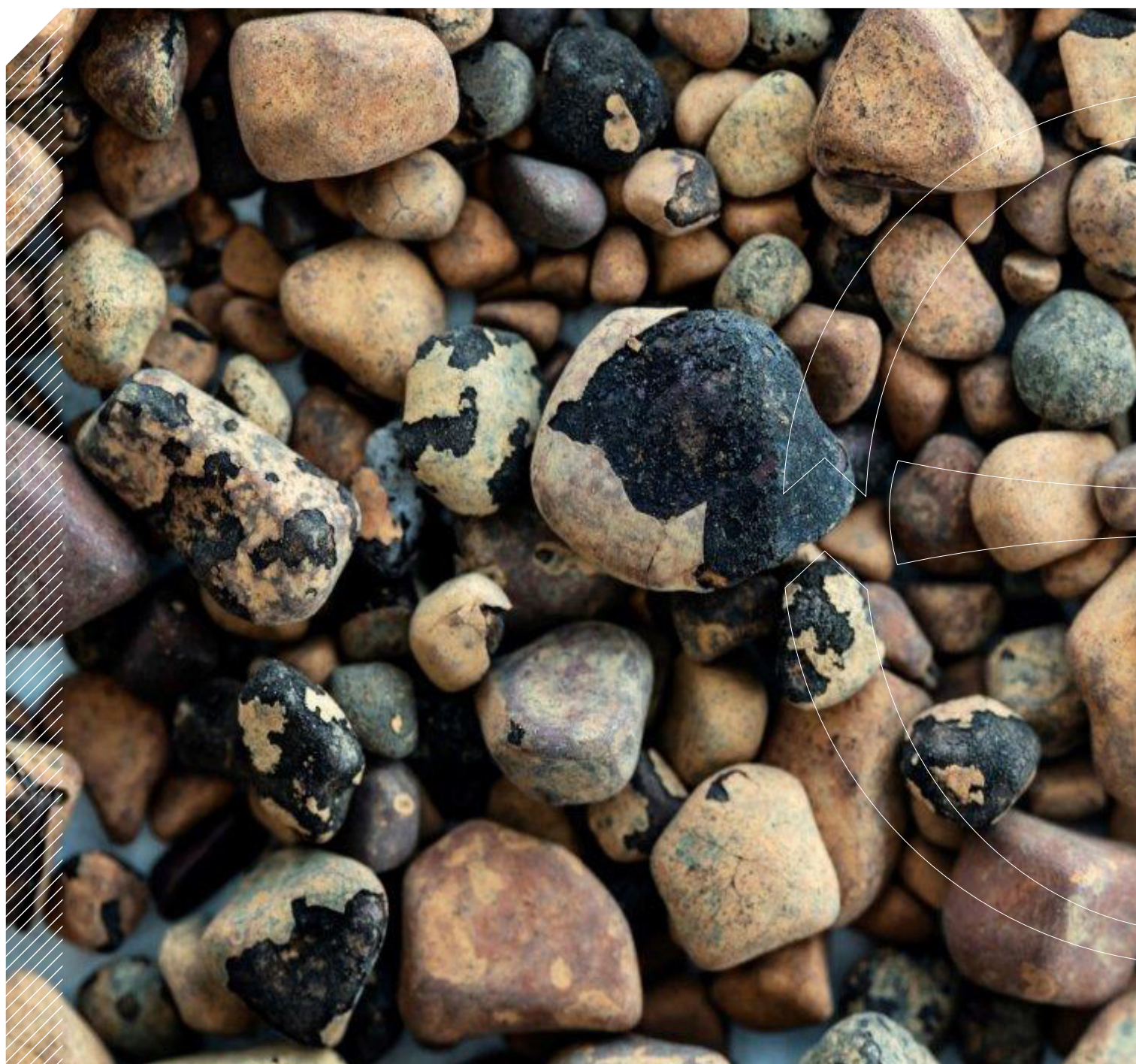


MERKUR: WEB-BASERET DATA- PLATFORM TIL DRIKKEVANDSBE- HANDLING



MERKUR: WEB-BASERET DATAPLATFORM TIL DRIKKEVANDSBEHANDLING

1. OKTOBER 2022

Projekt ID:

49.2019

Udgiver:

DANVA

Udarbejdet af:

VIA University College

Finansiering:

Projektet er finansieret af samarbejdspartnernes egenfinansiering samt VUDP, Vandsektorens Udviklings- og Demonstrationsprogram

Samarbejdspartnere:

Energi Viborg Vand
Hjørring Vandselskab
Ikast Vandforsyning
Djurs Vand
TREFOR Vand
Skanderborg Forsyning
DIN Forsyning Vand
Syddjurs Kommune
Aarhus Kommune
Skanderborg Kommune
CEATH Company
VIA University College

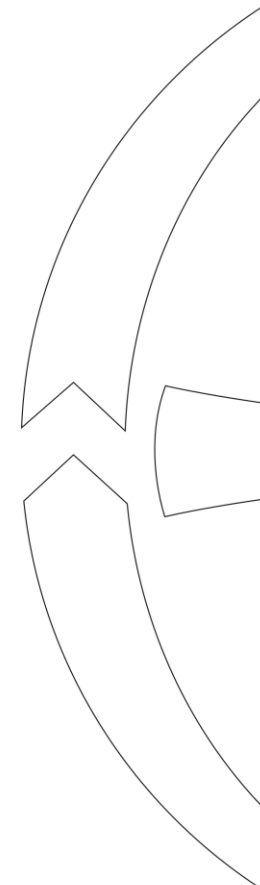
Kategori (Spildevand, drikkevand eller klimatilpasning):

Drikkevand

Indholdsfortegnelse

1	Sammenfatning	3
2	English summary	4
3	Introduktion	5
4	Projektets betydning for vandbranchen	7
4.1	Marked og/eller anvendelsesmuligheder	8
4.2	Næste skridt	8
4.3	Formidling	9
5	Projektet	10
5.1	Formål	10
5.2	Metode	10
5.3	Output	10
5.4	Projektresultater	11
5.4.1	Om vandværkerne	11
5.4.2	Om Merkurplatformen	12
5.4.3	Nøgletal	14
5.4.4	Referenceværdier	15
5.4.5	Det kommunale udbytte af Merkur	15
5.5	Konklusion	16
6	Litteraturliste	17

BILAG 1: Merkurs potentiale for den kommunale myndighed



1 Sammenfatning

Biofiltrering er den mest bæredygtige behandlingsmetode til produktion af høj kvalitets drikkevand. Selvom den overordnede metode er enkel (beluftning efterfulgt af sandfiltrering), er der mange komplekse detaljer omkring design og drift af et vandbehandlingsanlæg, der er afgørende for, at processen fungerer optimalt.

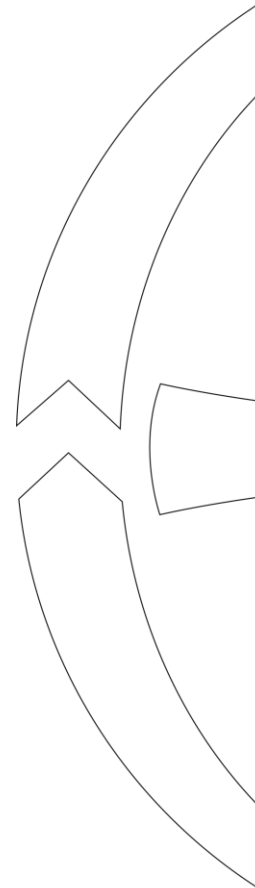
I dag er der ikke nogen systematisk indsamling af vandbehandlingsdata på tværs af vandværker. Det skyldes blandt andet, at der ikke findes lovmæssige krav om målinger af behandlingsprocessen; som vil muliggøre sammenligning på tværs af vandværker. I stedet fokuserer lovgivning på målinger af råmaterialet (grundvandsprøver) og produktet (vandprøver ved taphane). Dette produktfokus efterlader et vakuum i forhold til processen.

Det manglende fokus på vandbehandlingsprocessen betyder, at der ikke tidligere er identificeret hvilke nøgletal, der bør anskaffes, eller hvilke referenceværdier disse nøgletal bør sammenlignes med. Det har resulteret i en branche, der ikke altid har tilstrækkelig viden til forbedring af drift og design for at undgå overskridelser af de lovmæssige kvalitetskrav til drikkevand eller for at sikre en bæredygtig vandbehandlingsproces. En gennemgang af overskridelserne i hele landet har vist, at hovedparten af disse skyldes utilstrækkelig vandbehandling frem for dårlig grundvandskvalitet eller problemer med distributionsnettet.

Benchmarking er nøglen til at sikre en kontinuerlig forbedring af vandbehandling. Gennem en velfungerende benchmarkings-praksis, øges driftspersonalets opmærksomhed og refleksion, og mulighed for lån af ideer mellem forsyninger fremmes. Benchmarking understøtter desuden en kultur, hvor forsøg er velkomne. Endelig understøtter benchmarking den kollaborative læring, som karakteriserer et "praksisfællesskab".

I dette studie er der indsamlet og indlæst data fra 15 nye vandværker, foruden de 10, der blev indsamlet i forbindelse med MUDP-projektet "Smart Re-design af drikkevandsproduktion". Merkur-databasen og brugerfladen er videreudviklet, og der er afholdt det første MerkurForum til formidling og udveksling af ny viden.

Vandbehandlingsresultater er nu visualiserede via 28 prædefinerede grafer i Merkur. De deltagende forsyninger giver udtryk for, at Merkur-resultater er relevante. Hermed giver Merkur værdi som et rigtigt værktøj til vurdering af vandbehandling. Desuden har projektet styrket det "praksisfællesskab", der findes i vandbranchen omkring drikkevandsbehandling. Erfaringer fra projektet viser, at arbejdet med Merkur er en proces, hvor både dataplatformen og brugen af data er under konstant udvikling. Hermed ligger der flere opgaver i vente til den kommende tid.



2 English summary

Biofiltration is the most sustainable treatment method for production of high-quality drinking water. Even though the general method is straight-forward (aeration followed by sand filtration), there are many complex details of design and operation of a water treatment plant that are essential for the optimal function of the process.

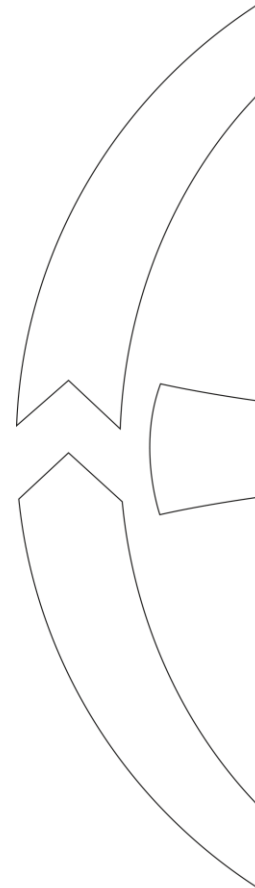
Today, there is no systematic collection of water treatment data across waterworks. In part, this is due to a lack of regulative requirements for measurements of the water treatment process. Instead, regulation is focused on measurement of raw materials (groundwater samples) and the product (drinking water). This focus leaves behind a vacuum in relation to the process.

The lack of focus means that key parameters that should be obtained have not been identified and reference values to compare the parameters to have not been proposed. This has resulted in a water industry that does not always have sufficient knowledge to improve operation and design to achieve compliance with drinking water quality requirements or to ensure a sustainable drinking water treatment process. A review of the exceedances across the country has shown that the majority of these are due to inadequate water treatment rather than poor groundwater quality or problems with the distribution network.

Benchmarking is the key to ensuring a continuous improvement of water treatment. Through a well-functioning benchmarking practice, the attention and reflection of the operating staff is increased, and the possibility of knowledge sharing between supplies is promoted. Benchmarking also supports a culture where experimentation is welcome. Finally, benchmarking supports the collaborative learning that characterizes a "community of practice".

In this study, data from 15 new waterworks have been collected and uploaded in addition to the 10 waterworks collected in connection with the MUDP project "Smart Re-design of drinking water production". The Merkur data platform and user interface have been further developed and the first MerkurForum has been held for the dissemination and exchange of new knowledge.

Water treatment results are now visualized via 28 predefined graphs in Merkur. The participating utilities indicate that Merkur results are relevant. Therefore, Merkur provides value as a real tool for assessing water treatment. In addition, the project has strengthened the "community of practice" that exists in the water industry around drinking water treatment. Experience from the project shows that working with Merkur is a process in which both the tool and the use of the data are constantly evolving. Therefore, numerous tasks lie ahead for the time to come.



3 Introduktion

Historisk set har anvendelse af biofiltrering til drikkevandsbehandling medført store forbedringer i folkesundheden i mange lande (USEPA, 2000; Sedlak, 2014). I Danmark har biofiltrering været den valgte vandbehandlingsmetode lige siden det første offentlige vandværk blev anlagt i Odense i 1853 (VandCenterSyd, 2022).

Til trods for biofiltreringens vigtige rolle i dansk vandforsyning findes der ingen samling af detaljerede, empiriske data på tværs af landets vandværker, der viser om design og drift af biofiltrering er optimal. Dette hænger sammen med, at der ikke findes en lovmæssig driver for måling i vandbehandlingsprocessen, i modsætning til situationen for måling af vandkvaliteten i boringer og ved forbrugerens taphane. I sagens natur er der således heller ikke identificeret et standardsæt af relevante nøgletal med tilhørende referenceværdier.

Dette studie markerer den første gang at benchmarking er anvendt til en teknisk belysning af grundvandsbaseret biofiltrering.

Benchmarking er en systematisk undersøgelse af en organisations funktioner. Metoden blev udbredt op igennem 1990'erne (Boxwell, R.J. 1994). Ofte indebærer metoden, at udvalgte nøgletal/indikatorer i en organisation bliver målt eller beregnet for derefter at blive sammenlignet med referenceværdier, standarder eller tal fra lignende organisationer. Benchmarking ses ofte som en vedvarende proces over mange år, hvor organisationer tilstræber kontinuerlig læring og forbedring.

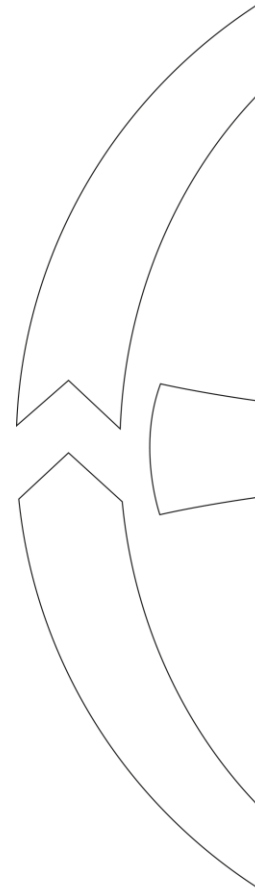
Benchmarking anses i denne rapport som en af de vigtigste nøgler til sikring af kontinuerlig forbedring af drikkevandsbehandling. Gennem et velfungerende benchmarkingsprogram kan flere fordele indtræffe, herunder:

- driftspersonalets opmærksomhed og refleksion øges
- muligheden for lån af ideer mellem forsyninger fremmes
- en kultur, hvor forsøg er velkomne understøttes
- et "praksisfællesskab", der er karakteriseret af kollaborativ læring (Wegner, 1998), udbygges

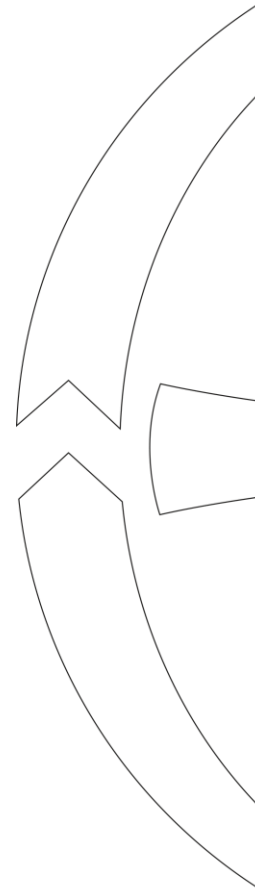
Der eksisterer såvel internationale (IWA, 2017) som nationale benchmarking-programmer (AWWA, 2020; DANVA 2020; Vewin, 2013). Med undtagelse af et spørgeskemabaseret tiltag ved navn "North American Biofiltration Knowledge Base" (WRF, 2016; Evans, 2019), er kun få nøgletal specifikt til biofiltrering blevet fundet i disse eksisterende programmer.

Benchmarking forekommer i mange forskellige afskygninger. Marques & Simões (2008) beskriver hvordan "sunshine regulation" fungerer i Portugals affaldssektor, hvor der er opnået gode resultater. Dette sker ved at benchmarking-resultater fremlægges offentligt således at organisationer med dårlige resultater bliver pinligt berørte og motiveret til forbedring. Shleifer (1985) beskriver såkaldt "yardstick competition", hvor organisationer reguleres ved at give belønning til dem, der performer bedre i konkurrence med en teoretisk, velfungerende, skyggeorganisation. Ved at opstille mål evt. via reguleringer (Elmuti & Kathawala, 1997) kan konkurrence fremmes på områder som vandforsyning, der er præget af et naturligt monopol.

I dette studie, er der valgt en anden form for benchmarking. Her er målet at fremme en åben branchekultur, hvor man deler sine erfaringer med hinanden i en kontinuerlig, kollaborativ læringsproces (Garvin, 1993; Senge, 2006; Cole, 2009). Der sættes ikke fokus på



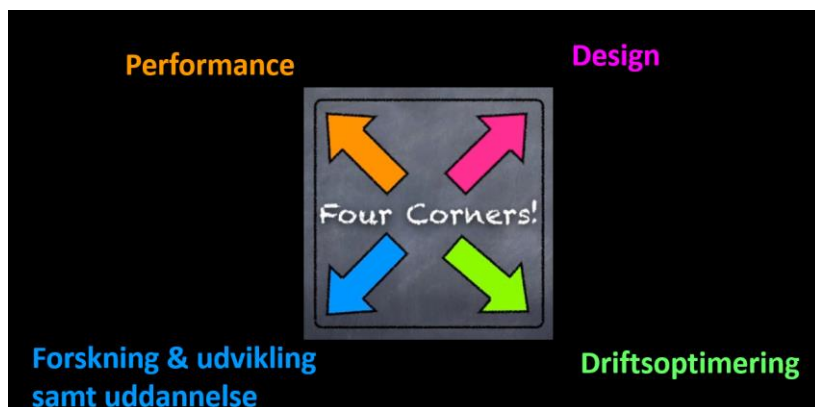
opstilling og overholdelse af mål, da dette kan have den uønskede konsekvens, at der bruges energi på at få de bedste benchmarkingresultater uden at foretage egentlig forbedringer ("gaming"). I 2016 fandt de Goede, at de vigtigste drivere i benchmarking i den Nederlandske drikkevandssektor var læringseffekten og den forbedrede transparens i stedet for krav om overholdelse af mål.



4 Projektets betydning for vandbranchen

I dag er der flere hundrede overskridelser af drikkevandskriterier på landsplan. Over halvdelen af disse overskridelser skyldes utilstrækkelig vandbehandling frem for manglende grundvandsbeskyttelse eller problemer med distributionsnettet. Projektet er derfor med til at løse vandselskabernes mest omfangsrige udfordring med drikkevandskvalitet. Da projektet omhandler udfordringer ved normal vandbehandling, gavner det samtlige forsyninger frem for en lille håndfuld med et særligt niche-problem.

Projektet har også betydning for flere af FNs verdensmål som: reduktion af sygdom fra vandkontaminering (SDG 3.9); adgang til sikkert drikkevand til en overkommelig pris (SDG 6.1), en bæredygtig forsyning af frisk vand (SDG 6.4), forbedring af energieffektiviteten (SDG 7.3); teknologisk opgradering og innovation (SDG 8.2); og bæredygtig forvaltning og effektiv udnyttelse af naturressourcen vand (SDG 12.2).



Figur 1 Projektets anvendelseskategorier.

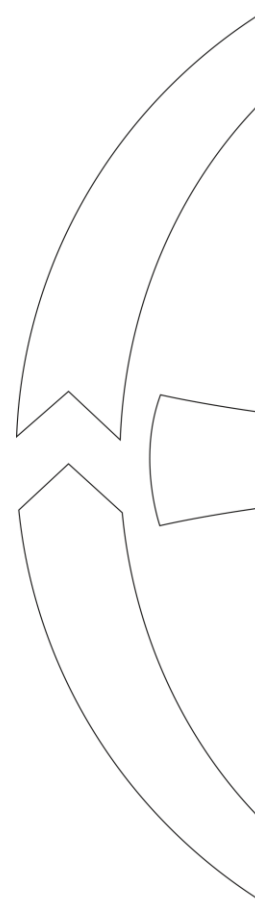
Mere konkret kan projektets betydning inddeles i fire kategorier, se Figur 1.

Driftoptimering: Merkur fungerer som et nyt værktøj for vandselskabernes tekniske personale i forbindelse med optimering af drift. Ved at udnytte data fra hele vandbranchen kan en "best practice" tilnærmes. Hermed bliver det muligt for vandselskaberne at udøve evidensbaserede beslutninger, når driften skal optimeres.

Design: Når en vandbehandlingsproces skal designes fra ny, kan der forekomme usikkerheder som resulterer i, at anlæg overdimensioneres. Et bedre datagrundlag for vandbehandling kan give mod til at undgå overdimensionering. Desuden kan et godt datagrundlag fremme større kreativitet, når der skal designes.

Performance: Merkur kan også anvendes til at vurdere performance af et vandbehandlingsanlæg. Ofte vil dette være på et overordnet niveau som kan benyttes af forsyningsledere og forbrugere samt myndigheder i forbindelse med deres tilsynspligt.

Forskning & udvikling samt uddannelse: Endelig har projektet betydning for at identificere områder, hvor der er behov for forskning og udvikling. Det kan fx ske hvis forskelle i nøgletal mellem forskellige forsyninger ikke umiddelbart kan forklares. Projektets resultater har stor værdi for både uddannelse og videreuddannelse.



4.1 Marked og/eller anvendelsesmuligheder

Projektet skaber et datagrundlag for effektivisering af vandbehandling og af arbejdsgange i forbindelse med problemløsning. Denne effektivisering inkluderer bedre stoffjernelse på vandværket, større vandproduktion på mindre plads, vandbesparelser (især fra forbedret returskyl) samt energibesparelser (via mindre anlæg). Denne effektivisering bidrager tydeligt til en større bæredygtighed i drikkevandsbranchen.

Projektet bygger på en "open science" tilgang, hvor resultater formidles frit til hele vandbranchen. Hermed får projektet indvirkning på en langt større kreds end blot de deltagende projektpartnere og det er muligt for en bred kreds af brugere at anvende projektets resultater.

Endvidere giver platformen Merkur mulighed for eksport af viden og kan være med til at åbne en dialog fx med internationale forsyninger omkring andre ydelser fra danske virksomheder og rådgivere.

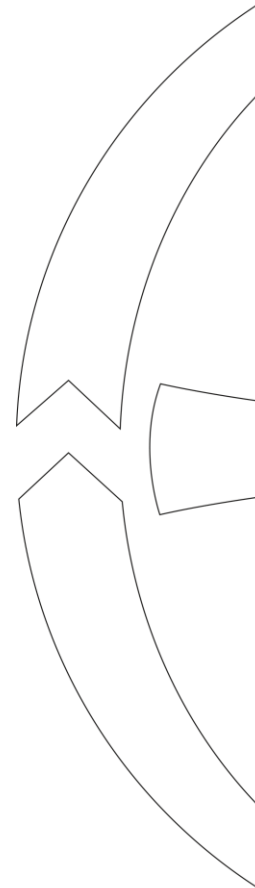
4.2 Næste skridt

Ved projektets afslutning var vandbehandlingsdata fra 25 vandværker indtastet i Merkur. Samtlige deltagende forsyninger blev tildelt brugernavn samt password og fik adgang til Merkur via internettet. Resultater i databasen er ikke anonymiseret, så forsyninger har mulighed for at sammenligne med andre kendte vandværker og kontakte hinanden for nærmere drøftelse af resultater.

Ved starten af projektet var visionen, at vandbehandlingsdata på drikkevandsområdet skulle digitaliseres gennem Merkur-platformen og gøres tilgængelig til praktisk anvendelse. Dette kræver, at arbejdet lever videre efter projektperiodens afslutning. Det er tanken, at flere og flere vandselskaber vil deltage over tid, og at de opnåede erfaringer deles gennem MerkurForum, en tilbagevendende konference, hvor vandbehandlingsdata er i fokus.

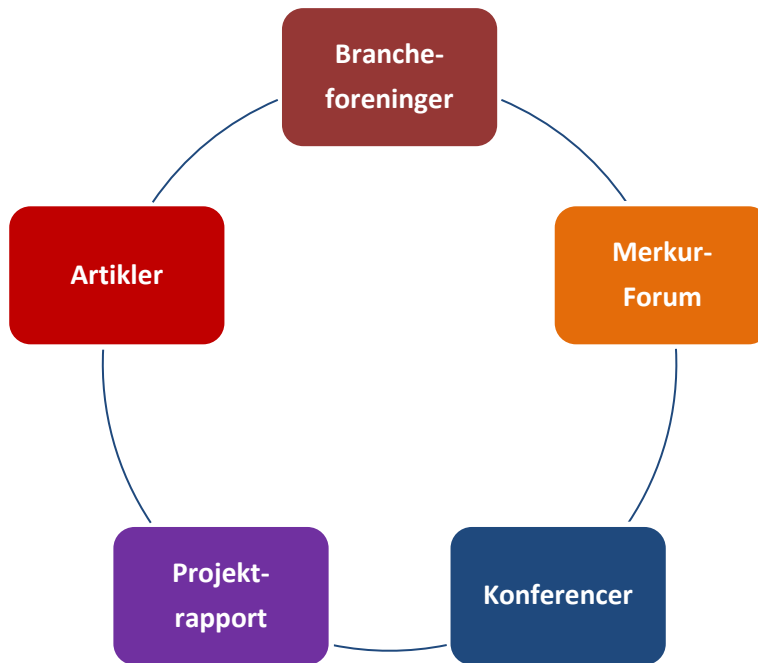
Der er stadig behov for videreudvikling af Merkur. Nedenfor ses en række af de kommende arbejdsopgaver:

- 1) Der skal erhverves endnu flere vandværker til at deltage i Merkur. Herunder er der særligt behov for deltagelse af små vandværker med trykfiltre samt vandværker på Sjælland samt Lolland/Falster for at opnå større repræsentativitet.
- 2) Der er behov for videreudvikling af databasen, brugerfladen, og grafer, samt identifikation af skarpere nøgletal og fastlæggelse af referenceværdier.
- 3) Der har været en del drøftelser af en mulig permanent placering af dataplatformen i forhold til vedligehold, videreudvikling (evt. med andet software til platformen) samt hosting. Den største barriere er formentlig betalingsformen for platformens vedligehold, videreudvikling og hosting.
- 4) Der er behov for udvikling af datakontrolalgoritmer til kvalitetssikring, herunder fejlfinding ved indlæsning af nye data.
- 5) Der er interesse i at afholde flere MerkurForum i fremtiden, fx 1 gang om året.



4.3 Formidling

Vandforsyningerne, der har deltaget i dette projekt, fungerer som ambassadører for projektet via deres mange kontaktflader til vandselskaber, tilsynsmyndigheder, virksomheder, m.fl. Herudover er projektet formidlet på følgende vis:



Figur 2 Oversigt over formidling af projektet.

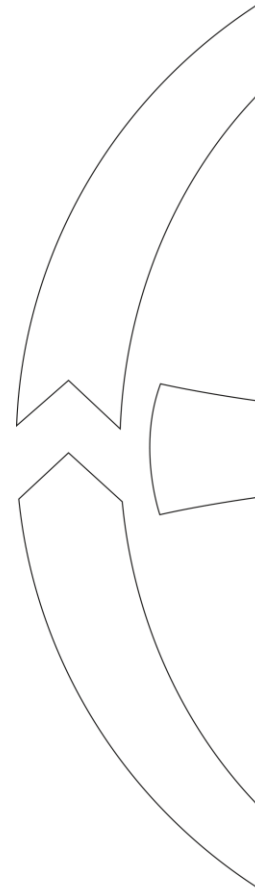
Brancheforeninger. De to brancheforeninger DANVA og Danske Vandværker har ugentlige nyhedsbreve og foreningsblade (hhv. Dansk Vand og VandPosten). Disse kanaler er anvendt til kommunikation om Merkur.

MerkurForum. Det første MerkurForum blev afholdt den 4. maj 2022 med 75 deltagere fra vandselskaber, kommuner, rådgivere, entreprenører, videninstitutioner, m.fl. På konferencen blev der drøftet emner som hydrauliske forhold, stoffjernelse, filtermedie og returskyl. Det er planen, at MerkurForum skal være en tilbagevendende begivenhed.

Konferencer og messe. Der er holdt indlæg om Merkur på Dansk Vandkonference (Aarhus, nov. 2019) samt IWA World Water Congress and Exhibition (København, sept. 2022). Desuden var der en Merkur stand på Danske Vandværkers fagmesser (Aars, apr. 2022 samt Fredericia, okt. 2022). Der er desuden afholdt en platform præsentation til AWWA Water Quality Technology Conference (Cincinnati, Ohio, nov. 2022).

Projektrapport og artikler. Denne rapport indeholder mange aspekter omkring Merkur. Herudover blev der udarbejdet projektrapporter i 2022 i forbindelse med MUDP-fyrtårnsprojektet "Smart re-design af drikkevandsproduktion" (MUDP, 2022a&b).

Artikler. Flere peer-reviewed artikler om Merkur er planlagt til de kommende år.



5 Projektet

5.1 Formål

Danske vandværker er konstant udfordret af de lovmæssige kvalitetskrav til drikkevand og der forekommer aktuelt flere hundrede overskridelser på landsplan. Samtidig er der plads til forbedring af vandproduktioners bæredygtighed. Endelig mangler vandbranchen adgang til vandbehandlingsdata, der kan understøtte forståelse af, hvordan vandværker bedst kan designes og driftes for at sikre vandkvalitet og bæredygtighed.

Formålet med projektet er at videreudvikle en åben, web-baseret platform til systematisk indsamling, opbevaring og formidling af vandbehandlingsdata til gavn for vandbranchen. Desuden er formålet at påbegynde et levedygtigt Merkur Forum, hvor aktører i vandbranchen samles til at udveksle læren fra disse vandbehandlingsdata. Både platformen og Forum forener og forstærker vandbranchen, når nye løsninger designes, når driften optimeres og når best practice tilstræbes.

5.2 Metode

I dette studie blev der indsamlet vandbehandlingsdata fra 15 nye vandværker. Ved projektets afslutning var der i alt data fra 25 vandværker, der alle anvender grundvand og biofiltrering. De indsamlede data består af eksisterende skrivebordsdata indrapporteret fra forsyningerne samt nye data, der fremkom ved særlige prøvetagninger og analyser udført af VIA University College og kommercielle laboratorier. For tre af vandværkerne gælder, at der kun er indsamlet eksisterende data.

Dette studie har videreudviklet nye prøvetagningsmetoder, især til fremskaffelse af niveau-specifikke data fra filtre (både vandprøver og filtermedieprøver) samt tidsserier over skyllevandsprøver. Ved projektets start var disse metoder hverken udbredt eller standardiseret. De anvendte metoder er beskrevet i (Redesign, 2022b).

Tusindvis af individuelle data blev systematiseret i en database. For at bidrage til fortolkning af data blev et sæt af 13 nøgletal defineret i seks kategorier. Formidling af resultaterne blev understøttet af 28 prædefinerede grafer.

5.3 Output

Projektets output bestod af følgende leverancer:

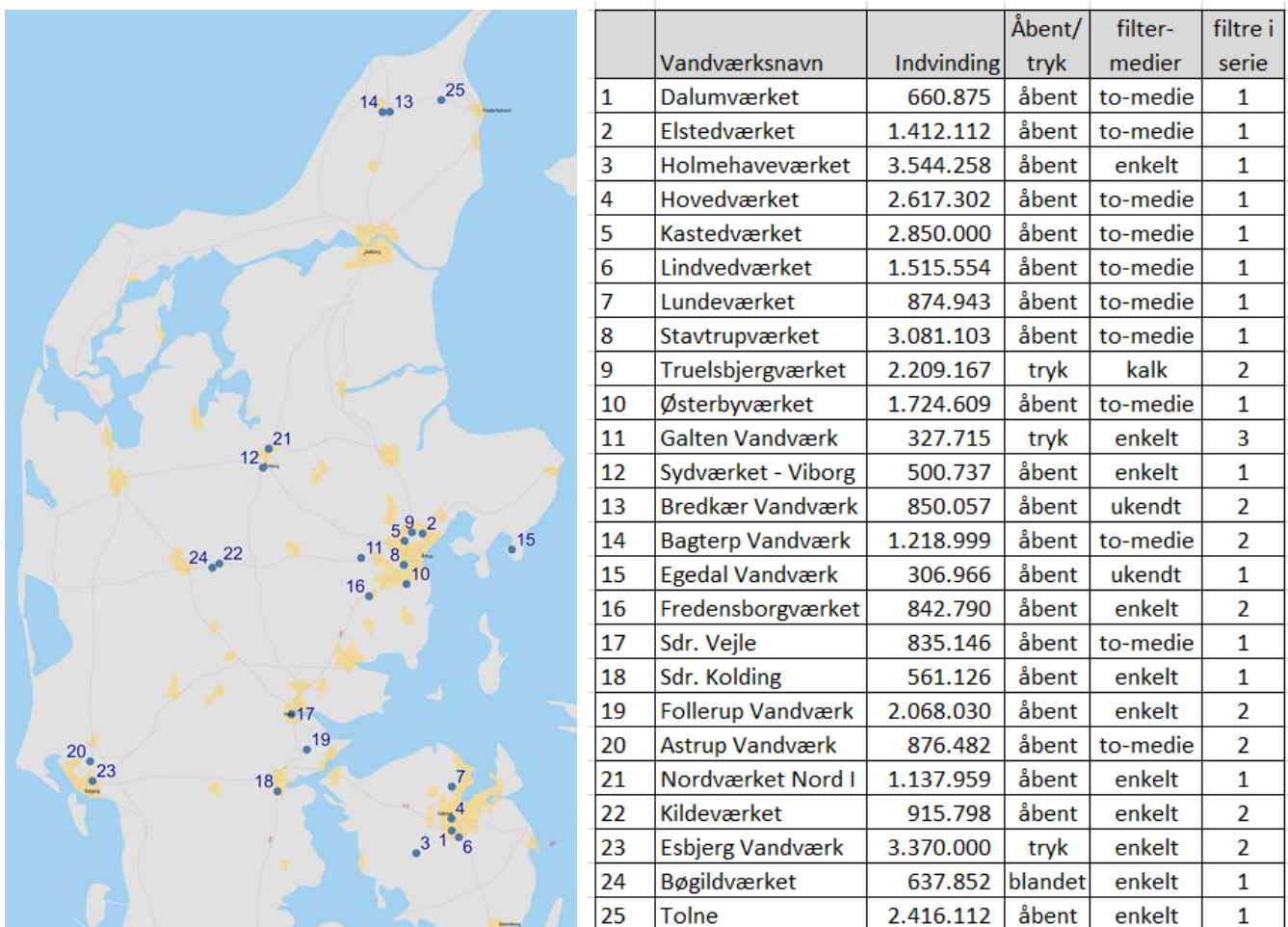
- Merkur, en web-baseret platform til vandbehandlingsdata, blev videreudviklet med mere strømlinet datastruktur og forbedret brugerflade.
- Et sæt nøgletal til vandbehandling blev fastlagt.
- Vingesus, en web-baseret platform til indsamling af skrivebordsdata blev udviklet.
- Vandbehandlingsdata fra 15 vandværker blev indsamlet og tilføjet til Merkur.
- Det første Merkur Forum, en ny, tilbagevendende konferencereserie for hele vandbranchen blev afholdt med 75 deltagere.
- Vandbranchens vidensniveau i forhold til vandbehandling fik et løft.

5.4 Projektresultater

5.4.1 Om vandværkerne

Ved projektets afslutning indeholdt Merkur vandbehandlingsdata fra i alt 25 vandværker. Merkur indeholdt udelukkende eksisterende skrivebordsdata fra tre af disse vandværker (Galten, Bøgdværet ved Ikast og Tolne Vandværk ved Frederikshavn) mens det indeholdt både eksisterende skrivebordsdata og nye målinger/analyser fra prøvetagninger og observationer fra de øvrige vandværker.

En geografisk oversigt over placering af vandværkerne ses i Figur 3.



Figur 3 Placering af de 25 vandværker, hvor data blev indsamlet til Merkur-databasen.

Vandværkerne beskrives kort i det følgende.

Størrelse: Variation i størrelsen af de deltagende vandværker er ca. en faktor 10. De mindste vandværker er Egedal ved Ebeltoft og Galten med en indvinding på ca. 300.000 m³/år. De største vandværker er Holmehave og Esbjergværket med en indvinding på ca. 3.500.000 m³/år.

Iltning: Bundbeluftning er den mest udbredte iltningstype blandt de deltagende vandværker. Ni vandværker anvender andre iltningstyper, se nedenfor.

- Trappe/kaskade: Bagterp, Egedal, Elsted, Fredensborg
- Luftinjektion i rør: Galten
- Luftinjektion i en pladeilter: Esbjergværket
- Ren iltinjektion i en pladeilter: Truelsbjerg
- Inka: Tolne
- Prelplade: Astrup (forfilter)

Filtrering: Tre af vandværkerne benytter trykfiltre (Truelsbjerg, Esbjergværket, Galten). De øvrige 22 vandværker anvender gravitationsfiltre. Dog anvender det ene af disse (Bøgdværket) et lukket filter, som normalt kører ved gravitation.

Filtre i serie: Hovedparten (16 stk.) af de deltagende vandværker anvender enkeltfiltrering. Otte vandværker har dobbeltfiltrering (Truelsbjerg, Esbjergværket, Astrupværket, Fredensborg, Follerup, Kildeværket, Bagterp, Bredkær). Et enkelt vandværk (Galten) anvender tredobbelt filtrering.

Astrupværket benytter recirkulering af vand, hvor halvdelen af det filtrerede vand sendes tilbage til indgangen af forfiltrene.

Dosering af kemikalier: Kildeværket anvender dosering af natronlud til pH-regulering, mens Galten anvender dosering af jernsulfat til arsenfjernelse. Ingen af de øvrige vandværker doserer kemikalier. Efter projektets afslutning har Kildeværket holdt med at dosere natronlud.

Filtermedie: Flere af vandværkerne (10 stk.) anvender sand som eneste filtermedie på forfiltre mens 11 anvender 2-medier filtre bestående af et lag antracit over et lag sand som forfiltre.

- Kun sand: Bøgdværket, Esbjergværket, Follerup, Fredensborg, Galten, Holmehave, Kildeværket, Nordværket Nord 1, Sydværket Viborg, Sønder Kolding
- Antracit over sand: Astrup, Bagterp, Dalum, Elstedværket, Hovedværket, Kasted, Lindvedværket, Lundeværket, Stavtrup, Sønder Vejle, Østerbyværket.
- Knust kalk: Truelsbjerg (forfiltre)
- Sand med lidt manganoxid: Truelsbjerg (efterfiltre)
- Aktivt kul: Bagterp (efterfiltre)
- Ukendt filtermedie: Bredkær og Egedal.

5.4.2 Om Merkurplatformen

Merkur er en åben og web-baseret dataplatform med en relationel database til vandbehandlingsdata udviklet i FileMaker 14. FileMaker består af en databasemotor og en grafisk grænseflade til Windows og Mac.

Ved udvikling af Merkur-databasen blev der anvendt Jupiter-terminologien i den udstrækning, det gav mening. Der findes otte hovedtabeller i Merkur, som alle er forbundet med én-til-mange relationer. Disse tabeller listes nedenfor:

Company: Denne tabel angiver data om forsyningerne. Én forsyning kan drive flere vandværker.

Waterworks: Denne tabel angiver data om det undersøgte vandværk. Tabellen indeholder oplysninger om vandværkets geografiske placering, filtreringstype (tryk eller gravitation, enkelt eller dobbeltfiltrering) og beluftningsmetode.

Location: Denne tabel angiver den placering, hvor prøven eller målingen hører hjemme.

Tank: Denne tabel angiver data om kapaciteten af rentvandstanke, udførselsmateriale og vandstandsvariation i tankene.

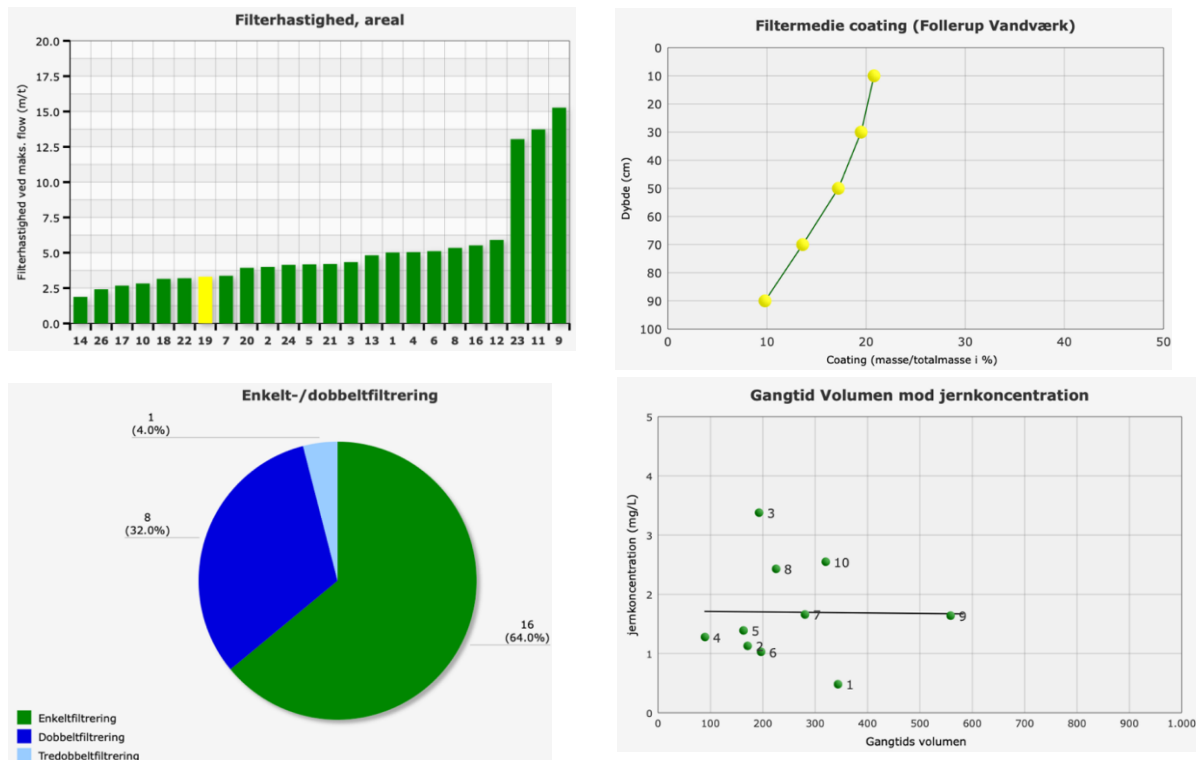
Filter: Denne tabel angiver de undersøgte filterbassiner/-beholdere med hensyn til dimensioner og de indsatte filtermedielag.

Backwash procedure: Denne tabel beskriver bl.a. de forskellige trin i returskylleproceduren, skyllevandsforbrug og hvilken trigger, der anvendes til at udløse et returskyl.

Sample: Denne tabel angiver prøvetypen (vand, skyllevand eller filtermedium), dato og klokkeslæt for prøvetagning samt diverse meta-data.

Result: Denne tabel angiver værdien af selve måleresultaterne, enheder, evt. "<" tegn, m.m.

Eksempler på Merkurs prædefinerede grafer ses i Figur 4.



Figur 4 Eksempler på prædefinerede grafer i Merkur (hhv. histogram, dybdeprofil, lagkagediagram og scatter-plot).

5.4.3 Nøgletal

Nøgletal vedrørende tekniske aspekter af vandbehandlingsprocessen har ikke tidligere fået meget opmærksomhed. Derfor foreligger der ikke en standardiseret liste over hvilke nøgletal, der er mest anvendelige. I det følgende, angives et udvalg af nøgletal samt de værdier, der er fundet i de undersøgte vandværker.

	Indikator navn	Enheder	Antal	Min	Median	Maks	Beskrivelse
1a	Filterhastighed, gravitationsfilter	m/t	21	1,9	4,1	5,9	Maks. typisk filterhastighed set over en periode på en måned
1b	Filterhastighed, trykfilter	m/t	3	12,4	13,0	15,3	Maks. typisk filterhastighed set over en periode på en måned
2	Empty Bed Contact Time (EBCT)	min	23	7	19	58	Teoretiske kontakttid med tom filterbeddet ved maks. typisk flow
3	Filterudnyttelse	%	24	22	59	97	Den potentielle indvinding ved maks. typisk filterhastighed, der kører 24/7 i forhold til aktuel årlige indvinding.
4	Bedhøjde/d ₁₀	dimensionsløs	19	590	1020	1530	Et udtryk for forholdet mellem vandets opholdstid (udtrykkes ved bedhøjde), og filtermediets kontaktkfladen (udtryk ved d ₁₀)
5	Uensformighedstal, 0-20 cm	dimensionsløs	21	1,4	1,7	3,5	Forholdet mellem kornstørrelsesfraktioner d ₆₀ og d ₁₀ for en medieprøve udtaget i 0-20 cm dybdeinterval
6	Filtermediets coating, 0-20 cm	%	21	3	21	56	Beregnes ud fra vægttab ved afsyring af en medieprøve udtaget i 0-20 cm dybdeinterval
7a	Filterbelastning, jern	$\frac{g_{\text{jern}}}{t \cdot m^2_{\text{filterareal}}}$	21	1,2	5,8	42	Hastigheden, hvormed jern kommer ind på filtret med råvandet (ved typisk maks. flow)
7b	Filterbelastning, ammonium	$\frac{g_{\text{amm}}}{t \cdot m^2_{\text{filterareal}}}$	21	0,1	1,0	3,5	Hastigheden, hvormed ammonium kommer ind på filtret med råvandet (ved typisk maks. flow)
7c	Filterbelastning, mangan	$\frac{g_{\text{mangan}}}{t \cdot m^2_{\text{filterareal}}}$	21	0,3	1,0	5,1	Hastigheden, hvormed mangan kommer ind på filtret med råvandet (ved typisk maks. flow)
8	Gangtidsvolumen	Empty bed voluminer	23	60	201	647	Volumen af vand, der behandles i løbet af en gangtid, angivet i tomme bed voluminer
9	Gangtidens jernbelastning	$\frac{g_{\text{Fe}}}{m^2}$	22	60	288	2661	Filterets belastning med jern pr. m ² filterareal over en gangtid
10	Skyllevandsforbrug	Empty bed voluminer	20	1,2	2,7	6,1	Samlet skyllevandsforbrug fra alle trin angivet i antal tomme bed voluminer
11	Skyllehastighed	m/t	22	18	32	68	Normal skyllevandshastighed under et skylletrin med vand alene
12	Returskyllets jerneffektivitet	$\frac{mg_{\text{Fe}}}{L_{\text{skyllevand}}}$	12	23	115	220	Koncentration af jern i en volumenproportional kompositprøve af alt skyllevand fra en skylleprocedure
13	Rentvandstankens udnyttelse	%	19	4	45	95	Forholdet mellem typisk min. og maks. vandstand i rentvandstanken set over en periode på en måned

Tabel 1 Oversigt over 13 udvalgte nøgletal til vurdering af vandbehandling med biofiltrering.

Alle nøgletal har relevans for drift af vandværker. Især nøgletal 4 og 8-13 har relevans for design af vandværker.

5.4.4 Referenceværdier

Det er værdifuldt at opstille referenceværdier for nøgletallene i Tabel 1. Disse værdier kan hjælpe det enkelte vandværk til at vurdere, hvor der er tale om usædvanlige resultater, der fortjener mere opmærksomhed. På den måde kan referenceværdier være med til at fremme læring i forhold til design og drift af vandbehandlingsanlæg.

Det er med vilje at betegnelsen "referenceværdi" er blevet anvendt, mens anvendelse af andre mulige betegnelser som "målsætning", "kriterium", "krav", "grænseværdi" og "standard" er undgået. Dette skyldes, at formålet med referenceværdierne ikke er at fokusere på "overholdelse", men hellere at fokusere på at fremme forståelsen og gennemsigtigheden af vandbehandlingsanlæggets design og drift. Dette anses som en forudsætning for udførsel af de rette tiltag, uanset om nøgletallet ændres eller ej. Når referenceværdier bliver til målsætninger, er der risiko for, at der går fokus fra den kollaborative læringsproces.

Det er derfor ikke intentionen, at referenceværdier skal kunne anvendes af myndigheder til at lægge pres på forsyninger til at overholde bestemte værdier. Myndigheder kan dog tage del i læringsprocessen, der muliggøres af et vandværks nøgletal og de fastlagte referenceværdier og dermed være bedre i stand til at udføre tilsynsarbejde samt at udarbejde vejledninger.

Typisk vil referenceværdierne skulle fastlægges subjektivt ud fra empiri (dvs. på basis af tal i Merkur). Referenceværdier til nøgletallene er stadig under udarbejdelse og angives derfor ikke i denne rapport. Det forventes, at de skal tilpasses løbende, efterhånden som der fås flere erfaringer.

5.4.5 Det kommunale udbytte af Merkur

Landets kommuner har en lang række opgaver i forbindelse med vandforsyning, som groft kan inddeles i aktiviteter, der omhandler administration (indberetninger og planlægningsopgaver), tilladelser (ved nye eller væsentlig ændrede anlæg), tilsyn (vandkvalitet og det tekniske anlæg) samt vejledning ved særlige hændelser. Som ved resten af denne rapport fokuseres der her på vandbehandling fremfor indvinding eller distribution.

Der er store forskelle på kommunernes rolle ved på den ene side store forsyninger med professionelle ansatte og en økonomisk formåen til at købe hjælp udefra og på den anden side små forsyninger med frivillig arbejdskraft uden faglig indsigt i alle af forsyningens fagområder og en begrænset økonomisk formåen. Især hos små forsyninger er der i praksis en forventning om, at kommunen kan bistå med sparring omkring vandbehandlingsudfordringer.

Generelt stiller kommunernes opgaver store krav til medarbejdernes kendskab til overordnede processer i forbindelse med vandproduktion. Kommunerne udtrykker behov for redskaber, der kan bidrage til at give en kvalificeret sparring (se Bilag 1). Hertil kommer, at vandbehandlingsdata hidtil ikke har været tilgængelige, hvormed det har været vanskeligt at opnå en evidensbaseret vurdering af performance af vandbehandlingsprocessen. Hermed er Merkurplatformen et velkomment initiativ. En fremtidig opgave kunne være udvikling af et beslutningsværktøj til hyppigt-forekommende udfordringer, fx overskridelse af kvalitetskrav for ammonium eller nitrit.

På sigt kan Merkur give input til vejledninger.

Flere detaljer omkring det kommunale udbytte af Merkur findes i Bilag 1.

5.5 Konklusion

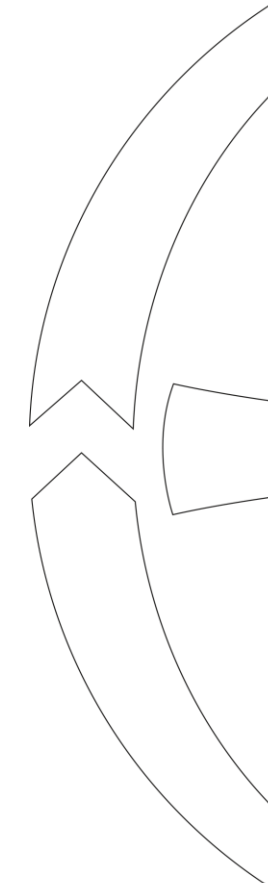
Projektet har omfattet indsamling af data fra 15 vandværker, videreudvikling af Merkur-plattformen og brugerfladen samt afholdelse af det første Merkur Forum til formidling og udveksling af ny viden. De deltagende forsyninger giver udtryk for, at Merkurs resultater er relevante. Hermed giver Merkur værdi som et rigtigt værktøj til kontinuerlig forbedring af vandbehandling og projektet fremmer en branchekultur, hvor erfaringer deles og man lærer af hinanden. Da Merkur nu er velfungerende og kan tilgås af de deltagende forsyninger, kan man konkludere, at projektets formål er blevet opfyldt.

Datamængden og antallet af vandværker er nu tilstrækkelige til at give værdi. Større repræsentativitet kan naturligvis fås ved at udvide databasen endnu mere. Det er især mindre vandværker med trykfiltre samt en større geografisk spredning til også at inkludere sjællandske vandværker, som mangler.

Resultater har vist generelt, at der er stor variation i nøgletallene mellem vandværker. Dette indikerer, at der er plads til forbedring i vandbehandling gennem benchmarking. Data repræsenterer en guldgrube af oplysninger, som kan gavne hele vandbranchen.

Projektet har styrket Danmarks "praksisfællesskab" omkring vandbehandling. Et praksisfællesskab er karakteriseret ved tre dimensioner: gensidigt engagement, fælles virksomhed og fælles repertoire (Wenger, 1998). Denne styrkelse er sket via udveksling af erfaringer, sammenligning af nøgletal fra de forskellige vandværker samt afholdelse af det første Merkur Forum.

Arbejdet med vandbehandlingsdata er en proces, hvor både Merkur-dataplattformen og brugen af data er under konstant forandring. Dette anses som naturligt og nødvendigt for at Merkur til stadighed videreudvikles. Det betyder bl.a. at der ligger flere opgaver i vente, herunder indsamling af data fra flere forsyninger, videreudvikling af datastruktur og software platformen, videreudvikling af brugerfladen med udarbejdelse af flere grafer, skarpere nøgletal, fastlæggelse af referenceværdier, algoritmer til kvalitetssikring af data, afholdelse af årlige Merkur Forum i fremtiden, samt valg af permanent hjem til vedligehold, videreudvikling og hosting af dataplattformen.



6 Litteraturliste

AWWA, 2020. AWWA Utility Benchmarking Performance Management for Water and Wastewater. American Water Works Association, Denver, CO.

Boxwell, R.J. 1994. Benchmarking for Competitive Advantage. McGraw-Hill.

Cole, M.J., 2009. Benchmarking: a process for learning or simply raising the bar? Evaluation Journal of Australasia, Vol. 9/2, pp. 7-15.

DANVA, 2020. Water in Figures. Benchmarking and Statistics.

de Goede, M., Enserink, B., Worm, G. I. M., & van der Hoek, J. P., 2016. Drivers for performance improvement originating from the Dutch drinking water benchmark. Water Policy, 18(5), 1247–1266.

Elmuti, D. & Kathawala, Y., 1997. An overview of benchmarking process: a tool for continuous improvement and competitive advantage. Benchmarking for Quality Management & Technology, Vol. 4 No. 4, pp. 229-243.

Evans, A.N., J.T. Carter, J. Brown, & Lauderdale, C., 2019. North American biofiltration practices. AWWA Water Science.

Garvin, D.A., 1993. Building a learning organization. Harvard Business Review.

IWA, 2017. Performance indicators for water supply services, 3rd edition. IWA Publishing, London.

Marques, R.C. & Simões, P., 2008. Does the sunshine regulatory approach work? Governance and regulation model of the urban waste services in Portugal.

MUDP, 2022a. Fyrtårnsprojektet Smart Redesign of Drinking Water Production, Rapport 1: Indsamling af vandbehandlingsdata.

MUDP, 2022b. Fyrtårnsprojektet Smart Redesign of Drinking Water Production, Rapport 2: Merkur: Web-baseret platform til vandbehandlingsdata.

Sedlak, D.L. 2014. Water 4.0: The Past, Present, and Future of the World's Most Vital Resource. Yale University Press, New Haven.

Senge, P.M. 2006. The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization. Penguin Random House.

Shleifer, A., 1985. A theory of yardstick competition. Rand Journal of Economics, Vol. 16/3, pp. 319-327.

USEPA, 2000. The History of Drinking Water Treatment. EPA-816-F-00-006. February.

VandCenterSyd, 2022. <https://www.vandcenter.dk/om-os/historie>.

Vewin, 2013. Reflections on Performance Benchmarking in the Dutch drinking water industry. Vewin nr. 2013 / 119 / 6281.

Wenger, E., 1998. *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identify*. Cambridge University Press.

WRF (Water Research Foundation), 2016. *North American Biofiltration Knowledge Base*. Project #4459. Prepared by J. Brown, G. Upadhyaya, J. Carter, T. Brown, & Lauderdale, C.

