

ERHVERVSFYRTÅRN FOR VANDTEKNOLOGI

Slutrapportering 2023 - Regionalfond



MERKUR: ANALYSE

I dette notat analyseres både behovet for vandbehandlingsdata samt behovet for teknologiske løsninger, som de indsamlede data peger på. Grundlaget for analysen er samarbejde mellem forsyninger, virksomheder og vidensinstitutioner.

1. Behov for vandbehandlingsdata

Manglen på design- og driftsdata indsamlet fra drikkevandsbehandlingsanlæg er blevet identificeret som den største stopklods for den videre udvikling af vandforsyninger. I 2018 erkendte man mangel på og vigtighed af vandbehandlingsdata, og man begyndte i Danmark at arbejde med data fra 10 store fuldskala vandværker. Tanken var, at en lang række forsyninger skulle bidrage med data fra deres egen drikkevandsbehandlingsproces til gavn for forsyningerne selv og for hele drikkevandsbranchen generelt.

I de fleste lande er der ingen tradition for at indsamle og udnytte tekniske data om drikkevandsbehandlingsprocessen. Derfor stilles simple spørgsmål som "Er vandværkets hydrauliske læsehastighed optimal?" eller "Er vandværkets returskylningsprocedure effektiv?" eller "Er filtermediets kornstørrelse og volumen tilstrækkelig" kan ikke altid besvares tilfredsstillende.

I Danmark er utilstrækkelig vandbehandling årsagen til lidt over halvdelen af problemer med overholdelse af vandkvaliteten ved forbrugerens hane, og at vandbehandlingsprocessen har stor indflydelse på bæredygtigheden af hele processen med at levere drikkevand.

Siden starten af Merkur har flere forsyningsselskaber tilsluttet sig initiativet. Ved fyrtårnsprojektets afslutning er data fra 80 store og små vandværker blevet indsamlet, organiseret og gemt i databasen. Behovet for vandbehandlingsdata ses ved den store tilslutning til MerkurForum, et heldagsmøde, hvor data fra Merkur fremlægges og drøftes.



Figur 1 MerkurForum 2023.

Fortolkning af resultaterne viser stor variation mellem danske vandværker på trods af ens råvandskvalitet (grundvand) og lignende behandlingsprocesser (beluftning efterfulgt af biofiltrering). Dette indikerer, at nogle vandværker er mindre succesfulde end andre, og at bedste praksis måske endnu ikke er identificeret.

Merkur er en webbaseret platform, der indeholder tekniske data om drikkevandsbehandling på fuldskala vandværker. Gennem visualisering af dataene kan områder, der på grund af usædvanlige resultater kræver et nærmere kig, opdages. Dette resulterer generelt i en dybere indsigt i udformningen og driften af drikkevandsbehandlingsanlægget og en vej til forbedring. Merkur er åbent, der følger traditionen fra den internationalt anerkendte danske database "Jupiter", som omfatter alle data om grundvandsboringer, grundvandskvalitet og drikkevandskvalitet for hele landet i mere end 30 år. Denne åbenhed fortjener stor ære for det stærke "praksisfællesskab", der har udviklet sig i Danmark i vandbranchen.

Mængden af data i Merkur er omfattende. Simple målinger inkluderer filterdimensioner, årlig produktion, varigheden af individuelle returskylletrin, det originale filtermedies kornstørrelse og -form og mange flere. Beregnede værdier inkluderer hydraulisk belastningshastighed, relativ filtermediebelægning, ensartedskoefficient, første-ordens hastighedskonstanter, køretidsvolumen, returskylleeffektivitet, rentvandsbeholderudnyttelse og lignende.

For at få overblik over data arbejdes der på at identificere en række nøgleparametre, der er mest væsentlig for design og drift af vandbehandling. Hver nøgleparameter skal have en reference værdi eller interval, så vandværker kan vurdere, om deres egne værdier er passende.

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 (udtryks ved bedhøjde), og filtermediets kontakthøjde (udtryk ved d ₁₀)
5 Uensformighedstal, 0-20 cm	dimensionsløs	21	1,4	1,7	3,5	Forholdet mellem kornstørrelsesfraktioner d ₄₀ 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 væggtab ved afsyring af en medieprøve udtaget i 0-20 cm dybdeinterval
7a Filterbelastning, jern	$\frac{g_{jern}}{t \cdot m^2_{filterareal}}$	21	1,2	5,8	42	Hastigheden, hvormed jern kommer ind på filtret med råvandet (ved typisk maks. flow)
7b Filterbelastning, ammonium	$\frac{g_{amm}}{t \cdot m^2_{filterareal}}$	21	0,1	1,0	3,5	Hastigheden, hvormed ammonium kommer ind på filtret med råvandet (ved typisk maks. flow)
7c Filterbelastning, mangan	$\frac{g_{mangan}}{t \cdot m^2_{filterareal}}$	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	$\frac{g_{Fe}}{m^2}$	22	60	288	2661	Filterets belastning med jern pr. m ² filterareal over en gangtid
10 Skylevandsforbrug	Empty bed voluminer	20	1,2	2,7	6,1	Samlet skylevandsforbrug fra alle trin angivet i antal tomme bed voluminer
11 Skylehastighed	m/t	22	18	32	68	Normal skylevandshastighed under et skylletrin med vand alene
12 Returskyllets jerneffektivitet	$\frac{m_{g_{Fe}}}{L_{skyllevand}}$	12	23	115	220	Koncentration af jern i en volumenproportional kompositprøve af alt skylevand 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

Figur 2 Liste over nøgleparametre ved starten af fyrtårnsprojektet.

Resultater fra Merkur er blevet formidlet på dansk på flere måder, bl.a. i en artikel i tidsskriftet Vand og Jord. I artiklen kan ses et Danmarkskort over placering af de medvirkende vandværker. Disse blev udvalgt for at dække bredt med hensyn til geografi, vandkvalitet, størrelse og behandlingsmetode.

Nye data om drikkevandsbehandling

Den danske vandbranche har en stolt tradition for at bruge vandrelaterede data via offentlig tilgængelige platforme som Jupiter. Traditionen er nu suppleret med en ny platform, Merkur, der indeholder tekniske data om vandværkernes normalbehandling af grundvand. Ved hjælp af nøgleparametre og referenceværdier skaber Merkur grundlaget for at forandre den måde vandværker designs og driftes.

LOREN RAMSAY, HENRIK BJØRN &
DITTE ANDREASEN SØBORG

I Danmark bliver en beundringsværdig mængde af vandrelaterede data stillet til rådighed via web-baserede platforme. Eksempler inkluderer Regionernes register over forurenede grunde, GEUSs nationale boringsdatabase Jupiter, ledningsregisteret LER og DANVAs program for Benchmarking og Vandstatistik. Disse og andre platforme bidrager til øget udvikling, bedre velfærd og et velfungerende samfund.

Procesdata i vandbehandling

Med denne kulisser er det desto mere overraskende, at der har været en udpræget mangel på tekniske data om drikkevandsbehandling. Denne mangel skyldes blandt andet, at lomæssige datakrav har fokus på slutproduktet (færdigbehandlet drikkevand) og derfor ikke kræver indrapportering og deling



Figur 1. Geografisk placering af vandværker, der p.t. har givet tilgængelige data i Merkur.

6 • Vand & Jord

af data om drikkevandsbehandling. I mangel af objektive målinger, har design og drift af vandbehandlingsprocesser i udstrakt grad været nødsaget til at bruge subjektive erfaringer. Erfaringer har enom værdi, men en bedre balance mellem objektive målinger og erfaringer åbner nye muligheder.

Det skal ikke forneges, at procesdata om vandbehandling i visse tilfælde bliver anskaffet og endda gemt, fx i et vandværks SRO-system. Men disse data forbliver isolerede på det enkelte vandværk og anvendes sjældent til sammenligning med andre vandværker eller til referenceværdier.

Vandværkernes overskridelser

En opgørelse fra jan. 2019 /1/ viser, at der forekommer knap 500 aktuelle overskridelser af vandkvalitetskriterier på danske vandværker. Opgørelsen blev udført pr. stof og pr. vandværk og gælder kun for den seneste udførte måling på vandværket. Hermed blev historiske overskridelser ikke medtaget. Den parameter, der hyppigst overskrides, er ammonium, efterfulgt af E. coli og mangan.

Opgørelsen viser, at de fleste overskridelser skyldes utilstrækkelig vandbehandling fremfor forurenede grundvand og kontaminering af distributionsnettet tilsammen.

For at råde bod på de mange overskridelser samt manglen på data om vandbehandling blev den nye database, Merkur, sat i søen.

Merkur

Merkur er en åben, webbaseret platform til systematisk lagring og formidling af data om drikkevandsbehandling. I skrivende stund er der ca. 75 vandværker, der har afleveret – eller er i gang med at aflevere – data til Merkur, se Figur 1. De deltagende vandværker bruger alle biofiltrering, men har varierende størrelser, filtertyper (gravitation og tryk), og opstillinger (enkelt/dobbelt/tredobbelt filtre-



Figur 2. De vigtigste formål med den nye dataplatform.

ring). Kortet viser den geografiske placering af vandværkerne.

Som ved andre databaser er der mange forskellige potentielle brugere. Disse brugere inkluderer forsynings driftspersonale og ledere, entreprenører, leverandører, rådgivere, myndigheder, studerende og forskere. Da der ikke tidligere er indsamlet denne type data, har opstilling af databasen krævet udvikling. For det første skulle det besluttes, hvilke data, der bør indsamles. Herudover skulle der udvikles prøvetagningsmetoder, analysemetoder, og referenceværdier for hver nøgleparameter. Herudover skulle databasens struktur fastlægges, og brugerfladen skulle udvikles.

Nøgleparametre

En række nøgleparametre er blevet udviklet for at lette sammenligning med referenceværdier og andre vandværker.

Fem eksempler på nøgleparametre i Merkur er forklaret i artiklen i de fem bokse. Bemærk, at alle fem beregnes ud fra eksisterende data, dvs. fra basispakken (se "Datapakker" nedenfor).

Formål

Blandt de vigtigste formål med Merkur er driftsoptimering, designforbedring, dokumentation af performance samt frembringelse

Figur 3 Forside af en artikel i tidsskriftet Vand og Jord, feb., 2023.

2. Behov for nye teknologiske løsninger

I løbet af fyrtårnsprojektet blev behovet for nye produkter og ydelser identificeret i et samarbejde mellem forsyninger, virksomheder og vidensinstitutioner. Disse produkter og ydelser anses som vigtige for en forsyning at opnå "best practice". Der blev lagt vægt på løsninger, der adresserer væsentlige udfordringer for et stort antal forsyninger og som kan udvikles og sælges på markedet med danske kompetencer.

Identificerede behov for produkter viser både helt nyt udstyr samt forbedringer af eksisterende udstyr. Nedenfor vises et udvalg af disse.

- On-line mikrobiologiske målinger: I mange år har branchen efterlyst disse on-line målinger. Udfordringen er samtidig at kunne måle specifikke mikroorganismer med en hurtiganalyse. Til trods for mange forsøg, er der endnu ikke fundet en løsning, der dækker vandværkernes behov.
- Monitoring af filtervækst: Filtervækst er et problem for mange vandværker. Over årene, bliver de enkelte filtermediekorn større i takt med at en coating på kornene vokser. Data i Merkur viser, at denne coating består hovedsagelig af jernoxider. Problemet er, at filtermedie skal med års mellemrum suges bort eller udskiftes helt. Denne proces er meget dyrt for vandværkerne og øger risikoen for mikrobiologisk forurening. Monitoring af filtervækst er usikker, da filteroverfladen ligger ujævn efter et returskyl og da filtervækst er langsom. Der er behov for udstyr, der kan følge filtervækst automatisk.
- Måling af skyllevandssedimentering: Skyllevand ledes ofte til et bassin, hvor det får lov til at stå i mange timer inden udledning. Da kommuner begynder at stille skrappe krav til kvaliteten af det vand, der udledes, er der kommet mere fokus på området. Returskyllevand fra vandværker opfører sig anderledes end fx spildevand, som også skal gennemgå en sedimentering. Der mangler måleudstyr til at vurdere sedimenteringshastighed af returskyllevand.
- Hydrauliske forhold i filteret: En god vandbehandling kræver, at der er en jævn strømning af vand gennem filtermediet. Hvis der er kanaldannelse eller hvis store dele af filteret ikke er aktive på grund af ansamlinger af luft, vil vandet strømme hurtigere igennem filteret. Der mangler en let måde at fastlægge et filters hydrauliske forhold.

I forbindelse med arbejdet med Merkur er der også blevet identificeret en række ydelser, som vandværker kunne få brug for. Nedenfor vises et udvalg af disse.

- Vandbehandlingsdata: Der er tydeligvis behov for at Merkurplatformen bliver brugervenlig og videreudvikles. Selv om der ved fyrtårnsprojektets afslutning er 80 vandværker, er der både behov for nye datatyper i databasen (fx oplysninger returskyllebassiner) og endnu flere vandværker for at sikre så repræsentativt grundlag for vurderinger som muligt. Herudover er der behov for at videreudvikle grafiske fremstillinger og nøgleparametre med tilhørende referenceværdier.
- Stoftransportmodellering: Der er mangel på en letanvendelig modelværktøj, der simulerer vandbehandlingsprocessen. Visionen er at kunne indtaste en råvands sammensætning og dimensioner af et fysisk filteranlæg og modellere stoffjernelse/-omsætning. Hermed kan man teste mange forskellige opsætning uden at der er behov for dyre studier med pilotanlæg.
- Kobling mellem Jupiter og Merkur: Det er et oplagt behov for et softwareprodukt, der kobler data fra disse to datakilder. Hermed fås et overblik over hele behandlingsproces fra kildepladsen til forbrugernes taphane. Det er først nu at Merkur data eksisterer, hvormed dette software muliggøres.
- Vandbehandlings AI: De mange data i Merkur gør at der er behov for at undersøge, om kunstig intelligens kan bruges til vurdering af de mange data. Derfor er der behov for udvikling af AI algoritmer.

Ud over dette udvalg af identificerede produkter og ydelser, vil flere behov opstå over tid efterhånden som der arbejdes med analyse af Merkur data.