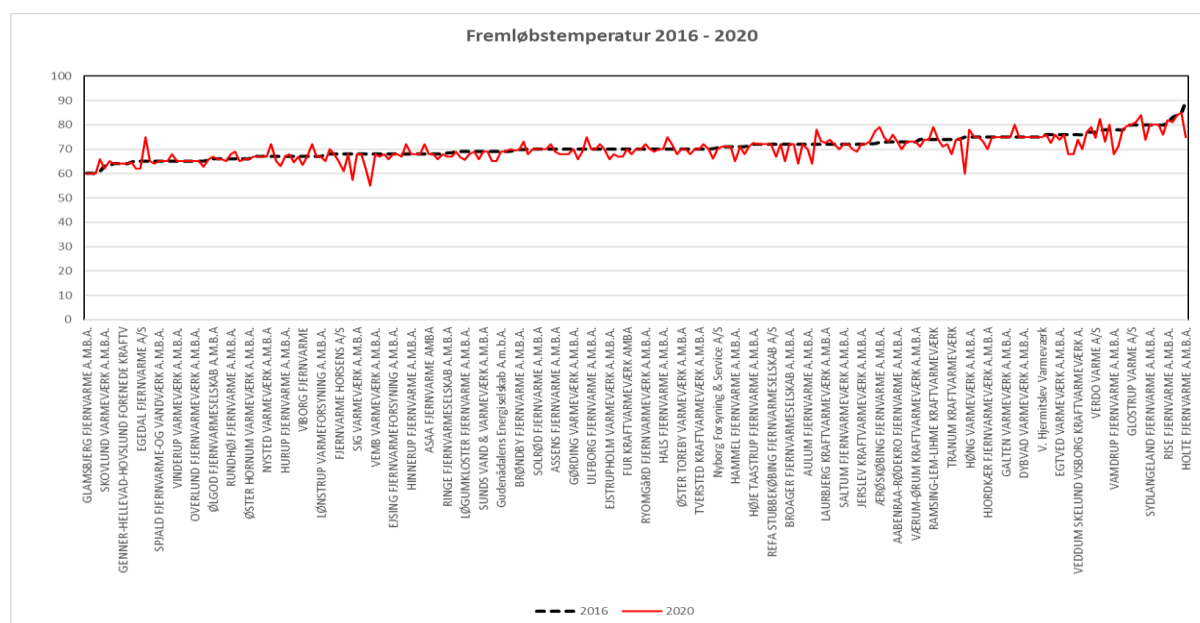
Fremløbstemperaturerne skal forstås som temperaturen afgang værk og er som sådan ikke et udtryk for fremløbstemperaturen hos forbrugeren.

Datamaterialet lider af flere uhensigtsmæssigheder, hvoraf de mest gennemgående er:

- Rapportering for et værk er ophørt.
- Det enkelte værk har ikke indberettet konstant, hvilket betyder huller i datamaterialet.
- Mange værker har forskellige net og der er kun plads til én temperaturoplysning i spørgeskemaet. Det er derfor uklart om der er oplyst den typiske temperatur eller en gennemsnitstemperatur.

Projektet har ikke haft adgang til data, der afgrænser hvert enkelt forsyningsområde geografisk. På figurerne er der anvendt postnummerområder som geografisk afgrænsning. Manglende geografisk dækning er derfor både et udtryk for manglende data i statistikmaterialet og manglende overensstemmelse mellem postnummer på værk og forsyningsnet.

Udviklingen gennem de seneste 5 år fremgår af figur 5.2 hvor ændringen af fremløbstemperaturen er vist.



Figur 5-2 Fremløbstemperaturen for indmeldte fjernvarmeforsyninger i 2016 og 2020.

kilde: Dansk Fjernvarme data 2015-2020

”Huller” i datamaterialet er udbedret ved enten at anvende gennemsnitsværdien på begge sider af huller. Manglede data i begge ender af den 5-årige periode er udbedret ved at forlænge data fra sidst kendte.

Data viser en tendens til sænkelse af fremløbstemperaturen over perioden. Tendensen er dog ikke entydig.

5.2 Fjernvarmetemperaturer geografisk fordelt lokalt

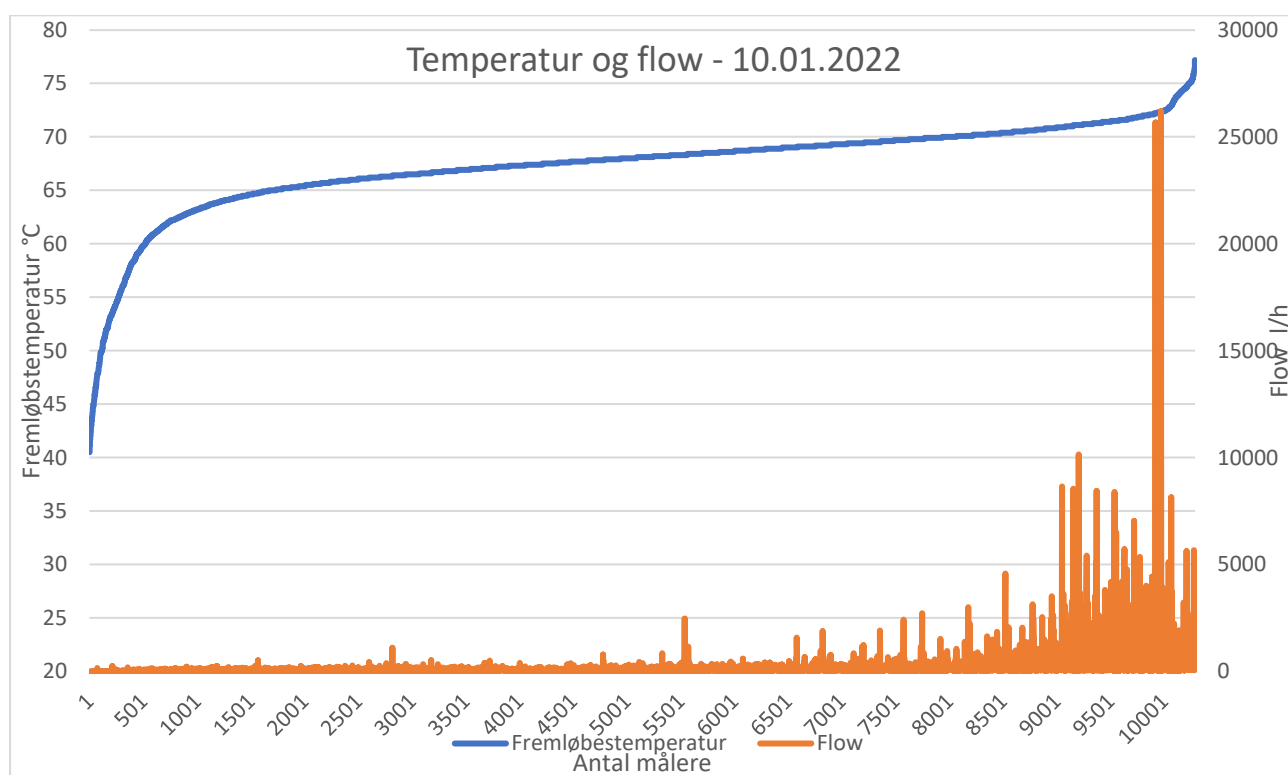
Den aktuelle fremløbstemperatur afhænger af flowet i stikledningen, der igen bestemmes af det nødvendige energiforbrug i den pågældende installation. Da der er et varmetab fra forbrugers stikledning er det nødvendigt at opretholde et vist flow på stikledningen, således varmetabet fra stikledningens fremløbsdel ikke forårsager et stort temperaturløb.

I sommerperioden er der kun forbrug på varmtvandsdelen af installationen, hvilket betyder, at når der ikke anvendes varmt brugsvand, så skal installationen være indstillet således, at der er tilstrækkelig temperatur i varmtvandsproduktionen (tomgangstemperatur). I bestræbelserne på at være energieffektiv, stilles tomgangstemperaturen så lavt som muligt. Denne adfærd tilskyndes af fjernvarmeværkerne via forskellige incitamentstariffer, da lavere temperaturer generelt også betyder billigere drift af såvel distributionsnet og varmeproduktion.

Fremløbstemperaturer på 55°C må anses for at kunne frembringe varmt brugsvand på 50°C i et nyere og velfungerende fjernvarmeanlæg baseret på varmevekslerteknologi i énfamilieboliger.

Større varmeanlæg med cirkulation og højere krav til fjernvarmefremløbstemperaturen må anses for at kunne fungere med 60°C som indgangstemperatur.

Temperaturforløbet i det samlede net er illustreret i nedenstående figur 5.3, hvor forbrugerne (målerne) er vist efter stigende fremløbstemperatur.



Figur 5-3 Fjernvarmetemperaturen ved forbrugernes målere.

kilde: Fredericia Fjernvarme

5.3 Overvejelser angående fjernvarmetemperaturen ift. incidens af legionærsygdom

I et studieprojekt fra VIA University College-Horsens [2020-12-18 VIA Process and temperature analysis] er der i samarbejde med Fredericia Fjernvarme gennemført analyser af fremløbstemperaturen fra enkelte forbrugere. Analysen er baseret på data fra Fredericia Fjernvarmes timeafleste målere og er udført på enfamiliehuse, BBR kode 120. Husene er udvalgt i forskellige net og i forskellige afstande fra varmecentralerne.

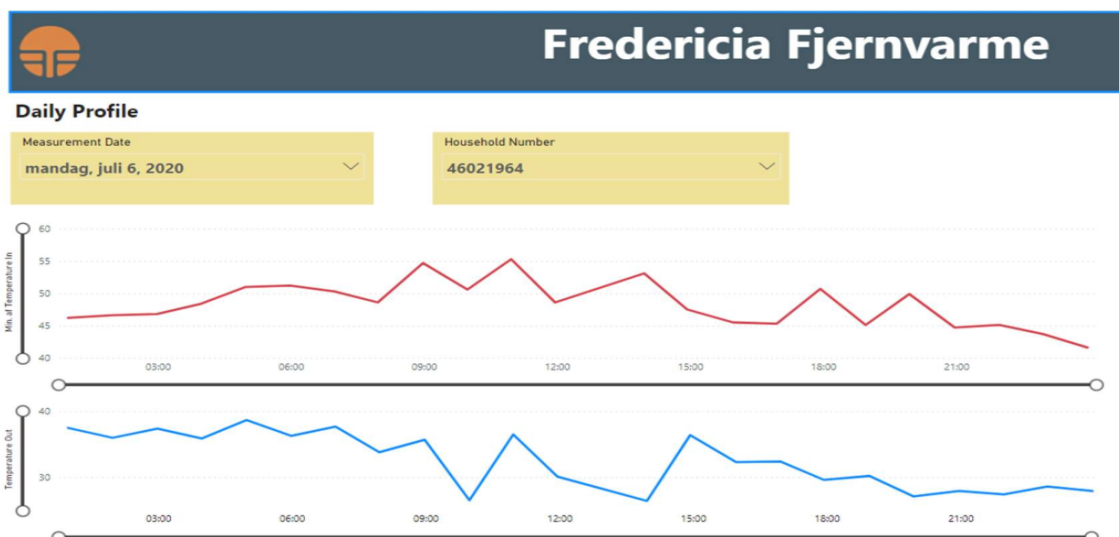


Figure 28 Temperature daily profile published page. In this case, the daily profile on July 6 for a specific household number.

Kilde: [2020-12-18 VIA Process and temperature analysis]

Figur 5-4 Fremløbstemperaturens variation ved målerindgang hos typisk bruger.

Det ses af figur 5-4, hvor rød kurve angiver fremløbstemperaturen og blå kurve returnen, at fremløbstemperaturen kan svinge op til 10 °C, desuagtet at fremløbstemperaturen af værk er konstant.

Samme projekt har set på en større population (100 målere) og fundet, at billedet med en noget lavere fremløbstemperatur hos forbrugerne end den fra fjernvarmeforsyningen leverede er helt typisk blandt de undersøgte installationer, se tabel 5-1. Her lå således i juli og august hhv. 80% og 92 % af de målte fremløbstemperaturer under de forventede 55 °C.

Month	Number of households with DH temperatures below 55°C	Percentage of total (60 households)
July 2020	48	80 %
August 2020	55	91,7 %

Figure 30 Results of the analysis with number of households with DH temperatures below 55°C

Kilde: [2020-12-18 VIA Process and temperature analysis]

Tabel 5.1 Forbrugernes fremløbstemperaturer ved måler relativt fordelt

Den valgte periode indeholder ferieperiode, hvorfor resultaterne kan være påvirket heraf.

Projektet er gennemført af Anita Romby Kruse, Laura Ellebæk Møllerskov og Reena Bausram.

5.4 Sammenfatning vedr. fjernvarmetemperaturens mulige betydning

Der er ikke nogen tydelig geografisk sammenhæng mellem fjernvarmeværkernes fremløbstemperatur og de registrerede incidenser af legionærsygdom.

De lave fremløbstemperaturer, der registreres på fjernvarmemålerne kan være et udtryk for, at vedligeholdelsestemperaturen på det varme brugsvand er indstillet lavere end de anbefalede 50 °C.

6 ANDRE GEOGRAFISK FORDELT INFLUENS

Overvejelser og drøftelser om andre forhold, som kunne spille ind mht. den skæve geografiske fordeling har ført til påpejning og vurdering af bl.a. følgende mulige influensparametre:

- **Spredning af *Legionella* via "udtørrede" vandrester fra producentens trykprøvning:** Der er ikke umiddelbart indikeret sammenhænge, men problemstillingen kan ikke afvises.
- **Geografiske variationer i installationspraksis:** Dette kunne fx være fjernvarmeunits leveret til bestemte geografiske områder og lokale installatørfirmaers virke med særlige principper og komponentvalg. Her er dog heller ikke umiddelbart fået indikationer, bortset fra måske at varmepumper tilsyneladende ofte fastholdes i fabrikantgrundindstillinger.
- **Varmtvandsbeholdere vs. ikke varmtvandsbeholdere?**
- **Overførsel af legionellabakterier via menneskelig spredning:** Det kan fx være ifm. åbne vandsystemer, hvor nogle lande opererer med åbne reservoirtanke, men hvor det i Danmark kunne være fx boblebade; eller det kunne ske via installatørernes arbejde med brugsvandsinstallationerne, men er også mere antydning end konkretisering.
- Human spredning er fremført som en mulighed for en række *L. pneumophila* typer med høj smitsomhed, herunder ST1 som har haft en global spredning fra 1940erne (fremkomst sidst i 1800-tallet) og findes i dag over hele kloden og er hyppigste fund i varmtvandsinstallationer (Kina, Japan, USA og Europa). Typen ST1 har tilsyneladende god tilpasning til miljøet og har et vist sygdomspotentiale (intermediært til højt alt efter tilstedeværelse af *lag-1* genet). Hertil kommer nogle af de mest smitsomme kloner (ST23, ST37, ST47, ST62) som evolutionært er meget unge (fremkomst fra 1943/64 (ST23) til 1998/2002 (ST47)) [2016 David et al]. Disse kloner har generelt dårlig tilpasning til miljøet (påvises sjældent, nok oftest associeret med biocid-behandlede anlæg) men har som nævnt høj smitsomhed, og er i mange lande hyppigste årsager til legionærsygdom. Ovennævnte typer er så godt som aldrig (et isolat siden 2017) påvist i miljøprøver i Danmark og relativt sjældent påvist hos patienter smittet i Danmark (2021 Projekt 2).

Disse parametre er ikke yderligere undersøgt.

7 SAMLET VURDERING AF GEOGRAFISK FORDELT INFLUENS

7.1 Høj dansk incidens af legionærsygdom og med meget stor geografisk variation

Fra delrapportens afsnit 2 og 3 omhandlende incidens af legionærsygdom og geografisk fordeling kan konstateres:

- Der har i Europa såvel som i USA over de seneste år været stigende incidens af legionærsygdom, således at den i EU/EEA 2016 var ca. 1,37 tilfælde årligt per 100.000 og i 2018 ca. 2,2 tilfælde årligt per 100.000. I de fleste lande har der i 2019/2020 været stagnation eller tilbagegang i antal tilfælde.
- Legionærsygdom er ift. andre sygdomme vurderet til at have en høj byrde/omkostning både for den ramte person og for befolkningen som helhed, dvs. sygdomsmæssigt ofte slemt forløb og med samfundsmæssige omkostninger fra behandling og arbejdsfravær.
- Der har over en årrække været – og er stadig en stigende incidens i Danmark, og med i 2020 ca. 4,8 tilfælde årligt per 100.000 er den forholdsvis højere end i de fleste andre lande
- Den høje danske incidens kan være påvirket af at der gennemføres forholdsvis mange test, hvilket kan betyde en højere konstateret incidens end i andre lande, men det vurderes at incidensen under alle omstændigheder er høj og stigende
- Et særligt forhold angående den danske incidens er yderligere, et der er konstateret en meget stor geografisk variation i antal årlige legionellatilfælde. For 4 undersøgte byer varierer den således fra 2 til 10 tilfælde pr. 100.000 personer pr. år, dvs. med en variation i størrelsesordenen en faktor 5. Samtidig skal dog anføres, at disse geografiske forskelle ikke er konstante faktorer, men at en betydelig fluktuation fra år til år er konstateret. Herudover er der andre ydre faktorer (varme, regn, vind mv) end varmtvandssystemer der angiveligt spiller ind.
- I danske varmtvandssystemer er der konstateret høje kolonisationsrater med *L.pneumophila* (~80% vs. ~20% i mange andre lande), hvilket antageligt er medvirkende til den høje forekomst af legionærsygdom i Danmark.
- At lokale forskelle i hyppigheden af legionærsygdom sandsynligvis er korreleret til graden af koloniserede anlæg, niveauer af *L. pneumophila* og ikke mindst lokale variationer i forekomsten af mere eller mindre smitsomme typer. Disse forhold kan være korreleret til forskelle i installationstyper og antageligt den tilgrundliggende vandkvalitet (kemiske og mikrobiologiske parametre).

I arbejdet med statistisk risikovurdering har specielt den store danske, geografiske variation i incidens givet anledning til betydelig opmærksomhed. Hypoteserne for årsagen til dette har bl.a. her været:

- Varierende vandkvalitet i Danmark grundet den betydelige danske geologiske variation.
- Varierende og gennem årene faldende fjernvarmetemperatur, jf. den høje fokusering på at opnå energieffektivisering og lavt CO₂-udslip, herunder via lave fremløbstemperaturer.

Disse overvejelser har afstedkommet pilotundersøgelser angående disse forhold og på baggrund af forholdsvis lettilgængelige data. Dette fremgår af hhv. afsnit 4 og 5, mens afsnit 6 er en angivelse af andre hypoteser fremlagt under diverse brainstorming og drøftelser.

7.2 Konstatninger og konklusioner fra de gennemførte pilotundersøgelser

Med baggrund i afsnit 4 omhandlende den danske vandkvalitets mulige rolle kan konstateres:

- At vandets hårdhed givetvis kan have en betydning for biofilmsammensætning og bekæmpelse af biofilm, hvorfor fx høje calciumkoncentrationer og dermed kalkudfældninger kan fremme risikoen for *Legionella*. Men parameteren kan langt fra forklare geografiske forskelle i incidensen af legionærsygdom.
- At selv om en reduktion i organisk stof generelt formodes at kunne reducere biofilm, amøber og *Legionella* kan der ikke umiddelbart findes synlige geografiske sammenhænge mellem incidens af legionærsygdom og indholdet af organisk stof.
- At selv om jern er et essentielt og eftervist næringsstof for vækst af *Legionella*, så er det vanskeligt i Danmark at vurdere geografiske forskelle, da drikkevandet behandles til <0,2 mg/L. En mulig forskel grundet rør af jern og andre materialer er også vanskelig at kortlægge, da der ikke findes tilgængelige statistikdata, som belyser fordelingen.
- At selv om det vides, at kobber-, sølv- og zinkioner reducerer mulighederne for *Legionella*, så kan der heller ikke via de tilgængelige data udredes noget om den geografiske indflydelse af disse.

Konklusionen heraf er, at det ikke ud fra de gennemførte og begrænsede pilotundersøgelser vedr. vandkvaliteten fremgår signifikante årsager, men på den anden side konstateres forskellige forhold, som kunne antyde en vis sammenhæng. En enkelt parameter kan ikke alene forklare geografiske forskelle og det nærmere (og forventeligt) er en kombination af flere parametre (både temperatur, vandkvalitet men også flow, opholdstid mm.) – plus en masse andet ukendt.

Med baggrund i afsnit 5 omhandlende bl.a. fjernvarmetemperaturens mulige rolle kan konstateres:

- At der med de tilgængelige data over fjernvarmetemperaturernes udvikling over en årrække i nogle tilfælde har kunnet konstateres en vis trend med lavere fremløbstemperaturer, men en granskning ift. til områder med høj incidens af legionærsygdom har ikke vist nogen signifikant sammenhæng.
- At fjernvarmetemperaturen ved indgangen til bygningerne (afregningsmåleren) ofte er betydeligt lavere end temperaturen grundet manglende forbrug, dvs. den reelle fjernvarmetemperatur ifm. brugsvandsopvarmningen kan være vanskelig at bedømme.
- At der i fjernvarmeverdenen er betydelig opmærksomhed på de udfordringer, som legionellasikkerhed kontra energieffektivitet og klima bevirker, og at der savnes afklaringer.

Konklusionen angående fjernvarmetemperaturens mulige rolle ift. udviklingen i incidens af legionærsygdom er, at det bestemt er sandsynligt, at de over en årrække gennemførte energibesparelses- og CO₂-reducerende tiltag har betydning for den danske incidens, men der kan ikke ud fra det tilgængelige, statistiske materiale drages nogen konklusion ift. geografiske variationer i incidens. Samtidig er det vurderingen, at der næppe gennem yderligere undersøgelser af fjernvarmetemperaturens betydning kan findes noget signifikant, specielt da de installations- og tilslutningsmæssige forhold (som det vil være vanskeligt at få data på) er konstateret at have stor betydning. Derimod har der fra fjernvarmesiden været peget på, at en yderligere indsigt i

temperaturens mulige rolle bedst nås gennem bedre indsigt i de installations- og temperaturforhold, som kan have medvirket til de aktuelle tilfælde af legionærsygdom.

I tilknytning til temperaturproblematikken skal anføres, at for lave temperaturer for brugsvandsopvarmning ifm. varmepumper mv. også kan have betydning, men da der ikke haves noget billede af udbredelse af forskellige anlæg, såvel som over installatørernes praksis, kan der ikke angående dette udledes nogle konklusioner vedr. den geografisk fordelte incidens.

Sammenfattende kan konkluderes, at det ikke via de gennemførte – og inden for projektet mulige pilotundersøgelser er lykkedes at udrede signifikante årsager til variationer i incidens over Danmark. Det vurderes således ikke for nærværende muligt at tage hensyn til den konstaterede, betydelige danske geografiske variation i incidens. For det videre arbejde i projektet er det derfor ikke taget højde for geografiske forskelle i incidens.

7.3 Forslag til videre tiltag for afklaring af geografisk variation i incidens af legionærsygdom

De pilotundersøgelser, der er gennemført inden for projektets rammer, har været baseret på en forholdsvis overordnet undersøgelse med indsamling af de lettest tilgængelige data og med umiddelbar visuel vurdering af de frembragte, geografiske kort.

På grund af såvel den høje danske incidens af legionærsygdom, som den konstaterede geografiske faktor 5-variation, vurderes det dog fortsat væsentligt at arbejde henimod en bedre indsigt i årsagerne. Et element i dette kan fx være at sammenkøre data om såvel legionellamålinger og - incidens med de omfattende, tilgængelige data fra GEUS. I dataanalysen med mange data kan samtidig overvejes anvende kunstig intelligens, fx Machine Learning, ved behandling af dataene.

Ligeledes vurderes det af hensyn til den geografiske variation, såvel som til en fremtidig bedre indsigt i de enkelte parametres betydning, vigtigt på sigt at få et bedre samspil omkring afklaring af de forhold, som har spillet ind i de konkrete tilfælde af legionærsygdom. Projektgruppen har i fortsættelse af dette haft drøftelser med Lars Grøn Schjoldager [2022-01-12 Lars Grøn Scholdager], der har betydelig erfaring fra analyser og rådgivning vedr. udbedring af brugsvandsinstallationer efter konstaterede legionellatilfælde. Dette underbygger at øget systematisering og granskning angående brugsvandsinstallationer ved konstaterede tilfælde også kan være et middel til at komme en afklaring nærmere.

REFERENCER

År Hovedforfatter/udgiver – Titel; forfattere, udgivelse, dato

- 2000 Goldoni - Metal complexes of lactoferrin and their effect on the intracellular multiplication of Legionella pneumophila; Goldoni P, Sinibaldi L, Valenti P, Orsi N., Biometals. 13:15-22, 2000
- 2000 Norton - A Pilot Study of Bacteriological Population Changes through Potable Water Treatment and Distribution; Norton CD and leChevallier, Appl. Environ. Microbiol. 66(1):268:276, 2000
- 2002 Pringler - Occurrence of Legionella in Danish Hot water systems in Legionella; Pringler N, Brydov P, Uldum SA, Edt: R.Marre, Y.A.Kwaik, C. Bartlett, N.P. Cianciotto, B.S. Fields, M. Frosch, J. Hacker, P.C. Lück. ASM Press Washington DC. ISBN 1-55581-230-9, 2002
- 2005 van der Kooij - Biofilm formation and multiplication of Legionella in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene; van der Kooij D. Veenendaal HR, Scheffer WJH., Water Res. 39:2789-2798, 2005
- 2011 Bargellini - Parameters predictive of Legionella contamination in hot water systems: Association with trace elements and heterotrophic plate counts; Bargellini A, Marchesi I, Righi E et al, Water Res. 45:2315-2321, 2011
- 2013 Van der Kooij - Legionella in drinking-water supplies. P.127-175. In Microbial growth in drinking water supplies. Problems, causes, controls and research needs; D. Van der Kooij and WJJ van der Wielen (eds.). London, UK: IWA Publishing, 2013
- 2014 Buse - Preferential colonization and release of Legionella pneumophila from matured drinking water biofilms grown on copper versus unplasticized polyvinylchloride coupons; Buse HY, Lu J., Struewing IT, Ashbilt N., Int J Hyg Environ Health. 217:219-225, 2014
- 2015 Chen - Heavy Metal Induced Antibiotic Resistance in Bacterium; Chen S, Li X, Sum G, Zhang Y, Su J, Ye J., LSJC7. Int. J. Mol. Sci. 16:23390-23404.
- 2015 Laier – <https://www.geus.dk/Media/637570924004572754/Datering%20af%20ungt%20grundvand%20ved%20T-He%20metoden%20GEUS%20NOTAT%2005-VA-14-04.pdf>
- 2015 Williams - Relationship between Organic Carbon and Opportunistic Pathogens in Simulated Glass Water Heaters; Williams K, Prudem A, Falkinham III JO, Edwards M. Williams K, Prudem A, Falkinham III JO, Edwards M., Pathogens. 4:355-372.
- 2016 SSI EPI-NYT - EPI-NYT fra Statens Serum Institut, Uge 42/43, 2016; <https://www.ssi.dk/aktuelt/nyhedsbreve/epi-nyt/2016/uge-42-43---2016>
- 2016 Silkjær - Aldersdatering af grundvand på TREFOR Vands kildepladser, Ole Silkjær – Geolog – TREFOR Vand, DANVA, 2016; <https://www.danva.dk/media/3100/45plusaldersdateringplusafplusgrundvandpluspaaplustreforplusvandspluskildepladser.pdf>.
- 2017 European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease in Europe, 2015. Stockholm: ECDC; 2017.
- 2017 Hansen - Groundwater nitrate response to sustainable nitrogen management; Hansen B, Thorling L, Schullehner J, Termansen M, Dalgaard T. Groundwater, Nature. 7:8566, 2017

EUDP Legionellasikring – Delrapport 2: Incidens af legionærsygdom og mulig geografisk influens

2022-11-15

2017 Proctor - Interactive effects of temperature, organic carbon, and pipe material on microbiota composition and Legionella pneumophila in hot water plumbing systems; Proctor CR, Dai D, Edwards MA, Pruden A., Microbiome. 5:130, 2017.

2017 Van der Kooij - Biofilm Composition and Threshold Concentration for Growth of Legionella pneumophila on Surfaces Exposed to Flowing Warm Tap Water without Disinfectant; Van der Kooij D, Bakker GL, Italiaander R, Veenendaal HR, Wullings BA. Biofilm, Appl. Environ. Microbiol. 83:e02737-16, 2017.

2018 June - Copper and Silver Biocidal Mechanisms, Resistance Strategies, and Efficacy for Legionella Control; June and Dziewulski, J.-Am. Water Works Assoc. 110(12):pE13-E35.

2018 Rubin – Why are legionnaires disease diagnosis becoming more common in the United States?; Rubin R., JAMA. 319(17):1753-1754. Doi:10.1001/jama.2018.2196, 2018.

2018 Surveillance - Surveillance Atlas of Infection of Infection Diseases, ECDC, 2019, <https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx>

2019 Cloutman-Green - Controlling Legionella pneumophila in water systems at reduced hot water temperatures with copper and silver ionization; Cloutman-Green E, Barbosa VL, Meng DJ et al.. Am. J. Infect. Control. 47(7):761-766, 2019.

2019 Learbuch - Legionella growth potential of drinking water produced by a reverse osmosis pilot plant; Learbuch KLG, Lut MC, Liu G, Smidt H, van der Wielen PWJJ. Water Res. 157:55-63, 2019.

2020 SSI, 13 maj 2020. <https://www.ssi.dk/sygdomme-beredskab-ogforskning/sygdomsovervaagning/l/legionella-pneumoni-2019>

2019 US Annual - [TABLE 2i. Annual reported cases of notifiable diseases, by region and reporting area, United States and U.S. Territories, excluding Non-U.S. Residents*, 2019[†] \(cdc.gov\)](#)

2020-12-18 VIA - Process and temperature analysis in Fredericia District Heating; Anita Romby Kruse, Laura Ellebæk Møllerskov, Reena Bausram, VIA University College, 18. Dec. 2020

2020 ECDC - European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease. In: ECDC. Annual epidemiological report for 2018. Stockholm: ECDC; 2020.

2020 Management of Legionella in Water Systems - National Academies Press, US, 290 pages

2020 SSI Legionella årsopgørelse 2019: Legionella-pneumoni – opgørelse over sygdomsforekomst

2021 Surveillance - Surveillance Atlas of Infection of Infection Diseases, ECDC, 2021, <https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx>

2021 SSI Legionella pneumoni 2020 - <https://www.ssi.dk/sygdomme-beredskab-og-forskning/sygdomsovervaagning/l/legionella-pneumoni-2020>

2020 US Legionnaires' Disease Surveillance Summary Report, United States, 2016-2017, CDC, February 2020 - <https://www.cdc.gov/legionella/health-depts/surv-reporting/2016-17-surv-report-508.pdf>

2021 BEK nr. 1110 - Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, Miljøministeriet, 30. maj 2021

EUDP Legionellasikring – Delrapport2: Incidens af legionærsygdom og mulig geografisk influens

2022-11-15

2021 Cassell - Provincial Trends in Legionnaires' Disease Are Not Explained by Population Structure in Denmark, Cassell K., Thomas-Lopez D., Kjelsø C., Uldum S., 2015 to 2018. *Euro Surveill* **2021**, *26*, 2000036

2021 GEUS - Geological Survey of Denmark and Greenland, <https://eng.geus.dk/products-services-facilities/data-and-maps/groundwater-maps-and-data>

2021 Muškovic - Photodynamic Inactivation of Legionella pneumophila Biofilm Formation by Cationic Tetra- and Tripyridylporphyrins in Waters of Different Hardness; Muškovic M, Cavar, I, Lesar, A et al, *Int. J. Mol. Sci.* 22:9095.

2021 Projekt 2 – Undersøgelse af vandprøver som indikator for legionellatilfælde og typer. Orientering om afrapportering fra det tværministerielle arbejde om legionellasmitte fra Indenrigs- og Boligministeriet. [SUU Alm.del – Bilag 573: Bilag 2 – Undersøgelse af vandprøver som indikator for legionellatilfælde og typer \(ft.dk\)](#)

2021 Robesyn E., Uldum SA, Kjelsø C, Bjerre D, Faes C. Test aktivitet og anmeldelse af legionærsygdom, Danmark 2014-2018. Del af afrapportering fra tværministerielle arbejde om legionellasmitte (ikke publiceret endnu).

2021 McManus - Sammenhæng mellem legionærsygdom og boligtype. Delprojekt 1.4 "Undersøgelse af årsager til regionale forskelle af legionærsygdom i Danmark"; McManus O, Espenhain L, Kjelsø C, Ethelberg S. Under Tværfaglig arbejdsgruppe om Legionella, Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen. 2021 Statens Serum Institut (ikke publiceret endnu).

2021 SSI Legionella-pneumoni – opgørelse over sygdomsforekomst 2020, SSI 05.05.2021, <https://www.ssi.dk/sygdomme-beredskab-og-forskning/sygdomsovervaagning/l/legionella-pneumoni-2020>

2021 SSI Legionella årsopgørelse 2020: Legionella-pneumoni – opgørelse over sygdomsforekomst

2022 Uldum - A Tale of Four Danish Cities: Legionella pneumophila Diversity in Domestic Hot Water and Spatial Variations in Disease Incidence; Uldum SA, Schjoldager LG, Baig S, Cassell K, *Int. J. Environ. Res. Public. Health.* 2022, *19*(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph19052530>

Andre referencer:

Dansk Fjernvarme Statistik:

<https://www.danskfjernvarme.dk/viden-og-v%C3%A6rkt%C3%B8j/statistik-subsection>

GEUS Drikkevandets hårdhed:

https://data.geus.dk/geusmap/?mapname=drikkevand&rightWidth=300#baslay=baseMapDa&optlay=&extent=76365.96334096848,5992829.951587823,1067636.452252884,6467168.369133565&layers=drikkevandets_haardhed

GEUS Grundvand-NVOC:

https://data.geus.dk/geusmap/?mapname=grundvand#baslay=baseMapDa&optlay=&extent=121852.76243421715,6000361.481348675,1087186.0957675504,6462288.564682009&layers=mc_analyse&filter_0=seneste_analysevaerdi.min%3D%26stofnr.num%3D380%26dato_seneste_analyse.part%3D%26boringsanvendelse.part%3Dvand%26virksomhedstype_tekst.part%3D%26proeveformaal_tekst.part%3D

MiBa (<https://miba.ssi.dk/mikrobiologidatabase>)

2022-01-12 Lars Grøn Scholdager: Projekt-arbejdsgruppens (Ditte A Søborg, Søren Uldum, Leon Buhl og Kaj Bryder)'s samtale med Lars Grøn Scholdager/Checkpointworld.

EUDP Legionellasikring – Delrapport2: Incidens af legionærsygdom og mulig geografisk influens

BEGREBER OG FORKORTELSER

AOC	Assimilable Organic Carbon, der angiver den biologisk omsættelige del af organisk stof i vand
Biocid	Middel til bekæmpelse af skadelige, levende organismer, fx <i>Legionella</i> . Biocid kan anvendes som alternativ til temperaturbehandling og temperaturdesinfektion
CFU/L	Colony Forming Units per Liter, dvs. måleenhed for bl.a. indhold af <i>Legionella</i>
DNA	Kommer af eng. DeoxyriboNucleic Acid; et molekyle, som bærer på de genetiske instruktioner, der bruges ved vækst, udvikling, funktion og reproduktion af alle kendte levende organismer og mange vira
GEUS	De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, der bl.a. dækker den Nationale Boringsbase (Jupiter) med landsdækkende database for grundvands-, drikkevands-, råstof-, miljø- og geotekniske data
Influensparameter	Fysisk, kemisk eller anden påvirkning, som influerer på risikoen for <i>Legionella</i> i en brugsvandsinstallation, fx vandets temperatur, strømningsforhold, vandtryk og vandkvalitet
<i>Legionella</i>	Bakterie af slægten <i>Legionella</i> , især bakterien <i>Legionella pneumophila</i> , der er den primære årsag til legionærsygdom
<i>Legionella pneumophila</i> , eller <i>L. pneumophila</i>	Den <i>Legionella</i> -art der er årsag til over 90% af danske tilfælde af legionærsygdom.
NVOC	Non Volatile Organic Carbon, der er vandetsindhold af ikke flygtigt organisk kulstof, fx i phenoler, organiske syrer, vandopløselige opløsningsmidler, bekæmpelsesmidler og humusagtige stoffer
qPCR	quantitative Polymerase Chain Reaction, der er en teknologi benyttet til kvantitativ måling af DNA ved hjælp af Polymerase Chain Reaction
Serogruppe	Opdeling af <i>Legionella</i> baseret på reaktion med antistoffer. <i>Legionella pneumophila</i> omfatter 16 forskellige serogrupper hvor serogruppe 1 er hyppigste årsag til sygdom
VBNC	Vaible But Non-Culturable, dvs. en levende men ikke dyrkbar form
virulens	Mikroorganismers evne til at fremkalde sygdom, dvs. smitsomheden

BILAG

Bilag 1

Legionærsygdom i EU/EEA 2013 - 2020, rapporterede tilfælde pr. 100.000 indbyggere. Surveillance Atlas of Infectious Diseases, ECDC. <https://www.ecdc.europa.eu/en/surveillance-atlas-infectious-diseases>

Tilfælde pr. 100.000

