



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

SALTSKYL

Alternativ vandforsyning

Et demonstrationsprojekt i
Københavns Nordhavn



MUDP rapport

August 2019

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Martin Vester (HOFOR A/S)

Helene Hoffmann (HOFOR A/S)

Berit Godskesen (DTU)

Grafiker/bureau: HOFOR

Fotos:

Niklas Terp

Martin Vester

ISBN: 978-87-7038-099-7

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

Indhold	3
1. Konklusion og opsummering	6
1.1 Conclusion and Summary	8
2. Indledning	10
3. Etablering af anlægget	12
3.1 Beskrivelse af forsyningskonceptet	12
3.2 Dimensionering og design af forsyningsanlæg	13
3.2.1 Dimensionering	13
3.2.2 Design	13
3.3 Vandkvalitet ved kilden	15
3.4 Etablering af det separate distributionssystem	18
3.5 Erfaringer under og efter etablering	18
3.5.1 Vandforbrug	18
3.5.2 Driftserfaringer	19
3.5.3 Særlige forhold ved saltskylsforsyningen	20
3.5.4 Udfordringer i projektforsløbet	21
4. Udvikling af proces og standard for sekundavandsanlæg i en dansk kontekst	23
4.1 Dispensation til levering af saltholdigt grundvand	23
4.2 Forslag til ændringer i lovgivning	24
4.2.1 Ændret definition af "husholdningsbrug"	24
4.2.2 Sidestilling af saltholdigt grundvand med regnvand	24
4.3 Leveringsbestemmelser	24
4.4 Vandpriser – nu og i fremtiden	25
4.4.1 Pris for saltholdigt grundvand i pilotprojektet	25
4.5 Standarder og dokumenteret sekundavandssikkerhed	26
4.5.1 Standarder til etablering af anlæg	26
4.5.2 Dokumenteret Sekundavandssikkerhed	26
5. Evaluering og indsamling af tidlige erfaringer af saltskylsprojektet	31
5.1 Brugertilfredshed	31
5.1.1 Opbakning til brug af alternativ vandressource	31
5.1.2 Saltskyl og bæredygtig udvikling	34
5.2 Økonomi og opskalering til hele Nordhavn	35
5.2.1 Delkonklusion	35
5.2.2 Antagelser og omkostninger	35
5.2.3 Prisen på vand i København	37
5.2.4 Vandprisen med saltskyl	38
5.2.5 Diskussion – muligheder for prissætning	39
5.3 Miljøvurdering; LCA af saltskyls-teknologi og forsyning	40
5.3.1 Indledning	40
5.3.2 LCA- metode og forsyning af saltholdigt grundvand til toiletskyl	40
5.3.3 Beskrivelse af teknologier og komplette forsyninger i projektet	41
5.3.4 Dataindsamling for saltskyls- og drikkevandsforsyning	41
5.3.5 Forbrug af vand og el på Kajplads 109	41

5.3.6	Følsomhedsanalyse af LCA	42
5.3.7	Resultater og diskussion	42
5.3.8	Delkonklusion	44
5.4	Mikrobiologisk risikovurdering	45
5.4.1	Indledning	45
5.4.2	Formål	45
5.4.3	Resultater	45
5.4.4	Betydning af vandets opholdstid i systemet	47
5.4.5	Sammenligning med toiletskyl med drikkevand	48
5.4.6	Sammenligning med tidligere undersøgelser	50
5.4.7	Æstetiske parametre	50
5.4.8	Delkonklusion	50
5.5	Sundhedsmæssige vurdering	51
5.5.1	Eksponering	51
5.5.2	Vandkvalitet	51
5.5.3	Risikovurdering	52
5.5.4	Delkonklusion	53
5.6	Forsyningssikkerhed og Robusthed	54
5.7	Kloaksystemet – påvirkning af det saltholdigt grundvand	54
5.7.1	Kloaksystem	54
5.7.2	Renseanlæg	54
5.7.3	Delkonklusion	55
6.	Opsamling og vurdering af resultater	56
6.1	Erfaringsopsamling på etablering af anlæg	56
6.2	Opsamling på evalueringer	57
7.	Referencer	61
8.	Bilagsliste	62

Forord

Projektet blev bevilliget tilskud gennem Miljøministeriets 'Program for grøn teknologi' i 2013 til demonstration og evaluering af alternativ vandforsyning til toiletskyl i Nordhavn baseret på saltholdigt grundvand. Evalueringen blev afsluttet efter 6 måneders drift på en række opstillede emner.

Pilotprojektet har været forankret i et tetrahelix partnerskab bestående af forsyning (HOFOR), myndighed (Københavns Kommune), Virksomheder (Sweco og Krüger) og vidensinstitutioner (DTU, DHI og AAU). Bygningsejeren PKA har tidligt i projekt muliggjort projektet ved at stille bygningen til rådighed for projektet og developeren Corpus Development har sikret koordinering samt muliggjort indarbejdelse af pilotprojektet i byggefasen.

Projektet har været styret gennem en styregruppe bestående af medlemmer fra HOFOR A/S, Københavns Kommune, DTU og Corpus Development.

Projektet er ligeledes blevet fulgt af 3VAND partnerskabet, bestående af forsyningsselskaberne fra de tre største danske byer: VandCenter Syd (Odense), Aarhus Vand (Aarhus), BIO-FOS (København) og HOFOR A/S (København).

Projektets partnerskab har leveret input til de enkelte bidrag i rapporten og eventuelt en fuld rapport i bilag til denne rapport. De forskellige partners input er defineret i tabel 0.

TABEL 0. Projektets partnerkreds og angivelse af hvilket afsnit i rapporten eller bilag den givne part er forfatter til.

Fokus	Partner	Ansvarlige	Afsnit	Uddybende Rapport
Konklusion og opsummering	HOFOR	Martin Vester, Helene Hoffmann	1	-
Indledning	DTU	Berit Godskesen	2	-
Etablering af anlæg	HOFOR, Krüger	Martin Vester	3	-
Lovgivning	Københavns kommune	Morten Ejsing Jørgensen	4.1 – 4.2	-
Standard	HOFOR, DHI	Martin Vester, Claus Jørgensen	4.5	-
Brugertilfredshed	Aalborg Universitet	Birgitte Hoffmann	5.1.	Bilag 3
Økonomi & opskaling	Sweco	Mariann Sæbø, Lars Juul Hansen	5.2.	Bilag 4
Miljøvurdering	DTU	Berit Godskesen, Martin Rygaard	5.3.	Bilag 5
Mikrobiologi	DTU	Carson Lee, Hans-Jørgen Albrechtsen	5.4.	Bilag 6
Sundhed	DHI	Claus Jørgensen	5.5.	Bilag 2
Forsyningssikkerhed & Robusthed	HOFOR	Helene Hoffmann	5.6.	Intet bilag
Kloaksystemet	HOFOR	Martin Vester	5.7.	Intet bilag

1. Konklusion og opsummering

Forsyningskonceptet er afprøvet med et demonstrationsanlæg opført i et nybygget boligkompleks i Nordhavn, København. Anlægget har siden september 2017 forsynet 95 lejligheder med saltskyl (saltholdigt grundvand til toiletskyl). Det saltholdige grundvand er indvundet fra en lokal boring i beboernes gård. Vandet har gennemgået en simpel vandbehandling og er ført ind i husholdningen i et separat distributionssystem. Efter brug i toiletterne er vandet udledt i kloaksystemet, hvor det blandes med andet spildevand og ledes til renseanlæg.

Projektet har vist, at vandforbruget til toiletskyl udgør 28%, og dermed substitueres 28% af drikkevandsressourcen i den konkrete ejendom i Nordhavn. Det svarer til en besparelse på 24 L drikkevand per person per døgn.

Efter 6 måneders drift er anlægget blevet evalueret med hensyn til følgende parametre: 1) Etablering af anlæg, 2) Muligheder og begrænsninger ift. nuværende lovgivning, 3) Brugertilfredshed, 4) Økonomi, 5) Opskalering, 6) Miljøvurdering og 7) Vandkvalitet og sundhed. Hovedkonklusionerne for hvert af disse områder opridses kort nedenfor.

Etablering af anlæg

Ved at opbygge indvinding, vandbehandling og distribution efter samme principper som drikkevandsforsyningen, kan der opnås tilsvarende forsynings sikkerhed og drift. Vandleverancen har været stabil og kvaliteten har været kontinuerlig. Siden etableringen af anlægget er der i alt leveret 1.889 m³ saltholdigt grundvand til toiletskyl i perioden sep. 2017 til aug. 2018.

Da det salte vand er aggressivt overfor visse metaller, er det nødvendigt, at alle anvendte materialer er korrosionsbestandige. For eksempel er der benyttet et ombytningskit i toilet cisterne for at udskifte metalkomponenter. Anvendes de rette materialer, som allerede i dag findes i drikkevandsforsyningen, vurderes levetiden for materialerne tilsvarende til drikkevandssystemet.

Muligheder og begrænsninger ift. nuværende lovgivning

Lovgivning på forsyningsområdet er ikke på nuværende tidspunkt indrettet til alternative forsyningsformer og ikke rettet mod, at forsynings selskaber skal kunne tilbyde deres kunder en alternativ og drikkevandsbesparende vandforsyning. Den nuværende lovgivning giver mulighed for at søge dispensation til alternative forsyningsformer, hvilket er opnået til dette system. Den nuværende lovgivning pålægger en alternativ forsyning samme omkostninger, som drikkevandsforsyning, for eksempel vandafgiften, som er en miljøafgift skabt som incitament til at spare på drikkevandsressourcen.

Brugertilfredshed

Spørgeskemaundersøgelser blandt beboerne viser, at der er stor opbakning til samt forståelse for at anvende alternative vandkilder, som kan spare på drikkevandsressourcerne, hvilket er opstillet som et formål med projektet. Samtlige besvarelser var positive for den alternative forsyning. Undersøgelsen viser, at bæredygtighed har stor betydning for brugerne. Enkelte beboere peger på gener, f.eks. støj når cisterne fyldes og farvede aflejringer i toilettet, se afsnit 5.1).

Økonomi og opskalering

Evalueringen af økonomi for saltskyl er baseret på en estimeret opskalering til hele Nordhavn; dvs. et komplet forsyningssystem med parallel rørledning til drikkevandsnettet. Vandtaksten for forbrugerne i Nordhavn vil stige med ca. 3%, svarende til ca. 5 kr/m³ til 13,41 kr/m³ for saltskyl i forhold til drikkevand. Det betyder en forøgelse af vandregningen på ca. 50 kr. per år per person.

Miljøvurdering

Miljøvurderingen er udført vha. livscyklusvurdering (LCA). Ved at indføre et 2-strengt system, har nogle parametre en højere miljøpåvirkning (op til +33%) og andre en lavere (ned til -28%). Ressourceforbruget til materialer er højere grundet det ekstra forsyningssystem. Samtidig har den relativt lille forsyning (en enkelt bebyggelse) et lidt højere elforbrug og dermed højere CO₂-udledning per leveret m³ vand sammenlignet med traditionel drikkevandsforsyning. Påvirkning af ferskvandsressourcerne (som bruges i traditionel vandforsyning) er 0, da der anvendes saltholdigt grundvand. Bygningens forbrug af drikkevandsressourcen falder dermed med ca. 28%. De øvrige forhøjede miljøpåvirkninger relaterer sig hovedsagligt til elforbrug, og følsomhedsanalysen viser, at der er potentiale for at reducere miljøpåvirkningen væsentligt, blandt andet gennem el-effektivisering af pumper og opskalering af saltskylsforsyningen.

Vandkvalitet og sundhed

Vandkvaliteten afviger fra drikkevand på indholdet af salt og enkelte mineraler. Blandt andet er saliniteten på ca. 20.000 mg/l og har en inddampningsrest på ca. 23.000 mg/l (drikkevand < 1.500 mg/l). Det saltholdige grundvand er derudover meget hårdt svarende til en faktor 6 over det anbefalede i drikkevand. Dog har der ikke, hos de beboere der har fået udtaget vandprøver, været en oplevelse af væsentligt flere aflejringer eller udfældninger af kalk hvormed saltskyl ikke opleves mærkbart anderledes end med drikkevand grundet vandkvaliteten af det saltholdige vand. Der er ydermere ingen indikationer på, at der opstår gener eller æstetiske problemer med saltskyl. Sundhedsmæssigt udgør saltskyl ikke en forøget sygdomsrisiko, hverken ved direkte indtagelse, inhalering eller ved eksponering af hud.

Projektet har søgt at overføre HOFORs DDS skabelon (Dokumenteret DrikkevandsSikkerhed) er anvendt og udbygget i forhold til saltskylsanlægget, hvilket kan gentages i fremtidige alternativ vandforsyningsprojekter.

Evalueringerne efter 6 måneders drift viser, at det hovedsageligt vurderes positivt at indføre saltskyl i en nybygget beboelsesejendom i forhold til de analyserede emner. Projektet har leveret vigtig viden om alternativ vandforsyning til videre udvikling.

1.1 Conclusion and Summary

This report is a review and an evaluation of a new water supply concept, where saline groundwater, in replacement for normal drinking water, is used for toilet flushing. A facility to treat and distribute non-potable water (in this case saline groundwater) was established, to supply toilets in a residential complex in Nordhavn, Copenhagen. The study has tested and evaluated the alternative water supply facility according to several parameters. Furthermore, experiences from the facility and suggestions for a standard for technical installations using alternative water resources were collected.

The study shows that it is both practically and technically feasible to use saline groundwater for toilet flushing.

The new water supply concept has been tested with a facility in a newly built residential complex in Nordhavn, Copenhagen (adjacent to a dock). Since September 2017, the facility has provided 95 apartments with saltwater-flush (saline ground water for toilet flushing). The saline groundwater has been abstracted from a local well in the residents' courtyard. After treatment the water is transported into the individual households in a separate pipeline (separated from the drinking water). After use in the toilets, the water is discharged into the sewage system, where it is mixed with other sewage water and transported to a waste water treatment plant.

Data obtained in the project showed that approx. 28% of the total water consumption is used for toilet flushing, which means, that by introducing saltwater-flush in the residence in Nordhavn, we substitute approx. 28% of the fresh groundwater used for drinking water. This is a saving of about 24L drinking water per person per day.

After 6 months of operation, the facility has been evaluated in relation to the following parameters: 1) The construction of the non-potable water plant, 2) Possibilities and limitations in relation to current legislation, 3) Consumer satisfaction, 4) Economy and up-scaling, 5) Environmental assessment, 6) Water quality and health. The main conclusions for each of these parameters are summarized below.

The construction of the non-potable water plant

By constructing the saline water well, treatment and distribution according to the same principles as used in the traditional water supply (drinking water), it is possible to achieve equivalent security of supply and operation. Both the water supply and water quality has been stable. In the period September 2017 – August 2018 the facility has treated and distributed 1.889 m³ of saline groundwater.

Due to the salinity of the water a replacement kit is installed in the flushing cisterns of toilets, to replace metal components. If the proper materials are used, which in most cases are the same as those for the traditional water supply, the duration of lifetime of the materials will be similar.

Possibilities and limitations in relation to current legislation

The legislation within the field of water supply is in this point in time not geared to handle a water supply of non-potable water and is not framed so that water utilities have the opportunity to offer their customers an alternative and freshwater-saving water supply. With the current legislation, it is possible to apply for a dispensation in relation to alternative water supply systems, which was obtained for this project's facility.

Consumer satisfaction

The questionnaire survey shows that there is great support for- and understanding of, using alternative water resources that can help reducing the usage of the drinking water resources which was a goal for the project. All consumer responses were positive about the introduction of an alternative water supply. Sustainability is of great importance to the users. Few of the participants in the survey reported inconveniences in terms of noise when the toilet cisterns are filled (chapter 5.1).

Economy and up-scaling

The evaluation of the economy is based on an upscaling of the saline water supply system to the entire Nordhavn; i.e. a complete saline supply system including parallel pipelines to the traditional water distribution network that provides drinking water. The water tariff for consumers in Nordhavn will increase by approx. 3%, corresponding to an increase of approx. 5 DKK. per m³ saltwater-flush. In total the water price of saltwater-flush is 13.41 DKK/m³ which is a relative high increase. This adds up to a yearly increase of approx. 50 DKK. per person on the water bill. If the saline water supply is to be introduced without an increasing of the water bill, the tap water tax of approx. 6 DKK. per m³ could be eliminated on non-potable water.

Environmental assessment

The environmental assessment is based on a Life Cycle Assessment (LCA). By introducing a parallel pipeline system, some environmental parameters are effected more (up to +33%), others less (down to -28%). The resource consumption for materials is higher due to the additional supply system. Further, the relative small non-potable water supply (in this pilot project it is a single building) has a slightly higher power consumption and hence a higher CO₂ emission per m³ compared to the traditional water supply. The impact on freshwater resources (used in traditional water supply systems) is 0, as only saline groundwater is used. The usage of the freshwater resources in this building is hence reduced by approx. 28%. The rest of the environmental impacts are mainly related to the electricity consumption, and a sensitivity analysis shows that there is a potential for reducing the environmental impact, through electricity efficiency of pumps and an upscaling of the saltwater-flush system.

Water quality and health

The water quality differs from drinking water when it comes to content of salt and minerals. For instance, the salinity level is 20.000 mg per L and the total dissolved solids are 23,000 mg per L (drinking water 1,500 mg per L). Also, the saline groundwater is very hard - up to 6 times more than the recommended in drinking water. However, the residents participating in the tests did not report more deposits of lime and therefore they do not perceive the experiences based on the water quality differently. Further, there are no indications that there are inconveniences or aesthetic problems with saltwater-flush. Regarding health, the saltwater-flush does not increase the risk of diseases, neither by direct ingestion, inhalation or skin exposure.

The project has sought to do risk management according to HOFOR's DDS standards (Documented Drinking water Safety) and develop the standard according to the facility, which can be repeated in future non-potable projects.

The evaluations show that it is primarily positive to introduce salty groundwater for flushing toilets according to the analyzed criteria in a building in a newly developed area. The project provides valuable knowledge about a non-potable water supply system useful for future development.

2. Indledning

I 2013 blev partnerne i dette projekt bevillet støtte fra puljen "Program for Grøn Teknologi" til at demonstrere og evaluere Danmarks første forsyningsopførte sekundavandsanlæg, der forsyner et nybygget boligkompleks i Nordhavnen, København (Kajplads 109) med saltholdigt grundvand til toiletskyl (saltskyl).

Baggrunden for demonstrationsprojektet var gennem et saltskylsanlæg, at demonstrere en anden ressource til vandforsyning end grundvandsbaseret drikkevandforsyning samt at undersøge anlægget, i forhold til drikkevandsforsyning, på en række parametre for at understøtte muligheden af en bredere implementering.

Projektets overordnede formål står beskrevet i projektansøgningen til puljen "Program for Grøn Teknologi" således:

"Projektet skal demonstrere anvendelse af og potentialet for lokal sekundavandsforsyning, ved etablering af sekundavandsanlæg til anvendelse af saltholdigt grundvand til toiletskyl i en bygning i det kommende byområde i København, Nordhavnen. Udover at demonstrere og etablere tekniske vandløsninger samarbejdes der med myndigheder om muligheder for at lette etablering af fremtidige lignende anlæg samt standarder for tekniske installationer (fx rør) i forbindelse med denne nye forsyningsart. Samtidigt udfordres traditioner og vænner inden for vandforsyning, idet der ikke tidligere er etableret anlæg til saltholdigt grundvand til toiletskyl og erfaringer vil blive samlet i en retrospektiv evaluering med henblik på at forbedre dette anlæg samt udvikle fremtidige anlæg."

Overordnet kan formålet således deles i tre delformål 1) demonstration af anlæg, 2) samarbejde om standarder og procedurer og 3) evaluering med henblik på fremtidige anlæg. Denne rapport er struktureret efter samme opbygning.

Vandressourcer til drikkevandsforsyning er de seneste årtier kommet på den globale dagsorden, og der arbejdes verden over med udfordringer og løsninger på problemstillinger forårsaget af tørke, forurening af vandressource og manglende forsynings sikkerhed. I Danmark har vandressourcen traditionelt set været rigelig, og vi har traditionelt anvendt grundvand til drikkevandsproduktion til alle brugsformål lige fra drikkevand til tøjvask og toiletskyl.

Dog er der også i Danmark et stigende pres på vores primære grundvandsressource. Blandt andet har implementering af Vandrammedirektivet vist, at grundvandsressourcen ikke er så rigelig som tidligere vurderet (Gejl, R. 2019). Derudover er der den seneste tid blevet fundet forskellige former forurening i grundvandet for eksempel fra pesticider og deres nedbrydningsprodukter. Endeligt sker der verden over en urbanisering, som gør at folk samles i byerne, hvor vandforbruget dermed stiger, hvilket bidrager til en ujævn fordeling af vandefterspørgslen. Danske virksomheder, kommuner og universiteter har stor global viden om vandinfrastruktur, og projektet bidrager til at kvalificere danske parter inden for denne form for vandforsyning.

Med afsæt i disse udfordringer for drikkevandsforsyningen er der i pilotprojektet valgt at benytte lokalt indvundet saltholdigt grundvand til toiletskyl. Dermed er der potentiale for at supplere indvindingen af grundvand på de nuværende kildepladser, hvilket ville være attraktivt flere steder i Danmark. Særligt i de større byer forventer vandforsyningerne, at der i fremtiden vil være udfordringer med at sikre indvindinger med tilstrækkelig kvantitet og kvalitet. Brug af saltholdigt grundvand er særligt attraktivt i kystnære områder, hvor havvand bliver til saltholdigt grundvand, når det trænger gennem jordens lag og lægger sig i overgangen mellem havvand og det ferske grundvand. Saltholdigt grundvand opfylder ikke krav til drikkevandskvalitet og kan derfor kun anvendes til formål, hvor drikkevandskvalitet ikke er nødvendigt, eksempelvis toiletskyl.

Toiletskyl udgør en væsentlig andel af det estimerede vandforbrug i husholdningerne (projektet har målt at toiletskyl udgør 28% af vandforbruget i ejendommen). Ved at erstatte drikkevand fra grundvandsressourcen med en alternativ vandressource, er det altså muligt at opnå en reduktion i drikkevandsforbruget.

Det er valgt at etablere demonstrationsanlægget i Nordhavnen. Området er relevant, da det under opbygning og er udpeget som et udstillingsvindue for nye grønne teknologier. Nedenfor viser Kajplads 109, i Nordhavn, hvor pilotprojektet finder sted. Ejendommen består af 95 lejligheder, som alle forsynes med saltskyl.



Kajplads 109

Århusgadekvarteret er første etape af byudviklingen af Nordhavn – København.

Efter denne indledning til pilotprojektet består rapporten af tre kapitler, der omhandler henholdsvis etablering af saltskylsanlægget (kapitel 3), udvikling af proces og standard for sekundvandsanlæg i en dansk kontekst (kapitel 4) og evaluering af saltskyl på udvalgte emner (kapitel 5). Disse tre kapitler afspejler samtidigt de tre arbejdsplaner, som projektet har været opbygget omkring. Efterfølgende opsamles og diskuteres projektets resultater (kapitel 6).

Se Forord for en beskrivelse af hvem der har bidraget med hvilke afsnit.

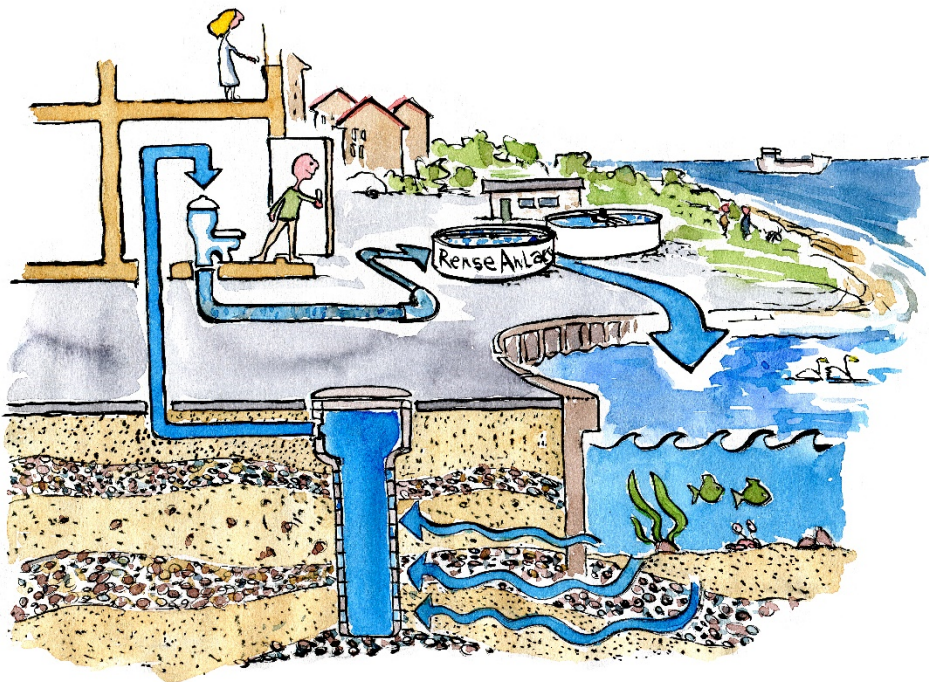
3. Etablering af anlægget

Dette kapitel beskriver den fysiske etablering af demonstrationsprojektet samt de erfaringer, som er opstået i forlængelse heraf. Etableringen af demonstrationsanlægget (forsyningsanlægget) har været nødvendigt for at kunne gennemføre den evaluering som fremgår i de følgende kapitler.

3.1 Beskrivelse af forsyningskonceptet

Forsyningskonceptet tager udgangspunkt i at anvende kystnært saltholdigt grundvand som erstatning for den del af drikkevandsforbruget, der bruges til toiletskyl. Se visualisering nedenfor.

Indvindingen sker via en kystnær boring, hvorefter vandet behandles ved simpel behandling i et lokalt mini-vandværk. Her sikrer en frekvensstyret pumpe samt hydroforleverance, at der ikke er brug for større buffertanke. Det saltholdige grundvand distribueres ud til forbrugeren i et separat distributionssystem udført i PE plast, da dette er godkendt til mineralholdigt vand. PE rør anvendes allerede i distributionssystemet for drikkevandsforsyning i dag. Ved brug af saltholdigt grundvand i toiletet skal et ombytningskit installeres i cisternen (2 komponenter). Efter brug ledes det "saltholdige spildevand" i det traditionelle kloaksystem. I kloaksystemet bliver det "saltholdige spildevand" opblandet med det øvrige spildevand og ledes til rensning.



Principtegning

Tegningen viser kredsløbet for saltskyl. Vandet indvindes fra det lokale havvandspåvirkede grundvandsmagasin, distribueres ud til forbrugeren, hvorefter det ledes til renseanlægget og tilbage til havet.

3.2 Dimensionering og design af forsyningsanlæg

Anlægget forsyner en enkelt bygning i Nordhavn, som er opført som en karré med et gårdrum i midten. Boringen er etableret i gårdrummet, og selve behandlingsanlægget er installeret i bygningens teknikrum i kælderen. Etableringen af demonstrationsanlægget er udført udelukkende på privatmatrikel, hvilket ikke er normal praksis for forsyningen. Dette er valgt blandt andet fordi anlægget er af mindre skala. En anden væsentlig grund er, at grundejer således ikke behøver at betale tilslutningsbidrag (anlægsbidrag), da der ikke etableres stikledning ind til grunden. På denne måde holdes udgifterne for grundejeren nede i dette projekt.

Faktaboks	
Lejligheder	95
Toiletter	112
Etager	5
Personer (gns.)	250
Maks tryk (bar)	3

3.2.1 Dimensionering

Dimensioneringen tager udgangspunkt i et estimeret forbrug på 3,6 m³/døgn for at forsyne bygningens 95 lejligheder med i alt 112 toiletter og et estimeret beboerantal på gennemsnitlig 250 personenheder. Demonstrationsanlægget er et industrielt anlæg og valgt med baggrund i, at komponenterne kan opskaleres til større anlæg svarende til det, som anvendes på landets lokale vandværker. Valget af det mindste anlæg har dog medført en væsentlig overdimensionering med en normalt flow på 2,1 m³/h (ca. 50 m³/døgn), som er en faktor 14 højere.

Trykket i bygningens separate distributionssystem varierer mellem 2 og 3 bar. Bygningens toiletter er funktionsdygtige ned til 0,1 bar. Tryktabet i bygningen er ca. 15 m vandsøjle (1,5 bar). Beboere på 5. etage kan opleve lidt længere fyldetid i cisternen end i lejlighederne i stueplan.

Bygningens separate distributionssystem er mindste standarddimension på Ø 40 mm.

3.2.2 Design

Indvinding:

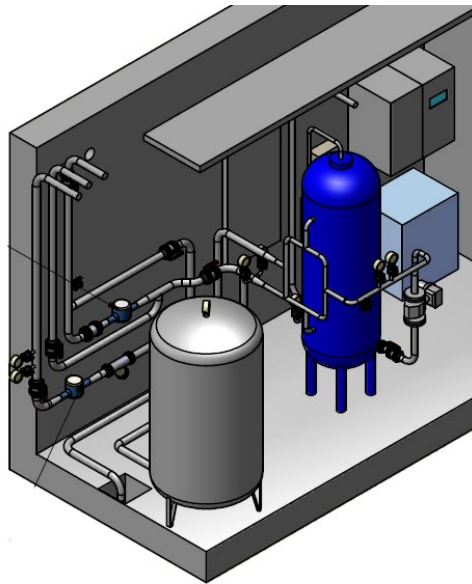
Den lokale kystnære boring indvinder fra et havvandspåvirket grundvandsmagasin, som ligger i et højtliggende kalkmagasin i ca. 15 m dybde. Boringen er ca. 25 m. dyb og er testet med en ydelse på 7,5 m³/t med en sænkningstragt på blot 0,3 m. Råvandet oppumpes med en Grundfos SP dykpumpe i boringen. Indvindingen svarer til øvrige drikkevandsboringer.

Råvandsledning:

Vandet pumpes ind i bygningens teknikrum i kælderen gennem en råvandsledning (PE) på ca. 20-25 m.

Behandlingsanlæg:

Selve behandlingsanlægget starter, hvor flow-måleren på råvandsledningen er placeret. Først beluftes råvandet. Det beluftede råvand trykkes via en ventilstyring igennem et sandfilter, hvor udfældede stoffer (jern og ammonium) samt andre urenheder filteres fra. Det behandlede vand trykkes over i en hydrofor på 500 L, som fungerer som buffertank. Hydroforen trykker vandet ud i takt med, at der er forbrug i toiletterne. Når trykket falder til under 2 bar, starter dykpumpen i boringen, og der produceres vand, indtil trykket i hydroforen har opnået et tryk på ca. 3 bar. Sandfiltret returskylles i intervaller for at sikre filtreringskapaciteten. Dette foregår ved, at råvand fra boringen via en ventilstyring, trykkes den modsatte vej i filteret. Dermed fjernes de tilbageholdte urenheder. Under denne proces ledes al returvand til kloak. Returskylningen er automatisk styret og tager ca. 13 min. Når anlægget igen skal producere vand, ledes den første delmængde til kloak for at vaske rester af råvandet ud af filtret, før vandet igen trykker vand ud til toiletterne.



Behandlingsanlæg

Illustration af behandlingsanlægget i teknikrummet.

Grå tank er buffertank til 'rent vand'.

Blå tank er sandfilter.

Distributionssystem:

Det behandlede saltholdige vand distribueres i et separat rørsystem, som løber parallelt med drikkevandsforsyningen ud til hver enkelt toilet i bygningen.

Kloaksystem:

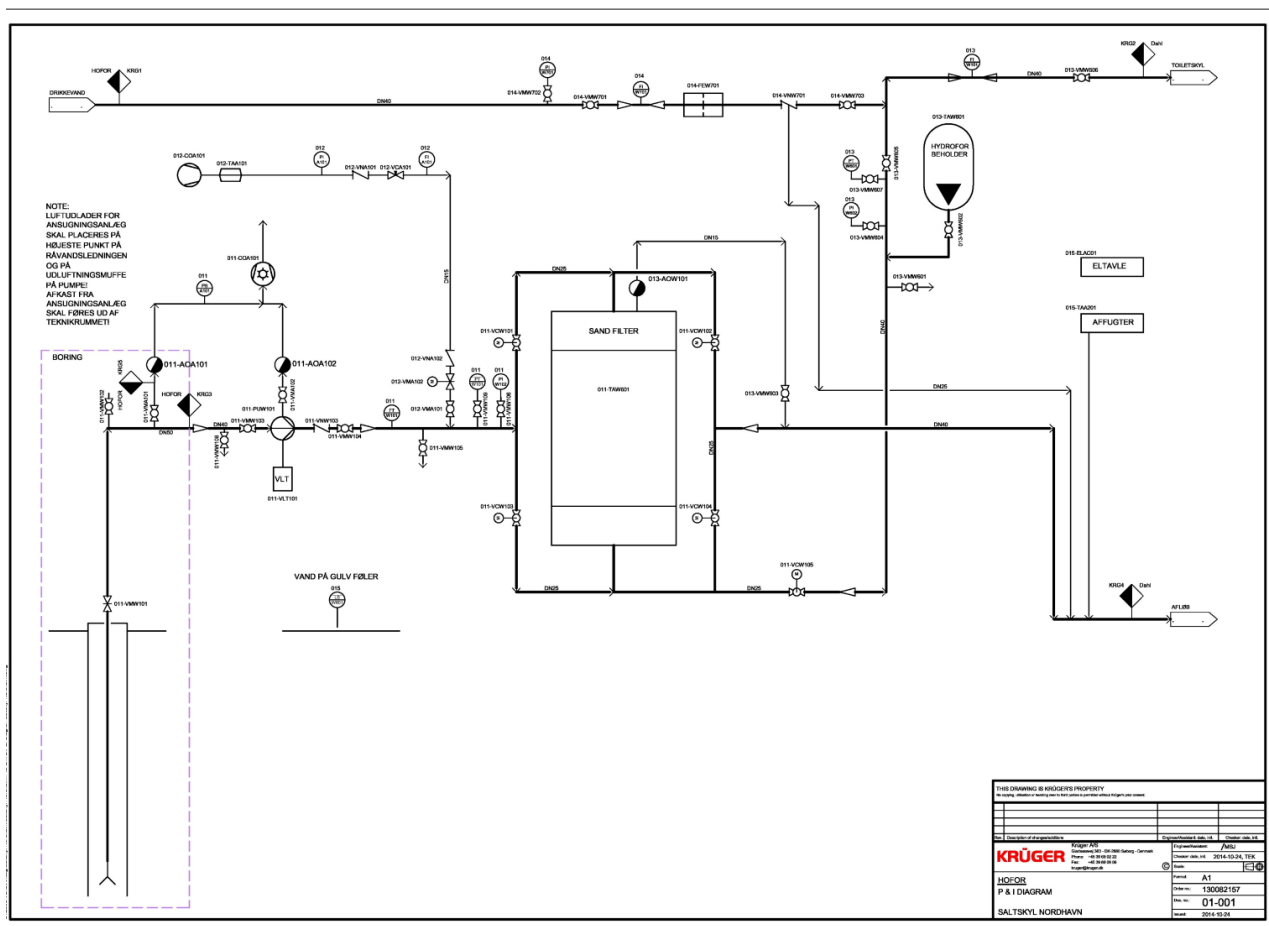
Det eksisterende kloaksystem anvendes som normalt.

Back-up forsyning:

Rørsystemet, som distribuerer det saltholdige vand ud til bygningens toiletter, er tilsluttet en back up forsyning fra den almindelig drikkevandsforsyning. Denne back up forsyning er sikret med en dobbeltsikret tilbagestrømningsventil således, at det salte vand ikke kan mixes med drikkevand. Hvis trykket falder til under 2 bar i det separate distributionssystem, åbner motorventilen, så beboerne ikke står uden vand. Se back up forsyningen øverst i PI diagrammet på næste side.

Materialevalg:

Materialevalget er særdeles vigtigt ved håndtering af saltholdigt grundvand grundet korrosionsrisiko. Materialer som PE (PolyEthylen) og PP (PolyPropylen) plast anvendes i drikkevandsforsyningen i dag og kan anvendes til det saltholdige grundvand. PE plast har den egenskab at være et 'non polar' materiale. Det vil sige, at der ikke kan opstå kemiske bindinger med materialet. Dermed vil rørene ikke blive nedbrudt eller forringet af det forhøjede indhold af salte, der eksisterer i det saltholdige grundvand. Rørenes levetid ved distribution af saltholdige vand vil være den samme, som når der distribueres drikkevand. Derfor vil det separate distributionssystem leve op til et fornyelsesinterval på 75 år, som er normen for distributionssystemet til drikkevand. Forsyningsledningen, som ligger i jorden fra boringen og ind i kælderen er med diffusionsspærrer for at undgå eventuelle miljøfremmede stoffer fra den omkringliggende jord trænger igennem forsyningsledningen.



PI diagram

Tegningen viser demonstrationsanlægget fra indvinding til distribution med angivelse af de enkelte delelementer er vist samt vandets vej i systemet.

3.3 Vandkvalitet ved kilden

Vandkvaliteten til toiletskyl skal naturligvis være af tilstrækkelig kvalitet. Det er derfor altafgørende at vurdere vandkvaliteten ved kilden således, at behandlingen af vandet kan være så simpel som muligt. I pilotprojektet blev vandkvaliteten derfor både vurderet ved det nærliggende hav samt i det lokale grundvandsmagasin.

Øresund:

Vandet i Øresund betragtes som brakvand. Salt- og iltkoncentrationer kan variere på grund af havvandsstrømninger fra Kattegat med en saliniteten på 10.000-12.000 mg/l i de øverste 15 m. (Hein, 2003). Hvis havvandet indvindes under springlaget, altså dybere end 15 m vil saltkoncentrationen stige til 20.000 mg/l. Herefter vil saltkoncentrationen stige gradvist, jo dybere man kommer under springlaget. Iltindholdet vil derimod falde drastisk under springlaget. I det der sker en naturlig iltning af den øverste zone af havvandet, udfældes forskellige stoffer i denne zone (bl.a. jern og mangan), som er uønskede i traditionel drikkevandsforsyning. Derudover er iltet vand generelt friskere og afgiver ikke lugt. Det relativt høje indhold af sulfat i havvandet vil dog være en mulig kilde til lugtgener, hvis vandet "mister" sit høje iltindhold ved f.eks. at være stagneret over en længere periode.

Lokalt grundvandsmagasin:

Den lokale kystnære boring indvinder vand fra det primære magasin i kalken i ca. 25 m dybde. Det betyder, at vandet er iltfattigt og indeholder blandt andet jern og mangan. Saltindholdet forventes at ligge på ca. 20.000 mg/l, hvilket også var tilfældet i pilotprojektets målinger, hvor

det blev målt til 20.400 mg/l. Denne måling afviger dog fra de tidligere observationer i Forundersøgelsen (Vester, 2013), hvor saltindholdet i 4 udvalgte borer i Nordhavn ikke oversteg 2.300 mg/l.

Potentielle forureningskilder:

Nordhavn er et gammelt havneindustriområde. Området er udpeget som V1 (formodet forurening) og enkelte steder er det udpeget som V2 (dokumenteret forurening). Dette skyldes, at Nordhavn er opfyldt fra indre København, og at den tunge industri har efterladt punktkilder af forurening. Forureningen er oftest lokaliseret i de sekundære grundvandsmagasiner og sjældent mobiliserbare.

Der er fundet forurening af chlorerede opløsningsmidler i umiddelbar nærhed af boringen. I forbindelse med byudviklingen i Nordhavn er der foretaget afværgepumpning. I vandanalyserne er der analyseret for disse stoffer og der er ikke observeret mobilisering af opløsningsmidlerne til det primære grundvandsmagasin, hvor indvindingen sker fra.

Vandanalyser:

Der er foretaget analyser i forbindelse med etableringen af boringen samt en analyse i forbindelse med indkøring af anlægget (både af råvandet samt det behandlede vand), se TABEL 1. Analysen fra indkøringen forventes at være mest retningsgivende, da indvindingen har strakt sig over en længere periode, men analyserne ligner hinanden i høj grad. Analyseprogrammet er valgt for, at kunne sammenholde resultaterne med drikkevand. Derfor er analysepakken den samme, som bruges til drikkevand. Dette har givet lidt analyseudfordringer på nogle enkelte parametre, hvor en anden analysemetode måtte anvendes grundet det forhøjede saltindhold.

Den målte ledningsevne var 23.000 mS/m, hvilket er langt højere end ved drikkevand (max 1.500 mS/m tilladt). Dette indikerer et højt indhold af opløste stoffer.

Målinger af råvandet viste et forventelig højt indhold af salt, men noget højere end forventet, da referenceboringer havde en moderat indhold. Dog stemmer det helt overens med rapporten 'Overvågning af Øresund' (Hein, 2003). Indvindingen ligger lige under 20 m og derfor forventes saliniteten at ligge på ca. 20.000 mg/l.

Den målte hårdhed ligger på 190 °dH, hvilket er særdeles højt (ca. en faktor 6 over det højest anbefalede 30 °dH i drikkevand). Dette er grundet det høje indhold af calcium og magnesium, som tilsammen udgør hårdheden. I København er hårdheden af drikkevand ca. 20 °dH.

Niveauet af ammonium, jern og mangan er også højere i råvandet sammenlignet med drikkevand. Disse fjernes dog under iltningen og filteringen. Filteringen fjerner også eventuelle urenheder, og iltningen vil 'friske' vandet og reducere eventuel lugt.

TABEL 1. Analyseresultater: Analysen er taget i forbindelse med prøvepumpningen af boringen den 3/3-2016. 'Resultat' er målinger fra boringen. 'Referenceboring' er tidligere analyser taget i Nordhavn i forbindelse med Metro-byggeri. 'Drikkevand' er kvalitetskrav til drikkevand. Øvrige analyser er vedlagt som bilag 1.

Komponent	Resultat	Referenceboring N0214	Drikkevand	Enhed
Prøvens farve	Lys gul	Farveløs	Farveløs	
Prøvens klarhed	Lidt uklar	Klar	Klar	
Inddampningsrest	23000	2600	1500	mg/l
Kalkudfældning ved 12°C	< 0,2	#	—	°dH
Farvetal, Pt	4,4	4,6	4,4	mg Pt/l
Hårdhed, total	190	35	<30	°dH
Calcium (Ca)	270	120	<200	mg/l
Magnesium (Mg)	670	83	50	mg/l
Ammonium	2,8	#	<0,2	mg/l
Nitrit	< 0,001	#	<0,5	mg/l
Nitrat	< 0,3	#	20	mg/l
Total-P	0,13	79	150	mg/l
Salinitet	20,4	2,3	—	‰
Chlorid	11000	1100	250	mg/l
Fluorid	< 0,05	#	1,5	mg/l
Sulfat	1400	150	250	mg/l
Alkalinitet, total	3,38	8,2	—	mmol/l
Aggressiv kuldioxid	< 5	<5	2	mg/l
Hydrogencarbonat	206	504	—	mg/l
Natriumhydrogencarbonat	< 3	#	—	mg/l
Carbonat	< 3	#	—	mg/l
Kuldioxid ved 12 °C	15	36	—	mg/l
Silicium (Si) filtreret	4,9	7,4	—	mg/l
Kiselsyreanhydrid	10	15,9	—	mg/l
Arsen (As)	1			µg/l
Barium (Ba)	69			µg/l
Bor (B)	2400			µg/l
Jern (Fe)	2,6	3,6	0,2	mg/l
Kalium (K)	190	13	10	mg/l
Mangan (Mn)	0,26	0,15	0,05	mg/l
Natrium (Na)	6500	640	175	mg/l
Nikkel (Ni)	1,2	<0,03	20	µg/l
Strontium (Sr)	10000			µg/l
NVOC, ikke flygt.org.carbon	2,8	3,7	4	mg/l

3.4 Etablering af det separate distributionssystem

Bygningens separate distributionssystem blev udført af samme type rør som drikkevandssystemet. Begge systemer blev etableret samtidig under opførsel af byggeriet. De 2 systemer adskiller sig fra behandlingsanlægget rent administrativt, da bygningsinstallationer tilhører bygningsejeren. Etableringen af det separate distributionssystem er således udført under totalentreprisen med totalentreprenørens VVS'er. VVS'eren valgte et presfittingsystem i PE alu-plast. Presfittingsystemet tilbyder ikke overgange til de individuelle vandmålere i samme PE materiale. Dette var i modstrid med det oprindelige opdrag i projektet, hvor alt materiale i det separate distributionssystem blev foreslået at være af PE eller PP materiale. Løsningen på overgangene blev det korrosionsbestandige materiale – rødgoods som anvendes i skibsindustrien. Rødgoods anvendes også i toiletcisternerne, hvilket projektet har accepteret.



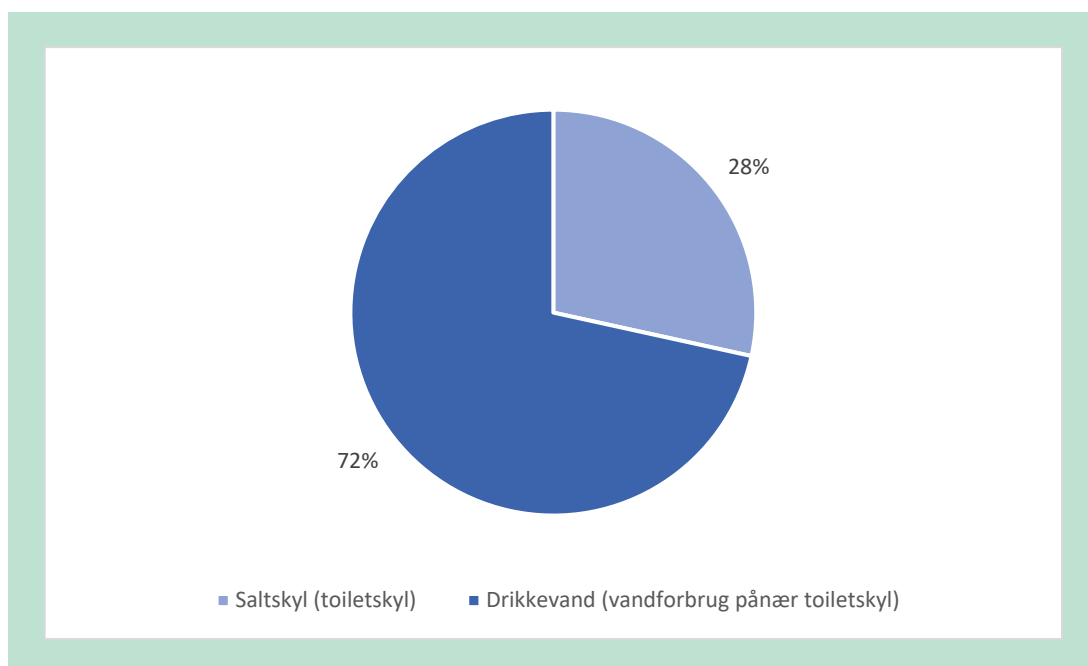
Test af distributionssystem
Tryktest af samlinger udført i
rødgoods.

3.5 Erfaringer under og efter etablering

Under projektførsløbet er der opsamlet erfaringer på forskellige områder. Nogle erfaringer har været forventet og andre har ikke været forventet i projektet.

3.5.1 Vandforbrug

Målinger i de 95 involverede lejligheder, viser, at 28% af det samlede vandforbrug i husholdningen bruges til toiletskyl (figur 1). De 28% til toiletskyl har ligget helt stabilt i den periode forbruget er observeret.



FIGUR 1. Målt forbrug i Kajplads 109 af saltskyl (toiletskyl) og drikkevand (vandforbrug på nær toiletskyl)

Vandforbruget i det nybyggede Nordhavn er på grundlag af data for vandforbrug i perioden 28. september 2017 til 24. august 2018 målt til 85 L/person/dag, hvoraf 24 L/person/dag bruges til toiletskyl (tabel 2) og 61 L/person/dag til resterende vandforbrug (bad, tøjvask, opvask, rengøring, drikke, madlavning og øvrigt). Det samlede vandforbrug (85 L/person/dag) er lidt lavere end gennemsnittet i København (ca. 100 L/pers). Dette kan skyldes, at vandinstallationer er moderne og vandbesparende. Det kan også skyldes beboersammensætningen og deres praksis. Det er i projektet antaget, at der gennemsnitligt bor 2,5 personer per lejlighed i de 95 lejligheder, som har fået leveret saltskyl. Brugertilfredshedsundersøgelsen indikerer dog at dette tal kan være op til 0,5 personer/lejlighed for højt, men tallet er estimeret ud fra bygningsdeveleper.

TABEL 2. Vandforbrug fordelt på drikkevand (alt vandforbrug på nær toiletskyl) og saltskyl til toiletskyl i perioden fra 28. september 2017 til 24. august 2018 (i alt 331 dage).

Vandtyper	Forbrug (m ³)	Forbrug (L/p/d)	Forbrug (%)
Drikkevand:	4.755	61	72
Saltholdigt grundvand:	1.889	24	28
Vandforbrug i alt:	6.644	85	100

Ud fra målingerne i demonstrationsanlægget bruges der 5.7 m³ saltskyl per døgn, hvilket svarer til 2.083 m³ per år (tabel 3), som er den drikkevandsbesparelse, som anlægget leverer.

TABEL 3. Saltskylsforbrug for lejlighed og person opgjort fordelt over døgn samt år. Det er antaget at der bor 2,5 personer i hver lejlighed.

Enheder	L/døgn	L/år
Kajplads 109	5.708	2.083.367
Per lejlighed	60	21.930
Per person	24	8.772

3.5.2 Driftserfaringer

Anlægget har været i drift i ca. et år og har været tilset af driftspersonalet ca. 2 gange månedligt. Nedenfor er de indsamlede driftserfaringer, som er relevante at fremhæve i forhold til etablering og drift af lignende anlæg. Overordnet har der været meget få udfordringer med selve driften af anlægget.

Indkøringsperioder:

Behandlingsanlægget har haft flere indkøringsperioder grundet flere udskydelser af indflytningsdatoen. Under indkøring er anlæggets styring samt alarmsystem afprøvet og har hver gang virket som forventet.

Iltilførsel og returskyl:

De eneste justeringer der har været i forhold til driften af anlægget er, at regulering af iltilførsel samt returskyl er skiftet fra midnat til dagstimer grundet hensyntagen til mulige støjgener for beboeren oven på teknikrummet.

Alarmer:

Der har været et par alarmer med skyllefejl under returskyllning, årsagen er ikke kendt. Derudover har driften af anlægget været uproblematisk og der har ikke været indikationer på, at driften vil give anledning til øgede drift i forhold til alarmer sammenlignet med drikkevandsforsyningen.

Vedligeholdsrutiner:

Almindelige vedligeholdsrutiner af anlægget (f.eks. at skille ventiler ad for at sikre funktionsdygtighed) blev ikke foretaget i den korte periode anlægget har været i drift. Dette er valgt sådan at driften ikke er blevet 'forstyrret' af disse "afbrydelser i driften", som kan være mindre eller større justeringer. Baggrunden for valget har været, at gøre evalueringen af brugernes oplevelser med så få udsving som muligt. Samtidig er det bevist, at behandlingsanlægget var robust, selv i en indkøringsperiode med nedsat vedligehold.

3.5.3 Særlige forhold ved saltskylsforsyningen

Ved at introducere en ny type forsyning med en anden vandkvalitet er der særlige forhold, som bør efterkommes. Dels for at undgå, at de to vandtyper bliver blandet, men også for at sikre de anvendte materials levetid. Der er fem 'særlige' forhold man bør tage i betragtning.

Farvede rør:

Ved at lade farven på sekundavandsforsyningen afvige fra farven på drikkevandsforsyningen gøres der opmærksom på, at det er to forskellige systemer. Dette er kendt fra udlandet og til en vis grad i Danmark, eksempelvis fra vores gule gasforsyning. Der er endnu ikke fastsat krav til farven på sekundavandsforsyning, men i udlandet er sekundavandsfarven lilla. Lilla er også i Danmark begyndt at blive den gængse farve på sekundavandsrør. Det foreslås at lilla skal indgå i alle rørinstallationer i sekundavandsforsyningen, lige fra samlemuffer, bøjninger, til diverse fittings.

Lavt tryk:

Ved at sænke vandtrykket i sekundavandsforsyningen til et lavere tryk end i drikkevandsforsyningen, vil en eventuel fejlkobling ikke "forurene" drikkevandet. Trykket i drikkevandsforsyningen er mellem 3,5 og 4 bar. Geberit cisterner virker ved et tryk på helt ned til 0,1 bar og vil derfor kunne fungere ved et nedsat tryk, dog vil en cisterne der fyldes langsomt kunne opfattes som en gene.

Smagsindikator:

Skulle der trods de ovennævnte foranstaltninger, ske påvirkninger af drikkevandet fra sekundavandsforsyningen, vil dette forringe kvaliteten af drikkevandet. Dog vil dette formentligt hurtigt blive opdaget, afhængigt af koncentrationen, da der i saltholdigt grundvand er indbygget en naturlig sikkerhedsforanstaltning; nemlig den salte smag.

Ombytningskit i cisternerne:

Da almindelige toilet cisterner indeholder enkelte metalkomponenter er det nødvendigt at udskifte disse med andre komponenter for at sikre levetiden af cisternen. Dette ombytningskit er alment tilgængeligt, da det blandt andet anvendes i skibe og på offshore olieplatforme.

Materialevalg:

Materialer anvendt til saltskylsforsyning skal være korrosionsbestandig. PE og PP plast påvirkes ikke af et forhøjede saltindhold. Steder, hvor det ikke er muligt at anvende plast, er metal et alternativ, da dette materiale er korrosionsbestandig i forhold til havvand.



Ombytningskit fra Geberit.

3.5.4 Udfordringer i projektforsøget

I gennem projektforsøget har der været forskellige udfordringer, som har krævet håndtering. Udfordringerne har været af forskellig art og karakter, hvoraf nogle har været forudsat i projekts risikoanalyse. Nogle udfordringer relaterer sig direkte til saltskylsprojektet, nogle andre indirekte, mens nogle enkelte ikke har en relation, men dog alligevel er blevet koblet til projektet.

Udfordringer som er direkte relateret til saltskylsprojektet

Disse udfordringer er noget, som lignende tiltag skal tage højde for i planlægningsprocessen.

Materialevalg

Det har været et 'krav', at alle materialer anvendt i saltskylsforsyningen var PP eller PE plast for at undgå korrosion. Dette blev ikke efterlevet i bygningsinstallationerne, da VVS'eren ønskede at benytte et velkendt presfittingssystem. Dette affødte, at overgangen fra presfittingssystemet til vandmålerens gevind var nødvendig i metal, da dette ikke fandtes i plast. Løsningen blev valgt med baggrund i mange års erfaringer i skibsindustrien, som anvender metallet *rødgods*, der kan tåle kontakt med havvand.

Rørfarve

For at mindske risikoen for fejlkoblinger blev det i projektet valgt, at rørfarven på det separate rørsystem adskilte sig fra øvrige rør i bygningen. Det har ikke været muligt at få producenter til at levere rør med f.eks. lilla farve. I det konkrete tilfælde med presfittingssystemet ønskede producenten ikke at omstille sin produktion for en relativ lille leverance. Denne problemstilling blev ikke løst, og der anvendes derfor identiske rør til de to systemer i pilotprojektet. Der er sat klistermærker med påskriften 'sekundavand' på det separate rørsystem.

Vandmålere

Gængse vandmålere kan ikke anvendes, da disse er lavet i metal. Selv vandmålere i plast har i de fleste tilfælde impeller af metal. Dette er løst ved at montere elektroniske vandmålere lavet af komposit uden impeller, som er den eneste mulighed ved denne forsyning. Dette øgede budgettet med ca. det firedobbelte for vandmålere.

Iltning

Behandlingsanlægget ilter vandet, før det distribueres ud til forbrugerne. Da anlægget er overdimensioneret, har det været vanskeligt at nedjustere iltningen tilstrækkeligt. Dette har forårsaget, at beboerne har oplevet lyden af luftbobler, når cisternen fyldes med vand. Dette opstod under første runde af spørgeskemaundersøgelsen, som også kan aflæse i besvarelsene. Problemet med nedjustering blev løst, og der er ikke oplevet disse gener siden.

Støj

En enkelt beboer i lejligheden over teknikrummet har oplevet støjgener på forskellige tider af døgnet. Efter dialog med beboeren kunne det konstateres, at støjen ikke relaterede sig til behandlingsanlægget, da støjen ikke stemte overens med de tidpunkter anlægget var i funktion. Der er i denne forbindelse foretaget støjmålinger og målingerne viser op til 50 dB ved almindelig drift, hvilket svarer til støjniveauet til en moderne opvaskemaskine

Oplevelser af anden vandkvalitet

Nogle beboere havde oplevelse af at vandkvaliteten var anderledes i forhold til traditionelt drikkevandsforsyning. Dette blev iagttaget i form af ændringer i farve og mængde af udfældninger i toilettet.

Udfordringer som er indirekte relateret til saltskylsprojektet

En af de store udfordringer i projektet har været samarbejdet mellem HOFOR og totalentreprenøren på byggeriet og de deraf afledte præmisser for pilotprojektet. Dette er ikke direkte relateret til saltskylsprojektet, men bør alligevel tages højde for i lignende initiativer, som sandsynligvis ville være underlagt samme præmisser for gennemførelse af saltskylsforsyning.

Krav til installationer

Da HOFOR som forsyningsselskab ikke ejer bygningsinstallationer, i dette tilfælde det separate distributionssystem, kan HOFOR kun anviser og ikke stille krav til installationerne. Blandt andet derfor har HOFOR ikke haft indflydelse på valg ovenfor om presfittingssystem (Materialevalg).

Forsinkelser i byggeprocessen

Projektet har fulgt byggeriets tidsplan, som blandt andet betød at totalentreprenøren med kort frist besluttede at placere behandlingsanlægget i teknikrummet, hvilket affødte behov for akutte justeringer i anlæggets opbygning.

Udfordringer uden relation til saltskylsprojektet:

Da saltskyl er en ny forsyningstype, har der været en særlig opmærksomhed og bevågenhed fra omgivelserne. Dette har bevidst eller ubevidst forårsaget, at enkelte udfordringer, som ikke har nogen relation til projektet, alligevel er blevet koblet til saltskyl. Nedenstående er korte beskrivelser af udfordringer som *ikke* kobler sig til projektet, men ubegrundet er blevet koblet til projektet. Dette er medtaget, så projektledere i lignende initiativer kan være forberedt på, at der sådanne ikke-relaterede udfordringer kan påvirke opfattelsen af projektet.

Lækager

Der opstod lækager på det separate distributionssystem få uger inden indflytning. Overgangen fra vandmålere til PEX-slangen til toiletter flækkede i flere lejligheder. Dette var *ikke* relateret til saltskylsforsyningen i sig selv, da der på dette tidspunkt var koblet drikkevand på systemet før indflytningen. Det blev konstateret, at de flækkede plastfittings relaterer sig til en kombination mellem for meget pak-tape og overspænding af fittings.

Problemet blev løst ved at alle disse plastfittings blev udskiftet til rødgods-fittings, som anvendes andre steder i saltskylsforsyningen, herved kan de ikke flække ved eventuel overspænding.

Der har efterfølgende været enkelte smålækager ved disse fittings. VVS'eren har i disse tilfælde udskiftet eller efterspændt de fittings, der har skabt lækager.

Kloaktilstopning

Det interne kloaksystem i bygningen blev tilstoppet lige før indflytning. Første indskydelse fra totalentreprenøren var, at dette relaterede sig til saltskylsprojektet. Det har efterfølgende vist sig, at kloakken blev tilstoppet af byggeaffald som cement, fliselim mm.



Plastfitting
Flækket plastfitting.

4. Udvikling af proces og standard for sekundavandsanlæg i en dansk kontekst

Dette kapitel beskriver de mere administrative samt lovmæssige elementer forbundet med projektet. Erfaringer fra projektet er beskrevet samt betragtninger til at lette mulighederne for etablering af lignende anlæg.

4.1 Dispensation til levering af saltholdigt grundvand

Drikkevandsbekendtgørelsen (BEK 524 af 01/05/2019) stiller i §3 og 4 krav om, at vand til husholdningsbrug skal overholde kvalitetskrav, som fremgår af bekendtgørelsens bilag 1 a-d.

I "Vejledning om kommunernes tekniske tilsyn med vandforsyningsanlæg" er der givet følgende definition af vand til husholdningsbrug:

Vand til husholdningsbrug: Vand til husholdningsbrug omfatter alt vand i husholdningen dvs. til konsum og madlavning, personlig hygiejne, toiletskyl, tøjvask m.m.

Det kan således fastslås, at vand til husholdningsbrug, herunder toiletskyl, skal leve op til drikkevandskvalitetskravene i bilag 1 a-d.

Det var derfor nødvendigt, for at kunne gennemføre pilotprojektet, at søge om dispensation fra overholdelse af drikkevandsbekendtgørelsen, da det anvendte saltholdige grundvand ikke ville kunne overholde kravene i bekendtgørelsen.

Dispensationen blev således søgt hos Miljøministeriet (hos det daværende Naturstyrelsen) af Københavns Kommune efter kommunen havde modtaget en ansøgning fra HOFOR om tilladelse til indvinding af saltholdigt grundvand til toiletskyl i en beboelsesejendom.

Naturstyrelsen meddelte dispensationen d. 19. november 2013, efter at miljøministeren havde bemyndiget styrelsen til at behandle den konkrete ansøgning.

Naturstyrelsens meddelelse om dispensationen byggede på en vurdering af, at lettere saltholdigt grundvand vil kunne anvendes til toiletskyl i en beboelsesejendom på tilsvarende måde som regnvand, jf. nuværende bekendtgørelses § 5. Som forudsætning for dispensationen skulle det sikres, at ejendommens øvrige vandforsyning og spildevandsafledning ikke ville blive påvirket negativt.

Det forudsættes yderligere i dispensationen, at kommunen fortager den videre sagsbehandling (som i en almindelig ansøgning om indvinding) af drikkevand under hensyntagen til, at vandet ikke behøver at opfylde kvalitetskravene i bilag 1 a-d. Dispensationen medfører samtidig, at

bekendtgørelsens § 14-19, 26 og 29 (daværende § 28) ikke er relevant for så vidt angår det saltholdige grundvand.

4.2 Forslag til ændringer i lovgivning

Med den nuværende lovgivning vil fremtidige anlæg kræve dispensation fra drikkevandsbekendtgørelsen. Dette må betegnes som værende administrativt ressourcekrævende, hvis der for hver installation skal søges om dispensation hos Miljøstyrelsen. Derfor anbefales en lovændring, der gør det lovligt at anvende ikke-drikkevand til toiletskyl. Nedenfor præsenteres to konkrete forslag til dette.

4.2.1 Ændret definition af "husholdningsbrug"

Som det fremgår af ovenstående, skal vand til toiletskyl have samme kvalitet, som det vand man drikker. Bekendtgørelsens § 1 anvender begrebet "vand til husholdningsbrug." Husholdningsbrug er ikke defineret i bekendtgørelsen, men fremgår af vejledningen til denne (se forrige side).

Et forslag kunne være at ændre definitionen af husholdningsbrug, så denne deles op i flere typer f.eks.;

- 1) Direkte konsum, som drikke og madlavning. Her tænkes på almindeligt drikkevand, som tappes fra husholdningens haner.
- 2) Vand som ikke overholder gældende drikkevandskvalitetskrav, men som ikke udgør nogen sundhedsrisiko. Her tænkes på f.eks. saltskyl, som kan bruges til andre formål end drikke og madlavning, så som toiletskyl, tøjvask samt personligt hygiejne.

I forhold til personlig hygiejne er der rent hygiejnisk ingen risiko ved at bade i vand, der har et forhøjet indhold af klorid. Forsyningen med saltholdigt grundvand vil stadig være underlagt de samme kontrolkrav, som for levering af drikkevand, jf. den meddelte indvindingstilladelse. Det anbefales, at der i bekendtgørelsen indføres en række særlige kvalitetskriterier for brug af denne type grundvand. I kvalitetskriterierne skal der eksempelvis lægges vægt på, at vandet er hygiejnisk rent, uden lugt og misfarvning samt uden risiko for afdunstninger, der kan give indeklimaproblemer. Med denne foreslåede ændring, vil vandforsyninger kunne tilbyde en alternativ forsyning til deres kunder og dermed spare på drikkevandsressourcen.

4.2.2 Sidestilling af saltholdigt grundvand med regnvand

Et alternativ til ovenstående forslag er at sidestille saltholdigt grundvand med regnvand fra tage. I bekendtgørelsens § 5, stk. 1 er netop regnvand opsamlet fra tage undtaget fra kvalitetskravene i bekendtgørelsens bilag 1 a-d. Naturstyrelsen (nuv. Miljøstyrelse) brugte netop i sin argumentation for at give en dispensation til pilotprojektet, at det var sammenligneligt at anvende lettere saltholdigt grundvand og regnvand fra tage til toiletskyl. Det er derfor nærliggende at tilføje saltholdigt grundvand til § 5, stk. 1 i bekendtgørelsen. Ved levering af saltholdigt grundvand bør der nævnes i paragraffen, at indvindingen skal ske efter de samme principper, som ved levering af drikkevand for at sikre den hygiejniske kvalitet, jf. ovenstående forslag til indførelse af særlige kvalitetskrav til brug af grundvand, der ikke lever op til drikkevandskvalitetskriterierne.

4.3 Leveringsbestemmelser

For at sikre samme vilkår for forbrugerne, blev der i pilotprojektet taget udgangspunkt i HOF-ORs gældende vandleveringsbestemmelser på trods af, at det er et demonstrationsprojekt

udelukkende på privat matrikel. Det fungerede fint i praksis. Administrationsmæssigt blev forsyningen af saltskyl dermed ligestillet med drikkevandsforsyningen. HOFOR ejer og driver forsyningen frem til afregningsmåleren, det vil sige kildeplads og indvinding, råvandsledning samt behandlingsanlæg. Bygningsinstallationer, herunder det separate distributionssystem samt individuelle målere, er ejet af grundejer.

HOFOR afregner sekundavand fra afregningsmåleren, og ejendomsadministrationen opkræver afregning fra de individuelle målere på det separate distributionssystem. I dette konkrete tilfælde er der ikke betalt anlægsbidrag (tilslutningsbidrag), da der ikke er afholdt udgifter til fremførsel af stik, i og med at anlægget er etableret udelukkende på matriklen.

4.4 Vandpriser – nu og i fremtiden

Introduktion til vandpriserne i pilotprojektet samt en vurdering af fremtidens pristendenser.

4.4.1 Pris for saltholdigt grundvand i pilotprojektet

Prissætning på vand er reguleret ved vandforsyningslovens § 53 og er dermed underlagt bekendtgørelsen 962/2013 om afgift på ledningsført vand. Der skal således opkræves vandafgift. Ledningsført vand kræver også individuelle vandmålere, som er monteret i hver enkelt lejlighed. Lovgivning giver mulighed for at ensarte vandprisen ved differenceret vandproduktionspris, hvis der for eksempel er flere vandværker som leverer til samme forbrugere. Dermed kan produktionsprisen for de enkelte vandværker ikke afspejles i vandprisen.

Prissætning på sekundavand er i dette pilotprojekt fastsat til samme niveau som drikkevand i København (38,65 kr/m³ – 2018). Denne prissætning er fastsat for at undgå prisforskelle og dermed forskelsbehandling mellem forbrugerne.

Introduktionen af nye sekundavandsanlæg (værk og distributionssystem) vil i dette demonstrationsanlæg afføde en højere produktionspris i forhold til drikkevand (afsnit 5.2).

4.5 Standarder og dokumenteret sekundavandssikkerhed

I forbindelse med risikovurderingen er det vurderet, at en ny forsyningsart som sekundavand skal standardiseres på samme måde som drikkevandsforsyningen, både i forhold til materialer samt vandkvalitet.

4.5.1 Standarder til etablering af anlæg

Ved etablering af anlæg bør materialer og komponenter afvige tydeligt fra andre typer forsyninger, særligt drikkevandsforsyning, for at minimere risiko for fejlkoblinger.

Med baggrund i erfaringerne fra etableringen samt drift af demonstrationsanlægget, foreslås følgende standarder til rørfarve- og materialevalg samt respektafstande:

- Rørfarven til sekundavandsdistribution bør afvige fra andre forsyningsarter. Der anbefales farven lilla, som anvendes i andre lande til sekundavandsforsyning.
- Ved anvendelsen af saltholdigt grundvand er der specifikke krav til materialevalget, da det forhøjede indhold af salte stiller andre krav til korrosionsbestandighed. Der anbefales PE/PP plast i hele saltskylsforsyningen. Er dette ikke muligt (for eksempel på grund af overgang til vandmålere), anbefales metallet rødgods, som i demonstrationsanlægget blev anvendt i presfittingsystem.
- Respektafstande for afstanden imellem forsyningsledninger er standardiserede, men sekundavand fremgår ikke som forsyningsart i standarden, og derfor er der tvivl om, hvordan ledninger i praksis skal anlægges. Det anbefales, at dette standardiseres.

4.5.2 Dokumenteret Sekundavandssikkerhed

DHI har udarbejdet rapporten 'Lokalt saltholdigt vand til toiletskyl i kystnært beboelsesområde' (Bilag 2), som skal belyse risici og dermed sikkerhed i forhold til forbrugerne. I det følgende opsummeres konklusionerne.

Dokumenteret SekundavandsSikkerhed (DSeS) er et nyt begreb, som introduceres med dette pilotprojekt. Ligesom med drikkevandsforsyning er det nødvendigt, at leverancen af sekundavand fra et forsyningselskab er dokumenteret sikkert over for forbrugerne. Da forsyningsystemet er tilsvarende drikkevand, blot en parallel forsyning er der taget udgangspunkt i traditionel risikostyring, med dokumenteret drikkevandssikkerhed (DDS) som model.

Risikovurderingen blev gennemført som en simpel teambeslutning med deltagelse af HOFORs DDS team fra Drift og Plan og DHI, hvor man opnåede enighed om de forskellige risikomomenter.

Herefter skulle resultatet af risikovurderingen bringes videre til designfasen og implementeringsfasen for at sikre, at de vigtigste risici blev styret i den endelige udformning af anlægget. Desværre blev resultatet af risikovurderingen ikke direkte anvendt i design af anlægget. Diskussionerne på DSeS mødet blev anvendt som inspiration i diskussionerne imellem HOFOR og Krüger, som designede behandlingsanlægget.

Faktaboks

DDS (Dokumenteret DrikkevandsSikkerhed)

er en metode, der sikrer, at vandkvaliteten er i orden fra kilde til forbruger. DDS er en plan der har en systematisk og logisk fremgangsmåde til styring af drikkevandssikkerhed, som er baseret på forebyggelsen af problemer ud fra en risikovurdering af hele kredsløbet. DDS-planer giver både vandforsyningen, forbrugerne og myndighederne tillid til, at drikkevandssikkerheden styres effektivt.

Proces og praktiske erfaringer:

HOFORs DDS skabeloner blev anvendt til risikovurderingen. En række af de forhåndsidentificerede risici i skabelonerne kunne på forhånd fjernes, idet de var irrelevante (f.eks. en række risici-relateret til forbrugerne, brandhaner etc.). Andre risici var ikke med i DDS-skabelonerne, f.eks. krydsforbindelser mellem sekundavand og drikkevand, gulvafløbssikring, støj og ændring af vandkvalitet i cisterner. Det var derfor vigtigt at lægge vægt på det specifikke anlæg og ikke kun bruge generelle skabeloner for at gennemføre risikovurderingen.

De indledende punkter i en normal DDS, det vil sige etablering af et vandsikkerhedsteam, fordeling af roller og ansvar og identifikation af ressourcer, blev ikke gennemført i tilstrækkeligt omfang inden risikovurderingerne. Desuden var formålet med anlægget, herunder at der var tale om et anlæg med en forsøgsperiode på 2 år, ikke tydeligt i forbindelse med risikovurderingerne. Det kom til at betyde, at DSeS teamet ikke blev komplet, da Krüger ikke deltog; at forudsætningen om den 2-årige forsøgsperiode ikke blev taget med i risikovurderingen; og at ressourcerne til overvågning og vedligeholdelse ikke blev prioriteret fra starten. Med fremtidige anlæg er det vigtigt, at DSeS processen gennemføres fuldt ud, og at vurderingerne tages i betragtning fra designfasen til anlægget er installeret og sat i drift. Det er endvidere vigtigt, at der fra ledelsens side er opbakning og afsat tilstrækkelige ressourcer til både etablering og drift.

Risikovurderingen:

Risikoskabelonerne med de konkrete vurderinger er vedlagt i bilag A i baggrundsrapporten 'Lokalt saltholdigt vand til toiletskyl i kystnært beboelsesområde'.

De væsentligste risici, der blev identificeret, er vist i TABEL 4 (eller tabel 2-1 i baggrundsrapport Lokalt saltholdigt vand til toiletskyl i kystnært beboelsesområde).

TABEL 4. Væsentligste risici identificeret ved den indledende risikovurdering

Fare	Risikovurdering
Råvandets indhold af organisk stof, som kan fremme vækst af mikroorganismer	Sandsynlighed: Erfaringer fra drikkevand er, at organisk stof altid er til stede i grundvand og der kan sive overfladevand ind. Konsekvens: Skaber grundlag for højt kimtal og biofilmdannelse f.eks. i installationer og hydrofor. Hos forbrugeren kan der komme lugt og korrosion. I distributionen korrosion. I yderste konsekvens kan der blive anaerobt og på grund af den marine påvirkning dannelse af H₂S. Styring: Installation af tæt dæksel og bentonit ved foringsrør for at hindre indsvivning. Rensning forventes at reducere indholdet af organisk stof. Hydrofor med lille opholdstid. Der gennemføres undersøgelser af mikrobiel vækst i cisternerne. Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau
Råvandets indhold af miljøfremmede stoffer og sporstoffer samt naturlige stoffer	Sandsynlighed: Høj sandsynlighed da området er opfyldt og de indledende analyser viste spor af bl.a. flygtige stoffer. Konsekvens: Ved høje koncentrationer af flygtige stoffer kan forbrugerne blive eksponeret. Styring: Den foreslåede rensning vil ikke fjerne f.eks. klorerede opløsningsmidler. Vandets kvalitet overvåges. Hvis der er uacceptable koncentrationer lukkes for det forurenede vand. Styring vil reducere risiko til et acceptabelt niveau
Terror. Forsætlig forurening	Sandsynlighed lille, men konsekvensen kan være stor. Styring: Adgang til vandbanen hindres. Styringen vil gøre forsætlig forurening vanskelig og dermed sænke sandsynligheden for forekomst.
Vandets indhold af naturlige stoffer f.eks. jern, ammonium, mangan fjernes ikke ordentligt	Sandsynlighed: Grundvandet forventes at indeholde de pågældende stoffer. Konsekvens: Synlige aflejringer i toiletkummen og evt. lugt samt dårlig kundetilfredshed. Ingen sundhedsrisiko. Styring: Beluftning og filtrering Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau
Manglende vedligehold (kontrol), udskiftning af luftfiltre, sikring af tæthed og adgangsveje	Sandsynlighed: Uden vedligeholdelse vil anlægget bryde sammen. Konsekvens: Ingen levering af vand. Styring: Der etableres vedligeholdelsesplaner og etableres mulighed for anvendelse af vand fra drikkevandsanlægget. Se punkt 7. Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau
Opholdstid og for høj temperatur i ledninger med meget lille forbrug	Sandsynlighed: Vil ske, især om natten. Konsekvens: Kan medføre vækst. Se risiko 1. Styring: Minimering af opholdstid og isolering af rørinstallationer for at holde lavest mulige temperatur. Endvidere gennemføres undersøgelser af mikrobiel vækst i cisternerne. Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau. Resultater af undersøgelser afventes.
Krydsforbindelser	Sandsynlighed: Internationale studier viser, at der er stor risiko for bevidst og ubevidst etablerede krydsforbindelser. I vores tilfælde er de bevidste forbindelser ikke sandsynlige, da der er tale om saltvand. Konsekvens: der kommer saltvand i drikkevandet eller omvendt. Den sundhedsmæssige risiko afhænger af vandkvaliteten. Styring: Installationerne lægges bag paneler så de i praksis er utilgængelige. Driftstryk skal være højere i drikkevandet end i saltvandet. Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau.
Forsyningssikkerhed	Sandsynlighed: Der er høj sandsynlighed for at anlægget ikke kan levere vand i forbindelse med start af anlægget eller i forbindelse med vedligeholdelse. Konsekvens: Der vil ikke kunne leveres vand. Styring: Der etableres nødforsyning fra drikkevand Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau, men introducerer fare for tilbagemeld til drikkevandsforsyningen.

Ligesom for almindelig vandforsyning, er det også her vigtigt, at der er en backupforsyning i form af f.eks. drikkevand. Forsyningssikkerhed bør derfor indgå i anlægsdesignet.

Der har udover selve DSeS processen været en sideløbende proces hvor HOFOR har haft kontakt med bygherrer, håndværkere og udlejningsselskab. Der er vigtigt at skabe sammenhæng imellem DSeS arbejdet og koordinering af etableringen af et sekundavandsanlæg.

Dette projekt har været en prøveordning. Det har påvirket omfanget af vedligeholdelse. HOFOR har besluttet, at anlægget reparerer, hvis noget går i stykker, idet det dog forventes, at materialet vil holde i hele prøveperioden. Hvis der er tale om permanente projekter, bør vedligeholdelse indgå på samme niveau, som anvendes i normal vandforsyning.

Anlægget er relativt lille. Overvågningen af anlægget kræver derfor forholdsvis mange driftsressourcer set i forhold til den producerede vandmængde. Det er vigtigt at vurdere omkostningerne ved drift inden projekter af denne slags igangsættes, og at der fra ledelsens side afsættes tilstrækkelige ressourcer til drift.

Forslag til fremtidige retningslinjer:

På baggrund af erfaringerne med DSeS ved etablering af saltskylanlægget foreslås nedenstående retningslinjer. En oversigt over retningslinjerne er beskrevet i bilag B i baggrundsrapporten 'Lokalt saltholdigt vand til toiletskyl i kystnært beboelsesområde'.

Før man starter

Før man starter på etablering af et sekundavandsanlæg skal det besluttet, hvem der skal lede DSeS processen. DSeS ledelsen skal have den nødvendige viden og opbakning fra forsyningens ledelse i form af tilstrækkelige ressourcer og beslutningskompetence, således at det er muligt at fordele roller, ansvar og ressourcer. Endvidere skal der skabes kontakt til myndigheder og andre relevante stakeholders, herunder ejere af de berørte ejendomme, beboere, entreprenører og håndværkere.

Sekundavandsforsyningens målsætning

Forsyningen udarbejder sammen med DSeS ledelsen en målsætning, der udstikker de overordnede rammer og målsætninger om sundhedsmæssige krav, æstetiske krav, forsyningssikkerhed for anlægget og forbrugertilfredshed. Målsætningen er grundlaget for det videre arbejde. Målene skal så vidt muligt være specifikke, målbare, og opnåelige og kommunikeret til alle relevante parter.

Beskrivelse af sekundavandsforsyningen

Denne del af DSeS består af to trin. Etablering af et DSeS-team og beskrivelse af anlægget. Formålet er at samle et team med tilstrækkelig erfaring, ekspertise og tid til at forstå systemet og de risici, der truer. Teamet skal beskrive systemet fra råvandskilde til forbruger, stille krav til vandkvalitet og udarbejde et flowdiagram, der skal kunne anvendes til at identificere kritiske kontrolpunkter.

Fareidentifikation af risikovurdering

DSeS teamet skal identificere alle potentielle biologiske, fysiske og kemiske farer, der er knyttet til hvert enkelt trin i flowdiagrammet, identificere de skadelige hændelser, der kan resultere i, at en fare kan forurene vandet samt bestemme den potentielle risiko for hver skadelig hændelse ved hvert trin. Risikoen kan bestemmes som en simpel teambeslutning eller ved semikvantitativ vurdering. Risikovurderinger nedskrives og samles i en DSeS-plan.

Forsyningssikkerhed

Teamet kan identificere knudepunkter i vandbanen, der kan have betydning for forsyningssikkerheden og gennemføre en hvad-nu-hvis analyse for hvert punkt. Det vil sige at spørge ind til hvilke hændelser, der kan forekomme i punktet, og hvad hændelsen betyder for forsyningssikkerheden.

Bestemmelse og validering af kontrolforanstaltninger

For hver identificeret fare/skadelig hændelse identificeres kontrolforanstaltninger, der reducerer en uacceptabel risiko til en acceptabel risiko. Valideringen skal skaffe bevis for, at anlægget kan leve op til forsyningens målsætning, dels ved teknisk dokumentation af de valgte løsninger og efterfølgende ved målinger. En identificeret fare kan evt. søges helt elimineret. Hermed slipper man for tilhørende kritiske kontrolpunkter.

Operationel overvågning

Overvågning af kontrolforanstaltningerne er vigtig for at sikre, at de virker effektivt og for at kunne sætte ind i tide, hvis der observeres afvigelser fra den normale drift. Operationel overvågning er at udføre planlagte målinger eller observationer med det formål at undersøge, om en kontrolforanstaltning lever op til de krav, der er stillet til den. Beboerne kan indgå som en del af den operative overvågning.

Korrigerende handlinger danner, sammen med den operationelle overvågning, den kontrol, der sikrer, at der til stadighed leveres sikkert sekundavand. De korrigerende handlinger skal være planlagt på forhånd. Når den operationelle overvågning viser, at de operationelle grænser er overskredet, skal de korrigerende handlinger sikre, at kontrolforanstaltningen hurtigt bringes til at fungere effektivt igen.

Verifikation og intern audit

Formålet med verifikation er at sikre, at vandforsyningen kan leve op til målsætningen. Det er typisk måling af vandkvalitet, men kan f.eks. også være beboertilfredshed. Formålet med intern audit er at sikre, at DSeS-planen er implementeret i praksis og bliver fulgt i dagligdagen. Audit af et sekundavandsforsyning bør auditeres på lige fod med drikkevandsforsyning.

5. Evaluering og indsamling af tidlige erfaringer af saltskylsprojektet

Dette kapitel indeholder opsummeringer af evaluerende rapporter udarbejdet af henholdsvis Aalborg Universitet, Sweco, DTU, DHI og HOFOR. Rapporterne evaluerer Saltskylsprojektet på en række emner på baggrund af erfaringer fra etablering og de første 6 måneders drift, (TABEL 5). Emnerne er udvalgt på baggrund af et tidligere studie af sekundavandsforsyning (Rygaard et al., 2014).

TABEL 5. Oversigt over ansvar for afsnit og baggrundsrapporter, som ligger til grund for disse.

Emne	Partner	Afsnit	Fuld rapport
Brugertilfredshed	Aalborg Universitet	5.1.	Bilag 3
Økonomi & opskalering	Sweco	5.2.	Bilag 4
Miljøvurdering	DTU	5.3.	Bilag 5
Mikrobiologi	DTU	5.4.	Bilag 6
Sundhed	DHI	5.5.	Bilag 2
Forsyningssikkerhed & Robusthed	HOFOR	5.6.	Intet bilag
Kloaksystemet	HOFOR	5.7.	Intet bilag

5.1 Brugertilfredshed

Aalborg Universitet har udarbejdet brugertilfredshedsundersøgelsen 'Saltskyl – brugerperspektiver på sekundavand og bæredygtighed' (Bilag 3). Den er baseret på to spørgeskemaundersøgelser, omdelt i beboer-opgangene, og opfølgende interviews samt interviews med professionelle brugere (folk som har fagligt kendskab til saltskyl).

5.1.1 Opbakning til brug af alternativ vandressource

Undersøgelsen bekræfter tidligere undersøgelser i, at der er stor opbakning blandt beboere til projekter, som bruger sekundavand i husholdninger, her lokalt indvundet saltholdigt grundvand. Svarene viser, ligesom tidligere, at brug af sekundvand i høj grad ses som en mulighed for at spare på drikkevandsressourcerne, og det kobles også til forståelse af, at det rene grundvand ikke skal bruges i toiletter.

Der er en sammenhæng mellem den information, som HOFOR har udarbejdet om projektet til beboerne, og de begrundelser, som deltagerne giver for deres opbakning. Således viser undersøgelsen, at det er muligt at skabe opbakning til projekter, der argumenterer for rent drikkevand, beskyttelse af vandressourcen og innovation og bæredygtig udvikling. Der er ikke noget,

der peger på, at beboerne har ændret deres forbrug af vand som følge af, at den traditionelle vandforsyning bliver suppleret med lokale ressourcer.

Projektet er gennemført i en ny bebyggelse i Nordhavn, som profileres som en innovativ bæredygtig bydel. De tidlige interviews med professionelle brugere og kommende beboere peger på, at dette er en væsentlige rammefortælling, som de giver opmærksomhed. Det er en positiv historie, som de er glade for at være en del af. Det konkrete byggeri, som projektet er gennemført i, er samtidigt et byggeri, der præsenteres som eksklusivt, og der er en relativt høj husleje. Der indgår ikke direkte socioøkonomiske parametre i undersøgelsen, men beboerne er ikke repræsentative for hele den brede befolkning. Den tidligere undersøgelse ser på to andre bebyggelser, dels en innovativ miljøorienteret bebyggelse fra 90'erne, dels en større almen bebyggelse, der formodes at have en bredere beboersammensætning. I disse bebyggelser er der opbakning med de samme begrundelser.

Det understreges i indflytningsmaterialet til beboerne, at saltskyl er en nem måde at være bæredygtig på og gøre noget for miljøet, og der lægges ikke op til, at beboerne ændrer vaner eller betaler mere. Der er således ikke forventninger i projektet til, at beboerne skal aktiveres eller betale ekstra. Det gør det naturligvis nemmere at få opbakning – hvem vil ikke gerne være bæredygtig uden at skulle gøre noget ekstra? Undersøgelsen viser imidlertid, at der alligevel er en række ting på spil for beboerne.

Saltskyl beskrives af alle professionelle brugere som et projekt, der bryder med det eksisterende 1-strengede system, der med et stærkt hygiejnisk fokus leverer én vandkvalitet til alle husholdninger. Sekundavand i toiletterne skaber således bekymringer blandt professionelle brugere for sundhedsrisici pga. vandets kvalitet. At der er to forskellige vandkvaliteter skaber en risiko for fejl, som der ikke er i det nuværende system, f.eks. fejlkoblinger, således at sekundavandsforsyning kobles til drikkevandsforsyningen. Derfor indgår en vurdering af vandkvalitet og sundhedsrisici også som en central og selvstændig undersøgelse (se 4.d og e).

Beboerne har ikke samme grad af bekymring om sundhedsrisici. Ingen beboere har kommentarer, der kobler sig til sundhed i spørgeskemaundersøgelsen. Adspurgt om eventuelle bekymringer, svarer de interviewede beboere, at de regner med at vandet er testet, eller at så længe vandet bare er i toilettet, har de ingen problemer med det. En enkelt nævner muligheden for en fejlkobling i forbindelse med fremtidige aktiviteter i bebyggelsen. En anden, at hun ikke vil vaske tøj i vandet, fordi hun oplever at vandet er gulligt – og hun er desuden usikker på, om sekundavandet er hentet fra havnen, og der har hun set skilte, der advarer om vandkvaliteten. Det er dog ikke noget, der tilsyneladende har fået disse beboere til at undersøge det nærmere eller til at være bekymrede i hverdagen. Denne tillid ligger fint i tråd med det eksisterende professionaliserede system, der dels har forsynet med sikkert drikkevand i mange år i Danmark, dels ikke bygger på, at beboere forholder sig til vandsystemets funktion.

De professionelle brugere nævner også muligheden for, at beboerne oplever andre gener med sekundavandet, og beboerne får en vigtig rolle som informanter omkring deres oplevelser og erfaringer til brug for at optimere systemet forud for en eventuel opskalering.

Der er foretaget to spørgeskemaundersøgelser, hvoraf den første var en form for reference, idet der blev forsynet med traditionelt drikkevand i det separate system. Det er desuden vigtigt at være opmærksom på, at byggeriet var nyt og alle således er nye tilflyttere. Dermed er toiletterne som sådan nye for alle beboere, og deres forventninger til at bo i bebyggelsen kan være nogle andre end til deres tidligere bolig og dermed betyde noget for deres oplevelser af toilettet, eventuelle gener og serviceniveau.

Det er ikke muligt at konkludere entydigt på, om der er væsentlig større problemer med farve og aflejringer efter det lokalt indvundne saltholdig vand blev koblet til. I forvejen er drikkevandet i København hårdt og afsætter aflejringer. Det er samtidig tydeligt, at farve og aflejringer opleves forskelligt og hænger sammen husholdningens praksisser for rengøring. Undersøgelsen kan heller ikke udelukke, at der kan være forskel på, hvordan det lokalt indvundne saltholdige grundvand opleves i toiletterne. Nogle beboere oplever, at vandet ser anderledes ud og afsætter gullige aflejringer, der synes forskellige fra de traditionelle kalkaflejringer. Det saltholdige vand har en anden kemisk sammensætning end det traditionelle drikkevand, og det kan give anledning til andre brugeroplevelser. Disse problemstillinger kan sammenholdes med analyserne af vandets indhold og være genstand for yderligere undersøgelser (se afsnit 5.4 Mikrobiologisk risikovurdering).

Støj har været en problemstilling med det separate system for nogle enkelte husstande. Det er ifølge HOFOR håndteret gennem justeringer af systemet.

Der er nogle beboere, der giver udtryk for bekymringer om, at vandet kan påvirke materiellet – toilettet og de øvrige installationer. Denne brugertilfredshedsundersøgelse svarer ikke på, om disse bekymringer er teknisk velbegrundede, men peger på, at de findes blandt beboerne. Det skal overvejes, om der skal følges op med f.eks. yderligere undersøgelser eller formidling.

Endelig er det en væsentlig pointe, at beboere i begge spørgeskemaundersøgelser, som oplever at der er aflejringer eller andre ulemper (og som kobler dette mere eller mindre direkte til saltskyl), alligevel bakker op om systemet og er parate til at håndtere problemer, fordi det vurderes som værende godt for miljøet. Kun enkelte beboere skriver direkte, at saltskyl ville være en god ide, hvis det ikke havde været for problemerne med aflejringer og støj.

Det viser, at selve ideen om bruge sekundavand for at spare på det rene grundvand virker overbevisende. Da boligerne samtidig er privat udlejning, er der måske færre bekymringer for økonomi og langtidseffekter, f.eks. anlæggets påvirkning på installationer. Resultaterne kan ikke umiddelbart overføres på privatejede boliger.

Økonomi er et tema for de professionelle brugere, idet anlægget kræver en konkret investering, dels i et 2-strengt system, dels i den lokale vandindvinding og behandling. Det rejser et spørgsmål om prisen for forbrugerne for vandforsyningen. Økonomi er imidlertid ikke et tema, der blev taget direkte op i undersøgelsen blandt beboerne, fordi det tidligt blev besluttet, at omkostningerne for etableringen og driften af det supplerende anlæg ikke skulle tillægges beboerne i bebyggelsen, men betales i det store fællesskab. Kun ganske få beboere tager selv økonomien op som et tema. Heraf mener enkelte, at der må være en god økonomi i at bruge sekundavand, uden at de redegøre for, om de tænker i et privat eller et samfundsøkonomisk perspektiv. En enkelt, der er tilfreds med oplysningen om, at merudgiften for den lokale forsyning betales af systemet, peger samtidig på, at den samlede økonomi er afgørende for, om systemet kan anbefales.

Alt i alt viser undersøgelsen således en stor opbakning til projektet, der bruger lokalt saltholdigt grundvand til toiletskyl, såfremt dette bidrager til en bæredygtig forvaltning af vandressourcerne.

5.1.2 Saltskyl og bæredygtig udvikling

Projektet adresserer et aktuelt og komplekst spørgsmål om bæredygtighed i vandforsyningen, der både er en global udfordring og samtidig en meget kontekstuel problemstilling. Klimaforandringer som regn og skybrud, varme og tørke og stigende grundvand øger det i forvejen komplekse billede. Desuden dukker flere og flere pesticider op i drikkevandsboringer, der må lukkes. I mange årtier fremover må vi forvente, at pesticider, der allerede er spredt, når til grundvandet.

Der er således grund til at overveje fremtidens vandforsyning. Hvilken vandforsyning skal der sættes på fremover? Skal man opretholde det 1-strengt system, eller indlede en ny tilgang til forsyning med flere vandkvaliteter? Hvad er en bæredygtig forsyning? Hvordan skal det vurderes? Hvem skal bidrage til denne vurdering? Hvor kan forskellige forsyningsløsninger være relevante?

Projektet rummer en række delprojekter, der undersøger miljø, sundhed, opskalering og altså brugerperspektiver, der alle er væsentlige for at vurdere projektets bæredygtighed. På en workshop opstillede en række af projektets aktører flere og forskellige perspektiver på en bæredygtig vandforsyning.

5.2 Økonomi og opskalering til hele Nordhavn

Sweco har udarbejdet rapporten 'Saltskyl - Økonomisk opskalering' (Bilag 4), vedr. økonomien for primært forsyningsselskab samt bruger ved en udbredelse af saltskyl til resten af Nordhavn.

Til rapporten hører et Excelark med alle udregninger foretaget i forbindelse med den økonomiske opskalering, se bilag 1 i baggrundsrapport 'Saltskyl – Økonomiske opskalering' (bilag 4).

5.2.1 Delkonklusion

Sweco har beregnet en vandtakst for saltskyl på 13,41 kr/m³. Det er 5 kr/m³ mere end den nuværende vandtakst for drikkevand, 2018. Den årlige vandregning med Saltskyls-forsyning, ville for den enkelte kunde i Nordhavn, stige fra 1.411 kr/år til 1.456 kr/år. Kunden vil således skulle betale knap 50 kr. mere årligt for en vandforsyning med et 2-strengt system, hvor 25%¹ af vandleverancen (svarende til toiletskyls-forbruget er vurderet på de første to måneder) udgøres af saltholdigt grundvand.

5.2.2 Antagelser og omkostninger

Nedenstående er oplistet de forudsætninger samt antagelser, som er anvendt i forbindelse med vurderingen af de anlægsomkostninger forbundet med en opskalering i Nordhavn. Se de relevante byudviklings etaper nedenfor.



Udbygningsplan for Nordhavn inddelt i etapeområder. Ref. By & Havn 01. dec. 2017

Opskaleringen af saltskyl er omfattet af de blå og gule områder.

Forventet årligt vandforbrug af sekundavand er ca. 370.000 m³/år, se TABEL 6.

¹ Grundet en tidlig udarbejdelse af Swecos økonomiske beregning er det valgt at nedjustere andelen af toiletskyl til 25% (frem for 28%), da der på daværende tidspunkt var lidt usikkerhed om det egentlige gennemsnitlige forbrug. Et estimeret totalforbrug på 100l/person/døgn er fastholdt. Derfor vil denne konservative vurdering afspejle en lidt højere pris på vandtaksten end med de realiserede 28%.

TABEL 6. Opgørelse af forventet vandforbrug til toiletskyl i Nordhavn

Beskrivelse	Antal	Enhed
Indbyggerdata, etape 2 og 3 af Nordhavn		
Private/beboere	28.000	Personer
Erhverv	21.000	Personer
Antal boliger	15.000	Stk.
Antal boliger per vandstik	100	Stk.
Totalt vandforbrug	100	l/døgn
Vandforbrug – Saltskyl		
Privat	25	l/døgn
	255.500	m ³ /år
Erhverv	15	l/døgn
	114.975	m ³ /år
Totalt forbrug saltskyl	370.475	m³/år

Det vurderes, at der skal etableres 2 borer til forsyning af sekundavand, samt et vandværk med almindelig simpel vandbehandling i form af iltning og filtrering i sandfilter. Forventede anlægsomkostninger for vandværket er 15 mio. kr.

Der er antaget driftsudgifter jf. DANVA benchmarking for 2017, hvor gennemsnitlig driftsomkostninger for vandforsyninger, inklusive indvinding og distribution, er 4,34 kr. per solgt m³ vand.

En grov opmåling af fremtidigt ledningsnet giver 7,2 km ny vandedning og 9,2 km ny sekundavandedning. Forsyning af sekundavand behøver ikke at ringføres, da forsyningssikkerheden sikres med en kobling til drikkevandsforsyningen.

Til alle ventiler, fittings og rør inde i og udenfor bygninger benyttes PE materiale. Derudover kræves et ombygningskit per cisterne, hvor metalholdige komponenter udskiftes med plast komponenter. Det er i anlægsoverslaget regnet med samme ombygningskit som benyttet i pilotprojektet (Geberit 242.542.00.1).

Omkostninger til VVS-installationer samt individuelle vandmålere betales af bygherre for de enkelte byggerier. Det betyder, at der udover vandtakststigningen, som opkræves af HOFOR, også er nogle beboerrelaterede udgifter.

Det antages, at forsyning af sekundavand skal overholde samme krav som almindelig vandforsyning.

Opsummering af anlægsomkostninger fremgår af TABEL 7.

TABEL 7. Opsummering af anlægsomkostninger for HOFOR og Developer

Opsummering Anlægsomkostninger		Omkostninger i kr.
HOFOR	Sekundavand Indvinding	15.540.000
	Sekundavand Distribution	42.302.105
	Totale anlægsomkostninger HOFOR	57.842.105
	Byggeplads, 5%	2.892.105
	Diverse uforudsete, 15%	8.676.316
	Rådgivning – Projektering og tilsyn, 15%	8.676.316
	Total investering HOFOR inkl. Rådgivning	78.086.841
Developer	Sekundavand VVS	73.095.00
	Sekundavand målere, per bolig	26.460.474
	Totale anlægsomkostninger Developer	99.555.474
	Totale anlægsomkostninger	177.642.315

5.2.3 Prisen på vand i København

Prisen på vand i København 2018 er 38,65 kr/m³. Vandprisens sammensætning fremgår af TABEL 8.

TABEL 8. Vandprisens sammensætning, HOFOR 2018

Vandprisens sammensætning	
En m ³ (1.000 liter) koldt vand koster	
Priselement	Kr.
Vandtakst (Kr./m ³)	8,41
Vandafgift	6,18
Statslig afgift til kortlægning af vandressourcer	0,19
Spildevandstakst	16,14
Moms	7,73
I alt	38,65

5.2.4 Vandprisen med saltskyl

Sweco har beregnet en vandtakst for sekundavand på 13,41 kr/m³. Det er 5 kr/m³ dyrere sammenlignet med den nuværende vandtakst på drikkevand.

HOFOR er i gang med at implementere blødere vand på sine vandværker. Det forventes at blødgøring vil få taksten for vand til at stige med 2 kr/m³.

Kunderne i Nordhavn vil ved blødgøring samt opskalering af saltskyl skulle betale 7,11% mere for vandforsyning i forhold til gældende vandpris 2018. Øvrige kunder i København vil komme til at betale 5,17% mere ved blødgøring i forhold til gældende vandpris 2018.

TABEL 9 giver et overblik over vandtakst ved forskellige forsyningsscenarier, samt pris per person per år, med et antaget vandforbrug på 100 l/pers/døgn.

TABEL 9. Vandtakst og vandpris ved forskellige forsyningsscenarier

Vandforsyningsscenarier	Årlig pris pr. person, Kr. (forbrug 100 l/pers/døgn) ¹
Drikkevand, status quo	1411
Saltskyl (25%) + drikkevand (75%)	1456
Saltskyl uden vandafgift: Saltskyl (25%) + drikkevand (75%)	1354
Blødere vand	1484
Saltskyl (25%) + blødere vand (75%)	1511
Saltskyl uden vandafgift: Saltskyl (25%) + blødere vand (75%)	1427

5.2.5 Diskussion – muligheder for prissætning

Det er forventeligt, at der vil være en ekstraomkostning forbundet med etablering af et 2-strengt vandforsyningssystem, som det er vist i nærværende rapport.

Hvis en sekundavandsforsyning skal indføres uden den beregnede forøgelse af vandprisen for kunderne skal realiseres (ca. 50 kr. årligt per person), kan forskellige tiltag foretages:

Øget distribution:

Ved brug af saltvand både til toiletskyl og tøjvask (svarende til 38% af vandforbruget), vil sekundavandstaksten for saltholdigt grundvand kunne reduceres til 11,01 kr/m³. Her er det forudsat at der ikke er andre komplikationer ved at vaske med saltholdigt grundvand.

Ca. 46% af vandforbruget bruges til bad og en sekundavandsleverance til dette formål også, vil yderligere kunne reducere sekundavandstaksten. Det skal dog undersøges, om der er social og sundhedsmæssig (f.eks. dermatolog) accept af anvendelse af sekundavand til bad.

Ved brug af saltvand til bufferforsyning til sprinkleranlæg og brandhaner, f.eks. mod et årligt sprinklerabonnement, kan forsyningen opskaleres.

Reduktion af vandafgift og målere:

En mulighed for at gøre brugen af sekundavand billigere er at reducere eller helt bortfalde kravet om vandafgift for ledningsført vand i forbindelse med sekundavandsanlæg. Det bemærkes, at alternative mulige betalingsmodeller, udgiftsreduktioner mv. ikke er undersøgt i denne rapport.

Vandafgiften er i 2018 på 6,18 kr/m³ for drikkevand og formålet med afgiften er, at tilskynde borgere til at spare på drikkevandet. Da anvendelsen af saltholdig grundvand netop taler for at spare på den del af grundvandsressourcen, der anvendes til drikkevandsformål kunne det tale for, at vandafgiften kunne reduceres eller helt bortfalde.

Ved ledningsført vand stilles der krav til individuelle vandmålere, hvilket ville kunne fjernes eller minimeres ved bortfald af definition af sekundavand som ledningsført vand.

5.3 Miljøvurdering; LCA af saltskyls-teknologi og forsyning

DTU har udarbejdet miljøvurderingen 'Delrapport om LCA af saltskylsteknologi og forsyning' (Bilag 5) med udgangspunkt i en livscyklusvurdering (LCA analyse), som omfatter saltskylsforsyningen samt den konventionelle grundvandsbaserede drikkevandsforsyning i HOFOR

5.3.1 Indledning

Livscyklusvurdering tager udgangspunkt i saltskylsforsyningen af Nordhavnens Kajplads 109.

Resultatet skal bruges til at evaluere og sammenligne miljøpåvirkningen af to forsyningssystemer med hinanden:

- 1) Saltskylssystemet: behandlet lokalt saltholdigt grundvand til anvendelse som toiletskyl og traditionelt drikkevandsforsyning til resterende formål.
- 2) Drikkevandssystemet: traditionelt drikkevandsforsyning til alle formål.

Faktaboks

LCA (eng. Life Cycle Assessment)

er et omfattende og ofte anvendt beslutningsstøtte-værktøj til miljøevaluering af forskellige systemer, herunder urbane vandsystemer. LCA er i stand til at evaluere systemer fra vugge til grav (Godskesen, 2012). I dette projekt anvendes mid point metoden, som opgør miljøpåvirkning i en række relevante miljøkategorier f.eks. samles CO₂-emissioner i kategorien Klimaforandring.

Resultatet skal også bruges til at vurdere, om der er specifikke elementer af forsyningssystemet, der kan justeres eller optimeres for at forbedre systemet miljømæssigt.

5.3.2 LCA- metode og forsyning af saltholdigt grundvand til toiletskyl

LCA er en systematisk opgørelse af kendte og kvantificerbare udvekslinger mellem miljøet og det system eller produkt, der miljøevalueres. Det vil sige, at centrale input i form af materialer, kemikalier og energi indgår samt emissioner til miljøet fra systemet eller produktet startes til det bortskaffes eller recirkuleres ind i en ny livscyklus. Denne LCA af saltskylforsyning er udarbejdet efter ISO-standard 14044 (ISO, 2008), med den afvigelse at resultaterne er kvalitetssikret af forfatterne selv, og der ikke er anvendt et eksternt review-panel.

Projektet har taget udgangspunkt i den serviceydelse, som er en fuldskalainstallation af et system, der forsyner Kajplads 109 med sekundavand til toiletskyl. Metoden inddrager alle miljøudvekslinger og påvirkninger i systemets livscyklus fra vugge til grav. Det vil sige, analysen starter med råstoffer (sand, kobber, jern, aluminium, etc.), materialer (f.eks. gravemaskine) og komponenter (pumpe, forsyningsrør) til at bygge og etablere systemet, inkluderer driften af systemet og ender med bortskaffelse af de komponenter, der indgår i systemet (se PI diagram, 3.2.2 Design).

I dette studie sættes resultaterne i forhold til den årlige påvirkning for én gennemsnits person i Europa. Herved omdannes det normaliserede resultat til den såkaldte personækvivalent (eng. person equivalent med enheden PE).

5.3.3 Beskrivelse af teknologier og komplette forsyninger i projektet

LCA-en er foretaget både af teknologierne og de komplette forsyninger. Med teknologier menes saltskylsanlægget, som leverer vand til toiletskyl og drikkevandsforsyning, som leverer vand til alle vandforbrugende formål. De komplette forsyninger defineres som:

Saltskylssystemet:

Behandlet lokalt saltholdigt grundvand til anvendelse som toiletskyl og traditionelt drikkevandsforsyning til resterende formål (2-strengt system).

Drikkevandssystemet:

Traditionelt drikkevandsforsyning til alle formål (1-strengt system).

5.3.4 Dataindsamling for saltskyls- og drikkevandsforsyning

Data til LCA-en er hentet fra HOFOR, leverandører af saltskylssystemet (Krüger) og aflæsninger af el- og vandforbrug i perioden september 2017 til april 2018. Alle data er opgjort per m³ vand leveret over hele systemets levetid. 1 m³ leveret vand er dermed den funktionelle enhed i analysen.

5.3.5 Forbrug af vand og el på Kajplads 109

Ud fra aflæsninger af det faktiske vandforbrug i Kajplads 109 i perioden september 2017 til april 2018 er forbruget af saltskyl 29%² af det samlede vandforbrug. Dette er meget tæt på forbruget opgjort på en længere periode (september 2017 – august 2018, se figur 1), hvor forbruget blev opgjort til 28 %. Vandforbruget (29%) til toiletskyl er brugt i resultatafsnittet til at beregne miljøpåvirkningen af den komplette forsyning (FIGUR 3).

I samme periode er der aflæst elforbruget og fundet, at det udgør 0,7 kWh/m³ distribueret vand til toiletskyl. Man har tidligere arbejdet med lignende forsyningssystemer og i nedenstående tabel ses deres estimater på elforbrug for opsamling, eventuel rensning og distribution af (sekunda)vand. Saltskylssystemet har et lavere elforbrug end afsaltning eller lokal recirkulering, se TABEL 10.

TABEL 10. Oversigt over elforbrug i saltskylssystemet og lignende systemer

System	Elforbrug (kWh/m ³)	Reference
Saltskyl	0,7	(Denne rapport)
Drikkevandssystem, HOFOR	0,3	(Denne rapport, 2015 data)
Nye, Aarhus Vand	0,3-1,4	Farago, 2017
Afsaltning, sekundavand	1,9	(Rygaard et al., 2014)
Grundfos sekundavand	3,1	(Rygaard et al., 2014)
Regn og vejvandsopsamling	0,90	(Godskesen et al., 2013)

² Da DTU udarbejdede LCA var det gennemsnitlige forbrug på 29% de første 6 måneder. Det er lidt højere end det gennemsnitlige forbrug anvendt i nærværende rapport som er gennemsnittet over ca. et år hvilket er på 28%.

5.3.6 Følsomhedsanalyse af LCA

Der er i projektet vurderet, at 3 parametre er mest følsomme overfor at ændres i nær fremtid eller for at være overdimensioneret ved projektstart.

Man ved at el-mix vil ændre sig i fremtiden, da der er målsætninger om at gøre elforsyningen grønnere. Derfor er det undersøgt, hvilken betydning det har at fremskrive el-mix til år 2020, hvor 76% forventes at være elektricitet fra vindkraft, knap 15% fra fossile kilder og resten fra fornybare kilder (sol og vandkraft).

Derudover er anlægget til nogen grad overdimensioneret, blandt andet pga. uvished om det reelle forbrug af saltskyl. Robustheden er testet ved at antage, at anlægget er materialemæssigt overdimensioneret med en faktor 2 og 3.

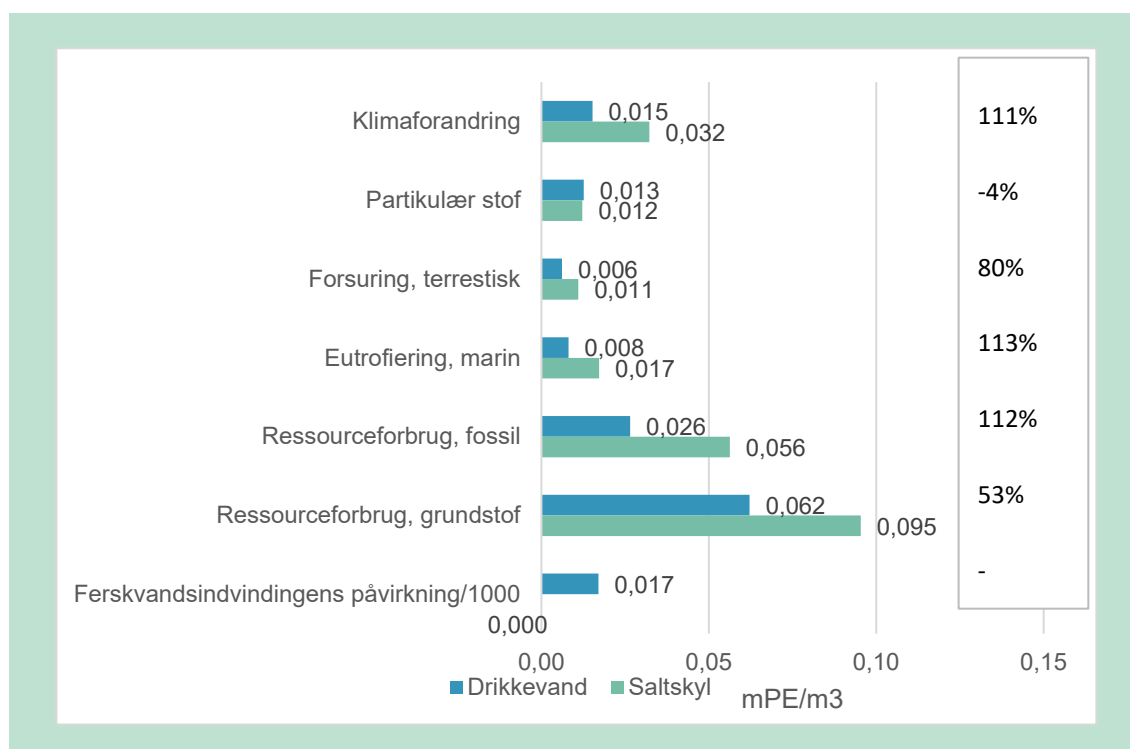
Over de seneste år er der sket en energioptimering af pumper i blandt andet drikkevandssystemer. Det er undersøgt, hvad det betyder, hvis pumperne bliver 25 til 50% mere el-effektive.

5.3.7 Resultater og diskussion

I det følgende præsenteres og diskuteres resultaterne for de rene teknologier (saltskyl og drikkevand), det vil sige en sammenligning af de to teknologier. Derefter præsenteres resultater for de komplette forsyninger. En oversigt af data, der indgår i LCA-en, fremgår af delrapport om LCA (bilag 5).

LCA-resultatet af teknologierne drikkevand og saltskyl

Resultatet fra livscyklusvurderingen er her vist for de rene teknologier, det vil sige udelukkende forsyning af drikkevand eller saltskyl FIGUR 2.



FIGUR 2. Resultat fra LCA af de rene teknologier: Drikkevand (grundvandsindvinding til drikkevandsforsyning baseret på HOFOR-data) og saltskyl (kystnær grundvandsboring som forsy-

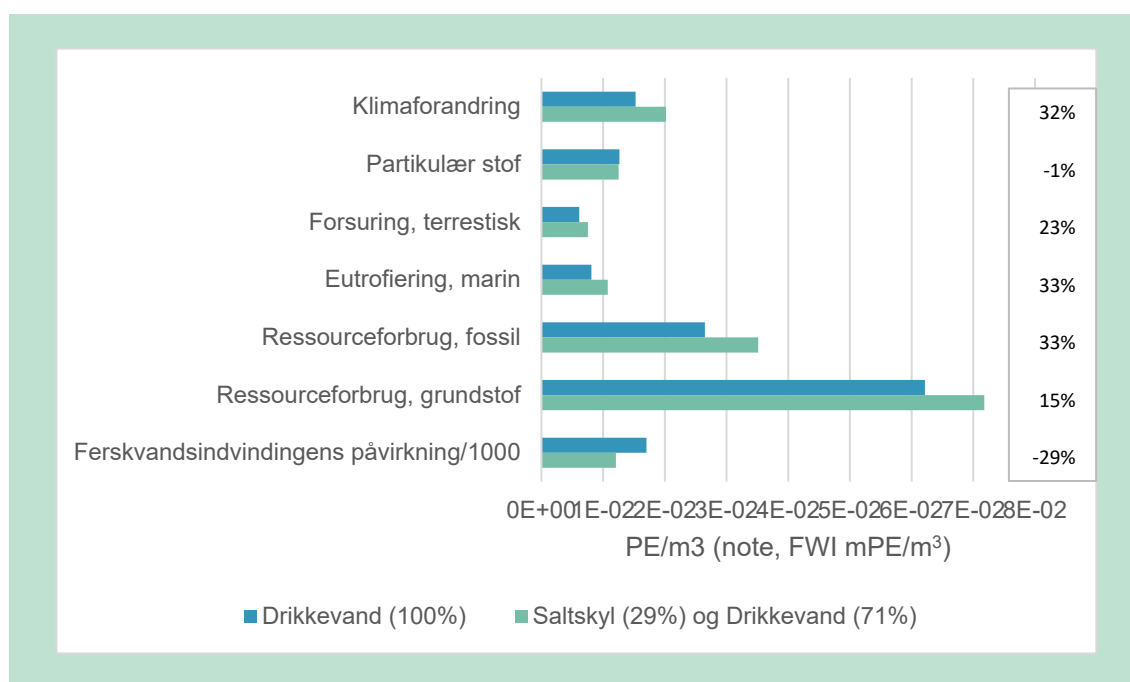
ner toiletter i Kajplads 109 med saltholdigt behandlet grundvand). Bemærk, ferskvandsindvindings påvirkning er /1000. Forskellen fra drikkevandsteknologi til saltskyl er vist til højre i procent.

Saltskylsteknologien har en 53 til 113% højere miljøpåvirkning end drikkevand i 5 ud af 7 påvirkningskategorier. Saltskyl har lavere påvirkning i to kategorier; Partikulær stof (-4%), som er høj for drikkevand primært pga. støbejern i forsyningsnettet, og Ferskvandsindvindings påvirkning, som er nul for saltskyl, da det indvundne vand har et højere saltindhold end den traditionelle ferskvandsressource (grund- og overfladevand).

Den højere påvirkning af saltskylssystemet i kategorien Klimaforandring (111%) skyldes, at elforbruget er højere for saltskyl (0,7 kWh/m³) sammenlignet med drikkevand (0,3 kWh/m³). El-data for drikkevand er baseret på 2015-tal, men der har og vil ske en øgning i elforbruget for drikkevand, da HOFOR indfører el-krævende processer i vandbehandling som f.eks. UV-behandling og central blødgøring.

LCA-resultat af de komplette forsyninger

I FIGUR 3 er LCA-resultatet for de komplette forsyninger vist. De komplette forsyninger er opdelt i forsyning af 100% drikkevand og den faktiske forsyning af Kajplads 109 med 29% saltskyl og resten (71%) drikkevand.



FIGUR 3. LCA-resultat opgjort som den komplette forsyning af Kajplads 109 med et scenarie, som viser, hvad miljøpåvirkning er ved ren drikkevandsforsyning og et andet scenarie, der viser miljøpåvirkning af forsyning med saltskyl og drikkevand. Forskellen fra drikkevandsforsyning til saltskyl er vist til højre i procent.

Ligesom resultatet for de rene teknologier (FIGUR 2) viser resultaterne for den komplette forsyning med 100% drikkevand og saltskyl med hhv. 29% saltskyl og 71% drikkevand, at saltskyl har en højere miljøpåvirkning end drikkevand i de fleste påvirkningskategorier. Forskellen fra drikkevandsforsyning til saltskylsforsyning er fra -1 til 33%. Forskellen udjævnes på de to

komplette forsyninger (FIGUR 3) i forhold til de rene teknologier, hvor forskellen fra drikkevandsteknologi til saltskyl ligger fra -4 til 113% (FIGUR 2).

Også for de komplette forsyninger har saltskyl en lavere påvirkning i to kategorier; Partikulær stof og Ferskvandindvindings påvirkning (-29%), som er nul for saltskylsteknologien, da det indvundne vand har for højt et saltindhold til at være ferskvand.

For begge forsyninger ses, at ressourceforbruget markerer sig som det største bidrag (når der ses bort fra ferskvandsindvindingen). Ressourceforbruget er tæt knyttet til infrastrukturen og materialeforbruget, herunder især stål.

Resultaterne fra følsomhedsanalysen er ikke vist her, men kan findes i den fulde rapport for LCA af saltskylsanlægget (Bilag 5). Resultaterne viser, at:

- El-mix har stor betydning for CO₂-emissionen per m³ leveret vand. Ved fremskrivning til el-mix 2020 reduceres forskellen på drikkevand og saltskylssystemet fra 111% til 17% for påvirkningskategorien: Klimaforandring.
- Det er vigtigt at dimensionere systemet, så det består af færrest mulige materialer, da det har en stor indflydelse på resultatet i påvirkningskategorien: Ressourceforbrug.
- Det er primært det højere elforbrug for forsyning med saltskyl (0,69 kWh/m³) i forhold til drikkevand (0,28 kWh/m³), der er årsag til den højere miljøpåvirkning for saltskyl. Men en eventuel effektivisering af elforbrug på 50% er der kun en mindre forskel (4% for Klimaforandring) i miljøpåvirkningen af de to forsyninger (saltskyl og drikkevand).

5.3.8 Delkonklusion

I livscyklusvurderingen har vi undersøgt det etablerede system for forsyning af saltholdigt grundvand i Nordhavnen, Kajplads 109 (saltskylssystemet). I perioden september 2017 til april 2018 har vi indsamlet data for elforbrug og vandforbrug (både saltskyl og øvrigt forbrug med drikkevand i bygningen). Derudover indgår data fra indkøb og etablering af saltskylsanlægget.

LCA-resultatet viser, at forsyning af Kajplads 109 med saltskyl til toiletskyl generelt har en lidt højere miljøpåvirkning end drikkevand i de fleste påvirkningskategorier (Klimaforandring 32%, Forsuring 23%, Eutrofiering 33% og Ressourceforbrug 15-33%), men lavere i kategorien Partikulær stof (-1%) og især lavere i kategorien Ferskvandsindvindingspåvirkning (-29%). Forskellen på de to komplette forsyninger er mindre end for de rene teknologier (fra -4 til 113%) og nærmer sig et niveau, hvor forskellene udjævnes, men er lidt højere for saltskylsforsyningen. Miljøpåvirkningen er især mindre for saltskyl i påvirkningskategorien Ferskvandsindvindings påvirkning. Det kan overvejes, om Ferskvandsindvindings påvirkning kan være vægtig nok til at argumentere for, at man vælger saltskyls-systemer i nyetablerede kystnære boligområder, for at lette på grundvandsindvindingen – især da forskellen i de øvrige kategorier udjævnes.

I forbindelse med indsamling af data fra det opførte saltskylssystem erfarede vi, at elforbruget til indvinding, behandling og distribution af saltholdigt grundvand til toiletskyl i perioden september 2017 til april 2018 gennemsnitligt er 0,7 kWh/m³. Dette er forholdsvis lavt, da lignende systemer er fundet til at have elforbrug i intervallet 0,3 – 3,1 kWh/m³. Elforbruget i saltskylsteknologien er dog fortsat højere end for centraliseret grundvandsbaseret drikkevand (0,3 kWh/m³). Som nævnt under følsomhedsanalysen har elforbruget stor indflydelse på resultatet, og derfor er det vigtigt at etablere systemet med så effektivt elforbrug som muligt.

Følsomhedsanalysen viser, at el-mix har stor betydning for CO₂-emissionen per m³ leveret vand og ved fremskrivning til el-mix 2020 reduceres forskellen på drikkevand og saltskylssystemet fra 111% til 17% for påvirkningskategorien Klimaforandring. Den viser også, at det er

vigtigt at dimensionere systemet, så det består af færrest mulige materialer, da det har en stor indflydelse på resultatet i påvirkningskategorierne Ressourceforbrug. Følsomhedsanalysen viser yderligere, at det primært er det højere elforbrug for forsyning med saltskyl ($0,7 \text{ kWh/m}^3$) i forhold til drikkevand ($0,3 \text{ kWh/m}^3$), der er årsag til den højere miljøpåvirkning for saltskyl. Med en eventuel effektivisering af elforbruget på 50% er der kun en mindre forskel (4% for Klimaforandring) i miljøpåvirkningen af de to forsyninger (saltskyl og drikkevand).

5.4 Mikrobiologisk risikovurdering

DTU har udarbejdet rapporten 'Saltskyl – Microbial water quality of toilet flushed with salt water' (Bilag 6), som undersøger den mikrobiologiske risiko i hele saltskylforsyningen, fra kilde til forbrug ved forbrugeren.

5.4.1 Indledning

Saltholdigt grundvand er væsentligt anderledes sammensat kemisk og mikrobiologisk end drikkevand, der normalt benyttes til toiletskyl. Det kunne derfor tænkes, at saltholdigt grundvand vil opføre sig anderledes under distribution og opbevaring (f.eks. i toilettets cisterne) end drikkevand. Det kunne skyldes et højere indhold af organisk stof, jern eller mangan, hvilket kunne føre til misfarvning af vand eller toilet; eller højere hårdhed kunne føre til udfældninger. Vækst af bakterier kunne også føre til misfarvning eller lugtgener – eller vækst af uønskede mikroorganismer. Sådanne problemer kunne blive forstærket af længere opholdstid af vandet i toilettet eller cisternen, f.eks. i en ubeboet lejlighed, eller gennem weekender og eller ferieperioder, hvor lejligheden er tom og toilettet ikke benyttes. Den længere opholdstid giver tid til at mikroorganismerne kan opformeres.

5.4.2 Formål

På den baggrund var formålet med denne delundersøgelse at evaluere den mikrobielle og kemiske vandkvalitet i systemet, forsynet med saltholdigt grundvand. Delundersøgelsen omfattede undersøgelse af toiletter, der indledningsvis blev forsynet med drikkevand og efterfølgende med saltholdigt grundvand, undersøgelser af vandet gennem vandbanen (råvand, efter vandbehandlingen og fra toiletter) og efter forskellig opholdstid i toiletter.

Undersøgelsen omfattede undersøgelse af vandprøver udtaget før og efter vandbehandling og fra toiletskålen ('uden skyl'). Da det desværre ikke var muligt at prøvetage direkte fra cisternen, blev der prøvetaget under skylning ('skyl') for på denne måde at udtage vand, der ikke have stået i toiletskålen.

5.4.3 Resultater

Råvand og vandbehandling:

Det oppumpede saltholdige grundvand adskiller sig først og fremmest fra drikkevand ved et højt indhold af en række forskellige salte, ud over natriumklorid, se TABEL 11. Dette saltindhold kunne føre til udfældninger, men det blev ikke observeret i toiletskålen eller anført af forbrugerne, hvor der blev taget prøver. Desværre var der ikke adgang til at undersøge cisternen på de undersøgte toiletter, hvor der kunne ske udfældninger – navnlig ved længere henstand f.eks. på grund af fordampning. Det vil være relevant at være opmærksom på dette i den fremtidige drift.

Det høje indhold af jern kan givetvis give gul-rød farvning af vandet og toilettet, når det oxide-rede jern fælder ud. Vandbehandlingen fjerner dog jern effektivt. Der blev ikke observeret farvning af vandet, og det blev ikke anført som et problem af forbrugerne, hvor der blev taget prøver. (Red. *Under brugertilfredshed var der nogle af svarene fra beboerne, der indikerede oplevelse af udfældninger i både perioden med drikkevand (30%) og med saltskyl (37%), se side 36 og delrapport*).

TABEL 11. Metalanalyser for vandprøver igennem systemet. Der er analyseret for aluminium, krom, kobolt, arsen, cadmium, tin og blå uden at de blev påvist.

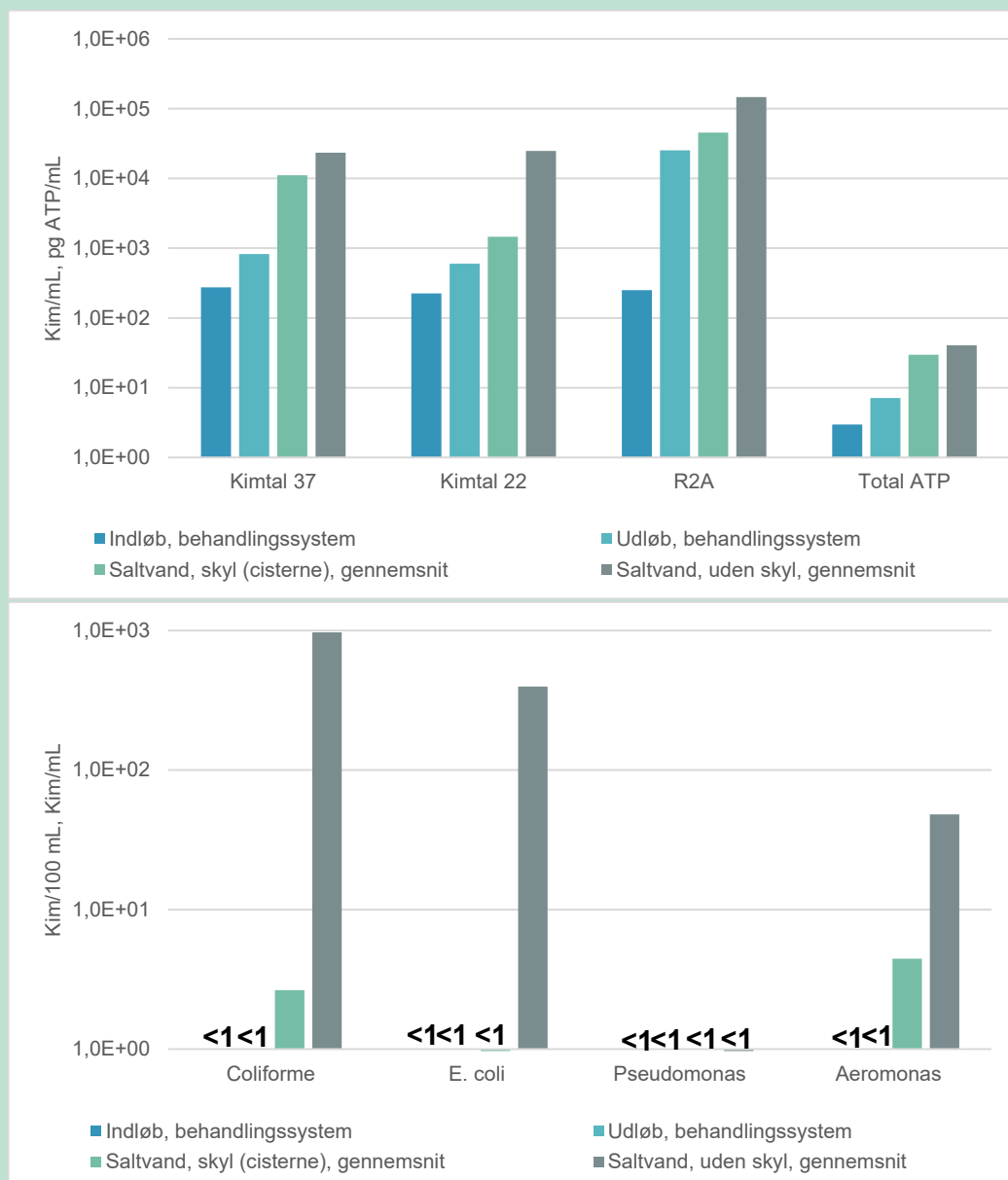
Prøve	Ca, mg/L	K, mg/L	Mg, mg/L	Na, mg/L	Li, ug/L	Mn, ug/L	Fe, ug/L	Ni, ug/L	Cu, ug/L	Zn, ug/L	Ba, ug/L
Drikkevand fra lejlighed	83	<10	22	37	11	<1	8.2	<0,5	47	35	31
Vandbehandling Indløb	254	216	661	5200	87	190	138	<0,5	<0,5	<1	55
Vandbehandling Udløb	259	223	701	5207	76	177	2.7	1.0	<0,5	<1	49
Toiletskyl, cisterne i kælderen	241	211	662	5134	79	160	4,9	1,5	665	220	45
Toiletskyl, cisterne i lejlighed	239	215	667	5150	80	157	4,5	<0,5	18	<1	46

Ammonium forekommer også i relativt høje koncentrationer i det ubehandlede saltholdige grundvand (ca. 2,0 mg NH₄-N/L) - i betydeligt højere koncentrationer end i drikkevand - og kun en mindre del fjernes i vandbehandlingen. I toilettet i kælderen var koncentrationen imidlertid faldet til ca. 0,5 mg NH₄-N/L. Dette toilet benyttes relativt sjældent, og den længere opholdstid af vandet her har givet mulighed for, at bakterierne har kunnet omsætte ammonium, hvilket kunne føre til bakterievækst og medføre, at ilten i vandet opbruges, så det bliver anaerobt. Der er dog ikke rapporteret om problemer på denne baggrund.

Organisk stof er substrat for de fleste mikroorganismer og ved høje koncentrationer af let omsætteligt organisk stof, kan omsætningen af dette føre til øget bakterieantal og iltforbrug. Koncentrationen af organisk stof (0,7-0,9 mg NVOC/L) er imidlertid betydeligt lavere i saltholdigt grundvand end i drikkevand og falder kun i begrænset omfang igennem systemet.

Den mikrobiologiske kvalitet af saltholdigt grundvand ændrede sig igennem systemet (FIGUR 4). Koncentrationen af bakterier var lavest i råvand og det behandlede vand, men steg igennem systemet. Dette afspejler dels en længere opholdstid (måske endda ved forhøjet temperatur), som giver mulighed for opformering af bakterier under distributionen og i cisternen, dels at brug af toilettet naturligvis tilfører både bakterier og organisk stof i toiletskålen, hvoraf en mindre del måske ikke fjernes helt fra toiletskålen ved toiletskyl.

Resultaterne dokumenterer tilførslen af bakterier ved brug af toilettet, idet ingen af de undersøgte patogene bakterier eller indikatorbakterier påvises i råvand eller i udløb fra vandbehandlingen, men først påvises i toiletskålen (nederste del af FIGUR 4). Ydermere påvises E. coli - som er indikator for fækal forurening - kun i prøver fra toiletskålen (uden skyl).

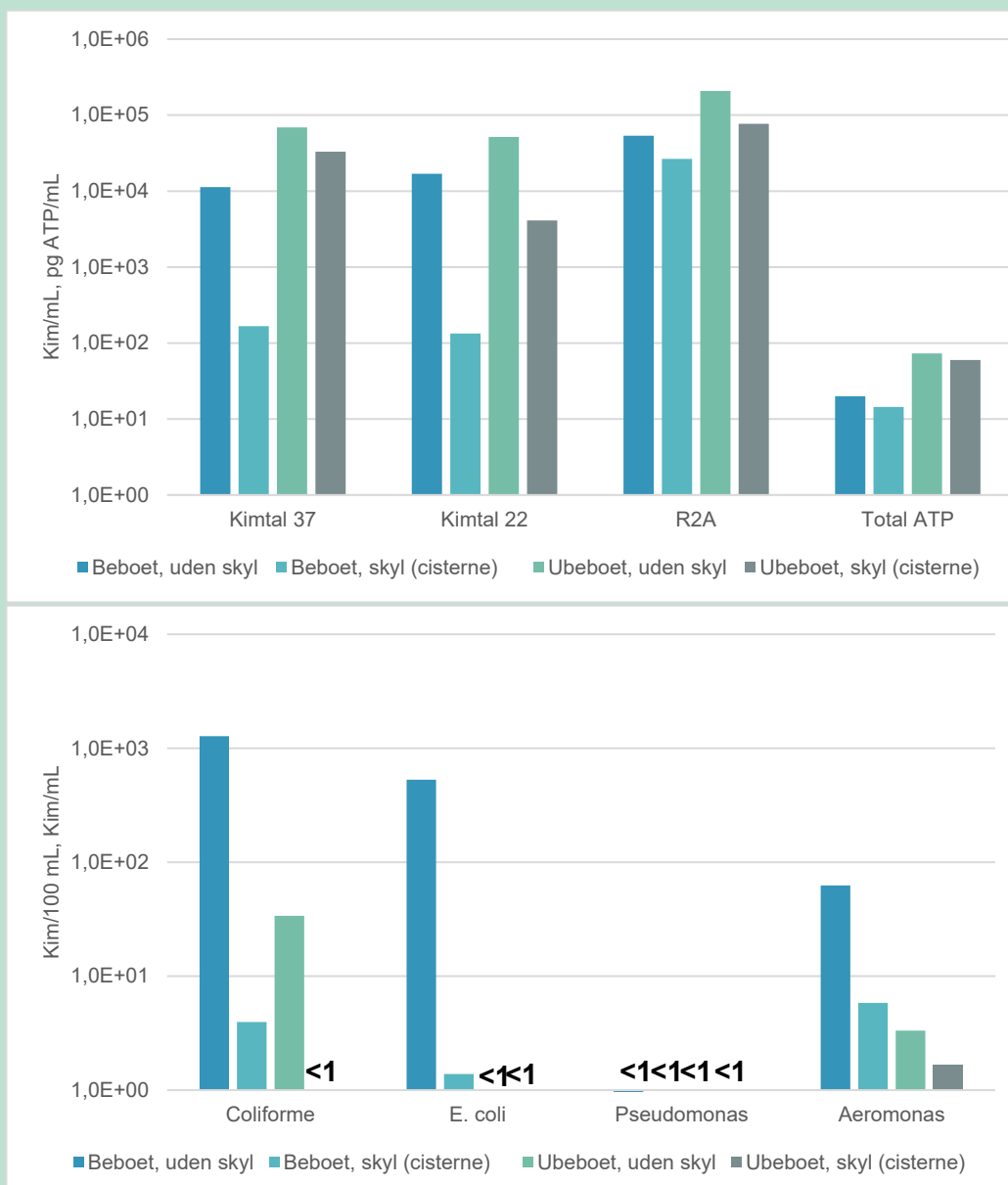


FIGUR 4. Mikrobiologisk vandkvalitet af saltholdigt grundvand gennem systemet. Øverst: Kimtal 37, Kimtal 22, R2A og ATP. Nederst: Coliforme, E. coli, Pseudomonas (CFU/100 ml), and <1: værdien er under kvantificeringsværdien.

5.4.4 Betydning af vandets opholdstid i systemet

Overordnet var der flere generelle bakterier (Kimtal 22, Kimtal 37, R2A og ATP) i toiletter i ubeboede lejligheder (FIGUR 5, øverst), hvor henstandstiden af vandet i toiletterne forventes at være længere end i beboede lejligheder. Dette giver tid til, at bakterierne kan opformeres (eftervækst). Det er også tydeligt, at der var flest bakterier i det vand, der har stået i toiletskålen, flere end i vandet der havde stået i cisternen (skyl).

For de patogene bakterier og indikatorbakterierne er billedet omvendt (FIGUR 5, nederst), idet disse bakterier tilføres ved brug af toiletet og henfalder relativt hurtigt, så her var der flest i toiletskålen i beboede lejligheder, hvorimod de stort set ikke blev påvist i cisternevand i ubeboede lejligheder.



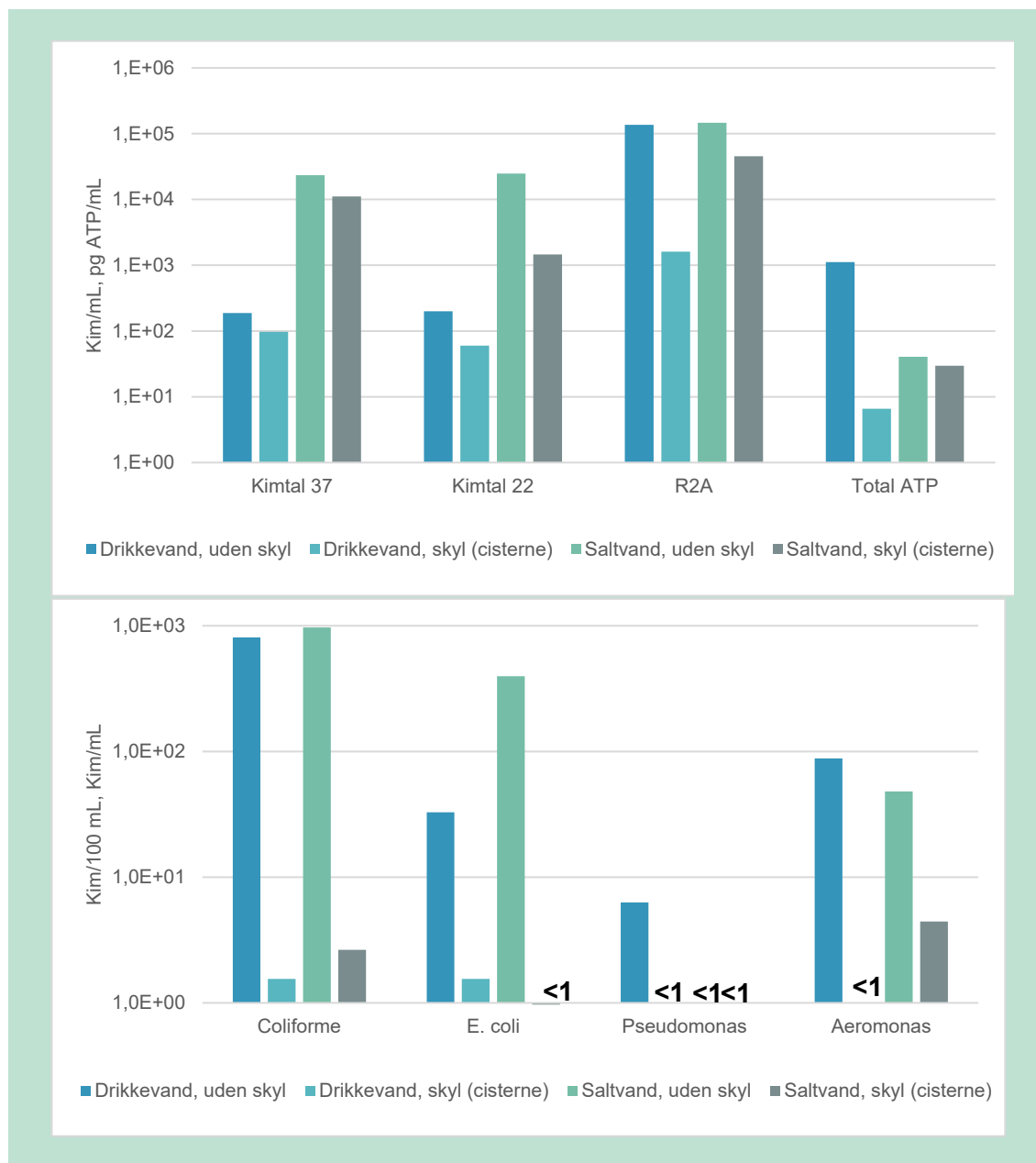
FIGUR 5. Betydning af vandets opholdstid – Mikrobiologisk vandkvalitet i toiletter i beboede (blå søjler) og ubeboede (grønne søjler) lejligheder. Øverst: Kimtal 37, Kimtal 22, R2A og ATP. Nederst: Coliforme, E. coli, Pseudomonas (CFU/100 ml), and Aeromonas (CFU/ml). <1: værdien er under kvantificeringsværdien.

Sammenfattende tyder dette på, at bakterier, der kunne give sundhedsgener, først og fremmest er knyttet til benyttelse af toiletterne og dermed til beboere. Dermed er disse bakterier ikke relateret til vandet, der benyttes til at skylle toiletterne. Ved henstand kan der imidlertid forekomme opformering af generelle bakterier, som potentielt kunne give æstetiske gener i form af f.eks. lugt eller misfarvning.

5.4.5 Sammenligning med toiletskyl med drikkevand

Indledningsvis blev der benyttet drikkevand til toiletskyl. Denne vandkvalitet i toiletterne kan sammenlignes med kvaliteten ved skylning med saltholdigt grundvand. I begge vandtyper er

der færre bakterier (alle undersøgte typer) i vandet fra cisternen end i vandet i toiletskålen uden skyl³ (FIGUR 6). Der er derimod ingen konsistent forskel mellem toiletskyl med drikkevand eller saltholdigt grundvand på bakterieforekomsten.



FIGUR 6. Mikrobiologisk kvalitet af vand fra toiletter skyllet med drikkevand (blå søjler) eller saltholdigt grundvand (grønne søjler). Øverst: Kimtal 37, Kimtal 22, R2A og ATP. Nederst: Coliforme, E. coli, Pseudomonas (CFU/100 ml), and Aeromonas (CFU/ml). Gennemsnit af relevante målinger. <1: værdien er under kvantificeringsværdien.

³ Ved udtagelse af vandprøver i toiletskålen er der taget to slags prøver; 1) Prøver af det stillestående vand uden der er skyllet ud og 2) Prøver, hvor der skylles ud og vandprøven tages af skyllevandet.

5.4.6 Sammenligning med tidligere undersøgelser

Niveauet for bakterietallene ved toiletskyl med saltholdigt grundvand i denne undersøgelse svarer til – eller er lavere – end hvad der tidligere er observeret for mikrobiel vandkvalitet i toiletter i Danmark (Albrechtsen, 1998).

5.4.7 Æstetiske parametre

I forbindelse med prøvetagningen blev de deltagende beboere spurgt, om de oplevede æstetiske problemer (misfarvning af vandet, lugt, farvning af toilet-kumme) ved skift af toiletskyl fra drikkevand til saltholdigt grundvand. Stort set ingen adspurgte oplevede problemer, undtagen en enkelt som klagede over både farve og lugt og som var nødt til at gøre toilettet rent hver dag. Disse gener omfattede en orange-farvning af toilettet – men dette forekom allerede da toilettet blev skyllet med drikkevand. På den anden side oplevede en anden beboer, at det var lettere at gøre toilettet rent ved skylning med saltholdigt grundvand, og at der blev afsat betydeligt mindre kalk.

5.4.8 Delkonklusion

I denne delundersøgelse af vandkvaliteten i toiletskyl med saltholdigt grundvand foreligger der ikke resultater, der indikerer sundhedsmæssige eller æstetiske gener.

Der kan drages en række mere specifikke konklusioner:

- Vandbehandlingen fjernede effektivt jern fra det saltholdige grundvand, hvorimod ammonium kun blev delvis fjernet. Grundet de relativt høje ammoniumkoncentrationer kan dette give anledning til nitrifikation og dermed mikrobiel aktivitet og iltforbrug ved længere henstand.
- Der var en vis stigning i det generelle antal bakterier ved toiletskyl med saltholdigt grundvand i forhold til skylning med drikkevand, navnlig ved henstand, f.eks. i ubeboede lejligheder. Der blev dog ikke registreret gener i form af misfarvning af vand eller toilet eller lugtgener.
- Hverken *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *E. coli*, eller coliforme blev påvist i råvand (saltholdigt grundvand) eller det behandlede vand, og *Pseudomonas* blev kun påvist i en prøve fra en toiletskål (uden skyl) forsynet med drikkevand. Forekomst af disse potentielle patogener eller indikatororganismer er således knyttet til brug af toiletterne og dermed til brugerne. Når vandet stod længere tid i toilettet, faldt forekomst og koncentration af disse bakterier, da de generelt ikke kan overleve så længe.
- Blandt beboerne der fik udtaget prøver oplevedes der ingen æstetiske gener ved toiletskylning med saltholdigt grundvand, på nær en enkelt. En enkelt beboer oplevede, at der blev opbygget væsentligt mindre kalk i toilettet.

5.5 Sundhedsmæssige vurdering

DHI har udarbejdet rapporten 'Lokalt saltholdigt vand til toilet i kystnært beboelsesområde' (Bilag 2), som er den sundhedsmæssige vurdering forbundet med saltskyl, hvor vandanalyser indsamlet af DTU er anvendt. Rapporten arbejder med risikovurderingen ved vandkvaliteten samt eksponering.

5.5.1 Eksponering

I risikovurderingen (afsnit 5.5.3) Der er identificeret 4 scenarier for beboernes eksponering for saltvand:

- 1) Direkte indtagelse i forbindelse med krydskontaminering fra saltvand til drikkevand
- 2) Inhalering i forbindelse med aerosoler fra toilettet
- 3) Inhalering af flygtige stoffer fra vandet
- 4) Eksponering af hud med aerosoler afsat på toiletsædet

5.5.2 Vandkvalitet

Den 16-8-2016 blev der udtaget prøver af råvand (ALK pr. nr. 105634/16) samt prøver af behandlet vand (ALK pr. nr. 105632/16) i forbindelse med godkendelsen af anlægget.

Der blev ikke fundet organiske mikroforureninger.

Alle andre parametre overholdt drikkevandsbekendtgørelsens krav med nogle få undtagelser som vist i TABEL 12.

TABEL 12. Parametre der overskrider drikkevandskravene i råvandprøve udtaget 16/8-2016

Parameter (enhed)	Råvand	Drikkevandskrav ¹
Ammonium (mg/l)	15	0,05
Fluorid (mg/l)	1,7	1,5
Chlorid (mg/l)	13700	250
Natrium (mg/l)	7300	175
Sulfat (mg/l)	1700	250
Coliforme bakterier (/100 ml)	9	< 1
Calcium ² (mg/l)	2832	2002
Strontium ² (mg/l)	382	102

¹Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. BEK nr. 1147 af 24. okt. 2017

²Vejledende værdi i BEK nr. 802 af 01. jun. 2016. Ingen krav i gældende BEK¹.

DTU har gennemført mikrobielle analyser af vandet i toiletter, før og efter vandbehandling henholdsvis den 21. marts og 12. juni 2018. Der blev ikke fundet E. coli, coliforme, Aeromonas eller Pseudomonas i råvandet eller i det behandlede vand.

Desuden har DTU analyseret for NVOC, et udvalg af metaller, NH_4^+ , NO_2^- og NO_3^- den 25. og 26. juni 2018 før og efter vandbehandling og i toiletter. Kun ammonium var over drikkevandskravet på 0,05 mg/l (~ 0,038 mg N/l)

TABEL 13. Analyser for Nitrit, NOx samt Ammonium udtaget den 25. og 26/6-2018

Prøve	Nitrit (mg N/liter)	NOx (mg N/liter)	Ammonium (mg N/liter)
Drikkevand fra lejlighed	< 0,1	0,38	0,33
Indløb behandling	< 0,1	< 0,1	2
Udløb behandling	< 0,1	0,4	1,52
Skyllet toilet i kælder	< 0,1	1,48	0,45
Skyllet toilet i lejlighed	< 0,1	0,48	1,43
Drikkevandskrav	0,03 (~ 0,1 mg/l)	11 (~ 50 mg/l)	0,038 (~ 0,05 mg/l)

5.5.3 Risikovurdering

1) Direkte indtagelse af saltvand:

Direkte indtagelse af saltvand kan ske, hvis der kommer saltvand i drikkevandssystemet. Det kan ske, hvis der bevidst eller ubevidst etableres en forbindelse imellem de to systemer. Det forventes ikke, at der bevidst etableres forbindelse. Da installationerne stort set er skjulte og utilgængelige for beboerne, er sandsynligheden for ubeviste forbindelser også meget lille. Ud over den fysiske forbindelse, skal trykket i saltvandssystemet overskride trykket i drikkevandssystemet. Der kan endvidere ske et tilbageløb til drikkevandet i forbindelse med nødforsyning, som dog er beskyttet af en tilbageløbsventil. Det er altså meget lidt sandsynligt, at der sker en forurening fra det salte vand til drikkevandet. Hvis det alligevel skulle ske, vil vandet smage salt og beboerne vil straks stoppe med at drikke vandet.

Det salte råvand overholder med få undtagelser drikkevandskravene, se TABEL 12. Natrium, chlorid og sulfat er langt over kravene, hvilket skyldes at vandet er påvirket af det salte havvand. Da grænseværdierne for disse er fastlagt af æstetiske og tekniske hensyn, udgør de ikke et sundhedsmæssigt problem. Calcium og strontium havde vejledende krav i den tidligere bekendtgørelse, men har det ikke i den nuværende.

Ammonium var væsentligt over drikkevandskravet i råvandet i august 2016. Den var lavere i målingen i juni 2018 (ca. 1,5 mg N/l), men dog stadig over grænseværdien for drikkevand. Da en eventuelt indtagelse af det salte vand vil være kortvarig, anses den forhøjede Ammonium koncentration ikke for at udgøre en risiko.

Der er endvidere fundet coliforme i råvandet i august 2016, men ikke i marts og juni 2018. Det er ikke usædvanligt at finde coliforme i nyetablerede boringer, og at de forsvinder med tiden.

En krydskontaminering, der medfører, at beboerne drikker saltvand, vurderes derfor ikke til at udgøre en sundhedsmæssig risiko.

2) Inhalering af aerosoler:

Når der skylles i toilettet, vil der opstå aerosoler, som svæver rundt i luften omkring toilettet, og som kan inhaleres. Ved inhalation vil de fleste aerosoler afsættes i mund og svælg og derefter synkes. Et studie (al, 2012) fandt, at der gennemsnitlig blev afgivet 14 dråber, når der skylles (med toiletsædet åbent), men at det afhænger af toilettets konstruktion. Luftanalyserne viste, at tilsatte bakterier hovedsageligt kunne detekteres i luften i sædehøjde umiddelbart efter skylling, men også i op til 25 cm over toilettet efter 60 minutter. Under disse forudsætninger, må det formodes, at eventuelle forureninger i vandet vil kunne inhaleres af børn.

DTU har undersøgt vandet i toiletterne før og efter skyl i udlejede og ikke udlejede lejligheder for *E. coli*, coliforme, *Aeromonas* og *Pseudomonas*. Endvidere er vandet i toiletterne undersøgt i lejligheder, hvor der blev anvendt drikkevand. Udlejede lejligheder havde væsentlig højere forekomst af *E. coli*, coliforme. *Aeromonas* blev hovedsageligt fundet i toiletter før skyl. I forhold til dette, så det ud til, at der er væsentlig forskel imellem drikkevandet og det salte vand. *Pseudomonas* blev kun fundet i en ikke udlejet lejlighed med ferskvand. Det må antages, at *E. coli* og coliforme hovedsageligt stammer fra fæces. *Aeromonas* og *Pseudomonas* forekommer begge hyppigt i ferskvand og sjældnere i salt og brakvand. I modsætning til *E. coli* kan de vokse i miljøet. Begge kan optræde som opportunistiske patogener, men skal forekomme i høje koncentrationer for at give problemer.

Der vil endvidere kunne forekomme virus fra beboerne.

Endeligt vil der være salte i aerosolerne.

Det vurderes, at risikoen for infektion via aerosoler i langt overvejende grad er relateret til fæces fra beboerne. Derfor vil anvendelse af saltvand ikke forøge sygdomsrisikoen set i forhold traditionelt drikkevandsskyl. Endvidere forventes *Aeromonas* og *Pseudomonas* at have bedre forhold i ferskvandstoiletter end saltvandstoiletter, og derfor vil være et mindre problem i salt-skylstoiletter. Saltene anses ikke for at være problematiske i forbindelse med inhalering af aerosoler.

3) Inhalering af flygtige stoffer:

Der er ikke fundet flygtige organiske stoffer i vandet. Der er fundet ammonium i en koncentration af ca. 1,5 mg N/l. pH i det behandlede vand målt til 7,2 og i skyllede toiletter til 7,3 i gennemsnit. Da pKs (ligevægtskonstanten for dissociering af en syre) for ammonium er 9,25, forekommer ammonium som NH_4^+ , og forventes derfor ikke at være flygtigt.

Inhalering af flygtige stoffer i disse mængder anses ikke for at udgøre en sundhedsrisiko.

4) Eksponering af hud på toiletsædet:

Som nævnt i afsnit 2) Inhalering af aerosoler, dannes der aerosoler i forbindelse med toilet-skyl, hvis toiletsædet er åbent. En del af disse afsættes på overflader. Best et al (2012) fandt, at der blev afsat bakterier på sædet, på cisternen og på gulvet (15 cm afstand) efter skyl.

Aerosoler fra saltskylstoiletet anses ikke for at give større risiko for infektion end i et ferskvandstoilet (jf. afsnit 3.3.2 i baggrundsrapport ' Lokalt saltholdigt til toiletskyl i kystnært beboelsesområde'). Det samme gælder for de salte, der er fundet. Nikkel kunne bidrage til allergiske reaktioner, men da koncentrationen af nikkel overholder drikkevandskravene, anses Nikkel ikke for at være et problem.

Saltskylstoiletter anses derfor ikke at give forøget sygdomsrisiko i forhold til ferskvandsskyl.

5.5.4 Delkonklusion

Det konkluderes, at sygdomsrisikoen ved anvendelse af rent saltvand som toiletskyl i Nordhavnen ikke udgør en forøget sygdomsrisiko, hverken ved direkte indtagelse i forbindelse med krydsforbindelser, indirekte indtagelse ved inhalering af aerosoler fra toiletskyl, inhalering af flygtige stoffer eller eksponering af hud fra stoffer afsat på toiletsædet.

5.6 Forsyningssikkerhed og Robusthed

Som forsyningsselskab diskuterer man ofte forsyningssikkerhed og robusthed i forsyningssystemer og anlæg. Det er essentielt for HOFOR, at kunne opfylde kundernes behov for vand på et hvert givent tidspunkt – også selvom behovet for vand har store udsving, alt efter sæson og vejrforhold.

Med indførelsen af saltskyl, introducerer man en grad af selvforsyning ved anvendelse af en lokal og udtømmelig ressource i de kystnære områder: det saltholdige grundvand. Man vil således skulle levere ca. 25% mindre drikkevand og HOFOR kan muligvis opnå en større bufferkapacitet afhængig af back-up-krav til sekundavandsforsyningen.

Man vil med saltskyl sandsynligvis kunne reducere mængden af rent grundvand, som man henter i kommuner udenfor HOFORs leveringsområde. En del af den myndighedsmæssige og fysiske opgave med at sikre tilstrækkeligt med bæredygtige grundvandsindvindinger i omegnskommunerne forventes at kunne reduceres.

Forsyningssikkerheden og robustheden af drikkevandsforsyning i Danmark, der er baseret på grundvand, må dog ses i et regionalt perspektiv, der inkluderer vandets cyklus, forbrug og beskyttelse.

5.7 Kloaksystemet – påvirkning af det saltholdigt grundvand

HOFOR har sammen med BIOFOS vurderet, om kloaksystemet vil blive påvirket af brugen af saltholdigt grundvand til toiletskyl. Vurderingen er baseret på teoretisk antagelse om, at hele Nordhavn er forsynet med toiletskyl og er en skønsmæssig vurdering.

5.7.1 Kloaksystem

Efter brug i husholdningerne kan det saltholdige spildevand ledes direkte i kloaksystemet. I Nordhavnsområdet vil der blive etableret nyt kloaknet i forbindelse med nybyggeriet. Kloakrør er normalt udført i PP, altså det samme materiale, som er det foretrukne til at distribuere saltholdig grundvand med. Derfor vil selve kloaknettet ikke blive påvirket af det høje indhold af salte. Det sorte spildevand, der er saltholdigt, vil blive fortyndet gradvist ved sammenblanding med det resterende spildevand i kloaknettet.

Det fortyndede spildevand vil ende i den ældre og eksisterende kloak og dermed have kontakt med PVC og beton. Det fortyndede spildevand vil på det tidspunkt være så fortyndet, at det vil overholde de grænseværdier, der er nedsat på området.

Det relativt høje indhold af sulfat kan give anledning til supplerende lugtgener i kloakken. Lugtgenerne opstår under anaerobe forhold, hvor sulfat bliver omdannet til hydrogensulfid. De anaerobe forhold opstår lokalt i kloaknettet, hvor der er biofilm, stagneret vand eller ophobning af slam. Der er generelt en konstant lav temperatur i kloakken, hvilket hæmmer dannelsen af hydrogensulfid. Dog vil varmt spildevand fra husholdningen og slam (afføring) give periodiske forbedrede forhold for dannelsen af hydrogensulfid.

5.7.2 Renseanlæg

Renseanlægget vil modtage og rense det fortyndede saltholdige spildevand fra kloaknettet og rense det, før det udledes til recipienten, som i dette tilfælde er Øresund. Renseanlæg har erfaringer med saltholdigt spildevand i vinterhalvåret, hvor der i perioder glatførebekæmpes med salt på arealer, hvorpå vandet ledes til renseanlægget. Ydermere har Lynetten, som modtager spildevand fra København (og dermed også Nordhavn), oplevet havvandsindtrængning fra Øresund grundet fejl med kontraklapper i kloaksystemet (overløbsledninger til Øresund). Disse

historiske erfaringer er brugt til at vurdere, om saltholdigt grundvand til toiletskyl kan have en negativ påvirkning på renseprocesserne, hvilket det ikke tyder på at have.

I vinterhalvåret er biologien i renseprocesserne generelt nedsat grundet lave temperaturer, og det kan ikke udledes, at salt fra glatførebekæmpelsen relaterer sig til yderlige reduktion af biologien. Det er umiddelbart ikke muligt at tolke en direkte påvirkning af biologien sammenholdt med de dage, der glatførebekæmpes med salt.

De oplevede perioder med indtrængning af havvand kan en reduktionen af biologien afspejles. Dette kan relatere sig til en pludselig påvirkning med store mængder havvand. Her kan biologien ikke nå at tilpasse sig ændringerne, før end at havvandet er ledt ud af renseanlægget igen.

En større pludselig opstået saltvandsindtrængning vil påvirke den biologiske kvælstof og fosforfjernelse. Ved en massiv saltpåvirkning vil de biologiske processer i renseanlægget blive påvirket i en sådan grad, at de biologiske processer kan hæmmes og gå helt i stå. Ved massiv saltindtrængning vil spildevand og saltvand skulle bypasses den biologiske rensning for at sikre mod hæmning af bakterierne. Der kan efter en saltpåvirkning af bakterierne gå flere dage før normal biologisk aktivitet er genoprettet.

5.7.3 Delkonklusion

Det ny anlagte kloaksystem i PP eller PE plast i Nordhavn vil ikke blive påvirket af implementeringen af saltskyl. Det eksisterende kloaksystem af beton vil heller ikke blive påvirket af det fortyndede salte spildevand fra saltskyl. Der er dog øget risiko for, at der vil være periodiske forbedrede forhold for dannelsen af hydrogensulfid i kloaksystemet.

Ud fra Lynettens egne erfaringer med havvandsindtrængning i renseanlægget, ser Lynetten ikke et problem i at modtage saltholdigt spildevand fra toiletskyl i de mængder, som ville tilledes Renseanlæg Lynetten såfremt saltskyl blev udbygget til hele Nordhavnskvarteret. Lynetten konkluderede, at den relativt lille saltmængde, der forventes tilført med det saltholdige spildevand, måske ikke engang vil være målbart, da fortyndingsfaktoren er meget høj. Der er ikke undersøgt hvad en øget opskalering af saltskyl vil betyde for renseanlæg.

6. Opsamling og vurdering af resultater

6.1 Erfaringsopsamling på etablering af anlæg

Formålet med pilotprojektet har været at undersøge, om det er muligt at opføre et anlæg med forsyning af saltholdigt grundvand til toiletskyl som erstatning for drikkevand i en kystnær ejendom i Nordhavnen. På baggrund af erfaringer fra projektet konkluderes det, at det er muligt, at opføre forsyning af saltholdigt grundvand til toiletskyl i kystnære byområder, hvor drikkevandsressourcen er under pres. Saltskylsanlægget på Kajplads 109 er etableret og i drift og forsyner i dag beboerne i bygningen med gennemsnitlig 24 L/person/dag (28% af vandforbruget) til toiletskyl med saltholdigt grundvand (sekundavand).

Under projektet er der gjort nogle erfaringer som opsummeres her.

Forsyningsanlægget:

I dette projekt er saltskylsforsyningen opbygget efter samme principper, som den kendte og traditionelle drikkevandsforsyning med få tilpasninger. Det vil sige at:

- 1) Materialer skal være korrosionsbestandige, og det anbefales udelukkende at anvende PE- eller PP plast. Se derudover afsnittet '3.5.3 Særlige forhold ved saltskylsforsyningen'.
- 2) Drift af forsyningsanlægget er tilsvarende drikkevandsanlæg, hvor principperne fra drikkevandsforsyningen anvendes.

Etablering af en erfa-gruppe:

Ud fra erfaringerne i projektet anbefales det, at der nedsættes en erfaringsgruppe, som inkluderer håndværkere og især VVS-installatører for blandt andet at udbrede kendskabet til en ny forsyningstype samt sikre den håndværksfaglige kvalitet.

Pris

Der er på baggrund af opskalering af projektet beregnet en vandtakst for saltskyl på 13,41 kr/m³. Dette er ca. 5 kr. mere pr. m³ for almindelig drikkevandsforsyning. Årligt svarer det ca. til en yderligere udgift på ca. 50 kr. pr. kunde ved anvendelse af saltholdigt grundvand til toiletskyl. Opskalering og beregninger er foretaget med udgangspunkt i pilotprojektet.

Der er identificeret en række muligheder for at optimere og reducere vandtaksten med følgende muligheder:

- 1) Yderligere opskalering til flere brugere af forsyningen med et central forsyningsanlæg medfører bedre udnyttelse af anlægget.
- 2) Anvendelse af sekundavand til andre formål end toiletskyl som f.eks. tøjvask eller bad giver en bedre udnyttelse af anlægget. Desuden kan der være potentiale i at anvende sekundavand som bufferforsyning til f.eks. brandhaner og sprinkleranlæg.
- 3) Afgiftslempelse eller -fjernelse på sekundavand svarende til 6,18 kr/m³.
- 4) Fjerne krav om individuelle vandmålere på sekundavandsforsyning i bygninger.

Lovgivning:

Lovgivningen foreslås revideret for at fremme og lette muligheden for lignende anlæg i fremtiden. Helt konkret bør det undersøges at ændre definitionen af husholdningsbrug, så denne deles op i to typer;

- 1) En type, der direkte eller indirekte berører forbrugerens sundhed. (Drikkevand til konsum)
- 2) En type, der ikke berører forbrugerens sundhed direkte eller indirekte. (Vand til toiletskyl, tøjvask mm.)

Standarder:

Nedenstående standarder for Sekundavandsforsyninger foreslås:

- 1) At udvikle en ny standard; DSeS (Dokumenteret SekundavandsSikkerhed) samt at indføre dette på lige fod med DDS (Dokumenteret DrikkevandSikkerhed). Ekstern audit afholdes med samme interval som på drikkevandsforsyningen.
- 2) Fastsætte vandkvalitetskriterier på sekundavand og indføre at der skal bestemmes kontrolinterval i form af vandprøvetagning.
- 3) At rørfarve på sekundavandsforsyningen skal afvige fra andre forsyninger og standard tekst på rørene skal fastsættes. Farven lilla anbefales til rørene, da denne farve er anvendt i udlandet for at angive sekundavandsforsyning.

6.2 Opsamling på evalueringer

Udover at etablere saltskylsanlægget har projektets formål også været at evaluere demonstrationsanlæggets forsyning med saltholdigt grundvand til toiletskyl i forhold til traditionel drikkevandsforsyning på en række emner. (Tabel 14). Emnerne er udvalgt på baggrund af et tidligere studie af sekundavandsforsyning til Nordhavnen (Rygaard et al., 2014). Udover emnerne har det været et spændende demonstrationsprojekt, der har givet meget ny viden og peget på centrale pointer og problemstillinger.

Opsamlingen fra evalueringerne af saltskyl er præsenteret i de foregående afsnit (se afsnit 5.1-5.7). Det fremgår at evalueringerne er komplekse og i dette afsnit opsummeres hovedelementerne fra delafsnittene med kortfattede centrale pointer i forhold til grundvandsbaseret drikkevandsforsyning (TABEL 14).

TABEL 14. Opsummering af evaluering af saltskylsforsyningen med centrale pointer i forhold til grundvandsbaseret drikkevandsforsyning

Emne	Afsnit i rapport	Saltskyl i forhold til drikkevandsforsyning
Centrale pointer		
Brugertilfredshed	5.1	Stor beboeropbakning under forudsætning om bæredygtighed
Økonomi og opskalering	5.2	+50 kr/år/pers
Miljøevaluering: klimaforandring, partikulær stof, forsuring, eutrofiering, ressourceforbrug	5.3	-1 til 33%
Miljøevaluering: påvirkning af ferskvandsindvinding	5.3	-29%
Mikrobiologisk risikovurdering	5.4	Ingen påviste sundhedsmæssige eller æstetiske gener
Sundhedsmæssig evaluering	5.5	Ingen øget sygdomsrisiko
Forsyningssikkerhed og robusthed	5.6	Lokal, udtømmelig ressource
Påvirkning på kloaksystem af saltholdigt toiletskyl	5.7	Uændret

Vurderingerne i ovenstående TABEL 14 er ikke søgt vægtet med henblik på at gøre de emnespecifikke vurderinger sammenlignelige på tværs, men skal opfattes som de individuelle vurderinger, der er fremkommet i projektet. De kan dermed også opfattes forskelligt afhængigt af læseren og de givne omstændigheder.

Ud fra vurderingerne på emnerne vurderes det, at saltholdigt grundvand til toiletskyl er fordelagtigt inden for emnerne brugertilfredshed, påvirkningen af ferskvandsressourcen samt *i et vist omfang* forsyningssikkerhed og robusthed. Vurderingen af økonomi viser, at med udgangspunkt i dette demonstrationsanlæg må det accepteres, at der bliver en øget pris for forbrugere, samt at nogle af miljøkategorierne (klimaforandring, forsuring, eutrofiering og ressourceforbrug) har en højere påvirkning end drikkevandsforsyningen. For emnerne mikrobiel risikovurdering, sundhedsmæssig evaluering og påvirkning af kloaksystemet vurderes demonstrationsanlægget neutralt i forhold til traditionel drikkevandsforsyning.

Baggrunden for tabellens emnespecifikke vurdering nævnes herunder.

Brugertilfredshed:

I undersøgelsen af brugertilfredshed (afsnit 5.1) konkluderes det, at beboerne generelt viser stor opbakning til saltskylsforsyningen, idet de opfatter forsyningen som værende godt for miljøet (herunder også vandressourcen). Flere udtaler, at de ønsker at vide mere om forsyningen, hvilket tolkes som accept og interesse.

Økonomi og opskalering:

Beregninger af den økonomiske konsekvens for forbruger med saltskylsforsyning viser (afsnit 5.2), at den årlige vandregning for den enkelte vandkunde stiger fra 1.411 kr. til 1.456 kr. Forbrugere vil således skulle betale knap 50 kr. mere årligt for en vandforsyning med et 2-strengt system. Denne stigning er lille, og vurderes mindre negativt for brugerne i forhold til udgangspunktet (grundvandsbaseret drikkevand til alle brugsformål). Stigningen er baseret på en vandtakststigning på 5 kr/m³, så den samlede vandpris er 13,41 kr/m³ for forsyning kombineret med saltholdigt grundvand til toiletskyl og drikkevand i forhold til 100% drikkevandsforsyning, hvilket dog er en markant stigning i produktionsomkostningen.

Miljøevaluering:

Livscyklusanalyse (LCA) evalueringen af saltskylsforsyningen viser (afsnit 5.3), at med hensyn til de generelle miljøkategorier (klimaforandring, forsuring, eutrofiering og ressourceforbrug) påvirker saltskyl miljøet mere end den nuværende drikkevandsforsyning. I en fremtid med fornybar el-produktion vil saltskyl ikke belaste miljøet markant mere end den traditionelle forsyning. LCA-en viser dog også, at saltskylsforsyningen påvirker ferskvandsressourcen væsentligt mindre end grundvandsbaseret drikkevandsforsyning.

Sundhedsmæssig evaluering:

Den sundhedsmæssige evaluering (afsnit 5.5) viser, at Saltskyl ikke medfører en øget sygdomsrisiko i forhold til drikkevand. Dermed vurderes dette emne neutralt.

Mikrobiologisk risikovurdering:

Den mikrobiologiske gennemgang viser (afsnit 5.4), at det behandlede saltholdige grundvand er på linje med mikrobiologisk fund fra lignende undersøgelser hvor drikkevand bruges som toiletskyl. Der blev ikke fundet patogene eller coliforme bakterier, som kunne indikere, at det saltholdige grundvand ikke er sikkert at benytte som toiletskyl. Det kan konkluderes, at dette sekundavand er et sikkert og helt acceptabelt alternativ til brug af drikkevand til toiletskyl.

Forsyningssikkerhed og robusthed:

Med indførelsen af Saltskyl, introduceres en forsyning af en lokal tilgængelig ressource i de kystnære områder: det saltholdige grundvand (afsnit 5.6). Saltskylsforsyningen kan leverer ca. 28% mindre af det rene grundvand, som for størstedelens vedkommende hentes i kommuner udenfor HOFORs leveringsområde. Det kan være en forbedring af forsyningssikkerheden afhængig af kravene til back up. Både forsyningssikkerhed og robusthed kan sandsynligvis øges med indførelsen af en lokal ressource i vandforsyningen; i dette tilfælde saltholdigt grundvand.

Påvirkning på kloaksystem af saltholdigt toiletskyl:

Endeligt er det blevet undersøgt, om saltholdigt spildevand vil påvirke kloaksystemet (afsnit 5.7). Selvom pludselige påvirkninger af havvand kan have en negativ effekt på kloaksystemet, vil introduktionen af saltskyl ikke have det, da det vil være en gradvist øget mængde salte i spildevandet. Den øgede mængde af salte må betragtes som værende en relativt lille andel set i forhold til den totale mængde spildevand, som renseanlægget håndterer. Ydermere vil den gradvise introduktion tillade, at biologien kan adaptere til mindre ændringer af spildevandssammensætningen. Derfor vurderes dette emne neutralt i forhold til drikkevandsforsyning.



7. Referencer

Albrechtsen, H.-J., 1998. Mikrobiologiske undersøgelser af regn- og gråvandsanlæg. Boliger-nes vandforbrug Miljøstyrelsen, Bolig- og Byministeriet 85.

Best, E.L. et. Al (2012). Potential for aerosolization of *Clostridium difficile* after flushing toilets. Hentet fra <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2011.08.010>

Farago, M., 2017. Life cycle assessment and eco - efficiency evaluation for planning of a new urban water system with rainwater use in Nye, Aarhus.

Gejl, R. (*forventet publicering sep. 2019*). Assessing sustainable groundwater abstraction: an evaluation of impacts on groundwater quantity and quality. *PhD afhandling*, DTU ENV.

Godskesen, B., 2012. Sustainability evaluation of water supply technologies.

Godskesen, B., Hauschild, M., Rygaard, M., Zambrano, K., Albrechtsen, H.-J., 2013. Life-cycle and freshwater withdrawal impact assessment of water supply technologies. *Water Res.* 47. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.005>

Hein, M. et. Al. 2003. Overvågning af Øresund. Frederiksborg Amt, Københavns Amt, Roskilde Amt og Københavns Kommunes Miljøkontrol

HOFOR, n.d. Saltskylsprojektet [WWW Document]. URL <https://www.hofor.dk/baeredygtige-byer/udviklingsprojekter/saltskyl/> (accessed 5.23.81).

ISO, 2008. Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Krav og vejledning Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.

Rygaard, M., Godskesen, B., Jørgensen, C., Hoffmann, B., 2014. Holistic assessment of a secondary water supply for a new development in Copenhagen, Denmark. *Sci. Total Environ.* 497–498, 430–439. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.078>

8. Bilagsliste

Bilag

- 1: Analyseresultater fra vandprøver
- 2: Lokalt saltholdigt vand til toiletskyl i kystnært beboelsesområde (DHI)
- 3: Saltskyl – Brugerperspektiver på sekundavand og bæredygtighed (AAU)
- 4: Saltskyl – Økonomisk opskalering (Sweco)
- 5: Saltskyl – Delrapport om LCA af saltskylsteknologi og forsyning (DTU)
- 6: Saltskyl – Microbial water quality of toilet water flushed with salt water (DTU)

Analyserapport nr.: 2016003318
Godkendt: 21-04-2016

Rekvirent:

HOFOR Plan
 Ørestadsboulevard 35
 2300 København S

Undersøgelse af:	Andet
Anlægstype:	Sekundavand
Prøvetagningsmetode:	DS/EN ISO 19458:2006
Prøvetagningsmetode 2:	ISO 5667-11
Formål:	Boringskontrol og organiske mikroforureninger
Kommune:	København
Prøvetagningssted:	Kajplads 109 Sekundavandsboring
Målested-ID:	Nordhavn, Kajplads 109 2100 Nordhavn

Direkte undersøgelse	Prøvetagning
* 3) Temperatur ved prøvetagning 10,9 °C	Prøvetager: Steen Dam Larsen
* 3) Lugt Ikke oplyst	Prøvetagningstidspunkt: 03-03-2016 12:20
* 3) Smag Ikke oplyst	Modtaget på laboratoriet: 03-03-2016 14:00
* 3) Farve Gullig	Analysen påbegyndt: 03-03-2016
* 3) Udseende Lidt uklar	

Mikrobiologisk undersøgelse	Resultat	DL	Metode	Um
2) Coliforme bakterier pr 100 ml	< 1	1	Colliert Quanty Tray	
2) E. Coli pr 100 ml	< 1	1	Colliert Quanty Tray	
2) Kimtal, 22°C, YEA pr ml	85	1	ISO 6222	
2) Kimtal, 37°C, YEA pr ml	< 1	1	ISO 6222	

Fysisk-Kemisk undersøgelse	Resultat	DL	Metode	Um
* 2) Redox mV	-1,3		Målt i felten	
* 2) pH ved 25° C pH	7,52		Målt i felten	
* 2) Konduktivitet ved 25°C mS/m	318		Målt i felten	
* 2) Oxygen mg/l	7,21	0,03	Målt i felten	
2) pH ved 25° C pH	7,2		DS/EN ISO 10523	
2) Konduktivitet ved 25°C mS/m	308	10	DS/EN 27888	
2) Turbiditet FTU	4,8	0,01	DS/EN ISO 7027:2001	
* 3) Salinitet promille	20,4	0,1	DS/EN 27888	
3) Hårdhed, permanent °dH	180	0,5	DS 213	
3) Hårdhed, carbonat °dH	9,5	0,5	DS 213	
3) Hårdhed, total, °dH °dH	190	0,5	DS/EN ISO 17294-2:2005	
3) Calcium mg/l	270	0,5	DS/EN ISO 17294-2:2005	
3) Magnesium mg/l	670	0,1	DS/EN ISO 17294-2:2005	
3) Kalium mg/l	190	0,05	DS/EN ISO 17294-2:2005	
3) Natrium mg/l	6.500	0,1	DS/EN ISO 17294-2:2005	
3) Jern mg/l	2,6	0,01	DS/EN ISO 17294-2:2005	
3) Mangan mg/l	0,26	0,005	DS/EN ISO 17294-2:2005	
3) Ammonium mg/l	2,8	0,005	SM 17. Udg. 4500	
3) Nitrit mg/l	< 0,001	0,001	SM 17. Udg. 4500	
3) Nitrat mg/l	< 0,3	0,3	SM 17. Udg. 4500	

Resultater gælder kun for den analyserede prøve. Oplysninger om måleområde og analyseusikkerhed kan fås ved henvendelse på laboratoriet.
 Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed uden laboratoriets skriftlige tilladelse.

Analyserapport nr.: 2016003318
Godkendt: 21-04-2016

Fysisk-Kemisk undersøgelse		Resultat	DL	Metode	Um
3)	Phosphor, total	mg/l	0,13	0,01	DS/EN ISO 6878:2004
3)	Chlorid	mg/l	11.000	1	SM 17. Udg. 4500
3)	Fluorid	mg/l	< 0,05	0,05	DS/EN ISO 10304-1
3)	Sulfat	mg/l	1.400	0,5	SM 17. Udg. 4500
3)	Alkalinitet, total TA	mmol/l	3,38	0,05	DS 9963
3)	Hydrogencarbonat	mg/l	206	3	DS 9963
3)	Natriumhydrogencarbonat	mg/l	< 3	3	DS 213
3)	Carbonat	mg/l	< 3	3	Beregnet
3)	Carbondioxid ved 12 °C	mg/l	15	2	DS 256
2)	Carbondioxid ved 12 °C	mg/l	10		DS 236
3)	Kalkfældning ved 12 °C	°dH	< 0,2	0,2	DS 236
2)	Kalkfældning ved 12 °C	°dH	< 0,5		DS 236
3)	Aggressiv carbondioxid ved 12 °C	mg/l	< 5	5	DS 236
2)	Aggressiv carbondioxid ved 12 °C	mg/l	< 5	5	DS 236
3)	Farvetal	Pt mg/l	4,4	1	DS/EN ISO 7887
3)	Tørstof	mg/l	23.000	10	DS 204
2)	Oxygen	mg/l	6,7	0,3	DS/EN 25814
3)	Hydrogensulfid	mg/l	< 0,02	0,02	DS 278
3)	Methan ved 10 °C	mg/l	0,15	0,005	GC / FID
3)	NVOC	mg/l	2,8	0,1	DS/EN 1484
3)	Arsen	µg/l	1,0	0,03	DS/EN ISO 17294-2:2005
3)	Barium	µg/l	69	1	DS/EN ISO 17294-2:2005
3)	Bor	µg/l	2.400	1	DS/EN ISO 17294-2:2005
3)	Cobolt	µg/l	0,25	0,04	DS/EN ISO 17294-2:2005
3)	Kiselsyreanhydrid	mg/l	10	0,01	Beregnet
3)	Nikkel	µg/l	1,2	0,03	DS/EN ISO 17294-2:2005
3)	Silicium filtreret	mg/l	4,9	0,005	Grasshoff
3)	Strontium	µg/l	10.000	1	DS/EN ISO 17294-2:2005
3)	Detergenter	µg/l	< 5	5	DS/EN 903
3)	Benzen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	Toluen	µg/l	0,030	0,02	P&T GC/MS
3)	Ethylbenzen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	o-Xylen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	m+p-Xylen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	Naphthalen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	1,2,4-trimethylbenzen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	1,3,5-trimethylbenzen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	1-methyl-3-ethylbenzen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	Benzen-C10	µg/l	< 2	2	GC / FID
3)	C10-C25	µg/l	< 8	8	GC / FID
3)	C25-C35	µg/l	< 9	9	GC / FID
3)	Sum (Benzen-C35)	µg/l	< 9	9	GC / FID
3)	Sum af kulbrinter	µg/l	0,030		Sumberegning
3)	Trichlormethan	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS

Resultater gælder kun for den analyserede prøve. Oplysninger om måleområde og analyseusikkerhed kan fås ved henvendelse på laboratoriet.
Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed uden laboratoriets skriftlige tilladelse.

Analyserapport nr.: 2016003318
Godkendt: 21-04-2016

Fysisk-Kemisk undersøgelse		Resultat	DL	Metode	Um
3)	1,1,1-Trichlorethan	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	Tetrachlormethan	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	Trichlorethylen	µg/l	0,069	0,02	P&T GC/MS
3)	Tetrachlorethylen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	1,2-dichlorethan	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	1,2-Dibromethan	µg/l	< 0,003	0,003	P&T GC/MS
3)	Chlorethan	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	1,1-Dichlorethen	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	trans-1,2-Dichlorethen	µg/l	0,064	0,02	P&T GC/MS
3)	cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	0,50	0,02	P&T GC/MS
3)	1,1-dichlorethan	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	Vinylchlorid	µg/l	< 0,02	0,02	P&T GC/MS
3)	Sum af chlorerede opløsningsmidler	µg/l	0,63	Sumberegning	
3)	MTBE	µg/l	< 0,05	0,05	P&T GC/MS
3)	Ionbalance	procent	1,9	Beregnet	
3)	Kationer	mækv./l	360	Beregnet	
3)	Anioner	mækv./l	340	Beregnet	

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD, kontakt HOFOR Vandkvalitet for yderligere oplysning om måleusikkerhed.

> = Større end - = Ikke udført / ikke påvist

< = Mindre end * = Ikke akkrediteret

DL: Detektionsgrænse

- 1) Miljø- og Fødevarestyrelsens bekendtgørelse nr. 1310 af 25. november 2015
- 2) HOFOR Vandkvalitet-Vand
- 3) Eurofins Miljø A/S (DANAK TEST reg nr. 168)



Karina Ørum

Laboratoriets bemærkninger: NR: 8030-6720
 Saltskyl boring Som standardrutine bliver alle prøver til totalkulbrinter på FID og/eller kulbrinter på GC-MS dekanteret inden analyse

Lokalt saltholdigt vand til toiletskyl i kystnært beboelsesområde.

Sikkerhed og sundhedsrisiko



Denne rapport er udarbejdet under DHI's ledelsessystem, som er certificeret af Bureau Veritas
for overensstemmelse med ISO 9001 for kvalitetsledelse

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Godkendt af

26-10-2018

X



Approved by

Signed by: Mette Brynjolf Jepsen

Lokalt saltholdigt vand til toiletskyl i kystnært beboelsesområde.

Sikkerhed og sundhedsrisiko

Udarbejdet for HOFOR
Repræsenteret ved Helene Hoffmann



Brønd til levering af saltholdigt vand

Projektleder	Claus Jørgensen
Kvalitetsansvarlig	Helle Buchardt Boyd

Projektnummer	11815089
Godkendelsesdato	2018-10-26
Revision	Endelig rapport, ver 1.1
Klassifikation	Begrænset

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Indledning	1
2	Dokumenteret SekundavandsSikkerhed (DSeS).....	1
2.1	Proces	1
2.2	Risikovurderingen	2
2.3	Anlæggets opbygning	3
2.4	Kritiske kontrolpunkter og deres overvågning.....	4
2.5	Praktiske erfaringer	7
2.6	Forslag til fremtidige retningslinjer	8
2.6.1	Før man starter	8
2.6.2	Sekundavandsforsynings målsætning	8
2.6.3	Beskrivelse af sekundavandsforsyningen.....	8
2.6.4	Fareidentifikation af risikovurdering	8
2.6.5	Forsyningssikkerhed	8
2.6.6	Bestemmelse og validering af kontrolforanstaltninger	8
2.6.7	Operationel overvågning	9
2.6.8	Verifikation og intern audit	9
3	Sundhedsmæssig vurdering	9
3.1	Eksponering	9
3.2	Vandkvalitet.....	9
3.3	Risikovurdering	11
3.3.1	Direkte indtagelse af saltvand	11
3.3.2	Inhalering af aerosoler	11
3.3.3	Inhalering af flygtige stoffer	12
3.3.4	Eksponering af hud på toiletsædet	12
3.3.5	Konklusioner af sygdomsrisikovurdering	12

TABELLER

Tabel 2-1: Væsentligste risici identificeret ved den indledende risikovurdering.....	2
Tabel 2-2 Kritiske kontrolpunkter og overvågning heraf. De af Krüger foreslåede overvågninger står i kursiv.	4
Tabel 3-1: Parametre der overskrider drikkevandskravene i råvandsprøve udtaget 16-8-2016.....	10

BILAG

BILAG A – Skabeloner til dokumenteret sekundavandssikkerhed

BILAG B–Anbefaling af struktur for Dokumenteret Sekundavandssikkerhed (DSeS)

BILAG C–Flowdiagram over saltskylanlægget

1 Indledning

Formålet med dette projekt har været at demonstrere anvendelse af og potentialet for lokal sekundavandsforsyning ved etablering af et sekundavandsanlæg til anvendelse af saltholdigt grundvand til toiletskyl i en bygning i Nordhavnen.

Projektet bestod af 3 arbejdsplaner:

1. Demonstration og etablering af anlæg
2. Udvikling af proces og standard for fremtidige lignende anlæg
3. Evaluering med henblik på udvikling af fremtidige anlæg

I forbindelse med arbejdsplan 1 har DHI deltaget i gennemførelse af dokumenteret sekundavandssikkerhed.

I arbejdsplan 2 har DHI leveret en erfaringsopsamling af den dokumenterede sekundavandssikkerhed og foreslået retningslinier herfor.

I arbejdsplan 3 har DHI bidraget til den sundhedsmæssige evaluering.

Den endelige rapport koordineres af HOFOR. De følgende kapitler er disponeret, så både baggrundsmateriale og leverancen til den koordinerede rapport fremgår.

2 Dokumenteret SekundavandsSikkerhed (DSeS)

2.1 Proces

Dokumenteret sekundavandssikkerhed (DSeS) tog udgangspunkt i traditionel risikostyring, med dokumenteret drikkevandssikkerhed (DDS) som model.

Vi har anvendt HOFORs skabeloner til dokumenteret drikkevandssikkerhed version fra 2.0 oktober 2015, dog er enkelte overskrifter modificeret. Skabelonerne er opdelt i Indvinding, Produktion, Distribution og Forbruger og indeholder farer, som på forhånd er identificeret for drikkevand. Skabelonerne indeholder desuden kolonner med type af fare, risikovurdering (sandsynlighed x konsekvens), begrundelse, styring, handling, hvem, hvor ofte, bevis/registrering.

På et møde 18/2-2015, inden igangsætning af etableringen, blev tegningerne for anlægget, som var udarbejdet af Krüger, gennemgået af en gruppe med deltagelse af HOFORs DDS team fra Drift og Plan og DHI med henblik på at lave risikovurdering. Risikovurderingen blev gennemført som en simpel teambeslutning, hvor vi opnåede enighed om de forskellige risikomomenter. Råvandets kvalitet var ikke kendt på tidspunktet for mødet.

Herefter skulle resultatet af risikovurderingen bringes videre til designfasen og implementeringsfasen for at sikre, at de vigtigste risici blev styret i den endelige udformning af anlægget.

Desværre blev resultatet af risikovurderingen ikke direkte anvendt i design af anlægget. Diskussionerne på DSeS mødet blev anvendt som inspiration i diskussionerne imellem HOFOR Plan og Krüger.

DSeS vurderingen tog ikke hensyn til, at saltskylanlægget i første omgang skal køre i en 2-årig forsøgsperiode.

2.2 Risikovurderingen

Risikokabelonerne med de konkrete vurderinger er vedlagt i bilag A.

De væsentligste risici, der blev identificeret, er vist i Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Væsentligste risici identificeret ved den indledende risikovurdering

Fare	Risikovurdering
1. Råvandets indehold af organisk stof, som kan fremme vækst af mikroorganismer.	Sandsynlighed: Erfaringer fra drikkevand er, at organisk stof altid er til stede i grundvand og der kan sive overfladevand ind. Konsekvens: Skaber grundlag for højt kimtal og biofilmdannelse f.eks. i installationer og hydrofor. Hos forbrugeren kan der komme lugt og korrosion. I distributionen korrosion. I yderste konsekvens kan der blive anaerobt og pga den marine påvirkning dannelse af H₂S. Styring: Installation af tæt dæksel og bentonit ved foringsrør for at hindre indsivning. Rensning forventes at reducere indholdet af organisk stof. Hydrofor med lille opholdstid. Der gennemføres undersøgelser af mikrobiel vækst i cisternerne. Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau
2. Råvandets indhold af miljøfremmede stoffer og sporstoffer samt naturlige stoffer	Sandsynlighed: Høj sandsynlighed da området er opfyldt og de indledende analyser viste spor af bl.a. flygtige stoffer. Konsekvens: Ved høje koncentrationer af flygtige stoffer kan forbrugerne blive eksponeret. Styring: Den foreslåede rensning vil ikke fjerne f.eks. klorerede opløsningsmidler. Vandets kvalitet overvåges. Hvis der er uacceptable koncentrationer lukkes for det forurenede vand. Styring vil reducere risiko til et acceptabelt niveau
3. Terror. Forsætlig forurening.	Sandsynlighed lille, men konsekvensen kan være stor. Styring: Adgang til vandbanen hindres. Styringen vil gøre forsætlig forurening vanskelig og dermed sænke sandsynligheden for forekomst.
4. Vandets indhold af naturlige stoffer f.eks. jern, ammonium, mangan fjernes ikke ordentligt.	Sandsynlighed: Grundvandet forventes at indeholde de pågældende stoffer. Konsekvens: Synlige aflejringer i toiletkummen og evt. lugt samt dårlig kundetilfredshed. Ingen sundhedsrisiko. Styring: Beluftning og filtrering Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau

5. Manglende vedligehold (kontrol), udskiftning af luftfiltre, sikring af tæthed og adgangsveje.	Sandsynlighed: Uden vedligeholdelse vil anlægget bryde sammen. Konsekvens: Ingen levering af vand. Styring: Der etableres vedligeholdelsesplaner og etableres mulighed for anvendelse af vand fra drikkevandsanlægget. Se punkt 7. Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau
6. Opholdstid og for høj temperatur i ledninger med meget lille forbrug	Sandsynlighed: Vil ske, især om natten. Konsekvens: Kan medføre vækst. Se risiko 1. Styring: Minimering af opholdstid og isolering af rørinstallationer for at holde lavest mulig temperatur. Endvidere gennemføres undersøgelser af mikrobiel vækst i cisternerne. Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau. Resultater af undersøgelser afventes.
7. Krydsforbindelser.	Sandsynlighed: Internationale studier viser, at der er stor risiko for bevidst og ubevidst etablerede krydsforbindelser. I vores tilfælde er de bevidste forbindelser ikke sandsynlige, da der er tale om saltvand. Konsekvens: der kommer saltvand i drikkevandet eller omvendt. Den sundhedsmæssige risiko afhænger af vandkvaliteten. Styring: Installationerne lægges bag paneler så de i praksis er utilgængelige. Driftstryk skal være højere i drikkevandet en i saltvandet. Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau.
8. Forsyningssikkerhed	Sandsynlighed: Der er høj sandsynlighed for at anlægget ikke kan levere vand i forbindelse med start af anlægget eller i forbindelse med vedligeholdelse. Konsekvens: Der vil ikke kunne leveres vand. Styring: Der etableres nødforsyning fra drikkevand Styring forventes at reducere risiko til et acceptabelt niveau, men introducerer fare for tilbageløb til drikkevandsforsyningen.

2.3 Anlæggets opbygning

Diagram over Saltskylanlægget ses i Bilag C.

Indvinding: Den lokale kystnære boring indvinder fra et havvandspåvirket grundvandsmagasin. Grundvandsmagasinet er et højtliggende kalkmagasin i ca 20 m dybde. Råvandet oppumpes med en Grundfos SP dykpumpe i boringen, som er udført på almindeligvis ligesom HOFORS øvrige drikkevandsboringer.

Råvandsledning: Vandet pumpes via en råvandsledning (PE) ca. 20-25m ind i bygningens teknikrum i kælderen.

Behandlingsanlæg: Behandlingsanlægget starter, hvor flowmåleren på råvandsledningen er placeret. Herefter beluftes råvandet. Det beluftede råvand trykkes via en ventilstyring igennem et sandfilter, hvor jern, mangan, ammonium, samt andre urenheder filtreres fra. Det behandlede vand trykkes over i en 500 l hydrofor, som fungerer som en lille buffertank. Hydroforen trykker vandet ud i takt med, at der er forbrug i toiletterne. Når trykket falder til under 2 bar, starter dykpumpen i boringen, og der produceres vand, indtil trykket i hydroforen har opnået et tryk på ca. 3 bar, som stopper produktionen. Sandfiltret returskylles i intervaller for at sikre filtreringskapaciteten. Dette foregår ved, at råvand fra boringen via en ventilstyring trykkes den modsatte vej i filteret, og dermed fjerner de tilbageholdte urenheder. Under denne proces ledes al returvand til kloak. Returskylningen er automatisk styret og tager ca. 13 min. Når anlægget igen skal producere vand, ledes den første delmængde til kloak for at vaske rester af råvandet ud af filtret, før vandet igen trykkes vand ud til toiletterne.

Back-up forsyning: Ledningen, som distribuerer vandet ud til bygningens lejligheder, er tilsluttet en back up forsyning fra det almindelig drikkevandsnet. Denne forsyning er sikret med en dobbeltsikret tilbagestrømsventil således, at det salte vand ikke kan mixes med drikkevand. Hvis pumpen mister strøm, åbner motorventilen, så borgerne ikke står uden vand.

Distributionssystem: Der løber et parallelt rørsystem langs drikkevandsforsyningen, som distribuerer det salte vand til toiletterne.

Kloaksystem: Det eksisterende kloaksystem anvendes som normalt.

2.4 Kritiske kontrolpunkter og deres overvågning

De kritiske kontrolpunkter i anlægget, og hvordan de overvåges, er vist i Tabel 2-2. Der er taget udgangspunkt i en prøveperiode på 2 år, hvilket betyder, at den planlagte vedligeholdelse er reduceret i forhold til det Krüger har foreslået. Det blev vurderet, at vedligeholdelse i sig selv indebærer risiko for forstyrrelser af driften. Set i lys af den korte prøveperiode er vedligeholdelse derfor reduceret. I Tabel 2-2 er de foreslåede overvågninger angivet i kursiv skrift.

Tabel 2-2 Kritiske kontrolpunkter og overvågning heraf. De af Krüger foreslåede overvågninger står i kursiv.

Kritisk kontrolpunkt	Beskrivelse	Overvågning af kritisk kontrolpunkt
Vedligeholdelse	Vedligeholdelse er foreslået af Krüger. (Se kursiv tekst under de øvrige kritiske kontrolpunkter). HOFOR har dog vurderet, at vedligeholdelse i sig selv indebærer risiko for forstyrrelse af driften. Set i lyset af den korte prøveperiode er vedligeholdelse derfor reduceret til et minimum.	
Boring	Boringen til levering af sekundavand er tætnet med bentonit for at hindre indsivning, og adgang til boringen er vanskeliggjort for at hindre uvedkommendes adgang til vandbanen	 Udokumenteret overfladisk tilsyn sker ved det ugentlige besøg på anlæg.

Vandkvalitet	Vandets kvalitet har indflydelse på sygdomsrisikoen. Hvis drikkevandskvalitetskravene (ekskl. mineraler) er overholdt er sundhedsrisikoen forbundet med krydskontamination lille. Se iøvrigt afsnit 3.2.	Der planlægges regelmæssig analyse af vandkvalitet
Korrosion	Materialer er i så vidt omfang som muligt valgt, så der ikke sker korrosion.	Ingen aktiv overvågning ud over observation, når anlægget tilses.
Grundvandspumpe	Pumpen er kritisk for forsyningssikkerhed	Ugentlig funktionskontrol af at pumpe tænder og slukker ved 2 og 3 bar. Automatisk alarm hvis trykket kommer under 2 bar. <i>Foreslået. Vanddybde og ydelse overvåges via SRO. Sammenlignes årligt med manuel måling</i>
Hindring af adgang til anlægget	Ud over sikring af boringen er installationer skjulte eller bag lås. Nøgle til anlægget er tilgængelig for udvalgte via mobil app.	Ingen aktiv overvågning ud over observation, når anlægget tilses.
Vandbehandling	Fjernelse af ammonium, jern og mangan sker ved beluftning og sandfiltrering	Daglig returskyl. Alarm, hvis returskyl ikke virker. Kompressor funktionalitet tjekkes ugentligt. Der planlægges regelmæssig analyse af vandkvalitet. Klager fra beboere vedrørende udfældninger i WC. <i>Foreslået: Filter efterses ugentligt via øvre dæksel og afstand til sand logføres.</i> <i>Filterbeholder efterses udvendigt for skader og luftudlader adskilles og renses årligt.</i> <i>Kompressor kontrolleres ugentlig for støj.</i> <i>Luftflow tjekkes månedligt og sammenlignes med aktionsgrænser</i> <i>Luftslanger tjekkes halvårligt</i> <i>Stempel tjekkes og udskiftes, filter og filterpuder skiftes årligt.</i>

Hydrofor	Er vigtig for forsyningssikkerhed.	Manometer og overensstemmelse med panel tjekkes ugentligt. <i>Foreslået: Tryk noteres årligt</i>
Mikrobiel vækst	Mikrobiel vækst er minimeret ved at minimere opholdstid i f.eks. hydrofor. Endvidere er installationer isolerede for at holde temperaturen nede.	Ingen aktiv overvågning. Klager fra beboere om lugt eller andre gener.
Krydsforbindelser i distributionsnet	Distributionsnettet er skjult i lejlighederne, så det kun er tilgængeligt ved WC for at forhindre bevist ukorrekt anvendelse af vandet. Rørsystemerne er mærkede, men af samme farve og dimension som drikkevandsledningerne, da alternative farver ikke var tilgængelige. Trykket i sekundavandssystemet er lavere end i drikkevandssystemet. I tilfælde af krydsforbindelser vil vandet løbe fra drikkevands- til sekundavandssystemet.	Ingen aktiv overvågning. Klager fra beboerne.
Forbindelse mellem sekundavandsanlæg og drikkevandsanlæg	Drikkevandsanlægget fungerer som nødvandsanlæg. For at forhindre tilbageløb er der indsat en dobbelt TBS-ventil kategori 4, med snavssamler for at forhindre tilstopning. En motorventil på DV siden åbnes, hvis grundvandspumpen er uden strøm. Det overvejes, om et "worst case scenarium", hvor der kommer saltvand i bynettet, indebærer en større risiko, end at toiletterne er uden vand et par timer til anlægget genstartes. Hvis ja skal motorventilen udelukkende opereres manuelt.	Funktionstest af TBS-ventil og motorventil er planlagt. <i>Foreslået: Snavssamler skilles og renses halvårligt.</i> <i>Ugentligt tjek af om der løber vand ud af drænventilen på TBS</i> <i>Årligt funktionstjek af TBS.</i>
Indeklima i anlægsrum	Kompressor er støjsvag og placeret i støjkabinet, for at mindske gener for beboerne. Afkast fra beluftningen er sluttet til ventileret kanal Der er opsat affugtningsanlæg for at forhindre kondens på uisolerede rør og installationer.	Ingen dokumenteret overvågning. <i>Foreslået: Støj kontrolleres ugentligt.</i> <i>Affugter i drift kontrolleres ugentligt.</i> <i>Kontrol, rengøring og evt skift af filter månedligt.</i>
Gulvafløb	Der er etableret en gulpumpe til at fjerne vand fra gulvet i tilfælde brud	Automatisk alarm ved vand på gulvet. Vand på gulv sensor afprøves halvårligt.

Krüger har udarbejdet en vedligeholdelsesplan. Planen indeholder retningslinjer for inspektion og vedligeholdelse.

2.5 Praktiske erfaringer

(Denne del er leverance til den samlede rapport)

Dokumenteret Sekundavands Sikkerhed (DSeS) kan gennemføres efter samme principper som Dokumenteret Drikkevands Sikkerhed (DDS), dvs. baseret på risikovurdering.

Vi har anvendt HOFORs DDS skabeloner til risikovurderingen. En række af de forhåndsidentificerede risici i skabelonerne kunne på forhånd fjernes som irrelevante, f.eks. en række risici, relateret til forbrugerne, risiko relateret til brandhaver etc., mens andre ikke var med, f.eks. krydsforbindelser mellem sekundavand og drikkevand, gulvafløbssikring, støj, og ændring af vandkvalitet i cisterner. Det er derfor vigtigt at lægge vægt på det specifikke anlæg og ikke kun bruge generelle skabeloner, når risikovurderingen gennemføres.

De indledende punkter i en normal DDS, dvs. etablering af et vandsikkerheds team, fordeling af roller og ansvar, og identifikation af ressourcer, blev ikke gennemført i tilstrækkeligt omfang inden risikovurderingerne. Desuden var formålet for anlægget, herunder at der var tale om et anlæg med en forsøgsperiode på 2 år, ikke tydelig i forbindelse med risikovurderingerne. Det kom til at betyde, at DSeS teamet ikke blev komplet, da Krüger ikke deltog; at forudsætningen om den 2-årige forsøgsperiode ikke blev taget med i risikovurderingen; og at ressourcerne til overvågning og vedligeholdelse ikke blev prioriteret fra starten. Det er vigtigt, at DSeS processen gennemføres fuldt ud, og at vurderingerne tages i betragtning, fra designfasen til anlægget er installeret og sat i drift. Det er endvidere vigtigt, at der fra ledelsens side er opbakning og afsat tilstrækkelige ressourcer til både etablering og drift.

Ligesom for almindelig vandforsyning er forsyningssikkerhed vigtig, når der leveres sekundavand til toiletter. Det er derfor vigtigt, at der er en backupforsyning i form af f.eks. drikkevand. Forsyningssikkerhed bør derfor indgå i anlægsdesignet.

Der har udover selve DSeS processen været en sideløbende proces hvor HOFOR PLAN har haft kontakt med bygherrer, håndværkere og udlejningsselskab. Der er vigtigt at skabe sammenhæng imellem DSeS arbejdet og koordinering af etableringen af et sekundavandsanlæg.

Beboerne kan bruges aktivt som operationel overvågning. I tilfælde med saltvand vil de hurtigt smage, om der er en aktiv krydsforbindelse. Desuden kan beboernes observationer med hensyn til udfældninger i toilet og lugt bruges. Det er vigtigt at inddrage beboerne og bede dem om at give besked, hvis de observerer ændringer.

Da sekundavandsanlæg er sjældne i Danmark, vil der i de fleste tilfælde være tale om nye anlæg. Det påvirker DSeS processen, da flowdiagrammet over anlægget skal laves af DSeS teamet.

Dette projekt har været en prøveordning. Det har påvirket omfanget af vedligeholdelse. HOFOR Drift har besluttet, at der repareres, hvis noget går i stykker, idet det dog forventes, at materialet vil holde i hele prøveperioden. Hvis der er tale om permanente projekter, bør vedligeholdelse indgå på samme niveau, som anvendes i normal vandforsyning.

Anlægget er relativt lille. Overvågningen af anlægget kræver derfor forholdsvis mange driftsressourcer set i forhold til den producerede vandmængde. Det er vigtigt at vurdere omkostningerne ved drift inden projekter af denne slags igangsættes, og at der fra ledelsens side afsættes tilstrækkelige ressourcer til drift.

2.6 Forslag til fremtidige retningslinjer

(Denne del er leverance til den samlede rapport)

På baggrund af erfaringerne med DSeS ved etablering af saltskylanlægget foreslås nedenstående retningslinjer. En oversigt over retningslinjerne er beskrevet i bilag B.

2.6.1 Før man starter

Før man starter på etablering af et sekundavandsanlæg skal det besluttes, hvem der skal lede DSeS processen. DSeS ledelsen skal have den nødvendige viden og opbakning fra forsyningens ledelse i form af tilstrækkelige ressourcer og beslutningskompetance, således at det er muligt at fordele roller, ansvar og ressourcer. Endvidere skabes kontakt til myndigheder og andre relevante stakeholders, herunder ejere af de berørte ejendomme, beboere, entreprenører og håndværkere.

2.6.2 Sekundavandsforsynings målsætning

Forsyningen udarbejder sammen med DSeS ledelsen en målsætning, der udstikker de overordnede rammer og målsætninger om sundhedsmæssige krav, æstetiske krav, forsyningssikkerhed for anlægget, og forbrugertilfredshed. Målsætningen er grundlaget for det videre arbejde. Målene skal så vidt muligt være specifikke, målbare, og opnåelige og kommunikeres til alle relevante parter.

2.6.3 Beskrivelse af sekundavandsforsyningen

Denne del af DSeS består af to trin. Etablering af et DSeS-team og beskrivelse af anlægget.

Formålet er at samle et team med tilstrækkelig erfaring, ekspertise og tid til at forstå systemet og de risici, der truer. Teamet skal beskrive systemet fra råvandskilde til forbruger, stille krav til vandkvalitet og udarbejde et flowdiagram, der skal kunne anvendes til at identificere kritiske kontrolpunkter.

2.6.4 Fareidentifikation af risikovurdering

DSeS teamet skal identificere alle potentielle biologiske, fysiske, og kemiske farer, der er knyttet til hvert enkelt trin i flowdiagrammet, identificere de skadelige hændelser, der kan resultere i at en fare kan forurene vandet, og bestemme den potentielle risiko for hver skadelig hændelse ved hvert trin. Risikoen kan bestemmes som en simpel teambeslutning eller ved semikvantitativ vurdering. Risikovurderinger nedskrives og samles i en DSeS-plan.

2.6.5 Forsyningssikkerhed

Teamet kan identificere knudepunkter i vandbanen, der kan have betydning for forsyningssikkerheden, og gennemføre en hvad-nu-hvis analyse for hvert punkt. Dvs. spørge hvilke hændelser, der kan forekomme i punktet, og hvad hændelsen betyder for forsyningssikkerheden.

2.6.6 Bestemmelse og validering af kontrolforanstaltninger

For hver identificeret fare/skadelig hændelse identificeres kontrolforanstaltninger, der reducerer en uacceptabel risiko til en acceptabel risiko. Valideringen skal skaffe bevis for, at anlægget kan

leve op til forsyningens målsætning, dels ved teknisk dokumentation af de valgte løsninger og efterfølgende ved målinger.

En identificeret fare kan evt. søges helt elimineret. Hermed slipper man for tilhørende kritiske kontrolpunkter.

2.6.7 Operationel overvågning

Overvågning af kontrolforanstaltningerne er vigtig for at sikre, at de virker effektivt og for at kunne sætte ind i tide, hvis der observeres afvigelser fra den normale drift. Operationel overvågning er at udføre planlagte målinger eller observationer med det formål, at undersøge om en kontrolforanstaltning lever op til de krav, der er stillet til den.

Beboerne kan indgå som en del af den operative overvågning.

Korrigerende handlinger danner sammen med den operationelle overvågning den kontrol, der sikrer, at der til stadighed leveres sikkert sekundavand. De korrigerende handlinger skal være planlagt på forhånd. Når den operationelle overvågning viser, at de operationelle grænser er overskredet, skal de korrigerende handlinger sikre, at kontrolforanstaltningen hurtigt bringes til at fungere effektivt igen.

2.6.8 Verifikation og intern audit

Formålet med verifikation er, at sikre at vandforsyningen kan leve op til målsætningen. Det er typisk måling af vandkvalitet, men kan f.eks. også være beboertilfredshed.

Formålet med intern audit er, at sikre at DSeS-planen er implementeret i praksis og bliver fulgt i dagligdagen.

Audit af et sekundavandsforsyning bør auditeres på lige fod med drikkevandsforsyning.

3 Sundhedsmæssig vurdering

(Denne del er leverance til den samlede rapport)

3.1 Eksponering

Der er identificeret 4 scenarier for beboernes eksponering for saltvandet

1. Direkte indtagelse i forbindelse med krydskontaminering fra saltvand til drikkevand
2. Inhalering i forbindelse med aerosoler fra toilettet
3. Inhalering af flygtige stoffer fra vandet
4. Eksponering af hud med aerosoler afsat på toiletsædet

3.2 Vandkvalitet

Den 16-8-2016 blev der udtaget prøver af råvand (ALK pr. nr. 105634/16) og behandlet vand (ALK pr. nr. 105632/16) i forbindelse med godkendelsen af anlægget.

Der blev ikke fundet organiske mikroforureninger.

Alle andre parametre overholdt drikkevandsbekendtgørelsens krav med nogle få undtagelser som vist i Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Parametre der overskrider drikkevandskravene i råvandsprøve udtaget 16-8-2016

Parameter (enhed)	Råvand	Drikkevandskrav ¹
Ammonium (mg/l)	15	0,05
Fluorid (mg/l)	1,7	1,5
Chlorid (mg/l)	13700	250
Natrium (mg/l)	7300	175
Sulfat (mg/l)	1700	250
Coliforme bakterier (/100 ml)	9	< 1
Calcium ² (mg/l)	283 ²	200 ²
Strontium ² (mg/l)	38 ²	10 ²
¹ Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. BEK nr 1147 af 24/10/2017		
² Vejledende værdi i BEK nr 802 af 01/06/2016. Ingen krav i gældende BEK ¹ .		

DTU har gennemført mikrobielle analyser af vandet i toiletter, før og efter vandbehandling den 21. marts og 12. juni 2018. Der blev ikke fundet *E. coli*, coliforme, *Aeromonas* eller *Pseudomonas* i råvandet eller i det behandlede vand.

Desuden har DTU analyseret for NVOC, et udvalg af metaller, NH₄⁺, NO₂⁻ og NO₃⁻ den 25. og 26. juni 2018 før og efter vandbehandling og i toiletter. Kun ammonium var over drikkevandskravet på 0,05 mg/l (~ 0,038 mg N/l)

Prøve	Nitrit (mg N/liter)	NOx (mg N/liter)	Ammonium (mg N/liter)
Drikkevand fra lejlighed	< 0,1	0,38	0,33
Inløb behandling	< 0,1	< 0,1	2
Udløb behandling	< 0,1	0,4	1,52
Skyllet toilet i kælder	< 0,1	1,48	0,45
Skyllet toilet i lejlighed	< 0,1	0,48	1,43
Drikkevandskrav	0,03 (~ 0,1 mg/l)	11 (~ 50 mg/l)	0,038 (~ 0,05 mg/l)

3.3 Risikovurdering

3.3.1 Direkte indtagelse af saltvand

Direkte indtagelse af saltvand kan ske, hvis der kommer saltvand i drikkevandssystemet. Det kan ske hvis der bevidst eller ubevidst etableres en forbindelse imellem de to systemer. Det forventes ikke, at der bevidst etableres forbindelse, og da installationerne stort set er skjulte og utilgængelige for beboerne, er sandsynligheden for ubeviste forbindelser også meget lille. Ud over den fysiske forbindelse, skal trykket i saltvandet overskride trykket i drikkevandet. Der kan endvidere ske et tilbageløb til drikkevandet i forbindelse med nødforsyning, som dog er beskyttet af tilbageløbsventil. Det er altså meget lidt sandsynligt, at der sker en forurening fra det salte vand til drikkevandet. Hvis det alligevel skulle ske, vil vandet smage salt og beboerne vil straks stoppe med at drikke vandet.

Det salte råvand overholder med få undtagelser drikkevandskravene (se Tabel 3-1). Natrium, chlorid og sulfat er langt over, hvilket skyldes af vandet er påvirket af det salte havne vand. Da grænseværdierne for disse er fastlagt af æstetiske og tekniske hensyn, udgør de ikke et sundhedsmæssigt problem. Calcium og strontium havde vejledende krav i den tidligere bekendtgørelse, men har det ikke i den nuværende.

Ammonium var væsentligt over drikkevandskravet i råvandet den 16-8-2016. Den var lavere i målingen i juni 2018 (ca 1,5 mg N/l), men dog stadig over grænseværdien for drikkevand. Da en evt indtagelse af salt vand vil være kortvarig, anses den forhøjede Ammonium koncentration ikke for at udgøre en risiko.

Der er endvidere fundet coliforme i råvandet den 16-8-2016, men ikke i marts og juni 2018. Det er ikke usædvanligt at finde coliforme i nyetablerede borer, og at de forsvinder med tiden.

En krydskontaminering, der medfører at beboerne drikker saltvandet, vurderes derfor ikke udgøre en sundhedsmæssig risiko.

Det vurderes derfor, at krydskontaminering imellem det salte vand og drikkevandet ikke udgør en sundhedsrisiko.

3.3.2 Inhalering af aerosoler

Når toilettet skylles, vil der opstå aerosoler, som svæver rundt i luften omkring toilettet og som kan inhaleres. Ved inhalation vil de fleste aerosoler afsættes i mund og svælg og derefter synkes. Et studie¹ fandt, at der gennemsnitlig blev afgivet 14 dråber, når der skylles (med sædet åbent), men at det afhænger af toilettets konstruktion. Luftanalyser viste, at tilsatte bakterier hovedsageligt kunne detekteres i luften i sædehøjde umiddelbart efter skylning, men også i op til 25 cm over toilettet efter 60 minutter. Under disse forudsætninger, må det formodes, at eventuelle forureninger i vandet vil kunne inhaleres af børn.

DTU har undersøgt vandet i i toiletterne før og efter skyl i udlejede og ikke udlejede lejligheder for *E. coli*, coliforme, *Aeromonas* og *Pseudomonas*. Endvidere i lejligheder hvor der blev anvendt drikkevand. Udlejede lejligheder havde væsentlig højere forekomst af *E. coli*, coliforme. *Aeromonas* blev hovedsageligt fundet i toiletter før skyl. De så det ud til at der er væsentlig forskel imellem ferskvand og salt vand. *Pseudomonas* blev kun fundet i en ikke udlejet med ferskvand. Det må antages, at *E. coli* og coliforme hovedsageligt stammer fra fæces. *Aeromonas* og *Pseudomonas* forekommer begge hyppigt i ferskvand og sjældnere i salt og brakvand. I modsætning til *E. coli* kan de vokse i miljøet. Begge kan optræde som opportunistiske patogener, men skal forekomme i høje koncentrationer for at give problemer.

¹ Best et al 2012. Potential for aerosolization of *Clostridium difficile* after flushing toilets: the role of toilet lids in reducing environmental contamination risk. Journal of Hospital Infection 80, 1, 1-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2011.08.010>

Der vil endvidere kunne forekomme virus fra beboerne.

Endeligt vil der være salte i aerosolerne.

Det vurderes, at risikoen for infektion via aerosoler i langt overvejende grad er relateret til faeces fra beboerne. Derfor vil anvendelse af saltvand ikke forøge sygdomsrisikoen set i forhold traditionelt toiletskyl. Endvidere forventes *Aeromonas* og *Pseudomonas* at have bedre forhold i ferskvandstoiletter end saltvandstoiletter, og derfor er et mindre problem i saltskyltoiletter. Saltene anses ikke for at være problematiske i forbindelse med inhalering af aerosoler.

3.3.3 Inhalering af flygtige stoffer

Der er ikke fundet flygtige organiske stoffer i vandet. Der er fundet ammonium i en koncentration af ca. 1,5 mg N/l. pH i det behandlede vand målt til 7,2 og i skyllede toiletter til 7,3 i gennemsnit. Da pK_s for ammonium er 9,25 forekommer ammonium som NH_4^+ , og forventes derfor ikke at være flygtigt.

Inhalering af flygtige stoffer i disse mængder anses ikke for at udgøre en sundhedsrisiko.

3.3.4 Eksposering af hud på toiletsædet

Som nævnt i afsnit 3.3.2 dannes der aerosoler i forbindelse med toiletskyl, hvis toiletsædet er åbent. En del af disse afsættes på overflader. Best et al (2012) fandt, at der blev afsat bakterier på sædet, på cisternen og på gulvet (15 cm afstand) efter skyl.

Aerosoler fra saltskyl toilettet anses ikke at give større risiko for infektion end et ferskvandstoilet (jvf afsnit 3.3.2). Det samme gælder for de salte, der er fundet. Nikkel kunne bidrage til allergiske reaktioner, men da koncentrationen af nikkel overholder drikkevandskravene, anses Nikkel ikke for at være et problem.

Saltskyltoiletter anses derfor ikke at give forøget sygdomsrisiko i forhold til ferskvandsskyl.

3.3.5 Konklusioner af sygdomsrisikovurdering

Det konkluderes, at sygdomsrisikoen ved anvendelse af rent saltvand som toiletskyl i Nordhavnen ikke udgør en forøget sygdomsrisiko, hverken ved direkte indtagelse i forbindelse med krydsforbindelser, indirekte indtagelse ved inhalering af aerosoler fra toiletskyl, inhalering af flygtige stoffer, eller eksposering af hud fra stoffer afsat på toiletsædet.

BILAG

BILAG A – Skabeloner til dokumenteret sekundavandssikkerhed

Vi har anvendt HOFORs skabeloner til dokumenteret drikkevandssikkerhed version fra 2.0 oktober 2015. Dog er enkelte af overskrifterne omformuleret for at tilpasse dem til DSeS. En del af de risici der var i skabelonerne var ikke relevante for DSeS, ligesom nye risici er føjet til .

A.1 Indvinding

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring						Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering
		B	K	F													
0	1. Råvandets indhold af organisk stof, som kan fremme vækst af mikroorganismer	X			KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGHED: Erfaringer fra drikkevander, at organisk stof altid er til stede i grundvand. Man kan forhindre, at der siver overfladisk vand med højere indhold ind.		'Isolation' af boring for at undgå indsvining	Installation af tæt dæksel samt bentonit ved foringsrør	Brøndborer HOFOR Drift	Ved installation. Tilsyn ved mistanke	Billeddokumentation fra brøndborer samt tilsyn af HOFOR – Captia og EVA
						Mellem											
					Lille			X									
							Ingen		Lille	Mellem	Stor						
							SANDSYNLIGHED										
											KONSEKVEN: Højt kimtal. Hos forbrugeren kan der komme lugt og korrosion. I distributionen korrosion. I yderste konsekvens kan der blive anaerobt og pga den marine påvirkning dannelse af H2S.. P	Henvi- sning til Risiko nr 2, Forbruger	Indhold i grundvand (kan ikke styres)	Vand rensning. Vandprøvetagning og DTU eksperiment. Hvis koncentrationen er så høj, at vandbehandlingen ikke reducerer koncentrationen til et acceptabelt niveau etableres en nv	DTU/DHI	Måleprogram fastlægges af DTU og DHI.	Analyseresultater og rapportering.

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F													
0	2. Råvandets indhold af miljøfremmede stoffer og sporstoffer samt naturlige stoffer		X		KONSEKVENSS	Stor				(X)	SANDSYNLIGH ED: Jævnligt spor af miljøfremmede stoffer.		'Isolation' af boring	Installation af tæt dæksel samt bentonit ved foringsrør	Brøndbore r HOFOR Drift	Ved installati on. Tilsyn efterfølg ende	Billeddokum entation fra brøndborer samt tilsyn af HOFOR – Captia og EVA
						Mellem											
					Lille		X										
						Ingen	Lille	Mellem	Stor		KONSEKVENSS: Ved høje koncentrationer vil forbrugere kunne blive udsat for flygtige forbindelser. Projektet ville ikke kunne gennemføres		Indhold i grundvand (kan ikke styres)	Vandprøvetagn ing (Hvis koncentrationer er så høj, at vandbehandlin gen ikke reducerer koncentratione n til et acceptabelt niveau etableres en ny boring med tilstrækkelig lavt indhold)	DTU/DHI	Målepro gram fastlægges af DTU og DHI	Analyseresul tater og rapportering
						SANDSYNLIGHED											
3	3. Utætheder i systemet kan medføre forurening med overfladevand og kemikalier	X	X		KONSEKVENSS	Stor					SANDSYNLIGH ED: Ved lemfeldig installarion vil sandsynligheden være stor, med der anvendes de bedst kendte systemer.		'Isolation'af boring	Se risiko 1 Indvinding			Se risiko 1 Indvinding
						Mellem		X									
					Lille												

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring	Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering																												
		B	K	F																																				
					<table><tr><td></td><td>Ingen</td><td>Lille</td><td>Mellem</td><td>Stor</td></tr><tr><td colspan="5">SANDSYNLIGHED</td></tr></table>		Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED					KONSEKVEN- S: Høje kimtal og miljøfremmede stoffer kan medføre en forringet sekundavandskv alitet.		Indhold i grundvand (kan ikke styres)																						
	Ingen	Lille	Mellem	Stor																																				
SANDSYNLIGHED																																								
3	4. Indtrængen af snegle og insekter	X			<table><tr><td rowspan="3">KONSEKVEN- S</td><td>Stor</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>Ingen</td><td>Lille</td><td>Mellem</td><td>Stor</td></tr><tr><td colspan="6">SANDSYNLIGHED</td></tr></table>	KONSEKVEN- S	Stor					Mellem					Lille	x						Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED						SANDSYNLIGH ED: Erfaringer fra drikkevand er at der findes indtrængning. Konstruktion medfører, at der ikke bliver adgang til vandbanen						
KONSEKVEN- S	Stor																																							
	Mellem																																							
	Lille	x																																						
		Ingen	Lille	Mellem	Stor																																			
SANDSYNLIGHED																																								
						KONSEKVEN- S: Ingen umiddelbar risiko for forbruger																																		
1	5. Iltning af pyrit / udvaskning af nikkel		X		<table><tr><td rowspan="3">KONSEKVEN- S</td><td>Stor</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	KONSEKVEN- S	Stor					Mellem					Lille	x				SANDSYNLIGH ED: Boringen er omgivet af havet samt lille indvinding med go hydraulisk kontakt til grundvandsmag asinet.		Nikkel i råvand	Inddrages i analyseprogra m og vurderes herefter	HOFOR	Ved start	Analysesresul tat og vurdering i forhold til DVB												
KONSEKVEN- S	Stor																																							
	Mellem																																							
	Lille	x																																						

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F													
							Ingen	Lille	Mellem								Stor
					SANDSYNLIGHED					KONSEKvens: Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskvalitet.							
3	6. Uautoriseret eller uforstandig adgang til borer kan medføre forurening med fremmede stoffer	X	X	X	KONSEKvens	Stor					SANDSYNLIGHED: Lukket gårdrum. Brønd m. låst dæksel giver meget lille risiko.						
						Mellem	X										
						Lille											
						Ingen	Lille	Mellem	Stor		KONSEKvens: Forurening, mikrobiologi samt risiko for høje turbiditetstal. Konsekvens vil afhænge af hvilke stoffer der forurenes med						
					SANDSYNLIGHED												
3	7. Forurening af råvand gennem snavset udstyr (prøvetagningsudstyr, pejleudstyr, renovering af pumpe)	X	X		KONSEKvens	Stor					SANDSYNLIGHED: Personer som har adgang er bevidste om DDS eller uddannet i DDS. Der vil ikke være tale om flygtige stoffer, derfor er der lille sandsynlighed for at forbrugere			Uddannelse og hygiejnekursus		Som for HOFOR DDS og inden arbejdet startes	Dokumenteres ved kursusbevis, medarbejders underskrift eller deltagerliste fra kursus
						Mellem											
						Lille		X									
						Ingen	Lille	Mellem	Stor								
					SANDSYNLIGHED												

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring	Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering																											
		B	K	F																																			
						vil blive eksponeret																																	
						KONSEKvens: Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskvalitet. Konsekvens vil afhænge af hvilken forurening der er tale om, men den antages at være lille																																	
3	8. Terror: forsætlig forurening med kemikalier eller mikroorganismer	X	X		<table><tr><td rowspan="3">KONSEKvens</td><td>Stor</td><td>X</td><td>(X)</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>Ingen</td><td>Lille</td><td>Mellem</td><td>Stor</td></tr><tr><td colspan="6">SANDSYNLIGHED</td></tr></table>	KONSEKvens	Stor	X	(X)			Mellem									Lille							Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED						SANDSYNLIGHED: Adgang til vandbanen er sikret med lås og det formodes at anlægget er så lille skala, at det er et uinteressant mål.	
KONSEKvens	Stor	X	(X)																																				
	Mellem																																						
	Lille																																						
		Ingen	Lille	Mellem	Stor																																		
SANDSYNLIGHED																																							
					KONSEKvens: Teoretisk mulighed for at gøre stor skade.																																		

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F													
0	9. Brug af uhensigtsmæssige materialer og komponenter.	X	X	X	KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGHED: Specifikke materialer er forskrevet VVS'er og Krüger.						
						Mellem											
						Lille		X									
							Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED	KONSEKVEN	Mulighed for korrosion og dermed utilsigtet lækage. Stofafsmitning i vandbanen.				
1	11. Manglende renskylning af borerer efter udsyring.	X	X		KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGHED: Kan ske, men er en del af processen.						
						Mellem											
						Lille		X									
							Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED	KONSEKVEN	Udsyringssrester kan forekomme i det første forbrug efter udsyringen.				

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring				Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering
		B	K	F											
1	12. Forurening fra punktkilder	X	X		KONSEKVENSS	Stor									
						Mellem									
						Lille		X							
						Ingen									
3	14. Terror og hærværk, udslip ved transportuheld, ved brand, fra tankanlæg, brud på ledninger, overfyldning på slamsuger og lign.	X	X		KONSEKVENSS	Stor									
						Mellem									
						Lille	X								
						Ingen									
1	15. Forurening af råvand som følge af brug af kemikalier/olie på omkringliggende og egne arealer, herunder tidligere forureninger der kan diffundere ind i råvandsledninger		X		KONSEKVENSS	Stor									
						Mellem									
						Lille		X							
						Ingen									

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering			
		B	K	F															
1	16. Utæthed kloakledning nær råvandsledning / boring.	X	X		KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGHED	SANDSYNLIGH ED: Både brud på kloakledning og vores ledning, som er uopdaget kan føre til, at der kommer kloakforurenet vand ud til forbrugerne.			Der gennemføres en kvantitativ mikrobiel risikovurdering. Derefter gentages vurderingen og eventuelle måder at overvåge risikoen.	DHI		Rapportering	
						Mellem		X											
						Lille													
							Ingen	Lille	Mellem	Stor									
		SANDSYNLIGHED					KONSEKVEN: Teoretisk mulighed for infektioner.												
0	17. Forurening af råvandsledning ved ledningsarbejde, reparation af brud, tilslutning af borer og lignende indgreb.	X	X		KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGHED	SANDSYNLIGH ED: Kan ske. Personale er bevidste omkring DDS eller uddannet i DSS.			Se risiko 7 - Indvinding			Se risiko 7 - Indvinding	
						Mellem													
						Lille		X											
							Ingen	Lille	Mellem	Stor		KONSEKVEN: Der kan være en forringet sekundavandskvalitet. Se risiko 7 - Indvinding							

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring				Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F												
0	18. Manglende viden, færdigheder og forståelse for at holde anlægget beskyttet og rent. (Vurderes efter opbygning)				KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGH ED: Der vil altid være en risiko.		Uddannelse			
						Mellem										
						Lille										
							Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED	KONSEKVEN	Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskv alitet.		Uddannelse	
0	19. Forurening af vand med stoffer og mikrobiologi som vi normalt ikke analyserer for.	X	X		KONSEKVEN	Stor	X	(X)			SANDSYNLIGH ED: Vandprøver analyseres som drikkevand.		Der gennemføres en vurdering af hvilke stoffer eller patogener, der kan tænkes at være tilstede og som der ikke analyseres for. Hvis nødvendigt gennemføres yderligere analyser.	HOFOR/D TU/DHI		Rapporterin g og anbefaling
						Mellem										
						Lille										
							Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED	KONSEKVEN	Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskv alitet.			

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering (For bruger) (X) = uden styring X = efter styring				Begrundelse for vurdering	Relation	Hvilken risiko faktor styres	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F												
1	20. Nedsivning af sprøjtemidler, nedbrydningsprodukter heraf, samt andre produkter til grundvandsmagasinet.		X		KONSEKVENS	Stor					SANDSYNLIGHED: Grunden er udlagt som V1.		Moniteringsprogram	HOFOR	Bestemmes senere	Data registreres og vurderes.
						Mellem										
						Lille		X	(X)							
										Ingen						
				SANDSYNLIGHED				KONSEKVENS: Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskvalitet med de vil næppe have sundhedsmæssige konsekvenser da de ikke er flygtige.								
1	21. Andre borer i indvindingsoplandet kan forurene grundvandet.	X	X		KONSEKVENS	Stor					SANDSYNLIGHED: Området er udlagt som V1 og der er i området en del borer bl.a. geotekniske.		Moniteringsprogram	HOFOR	Bestemmes senere	Data registreres og vurderes.
						Mellem										
						Lille		X	(X)							
										Ingen						
				SANDSYNLIGHED				KONSEKVENS: Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskvalitet.								
				KONSEKVENS:												

A.2 Produktion

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering		
		B	K	F													
0	1. Vandets indhold af organiske stoffer, som kan give vækst af uønskede bakterier i filtrene bla. Methan.	X			KONSEKVENSS	Stor					SANDSYNLIGHEDE Organiske stoffer findes altid i råvand og derfor afhængigt af indvindingen.	Koncentration i vandet	Rensning Der gennemføres optimering af renseanlæg og der etableres et måleprogram. Se i øvrigt risiko 1 i indvinding Der etableres en driftsmanual.	Krüger/HOF OR	Måleprogram fastlægges i samarbejde af DTU og DHI Inden anlægget overgår til normal drift	Analyseresultater og rapportering Underskrevet driftsmanual	
						Mellem											
						Lille		X									
							Ingen	Lille	Mellem	Stor							
						SANDSYNLIGHED											
						KONSEKVENSS: Lugt hos forbruger											
0	2. Vandets indhold af miljøfremmede stoffer (påvirker produktionen? ??).		X		KONSEKVENSS	Stor					SANDSYNLIGHEDE Organiske stoffer findes altid i råvand og derfor afhængigt af indvindingen.	Som risiko 1					
						Mellem											
						Lille		X									
							Ingen	Lille	Mellem	Stor							
						SANDSYNLIGHED											
						KONSEKVENSS: Flygtige stoffer kan evt påvirke forbrugeren											

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring	Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering
		B	K	F							
0	3. Vandets indhold af organiske stoffer, som kan give vækst af uønskede bakterier i hydrofor i forbindelse med for lang opholdstid.	X			KONSEKVENNS Stor Mellem Lille Ingen Lille Mellem SANDSYNLIGHED	SANDSYNLIGHEDE: Når hydroforen er fyldt står anlægget stille. Størst sandsynlighed om natten. Er ilt tilstede vil der ske vækst af naturligt forekommende bakterier.	Hyppighed i flow (men kan ikke styrer – forbrug)	Tryk i hydroforen	HOFOR Drift	Hvis analyseresultater giver anledning til bekymring fastlægges det herefter	Indmelding til EVA database
2	4. Vandets indhold af naturlige stoffer f.eks. jern, ammonium, mangan fjernes ikke ordentligt.		X		KONSEKVENNS Stor Mellem Lille Ingen Lille Mellem SANDSYNLIGHED	KONSEKVENNS: Er der en mulig konsekvens for hydroforens funktionalitet? Se i øvrigt Risiko 1 indvindign.	Indhold i råvand	Beluftning. Optimering af beluftning. Beluftning overvåger	Krüger HOFOR	On – line ?	Analyseresultater for de pågældende stoffer og rapportering
						KONSEKVENNS: Synlige aflejringer i toiletkummen og evt. lugt samt dårlig kundetilfredshed.					EVA database

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring	Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering																										
		B	K	F																																	
						Ingen sundhedsrisiko.																															
						KONSEKVEN:																															
1	6. Forurening af vandet gennem forurenede iltningsluft.	X	X	X	<table><tr><td rowspan="3">KONSEKVEN</td><td>Stor</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">SANDSYNLIGHE D: Generel luftforurening i byområdet. Ligger kystnært og dermed stor luftudskiftning. Vi har hidtil ikke kunnet påvise, at der er et problem.</td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td></td><td>X</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>Ingen</td><td>Lille</td><td>Mellem</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td colspan="4">SANDSYNLIGHED</td><td></td></tr></table>	KONSEKVEN	Stor				SANDSYNLIGHE D: Generel luftforurening i byområdet. Ligger kystnært og dermed stor luftudskiftning. Vi har hidtil ikke kunnet påvise, at der er et problem.	Mellem				Lille		X				Ingen	Lille	Mellem				SANDSYNLIGHED					Vi styrer ikke	Ingen			
KONSEKVEN	Stor				SANDSYNLIGHE D: Generel luftforurening i byområdet. Ligger kystnært og dermed stor luftudskiftning. Vi har hidtil ikke kunnet påvise, at der er et problem.																																
	Mellem																																				
	Lille		X																																		
		Ingen	Lille	Mellem																																	
		SANDSYNLIGHED																																			
						KONSEKVEN:																															
						Afhængig af forureningstype kan det overføres til vandbanen og ende ved forbrugeren.																															
0	7. Forurening fra besøgende og personale, jord, snavset værktøj, dårlig hygiejne.	X	X	X	<table><tr><td rowspan="3">KONSEKVEN</td><td>Stor</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">SANDSYNLIGHE D: Teknikrum aflåst og uddannelse af personale i hygiejne ved arbejde med</td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td></td><td>X</td><td></td></tr></table>	KONSEKVEN	Stor				SANDSYNLIGHE D: Teknikrum aflåst og uddannelse af personale i hygiejne ved arbejde med	Mellem				Lille		X		Adgang til anlæg samt personale	Der installeres låse	Entreprenør		Tilsyns og tilsynsrapport													
KONSEKVEN	Stor				SANDSYNLIGHE D: Teknikrum aflåst og uddannelse af personale i hygiejne ved arbejde med																																
	Mellem																																				
	Lille		X																																		

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F												
						Ingen	Lille	Mellem	Stor							
										anlæggene. (Gæster vil altid være med en guide som er DDS uddannet. Adresseres i DVS plan efter opbygningen)						
										KONSEKVEN: Lille eller ingen konsekvens da det er en lukket vandbane.						
0	8. Terror, hærværk.	X	X	X	KONSEKVEN	Stor	X	(X)			SANDSYNLIGHE D: Adgang til vandbanen er sikret med lås og det formodes at anlægget er så lille skala at det er et uinteressant mål. Adresseres i DVS plan efter opbygningen)					
						Mellem										
						Lille										
						Ingen										
											KONSEKVEN: Teoretisk mulighed for at gøre stor skade.					
0	9. Manglende vedligehold (kontrol), udskiftning af luftfiltre, sikring	X	X	X	KONSE	Stor	X				SANDSYNLIGHE D: Uden vedligeholdelse vil anlægget bryde sammen.	Vedligeholdelse	Der etableres vedligeholdelsesplaner og etableres mulighed for anvendelse af	Küger og HOFOR	Vedligeholdelsesplaner Inden opstart	Underskrevet vedligeholdelsesplan Nødvandssystem
						Mellem										

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F												
	af tæthed og adgangsveje.					Lille										m efterprøves
							Ingen	Lille	Mellem	Stor						
							SANDSYNLIGHED				KONSEKVENST: . Ingen levering af vand ved sammenbrud. Mulighed for gennembrud					
0	10. Brug af forkerte midler i vandbanen, f.eks. afgivelse af stoffer til vandet.	X	X			KONSEKVENST	Stor						Se risiko 7 Indvinding			
							Mellem									
							Lille		X							
							Ingen	Lille	Mellem	Stor						
							SANDSYNLIGHED				KONSEKVENST: Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskvalitet. Stor fortynding fører til at konsekvensen bliver lille.					
2	11. Forurening af vandet i forbindelse med skylning af filtre. Frigjort okker kommer med i produktion.		X			KONSEKVENST	Stor					Returskyldning af filtre	Der etableres instruks for returskyldning	Krüger/HOF OR	Inden idriftsættelse Instruks revurderes ved ændringer og i forbindelse med den periodiske gennemgang af	Underskrevet instruks
							Mellem									
							Lille		X		(X)					

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring				Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering
		B	K	F										
						Ingen	Lille	Mellem	Stor				DVS planen	
						SANDSYNLIGHED								
										KONSEKVENNS: Synlige aflejringer i toiletkummen og evt. lugt samt dårlig kundetilfredshed. Ingen sundhedsrisiko.				
0	12. Et langt stop i behandlingen kan medføre vækst af bakterier.	X				KONSEKVENNS	Stor							
							Mellem	X						
							Lille							
							Ingen	Lille	Mellem	Stor				
						SANDSYNLIGHED								
										SANDSYNLIGHE D: Relative lange stop kan forekomme og varme til teknikrumme kan give grundlag for vækst af bakterier og gennembrud af okker etc.	Se risiko 9			
										KONSEKVENNS: Ingen vand eller forurennet vand.				
0	13. Opstart af rørstrækning og pumper, der har ligget stille i lang tid.	X				KONSEKVENNS	Stor							
							Mellem							
							Lille	X						
										SANDSYNLIGHE D: Relative lange stop kan forekomme. Vurdering gentages efter				Vurdering er gennemført og dokumenteret i næste udgave af DVS planen

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F												
							Ingen	Lille	Mellem	Stor	ibrugtagning					
							SANDSYNLIGHED									
											KONSEKVEN Teknikrumme kan give grundlag for vækst at bakterier. Ingen sundhedsmæssig konsekvens og lille sandsynlig for at kunderne ikke bemærker det. Konsekvenser vurderes efter anlægget er taget i brug.					
0	14. Rentvandspumper, hydroforbeholdere, filteranlæg m.m. kan være forurenende med E-coli, patogener, og andre uønskede bakterier i forbindelse med anskaffelse,	X				KONSEKVEN Der er sandsynlighed for at leverede dele er forurenede hvis de ikke er beskyttet under transport og opbevaring	Stor				SANDSYNLIGHE Der er sandsynlighed for at leverede dele er forurenede hvis de ikke er beskyttet under transport og opbevaring	Forurening af udstyr	Der stilles krav til leverandører om forsvarlig indpakning på samme måde som det sker i forbindelse med drikkevand	Krüger og HOFOR	Ved aftale med leverandør	Materialer tjekkes ved ankomst og dokumenteres
	</															

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring				Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering
		B	K	F										
	revoering og henstand.								sundhedsmæssige problemer.					
0	15. Manglende forståelse for hygiejne hos nogle der arbejder i vandbanen og det at rapportere og reagere på fejl.	X			KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGHEDE: Der vil altid være en risiko.	Medarbejderes viden	Uddannelse Se risiko 7 Indvinding	Se risiko 7 Indvinding
						Mellem								
						Lille		X	(X)					
							Ingen	Lille	Mellem	Stor				
							SANDSYNLIGHED				Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskvalitet.			
0	16. Vurdering af klimabetingede risici pga. ekstreme vejr situationer. Går på tværs af risikokategorier.				KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGHEDE: Lukket anlæg. Vurderes efter etablering			Vurderes efter etablering
						Mellem								
						Lille		X						
							Ingen	Lille	Mellem	Stor				
							SANDSYNLIGHED				KONSEKVEN: Nødstop			
					KONSE	Stor					SANDSYNLIGHEDE:			
						Mellem								

	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi/Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F												
					Lille					KONSEKvens:						
						Ingen	Lille	Mellem	Stor							
						SANDSYNLIGHED										

A.3 Distribution

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugere n			Risikovurdering (X) = uden styring X = efter styring					Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering	
		B	K	F												
0	1. Opholdstid og for høj temperatur i ledninger med meget lille forbrug.	X			KONSEKVENSS	Stor					SANDSYNLIGHED: Vil ske, især om natten.	Temperatur samt flow (men kan ikke styres - forbrug)	Isolering af rørinstallationer	Becko	Ved installation	Billeddokumentation fra Becko samt tilsyn af HOFOR - Captia
				Mellem												
				Lille			X			(X)						
					Ingen	Lille	Mellem	Stor		KONSEKVENSS: Kan medføre vækst af mikrobiologi.	Indhold i distributionsvand (kan ikke styres)	Vandprøvetagning	DTU/DHI	Måleprogram fastsættes af DTU/DHI	Analyseresultater og rapportering	
					SANDSYNLIGHED											
0	2. Afsmitning fra rør af forskellige art til vandet.	X	X		KONSEKVENSS	Stor					SANDSYNLIGHED: Afhænger af de anvendte rør	Rør valg	Der vælges rør som er godkendt til kontakt med drikkevand	HOFOR/Entrepr enør	Ved indgåelse af aftale	Tilsyn
				Mellem												
				Lille			X	(X)								
					Ingen	Lille	Mellem	Stor		KONSEKVENSS: Risiko for mikrobiel vækst og biofilmdannelse Se også risiko 1 indvinding						
					SANDSYNLIGHED											

0	3. Forsætlig og uforsætlig ødelæggelse af distributionsnettet .	X		X	<table><tr><td rowspan="3">KONSEKVENNS</td><td>Stor</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">SANDSYNLIGHED: Kun vicevært og HOFOR har adgang til distributionssystem. VVS kan i forbindelse med andet arbejde i teknikrummet skade rør.</td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td>X</td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>Ingen</td><td>Lille</td><td>Mellem</td><td>Stor</td><td rowspan="2">SANDSYNLIGHED</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="5"></td></tr></table>	KONSEKVENNS	Stor					SANDSYNLIGHED: Kun vicevært og HOFOR har adgang til distributionssystem. VVS kan i forbindelse med andet arbejde i teknikrummet skade rør.	Mellem			X		Lille							Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED								Adgang til systemet	Aflåst dør			
KONSEKVENNS	Stor						SANDSYNLIGHED: Kun vicevært og HOFOR har adgang til distributionssystem. VVS kan i forbindelse med andet arbejde i teknikrummet skade rør.																																		
	Mellem			X																																					
	Lille																																								
		Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED																																			
					KONSEKVENNS: Forsyningssvigt.	Backup forsyning	Backup forsyning afprøves	HOFOR	Ved installation og derefter årligt	Dokumenteres i logbog																															
0	4. Forurening af sekundavand i forbindelse med forurennet materiel og værktøj.	X	X		<table><tr><td rowspan="3">KONSEKVENNS</td><td>Stor</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">SANDSYNLIGHED: Kun uddannet med DDS certifikat kan arbejde med distributionssystemet. Mængde vil være meget små og fortyndingen meget stor.</td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>Ingen</td><td>Lille</td><td>Mellem</td><td>Stor</td><td rowspan="2">SANDSYNLIGHED</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="5"></td></tr></table>	KONSEKVENNS	Stor					SANDSYNLIGHED: Kun uddannet med DDS certifikat kan arbejde med distributionssystemet. Mængde vil være meget små og fortyndingen meget stor.	Mellem					Lille		X					Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED								Fagfolk. Se også risiko 7 indvinding	Kun uddannet fagfolk hyres til at arbejde på vandbanen	HOFOR	Hver gang	HOFOR godkender firma og regninger ligges i Captia
KONSEKVENNS	Stor						SANDSYNLIGHED: Kun uddannet med DDS certifikat kan arbejde med distributionssystemet. Mængde vil være meget små og fortyndingen meget stor.																																		
	Mellem																																								
	Lille		X																																						
		Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED																																			
					KONSEKVENNS: Der kan være en risiko for en forringet sekundavandskvalitet. Konsekvens vil afhænge af hvilken forurening der er tale om, men den antages at være lille																																				
0	5. Forurening i forbindelse med renovering.	X	X		<table><tr><td rowspan="3">KONSEKVENNS</td><td>Stor</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">SANDSYNLIGHED: Erfaringer viser at det kan ske. Kun uddannet med DDS certifikat kan arbejde med</td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr></table>	KONSEKVENNS	Stor					SANDSYNLIGHED: Erfaringer viser at det kan ske. Kun uddannet med DDS certifikat kan arbejde med	Mellem					Lille		X																					
KONSEKVENNS	Stor						SANDSYNLIGHED: Erfaringer viser at det kan ske. Kun uddannet med DDS certifikat kan arbejde med																																		
	Mellem																																								
	Lille		X																																						

[illegible]

[illegible]

[illegible]

A.4 Forbrugere

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering						Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering
		B	K	F												
0	1. Stillestående vand i installationerne.	X	X		KONSEKVEN	Stor					SANDSYNLIGHED: Vil ske, især om natten.	Flow	Ingen			
				Mellem												
				Lille						X						
							Ingen	Lille	Mellem	Stor	KONSEKVEN: Kimtallet i det stillestående vand vil stige og evt lugte. Det vurderes at risikoen er mindre end det vil være i cisternen	Se risiko nr 2	Se risiko nr 2	DTU/DHI	Måleprogram fastlægges af DTU og DHI	Analyseresultater og rapportering
						SANDSYNLIGHED										
2	2. For varm og for lang opbevaring af vand i cisterner eller andre reservoirer kan medføre vækst af bakterier.	X			KONSEKVEN	Stor				X	SANDSYNLIGHED: Erfaringer fra drikkevand viser at vand i rør stiger til omkring stuetemperatur og giver grundlag for højere kimal.	Flow (men kan ikke styres - forbrug)				
				Mellem												
				Lille												
							Ingen	Lille	Mellem	Stor	KONSEKVEN: Høje kimal indikere organisk stof som kan ophobe sig og skabe lugtgener samt farvninger i toiletkummen. Minimal sundhedsrisiko men høj risiko for anvendelsen af sekundært vand i	Vandkvalitet kan bestemmes af råvandskvaliteten og styres af vandbehandlingen.	Der gennemføres en undersøgelse af bakteriel vækst ved henstand og konsekvenser heraf.	DTU	Undersøgelse gennemføres af DTU	Analyseresultater og rapportering. Rapporten vil danne en del af baggrunden for vurdering af anvendeligheden af vandet til toilet skyl og evt. beslutning om der skal etableres en alternativ boring.
						SANDSYNLIGHED										

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering	Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering																												
		B	K	F																																			
0	3. Indhold af flygtige eller ikke flygtige skadelige stoffer				<table><tr><td rowspan="3">KONSEKVENNS</td><td>Stor</td><td></td><td></td><td></td><td>x</td></tr><tr><td>Mellem</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Lille</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>Ingen</td><td>Lille</td><td>Mellem</td><td>Stor</td></tr><tr><td colspan="6">SANDSYNLIGHED</td></tr></table>	KONSEKVENNS	Stor				x	Mellem					Lille							Ingen	Lille	Mellem	Stor	SANDSYNLIGHED						toiletter idet ubehagelig lugt er uacceptabel					
KONSEKVENNS	Stor				x																																		
	Mellem																																						
	Lille																																						
		Ingen	Lille	Mellem	Stor																																		
SANDSYNLIGHED																																							
						Sandsynlighed: der er stor sandsynlighed for at der er miljøfremmede stoffer i råvandet. En del vil blive fjernet i forbindelse med vandbehandlingen. Det forventes at der vil være klorerede alifater	Vandkvaliteten	Der udtages vandprøver af råvand og det behandlede vand til bestemmelse af miljøfremmede stoffer og renseseffektivitet	HOFO R/Kryger/ Naturs tyrelsen	Der etableres evt et overvågningsprogram på baggrund af de initiale erfaringer. Aktionsgrænsen etableres i forbindelse med sundhedsrisikoverurderingen	Analyseresultater og rapportering																												
						Konsekvens: Da det endnu er ukendt hvilke stoffer der er i råvandet og det rensende vand er der endnu ikke lavet en vurdering af konsekvensen. Der er potentielt en stor konsekvens for etableringen af sekundavandsforsyningen, hvis koncentrationerne er for høje.		Der gennemføres en sundhedsrisikovurdering på baggrund af analyse resultater.	DTU/DHI/HOFOR/ Naturs tyrelsen	Initielt	Rapportering																												

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering					Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering			
		B	K	F														
0	4. Forekomst af grundvandsdyr dvs. små dyr, som er naturligt forekommende og kan leve i vores vandforsyningssystem .	X		X	KONSEKVENNS	Stor					SANDSYNLIGHED: Erfaringer fra drikkevandssystemer er, at der findes "Rentvandsdyr."	Indhold i vandbanen (kan ikke styres)	Ingen					
						Mellem												
						Lille			X									
								Ingen	Lille	Mellem		Stor	KONSEKVENNS: Kan sidde fast i vandbanen eller blive distribueret rund. Udgør kun et æstetisk problem. Udgør ikke en sundhedsfare.	Indhold i vandbanen (kan ikke styres)	Ingen			
					SANDSYNLIGHED													
1	5. Forbruger krydsforbinder de to forsyningssystemer.	?	?	?	KONSEKVENNS	Stor					SANDSYNLIGHED: Forbrugeren skal "fange" rørinstitutionen på bagsiden af cisternen eller et andet sted i ingeniørskakten, hvilket kræver stor indsats for forbrugeren. International litteratur viser dog at der sker krydsforbindelser på et eller andet tidspunkte	Adgang til rørinstitutioner og information	Installationer sidder utilgængeligt for forbrugeren. Rør har tekst IKKE DRIKKEVAND samt informationsfold til forbruger om sekundavand	Becko og HOFOR	Ved installation og deling af folder ved indflytning	Billeddokumentation fra Becko samt tilsyn af HOFOR – Captia Folder - Captia		
						Mellem												
						Lille		X										
								Ingen	Lille	Mellem		Stor						
					SANDSYNLIGHED													

Procestrin	Risiko (nr)	Risiko for forbrugeren			Risikovurdering	Begrundelse for vurdering	Hvad styrer vi	Hvordan styrer vi /Handling	Hvem	Hvor ofte	Bevis og registrering
		B	K	F							
						sundhedsmæssig risiko, men drikkevandskrav vil ikke overholdes. Ved krydsforbindelser i stigrørene kan hele vandbanen påvirkes.		lavere end i drikkevands systemet. Trykket overvåges online i strategiske punkter Nødvand anvendes hvis aktionsgrænse overskrides. Det kan overvejes om der kan installeres ledningsevne målere på strategiske steder, såfremt sekundærvand det er mere salt end drikkevandet			

BILAG B–Anbefaling af struktur for Dokumenteret Sekundavandssikkerhed (DSeS)

B **Anbefaling af struktur for Dokumenteret Sekundavandssikkerhed (DSeS)**

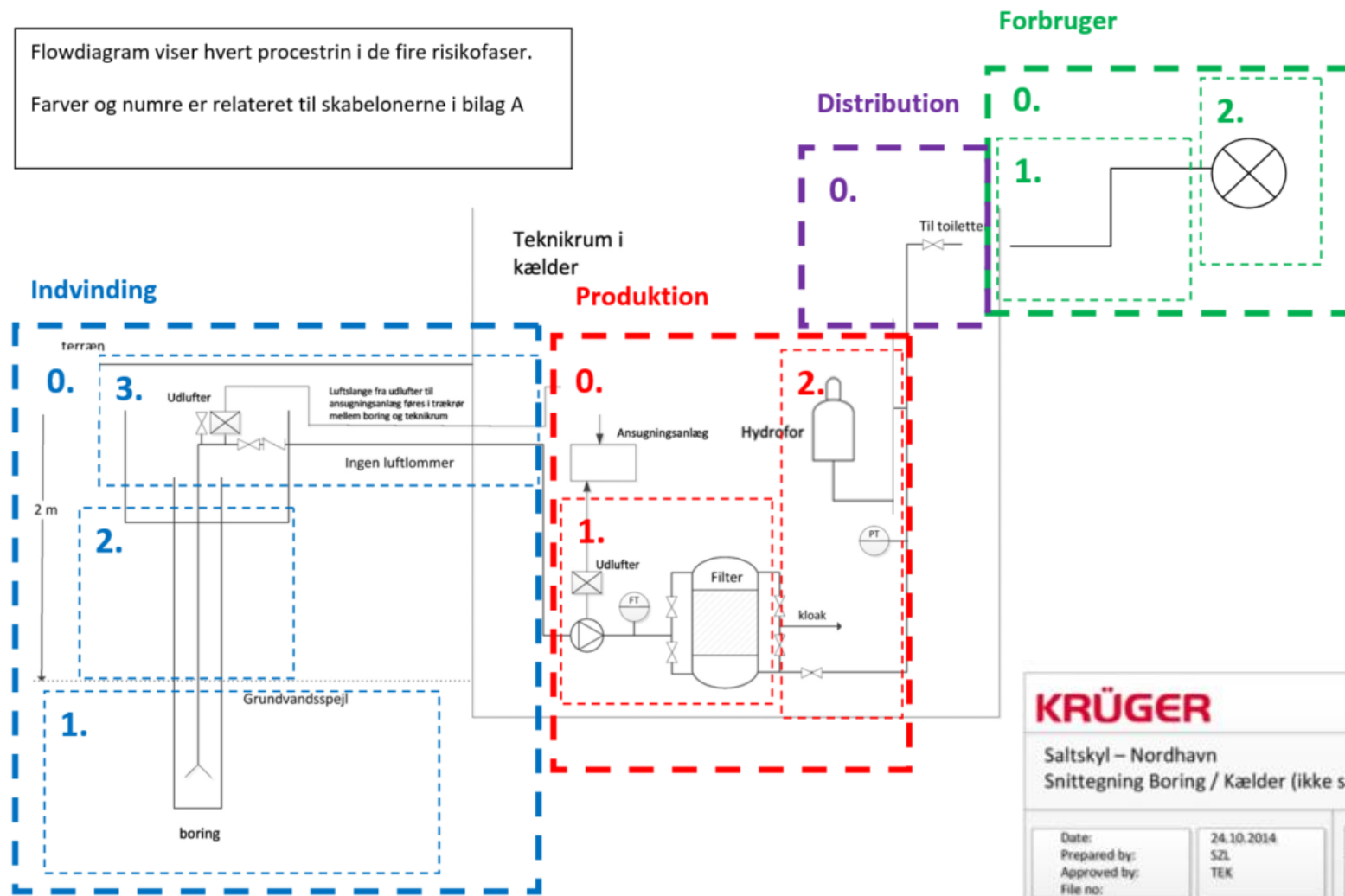
1. FØR MAN STARTER
 - a. Roller og ansvar
 - b. Ressourcer
2. SEKUNDAVANDSFORSYNINGENS MÅLSÆTNING
3. BESKRIVELSE AF SEKUNDAVANDFORSYNINGEN
 - a. Dannelse af DDS-team
 - b. Dokumentation af DDS teamet
 - c. Dokumentation og beskrivelse af vandforsyningen
 - d. Beskrivelse af vandforsyningen og krav til vandkvalitet
 - e. Identifikation af anvendelse og brugere af vandet
 - f. Udarbejdelse af flowdiagram
4. FAREIDENTIFIKATION OG RISIKOPVURDERING
 - a. Identifikation af potentielle farer og skadelige hændelser
 - b. Identifikation af de væsentlige risici
 - c. Risikovurdering: Sempel teambeslutning
 - d. Risikovurdering: Semikvantitativ vurdering
5. FORSYNINGSSIKKERHED
 - a. Identifikation af knudepunkter
 - b. Hvad-hvis analyse
6. BESTEMMELSE OG VALIDERING AF KONTROLFORANSTALTNINGER
 - a. Bestemmelse af kontrolforanstaltninger
 - b. Validering af sekundavandsforsyningen
7. GENTAGELSE AF RISIKOVURDERINGEN OG IDENTIFIKATION AF NYE ELLER FORBEDREDE KONTROLFORANSTALTNINGER
 - a. Gentagelse af risikovurderingen
 - b. Identifikation af nye eller forbedrede kontrolforanstaltninger
8. OPERATIONEL OVERVÅGNING
 - a. Udvælgelse af parametre til operationel overvågning
 - b. Etablering af korrigerende handlinger
 - c. Alvorlige hændelser og beredskab
9. VERIFIKATION OG INTERN AUDIT
 - a. Verifikation
 - b. Intern audit

BILAG C–Flowdiagram over saltskylanlægget

C Flowdiagram over saltskylanlægget

Flowdiagram viser hvert procestrin i de fire risikofaser.

Farver og numre er relateret til skabelonerne i bilag A



Saltskyl

– brugerperspektiver på sekundavand og bæredygtighed

Birgitte Hoffmann, Bæredygtig Design og Omstilling, AAU CPH

August 2018



Saltskyl

Brugerperspektiver på
sekundavand og bæredygtighed

Rapport udarbejdet i regi af
Projekt Saltskyl 2015-2018

Af

Birgitte Hoffmann

Bæredygtig Design og Omstilling,
Institut for Planlægning
Aalborg Universitet CPH

August 2018



Forord

Denne rapport handler om brugerperspektiver i forbindelse med et pilotprojekt om anvendelse af vand af anden kvalitet end drikkevand i husholdningerne. I rapporten bruges betegnelsen sekundavand om dette.

Undersøgelsen afrapporterer arbejdet med brugerperspektiver, der er gennemført i forbindelse med projekt Saltskyl i Nordhavn fra 2014-2018. I projektet bruges lokalt indvundet, saltholdigt grundvand til toiletskyl jævnfør de øvrige undersøgelser i projektet. I denne rapport bruges betegnelsen saltholdigt grundvand om dette.

Afrapporteringen trækker desuden på tidligere undersøgelser af brugerperspektiver gennemført i regi af Vand i Byers projekt om scenarier for sekundavand i Nordhavn, Heri indgik en undersøgelse af brugerperspektiver på forskellige former for sekundavand. (Hoffmann & Alsbjörn 2013, Rygaard et al. 2013)

Undersøgelsen omfatter både professionelle brugere som fx udviklere og ejendomsmæglere, planlæggere i Hofor og Københavns Kommune og forskere i vandforsyning samt slutbrugere i form af beboerne i projektbebyggelsen.

Jeg vil gerne benytte lejligheden til at takke de mange, der har bidraget, herunder kolleger i projektet og studerende samt de professionelle brugere og beboere, der har udfyldt spørgeskemaer og stillet op til interviews.

Birgitte Hoffmann

Indhold og læsevejledning

Rapporten rummer følgende afsnit:

1. I første afsnit introduceres projektets baggrund og undersøgelsens spørgsmåls. 3
2. I andet afsnit opridses kort resultater fra en tidligere undersøgelse blandt beboere i andre byggerier, hvoraf nogle har etableret delsystemer med sekundavands. 5
3. I tredje afsnit analyseres de professionelle brugeres perspektiver på borgerne og Saltskyls. 6
4. I fjerde afsnit afrapporteres undersøgelser blandt beboerne i byggeret på Sandkaj i Nordhavn baseret på to runder med spørgeskemaer samt opfølgende telefoninterviewss.11
5. I femte afsnit diskuteres med afsæt i de foregående afsnit borgerroller og brugernes perspektiver på bæredygtigheds. 24
6. Afslutningsvist samles kort op på undersøgelsen pointer på tværs af de forskellige afsnits. 27

1. Baggrund og formål

Formålet med et konkret pilotanlæg i Nordhavn er ifølge projektets ansøgning at bidrage til at afklare potentialet for netop denne alternative forsyningsform, og projekt Saltskyl skal bidrage med en teknisk, miljømæssig og brugerorienteret vurdering af sekundavand som en alternativ, supplerende vandforsyning. (Hofo 2013)

Projektet udfordrer den traditionelle vandforsyning gennem brug af lokalt, saltholdigt grundvand til toiletskyl i husholdninger. Det er derfor relevant at undersøge, hvordan systemet opleves konkret, og hvordan det opfattes i forhold til en fremtidig bæredygtig omstilling af vandsystemet.

Saltskyl som innovation ses i relation til dominerende træk ved det eksisterende danske vandforsyning, der gennem mere end hundrede år har opbygget et en-strengt system med en primær forsyning af grundvand. Systemet er præget af en hygiejnisk tradition med den enstrengede forsyning som en sikker praksis. (Lindgaard 2003, Fratini og Jensen 2014) Der er således ikke mange danske eksempler med to-strengede systemer, der anvender sekundavand i husholdninger, og det har ikke tidligere været forsyningsselskabet, der stod for at etablere og drifte den to-strengede forsyning. Tværtimod har der været en stærk professionel skepsis overfor at føre flere vandkvaliteter ind i husholdninger baseret på argumenter om hygiejnerisici.

Systemet er endvidere som i mange andre lande præget af en stærk professionaliseret praksis, således at relationen mellem de professionelle og borgerne/brugerne er præget af, hvad man kan kalde en serviceorienteret hydro-social kontrakt. Dette begreb betegner de gensidige forventninger til vandsystemet, der etableres mellem borgere og det professionelle system (Brown et al. 2009). Således forventer man som borger i Danmark at man kan åbne vandhanen, og modtage rent, billigt og rigeligt drikkevand, uden at beskæftige sig med systemet bag. I samspil hermed forstår de professionelle borgerne som en passiv målgruppe, hvis sikre forsyning skal sikres gennem professionel og 'usynlig' service.

Formål med brugerundersøgelsen

Jævnfør projektbeskrivelsen er det Hofo's ønske at vide mere om "kundetilfredsheden" (Hofo 2013). Introduktionen af et to-strengt system med brug af lokalt, saltholdigt grundvand udfordrer borgernes traditionelle service og stiller konkrete spørgsmål om, hvordan borgerne skal informeres og involveres.

Dette delprojektet undersøger derfor beboernes perspektiver og erfaringer med projekt Saltskyl. Hvilke perspektiver, oplevelser og erfaringer har beboerne, som oplever projektet til daglig i deres bolig? Den undersøger desuden perspektiverne fra forskellige professionelle brugere - i relation til bebyggelsen (bygherre, developper og ejendomsmægler) og vandforsyningen og projektgruppen (Hofo, DTU, DHI, Sweco). Hvordan forstår og oplever brugerne projektet, og herunder hvad er der på spil for brugerne i forhold til sekundavandssystemet?

Saltskyl lanceres i informationsmateriale til beboerne som bæredygtigt. Bæredygtig vandforsyning er komplekst og langt fra veldefineret, ej heller på vandområdet. Da projektet er et pilotprojekt, der præsenterer et konkret bud på at omstille eksisterende praksisser skaber det en konkret anledning til at diskutere dette. Derfor undersøges hvilke perspektiver de forskellige brugerne har på dette område og hvordan bæredygtig udmøntes gennem projektet? Herunder adresseres et spørgsmål, som blev rejst i projektgruppen, om brugen af sekundavand som en ekstra vandressource vil øge vandforbruget i husholdningerne?

På grund af projektets innovative karakter har analysen en eksplorativ tilgang og søger at udfolde forskelligheden af perspektiver, der kommer frem, således at undersøgelsen kan bidrage med at lægge op fremtidige diskussioner og undersøgelser.

De spørgsmål, der tages op i denne afrapportering er således:

- Hvordan forstås og opleves Saltskylsprojektet og brugen af lokalt, saltholdigt grundvand til toiletskyl blandt beboerne og de professionelle brugergrupper?
- Hvilke perspektiver og argumenter er med til at forme forståelsen og brugen af den nye vandforsyning med sekundavand? Hvordan bliver den modtaget og hvilke erfaringer og bekymringer rejser det?
- Hvad betyder projektet for de eksisterende relationer praksisser blandt professionelle og beboere med særlig fokus på hvilke former for kommunikation og relationer, der etableres mellem forsyningen og beboere? Hvilken indflydelse har den nye form for vandforsyning på beboernes viden og praksis omkring vandsystemet og toiletterne?

2. Resultater fra en tidligere undersøgelse af brugerperspektiver

I et projekt forud for det aktuelle projekt blev der gennemført aktørundersøgelser i relation til brug af sekundavand i København og herunder af erfaringer og perspektiver fra slutbrugere og professionelle brugere. I dette afsnit opsummeres relevante pointer herfra. Der bruges betegnelsen borgere/ brugere, idet den daværende undersøgelse tog afsæt i den fremvoksende dualitet mellem rollen som borger med pligter og rettigheder i forhold til samfundet og den kollektive forsyning, og rollen som kunde, der betaler forsyningsselskabet for en service og har mindre indsigt og indflydelse. (Hoffmann et al. 2015)

I undersøgelsen fra 2013 (Hoffman & Alsbjørn) blev perspektiver på brugen af sekundavand belyst, gennem:

- En Quickpoll på Høfor's hjemmeside om interessen for brug af sekundavand;
- Kvalitative, dybtgående interview med brugere og professionelle om erfaringer med brugen af sekundavand (lokalt grundvand, regnvand og genbrug af gråvand) fra Bo90 og Nordhavnsgården. Begge bebyggelser er beliggende i Københavns Kommune.
- Workshop og fokusgruppeinterviews med borgere henholdsvis professionelle om perspektiver på vandkvaliteter og bæredygtig forsyning.
- En survey med beboere i et byggeri i Sydhavn, der kunne svarer til byggeriet i Nordhavn, om brug af sekundavand. Dette blev valgt, da Nordhavn på dette tidspunkt endnu var på planlægningsstadiet.

Denne undersøgelse viste bl.a. at:

- Projekterne, der er undersøgt, er begge pilotprojekter, der afprøver teknologier til brug af sekundavand i husholdninger ud fra helt generelle perspektiver på at fremme vandbesparelser og brugen af lokale ressourcer eller genbrug af ressourcer. De har fokus på at undersøge driftssikkerhed og sundhedsrisici og ikke på miljømæssige vurderinger af fx vand- og energi ressourcer mv.
- Disse pilotanlæg med sekundavand er drevet frem af beboere i regi af de lokale boligforeninger. Nogle beboere er særlig aktive i projekterne, mens andre har en mere traditionel passiv brugerrolle.
- Borgere/brugere er positive over for installation af sekundavand i boligen.
- Deres incitament til at være positive overfor sekundavand i boligen er de perspektiver på ressource- og miljøhensyn, som de tillægger systemerne. Der ses en tæt kobling mellem at bruge sekundavand og det at gøre noget for at spare på det rene grundvand samt at få et bedre vandmiljø i Danmark.
- Der er desuden en grundlæggende forestilling om at det er 'fornuftigt' ikke at bruge 'rent' grundvand til 'snavset' toiletskyl.

- Der er stor tillid til eksperternes viden på området. Generelt har borgerne/ brugerne tillid til at vandforsyningen fungerer uden problemer, og i forlængelse heraf at der er rent vand i hanen, hvilket bygger på de positive erfaringer borgerne/brugerne har haft gennem mange år med vandforsyning i Danmark.
- Brugernes tillid til rent drikkevand, sekundavand samt drift af lokale anlæg er imidlertid en foranderlig størrelse, og ændrer sig med når der installeres et nyt system med sekundavand og med erfaringerne med dette. Det peger på vigtigheden af, at systemet følges tæt og eventuelle problemer håndteres hurtigt og med en god og løbende information til beboerne.
- De borgere/kunder, der har erfaringer med at sekundavandsanlæg er ustabile og giver problemer i hverdagen, har mindre tillid til at driften af sekundavandet vil fungere tilfredsstillende. De er dog samtidig overraskende imødekommende over systemet, da de mener det er vigtigt at bruge sekundavand for at spare på vandressourcen.
- Der er flere opfattelser af priser. Størstedelen af deltagerne i undersøgelsen mener, at sekundavandet principielt skal koste det samme for brugerne, som det rene grundvand koster. Det skal i hvert fald ikke være dyrere at gøre noget godt for miljøet i forhold til at belaste det. Man vil gerne betale for et godt miljø, men ikke hvis der samtidig er 'free-ridere', der slipper billigere. Det er samtidig bemærkelsesværdigt at flere deltagere ikke ved, hvad de betaler for deres vandregning. Dette bekræftes af en undersøgelse, der er gennemført af DANVA for Høfor (tidligere Københavns Energi) i 2012.
- Størstedelen af deltagerne synes det er fint, hvis der er to rørsystemer, så sekundavandet er adskilt fra det rene grundvand, og flere mener at sekundavandet ikke nødvendigvis skal renses til drikkevandskvalitet, når det fx. benyttes til toiletskyl.

Samlet peger undersøgelsen på, at borgerne ikke skal opfattes som en barriere for at indføre sekundvand, når der kan argumenteres i forhold til miljø- og ressourceforbedringer. Selv, når systemerne giver problemer, der har indflydelse på borgernes hverdag og service, bakker de op om det alternative system.

Samtidig peger analysen også på, at beboernes viden og medejerskab til det nye system øger paratheden til at skifte fra rent grundvand til sekundavandsystemer og synes afgørende for at håndtere eventuelle problemer med anlægget.

Der kan peges på potentialerne ved en kreativ og engagerende formidling og synliggørelse i byområdet, da det vil være med til at skabe identitet til byområdet og styrke ejerskabet. Fx peger flere borgere såvel som professionelle at det vil være interessant, hvis der var lokale muligheder for at opleve vand-infrastrukturen fx et boring/vandværk med en form for udstilling i nærområdet.

3. Indledende undersøgelse blandt centrale aktører

I 2016 blev der gennemført en indledende undersøgelse om perspektiver på Saltskyl i samarbejde med studerende fra Teknoantropologi på AAU (Israelsson et al. 2016) gennem:

- Kvalitative interview med professionelle aktører involveret i og byggeriet og udlejningen i Nordhavn (Corpus Development) samt fra projektgruppen om perspektiver på brug af saltholdig, lokal vandforsyning og bæredygtighed (Høfor, Sweco, DHI, Københavns Kommune. Naturstyrelsen ikke ønskede at deltage).
- En workshop med projektgruppen om hvad der var på spil for beboerne ved brug af saltholdig, lokal vandforsyning samt perspektiver på bæredygtighed (Høfor, Sweco, DHI, DTU).

- Kvalitative interview med to kommende beboere før indflytning om viden og perspektiver ved brug af saltholdig, lokal vandforsyning samt perspektiver på bæredygtighed

I dette afsnit redegøres for de professionelle brugeres perspektiver på projektet, og hvordan det bliver udført og formidlet som et innovativt bæredygtig projekt.

Hvad er projektets perspektiver?

Projektet bliver helt fra starten gennem ansøgningen til MUDP beskrevet som et projekt, der udfordrer traditioner og vaner inden for vandforsyningen gennem brug af lokal, saltholdigt grundvand. (Hofor 2013) Det rejser naturligvis en række problematikker for de deltagende aktører. I dette afsnit beskrives nogle af de centrale perspektiver, som de professionelle brugergrupper udfolder i relation til projektet og brugen af det lokale, saltholdige vand.

Byudviklingen i Nordhavn er rammesat af Københavns Kommune og By & Havn som en innovativ bydel, der skal bidrage til at udvikle ”fremtidsorienterede løsninger til udfordringer som klimaforandringer og resourceforbrug”. (Blok 2013)

Hofor har igennem flere år arbejdet med Københavns Kommunes mål om, at 4% af kommunens importerede drikkevand skal erstattes med sekundavand samt med udvikle og afprøve vandteknologier med henblik på at udvikle viden og services til et voksende - og globalt - marked.

Flere scenarier for at bruge sekundavand blev opstillet og analyseret i det indledende projekt i regi af Vand i Byer (Rygaard et al. 2013), hvor også erfaringer og perspektiver fra brugere/borgere som nævnt indgik. Hofor valgte at arbejde videre med scenariet om anvendelse af lokalt indvundet, saltholdigt grundvand til toiletskyl, da udviklingen af Nordhavn som en bæredygtig bydel skabte en ramme for innovative tiltag.

Et forsøgsanlæg i Nordhavn er en mulighed for at adressere begge udfordringer og udvikle innovative teknologier og løsninger, der efterspørges på det globale marked. Med projektet Saltskyl følger Hofor aktivt op på det tidligere projekt, og søger om tilskud til projektet fra MUDP i 2013.

Projektet har fokus på at afprøve et anlæg til sekundavand i praksis, hvilket ligger godt i tråd med kravene fra MUDP, hvor der lægges vægt på at udvikle og afprøve teknologier for at understøtte innovation og grøn vækst. Herunder skal projektet bidrage til at udvikle standarder for fremtidige projekter med sekundavand i Danmark.

Saltskyl bygger videre på det tidligere projekt, hvilket afspejles i projektets aktørkreds og temaer:

- Sundhedsmæssige risici ved brug af sekundavand og mulig spredning (DTU, DHI).
- Miljø i form af en livscyklus vurdering (DTU)
- Brugermæssige perspektiver (nærværende rapport) (AAU)
- Muligheder for op-skalering med særlig fokus på standarder og økonomi (Sweco, Københavns Kommune, Energi- og Miljøministeriet).

Projektet blev organiseret i tre arbejdsplaner og kun indledningsvist mødtes alle projektdeltagerne. Delundersøgelserne er gennemført af forskellige parter, og resultaterne er ikke diskuteret eller koordineret på tværs.

Projekt Saltskyl kobler innovation og forskning. Alle i projektgruppen finder projektet interessant, fordi det bryder med praksis og peger i nye retninger, men parterne tilgår projektet med forskellige mål, baggrunde og rationaler. Hvor nogle parter har fokus på den konkrete udvikling af innovative teknologier og markedsområder, har andre parter mere undersøgende og diskuterende tilgange.

Hvad er på spil i Saltskyl i forhold til borgerne?

I projektbeskrivelsen indgår en undersøgelse af ”kundernes tilfredshed”, der skal bidrage til at vurdere systemet og dets mulige op-skalering. (Hofo 2013) At der bruges begrebet ’kunder’, hænger sammen med forsyningernes selskabsførelse og den statslige regulering og benchmarking. Hvor borgerrollen er koblet til kommunen og dens (politisk forankrede) rolle som planlæggende og myndighed, udvikles kunderollen i regi af forsyningsopgaven med fokus på pris og kundernes tilfredshed. Rollerne er dog ikke entydige, da forsyningen er ejet af en række kommuner i fællesskab, som har formuleret et overordnet mål om at Hofo skal bidrage til bæredygtig byudvikling (www.hofo.dk)

Forståelse af borgernes rolle har betydning for undersøgelsens fokus og design. Ser man på:

- Kunder /forbrugere af vand – lægges fokus på pris, kvalitet og tilfredshed.
- Borgere med demokratiske pligter og rettigheder – lægger fokus på samfundsborgere med indflydelse på og engagement i forhold til sundhed, økonomi, miljø og den fælles vandressource mv.
- Beboere – her lejere i privat udlejning – sættes fokus på hjemmet, hverdagen og lokalområdet samt service af boligen og dens systemer.

Denne undersøgelse søger at inddrage flere af disse perspektiver, idet der både spørges til tilfredshed, viden og bæredygtighed samt hverdagspraksisser.

Det er vigtigt at bemærke, at når rapporten anvender begrebet ’beboere’, skal det ikke ses i relation til ovenstående opdeling, men som en konkret afgrænsning af de deltagende slutbrugere.

Som forberedelse til undersøgelsen af beboernes perspektiver gennemførte AAU i april 2016 en workshop blandt de professionelle brugere i projektgruppen. Formålet var at finde frem til perspektiver, som de professionelle brugere tillagde vigtighed i forhold til beboerne med det formål at kvalificere undersøgelsen af beboernes perspektiver på Saltskyl samt den fremtidige formidling af projektet til beboerne. AAU tilrettelagde workshoppen, men deltog ikke selv som informant.

Spørgsmålet ”Hvad er der på spil omkring Saltskyl og borgerne?” bragte en række forskellige aspekter frem, som her er kategoriseret på tværs af deltagerne:

- Sikkerhed. Det er afgørende med sikkerhed i vandforsyningen, således at ingen bliver syge. Herunder er det vigtigt at sikre imod at fremtidige beboere eller håndværkere foretager fejlkoblinger, så sekundavandsforsyningen kobles til drikkevandssystemet.
- Gener. Det er et spørgsmål, om der opstår gener for beboerne i hverdagen, som fx at vandet lugter eller ser ”uappetitligt” ud, eller at der skal gøres mere rent. Herunder kan beboerne acceptere dette?
- Bevidsthed. Borgernes / brugerne bør have bevidsthed og respekt for vand og vandressourcen – som en sårbar og knap ressource.
- Øget forbrug. Der er en bekymring for at projektet medvirker til at beboerne brugere mere vand, fordi det saltholdige vand er en rigelig ressource.

- Information. Det understreges, at der er behov for god information til beboerne ved indflytning. Herunder at ejendomsfunktionen spiller en vigtig rolle som formidler og derfor også skal informeres.
- Socialt. Der kunne være et socialt aspekt i, at projektet giver beboerne noget at tale om på tværs af husholdningerne.
- Innovation og bæredygtighed. Spørgsmålet rejses om beboerne vil værdsætte det innovative projekt – vil de være glade for at kunne bidrage til bæredygtig vandanvendelse?

Svarene viser, at beboerne er en vigtig aktørgruppe for projektet. Sant at perspektiverne går på tværs af rollerne som borgere og kunde. På den ene side skal beboerne være bevidste og acceptere den alternative forsyning, og den måske endog være en anledning til nye sociale relationer i bebyggelsen mellem vandet, ejendomsfunktionær og beboerne. På den anden side bliver der ikke lagt op til at engagere beboerne som borgere eller samarbejdspartnere og dermed styrke en nytænkning af relationerne mellem professionelle og beboere.

I workshoppen blev de forskellige perspektiver trukket frem som led i en faglig diskussion, men der blev ikke i projektet udarbejdet en samlet konklusion om dette spørgsmål på tværs af deltagerne.

Hvordan skal brugerne inviteres ind?

Det er ikke kun de kommende beboere, der skal formidles til og engageres i at acceptere projektet. En konkret udfordring, som er skrevet ind i projekts ansøgning, handler om at finde en bygherre og en developer, som bogstavelig talt vil lægge hus til.

Med Nordhavn som kontekst er etableret en fortælling om bæredygtighed og innovation.

Hofor tager kontakt til flere mulige bygherrer og developere i Nordhavn, der er umiddelbart interesserede i projektet, men det er ikke alle, som vil være med alligevel. Det lykkes at få en aftale med en bygherre og developer for Sandkaj, der takker ja til at rumme pilotprojektet som en anledning til at bidrage til og profilere sig i forhold til innovation og bæredygtighed. Det har også betydning, at Saltkyl som pilotprojekt er finansieret ved Hofor og gennem midler fra MUDP og således ikke koster byggeriet ekstra.

Parterne køber ind på argumenterne om udnytte lokale ressourcer og spare på det rene grundvand ud fra en ”klima- og ressourcemæssig betragtning”. (PKA 2014) Der er samtidig et væsentligt tema, at det ikke må indebære øgede risici eller problemer for byggeriet og beboerne. En løsning bliver at etablere en kobling, så det ekstra vandsystem nemt kan tilkobles til det traditionelle vandsystem, hvis der skulle vise sig problemer.

Derefter opstår der et konkret behov for at udarbejde en formidling af projektet til potentielle beboere. Denne skal kunne udleveres via ejendomsmægleren, som står for at leje de fremtidige lejligheder ud, og vedlægges indflytningsmaterialet i elektronisk form. De spørgsmål, der diskuteres i den forbindelse i projektgruppen for arbejds pakken er:

- Hvordan man undgår at gøre beboerne usikre på anlægget som et forsøgsanlæg – og herunder undgå at de fravælger boligen?
- Hvordan skal systemet forklares for beboerne? Det bygger på en forestilling om at i hvert fald et flertal af beboerne ikke er særlig interesserede i teknik eller i at læse meget om anlægget.
- Hvordan kan man informere uden særlige ressourcer til dette?

Det undersøges, om der i Hofor kan skaffes midler til at udvikle og afprøve forskellige former for formidling til beboerne, hvilket ikke lykkes. Derfor udarbejder Hofor en kortfattet pjece om projektet (bilag 1). Denne

udsendes før beboerundersøgelserne, og indgår derfor som materiale i undersøgelse af brugerperspektiver. Pjecen er også udgivet før workshoppen blandt de professionelle.

Læs her hvorfor dit nye toilet er helt specielt - formidlingen til beboerne

Pjecen (Hofor 201*) er på to sider og introducerer til projektet med en positiv fortælling om projektet:

"Dit byggeri er det første i Nordhavnen, hvor toiletterne skylles med en alternativ vandressource – nemlig saltholdigt grundvand. Dermed sparer du på det kostbare drikkevand og fremmer et mere bæredygtigt vandforbrug."

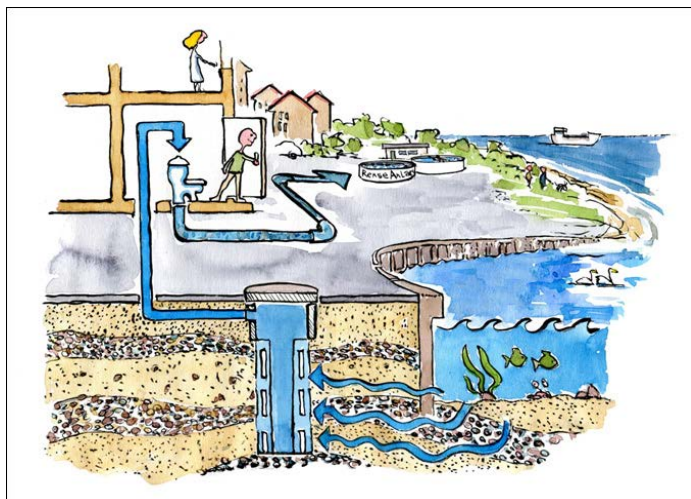
Indledningsvist stilles spørgsmålet: "... hvorfor egentligt rent drikkevand i toilettet?" Spørgsmålet besvares straks efter: "Rent grundvand er blevet en sparsom ressource, som vi gør os umage med at spare på."

Der skrives direkte til modtageren, og det fortælles kort, at vandet er saltholdigt, ikke kan drikkes, men sagtens bruges i toiletterne samt at det ikke koster ekstra eller stiller særlige krav til "dig".

Der argumenteres med at beboerne bidrager til en bæredygtighed udvikling gennem dette innovative system:

- "... du bor i en ny ejendom, hvor det fra starten er tænkt på at skabe et innovativt og bæredygtigt forsyningssystem. "
- "Helt uden at ændre dit forbrug eller din adfærd er du med til at spare på den dyrebare drikkevandsressource. Samtidig er du med til at støtte op om en bæredygtig vandforsyning. "
- "Vores mål [Hofor (red.)] er at skabe bæredygtige byer."

Pjecens grafiske fremstilling af princippet i Saltskyl fremhæver det lokale vandkredsløb, se figur 1.



Figur 1: Hofor's grafiske fremstilling af Saltskyl til pjecen.

Det fremgår konkret, at projektet er finansieret via Hofor og Naturstyrelsen og gennemføres i samarbejde med specifikke rådgivere og entreprenører, myndigheder som København Kommune og Miljø- og Fødevareministeriet samt flere specifikke universiteter og vidensinstitutioner (DTU, AAU, DHI). Projektet fremstilles dermed i en officiel ramme, der lægger op til sikkerhed om projektets forankring og professionalitet. Ifølge pjecen kan man få mere information på Hofor's hjemmeside.

Der står i pjecen at man gerne vil udbrede brugen af saltholdigt vand til toiletskyl til andre nybyggeriet. Det er dog ikke særlig tydeligt, at det er et pilotprojekt, der skal undersøges i de kommende år i relation til sundhed, økonomi og miljø mv. Der opstilles ingen direkte spørgsmål, men der er formuleret et ønske om at høre brugernes perspektiver lægger op til den kommende beboerundersøgelse.

Opsamling

Københavns Kommunes vision om at udvikle Nordhavn som en innovative og bærdygtig bydel, og MUDP midlernes visioner om at skabe grøn vækst gennem innovative teknologier skaber en ramme for projekt Saltskyl. Projektet adresserer flere udfordringer for Hofo om at nedsætte mængden af importeret drikkevand og bidrage til bæredygtig byudvikling gennem innovation af forsyningen. De forskellige undersøgelser skal afklare væsentlige spørgsmål med henblik på at videreudvikle projektet.

Projektet udvikles og præsenteres derfor over for brugerne i byggeriet og beboerne som et teknisk innovativt løsning på et problem med knappe grundvandsressourcer. Der er samtidig en række væsentlige temaer på spil, idet et ekstra forsyningssystem med sekundavand lægger op til at bryde med ikke mindst den eksisterende hygiejneorienterede praksis. De professionelle brugere er således meget optagede af sundhedsrisiko og om det har andre gener for beboerne. De tillægger det også vigtighed at beboerne har bevidsthed om vandressourcerne, men lægger ikke op til at projektet kan være afsæt for at udvikle mere aktive borgerroller. De er bekymrede for om systemet vil medføre et øget forbrug, fordi saltholdigt grundvand er en rigelig ressource. Det kan påvirke den samlede miljøpåvirkning. Endelig

Implementeringen af Saltskyl lægger ikke op til en ændret og mere aktiv borgerrolle. I forlængelse af den eksisterende professionaliserede og serviceorienterede relation skal beboerne informeres, bevidstgøres og acceptere – og helst være tilfredse med det nye system. Der fortælles en positiv fortælling om bæredygtighed og innovation, der skal bidrage til beboerne opbakning og undgå at beboerne bliver usikre og måske endog vælger bebyggelsen fra. Det professionelle system vil samtidig gerne have beboernes erfaringer og meninger med henblik på at checken og optimere systemet og undgå, at beboernes mangel på accept bliver en barriere for den videre udvikling.

4. Undersøgelser blandt beboerne på Sandkaj i Nordhavn

Undersøgelsen blandt beboerne om Saltskyl har fokus på at afklare beboernes viden om og erfaringer med Saltskyl og herunder at pege på eventuelle problemstillinger, der skal håndteres i forhold til at kunne udvide og opskalere projektet som en egentlig del af vandforsyningen.

Undersøgelsen rummer følgende elementer:

- Den første spørgeskemaundersøgelse blev gennemført i foråret 2017 med det formål at undersøge beboernes holdning til brug af sekundavand. På dette tidspunkt var det saltholdige vand endnu ikke tilkøbt.
- Der blev desuden gennemført en tilsvarende spørgeskemaundersøgelse i foråret 2018. Denne blev efterfulgt af fem telefoninterview udvalgt blandt de beboere, der havde angivet at ville deltage i en sådan opfølgning.
- Desuden deltog to kommende beboere i kvalitative interview i foråret 2016 gennemført af en gruppe Tekno-antropolog-studerende ved Aalborg Universitet. (Israelsson et al. 2016)

Kort om projektets tidslinje i relation til beboerne:

- Pilotanlægget med de to forsyningsstrengene blev integreret i projektering af byggeriet på byggefelt 'Sandkaj 1.09', som har 95 boligenheder. Der installeredes en kobling, således at strengen med saltholdigt grundvand til toiletskyl kan kobles til den øvrige streng med traditionel drikkevandsforsyning.
- Hofor udarbejdede en pjece om anlægget, som formidledes gennem ejendomsmægleren til interesserede og til indflytningsmateriale. Se bilag 1.
- Indflytning skete i juni 2016 efter nogle måneders forsinkelse.
- Der skete i forbindelse med byggeriet en fejl med rørføringen af den supplerende streng med vandskader til følge i dele af bygningen. Dette var med til at forsinke byggeriet og tilkoblingen af anlægget. Hændelsen nævnes her, fordi flere brugere referer til denne.
- 30. maj 2017 uddeles første spørgeskema.
- Den 12. september 2017 opsættes skriftlig information i form af en side i hver opgange, der fortæller om projektet, og at det saltholdige vand står for at blive tilkoblet.
- Den 20. september 2017 tilsluttes det lokale sekundavandsanlæg, der kan forsyne toiletterne med lokalt indvundet og saltholdigt grundvand. Det vil sige, at toiletterne i det første år var forsynet gennem den almindelig drikkevandsforsyning.
- Den 28. september 2017 deltog projektlederen fra Hofor i et beboermøde og informerede om principperne i Saltskyl og at der nu var gennemført en tilkobling.
- 27. februar 2018 uddeles andet spørgeskema.
- Telefoninterview gennemføres i maj og juni 2018.

Boks 1: Projektets tidslinje i forhold til beboerne

Det saltholdige, lokale grundvand bliver tilkoblet i september 2017 jævnfør boks 1, og i den forbindelse bliver der ophængt en kort orientering i hver opgang. Denne fortæller, at sekundavandsanlægget, der pumper vand op fra bebyggelsens gård, nu er aktiveret, og det betyder ifølge opslaget, at beboerne uden at ændre adfærd nu er med til at reducere drikkevandsforbruget med 20%.

Ifølge opslaget kan man desuden få mere information på Hofor's hjemmesiden under 'Bæredygtige Byer' eller i indflytningsmaterialet eller ved direkte henvendelse til projektlederen.

En uge efter den 28. september 2017 deltager projektlederen på et beboermøde i bebyggelsen, hvor han orienterer om principperne i projektet samt svarer på spørgsmål fra de fremmødte.

Den første spørgeskemaundersøgelsen – metode

Spørgeskemaet blev udarbejdet i samarbejde mellem Hofor og AAU med det formål dels at undersøge beboernes perspektiver på sekundavand, dels at finde interviewpersoner til uddybende interviews

Det var Hofor's ønske, at gennemføre den første spørgeskemaundersøgelse før anlægget blev koblet til, for at have en reference for beboernes svar.

Skemaets temaer og de konkrete spørgsmål blev formuleret i samarbejde mellem Hofor og AAU i foråret 2017. For at gøre det nemt at svare med det mål at øge svarprocenten, blev der udvalgt et mindre antal spørgsmål med muligheder for at kunne kommentere frit på hvert spørgsmål.

Økonomiske aspekter indgik ikke, da udgifterne til anlægget og projektet afholdes af Hofor og projektet, således at prisen for etablering og drift af det sekundære system ikke pålægges beboerne, men betales i det store fællesskab.

Hofor stod for at trykke, uddele og indsamle spørgeskemaerne i maj-juni 2017. Der blev uddelt 95 spørgeskemaer i papirformat i postkasserne den 30. maj og der blev opsat papkasser i alle opgange til aflevering. Skemaerne var mærket, således at det var muligt at identificere opgangen. Data, der kobler besvarelser til lejlighed er ikke anvendt. Efter en uge, blev der lagt en rykker i de postkasser, hvor svar ikke var afleveret.

Spørgeskemaet har fokus på beboernes rolle som kunder og borgere med det vand og den service, de modtager. Der er lidt vægt på beboerne som borgere, der har viden og meninger om vandsystemet, og endelig er der spørgsmål, der relaterer sig til beboernes erfaringer og hverdagspraksis.

Spørgsmål blev formuleret med følgende temaer

1. Beboere i lejligheden – voksne og børn under 18 år
2. Viden om systemet før indflytning samt kilder til evt. viden
3. Ønske om mere viden og evt. form på denne
4. Holdninger til at bruge lokalt indvundet, saltholdigt grundvand
5. Erfaringer med systemet
6. Eventuelle ændringer af vandforbrug pga. systemet
7. Deltagelse i evt. uddybende interview.

Efter alle spørgsmål var der plads til at kommentere – at uddybe svaret, kommentere på spørgsmålets formulering eller på om det (ikke) var meningsfuldt.

Skemaet var på samlet to sider med en kort introduktion til formålet med projektet og spørgeskemaet:

”Jeres forsyningsselskab Hofor, som bl.a. leverer drikkevand til jer, søger løbende nye muligheder for at sikre en ren og bæredygtig drikkevandsressource de næste mange år. Hofor arbejder derfor innovativt med at udvikle nye løsninger i samarbejde med universiteter og myndigheder.

Jeres ejendom er forberedt med et separat rørsystem til at kunne skylle toiletter med en anden vandtype end drikkevand. Formålet er at udvikle nye løsninger til at erstatte husholdninger forbrug af rent drikkevand.

I forbindelse med dette tiltag er vi interesseret i at blive klogere på jeres vandforbrug og adfærd omkring vand nu og senere i forløbet.” (fra introduktionen til spørgeskema)

Det blev diskuteret en del forud for udsendelsen, hvordan projektet og anlægget skulle præsenteres i forhold til hvordan det vil influere svarene. Som ovenstående citat viser, så blev anlægget koblet til både drikkevandsressourcer, bæredygtighed og innovation i tråd med pjecen, som beskrevet tidligere. Undersøgelsen ser dermed ikke på beboernes a priori forståelser af sekundavand, men på hvordan beboerne modtager og oplever projektet.

Anlægget var som nævnt endnu ikke tilkoblet, da den første undersøgelse blev gennemført, og vandet i toiletterne kom fra den almindelige drikkevandsforsyning. Dette blev dog ikke formidlet til beboerne, der således må forventes at have svaret på spørgsmålene med den forventning om, at der var saltholdigt grundvand i toiletterne. Tidspunktet blev valgt ud fra Hofor's ønske om at have en reference med skyl med drikkevand til at spejle anden runde af spørgeskemaer.

Der indkom svar fra 41 ud af 95 lejligheder, hvilket giver en samlet svarprocent på 43% af. Det vurderes som udmærket. Besvarelsene fordeler sig på alle opgange.

1to af de 41 besvarelser kom efter der blev udsendt en reminder. Fire havde ikke tømt postkassen. En respondent skriver eksplicit at et evt. efterfølgende interview skal være på engelsk. Vedkommende har dog svaret på spørgsmålene. Der kan være flere ikke dansksprogede lejere. To respondenter skriver, at de er ved at flytte, og ind og udflytning kan også påvirke svarprocenten negativt.

Den anden spørgeskemaundersøgelsen – metode

Den anden spørgeskemaundersøgelse blev gennemført i april 2018 med det samme spørgeskema. Kun var den indledende tekst let ændret. Dels så den passede til at bebyggelsen og anlægget nu havde været i brug længere tid, dels for at bede de, som tidligere havde besvaret spørgeskemaet, om at gøre det igen.

Der har været en vis udskiftning af beboerne i perioden. Vi havde ikke bedt beboerne om at anføre dato for deres indflytning i det andet skema. Vi kan derfor ikke skelne mellem de, der har boet i bebyggelsen fra starten og de, som er flyttet ind efter Saltskyl blev tilkoblet. Vi har ikke sammenkørt beboernes svar mellem de to undersøgelser.

I anden runde fik vi 39 svar. Fem svar kom efter en reminder og blev indsamlet uden anførsel af opgang. Der er en svarprocent på 37% og lidt færre. Det må anses for at være forventeligt i en spørgeskemaundersøgelse. Som i den første runde fordeler svarerne sig på alle opgange.

Der blev ikke spurgt til alder eller andre social-økonomiske forhold for at undgå at skemaerne blev for besværlige for beboerne. Samtidig skal det bemærkes at lejlighederne i bebyggelsen er relativt dyre og beskrives i materialet som eksklusive boliger i en ny bæredygtig bydel. Det betyder, at målgruppen ikke kan ses som repræsentativ for befolkningen generelt. Materialet baseret på en population med 95 lejligheder er heller ikke strækkeligt til at gennemføre statistiske analyser af signifikans mv. Det afrapporteres derfor i rå procenter. I sammenhæng med de opfølgende interview lægges også som nævnt vægt på at udfolde perspektiverne, således at materialet kan bruges som afsæt for diskussion og yderligere undersøgelser.

Opfølgende telefoninterview – metode

Af de 39 besvarede spørgeskemaer angiver 15, at de må kontaktes med henblik på opfølgende interview. Af disse blev 10 udvalgt, og der blev gennemført fem telefoninterview med opfølgende spørgsmål.

Informanterne er udvalgt, så de fordeler sig på beboere, der oplever forskellige former for problemer som støj, lugt og aflejringer og nogle, som ikke oplever problemer. Det er desuden en blanding af beboere, som svarer at de har fået information forud for indflytningen og beboere, som svarer, at de ikke har fået denne information. Ingen af de meget få, der har angivet en vis skeptisk, ville kontaktes for blive interviewet.

Telefoninterviewene tog udgangspunkt i beboernes besvarelser og uddybede disse med bl.a. spørgsmål som:

- Hvad beboerne tænkte, da de første gang læste / hørte om anlægget?
- Hvor meget og evt. hvordan beboerne har søgt at sætte sig ind i anlægget?
- Hvis beboerne har ønsket information – hvilken viden de kunne tænke sig?
- Beboerne er blevet bedt om at uddybe, hvorfor de synes det er en god ide at skylle med saltholdigt vand? Og afhængig af deres svar er der stillet opfølgende spørgsmål om bæredygtighed og om behovet for at spare på drikkevandressourcerne?
- Om beboerne ved, hvor deres drikkevand kommer fra?
- Om de har været bekymret for at vandet skulle være problematisk på en eller anden måde?

- Om de har tillid til at systemet bliver holdt ved lige?
- Om der ville være andre steder, hvor beboerne kunne tænke sig at bruge det saltholdige vand – for til vaskemaskine/bad?
- Om og i givet fald hvordan de fortæller til gæster om anlægget?
- Om beboerne vil uddybe de problemer, de har angivet at have - lugt, aflejringer, støj mv.
- Hvor beboerne har boet før - for at kunne sammenligne hårdheden af vandet.
- Om deres praksis med at skylle ud eller andet forbrug af vand har ændret sig som følge af anlægget?
- Om beboerne har gode råd, hvis et lignende projekt skal igangsættes et andet sted?

Spørgsmålene blev forud for og i selve interviewet formuleret i relation til den pågældende beboers svar på spørgeskemaet og i forhold til den konkrete samtale. Hver samtale har taget omkring 20 min og svarene er blevet nedskrevet samtidig og skrevet igennem umiddelbart efter samtalen.

Resultater fra beboerundersøgelsen - positive over for ideen

Besvarelserne viser en overordentlig positiv holdning til ideen om at installere et dobbelt vandsystem, således at toiletterne kan skylle med lokalt, saltholdigt grundvand. Således angiver 90% af besvarelserne i begge spørgeskemaundersøgelser, at de synes det er en god ide. Det svarer til 40% af husstandene i den første undersøgelse og 34% i den anden.

Hvad tænker beboerne om at bruge lokalt indvundet, saltholdigt grundvand til toiletskyl?

I den første spørgeskemaundersøgelse kommenterer 21 af de 41 besvarelser på spørgsmålet, om det er en god "ide at bruge lokalt indvundet, i dette tilfælde saltholdigt vand til toiletskyl?". Af disse er de 20 positive kommentarer. I den anden spørgeskemaundersøgelse kommenterer 25 ud af 29, og af disse er de 23 positive.

Kommentarerne viser tydeligt, at projektet kobles til generelle ideer om ressourcer og bæredygtighed og et stærk fokus på at spare på det rene drikkevand. Her er fem typiske kommentarer:

- "Bæredygtighed"
- "Det sparer drikkevand"
- "Det er fjollet at bruge godt drikkevand i et toilet"
- "Jeg er sikker på, at dette har en mindre miljøbelastning end rensset vand"
- "Det er effektiv udnyttelse af vandressourcer".

Materialet kan pege på to pointer, der kan genfindes i de tidligere undersøgelser:

- Der er blandt befolkningen generelle positive holdninger om ressourcebesparelser og herunder vandbesparelser.
- Der er en tydelig idé om, at det 'rene' vand ikke skal bruges i toiletter.

En respondent i hver af de to spørgeskemaundersøgelser – og ikke fra den samme opgang - kobler til et økonomisk perspektiv, og peger på, at det giver økonomisk god mening. Det er ikke muligt at se, om der menes samfundsmæssigt eller for den enkelte husstand. Der blev ikke spurgt direkte til økonomi i de opfølgende interview. Men en informant fortæller, at han har spurgt projektlederen om økonomien på beboermøde - *"om det var dyrere? Det var det. Men vi betaler det sammen. ... Det er jo godt at få at vide."* Informanten mener, at en anbefaling af systemet vil afhænge af prisen. *"Man kan jo ikke anbefale det, hvis det er 10% dyrere."* Han fortæller, at han har spurgt til prisen på beboermødet, men ikke fået den oplyst.

En enkelt respondent fra den første undersøgelse spørger om vandet ikke også kan bruges til tøjvask og opvaskemaskine? Dette spørgsmål følges op i de opfølgende interview, hvor der dog er bekymringer for om

vandets indhold af salt eller farve vil ødelægge tøj eller maskiner. Den tidligere undersøgelse viser, at beboere gerne vil bruge regnvand til dette.

Der er samlet set kun tre svar, der angiver, at det er en dårlig idé. To af disse svar kommer muligvis fra samme husholdning og angiver, at systemet burde være baseret på indsamling af regnvand, hvilket ikke er yderligere begrundet. Den sidste er både positiv og negativ, idet vedkommende skriver, at det sparer ressourcer, men også at det giver mere kalk i toilettet. Denne beboer er således den eneste, der direkte konfronterer 'ideen' om at bruge sekundavand, fordi implementeringen ikke opleves acceptabel.

Tre i den første og fire i den anden undersøgelse skriver, at de ikke ved om det er en god idé. Af de sidste fire har to samtidig mærket af, at det er en god ide. Der er således ikke en eneste, der fremfører en klar afvisning af projektets idé om at bruge sekundavand.

Svarene peger på, at der er stor opbakning til ideen om sekundavand blandt beboerne, og at dette argumenteres igennem med basis i generelle betragtninger om ressourcebesparelser og bæredygtighed, samt ideen om at det rene vand ikke skal bruges i toiletter.

Der er meget korte og ikke særlig uddybede argumenter blandt kommentarerne. Således er der en del svar, der peger på manglende viden om vandforsyning og miljø- og ressourceforhold. Dette diskuteres nedenfor i forbindelse med beboernes viden.

Der er ingen konkrete henvisninger til Københavns Kommunes mål om at reducere import af vand, eller til andre konkrete målsætninger som fx FN's bæredygtighedsmål.

Der er kun en enkelt direkte henvisning til det udleverede materiale samt en respondent, der henviser til introduktionen til spørgeskemaet "*det I selv skriver om drikkevandsressourcerne*".

Beboernes begrundelser er i tråd med begrundelserne i pjecen, som er udsendt om projektet. Det peger på, at beboerne tager godt i mod både det at have et tostrengt system, og det at anvende sekundvand med de argumentationer, der er fremført i pjecen.

Ved de opfølgende interviews blev den positive tilgang til ideen bekræftet og uddybet. Informanterne bedt om at fortælle om hvad de tænkte, da de første gang hørte om projektet, hvilket peger på en række forskellige aspekter:

- *Det lød fornuftigt – man skal tage det med et åbent sind, når nogle kommer med en idé*
- *Vi skal bruge det vand, der er omkring os.*
- *"Jeg synes det er genialt, fordi man ikke skulle drikkevand."*
- *"På en eller anden måde er det dumt at bruge rent drikke vand til at skylle lort ud ... vi har nok havvand ..."*
- *"Jeg tænkte ikke så meget andet end, at det er en god ide."*

Når informanterne bliver bedt om at uddybe deres svar på, at det er en god ide, så sætter de fokus på grundvand som en knap ressource og ideer om genbrug:

- *"Drikkevand er jo at betegne som en knap ressource."*
- *"Man hører at der er drikkevandsmangel i området omkring København. "*
- *"Det er en god ide at genbruge vand – tage havets vand og rense og ud igen. I stedet for at tage det fra grundvandet. "*

Den positive tilgang til ideen er så stærk, at den synes ikke at blive influeret af de eventuelle problemer, som nogle af beboerne afreporterer. Disse beskrives længere fremme.

Hvad fortæller informanterne om anlægget til gæster?

Adspurgte om de vil fortælle om anlægget til gæster, siger informanterne:

- Et par siger, at de har fortalt om det enkelte gange og kun meget generelt.
- En siger, at hun vil kunne finde på det, hvis hun vidste mere og bliver spurgt.
- En siger, at hun har fortalt, at de bruger havvand ... *"fordi jeg ikke vidste bedre - og det synes de var en god idé"* (informanten fortæller senere, at hun har lært mere om anlægget, se nedenfor)
- En siger: *"jeg må indrømme, at jeg praler med at vi har grønne tage og genbruger vand. Det er vigtigt i en ny bydel, at man tænker på at installere sådan noget"*.

Der er således lidt forskellige tilgange til det at formidle om anlægget. Desuden er det tydeligt, at der er mangel på viden blandt beboerne om anlægget, og at fejlagtig viden således formidles videre. Viden er temaet i næste afsnit.

Resultater fra beboerundersøgelsen – viden om projektet og viden om vandforsyning

Under denne overskrift beskrives resultater fra de to spørgeskemaundersøgelser og de opfølgende interview i relation til beboernes viden om projektet, deres ønske om at få mere viden og endelig deres viden om vandforsyning generelt.

Hvor har beboerne fået kendskab til projektet?

73% af respondenterne i den første spørgeskemaundersøgelse angiver, at de vidste, at der var installeret et alternativ rørsystem til sekundavand, før de flyttede ind. 27% svarer, at det vidste de ikke.

Det er stort set det samme i anden undersøgelse, her angiver 69% af respondenterne, at de vidste, at der var installeret et alternativ rørsystem til sekundavand, før de flyttede ind. 30% svarer, at det vidste de ikke.

I tabel 1 ses hvordan svarene fordeler sig på forskellige kilder.

Hvordan har beboerne fået kendskab til projektet?	Maj 2017 % (af 41 svar)	Februar 2018 % (af 36 svar)
Ejendomsmægler	32	23
Indflytningsmateriale	37	46
Ejendomsfunktionær / vicevært	5	11
Andet	10	14

Tabel 1. Kilder til beboernes kendskab til projektet.

Der er mindre forskydninger i svarene mellem de to undersøgelser, der viser at færre fik informationer via ejendomsmægler, mens flere fik det via indflytningsmateriale. Da ejendomsmægleren formidlede den samme pjece, som var inkluderet i indflytningsmaterialet, betyder det, at pjecen er den dominerende informationskilde. Et mindre antal nævner ejendomsfunktionæren som kilde, og andre at fik informationen fra internettet, pressen eller Hofo.

Beboernes ønske om at vide mere om projektet

Beboerne blev desuden spurgt, om de ønskede mere viden om projektet. Tabel 2 viser andelen af positive svar og fordelingen på hvilken form for information, der ønskes.

Ønsker beboerne mere viden om projektet?	Maj 2017 % (af 41 svar)	Februar 2018 % (af 36 svar)
Ja	59	69
En lille pjece	32	29
Løbende information	17	31
Begge dele	10	9
Nej	41	31

Tabel 2. Kilder til beboernes kendskab til projektet.

En enkelt respondent fra første undersøgelse skriver, at systemet jo ikke er koblet på endnu. Hvordan vedkommende har fået denne viden er ikke anført.

I de opfølgende telefoninterview blev beboerne spurgt om, hvad de, som er interesseret i at vide mere, vil have mere viden om?

Nogle af svarene drejer sig om nogle bekymringer, som man gerne vil have input om:

- *"Det undrer mig, at de badeværelser vi har – det er færdige moduler fra Tjekket eller noget – kan man bruge helt almindelige toiletter? Det [Saltskyl] er måske hårdt ved mange flader? "*
- *"Der kommer helt tiden en gul belægning – man skal stort set rense toiletter hver anden dag. Det ville jeg gerne have vidst."*

Denne beboer ville have haft viden på forhånd for måske at kunne handle på det.

Andre vil gerne vide mere om projektets udvikling og resultater, herunder hvordan Hofor vurderer projektet:

- *"Jeg synes jo ikke rigtig, jeg har fået noget at vide – jeg vil gerne have noget at mere information om hvordan det fungerer og hvad man har tænkt i det lange løb."*
- *"Gør man det [bruger havvand]? Hvordan gør man det? Bruger man det på alle toiletter? Hvor meget sparer man? Jeg så et opslag i opgangen. De regner med, at man kan spare 17%. Måske også nogle ideer til om man kan bruge andet affaldsvand til toiletterne end det man gør nu?"*
- *"Jeg vil gerne høre om det har vist sig at være funktionsdygtigt – og noget om problemerne for de, som leverer og de som modtager."*
- *"Det er første gang ... om Hofor synes det var en succes? ... det er også noget med økonomi. ... Det vil være fint at høre mere om."*

En del af disse ønsker til information indgå allerede i den pjece, der er udsendt som en del af informationsmaterialet og desuden formidlet ved beboermødet, mens nogle af spørgsmålene rækker ud over det, som er formidlet i pjecen. Ud over spørgsmålet om, hvad der skal formidles, rejser disse behov også et spørgsmål om hvordan, der kan formidles. Dette diskuteres i afsnit 5.

Beboernes viden om anlægget og vandforsyningen

Spørgeskemaerne og de opfølgende interview peger på, at en del af beboerne oplever, at de ikke har viden om anlægget – eller at de har fejlagtig viden om anlægget. Som eksempel på det første fortæller flere, at de ikke var bekendte med anlægget, før de udfyldte spørgeskemaet. Som eksempel på det andet, fortæller flere at det er saltvand fra havnen, der bruges til toiletskyl.

Adspurgt om hvor beboernes drikkevand - altså ikke vandet i toiletterne - kommer fra, fortæller kun en enkelt, at det kan han ikke sige præcist, men det kommer fra omegnen af København, hvilket vurderes som et rimeligt svar. Ved siden af dette kommer der flere overraskende svar.

En siger ”Hmm – jeg er dig svar skyldig – her fra Nordhavn – fra boringer eller fra inddæmninger?”. En anden: ”Jeg vil skyde på, at det er Furesøen”. Og en tredje: ”Godt spørgsmål – noget af drikkevandet i København kommer så langt væk som Tystrup Bævelse sø og Sjælsø.”

Flere har således den opfattelse, at der bruges overfladevand fra søer, hvilket var tilfældet tidligere. Hvad der menes med inddæmninger, blev der desværre ikke fuldt op på. Endvidere mener flere, at vandet bliver renset på forskellige måder bl.a. med forskellige kemikalier, før det sendes ud til i rørene til brugerne.

Når en informant svarer ”Nej – jeg har ikke sat mig så meget ind i vandforsyningen”, formidler hun dermed en vigtig pointe fra undersøgelsen, der hænger sammen med det professionaliserede vandforsyningssystem, hvor borgerne bliver serviceret uden at det forventes at man forholder sig noget særligt til systemet.

Så når beboerne siger, at de gerne vil informeres om systemet, så skal det derfor ses i lyset af, at vandforsyning i det nuværende system ikke er et centralt område for beboernes opmærksomhed. Man kan godt være optaget af det i nuet, når man bliver interviewet; det betyder ikke, at man derefter har tid og lyst til at bruge materialet, hvis det faktisk præsenteres. I hvert fald i en traditionel form som informationspjecer.

I de opfølgende interview kommer det frem, at der er usikkerhed blandt beboerne om hvem, der står for anlægget og projektet. Flere kobler anlægget til bebyggelsens ejendomsforvaltning, som de synes er dårlige til at informere. En beboer har derimod mødt Hofor på et beboermøde. Han har tydeligvis fået sat ansigt på projektet og referer flere gange til fornavnet på projektlederen, når han svarer på spørgsmål.

På et spørgsmål om beboerne har tillid til at de professionelle vedligeholder anlægget svar en beboer:

”ja – vi hørte at vores bebyggelse havde en vandskade – noget med rørene. Jeg ved ikke om det er rigtigt. ... jeg kan være bekymret om det saltholdige vand tærer på rørene. Salt i vandet kan gøre, at visse materialer bliver dårligere. Når man bor i en beboelse med 100 beboere, så ved man ikke rigtig. Der er mange rygter.”

Det er vigtigt at være opmærksom på, at der blandt beboerne er flere fejlinformationer om anlægget, og at der også nemt opstår rygter, som det kan være vanskelige at håndtere senere.

Det rykker ikke ved den konklusion, at der er stor opbakning til ideen blandt beboerne:

- Der er stor opbakning blandt beboerne til projektet, fordi det handler om en bæredygtig udnyttelse af ressourcer.
- Når forsyningsselskabet med myndigheder og vidensinstitutioner med på pjecen lægger op til, at dette er et godt og bæredygtigt projekt, så er der tillid til dette.
- Projektets organisering og formidling ligger i forlængelse af et professionaliseret vandsystem med fokus på service, som ikke lægger op til at beboerne skal vide noget særligt eller gøre noget særligt.

Resultater fra spørgeskemaundersøgelsen – beboernes forbrugsvaner

I projektgruppen blev spørgsmålet rejst om brugen af sekundavand vil influere beboernes vandforbrug. Vil projektet ved at styrke beboernes fokus på vandressourcen medføre yderligere sparehensyn? Eller vil brugen af sekundavand omvendt øge vandforbruget, fordi man nu ikke bruger af det rene grundvand, men blot en lokal ressource, som det fortælles, at der er rigeligt af?

Der kan ikke svares fyldestgørende på disse spørgsmål i delundersøgelsen, der ikke inkluderer målinger af vandbruget. Ydermere er det vigtigt at bemærke, at borgere til spørgsmål om forbrug og miljø ofte vil formidle mere positivt om egne holdninger og adfærd, end der afspejles i deres konkrete praksis.

Med dette forbehold in mente, så svarer 85% af respondenterne i den første spørgeskemaundersøgelse, at de ikke har ændret vaner baseret på bebyggelsens forberedelse for sekundavand. Et par skriver, at de generelt sparer på vandet, men det er usikkert om Saltskyl er anledningen, selvom det var nævnt i spørgsmålet.

Tre respondenter svarer, at de oftere bruger det store skyld, fordi det lille ikke er tilstrækkeligt til at skylle papiret ud. Dette kan relatere til, at bebyggelsen har installeret lavt-skylstoiletter.

I den anden spørgeskemaundersøgelse svarer 69%, at de ikke har ændret vaner tilskyndet af Saltskyl. En respondent svarer, at de sparer mere på grund af projektet uden at kommentere på, hvordan eller hvorfor. 23% - svarende til otte personer - i den anden undersøgelse svarer, at de skyller oftere eller bruger det store skyl oftere. Begrundelserne er, at papiret ellers ikke skylles ud og/eller at de gøre mere rent pga. aflejringer.

Således kan der være nogle ændringer af vandforbruget på baggrund af det lokale saltholdige vand, men ingen angiver omvendt, at de ser Saltskyl som en anledning til at bruge mere vand. Kun enkelte har set det som en opfordring til at spare mere på vandet.

Resultater fra spørgeskemaundersøgelsen – beboernes oplevelser med systemet

Beboernes oplevelser af og erfaringer med systemet er vigtig information for at kunne udvikle systemet. Dels fordi det vil være svært at gennemføre, hvis der er stor modstand, dels fordi beboernes erfaringer kan medvirke til at udvikle og kvalitetssikre systemet.

I den første spørgeskemaundersøgelse var spørgsmålene om beboernes erfaringer baseret på, at systemet jo ikke var tilkoblet til den lokale forsyning af saltholdigt grundvand. Således blev toiletterne i beboernes lejligheder skyllet med vand fra den almindelige vandforsyning som en reference i undersøgelsen. På tidspunktet for det andet spørgeskema og de opfølgende interview havde anlægget været i drift omkring fem måneder.

Det er imidlertid svært at skabe et entydigt billede af forskellen i forhold til beboernes oplevelser. I det følgende formidles beboernes erfaringer, så disse kan lægge op til yderligere undersøgelser og eventuelle indsatser.

Har du bemærket noget anderledes med dette system?	Maj 2017 % (af 41 svar)	Februar 2018 % (af 36 svar)
Lugt	0	3 (en besvarelse)
Vandfarve	15 – gullig	11 – brunlig – gullig
Aflejringer	30	37
Andet	0	17 – støj

Tabel 3. Beboernes erfaringer

Som det fremgår af tabel 3, så oplever ingen af de 41 husholdninger, der har svaret på spørgeskemaet i første undersøgelse, at der er lugtproblemer. 15% oplever farveproblemer, hvoraf flere peger på at vandet har en gullig farve. 30% oplever problemer med aflejringer, mens to kommenterer, at de oplever mindre kalk. 30% nævner eksplicit, at de ikke har bemærket at der skulle være noget, der er anderledes ved dette system.

I den anden undersøgelse fra marts 2018 oplever en enkelt af de 36 husholdninger, der har svaret på spørgeskemaet at der var problemer med lugt. 11% procent oplever farveproblemer med gullig eller brunlig vandfarve og aflejringer. 37% oplever problemer med aflejringer. En svarer, at der er mindre kalk. 17% svarende til seks husholdninger peger på problemer med støj fra pumpen eller støj ved opfyldningen af toilettet.

Som i første undersøgelse nævner 30% i anden undersøgelse, at de ikke oplever noget anderledes.

Støj

Støj udgør således det tydeligste forskel på de to undersøgelser. Det drejer sig dels om støj fra pumpen, dels om støj ved opfyldningen af cisternen. Hofoor har fået to henvendelser fra den samme husholdning om problemet med pumpen, og søgt at løse det ved at stille på pumpen. Det var formodentlig problemer med luft i systemet, som gav støj ved fyldning af cisternen. Dette skete ifølge Hofoor i to korte perioder, hvoraf en faldt sammen med uddelingen af det andet spørgeskema. Systemet er justeret og Hofoor har ikke siden fået henvendelser om dette.

Aflejringer

Det er ikke på baggrund af de to skemaer muligt at drage en tydeligt konklusion om, at der er flere eller færre aflejringer med det saltholdige vand. Der er lige så mange, der melder om problemer i den første undersøgelse, hvor det saltholdige vand ikke var tilkoblet, men hvor det må antages at vandet er kalkholdigt svarende til andre steder i København. I forlængelse af dette er der i begge undersøgelser beboere, der angiver, at de oplever problemet mindre i Nordhavn.

I det følgende uddybes svarene fra især den anden spørgeskemaundersøgelse og de opfølgende interview for at undersøge beboernes oplevelser med Saltskyl.

En beboer nævner at vandet skummer mere. Der er desuden nogle beboere i spørgeskemaerne og i de opfølgende interview, der peger på at de har problemer med gullige og brunlige aflejringer. Det bliver blandt andet nævnt, at aflejringerne ikke kun er i kanten af vandet i kummen, men også under vandoverfladen. I den forbindelse er der en, som nævner, at de gule aflejringer, hvis de ikke bliver rensset væk, kan lugte: *"Ja – hvis jeg ikke får det gule af – så er der en lugt. Jeg renser det hver anden dag – både børste og toiletreng."*

En beboer skriver i spørgeskemaet, at de har *"ret store gener med aflejringer som er vanskelige at fjerne"*. I det opfølgende interview uddybes dette: *"Jeg kunne nok rense mit toilet flere gange om ugen - under vejspejlet og resten af toilettet er der store brun-gule misfarvninger, som sikkert sætter sig i kalkmærker. Ret markante farveforskelle. Det virker beskidt ... Så skal jeg bruge en masse stads i toilettet - ikke de værste kemikalier, men så er ideen ikke så god. Det vil jeg helst være fri for. Og så bruger man også mere vand. Det gør ikke helt så ondt at bruge så meget, men der ligger i længden mere vedligehold. Ja, og hvordan ser cisternen ud? Jeg kan ikke komme til den - lagrer er sig også salt der?"*

En anden beboer fortæller, at aflejringerne går nemt af med børsten.

Der er også enkelte, der fortæller, at der er mindre kalk end de er vant til. Af disse fortæller en beboer i et af de opfølgende interview samtidig, at han altid har gjort kummen rent hver eller hver anden dag.

Det var en hypotese, at farveproblemerne og aflejringerne, som jo blev meldt ind allerede i den første undersøgelse, kunne skyldes at beboerne var flyttet til Nordhavn fra andre dele af landet, hvor vandet var blødere. Det kunne forklare, at 30% i den første undersøgelse oplever, at der er flere aflejringer. Denne hypotese bakkes ikke umiddelbart op af de opfølgende interview, hvor alle fem beboerne kommer fra Københavnsområdet – Østerbro, Hellerup, Virum og Frederiksberg. Disse fem beboere oplever samtidig det saltholdige vand meget forskelligt. En peger på, at det er værre end på Frederiksberg, hvor den officielle hårdhed af drikkevandet vurderes til at være endnu hårdere end i København. En anden siger *"Det har været et stort problem, hvor vi boede tidligere i København – og på landet, hvor vi har sommerhus – hvor man skal bruge flere midler. Vi har intet af det her – det er helt vidunderligt. ..."* Som en kommentar til de, som oplever problemer med aflejringer lyder svaret: *"Det er fordi, de ikke gør ordentligt rent. Det er sagt ligeud. Man skal bruge toiletbørsten hver dag og vi har intet"*.

Der kan være andre forhold, der spiller ind på beboernes oplevelser. Da bebyggelsen er ny, så alle har så at sige nye erfaringer med toiletterne. Selv om toiletkummer generelt ikke er så forskellige, så kan der de kon-

krete toiletter være anderledes end i de boliger, hvor beboerne boede før. Især kan det, at det er lavt-skylende toiletter være en ændring fra beboernes tidligere boliger. Ligeledes kan opfattelsen af service, renhed og komfort ændre sig i det nye byggeri. Hvis man fx er flyttet fra eget hus, som man er vant til selv at tage ansvar for, til en lejet lejlighed i en ny bydel kan man godt øge forventningerne til komfort og service. Endelig er det også vigtigt at fremhæve, at hver enkelt beboer har forskellige forståelser af renhed, lugt, aflejringer mv.

Sundhed og materielle risici

Ingen i de to spørgeskemaundersøgelser nævner andre problemer som fx sundhedsproblemer med børn eller hunde, der kommer i kontakt med vandet, eller fx risici for fejkoblinger.

I de opfølgende interview blev beboerne spurgt, om de har været bekymrede for at vandet skulle være problematisk på en eller anden måde.

Ingen af de adspurgte var direkte bekymrede for deres sundhed pga. projektet. En siger, at vandet jo må være testet. En anden at så længe, vandet bliver i toilettet, så er det ikke et problem. Der er flere som nævner, at de ikke vil bruge vandet til tøjvask. Dels på grund af den gule farve. Dels fordi *"Vandet her ikke har det bedste ry for at være rent. Jeg vil være betænkelig over at få det på tøjet."*

Adspurgt om hvilket vand, informanten taler om, der ikke har det bedste ry, fortæller beboeren videre: *"Blandt andet det, som er skyllet ud i havnebassinet. Der har været lukket for alt brug. Det har det været, fra jeg flyttede ind og frem til foråret. Der har været advarsler om ikke at komme i kontakt med vandet. Så ... hvor snupper I vandet til toilettet?"*

Der er også nogle få bekymringer for materiellet, dels holdbarheden af selve toilettet og dels af installationerne:

- *"Øh nej – ikke i forhold til brugen. Mere toilettets tilstand – om det slider mere, fordi jeg kan se at toilettet bliver misfarvet.*
- *"Næh ... kun spekuleret på tæring. Hvis en klovn har brugt de forkerte rør ... metaller ... så tæres de. ... Der er så mange fejl, så det vil ikke undre mig. Der er næsten ikke det, der ikke har været i vejen [med byggeriet, red]."*

Fejkoblingen og vandskaderne i forbindelse med byggeriet nævnes som et eksempel på, at der kan ske fejl. Samtidig nævner en informant, at hun som beboer ikke har adgang til cisternen eller rørene. Det er hun ærgerlig over, for hun vil gerne holde øje med om vandet giver anledning til skader.

Opsamling – oplevelser og erfaringer

Det er ikke muligt at konkludere entydigt på, om der er væsentlig større problemer med farve og aflejringer efter at det lokalt indvundne saltholdig vand er koblet til. Aflejringer opleves forskelligt og hænger desuden sammen med husholdningens praksisser for rengøring. Støj har været en problemstilling for nogle enkelte husholdninger med det lokale system, men dette problem er ifølge Hofo håndteret gennem justering af systemet.

Beboerne erfaringer lægger desuden op til tre pointer.

For det første at det saltholdige vand jo er en anden vandkvalitet end det traditionelle vand, og det kan give anledning til andre brugeroplevelser. Det saltholdige, lokale grundvand har en lidt anden sammensætning end det almindelige drikkevand, Hofo leverer, idet der er lidt mere magnesium og calcium, mens der naturligvis også er salt, der nedsætter hårdheden. Kan det fx betyde, at kalk var årsagen til beboernes oplevelser af aflejringer i første undersøgelse, mens det er andre mineraler eller organiske stoffer, der skaber gullige aflejringer i anden undersøgelse? Kan der være mere farve i det saltholdige vand, der sætter sig i kummen, men

som nemt kan renses af? Kan det hænge sammen med den filtrering, det lokal anlæg anvender? Ifølge interviewene har vandet, der pumpes op en gullig farve, som kan stamme fra jern eller fra organiske stoffer i undergrunden. Disse problemstillinger kan sammenholdes med analyserne af vandets indhold og være genstand for yderligere undersøgelser.

For det andet at nogle beboerne har bekymringer, om vandet kan påvirke materiellet, og om der kan ske fejlkoblinger blandt andet via fremtidige håndværkere. Om disse bekymringer er velbegrundede teknisk set eller ej kan undersøgelsen ikke svare på. Men den viser, at disse bekymringer findes blandt beboerne og det skal overvejes, hvordan der følges op fx med at undersøge dem og gøre noget for at oplyse om forholdene.

Endelig er den tredje pointe, at de beboere i begge undersøgelser, som oplever at der er aflejringer eller andet, og som kobler det til Saltskyl, alligevel bakker op om ideen om Saltskyl og er parate til at håndtere problemerne, fordi det vurderes som godt for miljøet. Det viser, at selve ideen om bruge sekundavand for at spare på det rene grundvand virker overbevisende.

Beboernes gode råd ved iværksættelse af nye projekter

I de opfølgende interview blev der stillet et spørgsmål om beboerne havde nogle gode råd, hvis der skal iværksættes lignende projekter andre steder. Svarene kredser alle om information:

- *"Ja – det kunne være rart at få – samtidig med at man flytter ind – brev fra dem, at der er sådan og sådan i toilettet, så man ved det. Så tænker man også, at så er det derfor det bliver gult."*
- *"Jeg synes, det er vigtig med oplysning – så man ikke bagefter siger det kunne I godt have sagt. Det er vigtigt at man spare vand. Vigtigt at vide det gavner miljøet."*
- *"Det er svært at sige – mere information ud – og også løbende om, hvordan det går med projektet."*
- *"Jeg ved ikke, om det er kommet tidligere - og ikke kommet til mig, da det blev startet. Der er en vis udskiftning så der skal være løbende materiale eller materiale, der tilgængeligt. Vi har store problemer med udlejer at få information fra dem. Det kan være I har givet det dem ... Det er ikke sikkert det er jeres skyld."*
- *"Det eneste er, at man måske fortæller mere om det – i god tid ... og måske kan læse lidt om det ... Vi har en administrator som er ualmindelig ringe – DEAS – uhyggelig ringe om at blive ordentligt informeret og kommunikation. Det må du gerne citerer – jeg har allerede lagt mig ud med dem."*
- *"Det er afsindig spændende ... men jeg vil gerne vide mere tydeligt, hvorfor man gør det. Jeg er lidt nysgerrig – jeg er gået til møder, hvor Martin kom. Vi vil gerne prøve nye løsninger. Der prøves jo meget af ude i Nordhavn. Det er meget skægt at være en del af. Men vi vil gerne vide hvorfor – og hvad er resultatet – konklusionerne."*

Disse udmeldinger illustrerer den store opbakning til at håndtere projektet blandt beboerne, selv om der kan være problemer. De lægger også op til de sidste pointer i dette afsnit, som understreger at formidling om projektet har flere betydninger:

- Man vil gerne have oplysninger, før man oplever problemer.
- Det er en vigtig motivation når man får at vide, at det er bæredygtigt.
- Der skal sikres information fordi der vil være udskiftninger blandt beboerne.
- Beboerne vil gerne være med til at prøve nye løsninger
- De vil gerne vide baggrunden og informeres om hvordan det går og om evt. konklusioner.

Den fremtidige formidling af projektet og forventninger til beboernes rolle tages op i det næste mere diskuterende afsnit.

5. Diskussion

I dette afsnit diskuteres to væsentlige og sammenhængende spørgsmål i undersøgelsen af brugerperspektiver. Den første diskussion følger op på, at ressourcer og bæredygtighed er centrale argumenter for Saltskylsprojektet ikke mindst for beboerne. Den anden diskussion tager i forlængelse heraf fat i beboernes rolle og peger på vigtige pointer for en fremtidig formidling.

Hvordan udfoldes bæredygtig i projektet?

I dette afsnit diskuteres derfor brugerperspektiver på bæredygtighed i relation til projektet. Det er som nævnt relevant for at bidrage til faglige diskussioner og om projektet og en bæredygtig udvikling af vandsektoren.

Det er et eksplicit mål for Hofo for at bidrage til at skabe bæredygtige byer ”baseret på klima- og miljørigtige forsyningsløsninger”. (www.hofo.dk) Det er en vigtig politisk udmelding fra et forsyningselskab. Dette er samtidig en kompleks opgave, og Hofo har tidligere blandt andet samarbejdet med DTU og AAU for at undersøge, hvordan bæredygtige byer kan udfoldes og hvad forsynings rolle heri kan være (Gejl et al. 2013).

En måde at udmønte dette mål om bæredygtighed, er naturligvis at iværksætte konkrete projekter som Saltskyl, der skal udvikle innovative løsninger. Pjecen til beboerne spiller tydeligt op ad denne vision, og projektet beskrives som bæredygtigt på forskellige måder:

- Bæredygtig vandforbrug sættes i forbindelse med at spare på det kostbare drikkevand.
- Det bæredygtige forsyningsystem sættes i forbindelse med at anlægget til to forskellige vandforsyninger er etableret i et nyt byggeri. Det er en væsentlig udfordring for udbredelsen af et tostrengt system, at det skal etableres efterfølgende i eksisterende, hvilket er besværligt og bekosteligt.

Det understreges over for beboerne, at de ikke behøver ikke gøre noget særligt for at bidrage til bæredygtig. Der præsenteres en forståelse af bæredygtighed, hvor det er forsyningen og det tekniske anlæg, der løfter opgaven med den bæredygtige vandforsyning.

For at følge op på dette og undersøge projektgruppens perspektiver gennemførte AAU som led i nærværende undersøgelse som nævnt en workshop i foråret 2016 i projektgruppen om perspektiver på borgernes rolle og kommunikationen med borgerne.

På workshoppen blev deltagerne spurgt: ”Hvad er en bæredygtig vandforsyning i København?” Deltagerne havde ikke forberedt sig på forhånd og blev ikke bedt om at finformulere sig ud fra deres respektive faglige perspektiver. I gennem disse svar og diskussioner samt kvalitative interview udfoldes bæredygtig vandforsyning i København gennem følgende perspektiver, som er kategoriseret på tværs af deltagerne:

- Langsigtet. At vi kan forsyne i ”al fremtid”.
- Vandbalancer. Indvinding skal lave en lav påvirkning af grundvandsoplandet og må ikke forhindre Vandplanerne i at blive gennemført.
- God vandkvalitet. Sparer på grundvandsressourcen, hvor der er drikkevandskvalitet.
- Lukke kredsløb. Vandkredsløb fra vugge til vugge. Det brugte vand skal renses før det ledes ud.
- Vand, energi og miljø. Undgå vandspild fra kilde til udledning. Udnytter ressourcerne så energioptimalt med så lavt CO₂ aftryk og mindst mulig påvirkning af miljøet. Lokale ressourcer, for at spare på materialer til rør, transport og energi.
- Respekt for vandressourcen. Du har et forhold til vand, ressourcen er lige under dig og hvis du ødelægger den får det konsekvenser.

- Forskellige former af vand til forskelle brug. Vand bruges i netop den renhedsgrad og sundhedsgrad, som der kræves.

Der spændes her en række aspekter ud, som viser kompleksiteten i at vurdere en bæredygtig vandforsyning, og understreges at dette skal vurderes i forhold til en kontekstuelle forhold og fremtidige udviklinger i bosætningsstruktur, arealanvendelse og energiforsyning.

Et pilotprojekt – hvad betyder det?

Rammen for projektet er et innovativt projekt i sig selv. Projektet er udløber af et udviklingsprojekt i Innovationsnetværket Vand i Byer, der er bygget op som en såkaldt 'triple helix' innovationsmodel. Her skal offentlige og private parter og vidensinstitutioner samarbejde for at praksis, forskning, policy og økonomi skal udfordre hinanden og for at innovative ideer kan implementeres og markedsføres.

Således bliver bæredygtighed i Hofor's pjece også koblet til innovation (Hofor 2013) og dermed at fremtidens forsyning er en anden, end den det, vi har i dag. Innovation hænger godt sammen med visionerne om grøn vækst, der er koblet til midlerne fra MUDP, og til rammefortællingen om udbygningen af Nordhavn som en innovativ bydel, hvor der kan udvikles nye grønne løsninger.

Det er disse perspektiver, der formidles til de professionelle brugere, og både de kvalitative interview med bygherre, developer og ejendomsmægler samt beboerundersøgelsen viser, at det er væsentlige argumenter for disse grupper.

Fortællingen om den bæredygtig innovation motiverer bygherre og developer til at være med i projektet. Samtidig bekymrer det dem at være 'first movers' og implementere en løsning, der ikke endnu er afprøvet i Danmark. I forlængelse heraf må projektet helst ikke skabe usikkerhed blandt beboerne. Som det fremgår af de øvrige brugerundersøgelser i afsnit 2, så er den eksisterende tillid til vandsystemet blandt borgerne stor, idet vi gennem mange år har oplevet en sikker og sund vandforsyning uden at forholde os særligt til denne. Det vil være et brud med det professionaliserede system, at lægge op til en relation, hvor virksomheder og beboerne skal være aktive og håndtere en risiko.

Det taler ind i den generelle udfordring for den bæredygtig udvikling, at vi på den ene side skal udvikle og eksperimentere og samtidig er der meget store forventninger om succes – og om ikke at skabe usikkerhed og fejlinvesteringer. Derfor er det måske ikke så overraskende, at Saltskyl iværksættes som et teknisk løsning, der ikke kræver besvær eller betaling og formidles til brugergrupper som både innovativt, sikkert og bæredygtigt, også før undersøgelserne er gennemført.

Borgernes rolle og valg af formidling

Undersøgelsen blandt beboerne peger på et tilsyneladende paradoks idet, beboerne ønsker mere information, samtidig med at en stor del af den ønskede information findes i den eksisterende pjece, som mange af respondenterne angiver at have læst. I forlængelse af dette og de øvrige udfordringer om formidling i projektet diskuteres her, hvordan formidlingen kan udvikles. Dette hænger også sammen systemets forestillinger om borgernes rolle som bevidste og engagerende i bæredygtighed, der findes blandt de professionelle, og rejser en diskussion om projekter som Saltskyl kan bidrage til at udvikle mere vidende og reflektive borgere, som er vigtige for en bæredygtig byudvikling?

Det kan virke overraskende, at beboernes viden om både projektet og vandsystemet virker meget sparsom eller endog fejlagtig. Der har gennem mange år i flere kommuner, heriblandt København, været løbende kampagner for at spare på vandet i husholdningerne. Og der er jævnligt er indslag i nyhederne i tv om at fx

grundvandsboringer må lukkes som følge af pesticidforureninger, og som det har været meget fremme i det sidste halve år, at der er opdaget nye uønskede stoffer i drikkevandet. Samtidig er denne 'uvidenhed' helt i tråd med det ovenfor nævnte professionaliserede system, hvor professionelle står for at håndtere systemet, og at vi derfor som forbrugere er vant til et system med sikre forsyninger, som vi ikke behøver at tænke på.

En informant fortæller fx, at han har spurgt et bestyrelsesmedlem om vandet kommer fra havnen. Da det blev bekræftet, tænkte han, at det var fint. Så da han blev spurgt, om han havde sat sig ind i anlægget, svarer han *"Ikke en kæft – jeg er typen, der registrerer det og går videre. Og hvordan det virker, det er jeg så ret lige glad med - bare det fungerer og det gør det"*

At pjecen i dette projekt som i mange andre udgør den primære formidlingsform ligger i tråd med det eksisterende professionaliserede system, hvor der er fokus på rationelle beskrivelser og faglig kommunikation, og hvor borgerne ses som en passiv modtager i systemet.

Der er desværre mange potentielle fejlkilder, der kan kobles til en pjece som informationskilde, som blandt andet handler om at man måske slet ikke læser den eller ikke forstår det, som var intentionen. Når man ikke har et overblik over systemet, bliver det også mere vanskeligt at koble til, og dermed huske, hvad vi læser eller ser i tv. Megen forskning viser, at informationskampagner sjældent fører til de ønskede ændringer i adfærd, hverken på sundheds eller miljøområdet. Udfordringen er at information er nødvendig, men sjældent tilstrækkelig. Sociale relationer betyder også noget. Mange vil typisk hæfte sig ved, hvad naboen fortæller om det lokale system.

I projekt Saltskyl er det direkte budskab, at beboerne kan være med til at styrke en bæredygtig vandforsyning uden at gøre noget særligt eller betale ekstra. En udvikling af beboernes roller og relationer med det professionelle system var ikke en del af projektets mål og arbejdsopgaver. Samtidig var det væsentligt, at beboerne gav feedback på projektet samt at de kunne håndtere de eventuelle gener, projektet måtte skabe for deres hverdag, således at de vil være motiverede til at acceptere det og måske endog bakke det op. Så kan man undgå klager, og få legitimitet til gå videre med dette og andre projekter.

Der er som nævnt stor opbakning til ideen om Saltskyl blandt respondenterne, og nogle borgeres mulige problemer med systemet i praksis synes ikke at svække denne opbakning. Undersøgelsen peger dog på, at der skal arbejdes med at forny information om anlægget. Dels fordi pjecen er ved at være forældet, idet projektet, der skal vurdere anlæggets første år, er under afslutning. Dels fordi der er en del, der efterspørger mere viden. Endelig vil der være behov for information ved fremtidige beboerudskiftning. Det gælder både information om selve anlægget og formålet med det, samt opfølgende information om hvordan det går fx hvor meget grundvand, der spares og projektets konklusioner. Dette basale behov, skal der finde en form til at håndtere.

Desuden rejser det spørgsmålet, om beboerne ikke ses som en mere aktiv ressource i en bæredygtig udvikling og i forlængelse heraf, hvordan projekter som Saltskyl kan bidrage til at udvikle en mere aktiv borgerrolle, der indgår i en stærkere relation med den professionaliserede del af forsyningssystemet om at omstille systemet.

Ud fra et bæredygtighedsperspektiv er det problematisk, at undersøgelsen peger på, at beboernes viden om vandsystemet og Saltskyl er meget lille eller fejlagtig. Det er afgørende, at borgerne har en vis viden om miljø og samfundets systemer for at kunne agere hensigtsmæssigt i hverdagen fx i forhold til at bruge kemikalier og spare på vandet. Desuden er det i vigtigt demokratisk perspektiv ikke at overlade alle beslutninger til myndigheder og private selskaber, men til en vis grad at forholde sig reflektivt og aktivt til udviklingen.

De professionelle aktører peger netop på vigtigheden af, at beboerne har viden og bevidsthed om vand. Det er interessant om et lokalt projekt om Saltskyl kan motivere til, at man som beboer ønsker at vide mere og måske endog engagerer sig i at formidle og diskutere vandsystemet. Blandt de professionelle aktører er der også rejst en vision om, at systemet kan være socialt bæredygtig ved at det skaber noget at tale om på tværs af beboerne. Det er der ikke noget, der peger på, er udfoldet i det konkrete projekt.

Forskning viser, at øget viden og engagement kræver en mere aktiv og løbende indsats med at formidle det lokale innovative anlæg. Det professionelle system kan også tænke i at udvikle en serie af lokale ambassadører, som man kan trække på til at styrke lokal information om Saltskyl og vandsystemet. Disse kan være centrale repræsentanter for at fremme nye projekter andre steder. Der er også flere eksempler på at studerende kan bruges som brobyggere mellem system og borgere fx som affaldsguides.

En vigtig tilgang tager afsæt i at skabe en mere uformel dialog mellem beboere og professionelle og vandet og teknologierne. Det kan ske ved at koble fx 'rundvisninger' til lokale sociale arrangementer for beboere og andre interesserede fagfolk og borgere og kontakt til etablerede netværk som beboerforeningen og beboermødet. En informant fortæller direkte om projektlederens deltagelse på beboermødet. Det vides ikke i regi af denne undersøgelse, hvor mange beboere, der deltog på mødet og det kan ikke som et enkelt event vurderes til at være en effektiv kommunikation. Men det er tydeligt, at dette personlige møde har haft en stor indflydelse på den pågældende beboers viden og engagement. Informanten fortæller, at han før troede, at det var saltvand, men at han nu forstår, at der er tale om en boring, der indeholder saltvand. Han har også fået mulighed for at få svar på nogle spørgsmål, han havde om økonomien. Og endelig synes han, at det er meget spændende at være en del af at prøve noget nyt og han vil gerne høre mere.

Da det spiller ind på beboernes opbakning og tillid, at de er informerede, og da det lokale anlæg er et innovativt anlæg, er det en unik mulighed for Hofor til at eksperimentere med at skabe kompetente ambassadører for projektet.

Undersøgelsen peger på et konkret behov for at forny den eksisterende information og udvikle yderligere formidling om projektet, hvilket jo også kan bruges i andre sammenhænge. Det er en generelt pointe, at projekter, der udvikler nye teknologier også bør allokeres midler til dette, både af de offentlige puljer og i forsyningsernes egne budgetter. Endvidere peger undersøgelsen på behov for at diskutere og eventuelt styrke aktive borgerroller i vandsystemet.

6. Opsamling

Her opsamles nogle væsentlige pointer fra undersøgelsen om beboernes opbakning til og erfaringer med projektet samt input til den fremtidige formidling. Desuden om perspektiver på bæredygtighed og projektets ramme for grøn innovation.

Opbakning til miljømæssige brug af vandressourcen

Undersøgelsen bekræfter tidligere undersøgelser i, at der er stor opbakning blandt beboere til projekter, som bruger sekundvand i husholdninger, her lokalt indvundet saltholdigt grundvand. Svarene viser ligesom tidligere, at brug af sekundvand i høj grad ses som en mulighed for at til at spare på drikkevandsressourcerne, og det kobles også til forståelser af at det rene grundvand ikke skal bruges i toiletter.

Der er en sammenhæng mellem den information, som beboerne har fået om projektet, og de begrundelser, som deltagerne giver for deres opbakning. Således viser undersøgelsen, at det er muligt at skabe opbakning

til projekter, der argumenter for rent drikkevand, beskyttelse af vandressourcen og innovation og bæredygtig udvikling. Der er i forlængelse heraf ikke noget, der peger på, at beboerne har ændret deres forbrug af vand, som følge af at den traditionelle vandforsyning bliver suppleres med lokale ressourcer.

Projektet er gennemført i en ny bebyggelse i Nordhavn, som profileres som en ny bæredygtig bydel. De tidligere interview med professionelle brugere og kommende beboere peger på, at dette er en væsentlige ramme-fortælling, som de giver opmærksomhed. Det er en positiv historie, som de er glade for at være en del af. Det konkrete byggeri, som projektet er gennemført i, er samtidigt et byggeri, der præsenteres som eksklusivt og der er en relativt høj husleje. Der indgår ikke direkte socioøkonomiske parametre i undersøgelsen, men beboerne er næppe repræsentative for befolkningen. Den tidligere undersøgelse ser på to andre bebyggelser, dels en innovativ miljøorienteret bebyggelse fra 90'erne, dels en større almen bebyggelse, der formodes at have en bredere beboersammensætning. I disse bebyggelser er der opbakning med de sammen begrundelser.

Det understreges i materialet til beboerne, at Saltskyl er en nem måde at være bæredygtig på og gøre noget for miljøet, og lægger ikke op til at beboerne ændrer vaner eller betaler mere. Der er således ikke forventninger i projektet til at beboerne skal aktiveres eller betale ekstra. Det gør det naturligvis nemmere at få opbakning – hvem vil ikke gerne være bæredygtig uden at skulle gøre noget ekstra? Undersøgelsen viser imidlertid, at der alligevel er en række ting på spil for beboerne.

Saltskyl beskrives af alle professionelle brugere som et projekt, der bryder med det eksisterende enstrengede system, der med et stærkt hygiejnisk fokus leverer én vandkvalitet til alle husholdninger. Sekundavand i toiletterne skaber således bekymringer blandt professionelle brugere for sundhedsrisici pga. vandets kvalitet. At der er to forskellige vandkvaliteter skaber en risiko, som der ikke er i det nuværende system for fejl, fx fremtidige fejlkoblinger, således at sekundavandskvaliteter kobles til drikkevandsforsyningen. Derfor indgår en vurdering af vandkvalitet og sundhedsrisici også som en central og selvstændig undersøgelse.

Beboerne har ikke samme grad af bekymring om sundhedsrisici. Ingen beboere har kommentarer, der kobler sig til sundhed i spørgeskemaundersøgelsen, og adspurgt om eventuelle bekymringer, svarer de interviewede beboere, at de regner med at vandet er testet, eller at så længe vandet bare er i toilettet har de ingen problemer med det. En enkelt nævner muligheden for en fejlkobling i forbindelse med fremtidige aktiviteter i bebyggelsen. En anden at hun ikke vil vaske tøj i vandet, fordi hun oplever at vandet er gulligt – og hun er desuden usikker på om sekundavandet er hentet fra havnen, og der har hun set skilte, der advarer om vandkvaliteten. Det er dog ikke noget, der tilsyneladende har fået disse beboere til at undersøge det nærmere eller være bekymrede i hverdagen. Denne tillid ligger fint i tråd det med det eksisterende professionaliserede system, der dels har forsynet med sikkert drikkevand i mange år i Danmark, dels ikke bygger på at beboere forholde sig til vandsystemets funktion.

De professionelle brugere nævner også muligheden for, at beboerne oplever andre gener med sekundavandet, og beboerne får en vigtig rolle som informanter omkring deres oplevelser og erfaringer til brug for at optimere systemet forud for en eventuel op-skalering.

Der er foretaget to spørgeskemaundersøgelser, hvoraf den første var en form for reference, idet der blev forsynet med traditionelt drikkevand i det sekundære system. Det er desuden vigtigt at være opmærksom på, at byggeriet var nyt og alle således er nye tilflyttere. Dermed er toiletterne som sådan nye for alle beboere, og deres forventninger til at bo i bebyggelsen kan være nogle andre end til deres tidligere bolig og dermed betyde noget for deres oplevelser af toilettet, eventuelle gener og serviceniveau.

Det er ikke muligt at konkludere entydigt på, om der er væsentlig større problemer med farve og aflejring efter det lokalt indvundne saltholdig vand blev koblet til. I forvejen er drikkevandet i København hårdt og afsætter aflejring. Det er samtidig tydeligt, at farve og aflejring opleves forskelligt og hænger sammen husholdningens praksisser for rengøring. Undersøgelsen kan heller ikke udelukke, at der kan være forskel på, hvordan det lokalt indvundne saltholdige grundvand opleves i toiletterne. Nogle beboere oplever at vandet ser anderledes ud og afsætter gullige aflejring, der synes forskellige fra de traditionelle kalkaflejring. Det saltholdige vand har en anden kemisk sammensætning end det traditionelle drikkevand, og det kan give anledning til andre brugeroplevelser. Disse problemstillinger kan sammenholdes med analyserne af vandets indhold og være genstand for yderligere undersøgelser.

Støj har været en problemstilling med det lokale system for nogle enkelte husstande. Det er ifølge Hofor håndteret gennem justeringer af systemet.

Der er nogle beboere, der giver udtryk for bekymringer om, at vandet kan påvirke materiellet – toilettet og de øvrige installationer. Denne undersøgelse svarer ikke på, om disse bekymringer er teknisk velbegrundede, men peger på, at de findes blandt beboerne, og det skal overvejes om der skal følges op med fx yderligere undersøgelser eller formidling.

Endelig er der en væsentlig pointe, at beboere i begge undersøgelser, som oplever at der aflejring eller andre ulemper, og som kobler dette mere eller mindre direkte til Saltskyl, alligevel bakker op om systemet og er parate til at håndtere problemer, fordi det vurderes som godt for miljøet. Kun enkelte beboere skriver direkte, at Saltskyl ville være en god ide, hvis det ikke havde været for problemerne med aflejring og støj. Det viser, at selve ideen om bruge sekundavand for at spare på det rene grundvand virker overbevisende. Da boligerne samtidig er privat udlejning, er der måske færre bekymringer for økonomi og langtidseffekter, fx anlæggets påvirkning på installationer. Resultaterne kan ikke umiddelbart overføres på privatejede boliger.

Økonomi er et tema for de professionelle brugere, idet anlægget kræver en konkret investering, dels i et to-strengt system, dels i den lokale vandindvinding og behandling, og det rejser et spørgsmål om prisen for forbrugerne for vandforsyningen. Økonomi er imidlertid ikke et tema, der blev taget direkte op i undersøgelsen blandt beboerne, fordi det tidligt blev besluttet, at omkostningerne for etableringen og driften af det supplerende anlæg ikke skulle tillægges beboerne i bebyggelsen, men betales i det store fællesskab. Kun ganske få beboere tager selv økonomien op som et tema. Heraf mener enkelte, at der må være en god økonomi i at bruge sekundavand uden at de redegøre for, om de tænker i et privat eller et samfundsøkonomisk perspektiv. En enkelt, der er tilfreds med oplysningen om, at merudgiften for den lokale forsyning betales af systemet, peger samtidig på, at den samlede økonomi er afgørende for om systemet kan anbefales.

Undersøgelsen viser således en stor opbakning til projektet, der bruger lokalt saltholdigt grundvand til toilet-skyl, såfremt dette bidrager til en bæredygtig forvaltning af vandressourcerne.

Saltskyl og bæredygtig udvikling

Projektet adresserer et aktuelt og komplekst spørgsmål om bæredygtighed i vandforsyningen, der både er en global udfordring, og samtidig en meget kontekstuel problemstilling. Klimaforandringer som regn og skybrud, varme og tørke og stigende grundvand øger det i forvejen komplekse billede. Desuden dukker flere og flere pesticider op i drikkevandsboringer, der må lukkes. I mange årtier fremover vil pesticider, der allerede er spredt, nå drikkevandet. Der er således grund til at overveje fremtidens vandforsyning.

Hvilken vandforsyning skal der satses på fremover? Skal vi opretholde det en-stregende system, eller indlede en ny tilgang til forsyning med flere vandkvaliteter? Hvordan kan vi beskytte grundvandet? Hvad er en bæredygtigt forsyning? Hvordan skal det vurderes? Hvem skal bidrage til denne vurdering?

Projektet rummer en række delprojekter, der undersøger miljø, sundhed, op-skalering og altså brugerperspektiver, der alle er væsentlige for at vurdere projektets bæredygtighed. På en workshop opstillede en række af projektets aktører præsenterer flere og forskellige perspektiver på en bæredygtig vandforsyning. Disse er ikke integreret til en egentlig fælles tilgang, men rummer mange interessante temaer, som kan bidrage til den fortsatte undersøgelse af denne problematik.

Referencer

- Blok (2013): Urban Green Assemblages: An ANT View on Sustainable City Building Projects. I *Science & Technology Studies*, Vol. 26 (2013) No. 1, 5-24
- Brown, R.R.; Keath, N. & Wong, T.H.F. (2009): Urban water management in cities: historical, current and future regimes. I *Water Science & Technology*, volume 59.5.
- Fratini, C.F., & Jensen, J.S. (2014). Grøn omstilling af byens vand. I *Erhvervshåndbogen: Klimaledelse*. Kapitel 6. Forlaget Andersen.
- Gejl, R., Hoffmann, B, & Rygaard, M. (2013): Bæredygtige byer – en international erfaringsopsamling af forsyningsforhold. DTU Miljø og AAU.
- Hoffmann, B & Alsbjörn, L (2013): Borger/kundeperspektiver. I Rygaard et al.: *Sekundavand i Nordhavn - En forundersøgelse til strategi for alternativ vandleverance*, DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet.
- Hoffmann, B.; Elle, M.; Dahl-Hansen, J.; Wejs, A. (red.)(2015): *Innovativ klimatilpasning med borgere*. Byplanlab, Danva, Aalborg Universitet.
- Hofor (2013): Projektbeskrivelse Saltskyl. Ansøgningsskema 2013 til Program for Grøn Teknologi.
- Hofor (201*): Læs her hvorfor dit nyt toilet er helt specielt. Pjece om projektet, der er let redigeret undervejs i projektet og som kan hentes på Hofor's hjemmeside. <https://www.hofor.dk/baeredygtige-byer/udviklingsprojekter/Saltskyl/>
- Lindegaard H. (2003): Ud af røret. Den hygiejniske diskurs og videnskabelige praksis ved etableringen af det københavnske kloaksystem 1850-1900. I *Den Jyske Historiker*
- Israelsson, P.A; Andersen T.A; Refeldt A. F. (2015): *En bæredygtig flyder. Implementering af sekundavand i det danske vandsystem*, Bachelor projekt, AAU
- PKA (2014): PKA med i pilotprojekt om havvand i toiletterne. Nyheder. <https://www.pka.dk/aktuelt/seneste-nyt/2014/pka-med-i-pilotprojekt-om-havvand-i-toiletterne/> .
- Rygaard et al. (2013): *Sekundavand i Nordhavn - En forundersøgelse til strategi for alternativ vandleverance*, DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

Bilag: Hofo's information om projektet til beboere

LÆS HER HVORFOR **DIT NYE
TOILET ER HELT SPECIELT**

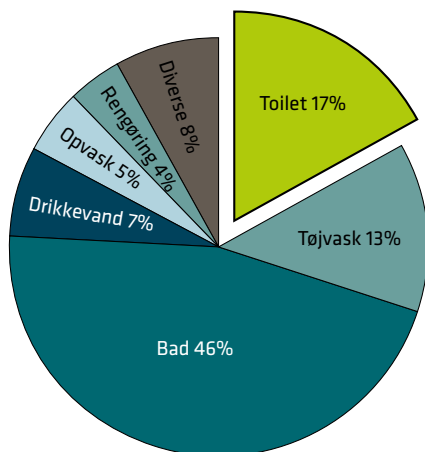
Din samlede vandregning påvirkes ikke af projektet. Den eneste forskel er, at du på din vandregning kan se, hvor stor en del, der medgår til betaling for saltvand til toilettet.

Vandet kommer fra et lokalt grundvandsmagasin under Nordhavn, nær havnen. Vi pumper saltholdigt grundvand op fra dette magasin, renser det i et sandfilter for at sikre kvaliteten, og leder det ind til toiletterne gennem et separat rørsystem. Det kan lade sig gøre, fordi du bor i en ny ejendom, hvor der fra starten er tænkt på at skabe et innovativt og bæredygtigt forsynings-system. Efter brug ledes vandet som normalt til kloakken og videre til rensesanlægget.

Vi ønsker at udbrede brugen af saltholdigt vand til toiletskyl til andre nybyggerier. Derfor vil vi gerne vide, hvordan du oplever at have "saltskyl" i toiletterne. I løbet af de næste par år henvender vi os derfor til dig for at høre om dine erfaringer med saltskyl. Vi håber, du vil hjælpe os med at blive klogere på denne nye og innovative forsyning.

Rent grundvand er blevet en sparsom ressource, som vi gør os umage for at spare på. Derfor tager dit forsyningsselskab, HOFOR, og din udlejer, PKA, dette initiativ.

- Cirka 17% af vandforbruget i en gennemsnitlig husholdning bruges til toiletskyl.
- På et år er det 6.200 liter for én person
- I et helt liv er det 496.000 liter for én person
- 80 – 90 % af vandforbruget bruges til andre formål end drikkevand. Trods det indvinder vi rent grundvand, som bruges til alle brugsformål.



Dit byggeri er det første i Nordhavnen, hvor toiletterne skylles med en alternativ vandressource – nemlig saltholdigt grundvand.

Dermed sparer du på det kostbare drikkevand og fremmer et mere bæredygtigt vandforbrug.

Hvorfor saltholdigt vand i toiletet?

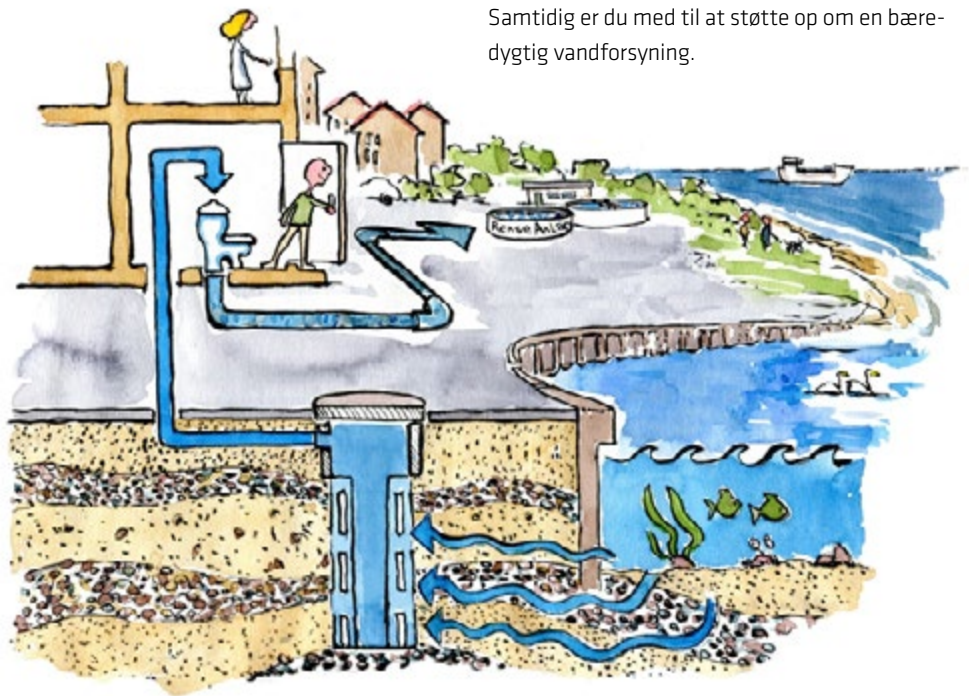
-Eller skulle man spørge: hvorfor egentligt *rent drikkevand* i toiletet? Der kan spares mange liter ved at bruge en anden slags vand, når man skyller ud i toiletet. Det kan fx være saltholdigt vand, der ikke kan drikkes, men sagtens anvendes til toiletskyl.

Kan toiletet klare saltholdigt vand?

Vandets lidt højere salt- og mineralindhold skader ikke dit toilet, der er fremstillet af materialer, som er beregnet til det.

Hvad betyder det for mig?

I praksis betyder det ikke noget for dig. Helt uden at ændre dit forbrug eller din adfærd er du med til at spare på den dyrebare drikkevandsressource. Samtidig er du med til at støtte op om en bæredygtig vandforsyning.



Illustrationen viser det lokale vandkredsløb for saltholdigt grundvand

HOFOR |

Ørestads Boulevard 35 |

2300 København S |

Telefon 33 95 33 95 |

hofer@hofer.dk |

www.hofer.dk |

HVEM ER HOFOR?

HOFOR står for Hovedstadsområdets Forsyningsselskab. Vi er over 1.000 engagerede medarbejdere, der skaber en årlig omsætning på omkring 5,5 mia. kr. Sammen sørger vi for, at en mio. danskere får rent drikkevand, og vi forsyner byer med klimavenlig fjernvarme, bygas og fjernkøling, ligesom vi afleder spildevand og opfører vindmøller. HOFOR ejer også Amagerværket, hvor vi producerer fjernvarme og el. Vores mål er at levere forsyningsløsninger, der er grønne, sikre og billige – på en måde hvor vi beskytter grundvandet, koordinerer klimatilpasning og skybrudssikring og leverer en CO2 neutral energiforsyning. Vores vision er at skabe bæredygtige byer.

Vil du vide mere?

På www.hofer.dk kan du finde mere information om projektet. Du er også velkommen til at sende dine eventuelle spørgsmål direkte til Martin Vester på mailadressen mves@hofer.dk

Saltskyls-projektet er støttet af Naturstyrelsen og udvikles i samarbejde med:



Miljø- og
Fødevarerministeriet
Naturstyrelsen

Notat

Emne

Projekt: Saltskyl – økonomisk opskalering
Projektnummer: 30.1802.26
Projektleder: Lars Juul Hansen

Udfærdiget af: Mariann Sæbø
Dato: 05. april 2018
Kontrolleret af: Lars Juul Hansen

Til : Helene Hoffmann, Martin Vester

Fra : Lars Juul Hansen

Bilag : Bilag 1: Excel regneark med økonomimodel

Kopi til :

1. Indledning

I nærværende notat beskrives forudsætninger, antagelser og resultater for vurdering af anlægsomkostninger forbundet med opskalering af Saltskyl, sekundavand til toiletskyl, til Nordhavn etape 2 og 3. Prisoverslaget opgøres som nødvendig vandtakst, dvs. pris per produceret m³ sekundavand for at afskrive investeringen indenfor anlæggets levetid, fastlagt i henhold til POLKA¹ - Konkurrence og Forbrugerstyrelsens "Pris og Levetidskatalog for vandforsyning".

Der er med de forudsætninger beskrevet i notatet, beregnet en vandtakst på 13,41 kr./m³, hvilket er 5 kr. pr. m³ over den gældende vandtakst for drikkevand, 2018. Til sammenligning forventes den igangværende udrulning af blødgøring på HOFORs vandværker at få vandtaksten til at stige med ca. 2 kr/m³.

Forudsætninger og antagelser benyttet til beregning af pris per produceret m³ sekundavand for opskalering af Saltskyl kan ændres i Excel arket (Bilag 1) for at vurdere forskellige scenarier.

2. Opskalering til Nordhavn etape 2 og 3

2.1. Kundedata

By & Havn (herefter B&H) har leveret data til brug i forbindelse med økonomiske beregninger for Saltskyl projektet.

I Figur 1, er der vist en udviklingsplan for Nordhavn, inddelt i tre etaper. Da etape 1 områder allerede er udbygget (eller nært forestående) er beregninger kun lavet for Etape 2 og 3.

¹ POLKA-værdien er et teknisk begreb og er den værdi af de historiske investeringer (svarende til afskrivningerne), som hvert selskab kan indregne i de fremtidige takster, som kunderne skal betale for vand og afledning af spildevand.

Skema fremsendt af B&H, vist i Figur 2, lister taldata for Etape 2 og 3. Taldata er beregnet ud fra følgende forudsætninger:

- Udgangspunktet for udbygningen i hele Nordhavn er 2.875.000 etageelementer, svarende til ca. 34.000 beboere og 34.000 arbejdspladser.
- Antal beboere er skønnet ud fra 2 beboere per 100 etagemeter bolig.
- Antal boliger er skønnet ud fra ca. 95 m² per bolig.
- Arbejdspladser er skønnet ud fra 4 arbejdspladser per 100 etagemeter erhverv.
- Offentlige institutioner er B&H skøn



Figur 1 Udbyningsplan for Nordhavn inddelt i etape områder. Ref. By & Havn 01.12.2017

Holm	Boliger m2	Boliger Antal	Beboere personer Antal	Erhverv m2	Arbejds- pladser Antal	Daginsti- tutioner og skoler m2	Tid Estimerede Årstal
Fase 2							
10	275.000	3.000	5.500	120.000	4.800	6.400	2020-35
12	380.000	4.000	7.600	70.000	2.800	5.000	2030-40
17	240.000	2.500	4.800	20.000	800	15.000	2040-45
I alt	895.000	9.500	17.900	210.000	8.400	26.400	
Fase 3							
8	95.000	1.000	1.900	95.000	3.800	1.000	2045-50
11	170.000	2.000	3.400	150.000	6.000	2.000	2050-60
16	240.000	2.500	4.800	70.000	2.800	3.000	2055-65
I alt	505.000	5.500	10.100	315.000	12.600	6.000	
Fase 2 og 3 I alt	1.400.000	15.000	28.000	525.000	21.000	32.400	

Figur 2 Udbygningsskema for etape 2 og 3 af Nordhavn – skema lavet af B&H til Saltskyl projektet (01.12.2017).

2.2. Boringer og vandværk

Forventet årligt vandforbrug af sekundavand er ca. 370.000 m³/år, se Tabel 1. Estimering af totalt årligt forbrug af sekundavand er foretaget på baggrund af resultater fra pilotanlægget i Nordhavn, hvor forbrug til toiletskyld udgør 25 % af det totale vandforbrug i beboelses-egendomme. I erhvervs-egendomme estimeres med et toiletforbrug på 15 l/pers/døgn.

Der vurderes at der skal etableres 2 boringer til forsyning af sekundavand, samt et vandværk med simpel vandbehandling i form af iltning samt filtrering i sandfilter, til fjernelse af bl.a. fysiske parametre samt jern. Forventede anlægsomkostninger for vandværket er 15 mio. DKK. Erfaringsmæssigt er omkring 50% af omkostningerne knyttet til konstruktioner, mens 50% er knyttet til mekaniske installationer, proces, pumper og SRO.

Tabel 1 Opgørelse af forventet vandforbrug til toiletskyld

Beskrivelse	Antal	Enhed
Indbyggerdata, etape 2 og 3 af Nordhavn		
Private/beboere	28.000	personer
Erhverv	21.000	personer
Antal boliger	15.000	Stk.
Antal boliger per vandstik	100	Stk.
Totalt vandforbrug	100	l/pers/døgn
Vandforbrug - Saltskyl		
Privat	25	l/pers/døgn

	255.500	m3/år
Erhverv	15	l/pers/døgn
	114.975	m3/år
Total forbrug Saltskyl	370.475	m3/år

2.3. Distributionssystem

Saltholdig vand giver øget risiko for korrosion af rør og installationer der indeholder metalholdige elementer (f.eks. kobber og galvaniseret stål). Korrosionsrisikoen kan undgås ved anvendelse af plastmaterialer i alle installationer (Miljøstyrelsen 2014).

Der antages at der benyttes standard plastmaterialer (PE) og standard størrelser til rør og ventiler.

Det er i denne økonomiberegning ikke foretaget beregning af rørdimensioner. Da det er en relativt lille vandmængde der skal distribueres antages der at rørdimension for hovedledning ikke vil overskride $\varnothing 300$ mm. Rørdimension for stik antages at være $\varnothing 50$ mm.

Der antages at hoveddel af sekundavand ledningsnettet kan etableres i samgrav med etablering af vandforsyning, hvilket sparer 15 % af omkostningerne til rørlægning (jf. HOFOR erfaringstal, Bilag 2).

Fremtidigt ledningsnet for Nordhavn fremgår af Figur 3. System for sekundavand behøves ikke at ringføres.

En grov opmåling af fremtidigt ledningsnet giver 7,2 km ny vandledning og 9,2 km ny sekundavandledning.

Som beskrevet i Forundersøgelse af forsyning af saltholdigt grundvand til toiletskyl (HOFOR 2013 a), anbefales der at lade farven på sekundavandforsyningen afvige fra drikkevandsforsyningen, for at gøre opmærksom på at det er to forskellige systemer, og dermed reducere risiko for fejkobling. Standardfarve på sekundavandsrør er lilla.

Endvidere, kan vandtrykket i sekundavandforsyningen sænkes, således at det ved en eventuel fejkobling ikke vil forurene drikkevandet. Udover en øget forsyningssikkerhed, spares der energi ved at sænke trykket.



Figur 3 Fremtidig vandledningsnet – Nordhavn Etape 2 og 3.

2.4. Bygningsinstallationer

Alle ventiler, fittings og rør i bygninger skal være i PE materiale, i standard dimensioner. Derudover kræves et ombygningskit per cisterne, hvor metalholdige komponenter udskiftes med plast komponenter. Det er i anlægsoverslaget regnet med samme ombygningskit som benyttet i pilotprojektet (Geberit 242.542.00.1).

Jf. Målerbekendtgørelsen 563 (retsinformation.dk tilgået 23.01.2018), stilles der følgende krav til målere for koldt vand:

§ 5. I nybyggeri skal der installeres målere til måling af forbruget af koldt vand fra almen vandforsyning på ejendomsniveau. I nybyggeri skal vandinstallationen endvidere forberedes til installering af målere til måling af forbruget af koldt vand i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed.

Det antages at forsyning af sekundavand skal overholde samme krav som almindelig vandforsyning.

3. Økonomiske betragtninger

3.1. Omkostninger

3.1.1. Anlægsøkonomi

Ved beregning af den totale anlægsøkonomi er omkostninger inddelt i følgende kategorier:

- Indvinding, herunder boringer og vandværk
- Distribution, herunder ledninger, ventiler, pumpestationer og hovedvandmålere
- VVS-installationer i bygninger
- Individuelle vandmålere

Det er antaget at Nordhavn Etape 2 og 3 er fuldt udbygget i beregninger for vandforbrug.

I de økonomiske beregninger er der beregnet at HOFOR vil have omkostninger til installation af en hovedvandmåler per matrikel.

Omkostninger til VVS-installationer samt individuelle vandmålere betales af bygherre for de enkelte byggerier, og er medtaget for at give overblik over den totale økonomi.

Da det forventes at Nordhavn udbygges blokvis og af forskellige developere med forskellige materialeleverandører og entreprenører, er erfaringspriser for VVS-installationerne fra Saltskyl pilotprojektet anvendt uændret i opskaleringsberegningerne.

Priserne der er anvendt i anlægsoverslaget er oplyst i bilag 2 (Nordhavn data – økonomisk opskalering). Priser er inklusive materialer og montering.

Planlægning og rådgivning inklusive projektering og tilsyn er sat til 15% af anlægsomkostningerne.

Der er afsat 5% af anlægsomkostninger til byggeplads.

Endvidere er der afsat 15% til diverse uforudsete omkostninger.

Opsummering af anlægsomkostninger fremgår af Tabel 2.

Tabel 2 Opsummering af anlægsomkostninger for HOFOR og Developer

Opsummering Anlægsomkostninger			
HOFOR	Sekundavand Indvinding	15.540.000	kr.
	Sekundavand Distribution	42.302.105	kr.
	<i>Totale anlægsomkostninger HOFOR</i>	<i>57.842.105</i>	<i>kr.</i>
	Byggeplads, 5%	2.892.105	kr.
	Diverse uforudsete, 15%	8.676.316	kr.
	Rådgivning - Projektering og tilsyn, 15%	8.676.316	kr.
	Total investering HOFOR inkl. rådgivning	78.086.841	kr.
Developer	Sekundavand VVS	73.095.000	kr.
	Sekundavand Målere, per bolig	26.460.474	kr.
	<i>Totale anlægsomkostninger Developer</i>	<i>99.555.474</i>	<i>kr.</i>
	Totale anlægsomkostninger	177.642.315	kr.

3.1.2. Driftsudgifter

Der er antaget driftsudgifter jf. DANVA benchmarking for 2017 hvor gennemsnitlig driftsomkostninger for vandforsyninger inklusive indvinding og distribution er 4,34 kr. per solgt m³ vand. Dette ligger over indberettet driftsdata for HOFORs vandforsyning som er indberettet til 3,17 kr. per solgt m³ vand. Det antages at driftsomkostninger per m³ solgt sekundavand vil være højere end rentvand, da mængden solgt vand er væsentlig mindre. Dette kan justeres i Excel arket.

3.2. Prisen på vand i København

Prisen på vand i København 2018 er 38,65 kr./m³; vandprisens sammensætning fremgår af Tabel 3.

Ved beregning af pris per produceret m³ sekundavand til Saltskyl anvendes den gældende vandtakst for rentvand, nemlig 8,41 kr./m³, som referencepunkt.

Tabel 3 Vandprisens sammensætning, HOFOR 2018

Vandprisens sammensætning	
En m ³ (1.000 liter) koldt vand koster	
Priselement	Kr.
Vandtakst (Kr./m ³)	8,41
Vandafgift	6,18
Statslig afgift til kortlægning af vandressourcer	0,19
Spildevandstakst	16,14
Moms	7,73
I alt	38,65

Øvrige indtægter kommer fra tilslutningsbidraget der opkræves for indlægning af vandstik på en matrikel, som ikke tidligere har haft indlæg af vand. Der antages at der opkræves tilslutningsbidrag for sekundavand efter HOFORs gældende betalingsbestemmelser for drikkevand, listet i Tabel 4.

Der er antaget at der er 100 boligenheder/lejligheder per vandstik. For 15.000 boliger, bliver det i alt 150 stik i diameter ø50 mm. Dette kan ændres i Excel arket.

Det antages at bygherre betaler abonnement for hovedvandmåler for sekundavand jf. gældende betalingsbestemmelser for drikkevand. Gældende priser er listet i Tabel 5.

Tabel 4 Tilslutningsbidrag for vandstik København Kommune, HOFOR 1018

Diameter	ekskl. moms	inkl. moms
50	30.224	37.780
63	47.985	59.981
90	97.927	122.409
110	146.286	182.857

Tabel 5 Målerabonnement

Målerkapacitet	ekskl. moms kr.	inkl. moms kr.
2,5 m ³	384	480
6 m ³	920	1.150
10 m ³	1.528	1.910
15 m ³	2.288	2.860
Qn 40	6.112	7.640
Qn 65	9.928	12.410
Qn 100	15.304	19.130
150 mm og større	22.848	28.560

3.3. Levetid

Det er forudsat at installationer til Saltskyl vil have en levetid tilsvarende almindelig drikkevandsforsyning. Levetid for hovedkomponenter er fastlagt jf. Konkurrence og Forbrugerstyrelsens "Pris og Levetidskatalog for vandforsyning", som følger:

- Ledningsnet - City; 75 år
- Vandværk - konstruktioner; 50 år
- Vandværk - Mekaniske installationer/el-anlæg, pumper; 25 år
- Boringer; 30 år
- Pumper; 25 år
- Vandmåler; 6 år²

Der er anvendt en diskonteringsrente på 3,5 % i henhold til Vandsektorens lovsamling 2016 (DANVA 2016).

3.4. Vandpris

I henhold til ovenstående forudsætninger er det beregnet en vandtakst for sekundavand på 13,41 kr./m³. Det er 5 kr. per m³ dyrere sammenlignet med drikkevand. Det vil sige at indtægterne fra den producerede vandmængde, med vandtakst tilsvarende dagens drikkevandstakst på 8,41 kr./m³, ikke er tilstrækkelig for at dække udgifter til etablering samt drift af Saltskyl indenfor investeringsrammerne.

² Jf. HOFOR skal vandmåler udskiftes hver 6. år (<http://www.hofor.dk/vand/udskiftning-af-vandmaaler/> tilgået 23.01.2018).

Økonomiberegningerne viser at opskalering af Saltskyl vil blive dyrere for kunden ved forsyning kun til toiletskyl i Nordhavn etape 2 og 3. Derudover kommer kundens udgifter til ekstra VVS-installationer og vandmåler.

Til sammenligning, er HOFOR, i gang med at implementere blødgøringsanlæg på sine vandværker. Det forventes at blødgøring vil få taksten for rentvand til at stige med ca. 2 kr./m³.

Kunderne i Nordhavn vil ved blødgøring samt opskalering af Saltskyl i snit betale 7,11% mere for vandforsyning, i forhold til gældende vandpris 2018. Mens øvrige kunder i København vil komme til at betale 5,17 % mere ved blødgøring i forhold til gældende vandpris 2018.

Tabel 6 giver et overblik over vandtakst ved forskellige forsyningsscenarier, samt pris per person per år, med et antaget vandforbrug på 100 l/pers/døgn.

Tabel 6 Vandtakst og vandpris ved forskellige forsyningsscenarier

Vandforsyning	Vandtakst rentvand [DKK]	Vandtakst Saltskyl [DKK]	Pris/pers/år [DKK] (forbrug 100 l/pers/døgn)
Rentvand	8,41		1410,73
Saltskyl (25%) + rentvand (75%)	8,41	13,41	1456,32
Saltskyl uden vandafgift Saltskyl (25%) + rentvand (75%)	8,41	13,41	1354,33
Blødt vand	10,41		1483,73
Saltskyl (25%) + blødt vand (75%)	10,41	13,41	1511,07
Saltskyl/"Saltvask" (38%) + blødt vand (62%)	10,41	11,01	1446,79
Saltskyl uden vandafgift Saltskyl (25%) + blødt vand (75%)	10,41	13,41	1427,33

4. Diskussion

Taksten for sekundavandsforsyning er estimeret til at blive 5 kr. dyrere pr. m³, i fht. den nuværende alm. drikkevandsforsyning. Den enkelte kunde vil således skulle betale knap 50 kr. mere årligt for en vandforsyning hvor 25% udgøres af sekundavand. Ved indføring af blødgøring forventes differencen at være knap 30 kr.

Hvis der ikke opkræves vandafgift på sekundavand til Saltskyl, vil den enkelte kunde kunne spare 56 kr. årligt sammenlignet i fht. Den nuværende alm. Drikkevandsforsyning.

Det er forventeligt at der vil være en ekstraomkostning forbundet med etablering af en (ekstra) sekundavandsforsyning, som det er vist i nærværende rapport.

Hvis en sekundavandsforsyning skal indføres uden en forøgelse af vandprisen for kunderne, kan forskellige tiltag foretages:

- Øget distribution: ved brug af saltvand både til toiletskyl og tøjvask (tilsvarende omkring 38% af vandforbruget), hvilket vil kunne reducere sekundavandtaksten for saltvand til 11,01 kr./m³.

En stor fraktion af vandforbruget bruges til bad, omkring 46%. Det kan være svært at få social accept for anvendelse af sekundavand til bad, i Nordhavn, det er dog ingen sundhedsmæssige hensyn der taler imod dette.

- Bufferforsyning til sprinkleranlæg og brandhaner, f.eks. mod et årligt sprinklerabonnement. Det kunne i så tilfælde være hensigtsmæssigt at høre forsikringsselskaber om de har en holdning til brug af saltvand i sprinkleranlæg i boliger, i forbindelse med de videre undersøgelser.
- Der har været diskuteret om vandafgift kan undværes eller reduceres når der er tale om sekundavand, da der pt. ikke eksisterer et afgiftssystem for sekundavand. Hvis gældende afgiftssystem for drikkevand bibeholdes for sekundavand vil det, selv med forsyning til både toiletskyld og tøjvask, medføre en øget vandpris for kunden, i forhold til dagens pris for drikkevand.

Bortfald eller reducere af vandafgiften, som er 6,18 kr./m³ for rentvand, vil kunne muliggøre indføring af en øget vandtakst for at tilbagebetale investeringer i Saltskyl, uden at den samlede pris kunden betaler for vand øges i forhold til prisen for rentvand.

Hvis afgifter for sekundavand reduceres, i forhold til rentvand, kan der på denne måde forsynes sekundavand og rentvand omkostningsneutralt

Ved en fremtidig udarbejdelse af retningslinjer og takster for forsyning af sekundavand, kan afgiften på sekundavand (hvis man ønsker en udbredelse af sekundavandsforsyningen) således med fordel reduceres eller helt bortfalde.

5. Referencer

Miljøstyrelsen (2014)	Udredning om brug af sekundavand i Danmark
HOFOR (2013) a	Forundersøgelse af forsyning af saltholdigt grundvand til toiletskyl
HOFOR (2013) b	Værd at vide om individuelle vandmålere
DANVA (2017)	Vand i tal, DANVA statisk og benchmarking
Retsinformation.dk (2014)	BEK nr. 563 Målerbekendtgørelsen af: 04.06.2014
Konkurrence og Forbrugerstyrelsen (2016)	Pris og levetidskatalog for vandforsyning.
DANVA (2016)	Vandsektoren. Lovsamling 2016.

Bilag - Opskalering Input data

Celler hvor bruger kan definere data

Beskrivelse	Antal	Enhed
Indbyggerdata, etape 2 og 3 af Nordhavn		
Private/beboere	28.000	personer
Erhverv	21.000	personer
Antal boliger	15.000	stk
Antal boliger per vandstik	100	stk
Total vandforbrug	100	l/pers/døgn
Vandforbrug - Saltskyl		
Privat	25%	
	25	l/pers/døgn
	255.500	m3/år
Erhverv	15	l/pers/døgn
	114.975	m3/år
Total forbrug saltskyl	370.475	m3/år

VANDPRIS SALTSKYL		
Vandtakst	13,41	kr./m3
	4.966.761,50	kr./år
Statslig afgift	6,18	kr./m3
Vandpris	43,65	kr./m3

Opsummering Alægsomkostninger			
Sekundavand Indvinding - HOFOR	15.540.000	kr.	Hofo
Sekundavand Distribution - HOFOR	42.514.605	kr.	
Totale anlægsomkostninger HOFOR	58.054.605	kr.	
Byggeplads, 5%	2.902.730	kr.	
Diverse uforudsete, 15%	8.708.191	kr.	
Rådgivning - Projektering og tilsyn, 15%	8.708.191	kr.	
Total investering HOFOR inkl. Rådgivning og planlægning	78.373.716	kr.	
Sekundavand VVS - Developer	73.095.000	kr.	Developer
Sekundavand Målere, per bolig - Developer	26.460.474	kr.	
Totale anlægsomkostninger Developer	99.555.474	kr.	
Totale anlægsomkostninger	177.929.190	kr.	

SALTSKYL - beregning af vandtakst					
Anlægsudgift				I alt kr.	Total kr.
Boringer, inkl byggeplads,rådgivning og diverse				729.000	
Vandværk, inkl byggeplads,rådgivning og diverse				20.250.000	
Pumpestation, inkl byggeplads,rådgivning og diverse				2.025.000	
Distributionsnet,inkl byggeplads,rådgivning og diverse				55.012.500	
Hovedvandmåler,inkl byggeplads,rådgivning og diverse				357.216	
Anlægsudgift total					78.373.716
Årlige omkostninger	Antal	Enhed	á kr.	I alt kr.	Total kr./år
Anlæg:					
Rentefod	3,5	%			
Levetid vandmåler	6	år	357.216	67.038	
Levetid Pumpestation	25	år	2.025.000	122.865	
Levetid Boring	30	år	729.000	39.637	
Levetid vandværk - Mek./EL	25	år	10.125.000	614.325	
Levetid vandværk - konstruktioner	50	år	10.125.000	431.666	
Levetid ledninger/brønde/ventiler	75	år	55.012.500	2.083.279	
Årlig anlægsomkostning i alt				3.358.810	3.358.900
Drift og vedligeholdelse					
Forbrug per år	370.475	m³/år			
Drift/vedligehold produktion og distribution HOFOR (Danva benchmark 2017)	4,34	Kr./m3.			

Geometrisk højdetab		mVs			
Ledningstab pr. lbm		m/m			
Ledningstab		mVs			
Energiforbrug pr. m³ mVs		kWh/(m³*mVs)			
Energiudgift pr. kWh		kr/kWh			
Årlig energiudgift i alt				0	
Øvrig drift		kr/m³		0	
Vedligeholdelse		%	78.373.716	0	
Årlig drift og vedligeholdelse i alt					1.607.862
Årlige omkostninger total					4.966.762
Vandpris		kr/m³			13,41

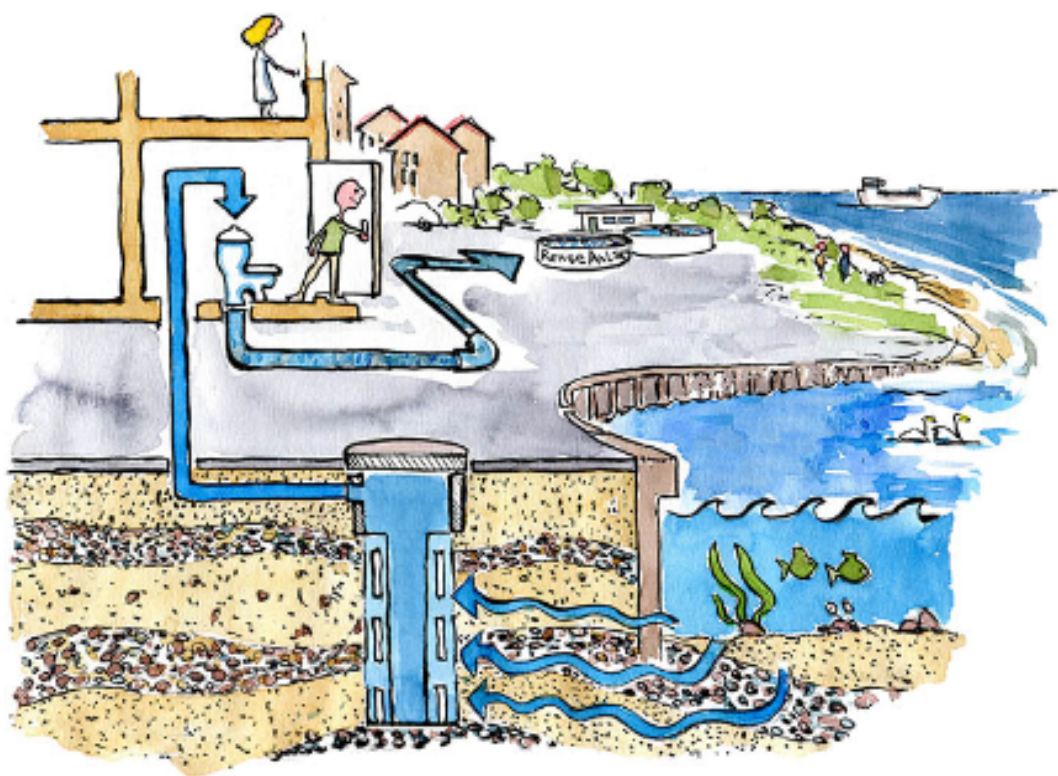
Beregning af Anlægsomkostninger, Nordhavn etape 2 og 3

Nr	Beskrivelse	Antal	Enhed	Enhedspris	Pris
1	Sekundavand - indvinding				
1.1	BORING				
	Forundersøgelse	1	stk	100.000	100.000
	Boring 15 m	2	stk	130.000	260.000
	Brønd	2	stk	40.000	80.000
	Dæksel	2	stk	50.000	100.000
	Total Sekundavand boring				540.000
1.2	VANDVÆRK				
	Vandværk, simpel behandling, 300.000 m3/år - konstruktioner	1	stk	15.000.000	15.000.000
	Vandværk, simpel behandling, 300.000 m3/år -Mek/EL				
	Total, Sekundavand indvinding				15.000.000
2	Sekundavand - distribution				
2.1	Pumpestation				
	Pumpestation, konstruktion	3	stk	100.000	300.000
	Pumpestation El/Mek	3	stk	300.000	900.000
	Pumpestation SRO	3	stk	100.000	300.000
	Totalt, pumpestationer				1.500.000
2.2	Hovedledning				
	Hovedledning inkl. Stik, stophaner og ventiler, etableres i samgrav med drikevand	7.200	lbm	4.250	30.600.000
	Hovedledning inkl. Stik, stophaner og ventiler, etableres i enkeltgrav	2.000	lbm	5.000	10.000.000
	Sektionsbrønd, konstruktion	1	stk	80.000	80.000
	Sektionsbrønd, El/Mek	1	stk	10.000	10.000
	Sektionsbrønd SRO	1	stk	60.000	60.000
	Total hovedledning				40.750.000
2.3	Hovedmåler				
	Ventiler	150	stk	337	50.476
4.2	Målere	150	stk	763	114.450
4.3	Forskrutninger	150	stk	46	6.900
4.4	Impuls	150	stk	311	46.579
4.5	Pulsopsamler	150	stk	308	46.200
	Total, hovedmåler				264.605
3	Sekundavand VVS-Installationer i bygninger				
3.1	VVS arbejde	15000	stk	4.040	60.605.526
3.2	Cisterner ombygningskit	15000	stk	833	12.489.474
	Total VVS omkostnigner i bygnigner				73.095.000
5	Sekundavand-måler per bolig (Enhedspriser svarende til Saltskyl pilotprojekt)				
5.1	Ventiler	15.000	stk	337	5.047.579
5.2	Målere	15.000	stk	763	11.445.000
5.3	Forskrutninger	15.000	stk	46	690.000
5.4	Impuls	15.000	stk	311	4.657.895
5.5	Pulsopsamler	15.000	stk	308	4.620.000
	Total, måler per bolig				26.460.474

Total omkostninger, saltskyl	114.820.078
Total omkostnigner HOFOR, saltskyl	58.054.605

SALTSKYL

Delrapport om LCA af saltskylsteknologi og -forsyning



Af Berit Godskesen & Martin Rygaard, DTU Miljø
2018

Rapport
2018

Af Berit Godskesen & Martin Rygaard

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse
Forside: Fritz Ahlefeldt
Udgivet af: Institut for Vand og Miljøteknologi, Bygningstorvet
Rekvireres: www.dtu.dk

Forord

Dette arbejde er udført i forbindelse med projektet 'Saltskyl', som er første gang en dansk forsyning (HOFOR) installerer en sekundavandsforsyning. Projektet er finansieret gennem Program for grøn teknologi, Miljøstyrelsen.

DTU Miljø, 2018

Berit Godskesen
Postdoc

Indhold

1.	Introduktion.....	5
2.	Metode for LCA, teknologi og forsyning af drikkevand og saltholdigt grundvand til toiletskyl.....	6
2.1	Livscyklusvurdering og miljøpåvirkningskategorier.....	6
2.2	Beskrivelse af teknologier og komplette forsyninger i projektet.....	8
2.3	Dataindsamling for saltskyls- og drikkevandsforsyning	8
2.4	Forbrug af vand og el på Kajplads 109.....	8
2.5	Følsomhedsanalyse	9
3.	Resultater og diskussion	10
3.1	LCA-resultatet af teknologisammenligningen.....	10
3.2	LCA-resultatet af de komplette forsyninger	12
3.3	Følsomhedsanalyse	13
4.	Konklusion.....	16
	Bilag 1.....	18

1. Introduktion

Denne rapport præsenterer en livscyklusvurdering af vandbehandlingsanlægget Saltskylsprojektet, som forsyner Nordhavnens Kajplads 109 med saltholdigt vand (sekundavand) til toiletskyl. Arbejdet omfatter sekundavandssystemet samt den konventionelle grundvandsbaserede drikkevandsforsyning i HOFOR.

Resultatet skal bruges til at evaluere og sammenligne miljøpåvirkningen af to forsyningssystemer med hinanden: 1) Saltskylssystemet: behandlet lokalt saltholdigt grundvand til anvendelse som toiletskyl og traditionelt drikkevandsforsyning til resterende formål. 2) Drikkevandssystemet: traditionelt drikkevandsforsyning til alle formål.

Resultatet skal også bruges til at vurdere om der er specifikke elementer af forsyningssystemet, der kan justeres eller optimeres for at forbedre systemet miljømæssigt.

I det følgende vil forkortelsen LCA (eng. Life Cycle Assessment) blive brugt om livscyklusvurdering.

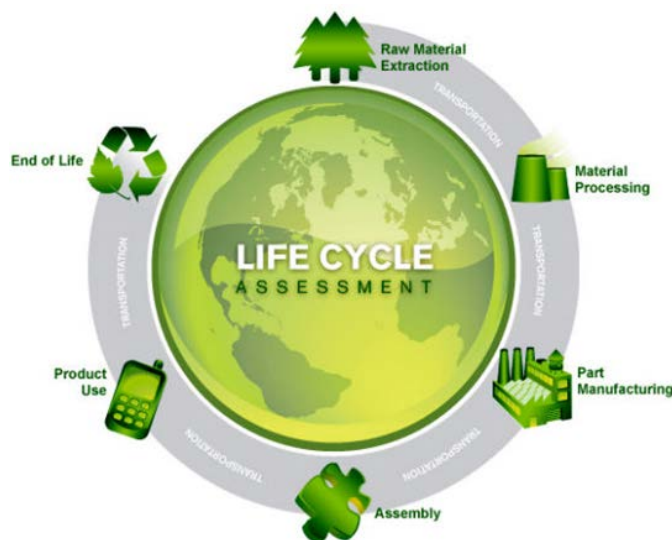
LCA er et omfattende og ofte anvendt beslutningsstøtteværktøj til miljøevaluering af forskellige systemer, herunder urbane vandsystemer. LCA er i stand til at evaluere systemer fra vugge til grav (Godskesen, 2012).

2. Metode for LCA, teknologi og forsyning af drikkevand og saltholdigt grundvand til toiletskyl

2.1 Livscyklusvurdering og miljøpåvirkningskategorier

LCA er en systematisk opgørelse af de kendte og kvantificerbare udvekslinger mellem miljøet og det system eller produkt, der miljøevalueres. Det vil sige, at alle input i form af materialer, kemikalier og energi indgår samt emissioner til miljøet fra systemet eller produktet startes til det bortskaffes eller recirkuleres ind i en ny livscyklus. Denne LCA af saltskylforsyning er udarbejdet efter ISO-standard 14044 (ISO, 2008), med den afvigelse at resultaterne er kvalitetssikret af forfatterne selv, og der er ikke anvendt et eksternt review-panel.

Projektet har taget udgangspunkt i den serviceydelse, som er en fuldskalainstallation af et system, der forsyner Kajplads 109 med sekundavand til toiletskyl. Metoden inddrager alle miljøudvekslinger og påvirkninger i systemets livscyklus fra vugge til grav. Det vil sige, analysen starter med råstoffer (sand, kobber, jern, aluminium, etc.), materialer (f.eks. gravemaskine) og komponenter (pumpe, forsyningsrør) til at bygge og etablere systemet, inkluderer driften af systemet og ender med bortskaffelse af de komponenter, der indgår i systemet (Fig. 1).



Figur 1. Livscyklus af et produkt eller en serviceydelse, der dækker alle processer fra vugge til grav fra 1) udvinding af råstoffer fra jorden, over 2) manufakturering af enkeltdele og samling af system eller produkt, til 3) driftsfasen og endeligt 4) bortskaffelse eller recirkulering af materialerne.

For en serviceydelse (f.eks. vandforsyningssystem) er det ofte i driftsfasen, der bruges en stor del energi og eventuelt kemikalier, som spiller ind på LCA-resultatet (Godskesen et al., 2017).

Når alle input og output er opgjort samles resultaterne i en livscyklusopgørelse, der er grupperet efter potentielle påvirkninger (påvirkningskategorier). Der er 3 overordnede områder af påvirkninger, som er miljøpåvirkninger, toksicitet og ressourceforbrug. I miljøpåvirkning samles for eksempel drivhuseffekt, forsuring, smogdannelse og næringssaltbelastning. I denne LCA er de udvalgte påvirkningskategorier nævnt i **Tabel 2-1**. Kategorier med kursiv og fed skrift er dem, der er vurderet vigtigst i denne LCA og anvendt i resultatafsnittet. Toksicitetskategorierne er ikke medtaget, da resultaterne viste høje påvirkninger for drikkevand i forhold til tidligere modellering i andet LCA-software. Det vurderes, at processerne anvendt her har urealistisk høje bidrag fra indhold af chrom i jern og stål, og dermed ikke er relevante.

Tabel 2-1. Påvirkningskategorier udvalgt til præsentation af resultater fra LCA af Saltskyls-projektet. Normaliseringsreferencen (Wolf et al., 2012) er det bidrag eller påvirkning en gennemsnitseuropæer årligt har i den givne påvirkningskategori.

Område	Påvirkningskategori	Enhed før normalisering	Normaliserings-reference
Miljø	Klimaforandring	CO₂-ækvivalenter	8,10E+3 kg
	Ozonnedbrydning, stratosfærisk	CFC-11-ækvivalenter	4,14E-2 kg
	Partikulær stof	PM_{2,5}-ækvivalenter	2,76 kg
	Ioniserende stråling	U ²³⁵ -ækvivalenter	1,33E+3 kBq
	Fotokemisk ozondannelse	NVOC-ækvivalenter	5,67E+1 kg
	Forsuring, terrestisk	H⁺-ækvivalenter	4,96E+1 mol
Toksicitet	Forsuring, akvatisk	SO ₂ -ækvivalenter	
	Eutrofiering, terrestisk	N-ækvivalenter	1,15E+2 mol
	Eutrofiering, ferskvand	P-ækvivalenter	6,2E-1 kg
	Eutrofiering, marin	N-ækvivalenter	9,38 kg
Ressourceforbrug	Næringssaltbelastning	NO ₃ ²⁻ -ækvivalenter	
	Human-toksicitet (non-cancer)	CTU _h (Comparative toxic unit)	1,10E-3
	Human-toksicitet (cancer)	CTU _h (Comparative toxic unit)	5,42E-5
Ressourceforbrug	Øko-toksicitet, ferskvand	CTU _e (Comparative toxic unit)	6,65E+2
	Elementer/grundstof	Sb-ækvivalenter	3,43E-2 kg
	Fossil	Energi-ækvivalenter	6,24E+4 MJ

Efter at have opgjort påvirkningerne per påvirkningskategori normaliseres resultaterne, dvs. de sættes i forhold til en fælles reference for hver kategori. I dette studie sættes de i forhold til den årlige påvirkning for én gennemsnits person i Europa (tabel 1). Herved omdannes det normaliserede resultat til den såkaldte personækvivalent (eng. person equivalent med enheden PE).

Denne LCA er modelleret i EASETECH 2017, som er et software udviklet på DTU Miljø. Der er anvendt lokale (selvopstillede) og europæiske processer fra EcoInvent databasen (Ecoinvent, n.d.). Den anvendte metode (life-cycle impact assessment) er udviklet af EU-Kommissionens Joint Research Center (JRC), og følger the International Reference Life cycle Data System Handbook (Wolf et al., 2012) og er integreret i EASETECH. Metoden er senest opdateret i 2013.

Denne rapport følger ISO 14044, og gennemgår Livscyklusvurderingens 4 stadier: 1) Definition af mål (Goal & Scope, funktionel enhed og afgrænsning), 2) Dataopgørelse (Inventory analysis), 3) Vurdering af påvirkninger (impact assessment) og 4) Fortolkning (Interpretation of results).

2.2 Beskrivelse af teknologier og komplette forsyninger i projektet

LCA omfatter teknologierne alene og de komplette forsyninger. Med teknologier mener vi, saltskylsanlægget som leverer vand til toiletskyl og drikkevandsforsyning, som leverer vand til alle vandforbrugende formål.

De komplette forsyninger defineres som:

- Saltskylssystemet: behandlet lokalt saltholdigt grundvand til anvendelse som toiletskyl og traditionelt drikkevandsforsyning til resterende formål (2-strengt system)
- Drikkevandssystemet: traditionelt drikkevandsforsyning til alle formål (1-strengt system)

2.3 Dataindsamling for saltskyls- og drikkevandsforsyning

I bilag 1 er en oversigt over de data som indgår i LCA'en. Data er hentet fra HOFOR, leverandør af saltskylssystemet (Krüger) og aflæsninger af el- og vandforbrug i perioden september 2017 til april 2018. Alle data er opgjort per m³ vand leveret over hele systemets levetid. 1 m³ leveret vand er dermed den funktionelle enhed i analysen.

2.4 Forbrug af vand og el på Kajplads 109

HOFOR har estimeret Vandforbrug til toiletskyl i Nordhavnen til at udgøre 17% af det samlede vandforbrug (HOFOR, n.d.). Aflæsninger af det faktiske vandforbrug i Kajplads 109 for perioden september 2017 til april 2018 har dog vist at en større andel af brugsvandet (29%) anvendes til toiletskyl. Vandforbruget til toiletskyl (29%) er brugt i resultatafsnittet til at beregne miljøpåvirkningen af den komplette forsyning (Fig. 3-3).

I samme periode har vi aflæst el-forbruget for saltskylsanlægget og fundet at det udgør 0,7 kWh per m³ distribueret vand til toiletskyl. En sammenligning med tidligere resultater fra andre vandforsyningssystemer viser at saltskyls-systemet har et lavere el-forbrug end fx afsaltning eller lokal recirkulering (tabel 2-2).

Tabel 2-2. Oversigt over el-forbrug i Saltskylsystemet og lignende systemer

System	El-forbrug (kWh/m³)	Reference
Saltskyl	0,69	denne rapport
Drikkevandssystem, HOFOR	0,28	denne rapport, 2015 data
Nye, Aarhus Vand	0,32-1,3	(Farago, 2017)
Afsaltning, sekundavand	1,9	(Rygaard et al., 2014)
Grundfos sekundavand	3,1	
Regn og vejvandsopsamling	0,90	(Godskesen et al., 2013)

2.5 Følsomhedsanalyse

Vi har i projektet vurderet at 3 parametre er mest følsomme overfor at ændres i nær fremtid eller være overdimensioneret ved projektstart.

Vi ved at el-mix vil ændre sig i fremtiden, da der er målsætninger om at gøre elforsyningen grønnere. Derfor har vi undersøgt hvilken betydning det har at fremskrive el-mix til år 2020, hvor 76% forventes at være elektricitet fra vindkraft, knap 15% at være fra fossile kilder og resten fra fornybare kilder (sol og vandkraft).

Derudover er anlægget overdimensioneret, blandt andet pga. uvished om det reelle forbrug af saltskyl. Vi har testet robustheden ved at antage anlægget er materialemæssigt overdimensioneret med en faktor 2 og 3.

Over de seneste år er der sket en energioptimering af pumper i blandt andet drikkevandssystemer. Vi har undersøgt hvad det betyder hvis pumperne bliver 25 til 50% mere el-effektive.

3. Resultater og diskussion

I det følgende præsenteres og diskuteres resultaterne for de rene teknologier (saltskyl og drikkevand), det vil sige en sammenligning af de to teknologier. Derefter præsenteres resultater for de komplette forsyninger. Resultaterne efterfølges af resultatet fra følsomhedsanalysen. En oversigt af data, der indgår i LCA-en fremgår af bilag 1.

3.1 LCA-resultatet af teknologisammenligningen

Teknologierne drikkevand og saltskyl

Resultatet fra livscyklusvurderingen er her vist for de rene teknologier, dvs. udelukkende forsyning af 1 m³ drikkevand eller saltskyl (Fig. 3-1).

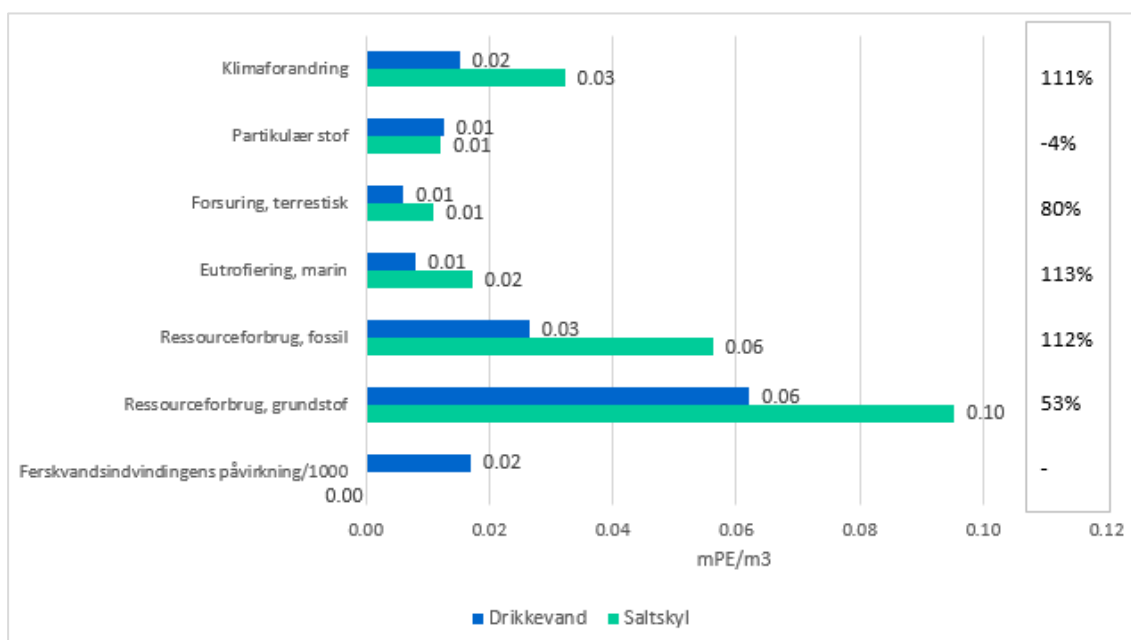


Figure 3-1. Resultat fra LCA af de rene teknologier: Drikkevand (grundvandsindvinding til drikkevandsforsyning baseret på HOFOR-data) og Saltskyl (kystnær grundvandsboring som forsyner toiletter i Kajplads 109 med saltholdigt behandlet grundvand). Bemærk, ferskvandsindvindings påvirkning er /1000. Forskellen fra drikkevandsteknologi til saltskyl er angivet i procent.

Saltskylsteknologien har en 53 til 113% højere miljøpåvirkning end drikkevand i 5 ud af 7 påvirkningskategorier. Saltskyl har lavere påvirkning i to kategorier; Partikulær stof (-4%), som er høj for drikkevand primært pga. støbejern i forsyningsnettet, og Ferskvandsindvindings påvirkning, som er nul for saltskyl, da det indvundne vand har et højere saltindhold end den traditionelle ferskvandsressource (grund- og overfladevand).

LCAen kan fortælle hvilke processer, der bidrager til miljøpåvirkningen for de to teknologier (saltskyl og drikkevand) (Fig. 3-2).



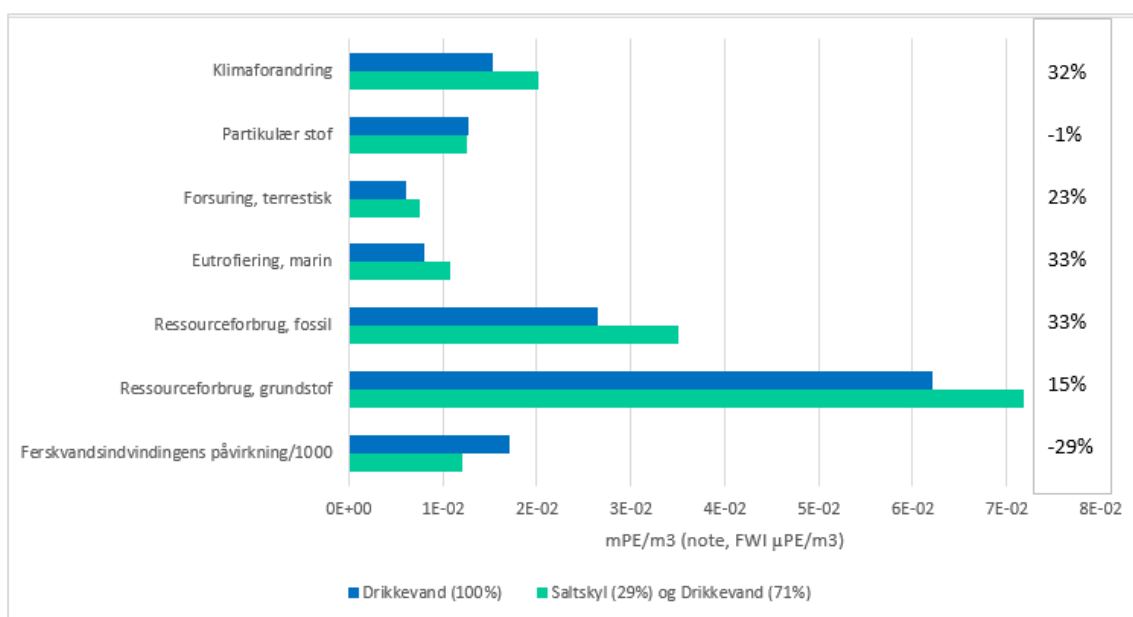
Figure 3-2. Bidragsanalyse opgjort for påvirkningskategorierne fra LCAen, der viser hvilken proces i forsyningskæden bidraget stammer fra.

For drikkevand er bidrag til miljøpåvirkningskategorierne fordelt over alle processerne fra indvinding på kildeplads, over behandling på vandværk til distribution hos Kajplads 109. I drikkevandssystemet er el-forbruget aflæst ved hver proces (kildeplads, vandværk, distribution), da der sidder separate målere. For saltskylsystemet er der kun én el-måler, og derfor indgår el-forbrug som sin egen proces. El-forbruget er højere for saltskyl (0,69 kWh/m³) sammenlignet med traditionelt drikkevand fra grundvand (0,28 kWh/m³). El-data for drikkevand er baseret på 2015-tal, men der er siden

dengang forventet en stigning i elforbruget som vil fortsætte fremover i takt med at HOFOR indfører nye el-krævende processer i vandbehandling som f.eks. UV-behandling og central blødgøring.

3.2 LCA-resultatet af de komplette forsyninger

I Figur 3-3. er LCA-resultatet for de komplette forsyninger vist. De komplette forsyninger er opdelt i forsyning af 100% drikkevand og den faktiske forsyning af Kajplads 109 med 29% saltskyl og resten (71%) drikkevand. Det bemærkes, at målingen af forbruget til toiletskyl og andre brugsformål er foretaget i perioden september til april, og der kan være sæsonvariationer vi ikke får med. Denne målte periode kan have et forholdsmæssigt lavere forbrug til andre brugsformål, da den ikke indeholder sommerperioden, hvor forbrug til bad og vanding kan være højere.



Figur 3-3. LCA-resultat opgjort som den komplette forsyning af Kajplads 109 med et scenarie som viser hvad miljøpåvirkning er ved ren drikkevandsforsyning og et andet der viser miljøpåvirkning af forsyning med saltskyl og drikkevand. Forskellen fra drikkevandsforsyning til saltskyl er vist til højre i procent.

Ligesom resultatet for de rene teknologier (Fig. 3-1.) viser resultaterne for den komplette forsyning med 100% drikkevand og saltskyl med hhv. 29 og 71% saltskyl og drikkevand at saltskyl har en højere miljøpåvirkning end drikkevand i de fleste påvirkningskategorier. Forskellen fra drikkevandsforsyning til saltskylsforsyning er fra -1 til 33%. Forskellen udjævnes på de to komplette forsyninger (Fig. 3-3.) i forhold til de rene teknologier, hvor forskellen fra drikkevandsteknologi til saltskyl ligger fra -4 til 113%) (Fig. 3-1.).

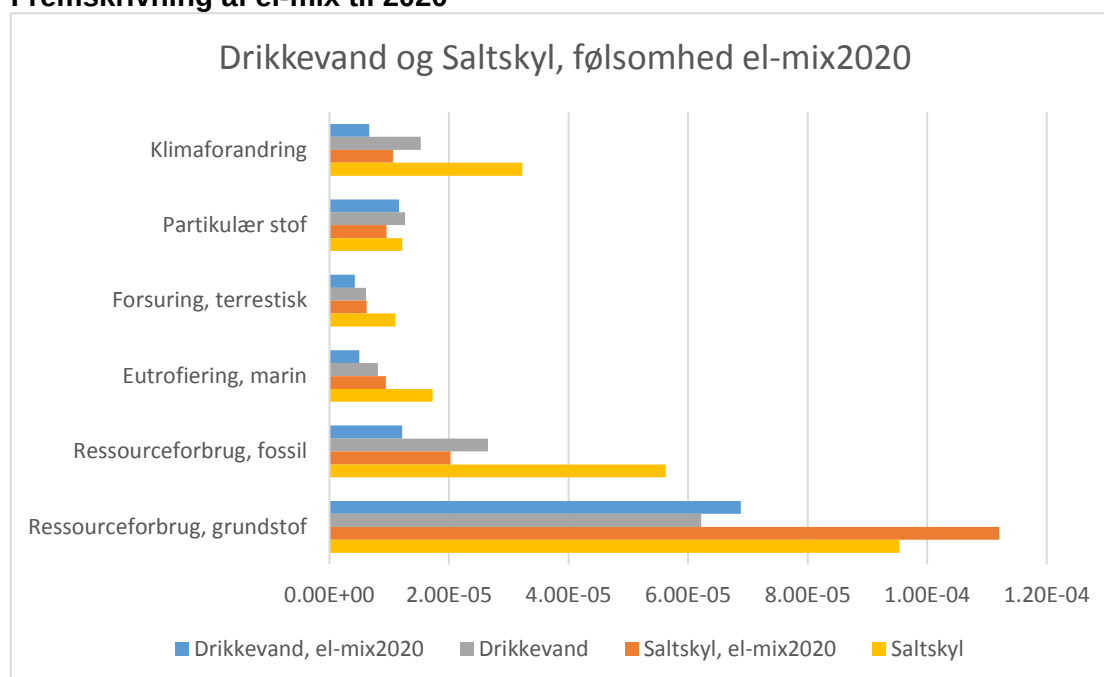
Også for de komplette forsyninger har saltskyl en lavere påvirkning i to kategorier; Partikulær stof og Ferskvandsindvindings påvirkning (-29%).

For begge forsyninger ses at ressourceforbruget markerer sig som det største bidrag (når der ses bort fra ferskvandsindvindingen). Ressourceforbruget er tæt knyttet til infrastrukturen og materialeforbruget, herunder især stål.

3.3 Følsomhedsanalyse

I følsomhedsanalysen vurderes betydningen af udsving i de parametre, som forventes at kunne ændre sig i fremtiden eller som er specielt høje som følge af et overdimensioneret saltskylsanlæg.

Fremskrivning af el-mix til 2020



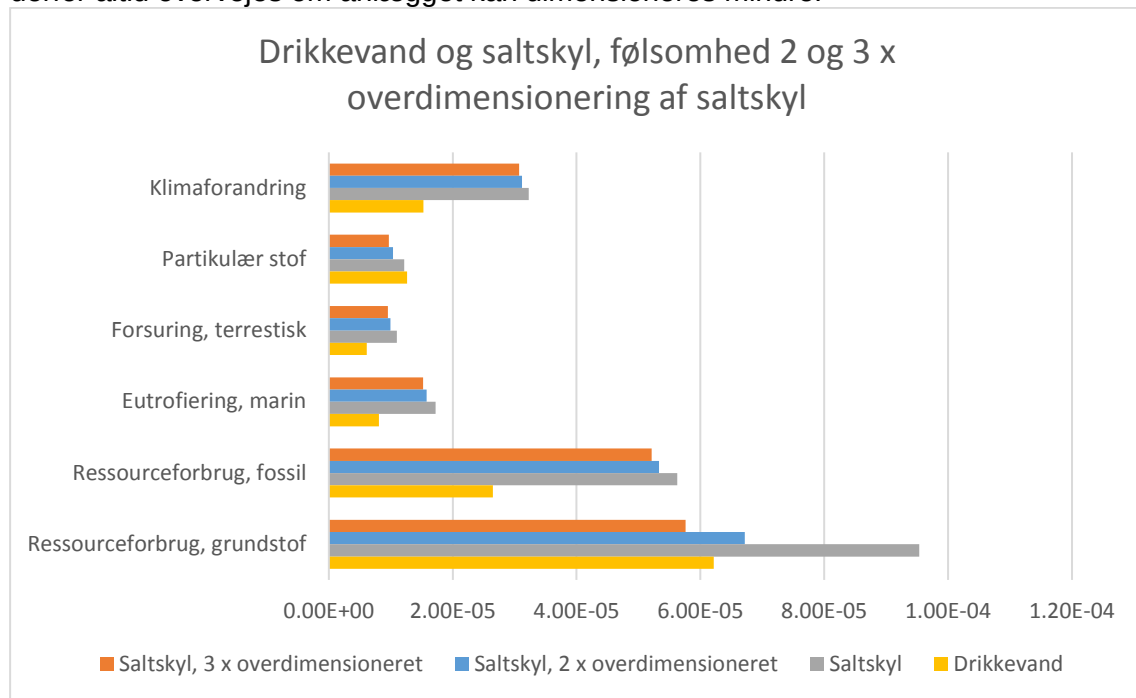
Figur 3-4. Følsomhedsanalyse af LCA-resultat, hvor el-mix er fremskrevet til 2020-scenarie.

Når el-mix fremskrives til den forventede sammensætning i 2020 reduceres Saltskylsteknologiens klimapåvirkning med 67% og til sammenligning reduceres drikkevandsteknologien med 56%. Reduktionen er højest for saltskyl, da denne forsyning bruger mere el og dermed er kraftigere påvirket af et ændret el-mix. Forskellen på saltskyl og drikkevand i påvirkningskategorien Klimaforandring reduceres til 17% med el-mix 2020, i modsætningen til forskel på 111% med dagens el-mix. For de komplette forsyninger af drikkevand og saltskylsforsyning vil forskellen være yderligere udjævnet.

Det bemærkes at påvirkningskategorien Ressourceforbrug, grundstof får en højere værdi med el-mix 2020. Den højere påvirkning kommer fra den øgede andel af vindenergi i el-mix 2020 og skyldes, at recirkulering af materialer til etablering af vindmøller ikke er inddraget. Det er her ikke undersøgt i hvor høj grad ressourcerne recirkuleres. Det forventes at med et øget fokus på at recirkulere materialer i vindmølleindustrien, vil den øgede andel af vindenergi ikke have samme negative effekt på ressourceforbruget.

Overdimensionering af saltskylsanlæg

I 'Overdimensionering af anlæg' har vi antaget at anlægget materialemæssigt er overdimensioneret med en faktor 2 og 3. Det har en væsentlig indflydelse på især påvirkningskategorien Ressourceforbrug, grundstof. Det er primært den mindre andel af stål (sandfilter-beholder) i anlægget, som gør at påvirkningen reduceres. Det bør derfor altid overvejes om anlægget kan dimensioneres mindre.

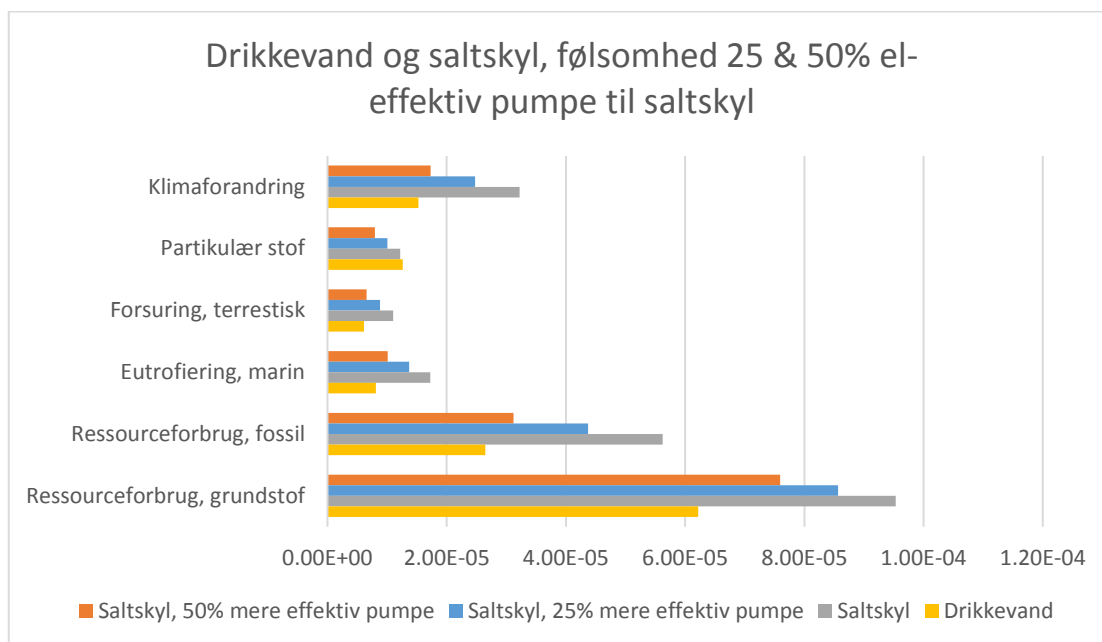


Figur 3-5. Følsomhedsanalyse af LCA-resultat, hvor saltskylsanlægget betragtes overdimensioneret med en faktor 2 og 3.

Det bemærkes også, at Klimaforandringer er stort set uændret, hvilket skyldes at elforbruget er det samme per m³.

Mere el-effektiv pumpe til saltskylsanlæg

Hvis pumpen til saltskyl bliver 25 eller 50% mere el-effektiv vil påvirkningen af især Klimaforandring reduceres med hhv. 23 og 46% (Fig. 3-6). De andre kategorier reduceres ligeledes da en andel af deres bidrag kommer fra el. Hvis pumpen kan el-effektiviseres med 50% er saltskyl kun en anelse højere end drikkevand på de fleste af påvirkningskategorierne og lavere på Partikulær stof og Øko-toksicitet. Dette viser at det primært er det højere el-forbrug i saltskylsforsyning (0,69 kWh/m³) i forhold til drikkevand (0,28 kWh/m³), der er årsag til den højere miljøpåvirkning for saltskyl. For de komplette forsyninger er forskellen mellem saltskyl og drikkevand kun 4% (resultater ej vist).



Figur 3-6. Følsomhedsanalyse af LCA-resultat, hvor pumperne i saltskylsanlægget betragtes mere el-effektive end i dag.

4. Konklusion

I livscyklusvurderingen har vi undersøgt det etablerede system for forsyning af saltholdigt grundvand i Nordhavnen, Kajplads 109 (saltskylssystemet). I perioden september 2017 – april 2018 har vi indsamlet data for elforbrug og vandforbrug (både saltskyl og øvrigt forbrug med drikkevand i bygningen). Derudover har vi anvendt data fra indkøb og etablering af Saltskylsanlægget.

Forud for etablering af systemet havde HOFOR en forventning om at i moderne nyetablerede beboelsesområder, vil forbrug af vand til toiletskyl være 17%. I dette system har det vist sig at være væsentligt højere med 29% i perioden september 2017 – april 2018.

LCA-resultatet viser, at forsyning af Kajplads 109 med saltskyl til toiletskyl generelt har en lidt højere miljøpåvirkning end drikkevand i de fleste påvirkningskategorier (Klimaforandring 32%, Forsuring 23%, Eutrofiering 33% og Ressourceforbrug 15-33%), men lavere i kategorien Partikulær stof (-1%) og især lavere i kategorien Ferskvandsindvindingspåvirkning (-29%). Forskellen på de to komplette forsyninger er mindre end for de rene teknologier (fra -4 til 113%) og nærmer sig et niveau, hvor forskellene udjævnes, men er lidt højere for saltskylsforsyningen. Miljøpåvirkningen er især mindre for saltskyl i påvirkningskategorien Ferskvandsindvindings påvirkning. Det bør derfor overvejes om Ferskvandsindvindings påvirkning, kan være vægtige nok til at argumentere for at man vælger saltskyls-systemer i nyetablerede kystnære boligområder, for at lette på grundvandsindvindingen, – især da forskellen i de øvrige kategorier udjævnes.

I forbindelse med indsamling af data fra det opførte saltskylssystem erfarede vi at elforbruget til indvinding, behandling og distribution af saltholdigt grundvand til toiletskyl i perioden september 2017 til april 2018 gennemsnitligt er 0,7 kWh/m³. Dette er forholdsvis lavt, da lignende systemer er fundet til at have elforbrug i intervallet 0,3 – 3,1 kWh/m³. Elforbruget i Saltskylsteknologien er dog fortsat højere end centraliseret grundvandsbaseret drikkevand (0,3 kWh/m³). Som nævnt under følsomhedsanalysen har elforbruget stor indflydelse på resultatet og derfor er det vigtigt at etablere systemet med mest mulige effektive elforbrug.

Følsomhedsanalysen viser, at el-mix har stor betydning for CO₂-emissionen per m³ leveret vand og ved fremskrivning til el-mix 2020 reduceres forskellen på drikkevand og saltskylssystemet fra 111% til 17% for påvirkningskategorien Klimaforandring. Den viser også at det er vigtigt at dimensionere systemet, så det består af færrest mulige materialer, da det har en stor indflydelse på resultatet i påvirkningskategorierne Ressourceforbrug. Følsomhedsanalysen viser yderligere, at det primært er det højere elforbrug for forsyning med saltskyl (0,69 kWh/m³) i forhold til drikkevand (0,28 kWh/m³), der er årsag til den højere miljøpåvirkning for saltskyl. En eventuel effektivisering af elforbruget på 50% er der kun en mindre forskel (4% for Klimaforandring) i miljøpåvirkningen af de to forsyninger (saltskyl og drikkevand).

Referencer

- Ecoinvent, n.d. Ecoinvent database [WWW Document]. URL <https://www.ecoinvent.org/> (accessed 5.23.18).
- Farago, M., 2017. Life cycle assessment and eco - efficiency evaluation for planning of a new urban water system with rainwater use in Nye , Aarhus.
- Godskesen, B., 2012. Sustainability evaluation of water supply technologies.
- Godskesen, B., Hauschild, M., Rygaard, M., Zambrano, K., Albrechtsen, H.-J., 2013. Life-cycle and freshwater withdrawal impact assessment of water supply technologies. *Water Res.* 47. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.005>
- Godskesen, B., Meron, N., Rygaard, M., 2017. LCA of drinking water supply, Life Cycle Assessment: Theory and Practice. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_33
- HOFOR, n.d. Saltskylsprojektet [WWW Document]. URL <https://www.hofor.dk/baeredygtige-byer/udviklingsprojekter/saltskyl/> (accessed 5.23.18).
- ISO, 2008. Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Krav og vejledning Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.
- Rygaard, M., Godskesen, B., Jørgensen, C., Hoffmann, B., 2014. Holistic assessment of a secondary water supply for a new development in Copenhagen, Denmark. *Sci. Total Environ.* 497–498, 430–439. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.078>
- Wolf, M.-A., Pant, R., Chomkham Sri, K., Sala, S., Pennington, D., 2012. The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook, European Commission. JRC references reports. <https://doi.org/10.2788/85727>

Bilag 1

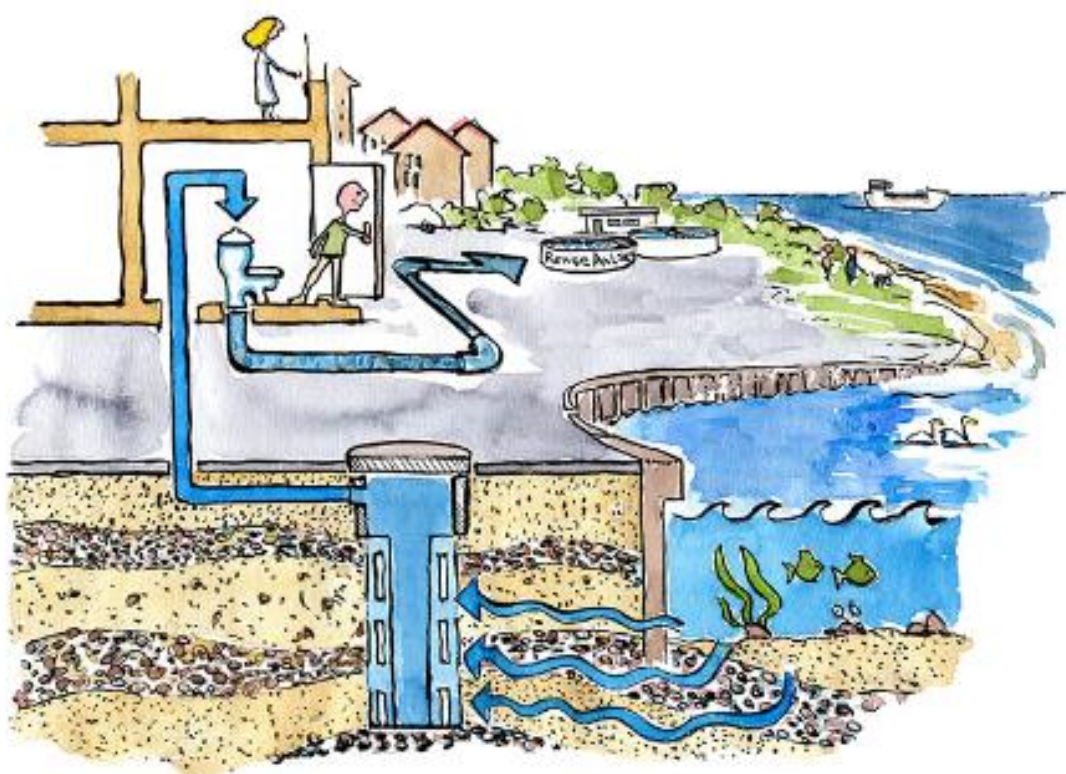
Oversigt over de primære data, som indgår i LCA-en. Tal er angivet per m³ vand (saltholdigt grundvand eller drikkevand).

	Enhed	Saltskylssystemet	Drikkevandssystemet
Kildeplads			
Pumpe	kg/m ³	0.00009140	0.0000044
Beton	kg/m ³	0.00029081	0.000028
Diesel olie (opgravning)	kg/m ³	0.001757326	0.0000846
Plastic (rør), PVC	kg/m ³		0.00011
Plastic (rør), PE	kg/m ³	0.00114247	0.00048
Stål rustfri	kg/m ³		0.00014
Vand (grundvand)	kg/m ³	5.539247273	0.4
HCl (etablering af boring)	kg/m ³	0.003877473	0.00028
Vandværk			
Beton	kg/m ³		0.005446
Stål rustfri	kg/m ³	0.000558356	0.00032676
Mursten	kg/m ³		0.000272
Silica sand (filter)	kg/m ³	0.00139589	0.011128
Diesel (udgravning vandværk)	kg/m ³		1.55792E-05
Pumper	kg/m ³		0.000016
Natrium hypochlorite (NaOCl)	kg/m ³		0.000002
PE (belufter og hydrofor)	kg/m ³	0.000604886	
Distributionsrør			
Jern	kg/m ³		0.010785518
PE	kg/m ³	0.0018	0.000325894
Beton	kg/m ³		0.002528027
Elektricitet			
El (indvinding)	kWh/m ³		0.094
El (behandling)	kWh/m ³		0.161
El (distribution)	kWh/m ³		0.02
El (total)	kWh/m ³	0.693	0.275

SALTSKYL

Sub-report on

Microbial water quality of toilet water flushed with salt water



Rapport
2018, 19. august

Carson Lee & Hans-Jørgen Albrechtsen

Udgivet af:	Institut for Vand og Miljøteknologi, Bygningstorvet
Rekvireres:	www.dtu.dk
ISSN:	[0000-0000] (elektronisk udgave)
ISBN:	[000-00-0000-000-0] (elektronisk udgave)
ISSN:	[0000-0000] (trykt udgave)
ISBN:	[000-00-0000-000-0] (trykt udgave)

Table of Contents

1.	Introduction	5
2.	Material and Methods	6
2.1	Sampling	6
2.2	Selection of sampled apartments.....	6
2.3	Analysis.....	7
3.	Results and discusion	9
3.1	Microbial water quality of potable water compared to salt water	9
3.2	Effect of stagnation - occupied compared to non-occupied apartments.....	11
3.3	Microbial water quality from raw water to the toilet.....	13
3.4	Chemical analysis	14
3.5	Aesthetics	16
4.	Overall water quality and Conclusions.....	17
	Appendix	19

1. Introduction

This report contains the results of microbial and chemical water quality analysis carried out as part of the 'Saltskyl' project. The Saltskyl project is a pilot project with HOFOR that has started using non-potable brackish groundwater to flush toilets in a new apartment building. The project is testing the concept of using safe but alternative water sources for non-potable water uses in order to ease the overall demand for potable water. The pilot project supplies 95 apartments at Kajplads 109 in Nordhavn, with brackish well water that is aerated and filtered before being used to flush toilets.

The salt water to be used for toilet flushing may have other chemical and microbial constituents than tap water and may therefore behave differently. This could include higher levels of organic carbon, iron or manganese, which could lead to discoloring of the water or staining of the toilet bowl, higher hardness which could lead to precipitation. Growth of microorganisms could also result in discoloring or smell. Furthermore, the composition of the saltwater may support the growth of unwanted microorganisms. Such problems could be accentuated by long stagnation of the water in the toilet bowl, leaving time for microbial growth, e.g. when the apartment is non-occupied, or during weekends or holiday periods where the apartment is empty.

Therefore, the overall aim of this work package was to evaluate the microbial and chemical quality in the water system supplied with salt water. This included establishing a baseline which involved sampling toilets in several apartments before salt water use was started and to be compared to several sampling campaigns where toilets were sampled after salt water use was started. The inlet and outlet of the saltwater treatment system was also sampled to ensure the salt water is not contaminated at the source.

2. Material and Methods

2.1 Sampling

Water samples were collected over a period of 15 months and involved four different sampling campaigns. A summary of the sampling days, sampling locations, and other parameters are found in Table 1A in the Appendix. An initial sampling campaign in April 2017 collected samples from toilets before the salt water system was introduced (normal potable water), and served as a baseline to be compared with the salt water results. Samples collected during this time were from an occupied apartment, and an apartment that was being renovated. The renovated apartment had two toilets, both of which were sampled.

With few exceptions, all toilets were sampled the same way. This was in order to maintain consistency for all samples. The toilets were sampled twice for each sampling event. This consisted of a non-flushed and a flushed sample. The first sample collected for each toilet was without flushing, and was collected directly from the toilet bowl. To sample, a sterile 50 mL syringe was used to collect approximately 400 mL of water from the toilet bowl. The water was collected and stored in washed and autoclaved 500 mL blue cap jars. Due to access problems to the toilet's cistern, it was not possible to sample directly from the cistern. Water was indirectly collected from the cistern by slowly flushing the toilet and directly filling the sample bottle from water as it was entering the toilet. Approximately 400 mL was collected with clean and autoclaved 500 mL blue cap bottles.

All samples for microbial analysis were kept cool during storage and transport to DTU for analysis. All samples, except samples collected on the 12th of June, were immediately brought back to DTU for analysis. The samples collected on the 12th of June were kept on ice and analyzed the next day. All samples were analyzed within 24 hours complying with standard methods for plate counts (Clesceri et al., 1995). Chemical samples were collected on June 25th and 26th, 2018 and analyzed by DTU Environment. Samples for chemical analysis were collected for the raw and treated salt water, and from two toilets in the apartment building. Samples were collected in the same manner as the flushed samples for the microbial analysis.

2.2 Selection of sampled apartments

HOFOR and DEAS had arranged for the initial sampling in April 2017, which consisted of one occupied apartment and one non-occupied apartment with two toilets. Corpus Development and DEAS helped arrange the second sampling campaign in March and May of 2018. In March, two non-occupied apartments were sampled along with the inlet and effluent of the saltwater treatment system. In May, one occupied apartment was sampled. It should be noted that it can be difficult to get people to agree to come into your home to take your toilet water. DEAS suggested to make a flyer and arrange with the janitor to distribute them in the occupants mailboxes. This was done and the flyers were distributed to the mailboxes on June 7th (Figure 1A Appendix). Occupants from six apartments volunteered, although one of the occupants was not available during sampling. The toilet in the basement was also sampled along with the inlet and outlet to the saltwater treatment system. In order to get the largest response possible and make it as easy as possible for the volunteers, samples were collected on the evening of June 12th, and the morning of June 13th. The samples were stored on ice and all samples were analyzed within 24 hours.

2.3 Analysis

2.3.1 Kimtal (Heterotrophic plate counts)

Heterotrophic plate counts (HPC) are a widely used method used to estimate the number of live heterotrophic bacteria in water samples that are capable of forming colonies (Reasoner, 1990). The results are reported in colony forming units (CFU) per mL. Although widely used as an indicator of it should be noted that only a small fraction of the bacteria in the sample is able to grow on the growth media, and that this fraction can vary greatly (Allen et al., 2004). The Kimtal plate counts use a high nutrient yeast agar and are incubated at 20 °C for 72 hours and 37 °C for 48 hours. Generally, samples are analyzed in triplicates at several dilutions, but due to the large preparation time and number of plates required for each sample, different dilutions and replicates were prepared based on previous experience and expected results. A complete list of the samples, dilutions, replicates, incubation temperatures, and incubation times is shown in Table 1. Sample collection, storage, and analysis correspond to standard method 9215 B (Clesceri et al., 1998) and ISO 6222. All samples were analyzed in triplicate for the initial sampling campaign where potable water was used for toilet flushing, and in duplicates for all subsequent samples where the toilets were flushed with salt water.

Table 1: Analysis details for all microbial water parameters measured. Potable water refers to the initial sampling campaign where the toilets were flushed with potable water, and salt water refers to all subsequent campaigns where toilets were flushed with salt water.

Analysis	Method	Replicates (potable water)	Dilutions (potable water)	Replicates (salt water)	Dilutions (salt water)	Incubation time	Incubation temperature
Kimtal (20 °C)	Plate counts using yeast extract media	Triplicates	No dilutions	Duplicates	10 ⁻²	68 ± 4 hours	20 °C
Kimtal (37 °C)	Plate counts using yeast extract media	Triplicates	No dilutions	Duplicates	10 ⁻²	44 ± 4 hours	37 °C
R2A	Plate counts with R2A media	Triplicates	10 ⁻¹ , 10 ⁻² 10 ⁻³	Duplicates	10 ⁻³	14 days	20 °C
Aeromonas	Plate counts with Lab 167 media	Triplicates	10 ⁰ , 10 ⁻¹	Duplicates	10 ⁻¹	21 ± 3 hours	37 °C
Total coliforms and E. coli	Colilert	No replicates	No dilutions	No replicates	No dilutions	20 ± 2 hours	37 °C
Pseudomonas Aeruginosa	Psuedalert	No replicates	No dilutions	No replicates	No dilutions	26 ± 2 hours	37 °C

2.3.2 R2A (Low nutrient agar plate counts)

Heterotrophic plates counts were also conducted using the low nutrient media, R2A. The R2A media is better suited to samples from low nutrient environments such as drinking water (Uhl and Schaule, 2004), or in this case, also toilet water. As with the Kimtal 22 and Kimtal 37, the sample collection, storage and analysis correspond to standard method 9215 B (Clesceri et al., 1998). Previous research has shown that an incubation period of 7 to 14 days is required with the R2A agar (Albrechtsen, 1998; Corfitzen and Albrechtsen, 2010; Lee et al., 2015), and as such, all reported R2A values are for 14 days. All samples were analyzed in triplicate for the initial sampling campaign where potable water was used for toilet flushing, and in duplicates for all subsequent samples where the toilets were flushed with salt water.

2.3.3 *Aeromonas* sp.

Aeromonas can grow and be transmitted in drinking water and includes pathogenic species (Borchardt et al., 2003). Plate counts for *Aeromonas* were done using the highly selective medium, Lab 167, which was incubated at 37 °C for 18-24 hours. Suspected *Aeromonas* colonies were not confirmed using manufacturers methods. All samples were analyzed in triplicate, for the initial sampling campaign were potable water was used for toilet flushing, and in duplicates for all subsequent samples where the toilets were flushed with salt water.

2.3.4 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa is a prominent pathogen and one of the main causes of opportunistic water borne human infections (Stover et al., 2000). *P. aeruginosa* were measured using Pseudalert, which is a test kit similar to coliert, where 100 mL of the sample is mixed with the Pseudalert test pack and poured into Quanti-trays. These are then incubated at 37 °C for 24-28 hours. Fluorescent trays are counted and *P. aeruginosa* are enumerated using the supplied MPN tables.

2.3.5 Coliforms and *E. coli*

Coliforms and *E. coli* are a general measurement used as indicator bacteria for fecal contamination of drinking water. They were measured using a multi-well enzyme substrate test and enumerated using most probably number (MPN) tables (Clesceri et al., 1998). This was done using Colilert test kits which can simultaneously detect and quantify total coliforms and *E. coli* (ISO 9308-2 2012). For each sample, 100 mL of the sample was mixed with the Colilert test pack and poured into a Quanti-Tray, where it was incubated at 37 °C for 18-22 hours. The trays are then counted for color and fluorescence, and total coliforms and *E. coli* are quantified using the supplied MPN tables.

2.3.6 Adenosine triphosphate (ATP)

ATP is the primary energy molecule in all living cells, and as such can be used as a non-selective and rapid measurement of cell activity, although it should be noted that these values can not be directly related to cell numbers. Most samples were measured for both total ATP (non-filtered samples) and free ATP (filtered samples). The total ATP is a measure of the ATP in cells plus the free ATP that is present in the water. A lysing agent is used to free the ATP from the cells. It is assumed that filtering the samples will remove a majority of cells leaving only the ATP that is in the water (free ATP). The difference between the total ATP and the free ATP is the microbial ATP. A detailed description of the method is described in (Vang et al., 2014). ATP samples were collected at the same time as the other microbial samples and filtered samples were immediately filtered. All samples were kept on ice and frozen within 2 hours of sampling. All samples were run in duplicate.

2.3.7 Chemical analysis

Samples for chemical analysis were collected on June 25th and 26th. Samples were collected from the inlet and outlet of the treatment system, the toilet in the basement, a toilet in an occupied apartment, and from a sink tap in an apartment. Samples were analyzed for ammonium, nitrite, nitrate, and phosphate using a Skalar auto analyzer, which uses a colorimetric method and is analogous to APHA 4500-NH3-F, APHA 4500-NO2-B, APHA 4500-NO3-B, and APHA 4500-P (Clesceri et al., 1998). NVOC was analyzed using the persulfate-ultraviolet method (APHA 5310 C). All metal analysis were analyzed using an ICP-OES or ICP-MS. The metals analyzed for included Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Sn, Sr, Ti, and Zn.

3. Results and discussion

Several different comparisons were done to assess the microbial water quality of the salt water used for toilet flushing. These include comparing the microbial water quality of the potable water vs the salt water, flushed vs non-flushed toilets, occupied vs non-occupied apartments, examining chemical parameters, and looking at the participants perceived aesthetics of the salt water use. To evaluate the effect of stagnation time of the water, the microbial water analysis results were examined by comparing the occupied vs the non-occupied apartments, examining the water as it flowed through the system from raw water to the toilet, as well as examining nitrification in the treatment tank, the janitor's toilet next to the treatment system, and an occupied apartment on the second floor of the apartment complex.

In general, sampling and analyzing was consistent throughout all sampling campaigns (Table 1), although some adjustments were made when sampling for the saltwater, based on the results from the initial potable water sampling campaign. The Kimtal plate counts for the potable water show a maximum value of 200 CFU/mL (Table 2A appendix). Any amount larger than this was considered Too Numerous To Count (TNTC), and is given a value of >200 CFU/mL. Based on the initial potable water results, the salt water samples were diluted and therefore values as high as >80000 CFU/mL were recorded. All non-flushed salt water samples collected had Kimtal values of >200 CFU/mL, with many of the flushed values also exceeding this limit.

3.1 Microbial water quality of potable water compared to salt water

The average Kimtal potable water results are around 2 orders of magnitude lower than the salt water (Figure 1). This could be due to the underestimation of Kimtal in the potable water. The average *Aeromonas* and plate counts using R2A media were approximately the same in potable and salt water for non-flushed samples. This was also observed for coliforms. *E. coli* was on average an order of magnitude higher in non-flushed salt water samples, while total ATP was on average more than 2 orders of magnitude higher in the non-flushed potable water samples. *Pseudomonas* was only detected in the non-flushed potable water samples. Although higher plate counts were observed in the salt water for many of the analysis, these values are still in the range reported, or lower, than in another study on microbial water quality in toilets in Denmark (Albrechtsen, 1998).

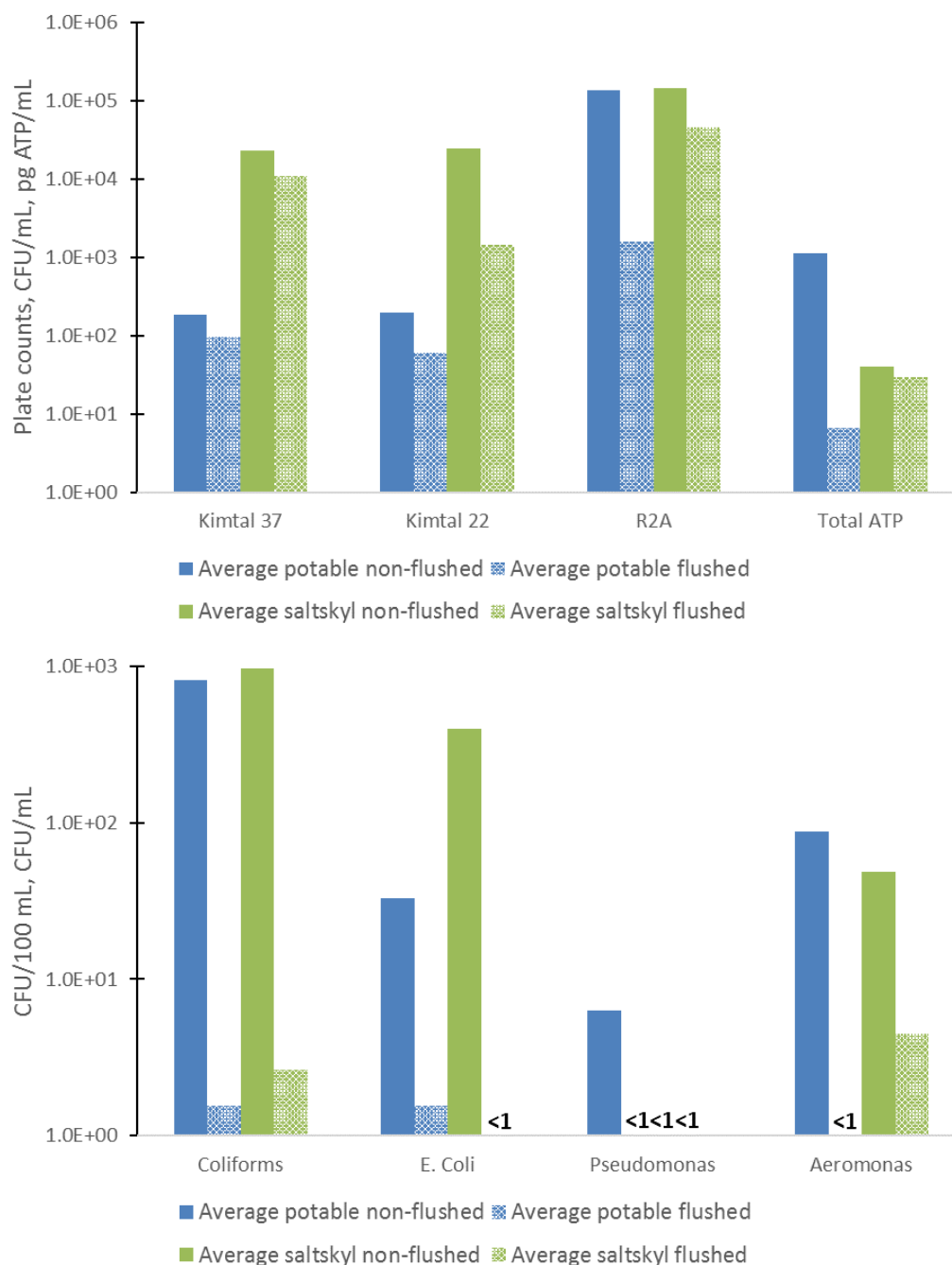


Figure 1: Microbial quality in water from toilets being flushed with potable (blue bars) or salt water (green bars). (Top figure) Average Kimtal 37 & 22, R2A (CFU/mL), and ATP (pg ATP/mL) (bottom figure) average Coliform, E. coli, Pseudomonas (CFU/100 mL), and Aeromonas (CFU/mL). Solid bars: samples collected from the toilet bowl without flushing. Hashed bars: samples collected while flushing (cistern water).

Values noted with <1 show average results that were below the quantification limit.

All measured microbial water quality parameters showed higher average values in the non-flushed toilet water compared with the flushed toilet water (Figure 1). The flushed toilet water was collected as a surrogate measurement for the water in the toilet's cistern. These findings have also been observed in toilets that use potable water for flushing (Albrechtsen, 1998). A few of the samples did measure low

concentrations of *Aeromonas*, coliforms, and even *E. coli*, although this is likely due to contamination while collected the flushed samples (Table 2A Appendix). *Pseudomonas* was only found in non-flushed samples in potable toilet water.

In the samples flushed with the potable water, the microbial water quality parameters were generally lower than flushed salt water samples (Figure 1). The potable water parameters are in line with what has been observed in other studies on microbial drinking water quality in Denmark (Lee et al., 2015; Puigdomenech et al., 2017).

It should be noted that a couple of the toilets had a chemical cleaner hanging from the toilet bowl, or had just been cleaned prior to sampling (Figure 2). One of the toilets with a hanging chemical cleaner, did have low concentrations of both *E. coli* and coliforms (2 and 12 CFU/100 mL), and the other toilet with the hanging chemical cleaner had higher than average Kimtal and R2A plate counts (Table 2). This suggests that these chemical cleaners may do little to sterilize toilets. This also shows the complexity of measuring microbial water quality in toilets, as it can be a function of many different parameters including frequency and quality of cleaning.



Figure 2: Photo of toilet that had just been cleaned prior to sampling (left), and a toilet with a hanging chemical cleaner (right)

3.2 Effect of stagnation - occupied compared to non-occupied apartments

One important parameter to consider is the occupancy of the apartment since the water in the toilet bowl as well as in the cistern may be stagnant for long time in non-occupied apartments, where the toilet are not flushed. Average microbial water quality parameters for flushed and non-flushed samples were compared based on whether an apartment was occupied or non-occupied (Figure 3). All non-occupied apartments were empty for approximately one month before sampling, although the toilets were likely used occasionally by handy men that were preparing the apartment to rent. All flushed samples had lower values for all microbial water parameters than non-flushed samples. On average, the non-specific analysis using Kimtal, R2A, and ATP had higher values in non-occupied apartments compared to occupied apartments. This could be due to the long residence time of the toilet water due to greatly decreased use in the non-occupied apartments. *Aeromonas*, *E. coli*, and coliforms were found in greater numbers in the toilets in apartments that were occupied. This is likely due to the basic, continuous use of the toilets.

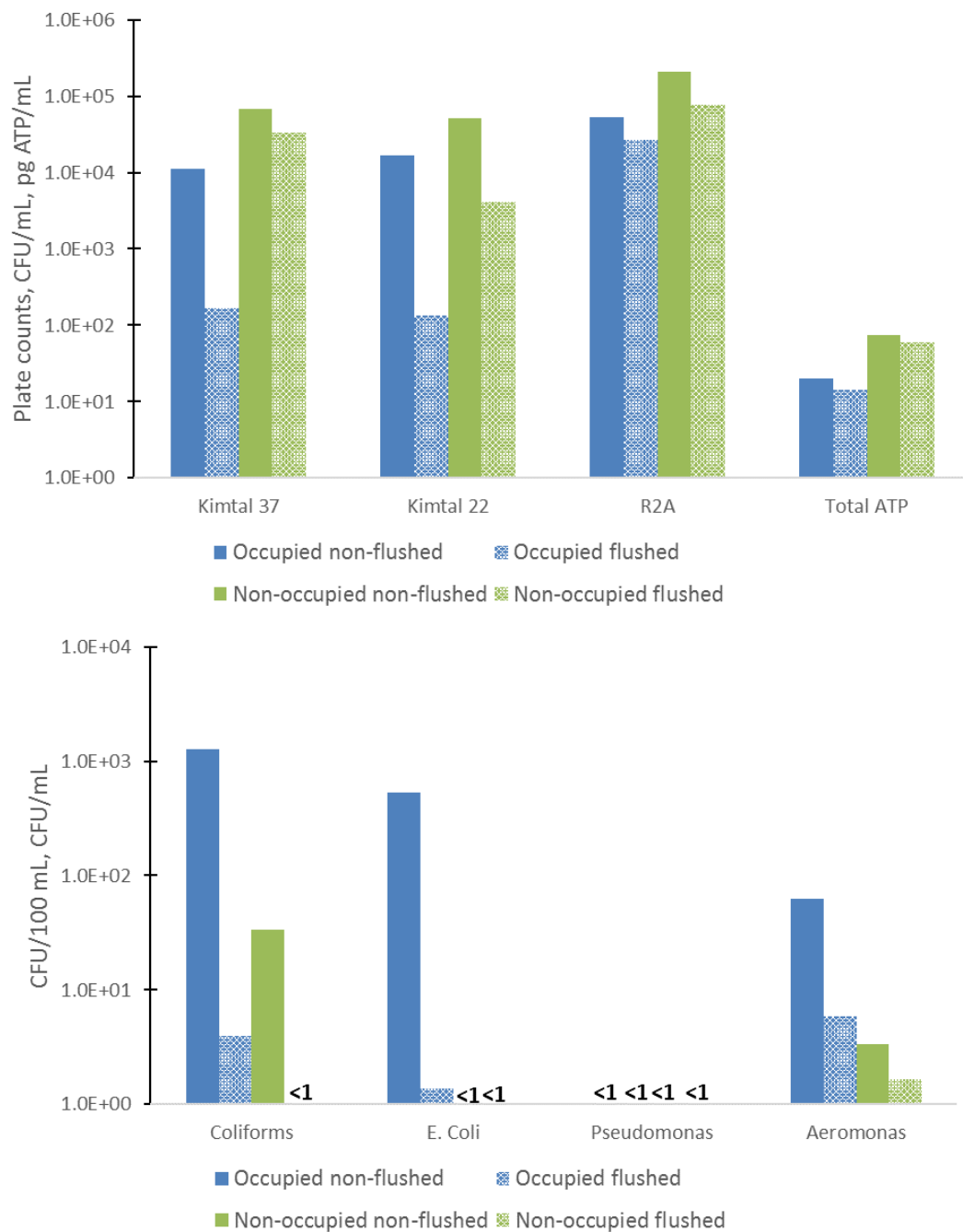


Figure 3: Comparison of microbial water quality in toilets in occupied apartments (blue bars) and non-occupied apartments (green bars). Top figure: Average Kimtal 37 & 22, R2A (CFU/mL), and ATP (pg ATP/mL). Bottom figure: average Coliform, E. coli, Pseudomonas (CFU/100 mL), and Aeromonas (CFU/mL). Solid bars: samples collected from the toilet bowl without flushing. Hashed bars: samples collected while flushing (cistern water). Values noted with <1 show average results that were below the quantification limit.

3.3 Microbial water quality from raw water to the toilet

To assess the microbial water quality of the salt water through the system, the results were examined as the salt water traveled from the raw water, to treated water, to the cistern (represented by the 'flushed' results), and finally the water collected from the toilet (represented by the 'unflushed' results). All salt water analysis for *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *E. coli*, and coliforms showed no contamination in the inlet and outlet to the salt water treatment system (Figure 4). *Aeromonas* and coliforms occurred in relatively low numbers in a few of the flushed samples, which was likely due to contamination during sampling. An increase in all Kimtal, R2A, and ATP measurements was observed as the water went through the system. Increased growth is expected in aerated water compared to anoxic conditions, which is likely why there are increased numbers in the outlet of the treatment system, which has been aerated, compared to the raw water, which is anoxic. Growth is likely continued in the distribution system, which is why increased values are observed in the flushed toilet water. Increased loading and additional residence time is likely why the numbers are largest in the samples collected directly from the toilet bowl.

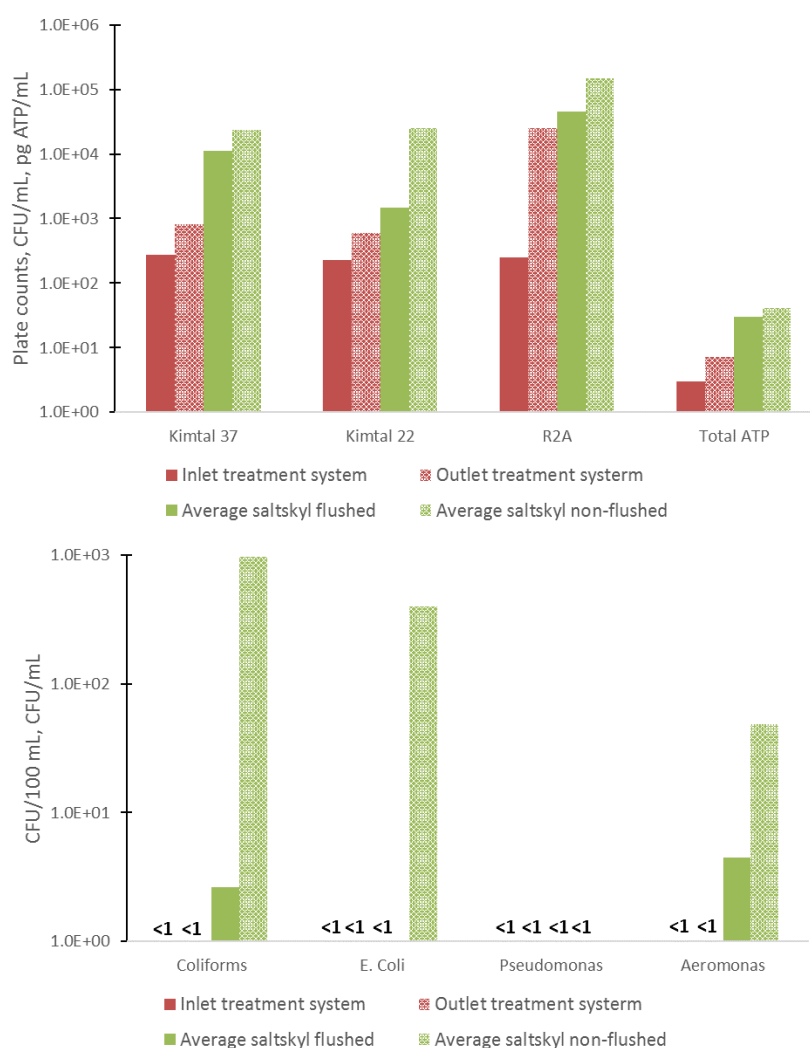


Figure 4: Microbial water quality of salt water through the system. Top figure: Average Kimtal 37 & 22, R2A (CFU/mL), and ATP (pg ATP/mL). Bottom figure: average Coliform, *E. coli*, *Pseudomonas* (CFU/100 mL), and *Aeromonas* (CFU/mL). Solid bars: samples collected from the toilet bowl without flushing. Hashed bars: samples collected while flushing (cistern water). Values noted with <1 show average results that were below the quantification limit.

3.4 Chemical analysis

Samples were collected for a detailed chemical analysis on the 26th of June, 2018, and included Non-Volatile Organic Carbon (NVOC), metal analysis using ICP, ammonium, nitrite, nitrate, and phosphate. One potable water sample was collected from the sink from an apartment, and salt water samples were collected from the inlet and outlet of the salt water treatment system, the toilet in the basement, and a toilet in an apartment.

The tap water met all guideline values for the examined metals (Table 2). The salt water mostly had higher but consistent values at all sampling points. Iron (Fe) was mostly removed in the salt water treatment system, and a slight decrease in manganese (Mn) was observed after treatment. Both copper (Cu) and zinc (Zn) were significantly higher in the janitor's toilet in the basement, which is likely due to the plumbing fittings that are used, and the long contact time due to irregular use. Increased copper is also observed in the tap water sample and the toilet water sample from the apartment. This is also likely due to the choice of plumbing fixtures. Samples were also analyzed for aluminum, chromium, cobalt, arsenic, cadmium, tin, and lead, but analysis showed all of these elements were below the detection limit.

However, it should be noted that the content of calcium and magnesium is much higher in the salt water than in the tap water indicating high hardness of this water.

Table 2: Metal analysis for tap water, inlet and outlet of saltwater treatment system, and two toilets in the apartment building.

Sample ID	Ca, mg/L	K, mg/L	Mg, mg/L	Na, mg/L	Li, ug/L	Mn, ug/L	Fe, ug/L	Ni, ug/L	Cu, ug/L	Zn, ug/L	Ba, ug/L
Tap water from apartment	83.1	<10	21.6	36.8	11.2	<1	8.2	<0,5	47.4	34.8	30.8
Inlet treatment tank	253.6	215.5	660.7	5200.1	87.4	190.3	138.3	<0,5	<0,5	<1	55.1
Effluent treatment tank	259.3	222.9	700.8	5207.1	76.4	177.2	2.7	1.0	<0,5	<1	48.5
Flushed toilet, cistern in basement	241.3	211.0	662.4	5133.5	79.3	160.2	4.9	1.5	664.8	219.6	45.1
Flushed toilet, cistern in apartment	239.4	215.0	667.0	5150.2	79.9	157.1	4.5	<0,5	17.6	<1	46.0

Examining the nitrification in the system can also give a good measurement of biological activity. Nitrification is a biological process where ammonium (NH_4) is oxidized to nitrite (NO_2) and then further to nitrate (NO_3) (Lee et al., 2014). Nitrification can be easily observed if the nitrogen balance ($\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$) remains constant through the system, and nitrification can cause problems in the distribution system including increased microbial growth, oxygen consumption, acidification, and nitrite build up.

The inlet ammonium concentration in the raw salt water was 2.0 mg $\text{NH}_4\text{-N/L}$ with a treated value of 1.5 mg $\text{NH}_4\text{-N/L}$ (Figure 5). This indicates an only limited nitrification during the treatment. In the apartment, the ammonium value only slightly decreased, to 1.4 mg $\text{NH}_4\text{-N/L}$. However, the value was much lower (0.45 mg $\text{NH}_4\text{-N/L}$) in the basement toilet, which is rarely used, and subsequently having long resident time for the water, giving time for nitrification. This demonstrated that longer resident time of the water can lead to microbial activity - in this case nitrification. The nitrogen balance showed a consistent total nitrogen of around 2 mg N/L at all sampling points showing ammonium is biologically removed through nitrification. All nitrite values were below the detection limit of 1 $\mu\text{g N/L}$. This further illustrates the effects of residence time on microbial water quality, giving time for microbial processes to run.

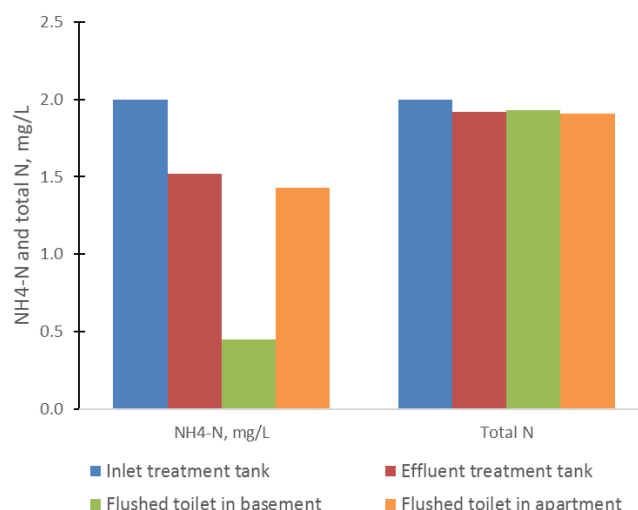


Figure 5: $\text{NH}_4\text{-N}$ and total nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}+\text{NO}_2\text{-N}$) in the influent and effluent of the salt water treatment system, and in the toilet in the basement and in an occupied apartment.

The pH was approximately the same for both the potable and salt water, while the conductivity (EC) was around 30 times higher for the salt water (Figure 6). The much larger EC values in the salt water is expected due to the salt in the salt water. The NVOC was higher in the potable water, with large variation due to the differences between the occupied and non-occupied apartments. NVOC in the non-flushed sample in the occupied apartment was 13.4 mg/L (Table 3A, Appendix), while the non-occupied apartments had NVOC values between 2.4-4.4 mg/L. The increased NVOC is likely due to increased loadings of organic matter in the occupied apartment, where the toilet are in use. This also shows the difficulty in assessing many of these parameters as the NVOC loading would also be a function of such parameters as toilet use and cleaning regiment. NVOC values for the salt water were consistently lower than the potable water, although there were troubles in analyzing the salt water due to the high salt content making the reported values underestimated (according to the responsible lab technician). Initial raw water samples collected by HOFOR on August 16th, 2016, report an NVOC value of 1.9 mg/L. The pH and EC values reported at this time are similar to those found in this study at 7.5 and 39.8 mS/cm.

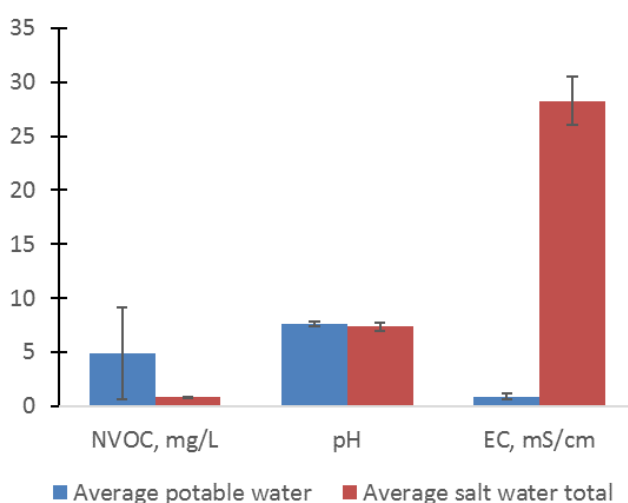


Figure 6: Average NVOC, pH, and EC values for toilet water samples collected using potable water and salt water. Error bars: ± 1 std. dev.

Samples for chlorinated aliphatics and BTEX were not analyzed during these sampling events as initial outlet results from the salt water treatment system, collected by HOFOR on August 16th, 2016, showed all values were below the detection limit 0.02 or 0.01 ug/L.

3.5 Aesthetics

All participants were asked if there were any negative aesthetic problems (color, odor, staining) associated with the change from potable to salt water. While almost all participant reported no aesthetic problems, there was one participant that did complain of both color and odor issues, and reported having to clean her toilet every day. This included an orange stain that would form in the toilet. Further questions revealed that these problems were already present though when the toilet was still being flushed with potable water. One resident did report that it was actually easier to clean the toilet after the salt water was started and that there was significantly less calcium build up. This could be due to the salt water acting as an ion-exchange with the calcium, similar to putting salt in dishwashers to reduce calcium build up.

4. Overall water quality and Conclusions

Microbial water quality parameters measured in the treated salt water used for toilet flushing were in line with the water quality observed when using potable water to flush toilets and with potable water results found in other studies. There were no specific pathogens, or coliform detected in the raw or the treated salt water used to flush toilets suggesting the microbial contamination of the salt water is not a safety issue. Overall, the results showed that using the treated non-potable, brackish well water is a safe and acceptable alternative to using potable water for flushing toilets. More specifically, some of the conclusions were:

- The salt water treatment system removed iron to a high degree
- Ammonium was only partially removed in the treatment tank. Ammonium was significantly less in the basement toilet which was infrequent used giving time for microbial processes such as nitrification to consume the ammonium
- No Aeromonas, Pseudomonas, E.coli, or coliforms were measured in the inlet or outlet of the salt water treatment system
- Pseudomonas was only found in non-flushed samples in potable toilet water
- Use of hanging chemical cleaners in toilets does not completely sterilize toilets
- Non-specific microbial water quality analysis were on average higher in toilets in non-occupied apartments while measured pathogens and coliforms were on lower on average. This is likely due to the increased residence time and decreased use in non-occupied apartments providing sufficient time for the heterotrophic microorganisms to grow – whereas the indicator organisms cannot survive for so long time and dies out
- Aeromonas, Pseudomonas, E. coli, and coliforms were not found in the raw water or outlet of the salt water treatment tank. Aeromonas and coliforms were found in low concentrations in a few of the flushed samples (cistern), which was likely due to contamination during sampling
- Kimtal 22, Kimtal 37 and R2A plate counts increased as the salt water moved from the raw untreated water to the toilet
- Although the conductivity was approximately 30 times higher in the salt water, all measured metals were under guideline values.
- All but one of the participants in the study reported no negative problems with aesthetics. One participant actually reported that the toilets had significantly less calcium build up.

It should be noted that some important parameters, such as hydraulic residence time, are hard to assess due to the varying use from individual apartments. This is coupled with the fact that microbial water quality parameters could vary greatly depending on use and cleaning habits in the individual apartments.

References

- Albrechtsen, H.-J., 1998. Mikrobiologiske undersøgelser af regn- og gråvandsanlæg. Boligernes vandforbrug Miljøstyrelsen , Bolig- og Byministeriet 85.
- Allen, M.J., Edberg, S.C., Reasoner, D.J., 2004. Heterotrophic plate count bacteria—what is their significance in drinking water? *Int. J. Food Microbiol.* 92, 265–274. doi:10.1016/J.IJFOODMICRO.2003.08.017
- Borchardt, M.A., Stemper, M.E., Standridge, J.H., 2003. *Aeromonas* isolates from human diarrheic stool and groundwater compared by pulsed-field gel electrophoresis. *Emerg. Infect. Dis.* 9, 224–8. doi:10.3201/eid0902.020031
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D., 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed. APHA, Washington.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D., Franson, M.A.H., 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed. APHA, Washington.
- Corfitzen, C.B., Albrechtsen, H.-J., 2010. Mikrobiologiske undersøgelser af effekten af UV-belysning i VandCenter Syd A/S's ledningsnet.
- Lee, C.O., Boe-Hansen, R., Musovic, S., Smets, B., Albrechtsen, H.-J., Binning, P., 2014. Effects of dynamic operating conditions on nitrification in biological rapid sand filters for drinking water treatment. *Water Res.* 64C, 226–236. doi:10.1016/j.watres.2014.07.001
- Lee, C.O., Tatari, K., Albrechtsen, H.-J., 2015. Monitoring microbial water quality in Nordhavn. Nord. - En Bydel i Vandbalance Realt. *Monit. af Distrib.* 33.
- Puigdomenech, C., Juarez, R., Baquero, D., Pla, A., Saucedo, G., Arnedo, M.J., Hügler, M., Stange, C., Hambsch, B., Pitchers, R., Fontan, L.G., Eglitis, J., Avery, L., Pagaling, E., Abel, C., Allan, R., Lindhardt, B., Christiansen, M.P., Albrechtsen, H.-J., Wagner, F.B., Lee, C.O., Jensen, M.M., Blanco, A., Fuentes, C., Bosch, A., Appels, J., Mühlhahn, P., Martínez-Murcia, A., Navarro, A., 2017. Aquavalens Project - Report on the results of the analysis in the DWTP: Deliverable D10.3.
- Reasoner, D.J., 1990. Monitoring Heterotrophic Bacteria in Potable Water. Springer, New York, NY, pp. 452–477. doi:10.1007/978-1-4612-4464-6_22
- Stover, C.K., Pham, X.Q., Erwin, A.L., Mizoguchi, S.D., Warrenner, P., Hickey, M.J., Brinkman, F.S.L., Hufnagle, W.O., Kowalik, D.J., Lagrou, M., Garber, R.L., Goltry, L., Tolentino, E., Westbrook-Wadman, S., Yuan, Y., Brody, L.L., Coulter, S.N., Folger, K.R., Kas, A., Larbig, K., Lim, R., Smith, K., Spencer, D., Wong, G.K.-S., Wu, Z., Paulsen, I.T., Reizer, J., Saier, M.H., Hancock, R.E.W., Lory, S., Olson, M. V., 2000. Complete genome sequence of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, an opportunistic pathogen. *Nature* 406, 959–964. doi:10.1038/35023079
- Uhl, W., Schaule, G., 2004. Establishment of HPC(R2A) for regrowth control in non-chlorinated distribution systems. *Int. J. Food Microbiol.* 92, 317–25. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2003.08.010
- Vang, Ó.K., Corfitzen, C.B., Smith, C., Albrechtsen, H.-J., 2014. Evaluation of ATP measurements to detect microbial ingress by wastewater and surface water in drinking water. *Water Res.* 64, 309–20. doi:10.1016/j.watres.2014.07.015

Appendix

Table 1A: Sampling information for all sampling campaigns.

Analysis	Sample ID	Occupancy	Flushed/non-flushed
April 20th, 2017			
All microbial analysis, pH, EC, NVOC	Apartment 3, 4	Occupied	Non-flushed
	Apt. 1, 5 toilet 1	Non-occupied	Non-flushed
		Non-occupied	Flushed
	Apt. 1,5 toilet 2	Non-occupied	Non-flushed
		Non-occupied	Flushed
March 21st, 2018			
All microbial analysis, pH, EC	Sandkaj 21, st. tv.	Non-occupied	Non-flushed
		Non-occupied	Flushed
	Treatment tank	Treatment system	Inlet
			Outlet
	Ystadgade 6, 5. th.	Non-occupied	Non-flushed
		Non-occupied	Flushed
May 2nd, 2018			
All microbial analysis	Antwerpengade 4, 5s	Occupied	Non-flushed
		Occupied	Flushed
June 12th and 13th, 2018			
All microbial analysis, pH, EC	Ystadgade 2, 4	Occupied	Non-flushed
		Occupied	Flushed
	Bordeauxgade 3, 5.tv	Occupied	Non-flushed
		Occupied	Flushed
	Ystadgade 6,2. Lejl 4	Occupied	Non-flushed
		Occupied	Flushed
	Toilet in basement	Toilet in basement	Non-flushed
			Flushed
	Treatment system	Treatment system	Inlet
			Outlet
	Bordeauxgade 1, 4.mf	Occupied	Non-flushed
		Occupied	Flushed
	Bordeauxgade 1, 4.tv	Occupied	Non-flushed
Occupied		Flushed	
June 25th and 26th, 2018			
Chemical analysis, pH, EC, NVOC	Ystadgade 2, 4	Occupied	Tap water
	Treatment tank	Treatment system	Inlet
			Outlet
	Toilet in basement	Toilet in basement	Flushed
	Ystadgade 2, 4	Occupied	Flushed

Table 2A: Results of microbial analysis for toilets flushing with potable water (samples collected on April 20th, 2017) and salt water. Results for the inlet and effluent of the salt water treatment system are also shown. All rows that are grey show the results for the “flushed” toilet samples.

Sample date	Occupancy	Flushed/non-flushed	Aeromonas LAB 167		Coliforms CFU/100 mL	E. Coli CFU/100 mL	Pseudomonas CFU/100 mL	Kimtal 37		Kimtal 22		R2A		Total ATP ATP, pg/mL	Free ATP ATP, pg/mL	Notes
			CFU/mL*	E.o.m*				CFU/mL	std dev	CFU/mL	std dev	CFU/mL	E.o.m			
Potable water																
April 20th, 2017	Occupied	Non-flushed	227.3	26.2	>2419.6	98.5	<1	>200	-	>200	-	65667	4679	2954.5	NA	No access to toilet cistern at all
April 20th, 2017	Non-occupied	Non-flushed	23.3	8.8	<1	<1	<1	>200	-	>200	-	143333	6912	110.9	NA	Apartment had not been occupied for at least a month
April 20th, 2017	Non-occupied	Flushed	0	0	3.1	3.1	<1	93.3	8.7	93.7	10.4	1586	69	6.3	NA	
April 20th, 2017	Non-occupied	Non-flushed	13.3	6.7	<1	<1	18.9	164	12.1	>200	-	>200000	8165	279.3	NA	Apartment had not been occupied for at least a month
April 20th, 2017	Non-occupied	Flushed	0	0	<1	<1	<1	101	19.9	26.3	14.7	1637	70	6.8	NA	
Salt water																
March 21st, 2018	Non-occupied	Non-flushed	10	3.2	101.7	<1	<1	>80000	>2000	>60000	>1732	272000	11662	33.7	6.2	Apartment had not been occupied for a month
March 21st, 2018	Non-occupied	Flushed	5	2.2	<1	<1	<1	34700	1317.2	550	165.8	62000	5568	40.2	7.6	
March 21st, 2018	Non-occupied	Non-flushed	0	0	<1	<1	<1	39750	1409.8	37000	1360.1	>300000	>12247	171.2	33.1	Apartment non-occupied for at least a month. Toilet was dry. Flushed toilet to fill with water and then sampled from toilet bowl
March 21st, 2018	Non-occupied	Flushed	0	0	<1	<1	<1	59800	1729.2	5500	524.4	>160000	>8944	119.1	35.3	
March 21st, 2018	Treatment system	Inlet	0	0	<1	<1	<1	100	70.7	400	141.4	0	0	3.4	1.3	In the inlet, lots of iron and air at first. Flushed before sampling
March 21st, 2018		Outlet	0	0	<1	<1	<1	1400	264.6	950	217.9	0	0	5.4	0.5	
June 12th, 2018	Treatment system	Inlet	0	0	<1	<1	<1	450	150	50	50	500	500	2.5	0	
June 12th, 2018		Outlet	0	0	<1	<1	<1	250	112	250	112	50500	5025	8.8	0	
June 12th, 2018	Toilet in basement	Non-flushed	0	0	<1	<1	<1	86800	2083	57400	1694	53000	5148	14.5	0	Had toilet hanging cleanser, but removed for the flushing sample
June 12th, 2018		Flushed	0	0	<1	<1	<1	4350	466	6250	559	8000	2828	20.6	0	
May 2nd, 2018	Occupied	Non-flushed	100	10	12	2	<1	7450	610	9000	671	33000	4062	9.7	NA	Had toilet hanging cleaner. Did not remove before taking flushing sample.
May 2nd, 2018	Occupied	Flushed	5	2.2	<1	<1	<1	100	71	250	112	98500	7018	1.7	NA	
June 13th, 2018	Occupied	Non-flushed	235	15	>2419.6	>2419.6	2	18900	972	21100	1027	96500	6946	28.4	2.6	
June 13th, 2018	Occupied	Flushed	0	0	<1	<1	<1	200	100	150	87	4000	1414	10.9	1.7	
June 12th, 2018	Occupied	Non-flushed	0	0	59.1	49.6	<1	1350	260	1650	287	NA	NA	33.3	4.9	Toilet was cleaned right before arriving. There was still foam in toilet.
June 12th, 2018	Occupied	Flushed	0	0	<1	<1	<1	200	100	200	100	6500	1803	18.3	0.9	
June 12th, 2018	Occupied	Non-flushed	35	6	2419.6	410.6	<1	35600	1334	42100	1451	NA	NA	30.1	0	Said she has to clean the toilet everyday due to orange color and odor
June 12th, 2018	Occupied	Flushed	5	2	17.5	2	<1	50	50	0	0	7000	1871	18.3	0	
June 13th, 2018	Occupied	Non-flushed	0	0	2419.6	1	<1	1250	250	2750	371	NA	NA	4.4	0	
June 13th, 2018	Occupied	Flushed	25	5	<1	<1	<1	150	87	200	100	NA	NA	13.5	0	
June 13th, 2018	Occupied	Non-flushed	5	2	325.5	290.9	<1	3350	409	25000	1118	31000	3937	13.4	0	Said toilet is actually easier to clean and did not have chalk build up
June 13th, 2018	Occupied	Flushed	0	0	6.3	6.3	<1	300	122	0	0	16500	2872	23.9	0	

NA: Samples not analyzed or collected



Grontmij

KRÜGER



Miljø- og
Fødevareministeriet
Naturstvreisen

Kære beboer,

Du er måske allerede klar over, at vandet du bruger til at skylle ud i dit toilet, fornyeligt er blevet ændret fra at være almindeligt drikkevand, til nu at være behandlet saltvand. Dette er en vigtig ændring, idet det sænker det gennemsnitlige drikkevandsforbrug per husstand. I hustande går omkring 17% af vandforbruget til toiletskyl.

I samarbejde med DTU, undersøger HOFOR den mikrobielle kvalitet af det nye toiletskyllevand og vil derfor gerne have mulighed for at komme ud tage en prøve hos dig. Hvis du vil hjælpe os med denne undersøgelse, vil DTU komme forbi om aftenen d. 12 juni eller om morgenen d. 13 juni 2018. Det tager ca. 10 minutter at tage en prøve. Ved at hjælpe os med denne undersøgelse kan du bidrage til at skabe værdifulde informationer, der kan gøre Nordhavn endnu grønnere, og sænke vandforbruget yderligere i Danmark i fremtiden.

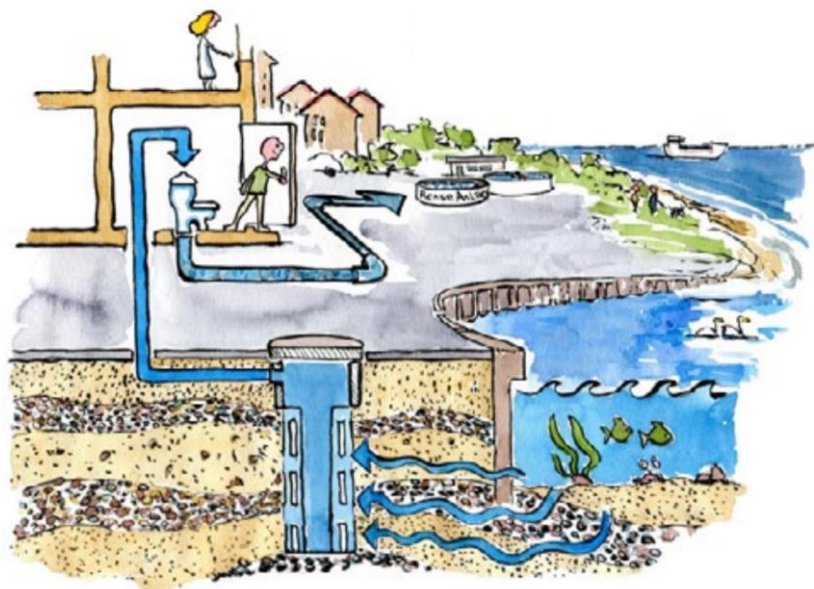
Hvis du er interesseret i at hjælpe, kan du kontakte Carson Lee på carl@env.dtu.dk. Vi ser frem til at høre fra dig.

De bedste hilsner fra,

Carson Lee
Postdoc, DTU Miljø

For mere information om projektet, se:

<https://www.hofor.dk/baeredygtige-byer/udviklingsprojekter/saltskyl/?hilitte=%27saltskyl%27>



Illustrationen viser det lokale vandkredsløb for saltholdigt grundvand

Figure 1A: Flyer put into mailboxes to encourage participation in the Saltskyl project

Table 3A: NVOC, pH and EC results for all samples collected

Sample ID	Occupancy	Water type	NVOC		pH	EC mS/cm
			Conc. [mg/L]	%RSD		
Apartment 3, 4	Occupied	Potable water	13.4	1.2	7.2	0.9
Apt. 1, 5 toilet 1	Non-occupied	Potable water	2.8	0.5	7.7	0.9
		Potable water	2.4	1.6	7.6	0.6
Apt. 1,5 toilet 2	Non-occupied	Potable water	4.4	0.7	7.8	1.4
		Potable water	2.4	1.0	7.6	0.8
Sandkaj 21, st. tv.	Non-occupied	Salt water	NA		6.5	34.4
		Salt water	NA		7.7	28.2
Treatment system	Inlet	Salt water	NA		7.2	26.5
	Outlet	Salt water	NA		7.2	26.5
Ystadgade 6, 5. th.	Non-occupied	Salt water	NA		8.1	27.5
		Salt water	NA		7.3	32.9
Antwerpengade 4, 5s	Occupied	Salt water	NA		NA	
		Salt water	NA		NA	
Ystadgade 2, 4	Occupied	Salt water	NA		7.4	27.3
		Salt water	NA		7.2	27.3
Bordeauxgade 3, 5.tv	Occupied	Salt water	NA		7.3	27.1
		Salt water	NA		7.3	27.6
Ystadgade 6,2. Lejl 4	Occupied	Salt water	NA		7.4	27.4
		Salt water	NA		7.3	27.4
Toilet in basement	Toilet in basement	Salt water	NA		8.4	32.6
		Salt water	NA		7.4	27.6
Treatment system	Inlet	Salt water	NA		7.4	27.4
	Outlet	Salt water	NA		7.2	27.4
Bordeauxgade 1, 4.mf	Occupied	Salt water	NA		7.4	27.4
		Salt water	NA		7.2	27.5
Bordeauxgade 1, 4.tv	Occupied	Salt water	NA		7.4	27.5
		Salt water	NA		7.2	27.5
Ystadgade 2, 4	Occupied	Potable water	4.0	0.8	NA	NA
Treatment tank	Inlet	Salt water	0.9	0.0	NA	NA
	Outlet	Salt water	0.8	1.6	NA	NA
Toilet in basement	Toilet in basement	Salt water	0.8	3.2	NA	NA
Ystadgade 2, 4	Occupied	Salt water	0.7	2.3	NA	NA

Table 4A: Nitrite (NO₂-N), nitrite + nitrate (NO₂-N+NO₃-N), ammonium (NH₄-N), phosphate (PO₄-P), and total nitrite+nitrate+ammonium for samples collected June 25th and 26th, 2018.

Sample ID	NO ₂ -N (mg N/L)	NO ₂ +NO ₃ (mg N/L)	NH ₄ -N (mg N/L)	PO ₄ -P (mg P/L)	NO ₃ +NO ₂ +NH ₄ (mg N/L)
Tap water from apartment	< 0,1	0.38	0.33	< 0,1	0.71
Inlet treatment tank	< 0,1	< 0,1	2	0.25	2.00
Effluent treatment tank	< 0,1	0.4	1.52	0.10	1.92
Flushed toilet in basement	< 0,1	1.48	0.45	0.10	1.93
Flushed toilet in apartment	< 0,1	0.48	1.43	0.11	1.91

Saltskyl – Alternativ vandforsyning - Et demonstrationsprojekt i Københavns Nordhavn

I projektet afprøves og evalueres et nyt forsyningskoncept, hvor saltholdigt grundvand benyttes til toiletskyl i stedet for almindeligt drikkevand. I forbindelse med projektet er der etableret et sekundavandsanlæg, som behandler og distribuerer det saltholdige grundvand til et boligkompleks i Nordhavn, København. Projektet har afprøvet og undersøgt en række forhold ved denne specifikke alternative vandforsyning. Derudover er der blevet opsamlet erfaringer og udarbejdet standarder for tekniske installationer, som er specielle for anlæg, der benytter alternative vandkilder. Projektet har vist, at det både er praktisk og teknisk muligt at benytte saltholdigt grundvand til toiletskyl, særligt i nybyggeri i kystnære områder.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk