

## Contents

Vandbehandling (Methan).....	8
Reduktion af klimaaftryk fra vandværkers metan udledning.....	9
MethanOx Biofilter – biologisk omsætning af metan direkte i vandbanen .....	11
Emission fra spildevandsrensning .....	13
N2O reduktion i praksis: Resultater og erfaringer fra TwiN2Ops MUDP-projektet.....	14
ARES – Reduktioner af emissioner fra spildevandsanlæg.....	16
NACAT – Skal vi bare polere N2O væk? .....	18
N2O kontrol - DNA og N2O data fra 8 danske renseanlæg .....	20
Forslag til reguleringsmetoder til reduktion af lattergasemissioner fra renseanlæg .....	22
Terrænnært grundvand.....	24
Helhedsorienteret Klimatilpasning og Modellering af Vandkredsløbet i Risskov Fedet .....	25
Ny hurtig screeningsmetode til beregning af højtstående grundvand og skadesøkonomi .....	28
Højtstående grundvand i område med risiko for sætningsskader .....	30
Klimasikring af sommerhusområder .....	32
Interaktion mellem afløbssystemer og terrænnært vand fra oven, neden og siden.....	34
Svovlbrinte .....	36
End-of-pipe svovlbrintebekæmpelse fra tryksatte systemer.....	37
Modelbaseret indikator for svovlbrinteproblemer .....	38
MUDP-projekt ”Integreret digital svovlbrinteforebyggelse i lange kloakledninger” .....	40
Værktøjer (afløb) .....	42
Monitering og modellering af situationsafhængig afstrømning .....	43
Datadrevne indsigter og tiltag fra oplandsovervågning med stor koncentration af vandstandssensorer i mindre stationsby i Holbæk kommune. ....	45
SAMBAGis. Et nyt værktøj til hurtig beregning af vandstrømme, volumener og stofmængder .	47
Vandkvalitetsmålinger som beslutningsgrundlag. Har vi metoden?.....	49
Revolutioner viden om nedgravet Infrastruktur .....	51
Vandkvalitet.....	52
Undersøgelse af afsmitning fra beton til drikkevand.....	53
Er mikrobiologisk eftervækst ved idriftsættelse lig en kogeanbefaling? .....	55
Erfaringer med enterokok-analyser i daglig drift og ved forurening .....	57
Beredskab/afløb.....	59

Status på DMI's projekt for varsling af oversvømmelser samt udvikling frem mod borgerrettede varsling fra medio 2025.....	60
Realtidsmodel til styring af afløbssystem.....	62
Opsætning og anvendelse af en "døgnmodel", som dagligt simulerer en hydraulisk model baseret på nedbørsdata. ....	64
Grundvand .....	65
Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i grundvand under marker der har modtaget spildevandsslam .....	66
JMAR; Vertikal Profilering af boringer med tilvejebringelse af billede for nitratforekomst pr. meter ned gennem vandsøjlen .....	68
Varighed af grundvandsforureninger og deres betydning for forsyningens strategi og investeringer .....	71
Grundvandsindvinding og strømningsveje i vandløbsnære oplande – konceptualisering og 2 feltstudier .....	73
Flytning af indvindingsboringer – udfordringer og økonomi .....	75
Renseanlæg - case stories.....	77
Udvidelse af renseanlæg Damhusåen .....	78
Tre forsyninger går sammen for at forbedre miljøet, øge energieffektiviteten og optimering af den samlede investering til gavn for borgere og miljø .....	80
Når verden skrider – Nordic Waste oplevet fra en forsyningsvirksomhed .....	82
Reduktion af overløb ved hydraulisk optimering af renseanlæg .....	83
Fosfor gødningsvirkning, slamrest-produkter efter mineralisering, pyrolyse og forbrænding....	85
Bæredygtighed .....	87
Frederiksberg Forsyning vil være blandt de mest bæredygtige forsyninger i Europa .....	88
Ud over bæredygtighedsrapportering. Anvendelse af planetære grænser på forsyningsstrategisk niveau: ABS-Water - Et eksempel på et innovationsprojekt .....	90
Vi øver os i biodiversitet .....	92
Multifunktionel arealanvendelse - hvordan opnås det i praksis?.....	94
VARGA projektet – resultater og spin-off af ressource genvinding i fuld skala .....	96
Overløb (afløb).....	98
Reduktion af overløb i Gudhjem, Bornholm .....	99
Reduktion af overløb – Vi gør alt, hvad vi kan .....	101
Målinger og modellering af koncentrationer i kloakoverløb i Odense.....	103
Online realtids-overvågning af e.coli fra overløb .....	105
Serviceniveau - værktøj .....	106
Hvad kan betale sig? Sammenligning af metode til serviceniveauberegninger .....	107

Hvordan inklusion af merværdier i samfundsøkonomiske analyser af naturbaseret klimatilpasning kan bidrage til holistisk planlægning i byerne.....	109
Klimatilpasning og samfundsøkonomiske analyser – supplement til serviceniveaubekendtgørelsen og implementeringen af lovgivningen om klimatilpasning.....	111
PLASK 4.0: Ændringer og forbedringer .....	113
Semidynamisk 1D-2D model til opfyldelse af serviceniveaubekendtgørelsen.....	115
Grundvandsbeskyttelse .....	117
Fokuseret grundvandsbeskyttelse fordrer lokal geologisk indsigt – værdien af geofysik og detaljeret geologisk tolkning i sårbarhedsudpegning .....	118
Sæt pris på grundvandsbeskyttelse - MEN ikke enhver pris .....	120
PFAS i spildevand og slam.....	122
PFAS-strømme i danske renselanlæg – Tekniske styringstiltag til fordeling mellem slam og vand .....	123
Effektiv PFAS-fjernelse i rejektivand fra slammineraliseringsbede.....	125
MFS-eliminator projektet sikrer omkostningseffektiv fjernelse af PFAS og andre MFS fra punktkilder gennem både central og decentral vandbehandling .....	127
PFAS i perkolat fra deponierne i Odense (VUDP-projekt) .....	129
Afbrænding af PFAS-holdigt slam på BIOFOS, Renselanlæg Avedøre .....	131
Miljøfremmede stoffer.....	133
RegnKvalitet+ Nyt VUDP-projekt om effektiv vurdering af MFS i regnvandsudledninger til brug for udlednings- og tilslutningstilladelser .....	134
Stokastisk model til vurdering af udledninger af miljøfremmede stoffer fra regnbetingede udløb .....	136
Rensning af regnvand - En case fra Upperslev Mose. Hvorfor er der behov for “treatment trains”, for at leve op til miljøkvalitetskravene?.....	138
Udledninger .....	140
Digitalt overbliksværktøj til proces for ansøgning om udledningstilladelse .....	141
Nye afgørelser udfordrer fremtidige byudledninger – hydrauliske vurderinger set fra et juridisk og et teknisk perspektiv.....	143
Praktisk tilgang til vurdering af udledningen af miljøfarlige stoffer i forbindelse med udledningstilladelser .....	145
LCA .....	147
Fremtidens spildevandsbassin - Design med bæredygtighed for at reducere tab af biodiversitet, klimapåvirkning og ressourceknaphed.....	148
Praktiske erfaringer med reducere klimapåvirkning af vandværksprojekter .....	150
Drikkevandsbehandling .....	152

Undersøgelse af migration af uønskede stoffer til drikkevand fra resiner ved PFAS-fjernelse.	153
Pilotundersøgelser til sammenligning af adsorptionsteknologier til rensning for PFAS på HOFORs største kildeplads.....	155
Blødgøring med CO <sub>2</sub> - Første år med CARIX på Solrød Vandværk.....	157
Hvordan råvandets indhold af miljøfremmede stoffer påvirkes af vandbehandlingen på 47 danske vandværker – undersøgt med non-targetet metoder.....	158
Spildstrømme i dansk vandforsyning med udgangspunkt i okkerslam .....	160
4. rensesettrin .....	162
Europæisk erfaringsopsamling – 4. rensesettrin.....	163
Rensning for miljøfarlige stoffer - etablering af 4. rensesettrin til fjernelse af medicinrester på Egå Renseanlæg .....	165
HCR Syd - kapacitetsudvidelse og nyt 4.rensesettrin.....	167
Hvordan håndteres de skærpede krav til vurdering af miljøfarlige stoffer fra rensesetlæg? – Et eksempel fra Kalundborg.....	169
Fjernelse af miljøfremmede stoffer i udløbsvand fra rensesetlæg ved brug af aktiv biokul fremstillet fra spildevandsslam og plantemateriale.....	171
Værktøj/styring.....	173
Screening af styringspotentiale i afløbssystemer (SSC) - et case studie hos Forsyning Helsingør .....	174
Reduktion af hyppigheden af overløb fra Strandvænget Pumpestation.....	177
Reduktion af overløb i Fors' oplande ved implementering af styring – Fra potentialeberegninger til implementering i afløbssystemet.....	179
Samling af sensordata fra forskellige kilder med udstilling i en fælles platform på henholdsvis en fællesoffentlig og en forsynings-specifik skala .....	181
Integreret datahåndtering for vandstand og flow i vandløb og grundvandspejlinger – forbedret datagrundlag for integrerede klimatilpasningsværktøjer.....	183
Distribution og beholdere.....	185
Asset management for drikkevandsledningsnet – Dataproblematikker og bias.....	186
Kan moderne UPS-Systemer sikre vandværkers drift under strømsvigt?.....	188
Bæredygtighed og multikriterieanalyse i planlægningen af vandsystemer .....	190
Erfaringer vedrørende datadrevet lækageovervågning .....	192
Godt vandtryk i Danmarks største distributionsnet – også om 10 år .....	194
Nye teknologier på rensesetlæg .....	195
Rensning af processpildevand fra produktion af ultrarent vand til PtX-industrien .....	196
Genbrug af renseset spildevand til Power-to-X: En case i Pau, Frankrig.....	197
KROBIO HYBRID - Kompakt og Robust BIOlogisk spildevandsrensning i HYBRIDformat	199

Kan hydrocykloner og granulært slam sikre nitrifikation i et højt belastet renselanlæg?.....	200
Forbedring af beluftning i renselanlæg med nanobobler .....	202
Udførsel/drift - klima.....	204
Modeltest til kapacitetsforøgelse af pumpestation til 48.000 m <sup>3</sup> /h .....	205
Skybrudstunneler – ekspropriation, processer, planlægning og samarbejde .....	207
Udvikling af ny effektiv og bæredygtig rensegrisløsning til vedligeholdelse af trykledninger. 209	
Samarbejder om håndtering af regnvand i Odense C med gennembrydning af kajkant i træspuns fra 1915 og en jord-bæreevne, der var mindre end ventet.....	211
Sikrere specialdæksler på Svanemøllen Skybrudstunnel .....	213
Uvedkommende vand.....	215
Modellering af indsivning i afløbssystemet – og anvendelser .....	216
Brug af Vandstandsmålere som Prioriteringsværktøj til Investeringer i Opsporing og Afkobling af Uvedkommende Vand i Spildevandssystemer .....	218
CSRD og planlægning .....	220
CSRD-vejledning til den danske vandsektor .....	221
Bæredygtighed i vandselskaberne (CSRD) - DANVA vejledning nr. 111 .....	223
Bæredygtighedsrapportering i vandselskaber – Frivillig bæredygtigheds rapportering for SMV'er .....	224
Værktøj til screening af bæredygtighed i klimatilpasningsprojekter i den tidlige planlægningsfase .....	225
Tværasektorielt samarbejde mellem kommune og forsyning løfter bæredygtighed til nye højder227	
Erhvervsudvikling, bæredygtighed og vandhåndtering går hånd i hånd i Østhavnen, Aalborg 229	
Projekter - afløb.....	231
Hvordan fastlægges løsninger til rensning af regnvand i byerne? Et eksempel fra Strandvejsområdet i Hellerup om BAT i tætte byområder.....	232
Sommerhuskloakering i Halsnæs Forsyning.....	234
Rensning af regnvand - KOM-BAT - et MUDP projekt.....	236
3. Spildevand.....	238
Det nye PFAS-kvalitetskriterium – Hvad skal renskravet være og hvilke forbindelser skal prioriteres? .....	239
4. Afløb .....	240
Dynamisk robusthedsanalyse for Kærby Å .....	241
MUDP Overløb minimerer usikkerhed på stofbelastninger til recipienter ved måledata.....	243
Workshop.....	245
Klimaprojekter .....	246

Erfaringer med klimatilpasning i Frederiksberg Kommune. ....	247
Evaluering af grønne tages klimaeffekt: Vurdering af vandtilbageholdelse og peak flow reduktion baseret på seks års målinger på fuldskala tage.....	249
Guddomelig klimatilpasning – Vestre Kirkegård .....	251
Storkeengen – Klimatilpasning i modvind .....	253
Klimatilpasning af Helsingør Klimabykerne .....	254
Rettidig planlægning af regnvandshåndtering er vejen til en bæredygtig udvikling .....	256
Screening af serviceniveau i Københavns Kommune .....	258



## **Vandbehandling (Methan)**

2024-11-27

12:55 - 13:40

Vandbehandling (Methan)



## Reduktion af klimaaftryk fra vandværkers metan udledning

### 2. Drikkevand

**Henrik Aktor**<sup>1</sup>

Thomas Drifte<sup>2</sup>

<sup>1</sup> AKTOR innovation

<sup>2</sup> HOFOR A/S

**Nøglebudskaber:** Katalytisk oxidation af metan før udledning til atmosfæren kan reducere klimaaftrykket fra HOFORs kommende regionale vandværk i Gørløse med 250 ton CO<sub>2</sub> ækvivalenter pr. år.

CLMO-teknologien er blevet testet i fuldskala med en kapacitet på 1 kg/time (10 ton metan pr. år) på afkastet fra vakuumanlægget på Æbelholt kildeplads i perioden november 2023 - marts 2024 med tilfredsstillende resultater

**Abstract tekst:** Ca. 10 % af det indvundne grundvand i Danmark har et højt indhold af metan og der udledes årligt omkring 500 ton metan til atmosfæren fra danske vandværker. Denne metangas, der ligesom naturgas har en geologisk kilde, svarer til ca. 14.000 ton CO<sub>2</sub> ækvivalenter.

På HOFORs nye vandværk i Gørløse, der skal stå færdigt 2029, vil der være en udledning af ca. 10 ton metan årligt fra afkastet på vakuum risletårne. Dette svarer til ca. 280 ton CO<sub>2</sub> ækvivalenter årligt og ved at fjerne metan før udledning til atmosfæren ville det være muligt at reducere Slangerup Værkets samlede klimaaftryk med 25 %. Hvis 1 ton metan oxideres til kuldioxid reduceres klimagas effekten fra 28 ton CO<sub>2</sub> ækvivalenter til 3 ton CO<sub>2</sub>.

Det er velkendt at man kan reducere klimabidraget fra udledning af metangassen ved forbrænding ("flaring"). Ud over de sikkerhedsmæssige overvejelser omkring en åben flamme som kunne være en barriere, er koncentrationen af metan i afkast fra vandværker imidlertid typisk for lav til at det er muligt at afbrænde gassen direkte i en flamme (< 10 % v/v)

HOFOR har undersøgt om katalytisk oxidation af metan med CLMO-teknologi kan give en bæredygtig reduktion af klimagas aftrykket. CLMO-teknologien er udviklet af AKTOR innovation og blev i 2014 dokumenteret med et testanlæg på Åsted Vandværk, Forsyningen Frederikshavn, med støtte af VUDP. Metan i lave koncentrationer oxideres til kuldioxid på en katalysator i et lukket system ved temperaturer mellem 350 – 600 °C og den nødvendige energi til at hæve temperaturen kommer fra genvinding af forbrændingsenergien i en varmeveksler.

Teknologien er blevet demonstreret på Æbelholt kildeplads, hvor et vakuum anlæg i dag udleder 10 ton metan årligt. Et test- og demonstrationsanlæg med varmeveksler og katalysator i fuld skala er opbygget i en container Anlægget behandler afkastet fra pumpestationens vakuumanlæg med en kapacitet på oxidation af ca. 1 kg metan pr. time svarende til en effekt på 14 kW.

Testanlægget har været i drift november 2023 - marts 2024 med tilfredsstillende resultater (> 95 % fjernelse). Teknologien og resultaterne fra driften af anlægget vil blive præsenteret i indlægget.



## MethanOx Biofilter – biologisk omsætning af methan direkte i vandbanen

### 2. Drikkevand

Sara Starcke<sup>1</sup>

Lone Tang<sup>2</sup>, Søren Bastholm Olesen<sup>3</sup>, Rasmus Pedersen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> NIRAS

<sup>2</sup> VIA University College Horsens

<sup>3</sup> DMR

<sup>4</sup> Frederikshavn Forsyning

**Nøglebudskaber:** Methan kan omsættes biologisk direkte i vandbanen, hvorved energikrævende afblæsning og klimabelastende udledning kan undgås.

Traditionelt beluftes methanholdigt råvand på vandværkerne til koncentrationen af methan er <0,1 mg/l. Dette gøres primært for ikke at få methan ind på filterne, da de methanoxiderende bakterier danner en klistret biomasse, når de omsætter methanen. I MethanOx projektet blev det demonstreret på Tolne Vandværk, at væksten af de methanoxiderende bakterier kan kontrolleres ved hjælp af korrekt styring og returskyl i et Biofilter, og at bakterierne kan omsætte methanen i filteret. Herved undgås den energikrævende afblæsning og udslip af klimagasser til atmosfæren.

**Abstract tekst:** I Danmark estimeres afblæsning af 300 tons methan fra drikkevandsproduktionen årligt. Afblæsningen af den potente drivhusgas er, foruden at være en plads- og driftskrævende proces, også en meget energikrævende proces. På Tolne Vandværk i Frederikshavn Forsyning beregnes energiforbruget fra afblæsningen af methan til et strømforbrug svarende til ca. 20 parcelluse årligt. Afblæsningen af methan fra råvandet er nødvendig inden råvandet behandles på sandfiltrene, da methan vil give vækstgrundlag for methanoxiderende bakterier i filterne. Bakterierne vil dels forbruge ilten i råvandet og hæmme de andre iltkrævende processer i filterne og dels forårsage tilstopning af filtermaterialet, da bakterierne producerer organisk materiale.

I dette netop afsluttede MUDP-støttede udviklingsprojekt, MethanOx, er et alternativ til den energikrævende afblæsning undersøgt og testet. Ved brug af nyudviklede sensorer til overvågning og nøje styring af drift og returskyl, er det vist muligt at kontrollere de methanoxiderende bakterier i et sandfilter. De methanoxiderende bakterier i filteret omsætter methanen direkte i vandbanen, hvilket både fjerner behovet for afblæsningen og eliminerer udledningen af methan til atmosfæren. Dette er ikke kun en fordel for vandkvaliteten og klimabelastningen, men også for driftsomkostningerne på vandværket. Projektet har vist, at selv med en øget mængde af organisk materiale i filteret, kan Biofilteret renses ved tilbageskylning med vand og luft - uden brug af kemikalier.

Forud for test af MethanOx Biofilteret på Tolne Vandværk, har laboratorieforsøg belyst, at uden nøje styring og velvalgte filtermaterialer kan methanoxiderende bakterier i sandfiltrene forårsage alvorlige driftsproblemer, herunder tilstopning og iltmangel, som kan kompromittere hele vandbehandlingsprocessen.

Oplægget vil have fokus på at dele erfaringerne fra projektet omkring drift og biologisk omsætning samt perspektiveringerne for implementering på vandværker med methanholdigt råvand.

Projektet er støttet af MUDP og er gennemført i et samarbejde mellem NIRAS, VIA University College Horsens, DMR og Frederikshavn Forsyning.

## **Emission fra spildevandsrensning**

2024-11-27

12:55 - 14:55

Emission fra spildevandsrensning

## N2O reduktion i praksis: Resultater og erfaringer fra TwiN2Ops MUDP-projektet

### 3. Spildevand

**Mette Guldborg Hansen**<sup>1</sup>

Lotte Larsen<sup>1</sup>, Lars Lund Schjødt<sup>1</sup>, Fabio Polese<sup>2</sup>, Charles Pellicher<sup>2</sup>, Frida Viktor<sup>2</sup>, Trine Dalkvist<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fors A/S

<sup>2</sup> DHI A/S

**Nøglebudskaber:** Ved integrering af et grundig kalibreret lattergasmodul i den digitale tvilling af Bjergmarken renseanlæg kan lattergasemissionerne på anlægget kvantificeres og forudsiges. Værktøjet giver mulighed for at opsætte og afprøve en lang række scenarier og kvantificere effekterne på opsatte nøgletal (KPI). Dette skaber et beslutningsstøtteværktøj der giver mulighed for holistiske vurderinger af effekten af en lang række tiltag til reduktion af CO<sub>2</sub> klimaaftryk inkl. lattergasemissionen fra anlægget inden de implementeres på det fysiske anlæg. Således kan FORS optimere sit vidensgrundlag og træffe strategiske beslutninger som reducerer miljøpåvirkningen på en sikker og effektiv måde.

#### **Abstract tekst: Digitale Tvillinger af Renseanlæg**

Den hurtige udvikling indenfor digitalisering har ført til betydelige fremskridt indenfor realtidsdataindsamling og styring samt modellering af renseanlæg. Sammensmeltningen af procesmodeller med den automatiserede indsamling og validering af online sensordata er kernen i digitale tvillinger af renseanlæg, som begynder at vinde indpas som beslutningsstøtteværktøjer indenfor vandsektoren.

#### **MUDP-projektet TwiN2Ops og udvikling af lattergasmodul til simuleringsmodellen**

Gennem MUDP-projektet TwiN2Ops, med afslutning sep. 2024, er der udviklet et lattergasmodul til Den Digitale Tvilling. Dette modul blev først implementeret i WEST modellen af Marselisborg Pilotanlæg og kalibreret ud fra testdata fra pilotanlægget og analysedata fra indløbet til Marselisborg Renseanlæg, Aarhus. Efter verificering af at modellen kunne simulere de lattergasgenererende processer med tilfredsstillende nøjagtighed, blev modellen opsat for Bjergmarken Renseanlæg, Roskilde og kalibreret op imod online sensordata og analysedata for hele anlægget, inklusiv fire lattergassensorer.

#### **Praktisk implementering på Bjergmarken Renseanlæg**

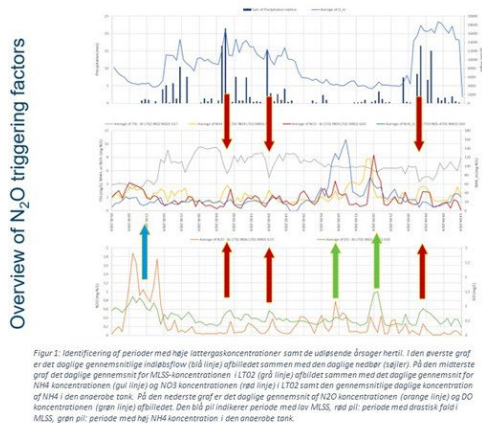
Dette abstract præsenterer den praktiske implementering af den Digitale Tvilling på Bjergmarken Renseanlæg samt analyseresultater af årsagerne til de periodevise høje lattergaskoncentrationer i procestankene (Figur 1). Den Digitale Tvilling er blevet kalibreret i tæt samarbejde med FORS, Krüger og DHI for at sikre korrekt beskrivelse af processerne og styringerne i modellen. Identificerede tiltag til reduktion af lattergas samt påtænkte procesimplementeringer på Bjergmarken Renseanlæg er blevet implementeret i den Digitale Tvilling, således relevante scenarier kan opsættes og evalueres.

## Reduktion af CO<sub>2</sub> klimaaftryk inkl. lattergasemissioner

Resultater fra scenario simuleringer af de CO<sub>2</sub> klimaaftryksreducerende tiltag vil blive præsenteret og sammenholdt med tidligere studier. I det overordnede CO<sub>2</sub> klimaaftryk for anlægget er energiforbrug (opblanding, beluftning og pumpning), kemikalieforbrug, N<sub>2</sub>O emissioner fra tankene samt udløbet, inkluderet, så ikke kun lattergasreduktionen bliver afrapporteret. Analysedata samt scenario evalueringer af effekterne af f.eks. døgn, ugedage, belastning, MLSS, DO, og fase længde vil blive præsenteret sammen med resultater fra scenarioevalueringerne af hvordan driftsstrategien af anlægget kan tilpasses til at minimere ophobning af lattergas i proces tankene uden at gå på kompromis med nøgletallene for anlægget.

## Beslutningsstøtteværktøj

Den digitale tvilling sigter mod at støtte FORS i at reducere deres CO<sub>2</sub> klimaaftryk gennem realtids evaluering og optimering af anlæggets drift uden at komplimentere andre nøgletal som energi-ressource- og omkostningseffektivitet. Løsningen giver FORS mulighed for at afprøve lattergasreducerende tiltag og procesændringer i den virtuelle verden og verificere de ønskede effekter på få minutter inden de implementeres på det fysiske anlæg. Implementeringen på Bjergmarken Renseanlæg viser potentialet for hvordan denne teknologi kan være med til at transformere måden hvorpå renseanlæg drives og optimeres på.



## ARES – Reduktioner af emissioner fra spildevandsanlæg

### 3. Spildevand

Anna Katrine Vangsgaard<sup>1</sup>

Jeanette Agertved Madsen<sup>1</sup>, Per Henrik Nielsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> Vandcenter Syd

**Nøglebudskaber:** MUDP projektet ARES og er nu afsluttet med følgende resultater:

- Forskellige målemetoder i forskellige tidsopløsninger giver forskellige resultater for emission af klimagasserne metan og lattergas. Kontinuerte målinger af lattergas på renseanlæg baseret på vandfasemålinger og floating hood målinger stemte godt overens. Disse observationer er en ikke ubetydelige ved en evt. kommende lattergasafgift.
- Øget ressourceudnyttelse og reduktion af metanemission (45%) er opnået ved overdækning og vakuumsystem på slamlagertank. Tørstofprocenten øget med 1-2 % i slutaftvandingen.
- I forhold til en klimaneutral vandsektor er det væsentlig at udføre livscyklus vurderinger for at undgå CO<sub>2</sub>
- Der er beregnet nye CO<sub>2</sub>

**Abstract tekst:** ARES projektet har haft til formål at demonstrere, at det er muligt at identificere og reducere nogle af de betydeligste emissionskilder – metan (CH<sub>4</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O) – fra spildevandsanlæg og vise, hvordan disse kilder kan bruges som ressource til produktion af f.eks. grøn energi. Projektet var medfinansieret af MUDP, med VandCenter Syd som projektejer samt partnere Aarhus Vand og BIOFOS, DTU og KU som vidensinstitutioner og Envidan som rådgiver. Projektets testaktiviteter blev udført på Ejby Mølle, Egå, Marselisborg og Avedøre Renseanlæg.

Projektet havde tre hovedmål:

- at demonstrere udvikling af slamlager med indbygget gasopsamling, hvordan CH<sub>4</sub> emissioner fra renseanlæg kan gå fra at være en miljøskadelig bidrager til drivhuseffekten til at blive en kilde til produktion af grøn energi
- hvordan avancerede måleteknologier gør det muligt at screene, identificere og kvantificere de vigtigste emissionskilder på renseanlæg og for første gang nogensinde i kloaksystemet
- udvikle styringsstrategier og renseteknologi primært via procesoptimeringer til nedbringelse af N<sub>2</sub>O emissioner fra de biologiske processer på spildevandsanlæg.

Og har på baggrund af fuld-skala demonstrationer og tests opnået følgende konklusioner:

Metanemissioner:



- Der er kvantificeret metanemissioner fra fire danske renseanlæg og metanemissionsfaktoren varierede mellem 5,6% og 8,4% af den total biogasproduktion for på de fire renseanlæg.
- Der er påvist reduktion af metan ved implementering af slamlager og vakuumsystem på Ejby Mølle renseanlæg. Metanemissionen fra hele anlægget blev reduceret med omkring 45% fra 23,7 kg CH<sub>4</sub>/time før etablering til 13,1 kg CH<sub>4</sub>/time.
- Undgået metanemissioner fra slamlageret og supplerende metanfrigivelse ved vakuumsystemet har ført til en ekstra biogasproduktion på ca. 4%.
- Der ses i tillæg en forbedring af slamafvandingssegenskaberne med en stigning i tørstofprocenten på 1-2%.
- Forklaringstanke blev identificeret som et hotspot.

#### Lattergasemissioner:

- Der er kvantificeret lattergasemissioner fra fire renseanlæg. Disse emissioner er stærkt varierende og i nogle målekampanjer er lattergasemissionen ikke målbare. Disse resultater understøtter tidligere observationer omkring stor tidlig varierende lattergasemissioner fra renseanlæg.
- Pilotforsøg har vist at der ved kulstofdosing forekomme højere latterproduktion, men ved nitratfrie forhold har kulstofdosing en positiv effekt på lattergasreduktion.
- Den testede nitritmålemetode var meget pålidelig, men vanskelig at drifte grundet udfordringer med leverance af forbrugskemikalier. Dette medfører også forholdsvis store driftsudgifter, som ikke kan modsvares af øget viden om lattergasudviklingen.
- Der blev iværksat en række styringsstrategier på Egå Renseanlæg. Ændringer i belastning og driftsparametre har dog vanskeliggjort en entydig konklusion.

#### Emissioner fra afløbssystemet:

- Der er for første gang forsøgt kvantificeret metan- og lattergasemissioner fra kloaknettet i Odense. Metan- og lattergasemissionen blev målt fra 15 hot spots i kloaknettet. Summen af emissionshastighederne er kvantificeret til 46 g CH<sub>4</sub>/time og 1,1 g N<sub>2</sub>O/time for hhv. metan og lattergas.

#### Økonomiske vurderinger:

- Der er beregnet skyggepriser på 110-220 DKK/ton CO<sub>2</sub> for implementering af overdækket slamlager og vakuumsystem. Dette inkluderer ikke driftsudgifter.

## NACAT – Skal vi bare polere N<sub>2</sub>O væk?

### 3. Spildevand

**Anna Katrine Vangsgaard**<sup>1</sup>

Nerea Uri-Carreño<sup>2</sup>, Janus Emil Münster-Swendsen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> Vandcenter Syd

<sup>3</sup> Topsoe

**Nøglebudskaber:** Lattergas er en udfordring for forsyninger nationalt såvel som internationalt. Når der omsættes kvælstof i renseanlæg, bliver der dannet lattergas, som utilsigtet biprodukt. Mange tiltag er helt logisk rettet mod minimering af lattergas, men hvad hvis man i stedet for at minimere, fjerner lattergassen ved en katalytisk proces? En teknologi til dette, udviklet af Topsoe, er blevet testet på både off-gas fra luftningstanke og fra deammonificerende rejktvandsbehandling. Resultater viser positivt resultat for muligheden af reduktion af lattergas ved denne metode og giver særligt positive indikation på business casen for luftstrømme med høje koncentrationerne, som ofte observeres fra deammonificerende rejktvandsbehandling.

**Abstract tekst:** Med sine stærke drivhusgaseffekt på 273 gange CO<sub>2</sub>s virkning, er lattergas ofte den største individuelle post i vandselskabernes CO<sub>2</sub> regnskab for driftsfasen. For at understøtte arbejdet mod en klimaneutral vandsektor er det derfor essentielt at gøre noget ved denne post.

I MUDP-projektet NACAT (N<sub>2</sub>O Abatement by CAlytic Treatment) er der på tre danske renseanlæg kørt pilot-test med katalyseteknologi til fjernelse af lattergas fra luftstrømme fra de biologiske processer. Hillerød og Tårnby Renseanlæg har begge overdækkede luftningstanke, hvor off-gassen bliver opsamlet før den sendes igennem luftfiltre til lugtreduktion. Pilot-anlægget har derfor testet nedbrydning af lattergas fra disse strømme. I tillæg blev der målt på lattergaskoncentrationen over de eksisterende lugtreduktionsfiltre (biologisk filter på Hillerød og aktiv kul filtre på Tårnby) for at vurdere om disse har indflydelse på lattergasemissionen. På Ejby Mølle Renseanlæg blev katalyse-processen testet på off-gassen fra det dedikerede deammoniciferende trin til behandling af rejktvandet fra slutafvandingen.

Resultaterne fra pilot-testene viser at det er muligt at fjerne lattergas med en behandling hvor luften varmes op til omkring 425 grader og sendes igennem en katalysator dedikeret til nedbrydning af lattergas. Foreløbige resultater viser at processen fungerer bedst ved koncentrationer over 50-100 ppm i off-gassen. Sådanne koncentrationer observeres typisk i dedikerede rejktvandsbehandlinger, hvor koncentrationer op over 1000 ppm til tider blev observeret, samt i situationer hvor der observeres peaks i lattergasemissionen fra luftningstanke, hvilket ofte er sent forår/tidligt sommer. Koncentrationen i off-gassen vil dog også være afhængig af de lokale forhold i ventilationssystemet på et givet renseanlæg (fx bliver off-gasen fra de biologiske processer blandet med anden udluftning).

I de indledende tests med pilot-anlægget blev der observeret inhibering af katalysatoren, hvilket forventes at være forårsaget af svovlholdige forbindelser, metan eller vand i off-gassen. Pilotanlægget blev herefter udstyret med en svovl-guard foran katalysatoren, samt ekstra heat tracing

og udformning af rørføring, som sikrede at der ikke kondenserede vand på uhensigtsmæssige steder.

To typer af katalysator-materiale blev testet i løbet af pilot-testen med den anden katalysator med bedste performance. Yderligere blev der processen testet ved højere temperatur (470 grader), hvilket medførte en højere fjernelsesgrad.

Det mest stabile drift blev opnået på test på off-gas fra rejektivandsbehandling med fjernelsesgrader på omkring 80%. Disse observationer giver input til hvordan katalysatoren i et fuld-skala anlæg skal designes, så der forventeligt kan opnås fjernelsesgrader på 90-95 %.

Der blev ikke observeret nogen lattergasreducerende effekt i de eksisterende luftbehandlingsfiltre.

En detaljeret business case, hvor CAPEX og OPEX estimerer fra et fuld-skalaanlæg inkluderes, samt en forventet værdi af lattergasreduktion svarende til en CO<sub>2</sub> afgift på omkring 500-1000 dkk/ton CO<sub>2</sub>. Foreløbige beregninger indikerer en positiv business case på behandling af off-gas fra dedikerede biologiske rejektivandsbehandlinger, men en mindre levedygtig business case på behandling af off-gas fra luftningstanken.

Projektet bliver endeligt afrapporteret slut 2024.

## N2O kontrol - DNA og N2O data fra 8 danske renselanlæg

### 3. Spildevand

#### Lise Højgaard Price<sup>1</sup>

Mikkel Stokholm-Bjerregaard<sup>1</sup>, Artur Mielczarek<sup>2</sup>, Ditte Vestergaard<sup>3</sup>, Mette G. Hansen<sup>4</sup>, Steen Petersen<sup>5</sup>, Jacob Andersen<sup>6</sup>, Raoul Roestenberg<sup>7</sup>, Jens Jørgen Ploumann<sup>8</sup>, Nikolaj Thøgersen<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Krüger

<sup>2</sup> BIOFOS

<sup>3</sup> BlueKolding

<sup>4</sup> Fors

<sup>5</sup> Halsnæs Forsyning

<sup>6</sup> Hjørring Vandselskab

<sup>7</sup> Mølleåværket

<sup>8</sup> Vesthimmerland Forsyning

<sup>9</sup> Aalborg Forsyning

**Nøglebudskaber:** VUDP-projektet "N2O kontrol - Helstøbt styring og dokumenteret effekt" sigter mod at skabe fundamentet til, at reducere lattergasemissioner fra danske renselanlæg med 50% fra 2025. Gennem kontinuerlig måling af lattergas (N2O), DNA-sekventering af slamprøver og AI-styring udvikles en dynamisk styringsløsning. Denne løsning balancerer biologisk kvælstoffjernelse baseret på direkte N2O-målinger og DNA-analyser, hvor AI vurderer bakteriernes ammoniumomsætningshastighed (AOR), som er afgørende for N2O-produktionen. Projektet har indsamlet et omfattende N2O-emission og DNA datasæt fra 8 renselanlæg, hvilket muliggør analyser og implementering af en effektiv styringsløsning. Næste skridt er at teste og demonstrere styringen for aktivt at reducere N2O-emissioner.

**Abstract tekst:** VUDP-projektet "N2O kontrol - Helstøbt styring og dokumenteret effekt" er et samarbejde mellem 8 forsyninger og Krüger. Projektet er blevet søsat med en fælles vilje og ambition om, at være klar til at reducere lattergasemissionen fra renselanlæg med 50% fra 2025. Projektet vil opnå reduktion af lattergasemission i et sammenspil af tre hovedelementer:

1. N2O Måling og emissionsberegning: Kontinuerlig måling af N2O og beregning af emissioner ved hjælp af online sensorer.
2. DNA Fantastic: DNA-sekventering af slamprøver for at identificere bakterielle samfund og deres funktioner i renselanlæggene.
3. AI Styring: Udvikling og implementering af dynamisk styringsløsning ved hjælp af AI for at balancere den biologiske kvælstoffjernelse og reducere N2O-produktion.

Styringen reducerer selve lattergasproduktionen og fungerer ved, at balancere hastigheden af den biologiske kvælstoffjernelse baseret på lattergas målinger og DNA-analyser. Ved hjælp af AI vil der ske en løbende vurdering af bakteriernes omsætningshastighed af ammonium (AOR), hvilket er afgørende for N2O-produktionen.

Som en del projektet har 8 renselanlæg (+ en følgegruppe på 5 anlæg) igennem projektet målt lattergas i de biologiske tanke. N2O koncentrationen i væskefasen registreres med N2O sensorer og

N<sub>2</sub>O emissionen er derefter beregnet. Dermed har hvert anlæg fået en anlægsspecifik emissionsfaktor. Her præsenteres udvalgte cases fra det første års baseline bestemmelse af lattergasdynamikken fra de deltagende renseanlæg.

I forbindelse med baselineperioden er der identificeret forskellige “typer” af N<sub>2</sub>O profiler i de forskellige renseanlæg. For hver type findes der forskellige “håndtag” til reduktion. Disse er blevet kortlagt og præsenteres samlet i et beslutningstræ til aktiv lattergasreduktion.

Slamprøver er blevet indsendt månedligt siden december 2023 for DNA-sekventering. Dette har givet indsigt i de bakterielle samfund i renseanlæggene, med fokus på ammonium oxiderende bakterier (AOB'er). Denne indsigt hjælper med at forstå sammenhængen mellem bakterielle samfund og N<sub>2</sub>O-produktion.

Projektet har dermed samlet et omfattende datasæt af N<sub>2</sub>O og mikrobiologisk data fra danske renseanlæg, hvilket muliggør beregning af bakteriernes specifikke AOR og sammenligning med deres N<sub>2</sub>O-produktion over tid. Dette er vigtige skridt mod udviklingen af en styringsløsning, der balancerer den biologiske omdannelse af ammonium baseret på DNA-analyser og AI.

Projektet leverer ny viden og indsigt i lattergasdynamikken i danske renseanlæg, som skal bruges til aktivt at reducere N<sub>2</sub>O-emissioner. Næste skridt er at teste og demonstrere den nye styring på de 8 anlæg og dokumentere effekten.

## Forslag til reguleringsmetoder til reduktion af lattergasemissioner fra renselanlæg

### 3. Spildevand

**Carina Bayley**<sup>1</sup>

Rasmus Kold<sup>2</sup>, Mikael Tind<sup>2</sup>, Mette Brynjolf<sup>1</sup>, Mikkil Stokholm-Bjerregaard<sup>1</sup>, Jens Munk-Poulsen<sup>3</sup>, Camilla Damgaard<sup>3</sup>, Lars-Christian Sørensen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Krüger A/S

<sup>2</sup> Miljøstyrelsen

<sup>3</sup> Niras

**Nøglebudskaber:** Miljøstyrelsen har igangsat et analysearbejde, som skal danne baggrund for, hvordan den kommende regulering af lattergasemission fra danske renselanlæg kan designes og implementeres. Her præsenterer Krüger og Niras resultatet af analysearbejdet, som bl.a. omfatter:

- Vurdering af forskellige typer af grænseværdier (reguleringsmetoder)
- Vurdering af tilgængelige målemetoder og deres muligheder
- En valid metode til måling og opgørelse: En guideline til forsyningerne, der er uafhængig af anlægsstørrelse og -konfiguration.
- Økonomiske analyser af skyggepriser ved indførelse af grænseværdien og de nødvendige emissionsreducerende tiltag.

**Abstract tekst:** Lattergasudledning fra biologisk spildevandsbehandling er en stor del af danske spildevandsselskabers klimaaftryk. Derfor er der fra regeringens side varslet implementering af en *grænseværdi* for lattergasudledning i 2025 mhp. at reducere udledningen fra spildevandsselskabernes renselanlæg. Grænseværdien vil som udgangspunkt gælde for anlæggene med en godkendt kapacitet på 30.000 PE og mere, og lattergasemission fra danske renselanlæg ønskes reduceret med 50%. Miljøstyrelsen har igangsat et analysearbejde, som skal danne baggrund for, hvordan den kommende regulering kan designes og implementeres.

I analysearbejdet som Krüger og Niras har haft ansvar for, er mulige reguleringsmetoder til reduktion af lattergasemissioner fra danske renselanlæg undersøgt. Dette har omfattet en vurdering af forskellige typer af grænseværdier (reguleringsmetoder) baseret på en række kriterier, der tilsammen belyser incitamentsstruktur, miljøeffekt og samfundsøkonomisk perspektiv.

For at kunne håndhæve en grænseværdi er der behov for at foretage nøjagtige målinger af renselanlæggets lattergasemissioner, hvilket kræver både en valid og præcis måleteknologi, men også retvisende metoder til at ekstrapolere anlæggets samlede emission. Analysearbejdet har derfor også omfattet en undersøgelse af de tilgængelige målemetoder og deres muligheder.

Det er i dag ikke muligt at foretage en *akkrediteret* måling af lattergasemission fra renselanlæg, og den kommende regulering skal derfor læne sig op ad en *valid* og *ensartet* metode til opgørelse af emissionerne. Krüger og Niras har derfor til dette formål udarbejdet en guideline til forsyningerne, der er uafhængig af anlægsstørrelse og -konfiguration. På baggrund af analysearbejdet anbefales det, at reguleringen indføres på renselanlæggene via en differentieret målemetode. I denne forbindelse

foreslås en indkøringsperiode, hvor alle renseanlæg underlagt en grænseværdi måler lattergasemission via et simpelt måleprogram med få målepunkter (basis-metoden). Hvis et anlægs emissionsfaktor efter screeningsperioden overskrider den fastsatte grænseværdi, foreslås det, at anlægget udvider måleprogrammet med flere målepunkter (udvidet metode). Denne tilgang vil sikre en dybdegående dokumentation af lattergasudledningerne, og giver samtidig renseanlæggene et værktøj til at reducere emissionerne.

I analysearbejdet er der endvidere identificeret en række emissionsreducerende tiltag, som bl.a. danner baggrund for beregninger af de forventede økonomiske konsekvenser og skyggepriser ved implementering af de præsenterede målemetoder og grænseværdier.

De økonomiske analyser indikerer et væsentligt spænd i skyggepriserne, alt efter om reduktionen af lattergasemission kan klares via driftsoptimering eller om det er nødvendigt med kapacitetsudvidelser på renseanlæggene. Således viser analyserne, at der potentielt kan opnås en skyggepris omkring 50 kr./ton CO<sub>2</sub>e ved driftsoptimering, men skyggeprisen stiger med mere end en faktor 200 i tilfælde af at de mere omkostningstunge kapacitetsudvidelser er nødvendige.

Samlet set giver analysearbejdet et indblik i, hvordan den kommende regulering af lattergasemission kan se ud fra 2025, og hvilke samfundsøkonomiske konsekvenser reguleringen kan have.

## **Terrænnært grundvand**

2024-11-27

12:55 - 14:55

Terrænnært grundvand



## Helhedsorienteret Klimatilpasning og Modelling af Vandkredsløbet i Risskov Fedet

### 5. Klima

#### Bo Kempel<sup>1</sup>

Ørjan Heggdal<sup>2</sup>, Signe Warncke Søndergaard<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aarhus Vand

<sup>2</sup> NIRAS

<sup>3</sup> Aarhus Kommune

**Nøglebudskaber:** Aarhus Vand og Aarhus Kommune undersøger løsninger til håndtering af terrænnært grundvand i Risskov Fedet. Formålet er at udvikle modeller og kortlægge risikoområder for at sikre effektiv styring af grundvand. Klimaændringer og stigende havniveau øger udfordringerne.

Nøgleord:

- Terrænnært grundvand
- Risskov Fedet
- Klimatilpasning
- Modelling
- Kortlægning
- Risikoområder
- Grundvandsspejl
- Vandforvaltning

#### Abstract tekst: Formål og Baggrund

Aarhus Vand og Aarhus Kommune undersøger muligheden for, at Aarhus Vand kan blive vandoperatør for hele vandets kredsløb, inklusive det terrænnære grundvand i Risskov Fedet. Med klimaforandringer, tætning af kloakker, mindre vandindvinding, lokal regnvandshåndtering og stigende havniveau øges udfordringerne med terrænnært grundvand markant. Dette påvirker ejendomme, spildevandssystemer, renseanlæg, fundamenter, kældre, veje, kloakker og haver.

Klimaplan 1.0 fremhæver behovet for nye lovgivninger til håndtering af terrænnært grundvand og understreger, at anlæg skal være samfundsøkonomisk rentable. Udfordringerne i Egå, Fedet og Risskov er komplekse, da det stigende grundvand interagerer med både havet og vandstanden i Egåen.

#### Løsningsmetode

Kortlægning af områder med risiko for højtstående grundvand baseres på eksisterende data, tidligere analyser, HIP og Klimaatlas. Kortlægningen kombinerer dybdekort over grundvandsspejlet med SCALGO Live simuleringer, der viser, hvor vandet forventes at stå på terræn under kraftige

nedbørshændelser. Farekortene viser de nuværende forhold, mens klimaændringernes påvirkning på fremtidige forhold beskrives overordnet.

Parallelt udarbejdes et oversigtskort, der viser bygninger og infrastruktur, sårbare overfor højtstående grundvand. Disse kort sammenstilles i et risikokort, der klassificerer højrisikoområder, idet usikkerheder belyses i afrapporteringen. Økonomiske tab beregnes ikke.

Med risikokort som grundlag udføres en kvalitativ beskrivelse af områder, kritiske for højtstående grundvand, herunder kritisk infrastruktur. Et løsningskatalog med overordnede muligheder, fordele, ulemper og økonomi udarbejdes. Afslutningsvis gives anbefalinger til videre aktiviteter.

### **Primære Problemstillinger og Løsningsområder**

Beskrivelse af Løsningsmuligheder: Løsninger til håndtering af skader på veje, ejendomme, kælderoversvømmelser og nedsivningsproblemer.

Afklaring af Modelbehov for Status og Fremtid (modelspeedometer tilgang): Identifikation af modelbehov til evaluering af nuværende og fremtidige forhold, herunder kortlægning af områder med risiko for langvarig oversvømmelse.

Modellering af Området efter Specificeret Behov: Analyse af det terrænnære grundvands afhængighed af øvrige vandkilder, inklusiv scenariebeskrivelser for vandstande i Egå og Egå Eng sø.

### **Årsager til Problemerne**

- Gamle kloakker.
- Havstigninger og sammenhæng med terrænnært grundvand.
- Øget vinternedbør grundet klimaforandringer.
- Øget befæstelse og byudvikling i lavtliggende områder.

Denne undersøgelse øger vidensgrundlaget for etablering af løsninger til effektiv styring af grundvand i Risskov Fedet. Løsningerne skal tage højde for opmagasinering af vand i oplandet, og tiltag skal koordineres mellem forskellige områder. Samarbejde med andre forsyninger og kommuner er nødvendigt for en helhedsorienteret tilgang til vandforvaltning og klimatilpasning



## Ny hurtig screeningsmetode til beregning af højtstående grundvand og skadesøkonomi

### 5. Klima

**Troels Norvin Vilhelmsen**<sup>1</sup>

Merete Hørlück Lyngsø<sup>1</sup>, Jan Jeppesen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NIRAS A/S

**Nøglebudskaber:** Vi præsenterer en ny metode til hurtige screeningsberegninger til vurdering af effekterne på dræning af højtstående grundvand. Metoden kan anvendes i forbindelse med nyetablerede dræningssystemer, eksisterende dræningssystemer eller utætte kloaker. Teorien bagved metoden vil blive gennemgået og resultaterne vil blive dokumenteret på baggrund af en vandhåndteringsplan for et område syd for Ikast.

**Abstract tekst:** Terrænnært grundvand er et stigende problem i forhold til arealanvendelse, både i forbindelse med ibrugtagningen af nye områder samt i etablerede områder hvor grundvandet i perioder kan stå nær terræn. Der er derfor behov for en metode, der er målrettet planlægningen af løsninger for håndtering af terrænnært grundvand i byområder - i udmøntningen af den kommende lovgivning på området. Til konsekvensmodellering af effekterne af dræningstiltag kan der anvendes numeriske grundvandsmodeller. Udfordringerne ved sådanne modeller er dels, at de skal dække et stort område for at minimere uønskede randeffekter og dels, at den numeriske opløsning skal være høj for at kunne opløse de lokale gradienter i grundvandspejlet. Derudover kan modellerne være tidskrævende at opstille, og beregningstiderne kan være lange. Anvendelsen af numeriske modeller til beregninger af dræningsløsninger til terrænnært grundvand er derfor ikke det åbenlyse valg til screeningsberegninger.

Som et alternativ til de numeriske modeller præsenterer vi en metode til beregning af effekter af dræning på det terrænnære grundvand. Beregningerne bygger på Analytisk Element Modeller (AEM). AEM anvender superposition af analytiske løsninger til de styrende differentialligninger for grundvandsstrømningen. Ligningerne er repræsenteret ved såkaldte elementer, som kan udgøres af punkter, linjer eller polygoner. Metoden løser den stationære grundvandsstrømning, og repræsenterer derved en situation, hvor strømningsbilledet omkring den simulerede drænløsning er stabiliseret i forhold til de anvendte hydrologiske og hydrogeologiske forhold. For at anvende superposition i løsningen, kræver det, at de underliggende ligninger er lineære. Dræn er derfor repræsenteret ved anvendelse af fastholdte trykniveauer langs drænledningerne. Grundvandsdannelsen er indarbejdet som en konstant flux til toppen af grundvandsmagasinet. Grundvandsmagasinet er simuleret ved anvendelse af en konstant transmissivitet, som i den konkrete case er bestemt på baggrund af analyser af slugtestdata samt tykkelsen af det terrænnære grundvandsmagasin bestemt på baggrund af de geotekniske borer og FOHM modellen.

Metoden er tiltænkt som et screeningsværktøj, hvor beregningerne hurtigt (on-the fly) kan opdateres i forhold til ændrede hydrologiske og hydrogeologiske forhold, evt. i en følsomhedsanalyse som kan anvendes til at estimere usikkerheden på beregningen. Derudover er det muligt, at ændre konfigurationen af drænledningerne, så det sikres, at den ønskede vandspejlskote overholdes inden for projektområdet. Endeligt giver beregningsproceduren et estimat af de samlede vandmængder der skal bortledes, og giver derved input til dimensioneringen af drænløsningen.

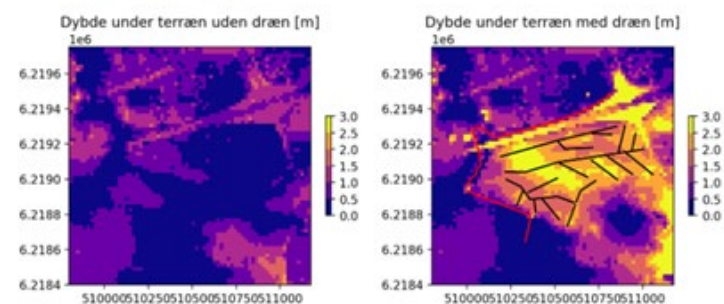
Metoden er demonstreret på et projekt i samarbejde med Ikast-Brande Kommune. Her skulle det dokumenteres at terrænnært grundvand kunne håndteres inden for et planlagt industriområde. I projektet blev der fokuseret på om det var muligt at dræne området tilstrækkeligt under forudsætningen af tilstrækkeligt fald på de etablerede drænledninger.

Præsentationen vil være metode og case specifik således, at den kan være til inspiration for andre til, hvordan screeningsberegninger på terrænnært grundvand kan udføres både i lokale områder og på større skala.



## Ikast - Beregning på dræning af terrænnært grundvand

Analyse af effekter ved drænløsninger



Samlet drænafløb 44.19 l/s

## Højtstående grundvand i område med risiko for sætningsskader

### 5. Klima

#### Anja Wejs<sup>1</sup>

Peter Bildgaard Jensen<sup>2</sup>, Troels Norvin Vilhelmsen<sup>1</sup>, Michael Palsgaard<sup>2</sup>, Bitten Kjettrup Thomsen<sup>1</sup>, Morten Westergaard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NIRAS A/S

<sup>2</sup> Aalborg Kommune

**Nøglebudskaber:** Højtstående grundvand er et stort problem mange steder i Danmark, og regeringens Klimatilpasningsplan 1 peger på en lovændring, hvor 'kommunerne får myndighedsansvaret for håndtering af højtstående grundvand, og det bliver muligt for spildevandsselskaberne at lave kollektive løsninger i områder, hvor det kan betale sig for samfundet'. Den tredje ledning og andre løsninger til at håndtere højtstående grundvand forventes at blive en realitet i 2025. I denne sammenhæng viser nye resultater fra Aalborg, at det er vigtigt, at løsninger ift. højtstående grundvand samtænkes med forskellige problemstillinger fx jordbundsforhold og arealanvendelse, således at løsning af et problem ikke blot skaber et nyt.

**Abstract tekst:** Med en snarlig lovændring som realitet, har Aalborg Kommune arbejdet videre med VUDP projektet GRAVA ift. mulighederne for anlæggelse af en drænledning (den tredje ledning) i Kærby. Projektet har til formål at undersøge, hvorvidt det er muligt at afhjælpe en stigning i det terrænnære grundvand ved kloaksanering i området, hvor det vil være omkostningseffektivt i samme ombæring at etablere en horisontal drænledning.

Kærby er kendetegnet ved at være en bydel beliggende i en ådal med mange huse fra 1920-1930erne med høj kælder. Fastlæggelse af drænniveau i et område med de jordbundsforhold, der er i en ådal, skal fastsættes ud fra nøje overvejelser, kendskab til vandspejls- og jordbundsforhold, bygningernes fundering og tilstand m.v.

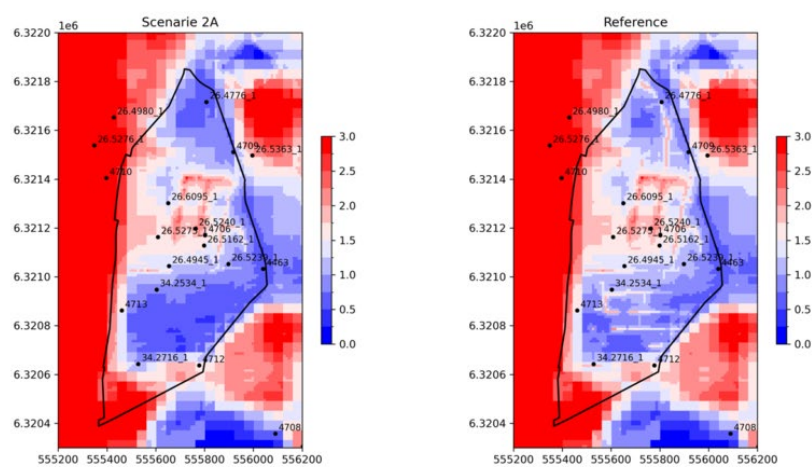
Drænledningens dybde og geologien i Kærby's undergrund er afgørende for effektiviteten af drænledningerne. Geologien er kendetegnet ved bl.a. blødbund, der kan være stærkt sætningsgivende, og derfor kan dræning medføre en relativ stor risiko for sætningsskader. Der er derfor i nærværende projekt vurderet for risikoen for sætningsskader. Der er foretaget sætningsberegning for otte forskellige lokaliteter/boreprofiler.

Behovet for etablering af dræn i Kærby er vurderet størst i de lavtliggende blødbundsområder langs Østerå og Vestre Landgrøft, med terrænkote ca. +2. Med baggrund i sætningsberegningerne, vurderes en bundkote for dræn til kote +1,3 DVR90 (svarende til etablering af dræn 70 cm under terræn).

Med det formål at beregne det nuværende og fremtidige grundvandsspejl, påvirkningen af den planlagte kloaksanering og effekten af et dræn 70 cm under terræn (lagt i vej-kassen), er der beregnet fem hydrodynamiske modelscenarier: Referencescenarie, Sanering af eksisterende kloaknet (nuværende klima), Sanering af eksisterende kloaknet (fremtidigt klima), Sanering af eksisterende kloaknet + dræn (nuværende klima), og Sanering af eksisterende kloaknet + dræn (fremtidigt klima).

Figuren angiver Scenarie 2A, der repræsenterer sanering af eksisterende kloaknet, etablering af dræn i en dybde på 70 cm under terræn og nuværende klima. Derudover bibeholdes et eksisterende dræn i den centrale del af Kærby. Scenarie 2A er sammenstillet med reference situationen i dag. Skala viser meter under terræn.

Resultaterne viser, at en kloaksanering uden afværgetiltag vil medføre en stigning i grundvandsspejlet på op til 1,5 meter, og at dræn 70 cm under terræn i vejaksen ikke er tilstrækkeligt til at løse problemerne med højtstående grundvand, særligt ift. fugtpåvirkning af bygninger med kældre. For at opnå en effektiv dræning i disse lavtliggende områder med terrænnært blødbund/ler vurderes det yderligere, at det er nødvendigt at supplere med etablering af dræn i private haver/områder.



## Klimasikring af sommerhusområder

### 1. Grundvand

Nils Bischoff<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Rambøll

**Nøglebudskaber:** Fremtidens klima bliver varmere og mere ekstremt. Temperaturen i Danmark er steget med 1,5 grader siden 1873 og nedbøren er steget med 15. Som konsekvens af stigende nedbøren stiger det terrænnære grundvand flere steder, som medfører problemer for infrastruktur og boliger.

Sommerhusene ved Grærup Strand og Grenå Strand mærker denne grundvandsstigning, især i vinterperioden, hvor der opleves oversvømmelser i større områder pga. stigende grundvand. Tidligere løste hver grundejer deres problem hver især men risikerede at flytte problemet til ”naboer”. Grundejerforeningerne i Grærup Strand og Grenå Strand besluttede derfor at forsøge at løse stigende grundvandsproblemet i fællesskab, og finde fælles løsninger til at klimasikre vejene og sommerhusene.

Denne fælles løsning kan til at påvirke naturområder, som grundvandssænkningen skal tage stilling til. I et samarbejde med kommunerne er der udarbejdet en løsning, som tilgodeser naturen og sommerhusene.

**Abstract tekst:** Nærværende abstract omhandler en klimasikring af sommerhusområder Grærup Strand og Grenå Strand. I Grærup Strand skulle der tages hensyntagen til områdets Bilag 4-arter, mens Grenå Strand er en mere klassik fjernelse af grundvand. Formålet i begge områder med klimasikringen af sommerhusområdet er, at sikre boliger og veje, som trues af stigende grundvand. I stedet for at klimasikringen pålægges hver enkel grundejer, ønsker områdernes grundejerforeninger at finde en samlet løsning for hele sommerhusområdet.

Grærup Strand:

Indledningsvis blev muligheden undersøgt for grøftning og bortledning til søen øst for området eller mellem de to klitrækker. Grundet en kompliceret afstrømning fra området, samt naturfredning, kunne disse muligheder ikke sikre sommerhusene.

Sammen med Varde Kommune udarbejdede grundejerforeningerne, i samarbejde med Rambøll, en løsning med korte borer, til oppumpning af terrænnært grundvand, fordelt i området. Idet der findes naturområder, og områder med Bilag 4-arter, skal oppumpningen have mindst mulig påvirkning på disse områder samtidig med, at sommerhusområdet boliger og veje sikres.

For at kunne styre oppumpningen, og tilgodese natur og sommerhusene, er der etableret kontrolboringer, som støder op til naturområderne. Overskridelsen en tærskelværdi, som er fastsat sammen med Varde Kommune, bliver oppumpningsboringer slukket. Netværket af borer gør, at andre nærliggende borer, som ligger længere væk fra naturområdet, kan overtage sænkningen af grundvandet.



Idet der i sommerhusområdet findes flere områder med Bilag 4-arter har grundejerne kun mulighed for at grundvandssænke i perioden november til og marts.

Det oppumpede grundvand fra borerne samles i et ledningsnet, som slutteligt med en ledning, bortleder vandet til Vesterhavet. Ledningen er etableret gennem klitterne og udleder vandet på stranden. Det udledte grundvand analyseres løbende for mikrobakteriel forurening (især Ecoli – da sommerhusene har nedsivningstanke).

#### Grenå Strand

Forholdene ved Grenå Strand er anderledes i forhold til Grærup. Området er svagt hældende mod kysten og i området findes der et mere eller mindre sammenhængende grøftesystem.

Efter kortlægningen af oversvømmelsens omfang vil der blive fortaget følgende indsats:

- Udbedring af grøftesystemet.
- Oppumpning af grundvand i perioder med høj vandstand.
- Etablering af ny grøft til at fjerne tilstrømningen af vand (overflade og grundvand)

Sammen med kommune er det aftalt, at grundejerforeningerne får 2 år til at ”kalibrere” deres grundvandssænkningssystem, indtil der udstedes en permanent tilladelse til en periodevis grundvandssænkning i vintermånederne.

## Interaktion mellem afløbssystemer og terrænnært vand fra oven, neden og siden

### 5. Klima

Niels Claes<sup>1</sup>

Søren Thorndahl<sup>2</sup>, Sara B. Ploug<sup>3</sup>, Nikolaj K. Christensen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Aarhus Vand A/S

<sup>2</sup> Aalborg Universitet

<sup>3</sup> NIRAS A/S

<sup>4</sup> Aarhus Kommune

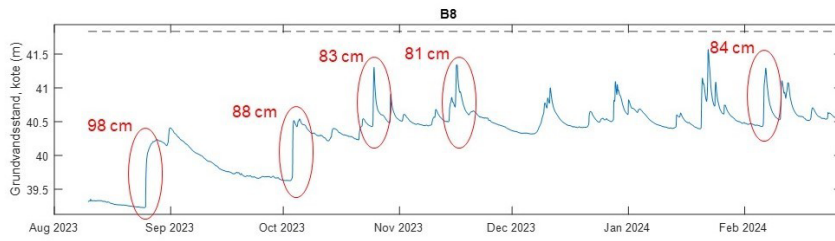
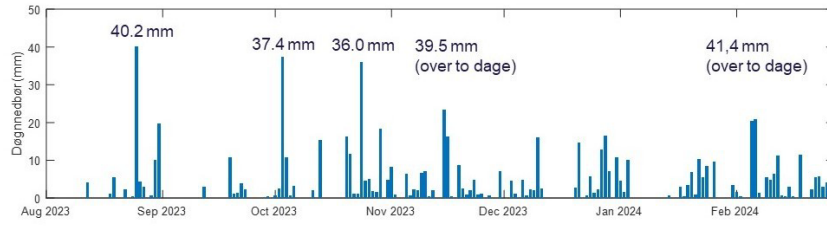
**Nøglebudskaber:** Kapillarzonen er/kan være styrende for den terrænnære grundvandsdynamik i byzoner og en vigtig faktor når områder og anlæg skal klimasikres.

**Abstract tekst:** Afløbssystemer i mange danske byer belastes utilsigtet af indsvivende vand og drænvand og vil med de forventelige klimaændringer være et potentielt stigende problem. Kortlægning af problemet kræver detaljeret viden om grundvandsspejlets lokale placering og dynamik, viden om jordtype og karakteristika samt afløbssystemets tilstand. I projektet Ternært Vand, som er støttet af VUDP, forsøger partnerne Aarhus Vand, Aarhus Kommune, NIRAS og Aalborg Universitet at kortlægge det terrænnære grundvands variabilitet og grundvandsindsivningsbidrag til afløbssystemet.

Projektet tager afsæt i et forsøgsområde i Beder, syd for Århus, hvor der tidligere har været observeret høj terrænnær grundvandsstand samt problemer med uvedkommende vand i separate spildevandsledninger. I Beder er der etableret 10 pejleboringer til monitorering af grundvandsstandens dynamik. Herudover monitoreres afstrømningen i afløbssystemet gennem flowmålinger i forbindelse med pumpestationer.

På AAU foretages, under kontrollerede forhold, laboratorieforsøg af vandtransport i jord og indsvivning til drænledninger for at få en større forståelse af de hydrologiske processer mellem grundvand, kapillarzone, umættet zone, overflade og indsvivning til drænrør. Projektets resultater viser at netop kapillarzonen kan være nøglen til at forstå dynamikken omkring indsvivning. Observationer i Beder, samt laboratorieforsøg, viser at 20-40 mm nedbør kan medføre 20-40 cm stigning af det terrænnære grundvand i byzonen. Processen, som styrer denne dynamik, tilskrives kapillarzonen og hvordan denne mættes under nedbørshændelser.

Udover at monitorere og kortlægge hydrologiske processer udgør en væsentlig del at projektet opbygning af modelværktøjer til at kunne modellere forholdene i Beder, men med stor fokus på at modelperspektivet skal kunne anvendes generelt i hele landet, baseret på allerede tilgængelige data, som ikke forudsætter opsætning af nye måleprogrammer. Det skal være muligt at konsekvensvurdere problemets omfang på andre lokaliteter og udvikling under klimaændringernes påvirkning.



## **Svovlbrinte**

2024-11-27

12:55 - 13:45

Svovlbrinte

## End-of-pipe svovlbrintebekæmpelse fra tryksatte systemer

### 4. Afløb

**Asbjørn Haaning Nielsen**<sup>1</sup>

Ole Nicholajsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aalborg Universitet, BUILD - Institut for Byggeri, By og Miljø, Thomas Manns Vej 23, 9000 Aalborg

<sup>2</sup> Aalborg Forsyning, Kloak A/S, Norbis Park 100, 9310 Vodskov

**Nøglebudskaber:** I VUDP projektet "Bæredygtig Svovlbrintebekæmpelse" demonstreres en ny metode til håndtering af svovlbrinte i tryksatte afløbssystemer. Metoden gør op med traditionelle løsninger baseret på dosering af kemi og sikrer et forbedret klimaaftryk for svovlbrintebekæmpelse. Der indgår en stor grad af eksperimentelt arbejde i projektet. Dette har til formål at generere den nødvendige viden, som er en forudsætning for at kunne implementere teknologien i fuld skala.

**Abstract tekst:** Projektet introducerer en ny teknologi til svovlbrinte-bekæmpelse baseret på rensning i et specialdesignet renseskammer. Dette er i princippet en biofilm-reaktor, som udnytter evnen af særlige svovlbakterier til hurtigt at omdanne den problematiske svovlbrinte til skadesløse nedbrydningsprodukter. Produktet ved processen vil hovedsageligt være uskadeligt sulfat, der naturligt forekommer i spildevandet i høje koncentrationer. Teknologien introducerer et paradigmeskifte mod en mere bæredygtig håndtering af svovlbrinte, hvor udgangspunktet er biologiske processer i stedet for tilsætning af kemikalier. Der er i projektet fokus på at udvikle en robust løsning, der fungerer med minimal intervention fra driften.

På konferencen vil vi præsentere resultater fra pilot-skala forsøg, hvor svovlbrinte bekæmpes fra en 400 m lang trykledning. Vi forventer desuden at kunne vise de første resultater fra felt-målinger, hvor teknologien testes på en delstrøm fra en afskærende spildevandsledning, hvor der er store problemer med svovlbrinte. Disse forsøg forventes startet i sensommeren.

## Modelbaseret indikator for svovlbrinte problemer

### 4. Afløb

#### Morten Borup<sup>1</sup>

Annette Brink-Kjær<sup>2</sup>, Ole Mark<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Krüger Veolia

<sup>2</sup> VandCenterSyd (VCS)

**Nøglebudskaber:** Modeludvikling: VandCenterSyd (VCS) og Krüger har udviklet en indikator til at identificere svovlbrinte problemer i afløbssystemer ved hjælp af almindeligt tilgængelige data, såsom rørmaterialer og spildevandsmængder.

**Anvendelse og Fordele:** Indikatoren hjælper forsyninger med at målrette indsatsen mod svovlbrinte problemer ved at vurdere risikoen baseret på opholdstid under iltfri forhold og rørmaterialer, hvilket gør den praktisk og anvendelig.

**Resultater og Flexibilitet:** Modellen, integreret i Mike+, kan simulere scenarier og identificere områder med høj risiko, hvilket gør den til et værdifuldt værktøj for forebyggelse og planlægning i drift og ombygning.

**Abstract tekst:** Svovlbrinteudvikling i afløbssystemer kan være en omkostningsfuld affære, da det kan medføre hurtig nedbrydning af beton og metaller i systemet. Der findes eksisterende detaljerede modeller til at modellere svovlbrinteudviklingen, men disse kræver ofte anvendelse af modeltyper, som forsyningen ikke bruger til daglig, og detaljerede inputdata, der sjældent er tilgængelige, såsom kemisk sammensætning af spildevandet i tid og sted.

VandCenterSyd (VCS) og Krüger har udviklet en modelbaseret indikator, der baseret på de oplysninger, en forsyning typisk har om sit system, kan beregne sandsynligheden for svovlbrinte problemer. Dette kan målrette den opsøgende indsats. VCS har et svovlbrinteteam, der systematisk har undersøgt og registreret svovlbrinte problemer i afløbssystemet på Nordfyn. Dette har givet et stærkt grundlag til udvikling af indikatoren, der også kan bruges andre steder til at målrette indsatsen mod svovlbrinte problemer. Indikatoren skal kunne fungere med tilgængelige fysiske data, såsom materialer og størrelser af rør og brønde, samt omtrentlige spildevandsmængder. Hovedprincipperne i indikatoren er at fokusere på mekanismer, der påvirker svovlbrintekonzentrationer: lang opholdstid under iltfri forhold og opholdstid i rør af plastik og beton.

Projektet startede med VCS's eksisterende hydrauliske model, som blev udvidet med de tryksatte ledninger, der ikke allerede var med. Modellen blev konverteret til Mike+, hvorigennem ECOlab blev brugt til dynamiske vandkvalitetsberegninger i rørsystemet. Indikatoren beregnes som en stofkoncentration i vandet, der stiger i tryksatte ledninger og falder i delvist fyldte betonledninger. Ved at køre en dynamisk simulering for en lang tørvejsperiode på over en uge og registrere hvor indikatorværdien er højest, identificeres de mest udsatte steder. Indikatoren tager ikke hensyn til luftbevægelse i rørsystemet, så en høj risiko for en rørstrækning kan også gælde for tilsluttende rør og brønde i nærheden.

Her ses et eksempel på registreringer af nedbrydning, der sandsynligvis er svovlbrinterelateret, og den modelbaserede indikator for en lille del af oplandet.

[Billede]

Det ses, at indikatoren er i stand til at identificere de fleste strækninger, hvor der er registreret svovlbrintenedbrydning, med kun et par få falske positive. Der er to små påvirkede rørstrækninger, som indikatoren ikke fanger, men om dette skyldes, at nedbrydningen ikke har været svovlbrinterelateret, vides ikke. Indikatoren vil kunne bruges som et godt udgangspunkt for det opsøgende arbejde med svovlbrinteproblematikker, og da indikatoren fungerer sammen med en almindelig Mike+ model, kan den også bruges til at undersøge svovlbrinteproblematikker i forbindelse med diverse scenarier for ændringer i drift og ombygninger.

## MUDP-projekt ”Integreret digital svovlbrinteforebyggelse i lange kloakledninger”

### 3. Spildevand

**Jonathan Fortunato**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sweco Danmark A/S

**Nøglebudskaber:** Forsyningselskaber oplever stigende problemer med svovlbrinte blandt andet i takt med centralisering af renseanlæg og separatkloakering. Tryksatte spildevandssystemer forlænges, hvilket øger opholdstiderne og dermed koncentrationen af svovlbrinte, som skaber korrosion, dårligt arbejdsmiljø og lugtgener.

MUDP-projektet, som beror på et samarbejde mellem tre danske virksomheder, tre forsyningselskaber og Sweco, sigter mod at udvikle en cloud-løsning, som, i samspil med automatisk rensegris afsender, optimeret rensegrise samt mere effektive filtre, er med til at styre svovlbrinteforebyggelse og minimere korrosioner, lugtgener og driftsomkostninger.

**Abstract tekst:** I perioden fra november 2020 til december 2022 har projektgruppen gennemført projektet ”Integreret digital svovlbrinteforebyggelse i lange kloakledninger”, der er støttet af Miljøministeriets pulje, Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP).

Spildevandsforsyninger oplever i stigende grad problemer med svovlbrinte i takt med øget centralisering af renseanlæg til spildevandsbehandling, og at separatkloakering bliver mere udbredt.

Strækningerne for tryksatte spildevandssystemer forlænges som følge af centraliseringen, og separering af spildevand fra regnvand mindsker vandhastigheden. Dermed forlænges opholdstiderne i tryksystemerne, og spildevandet bliver mere koncentreret. Svovlbrinte kan opstå i lange trykledninger som følge af lange opholdstider under iltfrie forhold.

I oppumpningsbrønde frigives svovlbrinte, hvor der opstår svovlbrinteproblematikker, dels fordi svovlbrinte omdannes til svovlsyre, som korroderer beton m.v., og dels fordi svovlbrinte skaber dårligt arbejdsmiljø og lugtgener i nærmiljøet. I dag forebygges svovlbrintedannelsen med store driftsomkostninger til følge.

Målet med projektet er at udvikle en teknologi, hvor svovlbrinteforebyggelsen kan styres med en nyudviklet cloud-løsning, Consibio Cloud. Det ønskede udfald af projektet er at minimere lugtgener, anvendelse af kemi samt omkostningerne relateret til svovlbrintedannelse i spildevandssystemet.

Projektet er realiseret ved at sammensætte kompetencer fra tre mindre danske erhvervsvirksomheder, hvor teknologierne er afprøvet i samarbejde med tre forsyningselskaber, der oplever svovlbrinteproblematikker.

I projektet har Consibio udviklet et digitalt system, som styrer samspillet mellem svovlbrintedannelse og hurtig agerende forebyggelse samt fjernelse. Consibio har gennem projektet opnået stor dataindsamling til udvikling af en algoritme, som kan vægte hvilke

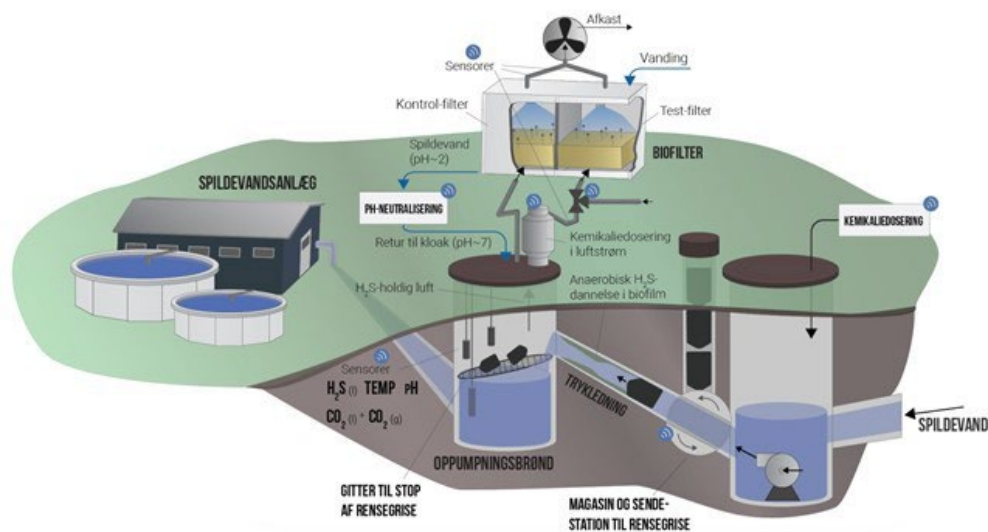


svovlbrinteforebyggende midler, der bør igangsættes, hvor økonomien og mindskning af svovlbrinteniveau er i samspil. Algoritmen benyttes på en digital platform til optimal og integreret styring af svovlbrinteforebyggelsen i én samlet løsning. Den digitale platform, Consibio Cloud, kan udover at styre rensegrisafsænder og kemidoserer også monitorere sensorer og afsende alarm ved nedbrud og store svovlbrinteudslag.

Gennem projektet har Svendborg Motorværksted optimeret en automatisk rensegrisafsænder med tilhørende magasin til rensegrise. Rensegrisene er et svovlbrinteforebyggende tiltag, hvor Svendborg Motorværksted har udviklet en coated rensegris til at kunne yde større renseevne med minimalt slid på ledninger til konkurrencedygtige priser.

BBK Bio Airclean har gennem projektet udviklet et kompakt biofilter til rensning af kloakluft med stor effekt. Filteret kan fungere i samspil med kemidoserer og rensegrisafsænder, hvor det kan håndtere jævne belastninger af svovlbrinte, samt høje spidsbelastninger.

Med baggrund i det gennemførte MUDP-projekt vil jeg i indlægget sætte fokus på, hvordan udviklingen har været i forløbet og hvilke erfaringer, vi efterfølgende har gjort os med anvendelsen og udviklingen af teknologien og systemerne. Derudover giver jeg forslag til anvendelsesmuligheder for forsyningsselskaber og giver et indblik i hvordan det nemt kan integreres i forskellige systemer.



## **Værktøjer (afløb)**

2024-11-27

12:55 - 14:55

Værktøjer (afløb)

## Monitering og modellering af situationsafhængig afstrømning

### 4. Afløb

Søren Thorndahl<sup>1</sup>

Sara Lerer<sup>2</sup>, Jesper Ellerbæk Nielsen<sup>1</sup>, Kristoffer Tønder Nielsen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aalborg Universitet

<sup>2</sup> Scalgo

<sup>3</sup> Aarhus Vand

**Nøglebudskaber:** I MUDP-projektet VandKant bliver vi sammen klogere på den situationsafhængige afstrømning fra ubefæstede arealer til kloaksystemer. Vi har etableret måleprogrammer på forskellige lokaliteter i Danmark i samarbejde mellem kommuner, forsyninger og teknologiudviklere, og vi er i fuld gang med at opsamle og analysere resultaterne. Samtidig arbejder vi på at udvikle modeller, der kan simulere og varsle situationsafhængig afstrømning, og kan fungere som input til hydrauliske modeller. En vigtig brik i puslespillet er et nationalt arealdækkkort udviklet af SCALGO, der kortlægger de ubefæstede arealer i høj opløsning. De foreløbige måle- og modelleringsresultater præsenteres på Dansk Vand Konference 2024.

**Abstract tekst:** Situationsafhængig afstrømning er i nærværende defineret som afstrømning fra ubefæstede, grønne eller delvist befæstede overflader, hvorfra der normalt ikke regnes et afstrømningsbidrag i dimensionering eller analyse af afløbssystemer. Potentielt kan disse negligerede afstrømningsbidrag medføre en øget belastning og kapacitetsoverskridelse af afløbssystemer.

Situationsafhængig afstrømning opstår hvis jorden er vandmættet eller tæt på vandmætning (typisk efter lange perioder med meget nedbør, som oftest forekommer i vinterhalvåret) eller hvis regnintensiteten overskrider jordens infiltrationsrate (typisk ved højintense skybrudslignende hændelser, som oftest forekommer i sommerhalvåret). I MUDP-projektet Vandkant undersøges den situationsafhængige afstrømning gennem monitering af overfladeafstrømning og vandindhold i jorden på forskellige forsøgslokaliteter hos Aarhus Vand, Vejle Kommune og Vejle Spildevand, Vandcenter Syd og Novafos. Forsøgsopstillingerne inkluderer eksperimentelt udstyr fra Wavin, DanNozzle og Dryp. Foreløbige måleresultater fra 2023 og 2024 har påvist situationsafhængig afstrømning ved alle lokaliteter af begge typer, dvs. både vinter- og sommersituationen.

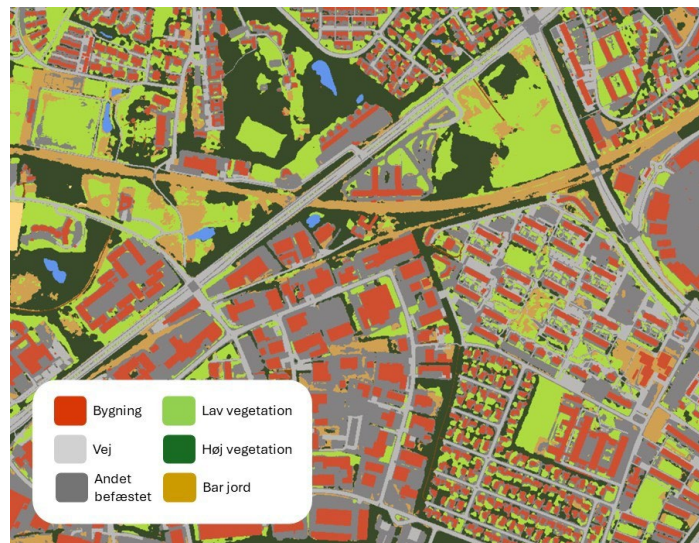
Første del af projektet sigter mod at måle og kortlægge hvornår og under hvilke forhold situationsafhængig afstrømning opstår og en anden del af projektet sigter mod at kunne modellere og varsle risiko for situationsafhængig afstrømning, for endeligt ved projektets afslutning at kunne bidrage med mere generelle anbefalinger angående situationsafhængig afstrømning.

I projektet udvikles bl.a. et værktøj til simulering af den situationsafhængige afstrømning, hvis output kan bruges som input til en afløbsmodel, således at værktøjet kan bruges uafhængigt af valg af afløbsmodel. Til identificering og karakterisering af de ubefæstede arealer, der kan generere situationsafhængig afstrømning, anvendes SCALGOs arealdækkkort kombineret med den digitale terrænmodel og digitalt jordartsskort. SCALGOs arealdækkkort er videreudviklet så det ikke blot skelner mellem befæstede og ubefæstede arealer, men opdeler også de ubefæstede arealer i høj

vegetation, lav vegetation, bar jord, bar klippe, ubefæstet vej og jernbanearealer. Med en opløsning på 20 cm og en årlig opdatering på baggrund af seneste luftfotos bidrager arealdækket med meget detaljerede og nøjagtige oplysninger om de ubefæstede arealer, der utilsigtet strømmer til kloaksystemet i visse situationer, og sammen med modelværktøjet kan det give et kvalificeret bud på situationsafhængig afstrømning overalt i Danmark.

På Dansk Vand Konference 2024 præsenteres modelkonceptet sammen med måle- og modelleringsresultater.

Vandkant har i alt 11 partnere: Aalborg Universitet, Aarhus Vand, VandCenter Syd, Novafos, Vejle Spildevand, Vejle Kommune, Wavin, Dannozzle, Dryp, EnviDan og SCALGO.



## **Datadrevne indsigter og tiltag fra oplandsovervågning med stor koncentration af vandstandssensorer i mindre stationsby i Holbæk kommune.**

### **4. Afløb**

**Rasmums Dahl**<sup>1</sup>

Anne Line Hansen<sup>2</sup>, Peter Rasch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dryp

<sup>2</sup> FORS Holbæk

**Nøglebudskaber:** Kloakledninger fungerer sjældent som forventet, men med billige vandstandssensorer er det nu muligt at identificere problemer, få hydrauliske indsigter og finde mere optimale løsninger eller prioriteringer, der mere end berettiger investeringerne. Et overvågningskoncept kombineret med datadrevet analyse og hydraulisk forståelse er blevet kombineret i landsbyen St. Merløse, Danmark på 3000 personækvivalenter. Dette abstract fokuserer på planlægningsbeslutninger og asset management aspekter af området, oplister de konkrete resultater i oplandet og kvantificerer påvirkninger af hver udfordring, der er diagnosticeret. Derudover diskuteres og eksemplificeres brugen af sensorer under og efter opgradering af vandinfrastrukturen.

**Abstract tekst:** Med IoT sensorteknologi, neurale netværk og hydraulisk forståelse af skybruds- og spildevandsinfrastrukturen, kan vi både levere bedre udnyttelse af naturens ressourcer og klimatilpasning. At kombinere et teoretisk og praktisk grundlag i ledningssystemerne med de ofte komplekse og hurtige beslutningsprocesser i vandværkerne, der koordinerer både med rådgivere og entreprenører, er dog ikke helt så ligetil. Dette er et eksempel på hvordan det kan gøres.

FORS er et mellemstort forsyningsselskab, der dækker 200.000 mennesker og som er ejet af tre kommuner i fællesskab - Holbæk, Lejre og Roskilde.

Forsyningsselskabet er relativt nyt. Før 2008 var spildevandsinfrastrukturen varetaget af hver kommune individuelt, og i 2007 blev amterne nedlagt. I årenes løb og grundet ændringerne i ejerstrukturen, gik en del udledningstilladelser tabt, og FORS skal nu genansøge mange eksisterende udledninger til regnvand, overløb og rensset spildevand.

Danmark justerer lovgivningen og praksis på grund af EU's vandrammedirektiv og dets mål for vandkvalitet. Dette, samt protester fra landbrugets organisationer, har ført til øget fokus på kloakoverløb.

FORS har tidligere lukket det lille lokale renseanlæg i St. Merløse og fik kun en midlertidig tilladelse til overløb, der kan indtræffe opstrøms for de pumpestationer, der transporterer vandet til et større spildevandsanlæg. Denne tilladelse er ved at udløbe.

Et separatsystem blev den foretrukne løsning i forsyningsselskabet, men på grund af stigende priser og ændret fokus til også at omfatte påvirkningen fra miljøfarlige stoffer, har FORS og Holbæk

Kommune besluttet at sammenligne scenarier for forskellige løsninger. DRYP tilbyder en løsning med sensorer, platform og hydraulisk analyse.

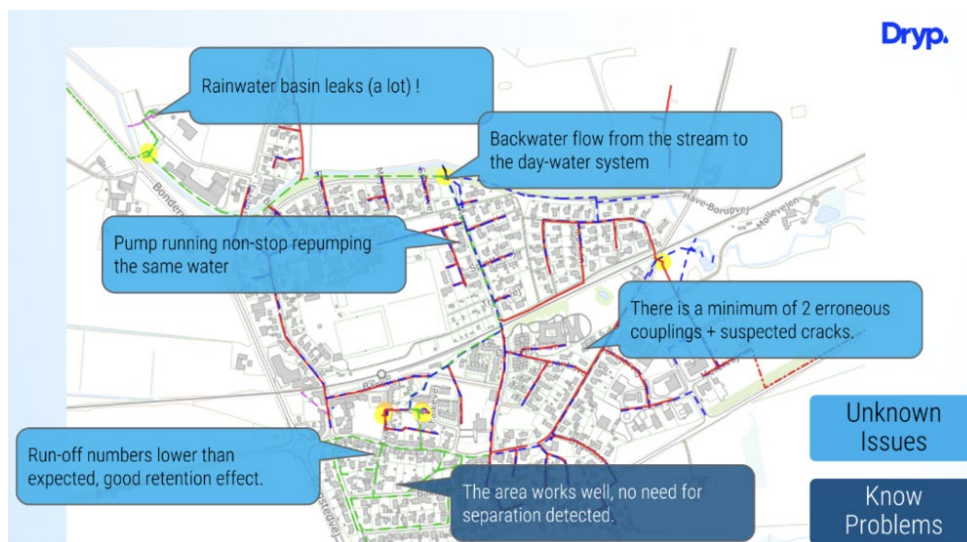
Sensor-overvågningen vil fortsætte, men den allerede indsamlede data er i brug for at kalibrere den hydrodynamiske model, som er grundlaget for de kommende beregninger for forskellige løsningsscenarier.

Dryp har stået for opsætningen af mange, billige IoT-sensorer, som gav et hurtigt, men alligevel omfattende overblik over de eksisterende deloplande (Ahm 2019). Her blev både forventede og helt nye udfordringer belyst.

Analysen sammenligner systemets kapacitet i realtid både under tørt og vådt vejr og på tværs af forskellige regnhændelser med varierende gentagelsesperioder. Kombinationen af Dryps kompetencer i hydraulik og data science, sammen med erfaringen fra operatører og planlæggere i software-plattformen, har gjort det muligt at forstå systemet og identificere en række ukendte faktorer, som fremhævet i figur 1.1.

Analyserne har også gjort det muligt at estimere både de økonomiske og miljømæssige påvirkninger i form af CO<sub>2</sub>-udledninger forbundet med reparationer og opgraderinger, samt reduktion af overløb til recipienten.

Kombinationen af sensor-teknologi og en dataplatform, som danner en fælles platform for hydrauliske indsigter, design af overvågning, opdatering af lokationer og interessentengagementet, er nu blevet en standardmetode, der anvendes andre steder i FORS og med andre forsyningsselskaber i Norden.



## SAMBAgis. Et nyt værktøj til hurtig beregning af vandstrømme, volumener og stofmængder

### 4. Afløb

Lars Pilmann<sup>1</sup>

Morten Borup<sup>2</sup>

<sup>1</sup> FORS A/S

<sup>2</sup> Krüger Veolia

**Nøglebudskaber:** SAMBAgis er et nyudviklet letvægts modelværktøj, der muliggør hurtige overslagsberetninger af vandstrømme, volumener og stofmængder, i byens afløbssystemer. Værktøjet bliver i dag brugt til optimering af pumpe-systemer, estimering af kontrolregler, dimensionering af bassinvolumener og estimering af stofmængder i udløb fra regnvandssystemer hos FORS og Krüger. I indlægget vil Krüger fortælle om programmets brug og muligheder, mens FORS vil præsentere hvordan de anvender programmet.

**Abstract tekst:** SAMBAgis er et nyudviklet letvægts modelværktøj, der bygger videre på arven fra det hedengangne SAMBA, med hensyn til at lave hurtige overslagsberetninger af vandstrømme, volumener og stofmængder. SAMBAgis baseres på QGIS, hvilket gør det nemt at bruge for folk der allerede er GIS brugere. Det er muligt at bygge modeller ud fra den allermest overordnede viden om systemet, så som reducerede arealer, bassinvolumener og forbindelser, men man kan også specificere flere detaljer så som regler for realtidkontrol på tværs af systemet, fordampning fra åbne overflader, infiltration, etc. Modellen giver mulighed for simple vandkvalitetsberegninger, således at man kan lave overslag over udledninger af stoffer fra regnsystemer, samt beregne spildevandsandel og stofkoncentrationer i overløbsvand. Resultaterne kommer både som detaljerede tidsserier og som opsummerende rapporter, der blandt andet kvantificerer udløbs og overløbsvolumener samt stofmængder på hændelsesniveau.

[Billede]

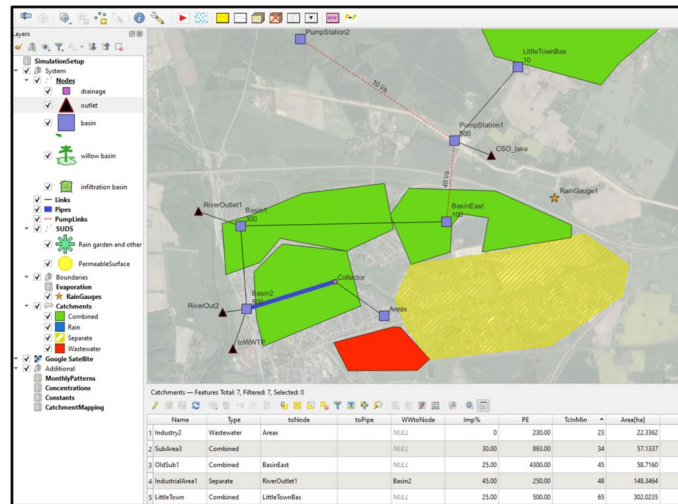
SAMBAgis er hidtil mest blevet brugt som inhouse værktøj hos Krüger, hvor det har været brugt til optimering af pumpe-systemer, estimering af kontrolregler og dimensionering af bassinvolumener. Derudover bliver programmet i høj grad anvendt til at kvalitetstjekke Mike Urban modeller, da den simple parameterisering af SAMBAgis mindsker muligheden for at lave fejl i modelopsætningen.

Hos FORS er prototyper af SAMBAgis blevet anvendt til både regnvandskvalitet, vurdering af realtidkontrol og overløbsberegninger. En del af FORS ramme for modelhåndtering i fremtiden, indebærer automatisk generering af SAMBAgis modeller, ud fra de samme data der danner grundlag for deres Mike Urban modeller.

SambaGIS er et værktøj der, i kraft af dets simple GIS brugergrænseflade, er tilgængeligt for flere og nemmere at bruge end Mike. Det er ikke et hydraulisk præcisions-beregningsværktøj som Mike, men de hurtige overslagsberetninger af vandstrømme, volumener og stofmængder, er i de fleste tilfælde nok til at kunne afsøge og afklare en masse på kort tid. Det er i mange tilfælde tilstrækkeligt som

planlægger, og arbejdet kan bruges som et forstudie til en Mike beregning, og hvad der derved skal regnes mere præcist på. Den grafiske styrke, og forbindelsesmuligheder der er i SAMBAGis gør det særdeles relevant for planlæggere, der ikke kan (eller vil) regne i Mike.

I indlægget vil Krüger præsentere hvad SAMBAGis kan og hvordan det bruges. Herefter vil FORS præsentere hvordan de bruger værktøjet i deres dagligdag.



Figur 1: Eksempel på opstillingen af en SAMBAGis model.



## Vandkvalitetsmålinger som beslutningsgrundlag. Har vi metoden?

### 4. Afløb

**Mathias Nørlem**<sup>1</sup>

Andreas Libonati Brock<sup>2</sup>, Anders Søgaard<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vanman

<sup>2</sup> Københavns Kommune

<sup>3</sup> ROCKWOOL Rainwater Systems

**Nøglebudskaber:** Vi står på springbrættet til en omfattende indsats for at opnå mere viden om vandkvaliteten i vandmiljøet og i regnvand før og efter rensning.

Pba. to målekampanjer præsenteres metoder til indsamling af vandkvalitetsdata på tværs af de tre omtalte vandfraktioner. Vandfraktioner med det til fælles, at de udviser stor stokastisk variation.

Udfordringen ligger derfor ikke kun i manglende data og et stigende antal ”fokusstoffer”. Et lige så vigtigt, men ofte overset, aspekt er prøvetagningsmetoden. Stikprøve-metoden, som hyppigt anvendes, har således store begrænsninger som beslutningsgrundlag.

De præsenterede metoder er omkostningseffektive og designet til at optimere datakvalitet, -validitet og -anvendeligheden som beslutningsgrundlag.

**Abstract tekst:** Hvordan skaber vi rammer, som kan accelerere klimatilpasningen og samfundsudviklingen og på samme tid medvirke til at forbedre vandmiljøet i overensstemmelse med vandrammedirektivet? Med de nuværende rammer befinder vi os i et vadedsted, da de nævnte formål ikke synes at kunne forenes. En årsag hertil er manglende viden om både tilstanden i vores vandmiljø samt om kvaliteten af regnvand før og efter rensning.

Den manglende viden betyder, at projekter i årevis er baseret på den bedste tilgængelige viden med stor risiko for, at der er truffet nødvendige, men potentielt uhensigtsmæssige beslutninger. En praksis som i dag er bremsede af flere klagenævnsafgørelser, bl.a. ”Horsens-afgørelsen”.

Hverken klimaforandringerne eller ønsker om byudvikling er bremsede op, så videnskullet skal lukkes hurtigst muligt. Men hvordan sikrer vi, at den nødvendige og ekstremt ressourcekrævende indsats bliver overskuelig – og på samme tid skaber mest mulig værdi i en kompleks projektvirkelighed på en miljømæssigt forsvarlig måde?

Præsentationen tager afsæt i to store målekampanjer, som har haft til formål at bygge bro mellem vandkvalitetsmålinger og beslutningstagning inden for regnvandshåndtering.

De i dag dominerende stikprøve-målinger har således meget signifikante begrænsninger som beslutningsgrundlag, da stikprøver ikke udgør andet end et øjebliksbillede. Et stort datasæt af stikprøver er påkrævet, hvis det skal anvendes som beslutningsgrundlag uden risiko for

fejlkonklusioner. Denne kendsgerning synes dog ofte at glide i baggrunden for mere lavpraktiske forhold forbundet med kvalitetssikring af vandkvalitetsmålinger hos analyselaboratorierne, hvilket tilmed kan få stikprøver til at fremstå som den bedste og eneste realiserbare metode.

Fordele og ulemper ved forskellige prøvetagningsmetoder er nøje afvejet i målekampagnerne med fokus på at sikre præcise og repræsentative data på en omkostningseffektiv måde, så barrieren for udbredelsen af måleprogrammer bliver mindst mulig. Der er her tale om et opgør med nuværende procedurer for akkrediterede prøvetagninger, som grundet et overvejende fokus på at sikre præcision, ofte er begrænset operationelle.

Præcision i data er væsentligt. Men opnås præcisionen i enkeltstående stikprøver, og dermed på bekostning af repræsentative data til at forstå samspillet mellem kvaliteten af regnvand og påvirkningen af vandmiljøet, understøtter det ikke en hensigtsmæssig udvikling mod helhedsforståelsen og en holistisk projektilgang.

I det lys præsenteres den udviklede prøvetagnings- og databehandlingsmetodik med udgangspunkt i målekampagnernes resultater. Resultaterne stammer fra fire danske oplande med forskellig arealanvendelse, og de viser dynamikkerne i udledningspunktet på flere forskellige tidsskalaer - både før og efter rensning.

Metoderne baserer sig på en kombination af flowproportionale prøver, simple online måleparametre og en målrettet databehandling. Samlet er de et bud på, hvordan det stigende databehov kan imødekommes med valide, sammenlignelige og ikke mindst anvendelige data mhp. at understøtte opfyldelse af mål i vandrammedirektivet.

Herudfra diskuteres perspektivet i at anvende metoderne mere generelt, som grundlag for miljøvurderinger i en samtid, hvor data og datakvalitet spiller en stadig større rolle.

## Revolutioner viden om nedgravet Infrastruktur

### 7. Bæredygtighed

**Peter Hjortdal**<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Peter Hjortdal Aarhus Vand

<sup>2</sup> Torbjørn M. Pedersen - LE34

**Nøglebudskaber:** I Danmark har vi graveskader på ledninger og kabler der udgør minimum 225 mio pr år. Det må vi kunne gøre bedre således vi undgår forlængede anlægsarbejder, fordyrende projekter, unødvendige længerevarende gener for omgivelserne herunder trafikafviklingen, erhvervs- og borgerhensyn.

Findes der nu et værktøj som kan understøtte en bedre planlægning, projektering og udførelsesmetode der kan minimere disse omkostninger og gener? Og kan entreprenørerne mon få bedre og billigere metoder til at aflevere indmålte data på?

Det tror vi faktisk der er så kom og hør hvordan og hvilke skridt vi har taget.

**Abstract tekst:** I Danmark har vi ca. 750.000 km nedgravet kritisk infrastruktur, som forsyner det danske samfund med el, gas, fjernvarme, teleydelser og vand samt aftager regn- og spildevand. Planlægning, projektering og udførsel af fx ledningsreparationer og -udskiftninger tager ekstra tid i dag pga. mange ukendt forhold i undergrunden. Entreprenører graver forsigtigt for at undgå graveskader på eksisterende ledninger og rør. Men iflg. en opgørelse foretaget af Rambøll i 2016 koster graveskader i Danmark, omkring 226 mio kr/år. Dette medfører endvidere masser af frustrationer og ikke produktiv tid i forsyningernes aftaler ml forsyning, rådgivere og entreprenører om fordelingen af disse omkostninger. Hvem skal betale for hvilke skader?

LER er det nye landsdækkende værktøj til at hjælpe på at minimere graveskaderne men findes der mon supplerende og måske bedre værktøjer til at minimere disse graveskader?

Opdag hvordan Aarhus Vand, Arkil, og LE34 (gennem vandpartner) tager fat på et presserende samfundsproblem: usikkerheden omkring placeringen af ledninger i undergrunden. Denne udfordring fører årligt til kostbare og tidskrævende graveskader og udgør en risiko for graveaktørers sikkerhed. Gennem et nyt samarbejde mellem en forsyning og private virksomheder har vi udviklet en løsning, der giver en mere præcis, pålidelig og tilgængelig visualisering af underjordisk infrastruktur.

Ved at kombinere forskellige datakilder og bruge avancerede analytiske værktøjer, skaber vi et fundament for sikrere og mere effektive infrastrukturprojekter. Dette initiativ reducerer samfundsmæssige omkostninger og fremmer den bæredygtig udvikling. Vores præsentation vil udforske, hvordan struktureret samarbejde kan forbedre håndteringen af geodata, minimere risici, og sikre infrastrukturudviklingen.

## **Vandkvalitet**

2024-11-27

13:55 - 14:55

Vandkvalitet

## Undersøgelse af afsmitning fra beton til drikkevand

### 2. Drikkevand

#### Bo C. Christiansen<sup>1</sup>

Sarah C. B. Christensen<sup>1</sup>, Allan Tang<sup>1</sup>, Christine M. Jensen<sup>1</sup>, Ulrich Ditlev Christiansen<sup>1</sup>, Erling V. Fischer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HOFOR A/S, Ørestads Boulevard 35, 2300 Kbh S. Denmark

**Nøglebudskaber:** For at minimere afsmitning fra beton til drikkevandet har HOFOR de seneste år bygget rentvandsbeholdere i ”drikkevandsbeton” uden additiver i tilsat til betonen. Da den anvendte cement udfases på grund af højt CO<sub>2</sub>-aftryk, har det været nødvendigt at finde en ny egnet betonrecept. Gennem et år er tre forskellige betontyper blevet testet. Resultaterne viste, at ikke kun indholdsstoffer men også hærdetid har betydning for afsmitningen. Ved forlænget hærdetid lykkedes det at opnå gode resultater for afsmitning af nikkel og krom samt for påvirkningen af smag og lugt. Dermed kan man med fokus på idriftsættelsesforhold mindske CO<sub>2</sub>-aftrykket på kommende byggerier uden uønsket afsmitning til drikkevandet.

**Abstract tekst:** Hovedstadsområdets forsyningsselskab, HOFOR, skal i de kommende år renovere og bygge vandværker og lagre (mere end 200.000 m<sup>3</sup> over de kommende 10 år). HOFOR har historisk anvendt beton uden additiver til konstruktion af vandtanke for at reducere risikoen for migration af uønskede stoffer fra betonen. Det er dog ikke længere muligt at bruge denne cementtype på grund af dens høje CO<sub>2</sub>-påvirkning.

Tre recepter blev designet med det formål at reducere CO<sub>2</sub>-belastningen, hver baseret på forskellige cementtyper fra Aalborg Portland: Rapid, White og Future. For at gøre støbningen af betonen bygbar til formålet viste teststøbning, at additiver var nødvendige. Et plastificeringsadditiv blev tilsat til alle tre typer, og til White og Rapid blev der også tilsat en retarder. Ellers blev der kun tilsat sand, sten og vand.

Et testprogram blev sammensat til at vurdere, om nogen stoffer migrerede fra betonen, og i så fald, om det fortsatte med at gøre det efter et antal migrationer. Baseret på recepterne var de vigtigste stoffer, der blev testet i det fulde program, metaller, phenoler, pesticider, organiske forbindelser til mikrobiologisk vækst og smag og lugt. Migrationsforsøget blev udført i henhold til DS/EN 14944 på et eksternt produkttestlaboratorium.

Der blev gennemført to runder af migrationsforsøg. I første runde blev der gennemført et fuldt testprogram, og i anden runde var der fokus på smag, lugt, nikkel, krom og hexavalent krom. Betonen fik lov til at hærde i 2-4 måneder før den første migrationsrunde og 8 måneder i anden runde.

Resultaterne fra den første runde viste, at der for de testede organiske forbindelser ikke blev observeret nogen uønsket migration ved den 5. migration. For metallerne blev der imidlertid observeret en stigning i migrationen af nikkel og krom ved den 5. migration. Desuden blev der påvist en afvigelse i lugt og smag for beton baseret på Future cement. Således blev der udført en anden testrunde med 9 migrationsperioder for at evaluere nikkel- og krommigration samt smag og

lugt.

I anden testrunde var migrationen af nikkel og krom næsten en faktor 10 mindre sammenlignet med første runde. Desuden var smag og lugt acceptabel for alle opskrifter ved den 5. migration.

Som følge af resultaterne af den første runde migrationsforsøg, blev der også udført LC-HRMS non-target analyse på betontyperne. Resultaterne fra dette viste, at der efter første migration forekommer migration af polyethylenglykol (PEG) polymerer. Mængden af migrerende PEG er direkte korreleret med mængden af plastificeringsadditiv tilsat betonen. Herudover blev stoffer anvendt i produktionen af cement og en række andre stoffer fra additiverne også målt migrere fra betonen.

På baggrund af disse resultater har HOFOR besluttet, at alle tre testede betonrecepter kan bruges til brug i kontakt med drikkevand.

En rengørings- og idriftsættelsesprocedure er imidlertid nødvendig, fordi resultaterne også præsenterede migration og smags- og lugteffekter i de tidlige migrationer. Desuden viste forskellen i migration af metallerne fra den første opsætning til den anden opsætning, at hærdetiden også kunne have en gavnlig effekt på migrationen.

## Er mikrobiologisk eftervækst ved idriftsættelse lig en kogeanbefaling?

### 2. Drikkevand

Lasse Houe Hansen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TREFOR Vand

**Nøglebudskaber:** Ved idriftsættelse af nye ledninger forventes en mikrobiologisk eftervækst de følgende 2-3 uger, hvorefter biostabiliteten genfindes. Den 02.01.2024 rapporterer TREFOR Vand en overskridelse på >2000 CFU/mL for Kimtal ved 22°C på en mikrobiologisk rutineprøve udtaget ved Kaltofte Vandtårn i Fredericia. Opfølgende prøver bekræfter overskridelsen og resulterer i en kogeanbefaling i Fredericia.

Kilden til den mikrobiologiske overskridelse blev sporet til idriftsættelse af en transmissionsledning ved Fredericia Gymnasium i december 2023; rutineprøven blev således udtaget i den forventede mikrobiologiske eftervækstsperiode.

TREFOR Vand vil gerne dele erfaringerne gjort under kogeanbefalingen, samt præsentere ændringer i idriftsættelsesprocedurer og valg af analytiske værktøjer til mikrobiologisk monitorering.

**Abstract tekst:** Kendskabet til mikrobiologisk eftervækst i forbindelse med idriftsættelse af nye ledninger er et velkendt fænomen i vandforsyningsbranchen. Dog er der en række udfordringer forbundet med netop dette. Eftervækstforløbet vil være specifikt til driftsforhold for en given idriftsættelse, såsom flow ved normaldrift, skylleprocedure, rørdimension, opstrøms-biofilm, mv. Der forventes en mikrobiologisk eftervækst de følgende 2-3 uger, hvorefter biostabiliteten i drikkevandet genfindes.

Monitorering af de mikrobiologiske drikkevandsparametre er et myndighedskrav pålagt vandforsyninger i Danmark. I tilfælde af overskridelse af disse parametre, udstedes en kogeanbefaling i det pågældende forsyningsområde. Den 02.01.2024 rapporterer TREFOR Vand en overskridelse på >2000 CFU/ml for Kimtal ved 22°C på en mikrobiologisk rutineprøve udtaget på prøvehane ved Kaltofte Vandtårn i Fredericia.

Resultater fra opfølgende prøver bekræfter overskridelse og resulterede i en kogeanbefaling i Fredericia. Efter 2 uger med monitorering af den mikrobiologiske udvikling ved både Kaltofte Vandtårn og forbrugere i det påvirkede område, ophæves kogeanbefalingen den 15.01.2024 efter prøver med <200 CFU/ml, og normal forsyning genoptages.

Kilden til den mikrobiologiske overskridelse blev sporet til idriftsættelse af en transmissionsledning ved Fredericia Gymnasium i december 2023; rutineprøven blev således udtaget i den forventede mikrobiologiske eftervækstsperiode.

Som supplement til resultater for Kimtal ved 22°C blev en Online BactiQuant måler installeret ved Kaltofte Vandtårn, ligesom prøver blev udtaget til ATP-analyse. Resultater fra disse to hurtigmetoder viste normalt, lavt mikrobiologisk indhold i drikkevandet, modstridende resultater fra Kimtal ved 22°C. Derudover blev der anvendt AQUIS-software til simulering af udbredelsen af den

mikrobiologiske forurening og udvælgelse af repræsentative prøvetagningssteder ved forbrugere.

Forløbet med kogeanbefalingen har givet TREFOR Vand anledning til at tage den eksisterende procedure for idriftsættelse af PE-rør op til revision; de er behov for en mere proaktiv tilgang med fokus på skylleprocedure og mikrobiologisk monitorering.

Uoverensstemmelserne mellem resultater fra den akkrediterede metode for Kimtal ved 22°C og de anvendte hurtigmetoder har vist et behov for at have flere monitoreringsværktøjer til rådighed for bedst muligt at håndtere en potentiel kogeanbefaling i fremtiden. I tilfælde af overskridelse af de mikrobiologiske drikkevandsparametre er tid en kritisk faktor, der kræver analytiske hurtigmetoder til fyldestgørende at kunne redegøre for biostabiliteten i drikkevandet.

TREFOR Vand vil gerne dele erfaringerne gjort under kogeanbefalingen, samt præsentere ændringer i idriftsættelsesprocedurer og valg af analytiske værktøjer til mikrobiologisk monitorering.

I forlængelse af dette, blev der som afslutning på MUDP-projektet ”*PE-rør med gavnlige biofilm til nedbrydning af materialemonomerer i drikkevandssystemet*” afholdt en Workshop om Best Practice for idriftsættelsesprocedurer for PE-rør- med bred deltagelse fra hele vandforsyningsbranchen. Her stod det klart, at TREFOR Vand ikke står alene med udfordringerne ved idriftsættelse. Dermed er der startet en debat om idriftsættelsesprocedurer og mikrobiologisk monitorering i praksis, og om hvordan vi i vandforsyningsbranchen kan udveksle erfaringer og i fællesskab bidrage til den bedst mulige forsyningsikkerhed på tværs af branchen.



## Erfaringer med enterokok-analyser i daglig drift og ved forurening

### 2. Drikkevand

**Sarah C.B. Christensen**<sup>1</sup>

Ann-Katrin Pedersen<sup>1</sup>, Marie Færge<sup>1</sup>, Sebastian B. Nava<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HOFOR Vandkvalitet

**Nøglebudskaber:** I 2023 kom der krav om et højere antal prøver for intestinale enterokokker i dansk drikkevand. Derudover godkendte Miljøstyrelsen i 2024 en hurtigere alternativ metode (Enterolert DW) som supplement til membranfiltrering (ISO-7899-2). Fokus er dermed skærpet for overvågningen af fækale forureninger. Bagsiden af medaljen er risikoen for øget forekomst af falsk positive resultater med indførslen af Enterolert DW. Denne undersøgelse påviste to forekomster af falsk positive driftprøver med Enterolert DW over en 3-måneders periode. Derimod viste metoden sig anvendelig under en forureningssag uden falsk positive resultater. Der er dermed potentiale for kortere responstid men samtidig risiko for unødige kogeanbefalinger.

#### **Abstract tekst: BAGGRUND**

Overvågning af drikkevandet for fækale forureninger blev i 2023 skærpet i Drikkevandsbekendtgørelsen ved en forøgelse af antallet af enterokok-analyser. Samtidig har Miljøstyrelsen i 2024 godkendt en alternativ analysemetode, Enterolert DW. Metodestudier fra producenten har angivet falsk positive resultater i uklaret vand på 2,8%. Det vil i HOFORs tilfælde betyde 1 falsk positiv prøve om måneden (414 obligatoriske kontrolprøver pr. år).

Aktionen ved påvisning af 1 intestinal enterokok/100 ml er, ifølge Miljøstyrelsens vejledning, kogeanbefaling, da intestinale enterokokker ligesom *E. coli* er indikation på fækal forurening.

Formålet med denne undersøgelse var at få erfaringer med anvendelse af Enterolert DW til dansk drikkevand.

#### **DAGLIG DRIFT**

I en periode på 3 måneder analyserede HOFORs Vandkvalitetslaboratorie 321 prøver ved traditionel membranfiltrering (ISO 7899-2) samt ved Enterolert DW samtidig og sendte derudover parallelprøver til analyse på eksternt laboratorium ved membranfiltrering (ISO 7899-2).

Ud af de 321 prøver var der to falsk positive prøver ved Enterolert DW, resulterende i en falsk positiv andel på 0,6 %. I hver af de falsk positive prøver blev der aflæst 1 enterokok/100 ml. De to fund ved Enterolert DW metoden blev sendt til verifikation hos Statens Serum Institut ved Malditoff. I begge tilfælde var der tale om *Streptococcus* arter, som ikke er fækale bakterier.

Ved membranfiltrering var der ikke påvisning af enterokokker i de 321 prøver.

#### **FORURENINGSSAG**

Under en forureningssag med *E. coli* i ledningsnettet, blev der ligeledes analyseret for intestinale enterokokker ved både membranfiltreringsmetoden samt Enterolert DW. Der var fund af intestinale enterokokker over flere dage på forskellige lokaliteter under forureningen. Alle fund ved Enterolert

DW blev sendt til verifikation med Maldi-toff og kunne bekræftes som *Enterococcus casseliflavus*, der er en intestinal enterokok. Enterolert DW er hurtigere (24-28 timer) end membranfiltrering (40-48 + 2 timer) og var dermed en nyttig metode under forureningssagen.

#### KONKLUSION

Den nyligt vedtagne analysemetode Enterolert DW kan give hurtigere resultater end membranfiltrering men også forøget risiko for falsk positive resultater og dermed for unødige koganbefalinger.

Resultaterne fra disse undersøgelser viser, at et verifikationstrin (fx Maldi-toff eller PCR) vil kunne anvendeliggøre Enterolert DW til analyse af drikkevand. Omvendt vil implementering af metoden uden et verifikationstrin kunne medføre et højt antal af unødige koganbefalinger med utryghed og gener for kunderne som konsekvens.

Da undersøgelsens omfang er begrænset, vil det give stor værdi at få indsamlet data fra anvendelse af de to analysemetoder i Danmark og få erfaringer med falsk positive resultater.

## **Beredskab/afløb**

2024-11-27

13:55 - 14:55

Beredskab/afløb

## Status på DMI's projekt for varsling af oversvømmelser samt udvikling frem mod borgerrettede varsling fra medio 2025

### 5. Klima

#### Grith Martinsen<sup>1</sup>

Charlotte Agata Plum<sup>1</sup>, Emma Dybro Thomassen<sup>1</sup>, Jonas Wied Pedersen<sup>1</sup>, Michael Butts<sup>1</sup>, Raphael Payet-Burin<sup>1</sup>, Sanita Dhaubanjari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Danmarks Meteorologiske Institut

**Nøglebudskaber:** I 2022 blev DMI tildelt myndighedsrollen for varsling af oversvømmelser i Danmark. Siden da har vi udviklet varslingprodukter for risiko for oversvømmelser fra både skybrud, forhøjet havvandstand samt fra vandløb. Fra medio 2025 skal vores varsler for oversvømmelse være borgerrettet hvilket vil sige at de vil blive offentliggjort på dmi.dk på samme måde som DMI's nuværende varsler. Et af de væsentlige skridt frem mod medio 2025 er at vi i højere grad vil integrere modelbaserede hydrologiske prognoser i vores varslingssystem. Dette vil i endnu højere grad forberede beredskab og borgere og derved reducere risikoen for skader på infrastruktur og ejendomme.

**Abstract tekst:** I 2022 blev DMI tildelt myndighedsrollen for varsling af oversvømmelser i Danmark, hvilket markerede en vigtig udvidelse af vores ansvarsområde. Siden da har vi udviklet varslingprodukter for risiko for oversvømmelser fra både skybrud, forhøjet havvandstand samt fra vandløb. Disse produkter har hidtil været rettet mod beredskaber og kommuner. Fra medio 2025 skal vores varsler for oversvømmelse være borgerrettet, hvilket vil sige at de vil blive offentliggjort på dmi.dk på samme måde som DMI's nuværende varsler.

Projektet er et stort samarbejdsprojekt mellem mange statslige institutioner. I projektet bidrager MST, DMP, KDI, GEUS, SDFI og DMI med hver deres kompetencer inden for hydrologi, data og varsling, til at skabe et nationalt system der skal forberede det danske samfund bedst muligt i situationer hvor risikoen for oversvømmelse er stor.

På DMI har vi siden juni 2023 varslet lokale beredskaber og myndigheder for risikoen for vandløbsoversvømmelser. Vores varslingssystem fik en ilddåb med den lange række af nedbørsrekorder der blev slået i 2023, hvilket gjorde at vi i vintersæsonen 2023/2024 udsendte vores første risikomeldinger for oversvømmelse fra vandløb. Vi har fra DMI's side efterfølgende haft stort fokus på at indsamle feedback fra vores slutbrugere, såsom beredskaber, politi, kommuner og forsyninger så vi sikrer at vi som myndighed for varsling af oversvømmelser bedst muligt kan understøtte lokale aktører.

Et af de væsentlige skridt frem mod medio 2025 er at vi i højere grad vil integrere modelbaserede hydrologiske prognoser i vores varslingssystem. Dette indebærer bl.a. udviklingen af en national hydrologisk prognosemodel på DMI, der er specialiseret i hurtige afstrømningsprocesser. Med modelbaserede prognoser vil det blive muligt for offentligheden at modtage mere præcise og rettidige varsler om potentielle oversvømmelser. Dette vil støtte op om DMI's formål som varslingsmyndighed, nemlig at forberede beredskabet og reducere risikoen for skader på liv og ejendomme.

Vi ønsker med dette bidrag til Dansk Vand konferencen at give vandbranchen et indblik i status på vores projekt for varsling af oversvømmelser. Dette er forudsætningen for at vi forhåbentlig kan få en givende diskussion om hvilke behov og ønsker der er til vores produkter, samt hvilke samarbejdsmuligheder der findes med kommuner, vandselskaber, beredskabsaktører og det private erhvervsliv.

## Realtidsmodel til styring af afløbssystem

### 4. Afløb

**Yansi Mary Jesuloganathan**<sup>1</sup>

Tina Kunnerup Tina Kunnerup Hestbæk<sup>2</sup>, Christopher Eugen Gaszynski<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aarhus Vand A/S

<sup>2</sup> Niras

<sup>3</sup> DHI A/S

**Nøglebudskaber:** Aarhus Vand har ambition om at styre afløbssystem i realtid ved at anvende hydrauliske modeller og realtidsmålinger fra sensor der er placeret strategisk i afløbssystemet for at opnå effektiv styring, optimal anvendelse af kapacitet samt opnå den mest miljøvenlige løsning ved udledning af spildevand.

Realtidsmodel beregner automatisk under alle nedbørshændelser og sender resultater, som skal anvendes under blandt andet beredskabssituationer. På sigt skal det skabe synergi mellem afløbssystem og renseanlæg i form af en digitaltvilling.

Nøgleord:

- Realtidsmodellering
- Realtidsstyring
- Online sensor anvendelse
- Beredskabsværktøj
- Steppet til Digital tvilling
- Digital og datadrevet værktøj

**Abstract tekst:** Det er en ambition, at Aarhus Vand skal blive mere digital og datadrevet og anvende digital viden til at forbedre deres operationer i den virkelige verden. Derfor vil man gerne anvende realtidsmodellering for at optimere håndteringen af vand- og spildevandssystemer. Dette omfatter især anvendelsen af input fra nedbørsdata i hydrauliske modeller for at simulere hændelser i realtid.

Aarhus Vand har ambition om at styre afløbssystem i realtid ved at anvende hydrauliske modeller og realtidsmålinger fra sensor der er placeret strategisk i afløbssystemet for at opnå effektiv styring, optimal anvendelse af kapacitet samt opnå den mest miljøvenlige løsning ved udledning af spildevand.

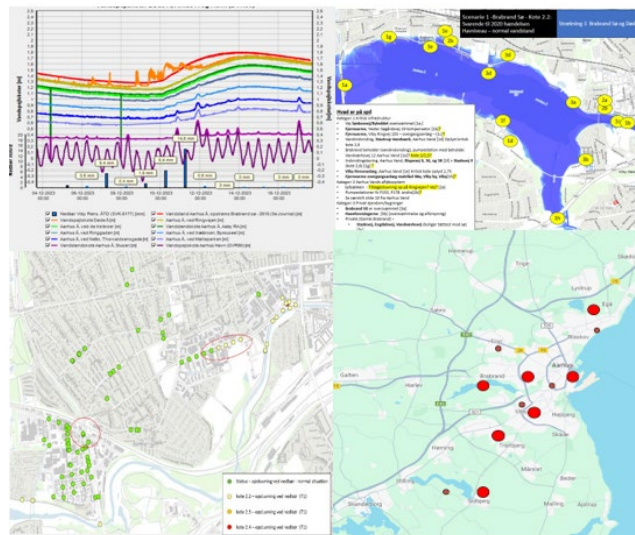
Ved realtidsmodellering indsamles og analyseres data fra sensorer og regnmålere for at skabe præcise og opdaterede modeller af systemernes tilstand. På sigt skal det skabe synergi mellem afløbssystem og renseanlæg i form af en digitaltvilling.

Målet med Aarhus Vands anvendelse af realtidsmodellering er at køre realtidssimuleringer hver

gang, der er en registreret regnhændelse fra en regnmåler. Når en regnhændelse måles, vil systemet automatisk indsamle regndata og anvende de hydrauliske modeller til at simulere hændelsen i realtid. Denne automatiserede proces sikrer, at Aarhus Vand konstant har opdaterede og nøjagtige oplysninger om systemets tilstand.

Outputtet fra hver realtidssimulering giver detaljerede oplysninger om ledningskapacitet og potentielle overløbshændelser i Aarhus Vands afløbssystem. Dette gør det muligt i f.eks. beredskabssituationer at identificere områder, der er i risiko for oversvømmelser eller spildevandsudslip, og tage de nødvendige forholdsregler for at minimere skader og forstyrrelser. Ved at have adgang til disse nøjagtige og opdaterede data kan Aarhus Vand optimere driften af deres systemer, forbedre miljøbeskyttelsen og opretholde en pålidelig forsyning til deres kunder.

Næste skridt for realtidsmodel er konvertering til digitaltvilling med AI løsninger og kører operationelt.



## **Opsætning og anvendelse af en ”døgnmodel”, som dagligt simulerer en hydraulisk model baseret på nedbørsdata.**

### **4. Afløb**

**Thomas Aagaard Jensen**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HOFOR A/S

**Nøglebudskaber:** HOFOR har udviklet en ”døgnmodel”, som automatisk simulerer en MIKE+ model med input fra nedbørsdata på daglig basis. Resultaterne fra døgnmodellen sammenstilles automatisk med realtidsobservationer fra det fysiske afløbssystem, hvilket medvirker til en lang række anvendelsesmuligheder.

HOFOR har haft succes med at anvende frie kilder til nedbørsdata og eksekvere døgnmodellen baseret på open-source software. Dette betyder konkret, at andre forsyninger med denne viden vil kunne opsætte en lignende døgnmodel uden store omkostninger. HOFOR ønsker at udbrede de erfaringer, der har været med opsætning og anvendelse af en døgnmodel og få feedback fra andre, som har gjort sig erfaringer på området.

**Abstract tekst:** HOFOR har udviklet et system, som automatisk simulerer en MIKE+ model med input fra nedbørsdata på daglig basis et døgn bagud (døgnmodel). Resultaterne fra døgnmodel sammenstilles herefter automatisk med realtidsobservationer fra det fysiske afløbssystem. Sammenstillingen gør HOFOR i stand til løbende at validere den hydrauliske model såvel som målere i afløbssystemet. Døgnmodellen kan give oplysninger om vandspejlsniveauer og flow i punkter, hvor det ikke er muligt at installere målere, eller hvor der er midlertidige målerudfald. Døgnmodellen kan således også anvendes til opgørelse af overløbsmængder til indberetning i PULS. Sammenstillingen mellem den hydrauliske model og realtidsobservationer vil også kunne hjælpe til at afdække ændrede driftsforhold i afløbssystemet, fx tilstoppede ledninger.

HOFOR har haft succes med forskellige opsætninger af døgnmodellen, hvor både data fra HOFORs egne regnmålere, radar-data og data fra DMIs Frie Data har været anvendt. HOFOR har ligeledes haft succes med implementering af varierende recipientvandspejl i døgnmodellen ved brug af egne målere og DMIs Frie Data.

Hvis en forsyning har en funktionsdygtig hydraulisk model, så vil opsætningen af en lignende døgnmodel være relativ simpel, da input til modellen i flere tilfælde kan baseres på frit tilgængeligt data og eksekveringen kan baseres på open-source software.

HOFOR ønsker med dette oplæg at udbrede de erfaringer der har været med opsætning og anvendelse af en døgnmodel og få feedback fra andre, som har gjort sig erfaringer på området.



## **Grundvand**

2024-11-27

15:30 - 17:15

Grundvand

## Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i grundvand under marker der har modtaget spildevandsslam

### 1. Grundvand

**Katerina Tsitonaki**<sup>1</sup>

Martin Hansen<sup>2</sup>, Karen Andreasen<sup>1</sup>, Jakob Magid<sup>3</sup>, Anne Esbjørn<sup>4</sup>, Helle Ugilt Sø<sup>5</sup>, Liselotte Clausen<sup>5</sup>

<sup>1</sup> WSP Danmark

<sup>2</sup> Aarhus Universitet

<sup>3</sup> Københavns Universitet

<sup>4</sup> VandCenter Syd

<sup>5</sup> HOFOR

**Nøglebudskaber:** Projektet har undersøgt tilstedeværelse af miljøfremmede stoffer i prøver fra det terrænnære grundvand ved tre marker der har modtaget forskellige mængder spildevandsslam over flere år, dette inkluderer både konventionel landbrugsdrift samt forsøgsmarken i CRUCIAL.

Der er påvist lave niveauer af PFAS 22 på ca. 6,8 ng/l. Der er ved suspect screening fundet spor af flere tusinde stoffer. Der er identificeret 46 stoffer, heraf flere medicinrester, herbicider og metabolitter, og enkelte industrikemikalier. Der er en vis overlap mellem de fundne stoffer og de medicinrester der er påvist i afgang vandværk ved tidligere undersøgelser udført af InSA Drikkevand.

**Abstract tekst:** Genanvendelse af spildevandsslam til jordbrugsformål er en vigtig del af den generelle affaldsstrategi og giver god samfundsøkonomi. Det estimeres, at ca. 65% af det producerede spildevandsslam, genanvendes som gødning på marker. Landbrugsarealerne er oftest sammenfaldende med grundvandsdannende områder.

Formålet med projektet var at undersøge om udnyttelsen af spildevandsslam på landbrugsjord kan medføre en uacceptabel påvirkning af grundvandet.

Projektet har undersøgt prøver fra det terrænnære grundvand ved tre marker der har modtaget forskellige mængder spildevandsslam over flere år, dette inkluderer både konventionel landbrugsdrift samt forsøgsmarken i CRUCIAL. De konventionelle marker har modtaget slam siden 2007 og 2017.

Der er påvist lave niveauer af PFAS 22 på maks 6,8 ng/l under de konventionelle marker. Der er ved suspect screening fundet spor af flere tusinde stoffer. Der er identificeret 46 stoffer, heraf flere medicinrester, plejeprodukter, herbicider og metabolitter, og enkelte industrikemikalier. Der er en vis overlap mellem de fundne stoffer og de medicinrester der er påvist i afgang vandværk ved tidligere undersøgelser udført af InSa Drikkevand, samt fund i GRUMO borerer.

Der er desuden udført simple beregninger af de identificerede stoffers forventet transport, fra det terrænnære grundvand og gennem dæklagen mod de primære grundvandsmagasiner.

Derudover har projektet omfattet interviews af 15 kommuner og to store firmaer der udbringer spildevandsslam til belysning af praksis for udbringning af spildevandsslam i Danmark. Der er ingen af de 15 interviewede kommuner, der stiller krav til analyse for andre parametre end de, i bekendtgørelsen om anvendelse af affald til landbrugsjord, fremsatte grænseværdier, med undtagelse af PFAS-stoffer som alle kommunerne også stiller krav til. Der er store forskelle mellem de interne procedurer for, på hvilke arealer man accepterer udbringning af spildevandsslam i kommunerne. Det er også tydeligt at noget spildevandsslam bliver fragtet over meget store afstande og på tværs af landet. Det til trods for at både kommuner og formidlerne af spildevandsslam udtrykker ønsker om, at man transporterer kortest mulige afstande.

Projektet vil bidrage med anbefalinger til kommunernes indsatsplaner til grundvandsbeskyttelse samt med konkrete anbefalinger til håndtering af spildevandsslam indenfor områder med drikkevandsinteresser. Projektet har modtaget tilskud fra Miljøstyrelsens teknologi program for jord- og grundvandsforurening.

## **JMAR; Vertikal Profilering af boringer med tilvejebringelse af billede for nitratforekomst pr. meter ned gennem vandsøjlen**

### **1. Grundvand**

**Martin Mortensen**<sup>1</sup>

Per Axelgaard<sup>2</sup>, Dines Juhl Barsøe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aalborg Forsyning

<sup>2</sup> Just-measure

**Nøglebudskaber:** Som alle, der læser dette, ved, er der store problemer med nitrat i det danske drikkevand. Mange steder er der ikke problemer i de dybtliggende aquiferer, men alligevel måles der overskridelser af kvalitetskriteriet i meget af det vand, der pumpes op fra mange dybe boringer, der er filtersat i disse lag.

Dette skyldes, at der er direkte transport fra højereliggende lag; enten på grund af naturlige kortslutninger, som er mest almindelige i boringer i kalk eller kridt, eller pga. utætheder langs boringens forerør.

Real-time målinger med optiske sensorer kan give præcise nitratkoncentrationer og derved præcisere hvor boringen er utæt.

<https://www.dr.dk/nyheder/indland/mindre-nitrat-i-drikkevandet-kan-redde-liv-og-spare-samfundet-milliarder-aalborg-har>

### **Abstract tekst: Baggrund og metode**

Teknologisk Institut havde til opgave at vurdere den praktiske implementering af platformen JMAR, Just Measure Robotics, samt bestemme nøjagtigheden af målinger udført med denne i samarbejde med Just-measure, Aalborg forsyning og WSP. Der blev udarbejdet en forsøgsplan til at teste platformen i vandboringer, der blev udpeget af Aalborg forsyning, og udføre niveauspecifikke målinger på kildepladser. Borehulslogging er foretaget som vertikal profil for nitrat, der blev målt med optisk sensor.

### **Data**

For at verificere værdier målt med optisk sensor, blev der foretaget oppumpning af vand fra samme dybder, som der blev målt i. Syv boringer blev udvalgt i samarbejde med Aalborg forsyning til forsøg. Disse boringer var under forsøget ikke i aktiv brug som drikkevandsboringer. For hver boring blev der valgt 4 til 11 dybder, hvor prøver blev udtaget og målinger foretaget.

Over fire måledage der blev der foretaget målinger i disse boringer med Just-measure JMAR. På måle-enheden blev der monteret en pumpe til udtagelse af vandprøver. Måleenheden af JMAR blev hejst ned i boringen til en forudbestemt dybde, hvor målinger blev foretaget og vandprøver udtaget. For hver vandprøve blev der oppumpet to gange vandvolumen af den 100 meter lange vandslange til pumpen for at sikre, at målingerne blev foretaget i vand fra den ønskede dybde, og der ikke var kontaminering fra andre vandlag.

Derefter blev vandprøver udtaget i flasker og lagt på køl indtil analyse. Vandprøverne blev

analyseret via kemisk analysemetode, og fungerede som forsøgets reference metode. Vandprøverne blev analyseret af Eurofins ved ISO15923-1:2013.

### **Måleresultater**

Der blev under forsøget målt nitratkoncentration ved 62 unikke punkter (forskellige borer i varierende dybde). 13 målinger faldt udenfor måleområdet af enten referencemetoden eller JMAR-sensor. Dette har resulteret i 49 observation, der er blevet brugt i videre resultatbehandling.

Ved sammenligning af JMAR (optisk sensor) og referencemetoden (Eurofins) var afvigelsen i gennemsnit 17% ved koncentrationer >5mg nitrat pr. liter.

### **Til drøftelse**

Vertikal Profilerings giver et mere differentieret billede af, hvor nitratforekomster forekommer i de forskellige vandlag, end ved de nuværende top- og bundprøver, som almindeligvis tages i dag, og giver dermed et meget bedre grundlag for at træffe beslutning om, fra hvilke dybder det giver bedst mening at pumpe men også et rigtig godt datagrundlag til gavn for dannelse af det samlede, reelle billede af, hvordan nitrat nu og i fremtiden vil påvirke levering af rent drikkevand i forsyningsområdet. Hermed også hvordan nye borer på kildepladsen skal konstrueres.

### **Kildemateriale:**

<https://science.ku.dk/presse/nyheder/2023/vi-kan-spare-menneskeliv-og-milliarder-med-mindre-nitrat-i-drikkevandet/>

**NITRAT I DANSK VANDFORSYNING** - omfang og konsekvenser ved nedsættelse af kravværdien

**ISBN:** 978-87-92651-32-7

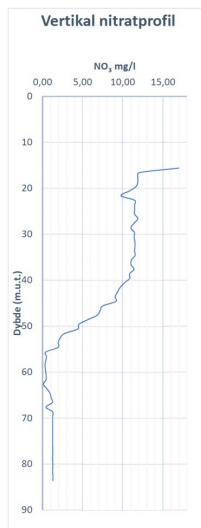
**Udgiver:** DANVA og Danske Vandværker

**Udarbejdet af:** Envidan, Tina Halkjær Andersen

**Finansiering:** Vejledningen er finansieret af DANVA og Danske Vandværker

**Dato:** 16. november 2023

Konsekvenser illustreret med scenarier for grænseværdier hhv. 25 mg/l, 10 mg/l og 4 mg/l nitrat.



## Varighed af grundvandsforureninger og deres betydning for forsyningens strategi og investeringer

### 1. Grundvand

Helle Ugilt Sø<sup>1</sup>

Kristian Bitsch<sup>1</sup>, Liselotte Clausen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HOFOR

**Nøglebudskaber:** Prognoser for varighed af grundvandsforureninger er en grundlæggende forudsætning for forsyningens strategi og investeringer. Ved omfattende grundvandsforureninger er det nødvendigt at træffe beslutninger vedrørende indvindingsstrategi og investering i eventuel rensning, men forureningerne kan også påvirke forsyningskapaciteten og have betydning for den langsigtede forsyningsstrategi. For at vi som forsyning kan tage de rette beslutninger, må varigheder af grundvandsforureninger betragtes på oplandsskala og inddrage både fladekilder og punktkilder. HOFOR vil præsentere to eksempler, hvor vi har beregnet hhv. varigheden af DMS og vurderet udbredelsen af PFAS i udvalgte indvindingsområder. Begge udredningsprojekter har haft afgørende betydning for vores langsigtede strategi og investeringer.

**Abstract tekst:** Generelt bruger vi bruger i Danmark mange ressourcer på at monitere vores grundvand, men meget få ressourcer på at forstå varigheden og konsekvenserne af fundene. De udbredte grundvandsforureninger, som monitoreringen i dag har afdækket, kræver beslutninger vedrørende indvindingsstrategi og investering i eventuel rensning, men kan også påvirke forsyningskapaciteten og have betydning for den langsigtede forsyningsstrategi. For at kunne tage de rette beslutninger, er prognoser for varigheden af grundvandsforureningerne afgørende. Hvor høje vil koncentrationerne blive? Hvilke kildepladser bliver ramt? Hvornår vil grundvandet igen være rent? For at kunne besvare disse spørgsmål bedst muligt, må forureningerne betragtes på oplandsskala og inddrage både fladekilder og punktkilder. Men der igangsættes ikke udredningsprojekter om dette på nationalt plan, hverken af Miljøstyrelsen, regionerne eller kommuner. Forsyningerne står derfor overfor valget mellem selv at igangsætte de nødvendige undersøgelser eller at foretage beslutninger på et ufuldstændigt grundlag.

Vi vil præsentere to cases, hvor vi har arbejdet med varigheden af grundvandsforureninger på oplandsskala. I begge cases har udredningsprojekterne haft afgørende betydning for vores langsigtede strategi og investeringer.

Den ene case omhandler varigheden af DMS på HOFORs kildepladser under Værket ved Islevbro. Her har HOFOR anvendt den viden, som er fremkommet i Miljøstyrelsens projekt FungiSource, og gennemført beregninger af varigheden af DMS på alle kildepladser. Endvidere er den beregnede varighed af DMS sammenholdt med de målte varigheder for BAM, ud fra den forudsætning af de to stoffer skæbne i grundvand er sammenlignelig, men anvendelsen er ca. 15-20 år forskudt.

Den anden case omhandler en prognose for udbredelsen og varigheden af PFAS på kildepladserne til Værket ved Thorsbro. Her har HOFOR netop idriftsat et nyt vandværk, men pga. PFAS er produktionen nedjusteret. HOFOR skal derfor i 2024 vurdere, om det kun er råvand fra én kildeplads (Solhøj Kildeplads), som skal renses for PFAS, eller om alle kildepladser er truet, så rensning skal

implementeres på det nye vandværk. Der er etableret et formaliseret samarbejde mellem Region Sjælland, Region Hovedstaden og de tre kommuner i området. Regionerne udfører punktkildeundersøgelser, kommunerne udfører pejlinger og undersøgelser i privatindvindinger, og HOFOR monitorer grundvandskvaliteten i oplandet og samler alle data i en grundvandsmodel og beregner den teoretiske forureningsudbredelse. De foreløbige resultater herfra viser, at det primært er gamle deponier og brandøvelsespladser, som er årsag til den udbredte forurening, og rensning vil derfor blive nødvendig i en lang årrække.



## Grundvandsindvinding og strømningsveje i vandløbsnære oplande – konceptualisering og 2 feltstudier

### 1. Grundvand

**Martin Olsen**<sup>1</sup>

Nanette Levanius Schouw Christiansen<sup>2</sup>, Sachin Karan<sup>3</sup>, Tue Kofod<sup>4</sup>, Bertel Nilsson<sup>3</sup>, Jens Aabling<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fors A/S

<sup>2</sup> Region Sjælland

<sup>3</sup> GEUS

<sup>4</sup> Danske Vandværker

**Nøglebudskaber:** - Strømningsveje ved vandløbsnære kildepladser er vigtige at forstå, for at opnå en afbalanceret vandindvinding både mht. grundvandsbeskyttelse og påvirkning af vandløbet.

- Processerne er komplekse og svære at modellere på lokal skala.

- I dette projekt forsøger vi at belyse de styrende parametre for bestemmelse af grundvandsdannende oplande (GDO) og tilvejebringe anbefalinger for bedre bestemmelse af GDO ved vandløbsnær grundvandsindvinding.

- Vandforsyningen er interesseret i at vide, hvordan yderligere undersøgelser kan bidrage til en bedre lokal beskrivelse og forståelse af, hvordan den vandløbsnære vandindvinding påvirker udbredelsen af GDO, samt hvordan vandindvindingen påvirker vandføringen, så der kan opnås en afbalanceret vandindvinding.

**Abstract tekst:** For at beskytte grundvandet er det vigtigt at vide, hvor grundvandet dannes og de grundvandsdannende oplande (GDO) estimeres typisk vha. grundvandsmodeller. Ved vandløbsnære kildepladser er det ikke usædvanligt, at grundvandsmodellering viser, at grundvandet dannes tæt på vandløbene. Samtidig har vi også den forståelse, at de fleste vandløb i Danmark er i hydraulisk kontakt med grundvandet (Sechu et al. 2022) og oftest fødes af tilstrømning fra grundvandet.

For at vurdere effekter af vandløbsnær grundvandsindvinding på vandløb og grundvandsdannende oplande, er der et behov for at verificere, at (i) der ved vandløbsnær vandindvinding opstår nedadrettet gradient fra de vandløbsnære områder og (ii) undersøge om modelberegnete oplande nær vandløb kan bekræftes af feltundersøgelser.

Partnerskabet for Bæredygtig Vandforsyning, der har fokus på at finde løsninger på et af Danmarks store samfundsproblemer - pesticider i grundvandet, har i samarbejde med GEUS i 2023 igangsat et projekt (Forståelse af grundvandsdannelse og strømningsveje i vandløbsnære oplande), der har til formål at undersøge denne problematik nærmere. Projektet afsluttes i efteråret 2024 og i denne præsentation, vil vi fremlægge nogle af resultaterne fra projektet, der bl.a. har omfattet en sammenfatning af den eksisterende litteratur på området, samt feltundersøgelser ved to vandløbsnære kildepladser.

Vidensopsamlingen forsøger at

- Belyse styrende parametre for bestemmelse af grundvandsdannende oplande.

- Diskutere eksisterende metodikker for modelberegnete grundvandsdannende oplande.
- På baggrund af studiet, at tilvejebringe anbefalinger for bedre bestemmelse af grundvandsdannende oplande ved vandløbsnær grundvandsindvinding.

Der er opstillet feltstudierne ved to af Fors A/S' kildepladser. Begge kildepladser ligger tæt ved vandløb; den ene i et stort område karakteriseret som et drænet lavbundsområde i omdrift, mens den anden ligger i en klassisk ådal langs et mindre vandløb, se figur 1. På begge lokaliteter er der opstillet transekter på tværs af vandløbet med korte borer, hvor der måles trykforhold og tages vandprøver der bl.a. analyseres mht. iltisotoper. Desuden måles der vandføring i de nærliggende vandløb. Data fra feltstudierne vil blive sammenlignet og det forsøges, at udlede, hvilke målinger og hydrauliske egenskaber, der bidrager mest til forståelse af de hydrogeologiske systemer – og dermed påvirkningen af vandløbsnær indvinding i disse systemer.

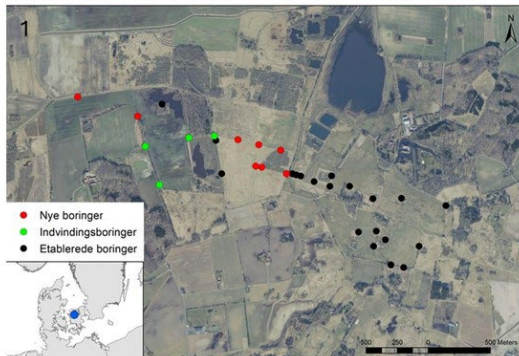
Det samlede output fra litteratur- og feltstudie, vil være anbefalinger til yderligere undersøgelser, forslag konceptualisering og dataindsamling, der kan forbedre den lokale beskrivelse og kvantificering af vandindvindingens påvirkning på strømningsveje i vandløbsnære arealer. Som forsyning håber Fors A/S at den forbedrede lokale beskrivelse og forståelse kan hjælpe til yderligere kvantificering af hvor der fås mest ”mest grundvandsbeskyttelse for penge”.

## Reference

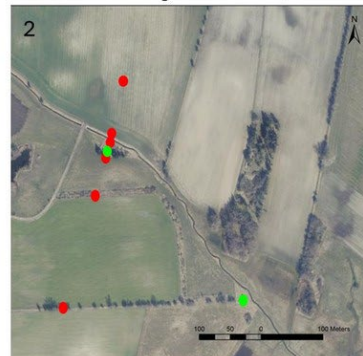
Sechu GL, Nilsson B, Iversen BV, Møller AB, Greve MB, Troldborg L, Greve MH (2022). Mapping groundwater-surface water interactions on a national scale for the stream network in Denmark. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 40, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101015>.

### Feltlokaliteter

1. Drænet lavbundsområde m vandløb



2. Klassisk ådal langs mindre vandløb



## Flytning af indvindingsboringer – udfordringer og økonomi

### 1. Grundvand

**Charlotte Thiel Weber Johansen**<sup>1</sup>

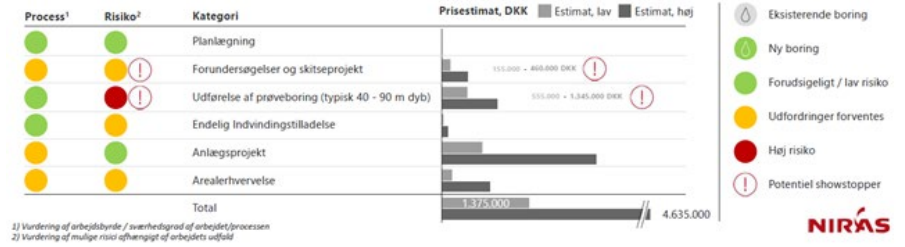
Astrid Friberg Molbech<sup>1</sup>, Brian Badike Thomsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NIRAS A/S

<sup>2</sup> Slagelse Kommune

**Nøglebudskaber:** Drikkevandsboringer er under pres disse år og mange vandforsyninger overvejer nye boringer og kildepladser. Det er en ofte risikobetonet og uoverskuelig opgave. Med Slagelse Kommune har NIRAS udviklet et værktøj, der gør det lettere at forholde sig udfordringerne med at flytte indvindingsboringer. Ved hjælp af værktøjet illustreres risici, besværligheder og økonomi i trinene fra forundersøgelse over prøvepumpning til udførelse. Risici med opsættende effekt er fremhævede. Værktøjet kan benyttes som dialogværktøj, beslutningsstøtte og kommunikationsmiddel når beslutningstagere og interessenter skal inddrages i projekter vedrørende fremtidssikring af kildepladser og drikkevandsboringer.

**Abstract tekst:** Hvad skal man være opmærksom på når drikkevandsboringer skal flyttes? Hvilke processer skal man igennem og hvilke barrierer kan man møde? F.eks. risikoen for ikke at finde vand, utilstrækkelig kvalitet af det oppumpede vand, naturpåvirkninger det nye sted, omfattende og besværlig myndighedsbehandling. Som en del af en vandhåndteringsstrategi udarbejdet for Slagelse Kommune blev muligheden for flytning af indvindingsboringer undersøgt. Man ønskede fra politisk hold at identificere områder i kommunen, hvor man kunne flytte eksisterende indvindingsboringer fra landbrugsarealer til arealer med natur eller skov og således opnå en bedre grundvandsbeskyttelse fremadrettet. I den forbindelse var det vigtigt at synliggøre den proces, man skal igennem for at kunne flytte en boring, samt at anskueliggøre at det ikke er så enkelt at flytte en boring eller etablere en ny kildeplads. Flytning af en boring selv få hundrede meter fra en eksisterende placering kræver en række undersøgelser af undergrunden samt en del myndighedsarbejde for at afdække, hvorvidt det er muligt at indvinde godt drikkevand eller ej. Der introduceres en række usikkerheder i forbindelse med at afsøge nye boringsplaceringer. Dels kan man ikke vide, hvor meget vand, der kan hentes, eller kvaliteten af det, da kvaliteten kan variere meget, selv over korte afstande. Derudover er påvirkningen af naturen et nyt sted ukendt og det kan være rigtig svært, og af og til umuligt, at få tilladelse til at indvinde vand, hvis der er en for stor påvirkning af omgivelserne, jævnfør den seneste praksis fra natur- og fødevareklagenævnet. NIRAS har med det udviklede værktøj forsøgt på en let og overskuelig måde at visualisere de forskellige processer, at opdele dem i trin og at vise om og hvornår der er en risiko for at projektet må stoppe. Værktøjet giver også et bud på en økonomi for flytning af en boring/kildeplads. Udgiften til flytning er en stor post og kan være svær at forudsige. Derfor benytter værktøjet et interval, og angiver således en lav og en høj pris for de enkelte poster, f.eks. forundersøgelse, prøvepumpning mv. Værktøjet giver et godt overblik og et udgangspunkt for en dialog. Det kan bruges både af forsyning og kommune.



## **Renseanlæg - case stories**

2024-11-27

15:30 - 17:15

Renseanlæg - case stories

## Udvidelse af renseanlæg Damhusåen

### 3. Spildevand

**Jeanette Agertved Madsen**<sup>1</sup>

Johan Van der Plat<sup>1</sup>, Lars E Hansen<sup>2</sup>, Jan Henriksen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Envidan A/S

<sup>2</sup> BIOFOS

**Nøglebudskaber:** I 2018 forelå en gennemarbejdet Udbygningsplan 2025 for udvidelse af kapaciteten på BIOFOS' renseanlæg. På basis af anbefalinger og teknologivalg i Udbygningsplanen gennemføres i øjeblikket meget store renoveringsprojekter på renseanlæg Damhusåen for at udvide både den hydrauliske og den stofmæssige kapacitet på renseanlægget. Udførelsesprojektet har krævet nytænkning, implementering af midlertidige foranstaltninger og anvendelse af kæmpe maskiner. Præsentationen giver en indsigt i udfordringer og succeser fra en kompliceret kapacitetsudvidelse på ca. 30% på et renseanlæg i drift.

**Abstract tekst:** I perioden fra 2016 til 2018 udarbejdede BIOFOS og Envidan en Udbygningsplan 2025 for to af BIOFOS's tre renseanlæg med det overordnede formål at møde fremtidens udfordringer med øget befolkningstal i kommunerne, klimaforandringer, skærpede krav fra myndighederne samt opfyldelse af forsyningens egne ambitiøse driftsmål. Planen var baseret på et koncept udviklet af EnviDan med en systematisk tilgang, som bl.a. anvender metodikken SustianED, som fokuserer på kortlægning, vurdering, prioritering, opstilling af mål, og en endelig udvikling af forbedringsprojekter (teknologivalg - Best Available Technologies (BAT)). Konceptet sikrer et veldokumenteret beslutningsgrundlag, herunder økonomiske estimater og risikovurderinger. Men hvordan er det så gået med implementeringen af anbefalinger beskrevet i Udbygningsplanen? Det er valgt at sætte fokus på Renseanlæg Damhusåen, hvor der er i gang en af Danmarkshistoriens største renoveringer og udbygninger, hvor kapaciteten udvides med ca. 30% fra 350.000 PE til 470.000 PE. Der investeres over 1 mia. kr. i en ny mellempumpestation, et nyt fordelingsbygværk, nye BIOP- og efterklaringstanke, ny bundbeluftning, nyt termisk hydrolyseanlæg og renovering af fire rådnetanke. Arbejdet får Damhusåen til at ligne en gigantisk byggeplads mere end et fungerende renseanlæg. En af opgaverne er, at øge renseanlæggets hydrauliske kapacitet fra 10.000 til 17.000 m<sup>3</sup>/h. Dette kræver, at der skal ombygges på eksisterende procesafsnit og det er derfor nødvendigt at omlede spildevandet imens ombygningen foregår. Til dette har vi taget en anderledes teknologi i brug. I samarbejde med det Hollandske Van der Kamp blev etableret 4 gigantiske siphoner, som til sammen omkringpumper op til 10.000 m<sup>3</sup> spildevand i timen med et minimum af energiforbrug. Præsentationen giver indsigt i både udfordringer og succeser fra en udførelsesperiode, hvor der har været anvendt en række midlertidige foranstaltninger undervejs.



## Tre forsyninger går sammen for at forbedre miljøet, øge energieffektiviteten og optimering af den samlede investering til gavn for borgere og miljø

### 3. Spildevand

Søren Erikstrup<sup>1</sup>

Morten Aaby Nielsen<sup>2</sup>, Johnny Kristensen<sup>3</sup>, Kasper Rasmussen<sup>4</sup>, **Ole Adeler**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mariagerfjord Vand

<sup>2</sup> Vesthimmerlands Forsyning

<sup>3</sup> Rebild Forsyning

<sup>4</sup> Envidan

**Nøglebudskaber:** I Danmark har vi en målsætning om, at vi skal være klima- og energineutrale i 2030. Vi skal ligeledes forbedre vores rensning af spildevand blandt andet, fordi EU's byspildevandsdirektiv skal implementeres. Vi har i vandbranchen fokus på bæredygtighed, men hvad betyder det egentlig? Vi vil fortælle, hvordan tre forsyninger lige netop har sat fokus på at forbedre miljøet, optimeret investeringer til gavn for borgerne og sikre en centralisering af spildevandsrensningen med fokus på energieffektivitet og klimaneutralitet. Et projekt der viser, at det ikke er nødvendigt at fusionere – man kan også nå i mål ved samarbejde og fælles visioner.

**Abstract tekst:** Mariagerfjord Vand, Rebild Forsyning og Vesthimmerlands Forsyning har gennemført et banebrydende projekt med det formål at forbedre spildevandshåndteringen på tværs af kommunegrænser. De tre forsyninger repræsenterer en fælles vision om en bæredygtig og effektiv spildevandshåndtering ved at nedlægge mindre, nedslidte renseanlæg for i stedet at centralisere spildevandsbehandlingen med fokus på energieffektivitet og klimaneutralitet og ikke mindst økonomisk effektivitet.

En nøglekomponent i projektet er centraliseringen af spildevandsbehandlingen uden at fusionere. En del af projektet har været en udvidelse af kapaciteten på Mariagerfjord Renseanlæg og ved at samle behandlingen på ét moderne anlæg opnås stordriftsfordele og en høj kvalitet i spildevandsbehandlingen. Samtidig undgår man investeringer i nedslidte anlæg, som aldrig vil kunne opnå energineutralitet og vil kræve store investeringer for at efterleve kommende krav.

Projektet er et glimrende eksempel på, hvordan fællesskab via samarbejde kan føre til betydelige forbedringer i infrastrukturen. De tre forsyningsselskaber har formået at samle deres ressourcer og ekspertise for at skabe en integreret løsning, der gavner hele regionen. Dette fælles engagement sikrer, at alle interessenter er med til at forme og implementere løsningerne. Kort sagt – der er styr på økonomien, målene og ikke mindst vejen derhen.

Bæredygtighed kan defineres på mange måder – i dette projekt er miljøforhold, energi- og klimaeffektivitet, økonomiske optimering samt investering kontra drift sat i fokus.

Der er opført nye, effektive pumpestationer samtidig med at ældre rensningsanlæg er nedlagt og dermed er den lokale miljøbelastning af udledt rensset spildevand fjernet. Centraliseringen sker på et renoveret Mariagerfjord Renseanlæg designet til at bruge de nyeste grønne teknologier, hvilket minimerer ressourceforbruget og maksimerer genanvendelse og dermed også energieffektiviteten. Vi



opnår et anlæg, hvor der er mere end 200% energieffektivitet.

Projektet inkluderer solcelleanlæg og biogasproduktion fra spildevand, som begge bidrager til at reducere det samlede energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning, og viser netop, at når man arbejder på at centralisere spildevandshåndteringen, så opnås der store fordele, som aldrig kan opnås ved decentrale løsninger.

Ved at nedlægge de mindre, nedslidte renseanlæg og centralisere behandlingen opnås en markant forbedring af vandmiljøet omkring de tidligere udledningpunkter. Dette medfører en reduktion af forurenende stoffer i lokale vandløb og søer, hvilket gavner både økosystemer og lokalsamfund. Den avancerede rensningsteknologi på Mariagerfjord Renseanlæg sikrer, at spildevandet behandles til en høj standard, inden det returneres til naturen.

Projektet positionerer de tre forsyningselskaber til effektivt at imødekomme kravene i EU's Byspildevandsdirektiv. Den centraliserede struktur og moderne teknologi gør det muligt at opfylde de strengeste miljøkrav og giver fleksibilitet til at implementere yderligere rensningsteknologier, hvis det skulle blive nødvendigt.

Sammenfattende repræsenterer projektet således en innovativ og bæredygtig tilgang til spildevandshåndtering, hvor samarbejde og teknologisk fremskridt forenes for at skabe en effektiv og miljøvenlig infrastruktur, der opfylder både nutidige og fremtidige krav.



## Når verden skrider – Nordic Waste oplevet fra en forsyningsvirksomhed

### 3. Spildevand

Michael Sønder Jensen<sup>1</sup>

**Martin Thau**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vandmiljø Randers A/S

**Nøglebudskaber:** De fleste kender allerede en del til historien om jordskredet hos Nordic Waste i Ølst fra medierne.

Men hvorledes opleves en så voldsom begivenhed set fra en spildevandsforsyning?

I Vandmiljø Randers vil vi gerne dele vores erfaringer med kolleger.

**Abstract tekst:** Hvordan handler man, når en omfattende miljøkatastrofe pludseligt truer?  
En saga om unormale udfordringer, hurtige beslutninger og om at asfaltere, mens man kører...

Da Nordic Waste kort før jul 2023 opgav at kæmpe mod jordmasserne i Ølst, fik Randers Kommune en stor, akut opgave at håndtere. Vandmiljø Randers bistod undervejs kommunen efter bedste evne, da en væsentlig del af opgaven var at håndtere det forurenede vand fra jordskreds-området.

Vi deler gerne vores erfaringer fra dette arbejde med andre.

Hovedpunkterne i vores indlæg vil være følgende:

- Katastrofens omfang og udvikling
- Hvem har opgaven, og hvad må man jf. lovgivningen?
- Organisering og kommunikation – Internt og eksternt
- Håndtering af interessenter
- Hvad kunne vi som spildevandsforsyning bidrage med?
- Særlige udfordringer (pH, partikler, salte, tungmetaller, barium/molybdæn/selen)
- De valgte løsninger
- Opsummering på erfaringer

## Reduktion af overløb ved hydraulisk optimering af renseanlæg

### 3. Spildevand

**Erik Heyer**<sup>1</sup>

Line Schmidt Froskov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Novafos

**Nøglebudskaber:** Novafos har i 2023 gennemført en hydraulisk screening af alle forsyningens 18 renseanlæg. Screeningen viste, at mange renseanlæggs hydrauliske kapacitet med forholdsvis simple virkemidler kan øges. Projektet afslørede derudover at en del styringer kunne optimeres.

På Neder Dråby Renseanlæg er den hydrauliske kapacitet i 2023 blevet øget fra 3.500 m<sup>3</sup>/døgn til 5.750 m<sup>3</sup>/døgn (+64%). I sensommeren 2024 implementeres ændringer på Usserød Renseanlæg, der forventes at øge anlæggets hydrauliske kapacitet fra 28.000 m<sup>3</sup>/døgn til op mod 36.000 m<sup>3</sup>/døgn (+29%).

Hydraulisk optimering af renseanlæg har for Novafos vist sig at være en meget kosteffektiv og klimavenlig metode til reduktion af overløb.

**Abstract tekst:** Mange vandløb og søer lever ikke op til vandmiljøplanernes målsætning om ”god økologisk tilstand”. Overløb fra fælleskloakerede oplande er mange steder en væsentlig medvirkende årsag hertil. Forsyninger bruger derfor mange ressourcer på at reducere overløb. Hydraulisk optimering af renseanlæg har for Novafos vist sig at være en meget kosteffektiv og klimavenlig metode til reduktion af overløb.

Novafos har i 2023 gennemført en hydraulisk screening af alle forsyningens 18 renseanlæg. Heri blev de hydrauliske forhold på renseanlæggene analyseret på baggrund af SRO-data fra de seneste meget kraftige regnhændelser. På denne måde blev hvert enkelt renseanlæggs hydrauliske flaskehals(e) identificeret. Flaskehalsene viste sig ofte at være årstidsafhængige, idet det om vinteren oftest er efterklaringstankene der er begrænsende, mens det om sommeren typisk er pumper eller bygværker. Mange renseanlæggs hydrauliske styringer var derudover forholdsvis simple, og havde derfor et stort potentiale for optimering

Den hydrauliske screening identificerede i alt 30 optimeringsprojekter, hvoraf mange vil blive implementeret i løbet af 2023-2027.

Usserød Renseanlæg (50.000 PE; 28.000 m<sup>3</sup>/døgn) er et recirkulationsanlæg med serieforbundne luftningstanke og efterpolering ved sandfiltrering. Under kraftig regn er alle indløbspumper i samdrift, hvilket dog overbelaster sandfiltrene. Renset men ufiltreret spildevand bliver ledt til renseanlæggets sparebassiner. Bassinerne fyldes herved både af det mekanisk forrensede spildevand, med forholdsvis højt forureningsindhold, og af det mekanisk-biologisk rensede spildevand, med langt lavere forureningsindhold. Når bassinerne er fyldte, sker der overløb/bypass til recipient.

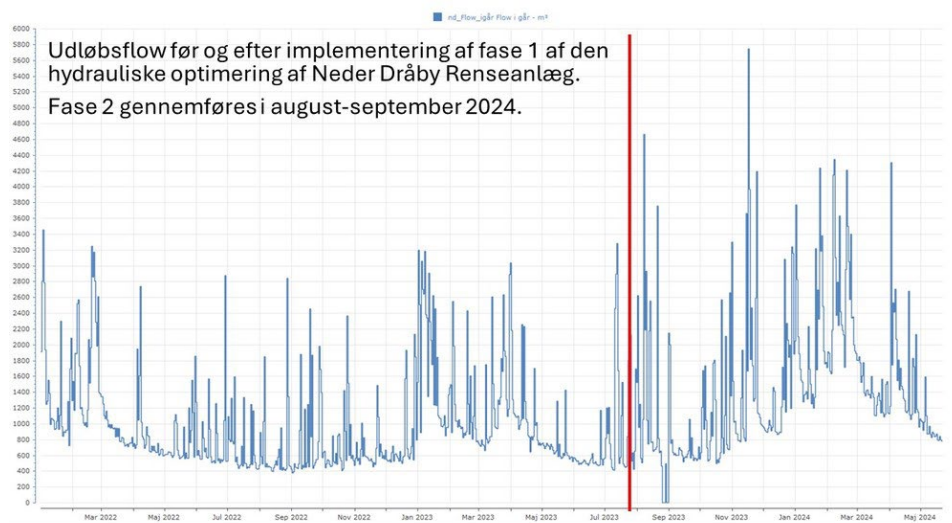
Anlæggets hydrauliske kapacitet bliver i 2024 forøget ved at bassinernes ”tømpumper” allerede under regnhændelsen skal pumpe spildevand til procestankene. Herved øges det maksimale flow til

biologien. Derudover etableres der en styring af det eksisterende manuelle sandfilter-bypass, så rensat men ufiltreret spildevand vil blive udledt til recipient, frem for at blive ledt til sparebassinerne, hvorfra der sker overløb.

Renseanlæggets hydrauliske kapacitet forventes øget til ca. 36.000 m<sup>3</sup>/døgn (+29%).

Neder Dråby Renseanlæg (6.500 PE, 3.500 m<sup>3</sup>/døgn) er et lille recirkulationsanlæg. Overløb fra renselanlægget har historisk været meget hyppige, hvilket skyldte en ”beskyttelse” af anlæggets lille og lavbundede efterklaringstank mod slamflugt. I projektets første fase (sommer 2023) er indløbspumperne blevet opgraderet med frekvensomformere, og pumpestyringen ændret, så denne sker på baggrund af en nyinstalleret slamspejlsmåler og en SS-måler i udløbet. Dette muliggør højere flow uden at risiko for slamflugt øges markant. Det maksimale døgnflow er herved blevet øget til 5.750 m<sup>3</sup>/døgn (+64%). Projektets fase 2 udføres i sommeren 2024, hvor efterklaringstanken og dets centerbygværk ombygges, og anlæggets DN-tank ombygges, så den under regn kan fungere som ”slamlagertank”. Disse tiltag forventes at øge maks. flow til ca. 6.500 m<sup>3</sup>/døgn (+ 85%). Det øgede flow gennem renselanlægget reducerer både antal af overløb og overløbsmængden til Roskilde Fjord markant.

Data for effekten af den hydrauliske optimering af Neder Dråby Renseanlæg (fase 2), og Usserød Renseanlæg forventes at foreligge i november 2024.



## Fosfor gødningsvirkning, slamrest-produkter efter mineralisering, pyrolyse og forbrænding

### 3. Spildevand

**Dorette Sophie Müller-Stöver**<sup>1</sup>

Jakob Magid<sup>1</sup>, Lars Krogsgaard Nielsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Københavns Universitet, PLEN

<sup>2</sup> BIOFOS A/S

**Nøglebudskaber:** Hovedparten af den danske slamproduktion – op mod 70-80% - slutdisponeres på landbrugsjord som gødning og jordstrukturforbedring. Nærværende VUDP-projekt belyser 3 udvalgte slamrest-produkter mineraliseret slam (FORS), biochar (Vandcenter Syd) og slamaske (BIOFOS), fra slambehandlingerne: mineralisering, pyrolyse og forbrænding.

Fosfor-gødningsvirkninger er undersøgt i planteforsøg ved Københavns Universitets forsøgsgård Højbakke-gård, Taastrup. Igennem 3 år (2021-2023) er høstudbytter af rajgræs og optagelse af fosfor sammenlignet med afvandet slam, tredobbelt superfosfat (TSP) og ugødet.

Hypotesen er, at det relativt hårdt bundne fosfor i slamaske og biochar vil frigives langsomt over årene.

De 3-årige dyrkningstest i rammer i felten er suppleret med test af slamrest-produkterne i klimakammer. Slamrest-produkter er blandet med jord og inkuberet ved 7 og 21°C i op til 600 dage. I disse blandinger er der successivt målt P tilgængelighed (vandopløseligt P), og blandingerne er anvendt som dyrkningsmedier i pottforsøg med rajgræs i drivhus.

**Abstract tekst:** Projektets nyhedsэлеment er, at de flerårige planteforsøg i felten og supplerende plantetest i drivhus/klimakamre i laboratoriet tilsammen giver resultater for langtidsgødningsværdi af fosfor og effekt på miljøet (tungmetaller). Traditionelt udføres dyrkningsforsøg kun over få måneder eller op til én vækstsæson – hvilket betyder, at samfundsnyttен undervurderes for restprodukter med langsom frigivelse af fosfor.

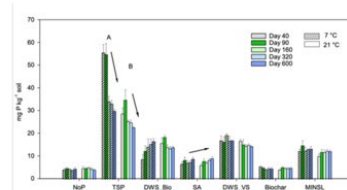
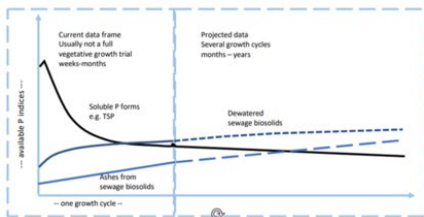
Jordinkubationsforsøg, hvor slam-restprodukterne blev blandet med jord og holdt i klimaskabe ved 7 og 21°C i op til 600 døgn viste, at vandopløseligt fosfor i jorden var markant størst for TSP – men at denne tilgængelighed faldt kraftigt i løbet af et halvt år. Slamaske viste en signifikant stigning hen over tiden, hvor afvandet slam og mineraliseret slam holdt samme niveau. Ugødet og biochar fremviste det laveste niveau af vandopløseligt fosfor i jorden (figur 1).

Planteforsøgene - både pottforsøg i drivhus og rammeforsøg i felten – viste, at høstudbytter (rajgræs) med tilført afvandet slam og mineraliseret slam var fuldt på højde med TSP; hvorimod biochar – noget uventet - ikke gav et merudbytte sammenlignet med ugødet. Slamaske gav til sammenligning et mindre, men dog signifikant merudbytte. I rammeforsøget var høstet plantebiomasse kun lidt højere med TSP, afvandet slam og mineraliseret slam i forhold til i aske- og biochar behandlinger.

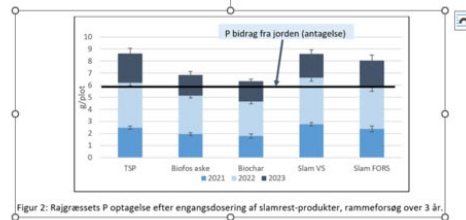
Rajgræssets optagelse af fosfor (figur 2) fulgte generelt samme mønster som høstudbytterne. I

potteforsøget gav alle behandlinger udslag i højere P-optagelse bortset fra biochar, som ikke gav anledning til P optagelse, som var målbart forskellig fra den ugødede jord.

Rajgræssets indhold af tungmetaller var ikke påvirket (øget) af de tilførte slamrest-produkter, men optagelsen af cadmium og chrom var tydeligt højest det første år – og det gjaldt alle behandlinger.



Figur 1. Vandopløseligt P ekstraheret fra jordinkubationsforsøg. NoP – ingen P tilført til jorden, TSP – Treddobelt Superfosfat, DWS\_Bio – Afvandet BIOFOS slam, SA – Slammaske, DWS\_VS – Afvandet slam fra VandCenter Syd, Biochar, MINDL – mineraliseret slam.



Figur 2. Rajgræssets P optagelse efter engangsdosering af slamrest-produkter, rammeforsøg over 3 år.

## **Bæredygtighed**

2024-11-27

15:30 - 17:15

Bæredygtighed

## Frederiksberg Forsyning vil være blandt de mest bæredygtige forsyninger i Europa

### 7. Bæredygtighed

**Sarah Brudler Friis**<sup>1</sup>

Berit Godskesen<sup>2</sup>, Julie Petersen<sup>2</sup>, Morten Ryberg<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> Frederiksberg Forsyning

<sup>3</sup> Sweco

**Nøglebudskaber:** Frederiksberg Forsyning har høje ambitioner og vil være blandt de mest bæredygtige forsyninger i Europa. Livscyklusvurderingen (LCA) og de planetære grænser er centrale metoder, som anvendes bredt, fra udbud til anlægsprojekter og hele organisationen. Derudover skal beslutninger om større anlægsprojekter, renoveringsplan, nye tiltag mv., som træffes af bestyrelsen, underbygges med en LCA, som supplerer økonomiske analyser. For at sikre et ens niveau for viden om miljømæssig bæredygtighed har alle medarbejdere deltaget i en grundlæggende uddannelse indenfor livscyklustankegangen. For at komme tættere på målet, er forsyningen indgået en rammeaftale, hvor både organisations- og kompetenceopbygning understøttes og LCA'er udarbejdes.

**Abstract tekst:** Frederiksberg Forsyning (FF) vil være blandt de mest bæredygtige forsyninger i Europa, hvilket kræver konstant fokus på alle tre bundlinjer: miljømæssig, social og økonomisk bæredygtighed. Samtidig kræver arbejdet med bæredygtighed ressourcer, og FF har derfor skabt en robust organisation omkring bæredygtighed, som involverer både ledelsen, specialister og ambassadører fra hele organisationen. For at understøtte processen og for at sikre, at bæredygtighed forankres i hele organisationen, er FF indgået en rammeaftale med Envidan/Sweco. Rammeaftalen omfatter tre spor:

#### 1. Organisering omkring bæredygtighed

Forskellige roller og ansvarsområder blev defineret og nøglepersoner er blevet udpeget, herunder en overordnede systemejer og bæredygtighedskoordinator, samt en specialist for miljømæssig bæredygtighed. Skabeloner, ordbøger og metodeforklaringer udvikles til intern og ekstern kommunikation. Derudover inddrages bæredygtighed i vigtige udbud, hvor kriteriet vægtes med 40%. Et eksempel er udbuddet til ny inventar, hvor tilbud blev vurderet med udgangspunkt i livscyklustankegangen.

#### 1. Kompetenceforløb om miljømæssig bæredygtighed og livscyklusvurdering (LCA)

Alle medarbejdere i hele FF, fra projektleder til entreprenører og HR til kantinepersonale, deltog i et indledende kursus omkring bæredygtighed og livscyklustankegangen. Kurset sat stor fokus på øvelser, eksempler og aktiv inddragelse for at sikre at alle deltagerne blev involveret i undervisningen. Kurset er blevet modtaget meget positivt og har skabt forståelse og nysgerrighed overfor arbejdet med LCA. På kurset har deltagerne afgivet konkrete idéer til tiltag indenfor miljømæssig bæredygtighed i forsyningen. De spænder lige fra idéer til at spare på printerpapir til synergier mellem fjernvarme og -køl. Mange medarbejdere har meldt sig til et uddybende kursus



omkring LCA, hvor metoden og tilgangen blev gennemgået i dybden.

### 1. Udarbejdelse af LCA'er

I det tredje spor af rammeaftalen udarbejdes LCA'er på en række forskellige initiativer i hele forsyningen. Her blev bl.a. forskellige scenarier for FF's gasselskab belyst, som blev præsenteret til bestyrelsen som supplerende information til den økonomiske vurdering. Andre initiativer omfatter klimatilpasningsprojekter, fjernkøleanlæg, håndtering af jord fra gravearbejde, forsinkelsesbassiner, byudviklingsområder, osv.

FF har udpeget fire kategorier, som analyserne sætter særlig fokus på: klimaændringer, tab af biodiversitet, udledning af miljøfremmede stoffer og forbrug af ferskvand. De planetære grænser bruges her som reference for at vurdere resultaternes væsentlighed og vigtighed i en overordnet, global kontekst. Dermed er det nemmere for beslutningstageren at vurdere hvilke af de fire kategorier er mest væsentlig i den givne LCA og at identificere det miljømæssige bedste valg. Resultatet fra en LCA inddrages i vurderingen i sammenspil med andre økonomiske og sociale parametre.

Endeligt har forsyningen udarbejdet en organisations-LCA, hvor hele forsyningens miljøpåvirkning i et givent år vurderes. Sammen med idéerne fra kurset (se B) vil det føre til de næste konkrete initiativer mhp. at reducere forsyningens miljø-aftryk.

## Ud over bæredygtighedsrapportering. Anvendelse af planetære grænser på forsyningsstrategisk niveau: ABS-Water - Et eksempel på et innovationsprojekt

### 7. Bæredygtighed

**Maria Faragó<sup>1</sup>**

Sara Toustrup Kristensen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Rambøll

**Nøglebudskaber:** Bæredygtighed er blevet et centralt tema for mange vand- og spildevandsselskaber. Ifølge den nye CSRD-direktiv skal 21 af disse selskaber snart starte ESG afrapportering, hvor miljømæssige fodaftryk, herunder særligt deres CO<sub>2</sub>-udledning, bliver vigtigt at kvantificere.

Trods bæredygtighedsafrapporteringskrav, står mange virksomheder over for en udfordring, idet de mangler metoder og initiativer, der konkret viser, hvad deres rapporterede udledninger betyder for miljøet. Endvidere mangler der indsigt i, hvorvidt disse virksomheders aktiviteter har en reelt positiv eller negativ indvirkning på miljøet, når det ses i et absolut perspektiv (absolut bæredygtighed).

Inspireret af det tilgængelige litteratur på absolut bæredygtighedsområdet, de planetære grænser koncepten udviklet af Johan Rockström fra Stockholm Resilience Centre og Planetære grænser analysen foretaget af VandCenter Syd i 2018, har vi hos Rambøll forsøgt at udvikle en kvantitativt framework og værktøj (ABS-Water) der er i stand til at beregne forsyningernes miljøbudget i de 9 grænser, vise om de overskrider de 9 planetære grænser og hvor de skal fokusere deres indsats for at reducere deres emissioner på planeten.

Projektet var udviklet af et innovationsteam ved Rambøll og har i første omgang fået en internt finansiering fra den Digitalisation & Innovation programmet hos Rambøll Vand. Koncepten var udviklet igennem en Google design- og iteration sprint hos Rambøll og testet af interessanter fra forskellige forsyninger i Danmark. Koncepten var derefter afprøvet og viderudviklet igennem et pilot projektet i samarbejdet med FORS A/S med fokus på spildevandsaktiviteter.

**Abstract tekst:** I Rambølls vanddivision har et innovationsteam udforsket hvordan vi kan anvende de planetære grænser til at beregne forsyningers individuelle ressource-kapacitet og bruge den viden på strategisk niveau og sammenkoblet med livscyklusanalyse (LCA). De planetære grænser er en rammesætning for Jordens samlede ressourcekapacitet og dermed også hvilke råderum og begrænsninger, der bør tages højde for. Disse grænser markerer de sikre betingelser (miljøbudget), som menneskeheden bør operere inden for for at opretholde en stabil og sund jord. De ni planetære grænser er et koncept udviklet ved Stockholm Resilience Centre og omfatter følgende områder:

1. Klimaændringer
2. Tab af biodiversitet
3. Areal anvendelse
4. Brugen af ferskvand
5. Kvælstof- og fosforkredsløbene
6. Oceanforsuring

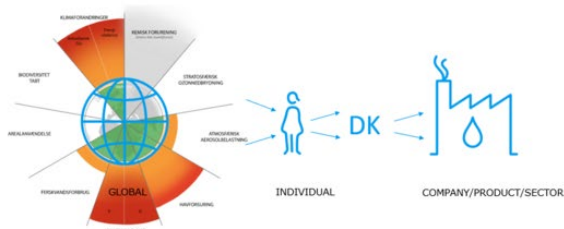
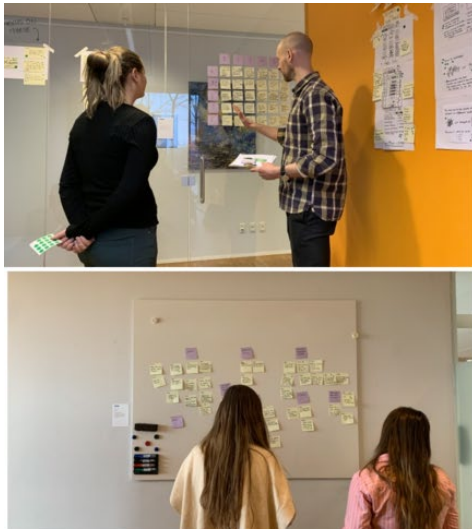
7. Ozonlagets udtømning
8. Koncentrationen af aerosoler i atmosfæren
9. Udgivelse af nye stoffer - som f.eks. mikroplast.

Målet er at sikre, at forsyningers tid og økonomiske investeringer bliver brugt der, hvor det gavner klimaet og kloden mest. Det gør vi i projektet ved at danne overblik over hvilke af de 9 planetære grænser, forsyningen bør rette deres bæredygtighedsindsats mod og hvordan, baseret på kvantitative data, miljøvurderinger med LCA og publiceret videnskabelige metoder om absolut bæredygtighed. Innovationsprojektet for udvikling af Rambøll planetære grænser framework og værktøjet hedder ”Absolute Sustainability in Water” (**ABS Water**).

Koncepten blev testet og vireduviklet i samarbejde med Fors A/S igennem et pilotprojekt med fokus på deres spildevandsaktiviteter, nemlig deres 18 renseanlæg og regnvandshåndtering. Formålet var at afdække hvilke planetære grænser FORS overskrider, og en beregning af **FORS’ råderum** (maks. tilladt udledninger inden for de 9 planetære grænser). Samarbejdet med FORS har bl.a. også medført viderudvikling af en ny metode til beregning af de lokale fosfor og kvælstof grænser.

På konferencen vises koncepten, innovations processen for at udvikle ABS-Water og hvordan resultaterne af analysen kan anvendes strategisk hos forsyninger og forstærke bæredygtighedsindsats.

Vi vil gerne takke Fors A/S for et godt samarbejde og de andre forsyninger der deltog i testfasen ifm. Design sprint: Aarhus Vand, BIOFOS, FORS, HOFOR, Favrskov Forsyning, Halsnæs.



## Vi øver os i biodiversitet

### 7. Bæredygtighed

**Gitte Lyager**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fredericia Spildevand og Energi A/S

**Nøglebudskaber:** Der sker i disse år et massivt fald i biodiversiteten verden over. Som forsyningsselskab og forvalter af relativt store jordområder, vil Fredericia Spildevand og Energi A/S gerne tage et aktivt ansvar for at bidrage positivt til vores fælles natur. Vi øver os derfor i at skabe de bedste betingelser for biodiversitet på vores arealer indenfor de rammer, vi som forsyningsselskab har mulighed for.

**Abstract tekst:** Biodiversitet har været i drastisk tilbagegang de seneste år især pga. menneskelig aktivitet såsom arealanvendelse, forurening og klimaforandringer.

I en FN-rapport[1] udgivet i 2019 advarede forskere, at mere end en million arter ud af otte millioner er truet af udryddelse inden for de næste årtier.

Sunde økosystemer bidrager med mange nødvendigheder; Ren luft, frisk vand, sund jordbund og bestøvning af afgrøder. De hjælper os med at bekæmpe og tilpasse os klimaforandringer.

I en dansk kontekst drejer det sig især om, at der er meget lidt plads til vild natur, og mange arters levesteder er forsvundet pga. af ændret arealanvendelse[2]. Omkring 60% af Danmarks areal er opdyrket landbrug, hvilket gør Danmark til det mest intensivt dyrkede land i Europa[3]. Byer og infrastruktur udgør ca. 13%[4].

Fredericia Kommune er en lille kommune, som samtidig har dansk topscore indenfor vækst i bebyggelse og infrastruktur[5]. Det betyder, at der i kommunen fortsat bliver mindre plads til vild natur.

Som forsyningsselskab forvalter vi relativt store jordområder i kommunen med varierende typer arealer bl.a. regnvandsbassiner.

Sammen med Fredericia Kommune er vi påbegyndt et arbejde, som sigter mod at højne biodiversiteten på udvalgte arealer. Vi har taget udgangspunkt i Grønt Danmarkskort, som udpeger områder med potentiale for forbindende natur. Én af de store udfordringer i dag er, at naturområder ikke er bundet sammen af grønne korridorer. Mange arter har derfor for få og for ringe levesteder og kan have svært ved at sprede sig fra et naturområde til et andet[6].

Vi har derfor omlagt plejeplaner, for en lang række områder – med udgangspunkt i kyndig vejledning fra Fredericia Kommunes naturkonsulenter.

Der findes nemlig ikke en *one-size-fits-all* plejeplan, da områder varierer i jordbundsforhold, beliggenhed mv. Vi arbejder også med nye metoder ved nyetablering af regnvandsbassiner, som kræver god dialog både internt i selskabet samt på tværs af afdelinger i kommunen, da potentialet for

at understøtte både natur og miljø allerede starter i lokalplanlægningen. Samtidig arbejder vi naturligvis under skarpe økonomiske rammer, hvor denne slags tiltag ikke må blive fordyrende ift. almindelig drift.

Der er ikke nødvendigvis en lige vej til at løfte biodiversiteten på vores arealer – men vi øver os hele tiden, vi bliver klogere, og vi bidrager forhåbentligt positivt ind i denne vigtige dagsorden.

Det vil vi gerne fortælle om på Dansk Vand konferencen 2024, og få en god dialog og udveksle erfaringer med vores kollegaer i branchen.

[1] IPBES 2019 Global Assessment Report on Biodiversity and ecosystems services: World is ‘on notice’ as major UN report shows one million species face extinction | UN News

[2] Miljøstyrelsen: <https://mst.dk/natur-vand/natur/biodiversitet/hvad-truer-biodiversiteten/>

[3] Miljø- og fødevarerudvalget 2017-18, 1858307.pdf (ft.dk), s. 7

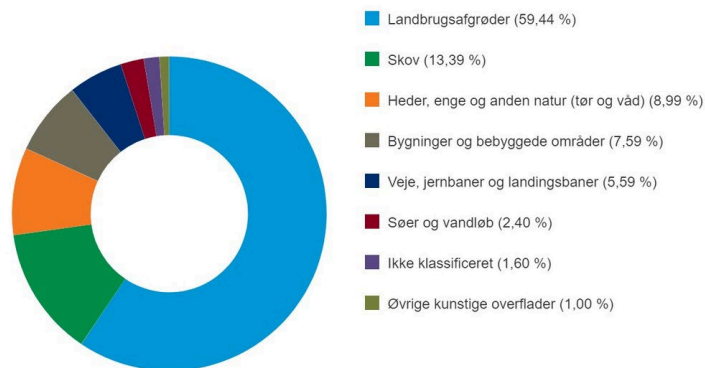
[4] Danmarks Statistik: Arealopgørelser - Danmarks Statistik (dst.dk)

[5] Danmarks Statistik: Arealdække 2021 (dst.dk)

[6] Miljøstyrelsen: Grønt Danmarkskort - Miljøstyrelsen (mst.dk)

**Danmarks arealdække, pct.**

Enhed: Procent | Tid: 2021:



## Multifunktionel arealanvendelse - hvordan opnås det i praksis?

### 7. Bæredygtighed

**Mette Ryom**<sup>1</sup>

Annette Elisabeth Rosenbom<sup>1</sup>, Anders Brogaard Pedersen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Rambøll

**Nøglebudskaber:** I oplægges gives inspiration fra case-eksempler på mulige praktiske tilgange til bestræbelserne mod prioritering af multifunktionel arealanvendelse. Med multifunktionel arealanvendelse tilstræbes en mere integreret og bæredygtig forvaltning af landskabet ved at kombinere en eller flere fokus som øget natur/biodiversitet, miljøbeskyttelse, grundvandsbeskyttelse, klimatilpasning, CO2 optag og social trivsel. De praktiske tilgange omfatter dels en multiparameteranalyse til udpegning af relevante arealer samt mulige finansieringsløsninger.

**Abstract tekst:** Det er i det seneste år blevet tydeligt, at vores drikkevand er truet af miljøfremmede stoffer, vores biodiversitet er under enormt pres og vores klima er i forandring. Situationen er anerkendt, og der ses flere og flere tiltag fra forskellige kanter, både myndigheder, forsyningsselskaber og virksomheder, for at vende den negative tendens. I Danmark har vi begrænset areal at gøre med, og det er derfor vigtigt at tiltag og arealanvendelse prioriteres optimalt, for at sikre, at de næste generationer vil kunne drikke "rent" grundvand direkte fra hanen og nyde en natur i balance. En af løsningerne til den optimale prioritering af arealerne er multifunktionel arealanvendelse, hvor områderne dels anvendes til det de er mest egnede til, og dels hvor arealerne samtidig anvendes til flere forskellige formål samtidig. Men hvordan opnås det i praksis?

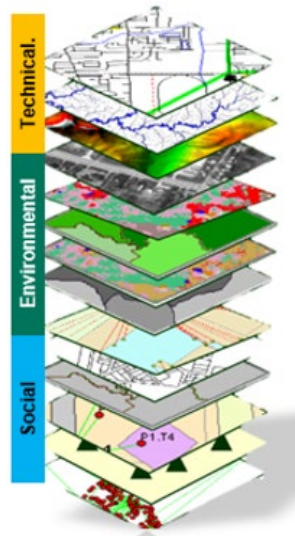
I forskellige case-eksempler har vi arbejdet med samlede vurderinger og diskretisering af geografiske områders potentiale til forskellige multifunktionelle anvendelser ud fra en række udvalgte forskelligartede parametre. Vi har udviklet en multiparameteranalyse, som vægter og pointgiver de relevante GIS-relaterede parametre og gennem analysen opnås et samlet resultatkort kategoriseret efter relevans for den aktuelle multifunktionelle arealanvendelse i fokus. En stor del af analysen vedrører udvælgelse af relevante og tilgængelige parametre til det aktuelle fokus.

I case-eksemplerne, som påtænkes belyst i oplægget, har multiparameteranalysen været anvendt til udpegning af multifunktionelle arealanvendelse med forskellig fokus på hhv. grundvandsbeskyttelse, fremtidige kildepladser, biodiversitet og klimatilpasning. For en række vandværker har fokus været udpegning af potentielle områder til grundvandsbeskyttelse og grundvandsindvinding, hvor arealanvendelsen i den optimale situation kan kombinere miljøbeskyttelse og/eller skovrejsning med grundvandsbeskyttelse. For Silkeborg Kommune har den multifunktionelle arealanvendelse været fokuseret på klimatilpasning i kombination med identificering af markarealer med lav værdi for landbruget.

I et andet case-eksempel anvendes multiparameteranalysen for Regionmidt i udvikling af et biodiversitets-hotspot-kort, med fokus på at identificere områder som er særligt værdifulde, eller har potentiale til at kunne blive værdifulde, for biodiversiteten, samtidig med, at de opfylder andre potentielle formål, som grundvandsbeskyttelse, klimatilpasning, rekreative formål mv. Det samlede kort anvendes til udpegning af indsatser og projekter, samt monitere progressionen for

biodiversiteten (sandsynligvis med det nyudviklede Galago-system til monitorering af biodiversitet via ”remote sensing” og AI).

Et andet praktisk aspekt i målet om de multifunktionelle arealanvendelser er de økonomiske muligheder, f.eks. for vandforsyningerne og virksomheder til at investere i arealer til grundvandsbeskyttelse, ikke bare boringsnært men også i hele indvindingsoplandet eller måske endda i grundvandsparker. EU's taksonomi for bæredygtige investeringer giver en finansieringsmulighed, der støtter realiseringen af multifunktionel arealbeskyttelse til sikring af vores grundvand, øgning af biodiversitet og optagelse af CO<sub>2</sub>. Det handler om, hvordan vi gør investeringer i naturkapital attraktivt for virksomheder i en form hvor vi stadig sikrer grundvandsbeskyttelse. Dette aspekt vil også blive belyst i oplægget.



## VARGA projektet – resultater og spin-off af ressource genvinding i fuld skala

### 7. Bæredygtighed

**Dines Thornberg**<sup>1</sup>

Jeanette Agertved Madsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> BIOFOS

<sup>2</sup> EnviDan

**Nøglebudskaber:** BIOFOS og partnere i Fyrtårnsprojektet VARGA har de seneste 6 år arbejdet med ressourcegenvinding på Avedøre renseanlæg. Avedøre renseanlæg er et traditionelt aktivt slam Biodenitro-anlæg med en kapacitet på 350.000 PE, hvor slammet udrådnes, tørres og forbrændes. Det har været en stor og langvarig mundfuld at teste ombygningen af et stort renseanlæg til et ressourceanlæg. Projektet har givet gode resultater og generet et stort spin-off, men også mødt adskillige barrierer i forhold til teknologi, lovgivning, politik og finansiering. Præsentationen vil have fokus på resultater inkl. Partneres udbytte, udfordringer og perspektiver for ressourcegenvinding på renseanlæg. Miljøministeriet har medfinansieret under MUPD.

**Abstract tekst:** BIOFOS har været projektejer og de øvrige partnere i Fyrtårnsprojektet VARGA, EnviDan, DTU-sustain, A.R.C. og Unsense Environment.

*Kulstofhøst og opkoncentrering af primærslam* blev demonstreret i fuld skala med opførelsen af et Salsnes forfilteranlæg til 80.000 p.e. Fjernelsesgrader på 50-60 % SS svarer til fjernelsen i de eksisterende forklaringstanke. Primære slammet kan opkoncentreres til 25 % SS og blev pulpet med biologisk slam før rådnetanke. Selvom VARGA var et udviklingsprojekt skulle forfiltrering gennem en udbudsproces, hvilket sammen med Corona-pandemien gav store vanskeligheder med budget, installations- og testaktiviteterne og det har været en udfordring af få forfiltreringen til at fungere stabilt.

Der er målt *lattergas* kontinuerligt i luftningstankene i 4 år, som bl.a viser en meget stor sæsonvariation.

Der er opnået ny viden om hvornår dannelsen opstår og afprøvet muligheder for at reducere dannelsen med op til 48-74%. Denne viden har været trædesten for en lang række udviklingsprojekter med fokus på reduktion af klimagasser.

*Fosforgenvinding* ved elektrodialyse er DTU's opfindelse, og der er udviklet en helt ny type reaktor til genvinding af fosfor fra slamakse, som er demonstreret med gode resultater i pilotskala både på DTU og på Avedøre Renseanlæg. Der er også arbejdet med restsand og dets anvendelse i beton. Teknologien bliver nu opskaleret til kommerciel skala i det danske start-up CleanMatter.

*Udnyttelsen af madaffald* er påvist med gode resultater i en pilotrådnetank. Den producerede biogas blev biologisk opgraderet til biometan i en ny trykløs mikrobiel proces med tilsætning af brint. Gødningspotentialer af digestatet blev testet på en forsøgsmark med et rigtig godt resultat. Udnyttelse af biomethan videre ind i værdikæden, som råmateriale til proteinproduktion blev testet i spin-off projektet FUBAF. BIOFOS er ejet af 15 kommuner, og synet på håndtering af madspild i



København, var ikke ensartet. Som følge heraf tog projektet en drejning væk fra fuldskala udrådning af madaffald på renseanlægget men laboratorieforsøg, over proof-of-concept i pilotskala har ledt til implementering af en tilsvarende teknologi i fuldskala i Biogasanlæg i Glansager på blot 5 år.

*LCA og Ecoefficiency* anvendt til at belyse effekten af de forskellige teknologier i et ph.d.-studie på DTU-Sustain (Farago et al. 2021). Resultaterne viste, at de teknologier, der er demonstreret (og planlagt) i VARGA-projektet medfører påvirkninger langt ud over forsyningen bl.a. i energi og landbrugssektorerne. Omstillingen til ressource anlæg vil medføre markante miljøforbedringer med stigning i anlæggets energiproduktion og klimapositivitet. Dog er der ikke plads til at forsyningsselskaber omstilles til ressourceanlæg under de nuværende indtægtsrammer.



## **Overløb (afløb)**

2024-11-27

15:30 - 17:15

Overløb (afløb)

## Reduktion af overløb i Gudhjem, Bornholm

### 4. Afløb

#### Kasper Juel-Berg<sup>1</sup>

Frank Agerskov<sup>2</sup>, Ole Mark<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bornholms Energi & Forsyning

<sup>2</sup> Kûger A/S

#### Nøglebudskaber:

1. Bornholms Energi & Forsyning arbejder systematisk på at reducere kloakoverløb til Østersøen. Bornholm er et stort område med begrænsede ressourcer, fx kun én regnmåler. Derfor er omhyggelige dataanalyser og supplerende måledata/kampagner vigtige for at etablere et solidt beslutningsgrundlag.
2. Omlægning og reduktion af pumpede mængder er ikke altid økonomisk eller CO<sub>2</sub>-mæssigt fordelagtigt.
3. Planlægning af ny afløbsinfrastruktur kræver nøje overvejelse af geologi og lokal infrastruktur, da klippegrund kan gøre projekter meget dyrere end i almindelig j

**Abstract tekst:** Bornholms Energi & Forsyning arbejder på at minimere overløb ved at omlægge afstrømningen i Gudhjem og Melsted, så vandmængderne reduceres og pumpes mere effektivt. Derfor er det blevet undersøgt om/hvordan man kan nedbringe de pumpede mængder, da det ikke er optimalt set ud fra et energimæssigt/økonomisk og CO<sub>2</sub> perspektiv at der i dag pumpes der næsten dobbelt så meget vand rundt i systemet som nødvendigt.

I stedet for at etablere bassin anlæg langs kysten, foreslås det at skabe magasineringsvolumen ved Melsted Renseanlæg, hvor der er bedre plads- og jordbundsforhold og samtidigt reducerer administrativt besvær. Målet er at lede så meget fællesvand som muligt til Melsted Renseanlæg, og gerne uden at pumpe, for at reducere overløbsmængderne.

Flere scenarier er blevet undersøgt, og reducerede overløbsmængder er blevet sammenholdt med de økonomiske og energiomkostningsmæssige aspekter ved foreslåede ændringer. De samlede omkostninger og aflastede mængder er beregnet for forskellige løsningsmodeller:

1. Status Quo: Nu pumpes der næsten dobbelt så meget vand rundt i systemet som nødvendigt. Ingen yderligere anlægsomkostninger, men betydelige overløbsmængder (27.400 m<sup>3</sup>/år).
2. Optimerede Pumpekapaciteter: Ved at tilpasse pumpekapaciteterne med spildevandsmængderne reduceres overløbsmængderne til 18.900 m<sup>3</sup>/år med en anslået anlægsomkostning på 4,5 mio. kr. Denne løsning reducerer overløb med 31% sammenlignet med status quo.
3. Bassin ved Det gule Hus: Etablering af et bassin på 1.000 m<sup>3</sup> reducerer overløbsmængderne til 6.700 m<sup>3</sup>/år, men med høje anlægsomkostninger på 17 mio. kr., hvilket giver en 76% reduktion i overløb.

4. Øget Pumpning og Bassin på Renseanlæg: Denne løsning kombinerer øget pumpning med et bassin på 1.400 m<sup>3</sup> ved Melsted Renseanlæg. Det reducerer overløb til 9.100 m<sup>3</sup>/år med en anslået anlægsomkostning på 10,3 mio. kr., hvilket resulterer i en 67% reduktion.

**Konklusion** Analysen konkluderer, at den mest omkostningseffektive løsning på lang sigt er at omlægge afstrømningen i Gudhjem og øge pumpningen mod Melsted Renseanlæg. Dette reducerer både energiomkostninger og overløbsmængder til Østersøen betydeligt. De foreslåede ændringer kræver dog investeringer i ny infrastruktur, men vil på sigt give økonomiske og miljømæssige fordele ved at reducere overløb og energiforbrug til pumpning og rensning af spildevand.

## Reduktion af overløb – Vi gør alt, hvad vi kan

### 4. Afløb

Phillip Giødesen Lund<sup>1</sup>

Kiara Allen<sup>1</sup>, Søren Feilberg Rasmussen<sup>1</sup>, **Herle Mo Madsen**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Novafos A/S

**Nøglebudskaber:** Novafos arbejder med langsigtede strategier for reduceret miljøpåvirkning af recipienterne, så de kan opnå god tilstand. Men mens vi venter, gør Novafos alt, hvad vi kan for at minimere vores miljøpåvirkning nu. Derfor gennemgår vi systematisk overløbsbygværker og implementerer, hvor det er muligt, mindre tiltag med henblik på at forbedre den enkelte recipient. Gennemgangen er intensiv og anlægsfaserne er integreret, så der hurtigt kan ske reduktioner. I 2024 er der gennemgået 25 bygværker og søgt om ombygninger af 12, med reduktioner på op til 50 % af aflastningsmængden. Diskussioner og begrænsninger i processen er stuvningsrisiko, usikkerheder, bygbarhed, arbejdsmiljø og tilladelser.

**Abstract tekst:** Der er i dag en tydelig samfundsdagsorden udmøntet i vandplanerne: Vi skal have god økologisk og kemisk tilstand i vores recipienter. Budskabet er tydeligt både fra vores nationale og lokale politikere. Novafos har langsigtede strategier for at begrænse vores påvirkning. Der planlægges moderne vandressourcecentre, til erstatning af de eksisterende renselanlæg, opgraderinger af fællessystemer, og i fem ud af Novafos' ni ejerkommuner er det besluttet at separatkloakere.

Men for den enkelte recipient, særligt vandløb og søer, tager de langsigtede strategier for lang tid. Novafos laver derfor nu en systematisk gennemgang af vores overløbsbygværker og, hvor det er muligt, reducerer miljøpåvirkningen med mindre tiltag. Tilgangen bygger på metoder fra MUDP-Fyrtårsprojektet OVERLØB.

Den systematiske gennemgang følger et årshjul, hvor vi udvælger 25 bygværker om året, som vi screener og hvor muligt ombygger. Projektet bygger således på en intensiv og integreret proces mellem de forskellige faser. Årshjulet starter året før ved udvælgelse af bygværker med kommunerne på råd. Hvis ledningsregisteringen er utilstrækkelig, bliver bygværkerne laserscannet og indmålt. Herefter gennemgår projektgruppen alle bygværkerne og ser på mulige tiltag for det enkelte bygværk, alt fra opstrøms og videreførende kapacitet, hævning af kanter, ændringer i styringer til reguleringer af bassiner. Når der er udvalgt idéer, laves hydrauliske beregninger af konsekvenserne for bygværket, for stuvningsniveauer og for opstrøms og nedstrøms systemer. Samtidig undersøges bygbarheden af idéerne, hvilket kan føre til revideringer af idéerne. Når projektgruppen har besluttet sig for tiltaget, søges der om §65 vurderinger hos tilladelsesmyndigheden, samt eventuelle andre tilladelser. Når nødvendige tilladelser er modtaget, implementeres tiltagene.

Diskussioner og begrænsninger i processen omhandler risici for stuvninger for kældre, modelusikkerheder, bygbarhed, arbejdsmiljø og nødvendige myndighedstilladelser.

I 2024 har gennemgangen ført til ansøgninger om ombygninger eller lukninger af 12 ud af de 25 bygværker. Eksempelvis vil en forlængelse på 2,4 meter og hævning af en kant med 70 cm på et

overløbsbygværk ned til Usserød Å mindske den samlede aflastningsmængde med ca. 30%, uden at forværre serviceniveauet i oplandet. I et andet eksempel ved Maglemoserenden vil ændret anvendelse af et åbent fællesbassin i forbindelse med et overløbsbygværk føre til en reduceret aflastningsmængde på ca. 50 %.

Med gennemgangen af bygværkerne efterstræber Novafos på den kortsigtede bane at opnå størst mulig effekt for de enkelte recipienter, så de kan nå vandplanernes mål om god tilstand. Ombygningerne af bygværkerne vil betyde mindre, når man ser på Novafos' samlede aflastningsmængder, men for den enkelte recipient kan ombygningerne have stor effekt.

## Målinger og modellering af koncentrationer i kloakoverløb i Odense

### 4. Afløb

#### Morten Borup<sup>1</sup>

Annette Brink-Kjær<sup>2</sup>, Ole Mark<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Krüger Veolia

<sup>2</sup> Vand Center Syd (VCS)

**Nøglebudskaber:** Der eksisterer i dag nøgletal for koncentrationer af forskellige vandkvalitetsparametre i kloakoverløbsvand. På MUDP projektet 'Overløb' er der indsamlet og sammenstillet viden om de eksisterende typetal for overløb, og der er foretaget en sammenligning med målinger af koncentrationer i overløbsvand. Analyserne viser i nogle tilfælde betydelige afvigelser mellem målinger og typetal. I indlægget vil vi se på sammenhænge mellem koncentrationer (kvælstof, fosfor og COD) og diverse parametre, man ville kunne bruge det justering af hændelseskoncentrationer, så som antal minutter med overløb og tid siden sidste regnhændelse. Derudover vil vi også sammenligne de målte data med modellerede værdier ved hjælp af forskellige modeltyper og opsætninger, så som Mike+ og SAMBAgis.

**Abstract tekst:** I dag anvendes der for det meste konstante typetal for koncentrationerne i overløbsvand, således at små og store hændelser får samme koncentration. I løbet af MUPD Overløb projektet har vi udført målekampagner på overløbsbygværk med et usædvanligt stort antal vandkvalitetsprøver, hvilket giver mulighed for at undersøge blandt andet rimeligheden i at bruge en konstant faktor for alle hændelser, og teste brugbarheden af diverse modeller for beregning af forureningsmængder.

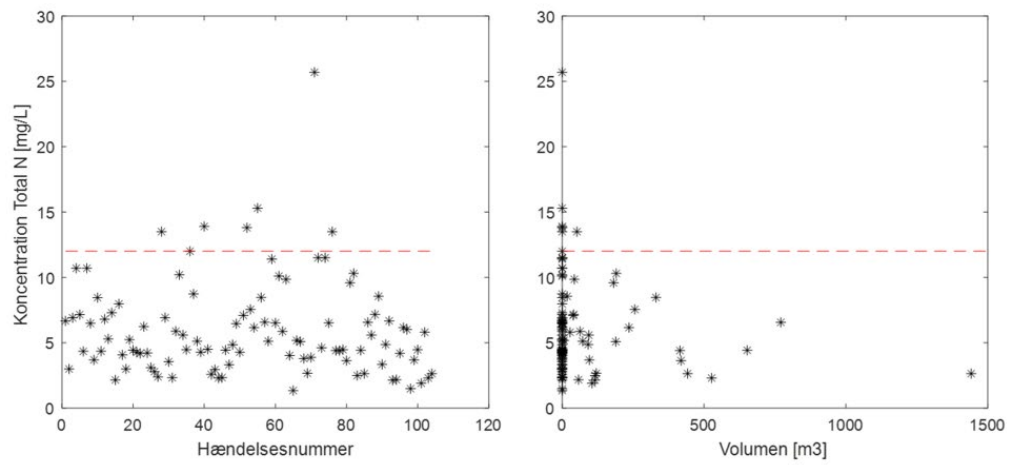
I indlægget vil vi fokusere på prøver fra overløbsbygværket ved Thulevej i Odense. Her har VandCenterSyd (VCS) udtaget 125 af vandprøver fra overløbsvandet og analyseret for blandt andet kvælstof, fosfor og COD. Prøverne er taget som én enkelt tidsproportional prøve taget over hver enkelt hændelse. Som supplement hertil er der installeret en turbiditetsmåler, for blandt andet at afprøve om denne kan bruges til at beskrive variationerne i koncentrationer over hændelser, samt flowmålere før og efter overløbsbygværket, for at kunne beregne overløbsvandføringen.

Dataene viser betydelige variationer hændelserne imellem, som man kan se på nedenstående figur. Der er også tydeligt at de fleste hændelser har koncentrationer langt under typetallet. Der er også en klar tendens til at koncentrationen er lavere for de større hændelser. Således står den største overløbshændelse i volumen for 20% af det totale volumen, men kun for 4% af den samlede kvælstofudledning.

[Billede]

I indlægget vil vi se på sammenhænge mellem koncentrationer (kvælstof, fosfor og COD) og diverse parametre, man ville kunne bruge det justering af hændelseskoncentrationer, så som antal minutter med overløb og tid siden sidste regnhændelse. Derudover vil vi også sammenligne de målte data

med modellerede værdier ved hjælp af forskellige modeltyper og opsætninger, så som Mike+ og SAMBAGis.



Figur 1: Koncentrationen af total kvælstof over de første 104 analyserede hændelser. Den røde stiplede linjer angiver typetallet for kvælstof i overløb (12 mg/L).



## Online realtids-overvågning af e.coli fra overløb

### 4. Afløb

**Anders Nielsen**<sup>1</sup>

Anders Hestbech<sup>2</sup>, Christopher S. Nielsen<sup>1</sup>, Anders Lehmann<sup>1</sup>, Dennis Trolle<sup>1</sup>

<sup>1</sup> WaterWebTools ApS

<sup>2</sup> DIN Forsyning

**Nøglebudskaber:** Adgang til rent og sikkert badevand, som giver mulighed for rekreative aktiviteter, højner livskvaliteten. Byer og fonde investerer derfor i stigende grad i faciliteter som havnebade, søbade, vinterbadeklubber og installationer til vandsportsaktiviteter. Der findes imidlertid stadig adskillige overløbsbygværker i fælleskloakerede dele af de danske forsyningsområder ligesom renseanlæg til tider aflaster. Flere af disse overløb udleder til vandområder, der har høj rekreativ værdi. Ved Esbjerg Strand, som har adskillige rekreative formål, har vi testet en ny målesonde til kontinuerlig estimering af bakterier nedstrøms overløb. Formålet har været at øge viden om overløbenes påvirkning på badevandskvaliteten og medvirke til at højne badevandsvarslingen.

**Abstract tekst:** DIN Forsyning og Esbjerg Kommune arbejder på at opnå et varslingsparadigme for badevandet ved Havneøen Esbjerg Strand, som definerer hvornår og hvor længe, der lokalt skal varsles med rødt flag i forbindelse med overløbshændelser. Dette arbejde er igangsat på baggrund af de investeringer, der er foretaget i rekreative faciliteter i området omkring Havneøen. Det nuværende varslingsparadigme inkluderer bl.a. en hydraulisk model, som beskriver tidevandsstrømninger og fortyndingsforhold fra en nærliggende bæk hvortil renseanlæg og overløbsbygværker aflaster. Der er imidlertid konstateret store forskelle på de målte og modellerede bakterie-koncentrationer, og det har vist sig vanskeligt at måle de maksimale koncentrationer, som modellen forudsiger ved manuel prøvetagning. Med ønske om at forbedre vidensniveauet om den påvirkning som DIN Forsynings anlæg reelt har på badevandskvaliteten og medvirke til, at badevandsvarslingen i Esbjerg baseres på et dokumenteret grundlag, har vi testet en ny sensor-teknologi, som måler på forskellige vandkvalitetsparametre og derudfra estimerer bakteriekoncentrationerne i realtid. Sonden, måler bl.a. optisk på Tryptophan, som er relateret til tilstedeværelsen af e.coli. Sonden er testet i en bæk, som har udløb i umiddelbar nærhed af Havneøen i Esbjerg og som modtager overløb med mellemrum. Sensor-målingerne er sammenlignet med traditionelle vandprøver, som er indsamlet parallelt med sensortesten over det seneste år. Målingerne fra sonden er gjort let tilgængelige for DIN Forsyningens - og kommunens medarbejder via WaterWebTools Platformen, hvor realtidsmåledata kan følges online i samspil med data fra forskellige andre leverandører. I denne præsentation deler vi vores erfaringer med sensor-overvågningen, og hvordan DIN forsyning og kommune har arbejdet sammen om et vigtigt rekreativt vandområde. Vi perspektiverer endvidere til afvikling af operationelle døgmodeller for afløbssystemer med det formål at skabe et samlet overblik over de væsentligste data i forhold til det daglige arbejde med netop overløb.

## **Serviceniveau - værktøj**

2024-11-27

15:30 - 17:15

Serviceniveau - værktøj

## Hvad kan betale sig? Sammenligning af metode til serviceniveauberegninger

### 5. Klima

Cecilie Thrysoe<sup>1</sup>

Morten Villadsen<sup>1</sup>, Rasmus Weis Moeslund<sup>2</sup>

<sup>1</sup> COWI

<sup>2</sup> Frederiksberg Forsyning

**Nøglebudskaber:** Serviceniveaubekendtgørelsen medfører krav om samfundsøkonomiske analyser af klimatilpasning for at identificere et samfundsøkonomisk optimalt serviceniveau. Men forskellighed i metode kan påvirke resultaterne. Denne præsentation viser forskellene i metodevalg for to samfundsøkonomiske analyser foretaget i 2012 og 2023 for henholdsvis Københavns Kommune og Frederiksberg Forsyning. Vi vil belyse, hvordan forskelle i beregningsmetoder påvirker det anbefalede serviceniveau. De væsentligste årsager til ændret serviceniveau mellem de to beregninger blev fundet til at være tiltagsomkostninger, skader ved hyppige hændelser, effekt af tiltag og tiltag i beregninger. Præsentationen vil præsentere disse samt understrege nødvendigheden af ens metodik på tværs af branchen.

**Abstract tekst:** Skybrudsprojekter i både København og Frederiksberg Kommune er indtil nu baseret på et vedtaget serviceniveau på 100 år for oversvømmelse på 10 cm vand på terræn. 100 års serviceniveauet er baseret på samfundsøkonomiske analyser gennemført af COWI i årene 2010-2012. Disse analyser redegjorde for, at det optimale serviceniveau var 100 år i år 2110.

I 2020 kom der en ny bekendtgørelse omkring fastsættelse af serviceniveau for håndtering af tag- og overfladevand. Denne bekendtgørelse medfører, at der skal gennemføres samfundsøkonomiske analyser af det mest hensigtsmæssige serviceniveau, hvis der skal anvendes et højere serviceniveau end 10 år.

På den baggrund har både København og Frederiksberg gennemført screening af, hvilket serviceniveau som sandsynligvis er mest hensigtsmæssigt for hver kommune for sig. Disse analyser peger på et væsentligt lavere serviceniveau end hvad analysen fra 2012 konkluderede. Det er derfor relevant at få belyst, hvorfor de nye analyser giver et andet resultat end den oprindelige analyse.

Denne præsentation beskriver forskelle mellem analysen i 2012 og de nye fra 2023, med hensyn til oversvømmelsesberegninger, skadesomkostninger, tiltagsomkostninger og samfundsøkonomiske forudsætninger.

De væsentligste årsager til ændret serviceniveau mellem de to beregninger blev fundet til at være

- **Tiltagsomkostninger.** Beregninger fra 2012 var baseret på et system, hvor store dele af kloaksystemet ikke er beskrevet. Derved manglede flere mindre oversvømmelser i resultaterne og udbredelsen og antal skader var derfor højere i 2023 undersøgelsen. Herudover var omkostninger til skybrudstunneller antaget til at være uafhængig af serviceniveau, hvilket var misvisende.

- **Skader ved hyppige hændelser.** Hyppige skader er ikke vel beskrevet i 2012 beregninger og dette har stor betydning for beregning af forventede årlige omkostninger.
- **Effekt af tiltag.** I 2012 analysen er det antaget at tiltag er 100 % effektive fra år 0 af konstruktionsperioden, hvilket medfører en for stor reduktion af skader.
- **Tiltag i beregninger.** Ved nye beregninger er anlagte eller planlagte skybrudstiltag inkluderet i oversvømmelsesberegningerne. Disse fjerner naturligt en stor del af skaderne ved lavere gentagelsesperioder, som har en stor påvirkning på forventede årlige omkostninger.

Præsentationen vil gennemgå de to metoder, highlighte forskelle og deres påvirkning af det optimale serviceniveau. Herudover vil metoden blive vurderet og vigtigheden af fælles metodik i branchen understreget.

## Hvordan inklusion af merværdier i samfundsøkonomiske analyser af naturbaseret klimatilpasning kan bidrage til holistisk planlægning i byerne

### 5. Klima

Ida Linde Hansen<sup>1</sup>

Stine Dybkjær<sup>1</sup>, Martina Viti<sup>1</sup>, Stella Kyriazidi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Rambøll

**Nøglebudskaber:** Naturbaserede løsninger i klimatilpasningsprojekter kan potentielt bidrage med mange positive merværdier som både gavner mennesker og naturen. Disse gevinster er ofte svære at kvantificere og værdisætte, hvilket medfører, at den samfundsøkonomiske værdi af de naturbaserede løsningsstrategier ofte undervurderes i cost-benefit-analyser (CBA). Vi har udviklet et værktøj til at estimere det monetære bidrag af en række merværdier, som bygger på en database med metoder til værdisætning fra videnskabelige artikler og best-practice studier, og som sikrer at merværdierne er inkluderet i den samfundsøkonomiske analyse.

#### Abstract tekst: Merværdier i naturbaserede løsninger

Traditionelt set har planlægningen af urban regnvandshåndtering fokuseret på grå løsninger, men i dag er blå-grønne naturbaserede løsninger blevet mere almindelige, da disse potentielt opfylder flere byplanlægningsmål og tiltrækker mange interessenter, hvilket kan have afgørende betydning i tætbefolkede byer med begrænset plads. Inkludering af merværdier i en CBA giver en bedre forståelse af de potentielle effekter, som klimatilpasningsløsninger introducerer, derfor ofte en stærkere og mere realistisk business case. Derudover kan merværdier bidrage til andre byudviklingsmål og bæredygtighedsvisioner, og dermed understøtte en holistisk planlægning på tværs af sektorer.

En ulempe ved at inkludere merværdier er, at analyserne kan være tidskrævende og forbundet med usikkerheder, da merværdier ofte er knyttet til immaterielle værdier og svære at kvantificere. Forskningsfeltet er relativt nyt og begrænset. Dog kan man argumentere for, at det er mere usikkert ikke at inkludere merværdierne i den samfundsøkonomiske analyse, da man ved, at disse effekter findes. Metoderne til værdisættelse skal derfor vælges med omhu for at give pålidelige resultater for beslutningstagere.

Målet med dette projekt var at udvikle et værktøj til at værdisætte merværdier relateret til naturbaserede klimatilpasningsløsninger på en standardiseret måde.

#### Identificering og estimering

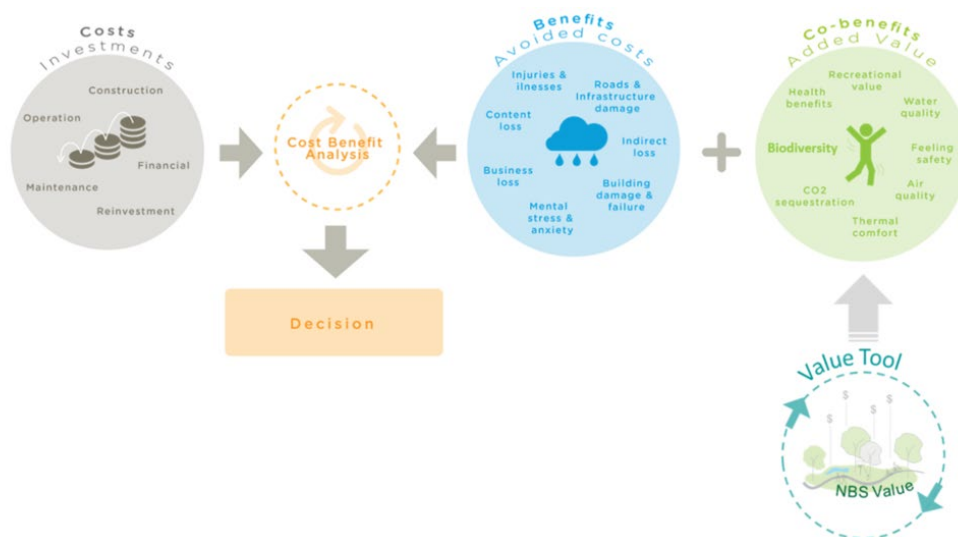
Vi har gennemført en litteraturstudie af videnskabelige artikler og best-practice studier, og udvalgt de mest relevante baseret på anvendelighed og skalerbarhed. Vi har udviklet et værktøj, NBS Value, som bygger på en database med de forskellige metoder til kvantificering og værdisætning, og som kan estimere værdien af en række merværdier.

I et konkrete projekt identificeres relevante merværdier for de naturbaserede løsninger i

projektområdet ud fra geografisk lokation, karakteristik af området, tilgængeligt data og detaljeringsgraden i projektdesignet. Screeningen af potentielle merværdier er baseret på størrelsen og kvaliteten af de nye/modificerede arealer (fx omlægning af grå til grønne overflader, flere bænke, beplantning af ny vegetation, etc), samt antallet af beboere i lokalområdet. Derudover bør de relevante interessenter inddrages i identifikationsprocessen for at sikre, at klimatilpasningsløsningen er optimeret til at øge de prioriterede merværdier.

## Resultater og begrænsninger

NBS Value giver mulighed for at estimere værdien af en række merværdier, herunder øget rekreativitet, biodiversitet og fysisk aktivitet, forbedret luftkvalitet og vandkvalitet, CO<sub>2</sub>-lagring, trafikssikkerhed og reduceret varmeø-effekt. Vi har anvendt værktøjet i 5 casestudier, og i alle projekter sås den højeste monetære værdi i øget rekreativitet, mens effekter fra øget CO<sub>2</sub>-lagring og forbedret luftkvalitet kun viste en marginal økonomisk gevinst. I et casestudie var inklusionen af merværdier afgørende for at business casen var økonomisk rentabel. Der er begrænsninger og usikkerheder relateret til metoden og værdiansættelsen af immaterielle værdier. Usikkerheden på de estimerede værdier er desuden relateret til projektets detaljeringsniveau og tilgængelige data; jo mere detaljeret udformningen af klimatilpasningsløsningen er, jo mindre usikre bliver resultaterne.



## Klimatilpasning og samfundsøkonomiske analyser – supplement til serviceniveaubekendtgørelsen og implementeringen af lovgivningen om klimatilpasning

### 5. Klima

#### Birgit Paludan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Arbejdsgruppen om Klimatilpasning og Samfundsøkonomiske analyser under Spildevandskomiteens Regnudvalg

**Nøglebudskaber:** Arbejdsgruppen har udarbejdet forslag til anbefalinger til hvordan serviceniveaubekendtgørelsens samfundsøkonomiske metode kan implementeres helt konkret, så der sikres en faglig korrekt og ensartet samfundsøkonomisk analyse i kommunerne. Anbefalingerne omfatter primært anbefalinger til oplandsinddelingen, oversvømmelseskort skader og nettogevinst.

Arbejdsgruppen bidrager til evalueringen af lovgivningen om klimatilpasning og har undersøgt kommunernes og forsyningernes implementering af loven ved en spørgeskemaundersøgelse, som fremlægges.

Arbejdsgruppen består af eksperter på klimatilpasningsområdet fra kommuner, forsyninger, rådgivere og staten og har et unikt samarbejde sådan at alle gode kræfter inkluderes i arbejdet, som forventes at blive udgivet af Spildevandskomiteen, til glæde for hele branchen indenfor klimatilpasning og afløbssystemer.

**Abstract tekst:** Det overordnede formål med arbejdsgruppen om klimatilpasning og samfundsøkonomiske analyser er at understøtte, at der på nationalt plan kan gennemføres en robust klimatilpasning, så effektivt og bæredygtigt som muligt. Arbejdsgruppens vigtigste formål er at bidrage til udvikling og implementering af samfundsøkonomiske metoder som grundlag for klimatilpasning i Danmark, og fremme af, at branchen arbejder med en ensartet brug af metodikken.

Nedenstående aktiviteter gennemføres i gruppen, og koncentrerer sig om dimensioneringspraksis og beslutningsgangen jf. vejledningen til Serviceniveaubekendtgørelsen. Der arbejdes både med et teknisk spor og et planspor.

#### Udvikling af dimensioneringspraksis:

- Erfaringsopsamling og -deling om dimensioneringspraksis jvf. Skrift 31, serviceniveau- og omkostningsbekendtgørelserne:
  - Anbefaling af **ensartning** af metoder og beregningsforudsætninger.
  - Forslag til **forenkling** af metoder og udvikling af screeninger, der kan lette beregningsarbejdet.
  - Udvikling af **koncept** for beregninger, der kan understøtte sammenhængende planlægning af regnvandshåndtering, herunder detaljering af beregningerne på de forskellige niveauer og forslag til screeninger, der kan afgrænse beregningsarbejdet.

Arbejdsgruppen har udarbejdet forslag til anbefalinger til hvordan serviceniveaubekendtgørelsens samfundsøkonomiske metode kan implementeres, så der sikres en faglig korrekt og ensartet analyse

i kommunerne. Anbefalingerne omfatter konkrete anbefalinger til hvordan oplandsinddelingen kan gennemføres, oversvømmelseskort kan beregnes, skader identificeres og deres størrelse fastlægges og hvordan gennemsnitlig årlig omkostning (EAD) samt nettogevinst kan beregnes.

#### Implementering i planlægningen af regnvandshåndtering (administrativt spor)

- Erfaringsopsamling og -deling om implementering af regelsættet i spildevandsplaner, investeringsaftaler mv.
- Best practice for implementering af ny lovgivning i kommunerne i samarbejde med forsyningerne
- Indsamling og deling af erfaringer med ansøgninger til Forsyningssekretariatet, hvor de samfundsøkonomiske og selskabsøkonomiske beregninger har særlig betydning, og får konsekvenser for projektet herunder aftaler mellem parterne, dokumentationskrav og bevillinger af tillæg. Endvidere metoder til reduktion af risici for forsyningerne.

Gruppen har gennemført en spørgeskemaundersøgelse med deltagere fra et overalt af de danske kommuner og forsyninger om deres implementering af den nye lovgivning, som bl.a. kan anvendes til evaluering af den nye lov. Undersøgelsen og dens konklusioner fremlægges på mødet.

#### Præsentation

Arbejdsgruppens arbejde med den samfundsøkonomiske analyse foreslås præsenteret med fokus på formålet med gruppens arbejde, den supplerende vejledning til serviceniveaubekendtgørelsen og gruppens input til evalueringen af serviceniveaubekendtgørelsen og omkostningsbekendtgørelsen ved et spørgeskema blandt landets kommuner og forsyninger

Vi foreslår, som supplement til præsentationen, at vi efter denne har en seance, hvor vi præsenterer de forskellige trin i serviceniveaubekendtgørelsen, med vores supplerende anbefalinger på plancher, som folk kan spørge ind til, diskutere og komme med input til. Plancherne vil være bemandede med folk fra arbejdsgruppen.

***Medforfattere: Anders Skovgård Olsen, Anne Laustsen, Bo Kempel, Cecilie Thrysoe, Christiane Koefoed, Dan Rosbjerg, Daniel Grube Pedersen, Gitte Normand Andersen, Iben Nøhr Bertelsen, Jan Jeppesen, Jørn Pedersen, Mai Maskell Andersen, Malde Volmer Beinthin, Maria Facchin Asmussen, Mathias Joachim Skov Pristed, Nina Thune, Per Skougaard Kaspersen, Sonia Sørensen, Thomas Aagaard Jensen***



## PLASK 4.0: Ændringer og forbedringer

### 5. Klima

Cecilie Thrysoe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> COWI

**Nøglebudskaber:** COWI har opdateret PLASK værktøjet for Miljøstyrelsen således, at det bidrager til at understøtte kravene til dokumentation for samfundsøkonomisk hensigtsmæssighed i klimatilpasningsløsninger jf. serviceniveaubekendtgørelsen. Efter revision af PLASK kan sammenligning af samfundsøkonomisk hensigtsmæssighed for flere sikringsniveauer ske i ét regneark under opdaterede forudsætninger. Herudover er brugervenligheden øget og der er inkluderet en mere detaljeret beregning af de forventede årlige skadesomkostninger.

**Abstract tekst:** PLASK er et frit tilgængeligt værktøj, som Miljøstyrelsen stiller til rådighed til beregning af samfundsøkonomiske gevinster ved klimatilpasning. Værktøjet henvender sig primært til spildevandsselskaber og kommuner, der udvikler fælles løsninger, og værktøjet giver bl.a. mulighed for beregning af det samfundsøkonomisk mest hensigtsmæssige niveau for klimatilpasningsprojekter.

Med PLASK kan samfundsøkonomiske gevinster og omkostninger ved klimatilpasningstiltag analyseres baseret på enhedspriser til klimatilpasningstiltag og forventede skadesomkostninger. PLASK giver mulighed for at sammenligne forskellige klimatilpasningsløsninger, der skal imødekomme den samme oversvømmelsesrisiko. Sammenligningen foretages ud fra tre parametre:

1. ”Snæver” samfundsøkonomi - kan det betale sig at klimatilpasse?
2. Omkostningsfordeling – hvem skal betale?
3. Hvilke merværdier kommer der ud af at samarbejde?

Det konkrete output af PLASK er et resultatark, hvor de udvalgte løsninger sammenlignes på de ovenfor nævnte parametre.

PLASK kan bruges som en del af dokumentationen for valg af serviceniveau for regnvandshåndtering ved ansøgninger til Vandtilsynet (tidligere Forsyningssekretariatet). Serviceniveaubekendtgørelsen stiller krav om sammenligning af flere scenarier, hvilket i dag kræver analyser i flere PLASK regneark med efterfølgende sammenstilling af resultaterne i et særskilt regneark.

COWI har givet PLASK værktøjet en revision og opdatering, således at det bedre understøtter behovet som følge af implementeringen af serviceniveaubekendtgørelsen således, at det understøtter kravene til sammenligning af samfundsøkonomisk hensigtsmæssighed for flere sikringsniveauer. Resultatark er designet til direkte at kunne vedhæftes en ansøgning til Vandtilsynet og der er udført en indeksregulering af enhedspriserne i PLASK. Herudover er brugervenligheden øget og der er inkluderet en forbedret beregning af forventede årlige skadesomkostninger.

Præsentationen giver et overblik over de nye ændringer i PLASK og en kort demonstration af værktøjet.



## Semidynamisk 1D-2D model til opfyldelse af serviceniveaubekendtgørelsen

### 4. Afløb

**Kjartan Gunnarsson Ravn**<sup>1</sup>

Stinne Plesner Skårup<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vejle Spildevand A/S

**Nøglebudskaber: Serviceniveaubekendtgørelsen er en realitet ved sanering af eksisterende afløbssystemer. Det skal vurderes, om det er fornuftigt at klimasikre området yderligere, ud over den klimasikring som sanering af rørsystemet medfører. I teorien er det lige til, beregn oversvømmelser, beregn skadesomkostninger og beregn om det kan betale sig at reducere skaderne med yderligere tiltag, nu når området alligevel skal saneres. Men i praksis er området præget af store usikkerheder, der skal der foretages valg, der har stor indflydelse på slutresultatet og der skal findes en arbejdsgang, der sikrer det nødvendig og tilstrækkelig beslutningsgrundlag. I Vejle har vi et bud på en fremgangsmåde.**

**Abstract tekst:** I forbindelse med serviceniveaubekendtgørelsen har Vejle Spildevand A/S og Vejle Kommune indgået en samarbejdsaftale vedrørende serviceniveau for vand på terræn. Denne forpligter forsyningen til at udarbejde oversvømmelseskort, som skal beskrive oversvømmelser efter klimatilpasning af afløbssystemet, når der gennemføres sanering og klimatilpasning af afløbssystemet i et område/opland. Derudover skal der udregnes skader og potentielle skadesreduktioner ved forskellige løsningsforslag.

Beregninger på screeningsniveau er udført i stort omfang i hele landet. Screening har til formål give et fingerpeg om hvor store problemerne overordnet set og hvilke områder er mest udsatte. Screeningsrapporter understreger gerne og med rette at det kun er et overordnet bud og skal undersøges nærmere senere. Men beregninger på projektniveau, i forbindelse med en saneringsplan, har til formål at bygge en konkret løsning, der skal hjælpe mod et reelt problem.

Nørremarken i Vejle skal saneres, der lægges et nyt separat afløbssystem. Området er udvalgt som det første til at undersøge for yderligere klimasikring jf. Serviceniveaubekendtgørelsen.

Modelmæssigt bygges først en helt traditionel rørmodel. Det nye regnvandssystem dimensioneres jf. dimensioneringspraksis, opdateret for nyligt med Skrift 32, til en 5 års regn.

Vurdering af afstrømning på overfladen ved hændelser større end 5 års hændelsen kræver et relativt komplekst modelsetup. Der skal fx skelnes mellem skader, forårsaget af vand fra udelukkende private områder, og skader hvor vandet har strømmet over offentligt areal, så som vejbaner. Den grundlæggende forskel er at forsyningen kun kan medregne og afhjælpe skader, hvor vandet kommer fra offentlige arealer.

Forskellige muligheder blev undersøgt.

- PCSWMM 2D, fulldynamisk 1D-2D, hvor både rørsystem og overfladeafstrømning modelleres samtidig i PCSWMM
- SCALGO's nye DynamicFlood, hvor kun overfladeafstrømningen modelleres i TUFLOW, effekten af rørsystem baseres på infiltration
- HEC-RAS, semidynamisk 1D-2D, hvor resultater fra rørmodellen i PCSWMM overføres manuelt til overflademodellen

Valget faldt på semidynamisk HEC-RAS / PCSWMM model. Her kobles alt befæstet areal direkte på kloaksystemet jf. stikledningerne, mens der for de grønne arealer blev tilkoblet jf. strømningsveje i terrænet. Gik strømningsvejene væk fra, hvor det befæstede areal kloakmæssigt er tilkoblet, tilkobles de til det første topografisk nedstrøms kloaksystem i offentligt areal.

Hændelser svarende til 10 års, 20 års og 50 års regn beregnes først 1D modellen. Afløbssystemet vil nogle steder være for småt og vandet vil løbe op gennem dækslet og til overfladen. Oversvømmelses-tidsserien gemmes og påføres i dækslets placering i 2D modellen HEC-RAS. 2D modellen beregner herefter hvor vandet løber hen og eventuelle skader kan vurderes.

Dette modelkoncept er afbalanceret i forhold til detaljeringsgrad og kan derfor danne basis for en robust og effektiv arbejdsgang. De indbyggede forudsætninger gør også at sorteringen af skader i forhold til offentlige eller udelukkende private områder er ligetil. Det skal også fremhæves at eventuelle løsningsforslag i enten rørsystem eller på overfladen kan forholdsvist nemt modelleres og vurderes ved genberegning.

## **Grundvandsbeskyttelse**

2024-11-28

09:50 - 10:55

Grundvandsbeskyttelse

## Fokuseret grundvandsbeskyttelse fordrer lokal geologisk indsigt – værdien af geofysik og detaljeret geologisk tolkning i sårbarhedsudpegning

### 1. Grundvand

Anders Juhl Kallesøe<sup>1</sup>

Flemming Jørgensen<sup>2</sup>, Helle Guesdon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NIRAS A/S

<sup>2</sup> FJ Consult

**Nøglebudskaber:** Hovedbudskaberne i oplægget er:

- Prioriteret og dataunderbygget udpegning af arealer til grundvandsbeskyttelse kræver en forståelse af de geologiske forhold på det rette skalaniveau. Dvs. en indsigt i de lokale hydrogeologiske forhold som kan stå på mål for de langsigtede grundvandsbeskyttende indsatser der planlægges. Dette er underbygget ved supplerende geofysik.
- Eksemplet fra Hørning viser, at indgående indsigt i de lokale geologiske forhold er en afgørende forudsætning for at kunne fastlægge indvindingsopland og vurdere sårbarhed. Projektet er samtidig et fælles initiativ startet af de lokale vandværker.

**Abstract tekst:** I oplægget beskrives, hvorledes en detaljeret sammentolkning af geologiske, grundvandskemiske og geofysiske datakilder har bidraget til en forbedret forståelse af den lokale geologi og udpegning af primære indvindingsoplande og områder med grundvandsdannelse i området omkring Hørning i Skanderborg Kommune. Studiet viser nødvendigheden af at forholde sig til skala og detaljegrad i den geologiske tolkning. I områder med store arealinteresser giver en regional forståelse af geologien muligvis ikke tilstrækkelig sikkerhed i beskyttelse af de rette arealer, afhængig af indsigten i den geologiske kompleksitet.

Resultaterne fra projektet har anskueliggjort, at inddragelse af data ved Solbjerg-Stilling Sø (dybe geotekniske borer og SkyTEM) har påvist en begravet dal under den synlige sø/tunneldal, som med fyld af moræneler, der vurderes at kunne udgøre en hydraulisk barriere for grundvandsstrømning på tværs af søen (syd-nordlig retning). Samtidig bekræfter tolkning af tTEM og PACES kortlægninger i området øst og sydøst for Hørning en kompleks begravet dal-geologi, hvor lagserien er præget af glacial deformation, og hvor den øvre geologi har dødispræg. Det vurderes, at glacial påvirkning har betydet, at de oprindeligt dækkende lerlag (bl.a. smeltevandsler) flere steder er opbrudt ved overskydninger. Det forventes dermed at arealerne er sårbare, og at en betragtelig del af grundvandsdannelsen sker lokalt nær Hørning Stationsbys kildeplads. Grundvandskemien understøtter dette.

De geologiske analyser har bidraget med detaljer ift. den geologiske opbygning, herunder udbredelser af lerlag og glacialtektonisk deformation, som påviser usikkerheder relateret til den statslige sårbarhedsudpegning af drikkevandsressourcerne i Hørning Indsatsområde. Dette kan betragtes som et eksempel på skalaforskelle, hvor en regional udpegning med fastlagte kriterier ikke nødvendigvis kan opfange den geologiske kompleksitet som findes i kildepladsområder. Supplerende dataindsamling og sammentolkning på det rette detaljeniveau kan derfor vise sig som et

afgørende forarbejde i en prioriteret grundvandsbeskyttelse af arealer på overfladen.

Projektet er udført for de lokale vandværker i Hørningområdet, som var skeptiske over for de udpegede oplande, og derfor ønskede en mere detaljeret vurdering af de lokale geologiske forhold i de fem vandværkers indvindingsoplande.

## Sæt pris på grundvandsbeskyttelse - MEN ikke enhver pris

### 1. Grundvand

Christian Thirup<sup>1</sup>

Bo Vægter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NIRAS A/S

<sup>2</sup> VPU v/Aarhus Vand A/S

**Nøglebudskaber: DANVA, VPU v/Aarhus Vand, HOFOR og Aarhus Kommune er gået sammen om et projekt, der skal skabe grundlag for, at erstatningsfastsættelsen i forbindelse med aftaler og påbud om grundvandsbeskyttelse sker på et så korrekt og veldokumenteret grundlag som muligt.**

Der indgås i disse år et stort antal dyrkningsaftaler som led i beskyttelse af BNBO, indsatsområder og grundvandsparker. Der er store uoverensstemmelser om erstatningsniveauer. Analyserne i projektet viser, at værditabet som følge af dyrkningsaftaler er langt mindre end hvad der fremgår af en række overtaksationskendelser, hvilket skal afspejles i erstatningerne i kommende aftaler.

Der er netop vedtaget en BNBO-lov, som medfører at kommunerne skal påbyde rådighedsindskrænkninger i BNBO, hvis der ikke er indgået frivillige aftaler mellem lodsejerne og vandforsyningen. Det er vigtigt at projektets resultater bliver udbredt til vandforsyninger og kommuner forud for påbuddene, så vandforbrugerne ikke kommer til at betale overpris for grundvandsbeskyttelsen.

**Abstract tekst:** Den bedste måde at bestemme værdiforringelsen, og dermed erstatningen på, er ved at sammenligne hvilke priser ejendomme handles til, hhv. med og uden rådighedsindskrænkninger. Det er netop det som DANVA, VPU v/Aarhus Vand, HOFOR og Aarhus Kommune i samarbejde med NIRAS nu har undersøgt gennem projektet *Sæt pris på grundvandsbeskyttelse*.

I projektet er der opbygget en database med et meget stort antal arealer i Danmark med rådighedsindskrænkninger, enten indgået som frivillige aftaler eller ved påbud. Rådighedsindskrænkningerne omfatter primært forbud mod brug af pesticider samt forbud mod både brug af pesticider og kvælstof. Med et nyt værktøj kan handel med disse arealer overvåges via opslag i Tinglysningen. Ved at sammenligne priserne fra lokale handler af ejendomme med og uden rådighedsindskrænkninger, kan det i en del tilfælde udledes hvilket niveau værdiforringelsen har været på. Derved opnås en forbedret vurdering af værdiforringelsen og dermed erstatningens størrelse i kommende sager.

Indtil videre har det været muligt at udlede værdiforringelsen på mindst 13 handlede aftalearealer på tværs af landet. Analysen viser, at erstatninger for værdiforringelse fastlagt af taksationsmyndigheden i Beder, Egedal og Sønderborg langt overstiger den værdiforringelse, som ses i de 13 analyserede handler. Analysen viser endvidere at de erstatninger, der er betalt i de frivillige aftaler, indgået før disse taksationskendelser, fuldt ud har kompenseret lodsejerne på de pågældende ejendomme. De reelle værdiforringelser stemmer således godt overens med vurderingerne fra IFRO, KU.



Analyserne viser desuden, at en betydelig del af landbrugsarealerne forbliver i omdrift efter aftaleindgåelsen, hvor de bl.a. dyrkes intensivt med omdriftsafgrøder. Der er eksempler på arealer, hvor der helt tilbage i 2004 blev indgået aftale om pesticidfri drift, der stadig dyrkes pesticidfrit med afgrøder i omdrift.

På hobby- og lystejeendomme viser analysen, at der oftest kun sker en meget begrænset eller ingen værdiforringelse. Dette er i tråd med overtaksationskendelserne fra Beder, hvor det blev vurderet, at der på mindre ejendomme kun sker en meget begrænset værdiforringelse. Her er der ikke samme behov for driftsmæssige indtjening fra arealerne, og handelspriserne beror i overvejende grad på andre parametre som bynærhed og herlighedsværdi. Rådighedsindskrænkninger har med andre ord ingen eller kun begrænset påvirkning på denne type ejendomme, hvor øvrige interesser vægter højere end de rent landbrugsmæssige.

## **PFAS i spildevand og slam**

2024-11-28

09:50 - 10:55

PFAS i spildevand og slam

## PFAS-strømme i danske renseanlæg – Tekniske styringstiltag til fordeling mellem slam og vand

### 3. Spildevand

Anne-Lise Funding<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknologisk Institut

**Nøglebudskaber:** Dette projekt belyser for første gang fordelingen af PFAS på danske renseanlæg og undersøger, i hvilket omfang fordelingen mellem vand- og slamfraktionen kan påvirkes med kemidosering. Projektet fremhæver egenbelastningen (så som returslam, rejektvand og anvendelse af rensed spildevand) på renseanlæg, som værende en potentiel forklaring på at PFAS-koncentrationer i udløbet kan være højere i forhold til indløbet. Resultaterne af projektet udfordrer derfor også tidligere antagelser om, at denne tendens alene tilskrives nedbrydning af precursors.

**Abstract tekst:** Over de seneste år har PFAS-forbindelser i spildevand tiltrukket national og global opmærksomhed, ikke mindst når det kommer til de aktive slamanlæg, der håndterer byspildevand. Imidlertid er dokumentationen for, hvordan PFAS fordeler sig internt på renseanlæggene, begrænset til få internationale studier. Dette projekt markerer et væsentligt fremskridt på nationalt plan ved at kortlægge fordelingen af de respektive 22 PFAS-forbindelser inde på renseanlæggene. Prøvetagningen blev udført på udvalgte vand- og slamføringer på anlæggene. Herudover undersøger projektet, i hvor høj grad PFAS kan overføres fra vand- til slamfraktionen ved hjælp af kemidosering. Den største mængde af PFAS forlader renseanlæggene med udløbsvandet sammenlignet med de mængder, som bortkøres med det afvandede slam. Derfor vejer miljøpåvirkningen tungt i udløbsvandet og metoden har derfor et anseeligt potentiale for at reducere PFAS udledningen fra renseanlæg. I og med PFAS overføres til slamfraktionen, kan det potentielt kompromittere slamkvaliteten i en sådan grad, at slammet ikke længere må anvendes til jordbrugsformål og skal derfor bortskaffes på anden vis. Håndtering af PFAS-holdigt slam debatteres dog i andre fora og er derfor alene et opmærksomhedspunkt i dette projekt.

Internationale og nationale studier har konsekvent vist, at koncentrationerne af PFAS er højere i udløbsvand fra renseanlæg sammenlignet med indløbsvand. Denne tendens ses også i dette projekt. Det er særligt tydeligt for kortkædede PFAS-forbindelser, som har færre end 7 kulstofatomer. Tidligere har forskningen antaget, at denne tendens skyldes nedbrydning af langkædet PFAS-forbindelser, som nedbrydes til kortere og mere mobile former. Et aspekt, som ikke tidligere har været debatteret, er betydningen af den interne belastning, der forgår i aktive slamanlæg. Dette projekt viser resultater, som kan understøtte vigtigheden i at tage egenbelastningen med i betragtningen, når PFAS-resultater fra renseanlæg behandles og diskuteres.

Aktive slamanlæg er nemlig designet til at tilbageholde slam internt på anlægget, hvilket både forhindrer slammet i at nå recipienten og understøtter passende opholdstid for den biologiske aktivitet. Denne returføring indeholder ikke kun slam, men også en betydelig mængde rensed spildevand. Returslamføringen bidrager derfor til, at en vis fraktion af PFAS-forbindelserne tilbageholdes på anlægget og derfor akkumuleres. Procestankene belastes derfor både med PFAS fra returslam og indløb samt øvrige interne strømme. Akkumuleringen på anlægget kan derfor potentielt medføre højere udløbskoncentrationer ved frigivelse af PFAS-forbindelser fra den akkumulerede



## Effektiv PFAS-fjernelse i rejektvand fra slammineraliseringsbede

### 3. Spildevand

#### Sabine Lindholst<sup>1</sup>

Caroline Kragelund<sup>1</sup>, Nicolaj Schmidt Damgaard<sup>1</sup>, Lisbet Adrian<sup>2</sup>, Frank Manfred Hansper<sup>2</sup>, Henrik Rasmus Andersen<sup>3</sup>, Kai Tang<sup>3</sup>, Tore Svendsen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Teknologisk Institut

<sup>2</sup> DIN Forsyning

<sup>3</sup> Danmarks Tekniske Unisversitet

<sup>4</sup> ECT2

**Nøglebudskaber:** Flere danske renseanlæg har i de senere år konstateret forhøjede PFAS-koncentrationer i både spildevand og slam, hvilket kompromitterer vandmiljøet samt udbringningen af slam på landbrugsjord. I Treatment Train projektet er der afprøvet flere forskellige teknologikombinationer til fjernelse af PFAS i rejektvandet fra DIN Forsynings slammineraliseringsanlæg. Første forsøg viste en komplet fjernelse af PFAS sum 4 fra vandfasen, mens biologisk rensning kunne reducere COD med 2/3, så belastningen af COD på resinkolonnen blev reduceret betydeligt. De endelige resultater fra forsøget samt business-casen vil blive præsenteret på konferencen.

**Abstract tekst:** Flere danske renseanlæg anvender i dag slammineraliseringsbede til slamstabilisering for senere at kunne udbringe slammet på marker og dermed udnytte både kvælstof og fosfor. I slammineraliseringsbedene bliver PFAS langsomt frigivet fra slammet og ført tilbage til renseanlægget med rejektvandet. Herfra kan PFAS delvist genintroduceres i slammet og delvist blive ledt til recipient med det rensede spildevand – PFAS kører dermed i ring og hindrer udnyttelsen af N og P.

I det ambitiøse MUDP-projekt "Treatment Train", hvor målet er at udvikle kombinationer af rensningsteknologier for at løse forskellige udfordrende forureningsproblemer, testes forskellige forbehandlingsmetoder for rejektvandet fra DIN Forsynings slammineraliseringsbede. Dette efterfølges af et poleringstrin på ionbytteresiner.

Første forsøg viste, at kemisk behandling med koagulant og flokkulering med en PFAS-specifik flokkulant (Fluorflokk) fjernede PFAS sum 4 fra vandet ved at overføre det til slamfraktionen. Hermed blev en reduktion af PFAS sum 22 i rejektvandet på 57 % opnået.

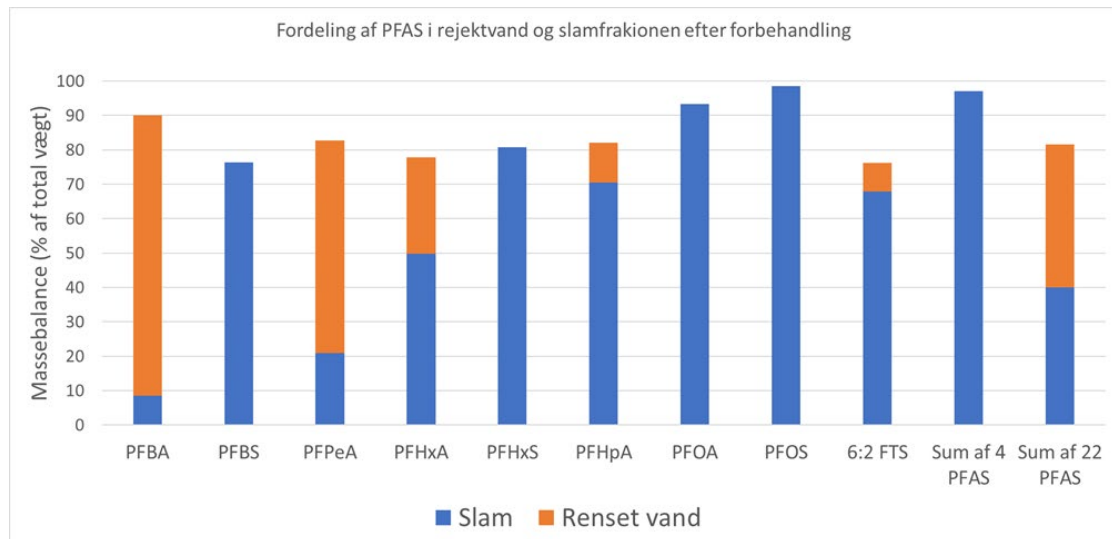
COD-niveauet i rejektvandet var relativt højt (150-250 mg/l) men blev vurderet relativt let omsætteligt for bakterier. En effektiv reduktion af COD før adsorptionskolonnebehandlingen har vist sig at være afgørende for ionbytteresinens PFAS-fjernelseskapacitet, da de organiske forbindelser konkurrerer om bindingsstederne på resinet. Resinet og destruktions af det brugte resin er det mest omkostningskrævende trin i PFAS-fjernelsesprocessen, og resinmængden skal derfor minimeres. For at optimere PFAS-reduktionsgraderne yderligere blev der foretaget et ekstra pilotskalaforsøg med en forbehandling, hvor letomsætteligt COD blev biologisk nedbrudt før rejektvandet blev ledt igennem resinkolonner. Denne forbehandling resulterede i en reduceret belastning af COD på resinkolonnerne med op til 62 %, hvilket forlængede deres levetid med ca. 30% samtidig med en forbedret PFAS-fjernelse.

En business case-analyse blev udført for at evaluere omkostningseffektiviteten ved de foreslåede teknologikoncepter; simpel forbehandling inden tilledning til resinkolonne kontra forbehandling

kombineret med biologisk fjernelse, inden tilledning til resinkolonner. Resultaterne viste, at selvom de indledende investeringer i udstyr og kemikalier er høje, er den forlængede levetid ved reduktion af COD for resinkolonnerne medvirkende til at dette teknologikoncept er mest økonomisk fordelagtigt over tid, hvis PFAS skal reduceres mest muligt.

I Treatment Train projektet er der afprøvet 2 pilotskalaforsøg, som begge viser en stor reduktion af PFAS fra rejeftvand, så den interne PFAS-belastning på renseanlægget reduceres.

Pilotskalaforsøgene viser forskellige teknologikoncepter, der kan anvendes afhængig af, hvor meget PFAS skal fjernes fra rejeftvand.



## **MFS-eliminator projektet sikrer omkostningseffektiv fjernelse af PFAS og andre MFS fra punktkilder gennem både central og decentral vandbehandling**

### **3. Spildevand**

**Caroline Kragelund**<sup>1</sup>

Mia Hvillum<sup>2</sup>, Sabine Lindholst<sup>1</sup>, Jonathan Guld Christensen<sup>1</sup>, Jacob Andersen<sup>2</sup>, Tore Svendsen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Teknologisk Institut

<sup>2</sup> Hjørring vandselskab

<sup>3</sup> ECT2

**Nøglebudskaber:** Fyrtårnsprojektet MFS-eliminator har til formål at implementere en effektiv renseløsning til fjernelse af PFAS og andre MFS fra punktkilder, dels ved Norrecco og dels ved Hjørring Vandselskab. Fuldskalaanlægget ved Norrecco er under opbygning, mens punktkildeanlægget ved Vandselskab allerede er i drift, og viser op til 98% reduktion af PFAS sum 4 og mellem 60-80% for PFAS 22. Anvendelsen af Fluorflok og flotation viser sig som en omkostningseffektiv metode til håndtering af PFAS-forurening, med en behandlingspris på ca. 100 kr/m<sup>3</sup>.

**Abstract tekst:** Fyrtårnsprojektet MFS-eliminator har til formål at fjerne PFAS og andre MFS fra identificerede punktkilder, både gennem opbygning af et fuldskalaanlæg ved Norrecco og til punktkildehåndtering hos Hjørring Vandselskab. Projektet benytter den avancerede teknologi leveret af ECT2 og kombinerer forskellige teknologier for at opnå højeste effektivitet i rensningen af per- og polyfluoralkylstoffer (PFAS), tungmetaller og PAH'er. Hjørring Vandselskab har, igennem kildesporing med brug af flere prøvetagningsmetoder, identificeret tre primære kilder til PFAS-forurening. Disse kilder har nødvendiggjort en rensning af vand og perkolat indeholdende PFAS-koncentrationer over 35 ng/l. Som en del af løsningen anvendes en særbidragsordning, der stiller krav om effektiv rensning og vand der indeholder mere end 35 ng/l er omfattet af denne særbidragsordning.

Kerneteknologien i MFS-eliminator ved Hjørring Vandselskab, er kombination af flokkulering med Fluorflok, efterfulgt af flotationsanlæg. Slammet håndteres af en skruepresse inden slammet sendes til destruktion. Fluorflok har en høj affinitet for især langkædede PFAS-molekyler som fanges effektivt i en skumfraktion, der efterfølgende destrueres. Denne metode har under mere end 3000 timers drift vist sig at kunne reducere PFAS sum 4 med op til 98% og PFAS 22 med op til 80%. Ved Norrecco vil der i løbet af projektet optimeres yderligere for tungmetal, PAH- og kvælstoffjernelse fra vandet fra affaldsbehandlingspladsen, efter at fuldskalaanlægget er opbygget.

Økonomisk set er renseløsningen ved Hjørring Vandselskab en attraktiv løsning til håndtering af PFAS-forurening fra flere punktkilder. Med den nuværende belastning, afskrivningsperiode på 3 år, estimeres anlægsomkostningerne til 50 kr/m<sup>3</sup> og de løbende driftsomkostninger vil ligeledes udgøre 50 kr/m<sup>3</sup>. Denne pris inkluderer både drift og overvågning af anlægget samt regelmæssige analyser, hvilket sikrer en kontinuerlig evaluering og tilpasning af processen for at opretholde høje rensegrader.

Projektets succes demonstrerer potentialet i at anvende avancerede, integrerede teknologier til

samtidig håndtering af PFAS-forurening, tungmetaller og PAH'er, hvilket kan medføre betydelige miljømæssige og økonomiske fordele. Ved at have de to alternative tilgange til vandbehandling, nemlig decentral og central sikres en ensartet og effektiv håndtering af MFS-forureningerne, og repræsenterer samtidig en omkostningseffektiv løsning for virksomheder, også de mindre punktkilder, hvilket er essentielt for at imødekomme både nuværende og fremtidige miljøkrav.



## PFAS i perkolat fra deponierne i Odense (VUDP-projekt)

### 3. Spildevand

**Anita Rye Ottosen**<sup>1</sup>

Per Henrik Nielsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rambøll Vand

<sup>2</sup> VandCenter Syd

**Nøglebudskaber:** Vandcenter Syd (VCS) har analyseret PFAS-indholdet i udløbsspildevand fra Odense Nordvest Renseanlæg (ONVR). Analysen viste et indhold af PFOA-ækv. på 0,039 µg/l, hvilket er langt over det nye vandmiljøkrav på 0,0044 µg/l. ONVR modtager perkolat fra deponiet i Odense.

I et tidligere projekt fra 2022 samt i et VUDP-projekt, med deltagelse af VCS, Odense Renovation, Rambøll og ETC2, er der blandt andet lavet en kortlægning af PFAS-belastningen fra deponiet som viser, at deponiet er største bidragsyder af PFAS til ONVR. Derudover er lavet TOP-analyser (Total Oxidizable Perfluoralkyl Precursors) på perkolat, samt ind- og udløbsspildevand fra ONVR.

I VUDP-projektet er også testet forskellige PFAS-teknologier i lab- og pilotskala af danske såvel som leverandører fra Sverige og USA. Derudover er testet rensegrader for tungmetaller og udvalgte miljøfremmede stoffer, samt reduktion af nitrifikationshæmning.

**Abstract tekst:** FAS er et nyt samfundsproblem, som også er repræsenteret i spildevand, hvor der findes alt for høje koncentrationer. Der er på nuværende tidspunkt ikke fastsat grænseværdier for PFAS, men der er et vandmiljøkrav for PFOA-ækv. på 0,0044 µg/l (fersk fx Odense Fjord). Vandcenter Syd (VCS) har tilbage i 2022 analyseret PFAS-indholdet i udløbsspildevand fra Odense Nordvest Renseanlæg (ONVR). Analysen viste et PFOA-ækv. indhold på 0,039 µg/l, hvilket er langt over vandmiljøkravet på 0,0044 µg/l.

De nuværende teknologiske muligheder er begrænsede og omkostningstunge og derfor bør rensning ikke ske på udløbet fra forsyningernes renselanlæg men derimod ved kilderne. En af de store kilder til PFAS i spildevand er perkolat fra deponier, som ledes til forsyningernes renselanlæg. ONVR modtager perkolat fra deponierne i Odense, som begge ejes af Odense Kommune og drives af Odense Renovation (OR).

Rambøll har tilbage i 2022 udarbejdet en rapport for OR der indeholder en kortlægning af PFAS-belastningen fra ONM og Stige Ø. Kortlægningen viste, at perkolatet fra deponierne bidrager med omkring 80-85% af det samlede PFAS-indhold i spildevandet til ONVR. Det kunne også ses, at nogle etaper indeholder væsentligt mere PFAS end andre etapetyper, samt at perkolatet er kendetegnet ved at have et højt indhold af b.la. PFBA, PFBS og PFHxA, som alle er kortkædede PFAS, som er nogle af de PFAS-forbindelser der er sværest at fjerne.

I forlængelse af ovenstående projekt er OR og VCS gået sammen og har fået et VUDP-projekt med Rambøll og ETC2 (tidligere Vandrensning.com). Igennem nye PFAS-analyserer er det underbygget at deponierne i Odense er største (og formentligt eneste) bidragsyder af PFAS til ONVR. Derudover

er analyserne suppleret med TOP-analyser (Total Oxidizable Perfluoralkyl Precursors), der har vist, at de almindelige PFAS-analysepakker finder størstedelen af de PFAS'er der findes i perkolatet og indløbsspildevandet til ONVR.

I VUDP-projektet er der i 2023 samt foråret 2024 gennemført lab- og pilotforsøg hvor forskellige PFAS-teknologier er testet på perkolatprøver fra deponierne i Odense af ETC2 samt to udenlandske samarbejdspartner (Envytech Solution fra Sverige og Enspired Solutions fra USA). Hovedformålet er at finde en egnet renseløsning, hvor specielt de kortkædede PFAS'er fjernes. På baggrund af lab- og pilotforsøg bliver der udarbejdet drift- og anlægsøkonomi for et PFAS-rens anlæg til rensning af PFAS i perkolat fra deponierne i Odense.

Der er derudover søgt midler hos Rambøll Fonden, som har muliggjort at undersøge rensegrader for udvalgte tungmetaller og andre miljøfremmede stoffer i de gennemførte pilotforsøg. Derudover er parametre som nitrifikationshæmning også analyseret.

Det vil være muligt at præsentere alle resultatet fra VUDP-projektet, som afsluttes august 2024, samt Rambølls kortlægningsrapport fra 2022.



## Afbrænding af PFAS-holdigt slam på BIOFOS, Renseanlæg Avedøre

### 3. Spildevand

**Christina Mølhøj Cueto**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> BIOFOS

**Nøglebudskaber:** De senere års debat om PFAS har givet interesse for at undersøge indholdet af PFAS i spildevandsslam og i hvor stor grad PFAS nedbrydes ved forbrænding i de fluidbed ovne, som BIOFOS har. Der er udført to parallelle forsøg med afbrænding af slam fra hhv. BIOFOS og fra en ekstern forsyning, der havde et højere indhold af PFAS i slammet. Udover slammet blev også kondensat, quencher, scrubber, røggas samt flyveaske og røggasaffald analyseret for PFAS.

**Abstract tekst:** For at give et bedre billede af om PFAS blev nedbrudt ved forbrænding, blev undersøgelsen gennemført med spildevandsslam der indeholder 4,5 gange mere PFAS end spildevandsslammet fra BIOFOS. Som sammenligningsgrundlag er de samme undersøgelser udført for spildevandsslam fra BIOFOS.

Røggassen fra det eksterne slam indeholdt ca. dobbelt så meget PFAS som fra BIOFOS' slam. Indholdet af PFAS i quencher og scrubber som på samme niveau for de to slamfraktioner, mens der i kondensatet fra slamtørringen var næsten dobbelt så meget PFAS fra det eksterne slam.

Indholdet af PFAS i flyveaske og røggasaffald lå for begge slamfraktioner under detektionsgrænsen, hvilket også har været tilfældet ved tidligere analyser af flyveaske og røggasaffald fra BIOFOS.

Det ser ud til at PFOS omdannes til PFOSA i kondensatet på grund af det høje indhold af ammoniak. Det fremgår også ved sammenligning af PFAS 4 og PFAS 22, at den forholdsvis høje koncentration af PFAS 22 ikke skyldes PFOS eller PFOA. PFOSA er imidlertid det eneste sulfonamid der analyseres for, så der kan også være andre sulfonsyrer, der omdannes til sulfonamider, men disse bliver der ikke analyseret for og kommer derfor ikke til udtryk i PFAS 22.

Det er ikke muligt at opstille en egentlig massebalance for PFAS, da der kun analyseres for 22 (32 for røggassen) udvalgte PFAS. Til en egentlig massebalance er der behov for at analysere for total organisk fluor, hvilket ikke har været muligt med de tilgængelige analysemetoder. Der er i stedet opstillet en masseoversigt over PFAS 22/32.

Mængder ind og ud af slamforbrændingen baseret på forbrænding af BIOFOS' slam.

Slam (mg/år) Kondensat (mg/år) Quencher (mg/år) Scrubber (mg/år) Røggas (mg/år) Samlet mængde ud fra forbrænding (mg/år)

PFOS 35.260, 7, 840, 8, 14, 869

PFAS4 37.300, 26, 2.88, 41, 27, 2.894

PFAS22/32 48.000, 1.700, 8.600, 100, 39, 10.439

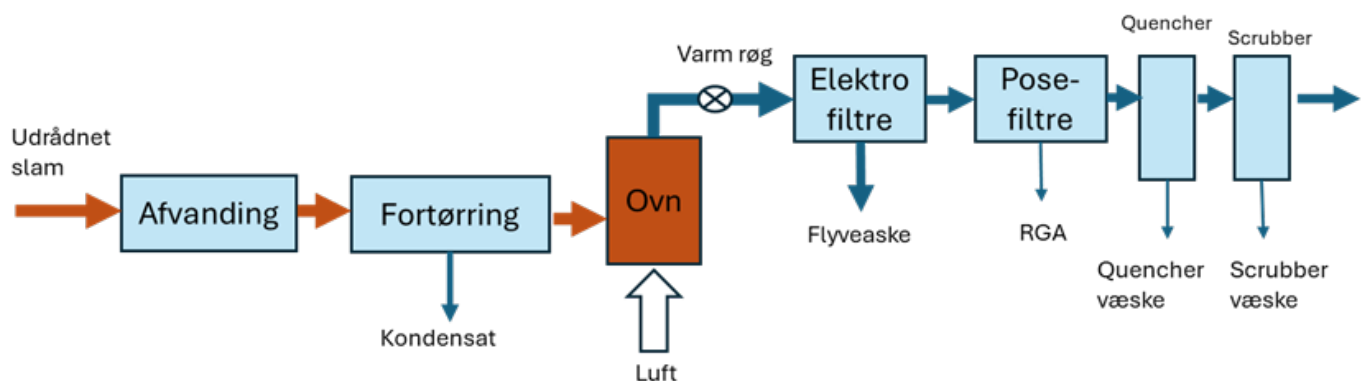
Den umiddelbare tolkning af tabellen er, at den største del af PFAS der er i det indgående slam

forsvinder. Der genfindes kun 2 % PFOS i de udgående strømme, så 98 % formodes at være nedbrudt under forbrænding. Dog er der en vis usikkerhed ved omdannelsen af PFOS til PFOSA (jf. ovenfor) og sandsynligvis også omdannelse af andre sulfonsyrer til sulfonamider, som der ikke analyseres for.

Hvis alt det PFAS, der ikke genfindes i strømmene ud fra forbrændingen, skulle måles i røggassen, ville det teoretiske indhold af PFAS 22 i røggassen fra eksternt slam være i størrelsesordenen 500  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Analyseresultatet viser 0,00072  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (PFAS 32), så dette må tolkes som, at forbrændingen faktisk nedbryder de nævnte PFAS.

Der er udtaget prøver fra alle strømme til og fra slamforbrændingen. Skematisk ser procesforløbet ud som i figuren.

De foretagne måling af PFAS i udgående strømme fra slamforbrænding på Renseanlæg Avedøre indikerer at forbrænding nedbryder PFAS i slam svarende til en fjernelse på 78 - 98% for PFAS 22, PFAS 4 og PFOS.



## **Miljøfremmede stoffer**

2024-11-28

09:50 - 10:55

Miljøfremmede stoffer

## RegnKvalitet+ Nyt VUDP-projekt om effektiv vurdering af MFS i regnvandsudledninger til brug for udlednings- og tilslutningstilladelser

### 5. Klima

Kristina Buus Kjær<sup>1</sup>

Jes Clauson-Kaas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DHI

<sup>2</sup> HOFOR

**Nøglebudskaber:** Forsyninger investerer massivt i klimatilpasning ved bl.a. separatkloakering af afløbssystemet. Samtidig er separatkloakeringen udfordret af øget krav til dokumentation af forekomsten og fjernelsen af Miljøfarlige Forurenende Stoffer (MFS) i forbindelse med udlednings- og tilslutningstilladelser. VUDP har bevilget støtte til HOFOR og ni andre forsyninger og to kommuner til en kraftig opdatering af det eksisterende RegnKvalitet for at give forsyninger og kommuner et fælles, opdateret og brugervenligt værktøj til vurdering af MFS i separate regnvandsudledninger baseret på den seneste viden. Desuden vil projektet give anbefalinger til bedste strategi for håndtering af problematiske stoffer fx mest kosteffektive renseteknologi.

**Abstract tekst:** Med øget fokus på klimaindsatser og håndtering af regnvand er der i kommuner og forsyninger et udbredt behov for viden om kvaliteten af regnvand fra forskellige overflader, så miljörisikoen for vandmiljøet ved separatkloakering kan vurderes. Samtidig er processen omkring udlednings- og tilslutningstilladelser udfordret pga. øgede krav til dokumentation samt håndtering af for høje indhold af MFS i udledningen og/eller vandområdet som følge af Horsens-afgørelsen. Både kommuner og forsyninger mangler redskaber til håndtering af for høje koncentrationer af MFS (samt organisk stof og næringssalte).

Ved at samle og offentliggøre data repræsentativt for hele Danmark vil projektet forsyne forsyningsvirksomheder, myndigheder og rådgivere med et fælles datagrundlag, i forbindelse med forsyningernes planlægning af separatkloakering og myndighedernes arbejde omkring tilslutnings- og udledningstilladelser. Sammenstillingen og offentliggørelsen af platformen vil bidrage til en mere strømlinet og effektiv beslutningsproces, der sikrer optimal udnyttelse af data og væsentligt minimerer timeforbruget i arbejdsgangene.

Værktøjet vil dermed kunne bidrage til et bedre datagrundlag for vurdering af, hvilke dele af kloaknettet der med fordel kan separatkloakeres, hvilke kræver reduktion af MFS vha. rene teknologi, lokal rensning og hvilke skal behandles centralt på rensaanlæg. Samtidig vil det give input til, hvilke stoffer som vil kræve rensning eller en national indsats ift. anvendelsesregulering. Projektet repræsenterer et betydeligt potentiale for effektivisering inden for vurdering af niveauerne af MFS, organisk stof og næringssalte ved regnvandsudledninger fra forskellige overflader. Den opdaterede applikation RegnKvalitet+ vil være offentlig tilgængelig via hjemmesiden [www.regnvandskvalitet.dk](http://www.regnvandskvalitet.dk), hvilket giver brugere let adgang til vurdering af overfladeafstrømningens kvalitet fra forskellige overflader samt oversigt over hvilke teknologier til regnvandsbehandling, der kan reducere problematiske stoffer samt teknologiernes dokumenterede rensesgrader.

Det er essentielt for resultatet af projektet at samle så mange data om regnvandskvalitet fra forskellige typer af overflader og effekter af renseteknologier som muligt. Derfor er målet med første halvdel af projektet at udsprede budskabet omkring projektet og indsamle så mange tilgængelige

data som muligt. DanskVand konferencen i november er en oplagt mulighed for at oplyse om projektets formål og aktiviteter, få input fra andre aktører omkring udfordringer og behov og samtidig efterspørge data hos forsyninger og rådgivere. De foreløbige resultater vil samtidig kunne deles på konferencen. Projektet forløber fra maj 2024 til og med april 2025.

## Stokastisk model til vurdering af udledninger af miljøfremmede stoffer fra regnbetingede udløb

### 4. Afløb

Aude Jeanne Marie Dominique Quintart<sup>1</sup>

Morten Borup<sup>2</sup>, Luca Vezzaro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> DTU Sustain

<sup>2</sup> Kruger Veolia

**Nøglebudskaber:** Vi præsenterer en stokastisk model, som er et første skridt mod mere effektiv miljøregulering, da den anerkender den naturlige variation af regnbetingede udledninger og de begrænsede datagrundlag om deres forureningsniveau. Modellen kan bruges som et screeningsværktøj inden ressourcetunge målekampanjer sættes i gang, samt til at vurdere effektiviteten af diverse tiltag til reduktion af udledninger.

**Abstract tekst:** Forureningsniveauet i regnbetingede udledninger er præget af stor rumlig og tidsmæssig variation. Den rumlige variation skyldes især de mange forskellige forureningskilder i byområder, mens den tidsmæssige variation skyldes regnmønstre, kildernes egenskaber, samt ophobning og frigivelsesprocesser i oplandet og afløbssystemer. Det kræver omfattende overvågning at indsamle nok data til at karakterisere hver enkelt udledning, hvilket sjældent er muligt på grund af begrænsede ressourcer.

Vi præsenterer en stokastisk model, der kombinerer en konceptuel hydrologisk model (SAMBAgis) til estimering af udledte vandmængder, med en metode til at estimere forureningsniveauer baseret på oplandets arealtyper og offentligt tilgængelige data. Den hydrologiske model kan hurtigt estimere hændelsers volumener over lange perioder. Oplandet opdeles i forskellige arealtyper (vej, tag, grønne områder osv.), som forventes at have forskellige forureningsniveauer, ved hjælp af SCALGO. Vandkvalitetsvariabiliteten beskrives ved en log-normal fordeling, og forureningsniveauet (koncentrationer af miljøfremmede stoffer) er baseret på offentligt tilgængelige databaser. Modellen giver både den forventede gennemsnitskoncentration af forureningsstoffer i det udledte vand og den forventede variation (5% og 95% percentiler), hvilket muliggør en vurdering af risikoen for overskridelse af de maksimale kvalitetskrav i det nedstrøms vandmiljø.

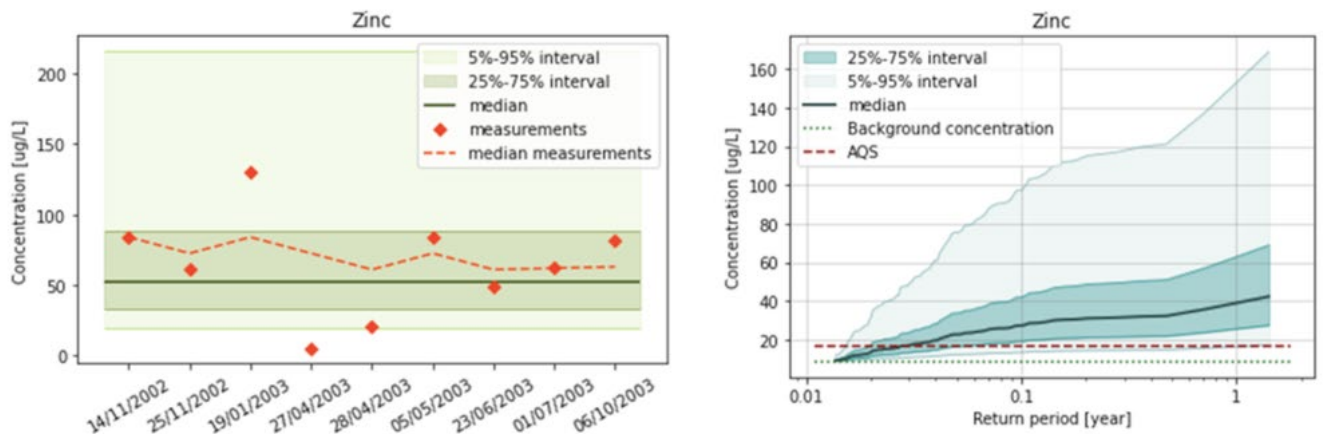
Modellen er blevet afprøvet på tre forskellige oplande, både med separate og fælles afløbssystemer (kloakoverløb). Hvor muligt, blev resultaterne sammenlignet med målinger fra tidligere NOVANA-målekampanjer. Flere miljøfremmede stoffer, som er kendt for at udgøre en risiko for vandmiljøet, blev simuleret (12 tungmetaller, 10 PAHer, og 9 pesticider og andre organiske stoffer). Den simulerede variation af forureningskoncentrationerne var større end de målte værdier, hvilket tyder på, at (a) modellens simple antagelser giver en robust vurdering af påvirkningen på vandmiljøet, og (b) de eksisterende datagrundlag (omkring 10 hændelser for hver målested), ofte er utilstrækkelige til fuldt ud at fange den naturlige variation i forureningsniveauet ved regnbetingede udledninger (som kræver omkring 20-30 hændelser for at sikre en relativt lav usikkerhed i estimering af det gennemsnitlige forureningsniveau).

Den præsenterede model er et første skridt mod mere effektiv miljøregulering, da den anerkender



den naturlige variation af regnbetingede udledninger og de begrænsede datagrundlag om deres forureningsniveau. Modellen kan bruges som et screeningsværktøj inden ressourcetunge målekampagner sættes i gang, samt til at vurdere effektiviteten af diverse tiltag til reduktion af udledninger.

Vi håber at modellen kan bidrage til et paradigmeskifte med hensyn til kvalitetskrav til regnbetingede udledninger, således at disse kommer til at basere sig på definerede acceptable sandsynligheder for overskridelse af fastsatte kvalitetskrav.



Figur: (tv) Simuleret variabilitet i Zink koncentrationer (grønne område), estimeret med data intervaller fra RegnKvalitet sammenlignet mod målinger fra NOVANA (røde prikker). (th) Simuleret hændelses middelværdier mod gentagelsesperiode. Den røde stiplede linje viser vandmiljøets kvalitetskrav (akut).

## **Rensning af regnvand - En case fra Utterslev Mose. Hvorfor er der behov for “treatment trains”, for at leve op til miljøkvalitetskravene?**

### **4. Afløb**

**Sissel Tønder**<sup>1</sup>

Steen O. Petersen<sup>1</sup>, Lotte Juul Hansen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Krüger Veolia

**Nøglebudskaber:** Udgangspunktet for indlægget er en konkret case, hvor et område i Tingbjerg skal separatkloakeres, med udledning til Utterslev mose, og hvor miljømyndigheden stiller krav til udledningen.

Indlægget behandler baggrunden for, hvorfor regnvand skal renses inden udledning til en recipient, hvilke problemstillinger der opstår i lyset af dette samt hvordan det kan løses ved hjælp af blandt andet forskellige renseteknologier, ved sammensætning til et ”rense-tog”.

For hvad kan vi gøre, når befæstelsesgraden stiger, afstrømningen øges, og byfortætningen fortsætter, som samtidig vil resultere i at pladsen til rensning formindskes?

**Abstract tekst:** Belastningen af miljøfarlige forurenende stoffer i vandområder skal begrænses for at sikre, at vandområderne lever op til målsætningerne i Vandområdeplanerne 2021-2027.

Flere danske vandområder er udpeget til, at skulle opnå ‘god økologisk tilstand’ og ‘god kemisk tilstand’ senest ved udgangen af 2027, hvilket vil have en lang række positive følgevirkninger på vandområdernes dyre- og planteliv.

Utterslev Mose er et af de udpegede vandområder, hvor belastningen af miljøfarlige forurenende stoffer er særligt presserende, grundet oplandets karakteristika som bytæt område, et tidligere industriområde, og med flere årlige overløb fra fællessystemet i det omkringliggende bebyggelse, hvorfor afstrømningen af miljøfarlige stoffer til mosen er særligt høj. Derudover forventes en fremtidig forøget byfortætning at aktualisere problemstillingen yderligere.

For at imødekomme kravene i vandområdeplanerne er det besluttet, at flere af overløbene skal elimineres via separering, og der vil dermed opstå et behov for at aflede separat overfladevand til mosen. Den forøgede befæstelsesgrad i mosens nærmeste bebyggelse Tingbjerg, jf. aktuell byfortætning, betyder samtidigt, at overfladevandets volumen er særligt stor.

Det vurderes, at BAT i form af våde regnvandsbassiner ikke er tilstrækkeligt til at sikre, at miljømålet for recipienten opnås, da våde regnvandsbassiner ikke kan rense tilstrækkeligt, jf. krav i BEK 796 (Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand). For at efterkomme målsætningerne i Vandområdeplanerne 2021-2027, har HOFOR, i samarbejde med Novafos, Københavns Kommune og Gladsaxe Kommune, og ved hjælp af Krüger, undersøgt hvilke alternative muligheder der er for at rense overfladevandet, inden udledning til Utterslev Mose.

Problemstillingerne er mange og komplekse, og i løbet af indlægget vil disse lokaliseres, drøftes og forsøges løses.

Projektet formidles af Krüger Veolia, men selve projektarbejdet har bestået af et længere samarbejde

mellem miljømyndigheden, forsyninger og rådgiveren.

Projektet har mundet ud i en større rapport, hvor der blandt andet fremlægges forskellige mulige sammensætninger af renseteknologier, så udledningen overholder MKK i BEK.796. Hertil er der også fremlagt de forventede omkostninger, som de forskellige teknologier og teknologi-sammensætninger vil have.

Projektet er særligt relevant, da det ikke blot er i Tingbjerg, at disse problemstillinger opstår, ifm. Separering, men er en stigende og generel problemstilling. Rådgivere og forsyninger støder jævnligt på problematikken og derfor skal der fastslås robuste og skalerbare løsninger og principper, som kan implementeres de pågældende steder.

## **Udledninger**

2024-11-28

09:50 - 10:55

Udledninger

## **Digitalt overbliksværktøj til proces for ansøgning om udledningstilladelse**

### **4. Afløb**

**Christian Mathias Rundblad<sup>1</sup>**

Monica Elisabeth Højgaard Nielsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NIRAS A/S

<sup>2</sup> Novafos A/S

**Nøglebudskaber:** Behov for overblik over dokumentationskrav: Klagenævnets praksis ifm. vurdering af udledningstilladelser har medført behov for overblik og understøttelse af dokumentationskrav.

Kapacitets-/ robusthedsanalyser og miljøundersøgelser: Klagenævnets praksis har medført, at der i mange tilfælde både skal udføres kapacitets-/ robusthedsanalyse og miljøundersøgelse ifm. ansøgning om udledningstilladelse. Kapacitets- og robusthedsanalyse udføres de steder, hvor man ikke regulerer eller vælger naturlig afstrømning, og der foretages miljøundersøgelser i de recipienter, hvor tilstanden er ukendt.

Rettidig planlægning af forundersøgelser: Det er vigtigt at få planlagt og udført påkrævede forundersøgelser rettidigt ift. tidsplan og årstid for at undgå utilsigtede projektforsinkelser.

### **Abstract tekst: Baggrund:**

Klagenævnet har igennem de seneste år fastlagt en praksis omkring udledningstilladelser, og især har der i de seneste år været fokus på kapacitets- og robusthedsanalyserne og forudsætningerne heri. Novafos har på baggrund af den ændrede praksis igennem en årrække udarbejdet robusthedsanalyser ifm. ansøgning om udledningstilladelser for at kunne dokumentere påvirkning på recipient ifm. ny udledning. Praksis ved disse robusthedsanalyser har dog af forskellige årsager ikke været ensartet.

### **Formål:**

Derfor har Novafos ønsket et digitalt overbliksværktøj, der fra den tidlige planfase kan assistere med at formgive den gode proces i forskelligartede områder. Det digitale overblik- og flowværktøj er således udarbejdet for at opnå et overblik over Novafos' tilgang til håndtering af projekter der involverer ansøgning om udledningstilladelse, og herunder tilgang til robusthedsanalyser. Dette med henblik på evt. justering og ensretning af Novafos' nuværende praksis for ansøgninger om udledningstilladelser og vurderinger af stofpåvirkning på recipient på baggrund af klagenævnets afgørelser i særligt 2020-2023 ang. udledning af regnvand til recipienter. Værktøjet kan bruges direkte i dialog med myndighederne og behandler nogle af de fokusområder, der i stigende grad har fået indflydelse på udledningstilladelserne, herunder: kapacitetsvurdering, stofudledning, nedstrøms recipienter, overløb, påvirkning på Natura 2000-områder, Bilag IV arter samt kobling til reguleringsprojekter.

### **Anvendelse:**

Det digitale overblik- og flowværktøj skal assistere planlæggere i Novafos igennem de forskellige procestrin ifm. ansøgning om udledningstilladelse. De forskellige procestrin omfatter:

1. Overblik over proces fra idéoplæg til udledningstilladelse
2. Overblik over hvilke typer vand (og herunder tilhørende forventelige næringsstoffer og miljøfarlige stoffer) der udledes
3. Overblik over forsyningsområdets recipienter (herunder målsatte recipienter, §3-beskyttede områder, Natura 2000-områder mv.)
4. Overblik over nødvendige projekt- og recipientafhængige forundersøgelser, der bør udføres for at få dokumentationsgrundlaget for en smidig myndighedsproces. Herunder ikke mindst et overblik over, hvornår de enkelte forundersøgelser skal/bør udføres samt beskrivelse af de recipientspecifikke typer forundersøgelser i hhv. vandløb, sø, hav.
5. Overblik over alternative rensemetoder. Udledninger må ikke forringe den økologiske eller kemiske tilstand i de målsatte vandområder eller forhindre målopfyldelse. Derfor kan det være relevant at se på nye rensemetoder/produkter for tilbageholdelse af særlige næringsstoffer og miljøfarlige forurenende stoffer.

## Nye afgørelser udfordrer fremtidige byudledninger – hydrauliske vurderinger set fra et juridisk og et teknisk perspektiv

### 4. Afløb

Anja Thrane Thomsen<sup>1</sup>

Henriette Soja<sup>2</sup>

<sup>1</sup> WSP

<sup>2</sup> Horten

**Nøglebudskaber:** Danske forsyningsselskaber er gennem en årrække blevet mere og mere udfordrede på at udlede separat regnvand fra regnvandsbassiner, da praksis på området er strammet betydeligt. I forhold til den hydrauliske belastning har det frem til nu været sådan, at man måtte reducere sin udledning svarende til naturlig afstrømning, medmindre en stationær robusthedsanalyse viste noget andet. Den stationære robusthedsanalyse er dog netop blevet underkendt, og der kræves som udgangspunkt i fremtiden dynamiske analyser, såfremt princippet omkring naturlig afstrømning skal fraviges. WSP og Horten vil sammen præsentere de juridiske og tekniske rammer for de nye retningslinjer og foreslå en praktisk tilgang indenfor disse retningslinjer.

**Abstract tekst:** Der er siden efteråret 2023 kommet en række afgørelser omkring vurdering af den hydrauliske påvirkning af vandløbsrecipienter. Horten og WSP ønsker derfor i fællesskab at give tilhørerne bedst muligt overblik over afgørelsernes tekniske og juridiske betydning samt hvilke muligheder (analysemetoder og vurderinger), der bør tages i anvendelse i forbindelse med fremtidige udledninger, så regnvandshåndteringen også i fremtiden kan udformes på en bæredygtig måde, der inddrager klagenævnets nye retningslinjer. Fokus vil være på, hvordan man konkret kan analysere, og hvad man skal være opmærksom på i forbindelse med tilladelser og ved vandløbsreguleringer – et tiltag som de nye afgørelser åbner for.

Afgørelserne betyder, at den tidligere accepterede metode til fastsættelse af afløbstal fra planlagte bassiner ikke længere er tilstrækkelig, da den ikke inddrager hyppigheden af oversvømmelser i recipienterne, og der således skal laves betydeligt mere detaljerede vurderinger med dynamiske beregninger i fremtiden. Dette har stor betydning for såvel kommuner som forsyninger, da disse udfordres i at give og få udledningstilladelser til regnvandsbassiner. De nye afgørelser siger i udgangspunktet, at der ikke kan tillades udledning af vand med et afløbstal højere end naturlig afstrømning, hvis den fremtidige situation giver anledning til hyppigere eller større oversvømmelser, end hvis der ikke havde været befæstede arealer med afløb til vandløbet. Dette betyder, at hvis man vil udlede til et vandløb, hvor den eksisterende situation giver anledning til større eller hyppigere oversvømmelser, end hvis der ikke havde været en by, skal der som udgangspunkt drosles til naturlig afstrømning.

Udledning til naturlig afstrømning er ikke nødvendigvis umuligt, men det betyder som udgangspunkt afløbstal i spændet mellem 0.15 og 0.6 l/s/reduceret ha. Afløbstal i denne størrelsesorden giver anledning til store bassiner, som er vanskelige og dyre at anlægge, men som også resulterer i et markant CO<sub>2</sub>-aftryk som følge af bl.a. en omfattende jordflytning.

Dette er en strammere og mere restriktiv af fortolkning af spildevandsbekendtgørelsen, og det

udfordrer i høj grad vandhånderingsplanlægningen i Danmark. Horten og WSP har sammen studeret de pt. fem afgørelser og vi vil gerne bidrage med vores fortolkning af, hvordan man simpleste muligt implementerer retningslinjerne, der kan læses ud af de nye afgørelser. Vi vil bl.a. fremlægge eksempler på, hvordan man kan lave beregningerne - både simple og komplekse - og hvordan man juridisk skal forholde sig til afgørelserne og afgørelsernes forslag til regulering som kompensation for udledning.

Yderligere vil vi supplere med, hvordan vi fagligt mener at man bør supplere klagenævnets vurderinger med betragtninger af status quo frem for blot en teoretisk upåvirket tilstand, som sjældent har eksisteret, samt fremlægge de juridiske forudsætninger for, hvorfor denne afvigelse bør være i overensstemmelse med lovgivningen.



## Praktisk tilgang til vurdering af udledningen af miljøfarlige stoffer i forbindelse med udledningstilladelser

### 4. Afløb

Maja La Cour Bohr<sup>1</sup>

Anja Thrane Thomsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> WSP

**Nøglebudskaber:** Ved udledning af regnvand fra bl.a. regnvandsbassiner er der for nuværende er forøget fokus på udledningen af miljøfarlige stoffer. Der er gennem det sidste års tid kommet forskellige tolkninger og vejledninger omkring, hvordan man skal forholde sig til påvirkningen af vandmiljøet i forhold til udledning af miljøfarlige stoffer, men der er p.t. ikke én samlet lavpraktisk vejledning. I dette oplæg vises praktiske eksempler på forskellige tilgange afhængigt af eksisterende viden. Der vises eksempler på anvendelse af eksisterende data i recipienten, anvendelse af nærliggende repræsentativt data og tilvejebringelse af nyt data, samt hvordan det kan anvendes i en ansøgning om udledningstilladelse.

**Abstract tekst:** En nyere afgørelse fra Miljø- og Fødevarerklagenævnet\* omkring udledning af miljøfarlige stoffer peger entydigt på, at der fremover lægges mere vægt på overholdelse af miljøkvalitetskravene i recipienterne og mindre på anvendelse af BAT. Det ønskes med dette oplæg at hjælpe forsyningssektoren med at lave de mest optimale vurderinger af effekten af udledning af miljøfarlige stoffer på en måde, der er i tråd med EU-lovgivningen og nyere afgørelser fra Miljø- og Fødevarerklagenævnet, men som også er praktisk mulig at gennemføre.

Afgørelsen betyder, at det er nødvendigt ved hvert udløbspunkt at vurdere, hvilken effekt den samlede udledning har på den pågældende recipient. Ud fra dette vurderes det, hvorvidt der faktisk er mulighed for at udlede til nærmeste recipient med traditionel rensning, om det kræves øget rensning eller det er nødvendigt at udlede til en anden recipient.

I vurderingerne skal oplysninger om de berørte vandområders aktuelle tilstand inddrages. Behovet for dokumentation af både eksisterende og planlagte udledningers påvirkning af stofkoncentrationen i recipienten, betyder, at der er behov for en analysemetode og evt. et måleprogram.

Afgørelsen betyder at Miljøstyrelsen suspenderede deres vejledning og i skrivende stund barsler med en revideret vejledning i forhold til håndtering af almindeligt belastet regnvand. Miljøstyrelsen har i den forbindelse meldt ud, at pågældende vejledning ikke vil besvare alle spørgsmål. Vi som branche er derfor nødt til selv at foreslå en fagligt tilgang, til vurderingen af udledningers miljøeffekt.

Med udgangspunkt i en række konkrete sager, hvor regnvandsudledningers potentielle miljøeffekt har været i fokus, præsenteres vores erfaringer med denne problemstilling samt de metoder og strategier, vi sammen med kunderne har udviklet for at kunne gennemføre den påkrævede miljøvurdering. De konkrete sager omhandler både tilfælde, hvor der allerede findes data for recipienternes tilstand, og tilfælde hvor der ikke er eksisterende data.

Vi kan derfor præsentere metoder til, hvordan man vurderer effekten af udledningen, hvis der er data

i berørte recipienter, hvordan man ekstrapolerer data fra andre recipienter, samt hvordan man udarbejder et måleprogram. Herunder præsenteres det, hvordan vi har udvalgt stoffer, der inddrages i vurderingen - idet der er 180 stoffer med et miljøkvalitetskrav, hvilket for de fleste projekter er både for omfattende og vanskeligt at måle for.

Yderligere præsenteres beregningseksempler fra WSP's beregningsprogram - SUMBA - som kan anvendes til vurdering af renses effekter. Programmet beregner bl.a. den aktuelle rensesgrad i regnvandsbassinerne med udgangspunkt i samme metoder som programmet WDP (udviklet af AAU). Dette værktøj kan hjælpe med at afveje balancen mellem behov for en hydraulisk dæmpet udledning og behovet for øget rensning.

I vores oplæg vil vi lægge vægt på at vise praktiske tilgange til at nå i mål med de nødvendige vurderinger jf. klagenævnets afgørelser omkring kemisk tilstand.

\*Miljø- og Fødevareklagenævnets afgørelse 22/02461 vedr. Horsens Kommune, fra d. 23. februar 2023.

**LCA**

2024-11-28

09:50 - 10:55

LCA

## Fremtidens spildevandsbassin - Design med bæredygtighed for at reducere tab af biodiversitet, klimapåvirkning og ressourceknaphed

### 7. Bæredygtighed

Christoffer Kjær Bechgaard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> COWI

**Nøglebudskaber:** Med bæredygtighed som et centralt fokus sigter Folemarksvej-projektet (underjordisk spildevandsbassin) mod at:

- Reducere forbruget af beton og stål og minimere miljøpåvirkningen
- Implementere forskellige initiativer for en mere bæredygtig tilgang

Ved at prioritere bæredygtighed som disciplin sammen med andre projektaspekter søger projektet at:

- Integrere bæredygtig praksis i alle projektfaser
- Udfordre konventionelle normer og fremme innovative løsninger

Projektet eksemplificerer en forpligtelse til bæredygtighed og viser mulighederne for at nå miljømål i byggeprojekter inden for ingeniørsamfundet.

**Abstract tekst:** Projektet er dedikeret til at erstatte et eksisterende åbent bassin med et nyt underjordisk spildevandsbassin med en kapacitet på ca. 12.500 m<sup>3</sup>. Bæredygtighed er i centrum i dette initiativ ledet af HOFOR, med et stærkt fokus på at minimere miljøpåvirkningen, reducere beton- og stålforbruget og adressere projektets kulstofaftryk. Desuden har projektet til formål at udfordre konventionel praksis og tjene som et udstillingsvindue for at inkorporere bæredygtighedsinitiativer. Ved at anvende en innovativ tilgang, såsom at bruge slaggebeton og implementere livscyklusvurderingsberegninger (LCA) i designfasen for at give indsigt i de miljømæssige konsekvenser og identificere områder, der kan forbedres, viser projektet HOFORs engagement i bæredygtighed og deres ønske om at udforske alternative løsninger.

I erkendelse af behovet for en omfattende bæredygtighedstilgang har projektet udviklet en bæredygtighedsstrategi, der styrer dets initiativer. Strategien fungerer sammen med en bæredygtighedslog som en ramme og et værktøj til at integrere bæredygtighed i forskellige aspekter af projektet og overvåge processen og resultaterne. I projektet er der udvalgt 6 bæredygtighedstemaer ud fra HOFORs koncernstrategi om bæredygtighed. Temaerne er følgende: ressourceknaphed, klimaændringer, biodiversitet, vandknaphed, jord- og arealanvendelse og levedygtighed. Inden for hvert tema blev der valgt forskellige bæredygtighedsinitiativer lige fra minimering af beton- og stålforbrug i design, genbrug / genanvendelse af beton, jord, grund- og overfladevand, brug af cement med lavt kulstofaftryk til at øge biodiversiteten på stedet blandt andre initiativer.

I overensstemmelse med bæredygtighedsstrategien sigter projektet mod at genbruge materialer fra det eksisterende anlæg, når det er muligt, og fremme en cirkulær økonomi. Materialer som knust

beton fra den demonterede struktur kan genanvendes i konstruktionen af nye rensningslag eller genanvendes af eksterne ressourcetagere. Denne tilgang bidrager til at minimere spild og reducere projektets miljøpåvirkning.

Ved at omfavne bæredygtighed som en grundlæggende disciplin adresserer projektet aktivt seks prioriterede bæredygtighedstemaer: ressourceknaphed, klimaændringer, biodiversitet, vandknaphed, jord- og arealanvendelse og levedygtighed. Ved at fokusere på disse områder sigter projektet mod at opnå positive miljømæssige og sociale påvirkninger, hvilket sikrer et holistisk og langsigtet bæredygtigt resultat.

## Praktiske erfaringer med reducere af klimapåvirkning af vandværksprojekter

### 7. Bæredygtighed

**Jeppe Poulsen**<sup>1</sup>

Hildur Káradóttir<sup>2</sup>, Nana Skröder<sup>3</sup>, Simone Nielsen<sup>2</sup>, Louise Friberg<sup>3</sup>

<sup>1</sup> HOFOR A/S

<sup>2</sup> NIRAS A/S

<sup>3</sup> COWI A/S

**Nøglebudskaber:** HOFOR arbejder aktivt med Livscyklusvurdering (LCA) på nybygningen af seks nye vandværker. En LCA indeholder adskillige faser og elementer, og det er derfor vigtigt at forsyninger, som bygherre, tager stilling til hvordan der skal arbejdes med LCA på projekter. Det har været vigtigt for HOFOR at procesanlægget var inkluderet i LCA'en da dette udgør et væsentligt bidrag af projektets samlede klimapåvirkning. HOFOR vil dele sine praktiske erfaringer med at reducere klimapåvirkningen fra vandværksprojekterne med fokus på procesanlægget.

**Abstract tekst:** HOFOR er på nuværende tidspunkt i gang med at transformere og nybygge seks af deres eksisterende vandværker for at tilbyde blødere vand til forbrugerne i hovedstadsområdet. HOFOR har stor fokus på bæredygtighed, og har fra begyndelsen af projektet anerkendt behovet for at udvikle en bæredygtighedsvurdering, der omfatter både bygningen og selve procesanlægget i et vandværk.

Hvordan bygger vi vandværker med så lille et klimaaftryk som muligt? Bygningsreglementet stiller pr. 1 januar 2023 krav til bygningers klimaaftryk men en stor del af et vandværk udgøres af procesanlægget. Derfor blev det tidligt besluttet at udarbejde en så omfangsrig LCA som mulig.

Kravene i bygningsreglementet til klimapåvirkning omfatter vandværker, så snart en del af bygningen er omfattet af en energiramme. Det er dog kun selve bygningen og dens drift (opvarmning og belysning), som er omfattet af kravene og ikke selve procesanlægget (tanke, hovedkomponenter mv.), udførelsen (transport, forbrug på pladsen og spild), drift ifm. vandprocessen (energi, forbrugsstoffer og restprodukter) og terræn (elementer i og under terræn udenom bygningen: belægnings, installationer i jord mv.).

I arbejdet med livscyklusvurderinger (LCA) har det i den forbindelse været nødvendigt at udarbejde et levende vandværksspecifikt beregningsmetodenotat, for at holde styr på en metode, som konstant er i udvikling: Hvad der inkluderes og ekskluderes i beregningen, og hvordan grænsefladerne mellem bygning, procesanlæg og terræn defineres. Det kan være udfordrende, da nogle komponenter og arealer ligger i en gråzone mellem bygning og proces.

Erfaringer fra arbejdet med klimapåvirkning på projekterne har vist, at selve vandværksbygningen fylder ganske lidt i den samlede opgørelse af klimapåvirkningen, når der sammenlignes med procesanlægget, drift ifm. vandprocessen og terræn, og at det derfor er vigtigt og meningsfuldt at inkludere mere, end hvad bygningsreglementet kræver.

En opgørelse af klimapåvirkningen for procesanlægget har gjort det muligt at se hvilke faser, eller

elementer fra procesanlægget, har den største CO<sub>2</sub>e udledning. Dette er brugt til at identificere indsatser der bliver implementeret i projekterne f.eks. ved at stille CO<sub>2</sub>e krav til stål. Ved en markedsdialog med flere stålgrossister er HOFOR kommet frem til et realistisk CO<sub>2</sub>e krav der kan stilles til stål, og som alle de bydende entreprenører honorere. Derudover stilles der krav til andelen af genanvendt materiale i den brugte stål og stålværkernes arbejde med CSR og udvalgte ISO-certificeringer.

Erfaringer herfra har vist, at det ikke er nok at stille krav i udbud til entreprenørerne, men at det er vigtigt, at man som bygherre og rådgiverteam også interesserer sig for entreprenøren og værdikæden.

I en kommende præsentation vil vi dykke mere ned i metoden for vores arbejde med LCA og de indsatser og krav til udbud som er resultat af LCA-analysearbejdet.

## **Drikkevandsbehandling**

2024-11-28

11:25 - 13:10

Drikkevandsbehandling



## Undersøgelse af migration af uønskede stoffer til drikkevand fra resiner ved PFAS-fjernelse

### 2. Drikkevand

**Julie Elise Christoffersen**<sup>1</sup>

Anne H. Thomsen<sup>1</sup>, Laila Vinther<sup>1</sup>, Peter W. Knudsen<sup>2</sup>, Rasmus N. Ottosen<sup>3</sup>, Selina Tisler<sup>4</sup>, Jan H. Christensen<sup>4</sup>, Liselotte Clausen<sup>5</sup>, Hans-Jørgen Albrechtsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Miljø- og Ressourceteknologi

<sup>2</sup> Wendt & Sørensen

<sup>3</sup> SILHORKO-EUROWATER A/S

<sup>4</sup> Københavns Universitet, Institut for Plante- og Miljøvidenskab

<sup>5</sup> HOFOR, Hovedstadens Forsyning

**Nøglebudskaber:** Når der anvendes resiner til at fjerne PFAS fra drikkevand, er det vigtigt at være opmærksom på, om der sker en migration af uønskede stoffer fra resiner til vandet. Vi undersøgte migration fra tre resiner til PFAS-fjernelse ved hjælp af en række specifikke analyser og ved Non-Target screening.

**Abstract tekst:** PFAS påvises med stigende hyppighed i grundvand. PFAS er f.eks. påvist i 18 % af de undersøgte grundvandsboringer til drikkevandsproduktion i Danmark, og koncentrationen overstiger kvalitetskravet på 2 ng/L for SUM 4 PFAS (PFAS, PFOA, PFHxS og PFNA) i 6 % af prøverne. Et par vandværker behandler nu for PFAS, og andre leder efter mulige løsninger. Brug af resin er en mulighed for at fjerne PFAS, enten som en primær teknologi eller som et poleringstrin efter GAC-behandling. Resiner overvejes især som en løsning, hvis pladsen er begrænset på vandværket.

Resiner er organiske polymere materialer med funktionelle grupper med ionbytter-egenskaber. Når polymere materialer er i kontakt med drikkevand, kan nogle molekyler migrere fra materialet ind i vandet. Denne afsmitning er vigtig at undersøge grundigt, så vandbranchen ikke implementerer en renseteknik, der fjerner PFAS, men tilføjer andre miljøfremmede stoffer til drikkevandet i stedet.

I dette projekt undersøgte vi afsmitning fra tre ionbytter-resiner til PFAS-fjernelse i en laboratorieundersøgelse baseret på internationale standarder (f.eks. NFS/ANSI/CAN 61). Resinerne blev forbehandlet som anbefalet af producenten ved ibrugtagning og opstart af filtre med resiner til fuldskalaanvendelse. Derefter blev resinerne gennemvædet med vand i 1 time, hvorefter vandet blev kasseret. Denne procedure blev gentaget, og vand blev udtaget til analyse fra den 2. og 3. udvaskning.

Et udvalg af stoffer og stofgrupper blev analyseret med konventionel, specifik analyse. De forbindelser, der blev analyseret for, var udvalgt baseret på tidligere påvist afsmitning og ved at undersøge recepturen til fremstilling af nogle resiner. Heri fandtes en række forbindelser klassificeret som fortrolige. For at overvinde denne udfordring samt for at sikre, at analyseprogrammet omfattede alle relevante forbindelser, blev der også udført non-target (ikke-målt) screening ved opkoncentrering med Solid Phase Ekstraktion (SPE) og analyse med LC-QTOF-MS.

Resultaterne viste forskellig migration fra forskellige resiner, både hvad angår forbindelser og koncentrationer. Der blev påvist migration ved tydelige fund både ved specifikke og non-target analyser, hvor det migrerede stof var til stede i betydende koncentrationer. Med specifik analyse blev blandt andet påvist migration af NDBA i prøver fra alle resiner. Migration af tributylamin blev påvist for to ud af tre resiner i særligt høje koncentrationer med specifik analyse og blev påvist med non-target analyse for alle tre resiner. Desuden blev der for to ud af tre resiner påvist migration af 1,2-dichlorethan, hvor flere fund var i koncentrationer over kvalitetskrav til drikkevand (BEK 1023 af 29/06/2023).

Foruden fund med specifikke analyser blev der med non-target analyse påvist en række andre stoffer/fragmenter, der i høj grad belyste relevansen af at supplere specifikke analyser med ikke-målede analyser i afsmitningsundersøgelser. Undersøgelsen vil foreslå et overvågningsprogram, der angiver relevante forbindelser at analysere for, hvis resiner implementeres i drikkevandsbehandling.

Projektet er delvist finansieret af VUDP.

## Pilotundersøgelser til sammenligning af adsorptionsteknologier til rensning for PFAS på HOFORs største kildeplads

### 1. Grundvand

#### Christine Mosegaard Jensen<sup>1</sup>

Liselotte Clausen<sup>1</sup>, Mathilde Jørgensen Hedegaard<sup>1</sup>, Natasa Skrbic<sup>1</sup>, Oliver Schürmann<sup>1</sup>, Sonsoles Quinzanos<sup>1</sup>, Anne Holm Thomsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HOFOR A/S Ørestads Boulevard 35, DK-2300 København S

**Nøglebudskaber:** Siden 2017 har de danske vandforsyninger analyseret for en række ”nye” miljøfremmede stoffer, og omfanget af fundene er betragtelige. Derudover reducerede Miljøstyrelsen i 2021 grænseværdien for summen af fire PFAS i drikkevand (PFOA, PFHxS, PFNA og PFOS) til 2 ng/L. De nye krav til PFAS-stofferne udfordrer den årlige produktionskapacitet på Solhøj Kildeplads som er HOFORs største kildeplads, til i 2023 kun at kunne udnytte 63% af indvindingstilladelsen på 5 mio. m<sup>3</sup>/år. Der måles både kort- og langkædede PFAS og i enkelte boreriger på Solhøj Kildeplads er summen af fire PFAS målt op til 8 ng/L. Derfor har HOFOR undersøgt fordele og ulemper ved forskellige adsorptionsteknologier i pilotskala på Solhøj Kildeplads, og resultaterne viste, at det er muligt at reducere summen af fire PFAS til under 2 ng/L.

**Abstract tekst:** Selvom HOFOR overholder kvalitetskravene til drikkevandet, udfordrer miljøfremmede stoffer vandindvindingen og -produktionen, hvilket gør vandforsyningen mindre robust. Siden 2018 har fund af pesticidresten DMS og PFAS reduceret HOFORs årlige samlede produktionskapacitet. Derfor er HOFOR nødt til at undersøge nye renseteknologier for at øge beredskabet over for forurening.

Solhøj Kildeplads er HOFORs største kildeplads, og har stor betydning for forsyningssikkerheden. Kildepladsen kan levere 5 mio. m<sup>3</sup>/år og udgør normalt ca. 60% af vandet til Værket ved Thorsbro. Indvindingen fra Solhøj Kildeplads er på nuværende tidspunkt reduceret med 1,7 mio. m<sup>3</sup>/år og udgjorde i 2023 kun 42% af den samlede indvinding til Værket ved Thorsbro. Der måles PFOA, PFHxS, PFHxA, PFBA, PFBS og PFPeA i koncentrationer op til 7 ng/L for de enkelte stoffer og op til 8 ng/L for summen af fire PFAS i indvindingsboringerne.

Formålet med dette projekt var at afprøve forskellige adsorptionsteknologier til at håndtere udfordringerne med PFAS på Solhøj Kildeplads, og undersøge effektiviteten og kvaliteten af disse rensemetoder. Vandet fra en boring blev behandlet i fem parallelle pilotanlæg:

1. I et anlæg med pulveriseret aktivt kul (PAC) og keramiske membraner
2. I en reaktor med fluidiseret mikrogranulært aktivt kul (µGAC, AquaSorb™ AS6300)
3. I et anlæg baseret på konventionel aktiv kulfiltrering (GAC-filtrering) (AquaSorb™ AS2000) efterfulgt af ionbytterresin (Resinex PFCR-1)
4. I et anlæg med to GAC-filtre i serie med en kulblanding (AquaSorb™ F23)
5. I et anlæg med to GAC-filtre i serie, med hver deres type af kul (AquaSorb™ AS6300 og AquaSorb™ J200).

Hver forsøgslinje blev forsynet med ca. 2 m<sup>3</sup>/time med vand fra den mest PFAS-påvirkede indvindingsboring. Ved at køre forsøgene parallelt, var det muligt at lave en direkte sammenligning af teknologiernes effektivitet og omkostninger.

Der er udtaget vandprøver af indløbsvandet og efter hver forsøgslinje til analyse for PFAS og andre generelle kemiske parametre. Desuden, har KU udført non-target screeninger af vandprøver fra anlæggene med high resolution mass spectrometry. Det var på den måde muligt at screene vandet for > 2000 relevante forbindelser og vurdere, om nogen af de testede metoder kan være en kilde til afsmitning.

Projektet startede i maj 2023 og forventes at minimum køre til udgangen af 2024, og der vil derfor foreligge et omfattende nyt datagrundlag til Dansk Vand konferencen. Vi forventer derfor at kunne præsentere fjernelseeffektiviteter for fem undersøgte adsorptionsteknologier samt resultater fra non-target screeninger af vandprøver fra de fem pilottest. De foreløbige resultater peger på, at der for nogle adsorptionsteknologier er lovende fjernelser, som kan reducere sum4 PFAS til under detektionsgrænsen. Samtidig er der indikationer på afsmitning fra pilotanlæg med ionbytterresin.

## Blødgøring med CO<sub>2</sub> - Første år med CARIX på Solrød Vandværk

### 2. Drikkevand

**Rasmus Boe-Hansen**<sup>1</sup>

Jørgen Iversen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Krüger A/S

**Nøglebudskaber:** CARIX processen fungerer i hovedtræk som traditionel ionbytning, blot anvendes CO<sub>2</sub> i stedet for salt. Dette giver en bedre drikkevandskvalitet, mindre risiko for korrosion og et lavere miljøaftryk sammenlignet med den traditionelle ionbytning.

Solrød Vandværk har som det første vandværk i Norden implementeret CARIX-ionbytning (CARbon Dioxide Regenerated Ion EXchange) til blødgøring. Indlægget præsenterer erfaringerne med etableringen af et moderne blødgøringsanlæg i en mindre forsyning.

**Abstract tekst:** Blødgøring af hårdt drikkevand er ofte gavnligt, da det reducerer omkostninger og miljøpåvirkning ved forbrugeren. Dette sker blandt andet ved at mindske behovet for husholdningskemikalier. En moderne løsning til blødgøring af vand er CARIX ionbytning (CARbon Dioxide Regenerated Ion EXchange), som nu er implementeret på det første nordiske vandværk i Solrød.

CARIX-teknologien tilbyder en avanceret version af ionbytter-teknologien, som er særligt velegnet til små til mellemstore vandforsyninger. CARIX-processen fungerer i princippet som traditionel ionbytning, men i stedet for salt anvendes CO<sub>2</sub>. Denne metode forbedrer drikkevandskvaliteten, reducerer risikoen for korrosion og efterlader et mindre miljøaftryk sammenlignet med traditionelle ionbytningsmetoder.

CARIX-processen fjerner såvel kationerne calcium og magnesium som anionerne sulfat, nitrat og klorid. I modsætning til andre blødgøringsmetoder er CARIX processen kemikaliefri og øger derfor heller ikke saltindholdet, hverken i drikke- eller spildevandet.

De første danske driftserfaringer med CARIX-teknologien har været positive. Anlægget i Solrød har vist sig at kunne levere konsekvent høj kvalitet af blødt vand med lille miljøpåvirkning. Den stabile ydeevne og den enkle drift har bekræftet, at CARIX-teknologien er en pålidelig løsning for danske vandforsyninger. Vandspildet for den samlede vandbehandlingsproces har været under 5%, hvilket er lidt højere end alternative blødgøringsteknologier som kalkpillemetoden og traditionel ionbytning.

Som en del af den kommende tyske materiale godkendelsesordning er risikoen for afsmitning fra anlægget, herunder ionbytningsresinerne, blevet undersøgt. Dette sikrer, at CARIX-systemet opfylder de nødvendige sikkerheds- og kvalitetsstandarder for drikkevand.

## Hvordan råvandets indhold af miljøfremmede stoffer påvirkes af vandbehandlingen på 47 danske vandværker – undersøgt med non-target metoder

### 2. Drikkevand

**Peter Lysholm Tüchsen**<sup>1</sup>

Martin Hansen<sup>2</sup>, Ida Langberg Balsby<sup>3</sup>, Ulla Brinkmann Trettenes<sup>4</sup>, Liselotte Clausen<sup>5</sup>, Henriette Jakobsen<sup>6</sup>, Iben Kirchberg Nilsson<sup>7</sup>, Jan Christian Pedersen<sup>8</sup>, Jørgen Sørensen<sup>9</sup>, Bo Vægter<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Novafos A/S

<sup>2</sup> Aarhus Universitet

<sup>3</sup> TREFOR

<sup>4</sup> VandCenterSyd

<sup>5</sup> HOFOR

<sup>6</sup> FORS

<sup>7</sup> DINforsyning

<sup>8</sup> Aalborg Forsyning

<sup>9</sup> Hjørring Vandselskab

<sup>10</sup> Aarhus Vand

**Nøglebudskaber:** Ni af de største vandforsyninger i Danmark undersøger tilstedeværelsen af ukendte miljøfremmede stoffer i drikke- og råvand på 47 vandværker. Projektet er en fortsættelse af en tidligere undersøgelse og sigter mod at klarlægge om stofferne stammer fra vandbehandlingen eller grundvandet. Forbedrede non-target analysemetoder har gjort det muligt at identificere flere stoffer, herunder medicin-, pesticid- og industrikemikalier som diklofenak, terbutylazin og PFAS. Resultaterne viser ændringer i vandets kemiske sammensætning og peger på reguleringsmæssige udfordringer, herunder manglende grænseværdier og sundhedsvurderinger af de påviste stoffer og stofblandinger.

**Abstract tekst:** Ni af de største vandforsyninger i Danmark er i regi af InSa-Drikkevand gået sammen om en undersøgelse af tilstedeværelsen af hidtil ukendte miljøfremmede stoffer i drikke- og råvandet på 47 vandværker. Projektet er en fortsættelse af et tidligere projekt, hvor drikkevandet fra 17 vandværker blev undersøgt med non-target analyser (NTA). Det er efterfølgende blevet klart, at det er nødvendigt at afklare i hvor høj grad stoffernes tilstedeværelse i drikkevandet skyldes selve vandbehandlingen på vandværket, eller om stofferne er grundvandsrelaterede. Forbedringer af analysemetoden har også gjort det muligt at undersøge for flere stoffer end hidtil, især de meget mobile stoffer som fx R471811 og DMS kommer nu også med i NTA-analyserne. I det nye projekt er de 100 milliliter store vandprøver blevet analyseret på 5 forskellige platforme koblet til højtopløseligt massespektrometri, hvor der hidtil kun blev brugt 3 forskellige platforme. Med det nye projekt har det været muligt at genskabe de tidligere resultater samt identificere nye stofgrupper, som hidtil ikke har været muligt (fx. PFAS).

Den første samlede iteration af resultater fra alle vandprøve foreligger primo juni, og projektet forventes afsluttet i efteråret 2024. Allerede nu har vi de første indikationer på fund af medicin-, pesticid- og industrikemikalierester som ikke tidligere er påvist i dansk drikkevand fx diklofenak, terbutylazin og forgrenet PFAS. Desuden kan der konstateres en væsentlig ændring af den kemiske sammensætning af vandet som følge af både simpel og avanceret vandbehandling på vandværket.

Indlægget vil tage udgangspunkt i udvalgte vandværker.

De mange nye stoffer, der påvises, afføder en del udfordringer af reguleringsmæssig karakter, fx manglende grænseværdier, akkreditering og manglende sundhedsmæssige vurderinger af både stofferne og stofblandingerne. I indlægget vil vi pege på de konkrete udfordringer, som anvendelsen af NTA-metoder skaber, samt behovet for nytænkning på dette område.

## Spildstrømme i dansk vandforsyning med udgangspunkt i okkerslam

### 7. Bæredygtighed

**Thea Schjær Hummelshøj**<sup>1,2</sup>

Hans-Jørgen Albrechtsen<sup>1</sup>, Vibeke Nørgaard<sup>2</sup>, Rasmus Boe-Hansen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DTU

<sup>2</sup> Krüger Veolia

**Nøglebudskaber:** Traditionelt fokuserer vandbehandling på produktionen af rent drikkevand oftest uden fokus på spildstrømme. Dette projekt kortlagde danske vandforsyningers spildstrømme og undersøgte mulighederne for genanvendelse med særlig fokus på okkerslam, som i dag er den langt største spildstrøm. Data fra forsyninger på tværs af landet viste, at omkring 63 % af okkerslammet deponeres. Manglende viden om arsens opførelse i tekniske systemer, og i miljøet, har resulteret i en meget forskellig regulering fra kommune til kommune. Samlet set er der potentiale for at udnytte mere okkerslam ved at anvende en mere helhedsorienteret tilgang.

**Abstract tekst:** Traditionelt har vandbehandling fokuseret på at producere rent drikkevand, mens håndteringen af de resulterende spildstrømme ofte er blevet overset. Med inspiration fra tankegangen i cirkulær økonomi, havde projektet til formål at adressere mængden af affald, som produceres under drikkevandsbehandling og gå i dybden med mulighederne for at genanvende ressourcerne i returskylleslam (okkerslam), som er den mest udbredte og voluminøse spildstrøm i dansk drikkevandsforsyning. Som del af projektet blev der indsamlet data fra 20 forsyninger, herunder kemiske analyser af okkerslam fra 44 vandværker, for at kortlægge sammensætningen af dansk okkerslam, samt undersøgt, hvor okkerslammet ender.

I alt har denne kortlægning omfattet ca. 6400 tons/år okkerslam, fra 18 forsyninger, hvoraf 63 % forventedes deponeret. 19 % blev sendt til biogasanlæg og 18 % til renseanlæg, hvor okkerslammet som udgangspunkt gav nytteværdi ved at erstatte andre fældningskemikalier. Projektet undersøgte derudover mulighederne for, at mere okkerslam genanvendes i Danmark. Tre alternative genanvendelsesmuligheder blev identificeret: 1) brug i gødningsproduktion, 2) fremstilling af jernhydroxidpulver eller -pellets til brug i biogas- og renseanlæg, og 3) udvinding af kritiske råmaterialer.

Det var tydeligt, at reguleringen på området varierer på tværs af kommuner, hvilket skaber ulige muligheder for vandforsyningerne. Derudover udgjorde arsen, i det kortlagte okkerslam, med en gennemsnitkoncentration på 362 mg/kg TS, en begrænsning for anvendelse i biogas- og renseanlæg og ligeledes også i nye alternativer for genanvendelse. Der mangler forskningsbaseret evidens for, hvad der sker med arsen, når det ender i biogas og renseanlæg. Denne viden kan bidrage til, at potentielt mere okkerslam kan nyttiggøres uden bekymring for arsenforurening.

Fremtidige løsninger, til at sikre en mere bæredygtig vandforsyning og, at flest mulige ressourcer bliver genanvendt, kan kræve en mere holistisk tilgang. Kan vi reducere mængden af spildstrømme? Kan vi designe processer således, at kvaliteten af spildstrømmene er optimal for udnyttelse? Dette kan bl.a. indbefatte krav til råvandskvalitet, som sikrer okkerslam uden høje koncentrationer af farlige stoffer og dermed undgå, at okkerslammet ender på deponi og ikke nyttiggøres.





#### **4. renssetrin**

2024-11-28

11:25 - 13:10

4. renssetrin

## Europæisk erfaringsopsamling – 4. rensetrin

### 3. Spildevand

**Jacob Kragh Andersen**<sup>1</sup>

Lotte Bjerrum Friis-Holm<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> Teknologisk Institut

**Nøglebudskaber:** Mange danske renselanlæg står foran en kommende implementering af 4. rensetrin. Der er pt. ingen fuld-skala implementeringer i Danmark, så der er behov for at trække på eksisterende udenlandske erfaringer. Et nyt samarbejdsprojekt har til formål at samle erfaringer fra Schweiziske og Tyske fuld-skala installationer af 4. rensetrin og overføre denne viden til en dansk kontekst. I disse 2 lande er der 60+ installationer og omkring 100 projekter undervejs. Fokus i projektet er opsamling af viden om renseseffektivitet, investerings- og driftsomkostninger, driftsnøgletal og klimabelastninger fra implementering af 4. rensetrin.

**Abstract tekst:** Byspildevandsdirektivet står for døren og samtidig står flere forsyninger allerede nu overfor implementering af nye udledningstilladelser med krav om reduktion af mikroforureninger, med heraf afledte store anlægsinvesteringer.

Et nyt samarbejdsprojekt har til formål at samle erfaringer fra udenlandske fuld-skala installationer af 4. rensetrin og overføre denne viden til en dansk kontekst. Partnerne består af Teknologisk Institut, Envidan, Biofos, Vandcenter Syd, Kalundborg Forsyning, Vandmiljø Randers, EnvaFors, Arwos og Clean.

De udenlandske erfaringer skal primært indhentes fra Schweiz og Tyskland, hvor der tages kontakt til eksisterende vidensinstitutioner og evt. direkte kontakt til driftspersonale på anlæg og leverandører af teknologi. I Schweiz og Tyskland er der 60+ fuld-skala installationer af 4. rensetrin og omkring 100 projekter undervejs. De gennemgående teknologier er ozonering og aktivt kul (enten granulært aktivt kul (GAK) eller partikulært aktivt kul (PAK)), enten som separate teknologier eller i kombination (bl.a. med sandfilter og med hinanden). Viden omkring det 4. rensetrin øges hurtigt i de lande, hvor fuld-skala anlæg er implementeret, og der bør bygges en "vidensbro" for at gøre den danske spildevandsbranche klar til implementering.

Hovedfokus i projektet vil være at dykke ned i en række parametre, herunder renseseffektivitet ved forskellige typer løsninger samt investerings- og driftsomkostninger, driftsnøgletal og klimabelastninger. Et af de overordnede mål vil også være at forstå rationalet bag valget af de forskellige teknologier i Schweiz og Tyskland: hvilke faktorer var drivende for valg af teknologi? Resultaterne af dette projekt skal fungere som et effektivt beslutningsværktøj der kan hjælpe de danske forsyninger med at planlægge deres aktiviteter i forbindelse med implementering af det 4. rensetrin.

De udenlandske erfaringer skal overføres til danske forhold og især dansk lovgivning, hvilket er en meget vigtig faktor ift. valg af teknologier. I Danmark er flere forsyninger i gang med at planlægge implementering af det 4. rensetrin, bl.a. i Egå, Hillerød og Køge. Det forventes at der i høj

udstrækning skal anvendes kombinationer af teknologier i Danmark, da kravene forventes at blive skærpede ift. f.eks. Schweiz, hvor kravet er en 80 % gennemsnitsreduktion af en række indikatorstoffer.

Projektet er startet primo maj og forventes færdigt i efteråret, inden Dansk Vand Konference 2024. Dermed vil projektets overordnede resultater kunne præsenteres og inddrages som element i afsøgnings- og beslutningsfase hos danske aktører.

## Rensning for miljøfarlige stoffer - etablering af 4. rensetrin til fjernelse af medicinrester på Egå Renseanlæg

### 3. Spildevand

Sofie Thorgaard<sup>1</sup>

Laura Bailon Allegue Bailon Allegue<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aarhus Vand

**Nøglebudskaber:** Som det første kommunale renseanlæg i Danmark etablerer Aarhus Vand et ozonanlæg som et fjerde rensetrin til fjernelse af medicinrester da Aarhus Vand har fået en udledningstilladelse, som regulerer medicinrester. Det er resultatet af et tæt samarbejde mellem Aarhus Vand, Aarhus Universitetshospital og Aarhus Kommune om at finde den bedste løsning til rensning af hospitalsspildevand.

Aarhus Vand har valgt ozon som teknologi efterfulgt af sandfiltrering. Løsningen er et robust efterbehandlingstrin for de udvalgte miljøkritiske lægemidler, og fjerner også bredt miljøfarlige stoffer. Det er vigtigt for Aarhus Vand at beskytte vandmiljøet og derfor er der valgt en teknologi med mest muligt miljø og rent vandmiljø for pengene.

**Abstract tekst:** Egå Renseanlæg modtager spildevand fra Aarhus Universitetshospital, som indeholder medicinrester. Det er baggrunden for, at Aarhus Kommune, Aarhus Vand og Aarhus Universitetshospital i 2019-20 udførte et kortlægnings- og analysearbejde for medicinrester i spildevandet i oplandet til Egå Renseanlæg. Det vidste sig, at 87 % af medicinresterne, eksklusive kontraststoffer, var fra private husholdninger og resten fra universitetshospitalet.

Kortlægningen viste også, at der allerede fjernes en stor andel af medicinrester i det aktive slamanlæg på Egå Renseanlæg. I samråd med Aarhus Kommune blev det derfor besluttet at rense for medicinrester centralt på Egå Renseanlæg fremfor decentralt på hospitalet for at beskytte vores vandmiljø bedst muligt. I 2022 henstillede Miljøstyrelsen Aarhus Vand til at sikre sig at have de fornødne tilladelser og Aarhus Vand søgte om et tillæg til eksisterende udledningstilladelse, da Egå Renseanlæg ikke er fuldt belastet og tillæget fortsat kan rummes indenfor den godkendte kapacitet på 112.000 PE.

Ud fra analyser af udløbsprøver fra Egå Renseanlæg blev der identificeret en gruppe på 13 lægemiddelstoffer som udledes i koncentrationer, der udgør en potentiel miljørisiko.

I processen omkring ansøgning og sagsbehandling af tillægget til eksisterende udledningstilladelse, blev der afholdt en række møder ml. Aarhus Vand A/S og Aarhus Kommune, hvor der primært blev arbejdet med, teknologivalg og implementering, håndtering af analyseusikkerheder i forhold til fastsættelse af krav samt kravværdier.

Tillæg til udledningstilladelse er gældende fra slutning af 2023 og indeholder blandt andet:

- Step 1: Etablering af et ozonanlæg.

- Udledningskrav til 4 medicinrester og bromat samt overvågning af 6 medicinrester. Alle stoffer skal renses ned til PNEC værdien for det pågældende stof.
- Step 2: Yderligere efterpoleringstrin hvis kravværdierne ikke overholdes efter en opstartsperiode på 1-2 år.
- Mulighed for at udskifte fokusstoffer.

Som grundlag for tillægget er følgende undersøgelser:

- Kortlægningen af medicinrester i 2019-2020.
- Arbejde med analyseusikkerhed for at sikre at krav kan eftervises.
- Anvendelse af PNEC-værdier som kravværdi.
- En teknologiscreening bestående af en teoretisk/modelbaseret vurdering samt et litteraturstudie af fjernelsen/nedbrydningen af de konkrete kritiske fokusstoffer.
- Sikre fleksibilitet til tilpasning til nye fjernelseskrav.
- En økonomiske vurdering af etableringsomkostninger samt fremtidige driftsudgifter.

Aarhus Vand har valgt ozon som teknologi, da den rammer bredt og dermed også renses for flere miljøfarlige stoffer. Samtidig imødegår Aarhus Vand også bedre en fremtid, hvor EU måtte stille krav om et 4. renses trin. Til den tid vil Aarhus Vand have en større viden om teknologien og hvordan nye krav kan imødeses.

Men hvad er ozonering og hvordan ser sådan et anlæg potentielt ud? Projektet er lige nu (juni 2024) i udbud med planlagt kontraktunderskrivelse efter sommerferien. Aarhus Vand forventer at kunne præsentere projektet sammen med den vindende part i november 2024.

## HCR Syd - kapacitetsudvidelse og nyt 4.rensetrin

### 3. Spildevand

**Jeanette Agertved Madsen**<sup>1</sup>

Britta Selvelsted Lauritzen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jeanette Agertved Madsen og Christina Berg Olesen, Envidan A/S

<sup>2</sup> Britta Selvelsted Lauritzen, Abhilsha Dixit Mishra, Jøren Skaarup, Hillerød Forsyning

**Nøglebudskaber:** Renseanlæg HCR Syd hos Hillerød Forsyning har allerede efter få års drift behov for en større udvidelse. Ved valg af teknologier til kapacitetsudvidelse har der i høj grad været fokus på kompakte teknologier, så udvidelse kan ske indenfor de eksisterende overdækkede rammer til både vand og slambehandling. I slutningen af 2023 modtog Forsyningen en ny Udledningstilladelse til renselanlægget, som gør det nødvendigt at reducere indholdet af mikroforureninger og dermed skal etableres et nyt 4. rensetrin. Det er målsætningen, at den nye tilbygning til 4.rensetrin certificeres efter DGNB. 3D-scanning i kombination med BIM modellering anvendes i projekteringsfasen.

**Abstract tekst:** Danmarks først overdækkede renselanlæg HCR Syd hos Hillerød Forsyning blev indkørt i 2018 og allerede efter få års drift, er der nu behov for en større udvidelse af kapaciteten. En stor del af den øgede belastning stammer fra den rivende erhvervsudvikling i Hillerød Kommune, hvorfor tidsaspekter sammen med kompakthed og bibeholdelse af det arkitektoniske har været vigtige designdriver. I løbet af blot 3 måned i foråret 2023 gennemførte Hillerød og Envidan teknologiscreeninger og i slutning af august 2023 forelå en Udbygningsplan med anbefalinger til kapacitetsudvidelsen.

Ved valg af teknologier til udvidelse kvælstof- og fosforfjernelsen har der i høj grad været fokus på kompakte teknologier. Dette for at kunne udvide kapaciteten fra de nuværende 65.000 PE til fremtidige 100.000 PE indenfor de eksisterende overdækkede rammer, hvorfor der er valgt at implementere bæremidler i en del af de aktive slamtanke og udvide anamox volumen, hvilket renselanlægget var forberedt for. Øget fosfor-fjernelsen sikres gennem ekstra efterpolering kombineret med kemisk fosforfældning.

Udvidelse af kapaciteten til slambehandling sker ved omstilling af den mesofile rådnetank til termofil drift, hvorved kapaciteten kan udvides til at behandle den fremtidige øgede slamproduktion og producere mere biogas. Der installeres forventeligt en ny efterbehandling af slammet inden slutdisponering, som teknologivalget står åbent for nuværende.

I slutningen af 2023 modtog Forsyningen en ny Udledningstilladelse til renselanlægget, som gør det nødvendigt at reducere indholdet af mikroforureninger og dermed skal der etableres et nyt 4. rensetrin. Evaluering af tilbud fra leverandører pågår i øjeblikket, så mere herom på konferencen.

Selve tilbygningen for det nye 4.rensetrin ønskes certificeret efter DGNB-ordningen – gerne med certifikatet guld, som er målsætningen for andre nye bygninger i Hillerød kommune. I DGNB-ordningen evalueres et byggeri ud fra seks hovedområder: Miljømæssig-, økonomisk, social, teknisk, proces- og områdekvalitet. Kriterierne opdateres løbende, i takt med, at branchen får ny viden og

praksis. DGNB-ordningen bygger på en helhedsorienteret forståelse af bæredygtighed, så et byggeri ikke alene evalueres ud fra, hvor miljømæssigt bæredygtigt det er, men også ud fra, hvor socialt og økonomisk bæredygtigt det er.

I projektet er nedsat en tværfaglig arbejdsgruppe, som har opstillet en flexmatrice og scoret de enkelte kriterier inden for de seks hovedområder. I øjeblikket indsamles dokumentation for kriterierne i strategifasen og materialet indsendes til præ-certificering af projektet ultimo maj 2024.

På Dansk Vand konference i november 2024 er det muligt, at give en større indsigt i valg af teknologier, anvendelse af 3D scanning, modellering i BIM samt status for implementering herunder om tilbygning til 4.rensetrin kan opnå guld i en DGNB certificering.



## Hvordan håndteres de skærpede krav til vurdering af miljøfarlige stoffer fra renselanlæg? – Et eksempel fra Kalundborg

### 3. Spildevand

**Maja la Cour Bohr**<sup>1</sup>

Nikolaj Mikkelsen<sup>2</sup>, Line Rodenkam Melchiorsen<sup>2</sup>, Malene Kristensen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> WSP Danmark

<sup>2</sup> Kalundborg Forsyning

**Nøglebudskaber:** Kalundborg Centralrenseanlæg skal udvides og rense bedre. Et stort fokus er på udledningen af miljøfarlige stoffer og hvordan projektet vil påvirke recipienten Jammerland Bugts tilstand.

Der stilles større krav, end nogensinde før, både til hvad der kan udledes og til omfanget af recipientvurderinger.

Til brug for vurderingen er miljøfarlige stoffer kortlagt gennem et omfattende analyseprogram af 300 miljøfarlige stoffer, indeholdende >12.000 analyser i spildevandet og >19.000 i recipienten. Programmet er således i en dansk kontekst helt enestående.

Datagrundlaget er brugt til at beregne, hvad der udledes efter etablering af nye rensetrin og hvordan udledningen påvirker recipienten – herunder behovet for blandingszoner.

**Abstract tekst:** Kalundborg Centralrenseanlæg udleder i dag rensede spildevand fra Kalundborg by og den tilhørende industri. Det rensede spildevand udledes til det målsatte vandområde Jammerland Bugt.

Renseanlægget planlægges udvidet for at kunne håndtere en øget tilledning af spildevand, og nye rensetrin skal etableres for at sikre tilstrækkelig rensning.

I de senere år er der kommet et større fokus på miljøfarlige stoffer i udledning af spildevand. Der stilles større krav, både til hvad der kan udledes og til omfanget af recipientvurderinger.

Til brug for vurderingen af udledningens påvirkning af recipienten er forekomsten af miljøfarlige stoffer i spildevandet og Jammerland Bugt kortlagt gennem et omfattende analyseprogram af cirka 300 miljøfarlige stoffer.

Kortlægning af spildevandet er udført i to målekampagner af både ind- og udløb og omfatter > 12.000 individuelle analyser, mens der i recipienten er indsamlet og analyseret vandprøver i 8 punkter i vandområdet af 8 omgange, hvorved der er indsamlet >19.000 individuelle datapunkter. Programmet er således i en dansk kontekst helt enestående.

En stor del af de undersøgte miljøfarlige stoffer er ikke fundet i spildevandet. For de 152 stoffer, der er påvist i ind- eller udløb, er udløbskoncentrationer estimeret efter det enkelte rensetrin.

For de stoffer, der udledes i større koncentrationer end stoffets miljøkvalitetskrav, er størrelsen af en blandingszone beregnet. Langt de fleste stoffer forventes opblandet få meter fra udledningen. Der er ligeledes beregnet den teoretiske stigning i et repræsentativt punkt.

Vurderingerne tager afsæt i den kemiske tilstand af Jammerland Bugt. For det enkelte miljøfarlige stof er den i forvejen forekommende koncentration i bugten bestemt ud fra målingerne i recipienten. Ganske få stoffer overskrider miljøkvalitetskrav i recipienten i vandfasen, hvorved Jammerland Bugt har god tilstand for størstedelen af de stoffer, der ønskes udledt.

Oplægget vil indeholde en præsentation af det omfattende datagrundlag og hvordan data er anvendt til at vurdere udledningens påvirkningen af Jammerland Bugt med hensyn til miljøfarlige stoffer.

Hvilke stoffer er relevante ved udledning fra renselanlæg? Hvordan håndteres målinger under detektionsgrænsen? Hvilken betydning har recipientens tilstand for vurderingerne? Hvordan håndtere vi som branche de nye miljø- og dokumentationskrav ved udledningstilladelser fra renselanlæg?

Databehandlingen og miljøvurderinger er gennemført af WSP i tæt samarbejde med Kalundborg Forsyning, som led i udbygningens miljøkonsekvensvurdering. I projektet er forskningscenteret The Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB) samt DHI inddraget.

## Fjernelse af miljøfremmede stoffer i udløbsvand fra renseanlæg ved brug af aktiv biokul fremstillet fra spildevandsslam og plantemateriale

### 3. Spildevand

Jiexi Zhong<sup>1</sup>

Henrik Sønderborg<sup>2</sup>, Sara Letholm Skaarup<sup>3</sup>, Kai Bester<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aarhus University

<sup>2</sup> Aquagreen

<sup>3</sup> Odsherred Forsyning

**Nøglebudskaber:** 1) Aktiv biokul fra slam kan fjerne miljøfremmede stoffer. Kapaciteten for kullet er lavere end aktiv kul (GAC).

2) Rensegraden og kapacitet for aktiv biokul er specifik for hver stof imens det holder i princippet også for GAC har GAC lidt en højere rensesgrad og en forventet kapacitet over 10.000 bed volumes.

**Abstract tekst: Introduktion:** Miljøfremmede stoffer er et område, hvor der er stigende fokus. For traditionelle renseanlæg med aktiv slam er det svært at fjerne miljøfremmede stoffer såsom medicinrester. Rensegraden af miljøfremmede stoffer igennem renseanlæg er 0-60%. En løsning kan være granulært aktiv kul (GAC), men det er dyrt. Aktiv biokul fremstillet på spildevandsslam og plantemateriale er undersøgt som et cirkulært alternativ til fjernelse af miljøfremmede stoffer i udløbsvand fra renseanlæg i stedet for eller som supplement til GAC.

**Metoder og data:** Forskellig aktiv biokul er fremstillet fra slam og plantemateriale (træpiller) og testet i forskellige blandingsforhold for fjernelsesgraden af miljøfremmede stoffer i udløbsvand fra Hillerød Centralrenseanlæg. Fjernelsesgraden af de forskellige kombinationer af aktiv biokul (kolonne B, C, D, E med 100 % træ biokul (B), 70% træ/30 % slam biokul (C), 70% slam/30 % træ biokul (D) og 100% slambelokul (E)) er målt over tid og sammenholdt med konventionelt aktivt kul (GAC, kolonne A). De forskellige kombinationer af aktiv kul/biokul er pakket i kolonneforsøg med glaskolonner (0,18 L), hvor udløbsvand fra renseanlæg er løbet igennem over en periode på 13 måneder. Koncentrationer af miljøfremmede stoffer i indløb og udløb fra kolonneforsøgene er bestemt ved HPLC-MS/MS.

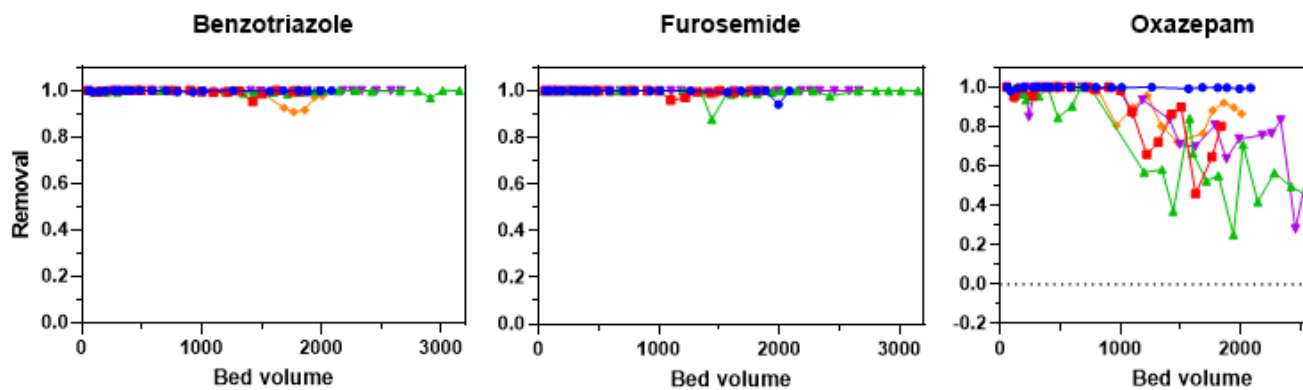
**Resultater:** Alle aktive kul (GAC og de 4 kombinationer af 2 typer aktiv biokul) kunne fjerne de udvalgte 30 miljøfremmede stoffer.

For 9 af de 30 miljøfremmede stoffer var rensesgraden 90-100%, og for de resterende 21 stoffer var rensesgraden lavere i kolonne B, C, D og E (50% rensesgrad ved en bed volume mellem 400-1400 bed volumes) sammenholdt med GAC (kolonne A, 100% fjernelse ved 1500 bed volumes), hvilket indikerer, at aktiv biokul- kolonnerne har en lavere kapacitet i forhold til GAC.

Tre miljøfremmede stoffer er udvalgt vilkårligt til abstraktet, benzotriazole, furosemide og oxazepam. Rensegraden for benzotriazole og furosemide var på 98-99% for alle kolonnerne, GAC og de 4 kombinationer af aktiv biokul. For oxazepam blev rensesgraden i aktiv biokul kolonner (B, C, D og E) dårligere over tid sammenholdt imod kolonne A (GAC) og lå på ca. 70% efter 1200, 1100, 1500 og 1500 bed volumes for B, C, D og E-kolonnerne. Det ser ud til at rensesgrad forbedres for kolonne B og C efter 2000-2500 BV.

**Diskussion og konklusion:** 1) Aktiv biokul fra slam kan fjerne miljøfremmede stoffer. Kapaciteten for kullet er lavere end aktiv kul (GAC). 2) Rensegraden og kapacitet for aktiv biokul er specifik for hver stof imens det holder i princippet også for GAC har GAC lidt en højere rensesgrad og en forventet kapacitet over 10.000 bed volumes.

**Anderkendelse:** arbejdet bag dette abstract er støttet af VUDP-projektet “Aktiv kul fremstillet af spildevandsslam og plantemateriale”.



**Figur 1:** Rensegrad for kolonneforsøg med GAC (kolonne A) sammenholdt med aktiv biokul fremstillet af forskellige bladnings forhold af slam. Ratio er 0, 30, 70, and 100% slam for kolonne B, C, D, and E.

## **Værktøj/styring**

2024-11-28

11:25 - 13:10

Værktøj/styring

## Screening af styringspotentiale i afløbssystemer (SSC) - et case studie hos Forsyning Helsingør

### 4. Afløb

**Troels Sander Poulsen**<sup>1</sup>

Claus Skotner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> Forsyning Helsingør

**Nøglebudskaber:** Gennem optimeret styring af afløbssystemet er det ofte muligt at reducere mængden af overløb med opspædet spildevand til vandmiljøet.

I forbindelse med klimatilpasning af middelalderbykernen i Helsingør, står Forsyning Helsingør overfor betydelige anlægsinvesteringer. Arbejdet forudsætter, at indstrømningen fra fællessystemet til bykernen reduceres, f.eks. ved strukturelle tiltag i oplandet eller ved optimeret styring af eksisterende infrastruktur. Som et led i dette arbejde, har Forsyning Helsingør valgt at udføre en screening af styringspotentialet i afløbssystemet.

Dette er første case, hvor arbejdsprocessen fra planlægning til eventuel implementering af optimeret styring tages i anvendelse hos en forsyning, der ikke deltog i udviklingen af den.

**Abstract tekst:** I forbindelse med nedbør kan der via overløb fra afløbssystemet udledes opspædet spildevand til vandmiljøet. Traditionelt set, søges overløb reduceret gennem anlægstiltag, der udvider den eksisterende kapacitet i afløbssystemet.

En anden, potentielt besparende, mulighed er optimeret styring af eksisterende afløbskapacitet. Dette forudsætter tilgængelige bassinvolumener og styrbare pumper eller spjæld. Er dette til stede, kan der ved optimeret styring typisk opnås en økonomisk fordelagtig reduktion af mængden af overløb sammenlignet med anlægsprojekter. Optimeret styring er desuden en klimamæssig fordel, da anlægstekniske behov kan reduceres for at opnå det ønskede resultat. Dette betyder mindre CO<sub>2</sub> udledning.

Tidligere har Envidan, sammen med DTU Sustain og en række forsyninger, udviklet en metode til screening af styringspotentialet i afløbssystemet ved automatiseret anvendelse af en hydraulisk model. Screeningen er et af de første skridt i en udviklet 12 punkts guide for processen gennem planlægning og implementering, så det er mere enkelt at undersøge og efterfølgende implementere, hvis der identificeres et potentiale.

Styringspotentiale estimeres automatisk på baggrund af en enkelt hydraulisk simulering, og visualiseres på kortbaggrund. For hvert overløbspunkt visualiseres et potentiale for reduceret overløbsmængde, og hvilket bassin, der repræsenterer den ledige kapacitet. Desuden visualiseres det, hvilken pumpe eller spjæld, der gennem optimeret styring kan udnytte den ledige kapacitet bedre.

Med udgangspunkt i resultaterne kan der arbejdes videre med de identificerede potentialer. F.eks. dem, der har de største potentialer, dem der påvirker den mest følsomme recipient eller dem, der ud fra et driftsmæssigt synspunkt er bedst egnede.

Aktuelt er Forsyning Helsingør ved at få udført en screening af styringspotentialer for afløbssystemet i Helsingør, Hornbæk og Espergærde.

Strategien for Forsyning Helsingør er at være blandt landets mest veldrevne og bæredygtige forsynings-virksomheder. Desuden ønskes det at tage et større grønt samfundsansvar og være nysgerrige på nye teknologiske løsninger. I forvejen arbejdes på projektet Helsingør Klimabykerne, der blandt andet fokuserer på håndtering af fremtidens massive nedbørsmængder.

Området i og omkring bykernen er i dag overvejende fælleskloakeret og indeholder opstrøms for bykernen en række bassiner. Der udføres derfor en screening af styringspotentialer i afløbssystemet for at afdække, hvorvidt mængden af overløb med opspædet spildevand kan reduceres yderligere end planerne for Helsingør Klimabykerne lægger op til. Screeningen udføres aktuelt for statussituationen.

På denne vis kan effekten af fremtidige anlægstiltag boostes med optimeret anvendelse af eksisterende infrastruktur. Dette understøtter en bæredygtig tilgang, der mindsker behovet for yderligere anvendelse af beton for at nå de samme resultater.

Screeningen forventes at være afsluttet inden konferencen, hvor de seneste resultater præsenteres.

Indlægget vil være delt mellem to indlægsholdere, hvor forsyningen holder oplæg om baggrunden og hvordan resultatet af screeningen forventes anvendt. Herefter introduceres en mulig vej frem, når et identificeret styringspotentialer søges indfriet.





## Reduktion af hyppigheden af overløb fra Strandvænget Pumpestation

### 3. Spildevand

**Morten Villadsen**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> COWI

**Nøglebudskaber:** For at reducere overløbshyppigheden fra Strandvænget Pumpestation har COWI udført forskellige hydrauliske analyser og foreslået to løsninger for at nå målet om at reducere overløbshyppigheden. Begge løsninger foreslog styrede spjæld i systemet, som udnytter kapaciteten i det eksisterende system bedre. De foreslåede løsninger har den fordel, at de udnytter den eksisterende infrastruktur bedre og undgår at bygge et nyt stort retentionsbassin.

**Abstract tekst:** Overløbshyppigheden fra Strandvænget Pumpestation skal reduceres til én gang om året ifølge København Kommunes Spildevandsplan. På nuværende tidspunkt er det målt i gennemsnit 14 og 6 overløb om året fra de to udløb ved pumpestationen. Overløbene skyldes primært afstrømningen fra både det nordlige og sydlige opland i København som overstiger pumpestationens kapacitet.

Når projektet Svanemøllens Skybrudstunnel (SST) idriftsættes i 2031, kan afstrømningen fra det nordlige opland tilbageholdes i tunnelen. Pumpestationens kapacitet vil stadig blive overskredet grundet afstrømning fra det sydlige opland. Foreløbige analyser tyder på, at der kræves et forsinkelsesbassin med volumen på 8.000 m<sup>3</sup> for at overholde overløbskravet.

For at mindske overløbsfrekvensen har COWI undersøgt mulige tiltag. Hydrauliske analyser viser, at kapaciteten i det eksisterende afløbssystem ikke udnyttes fuldt ud, når der opstår overløb. Der er foreslået to løsninger, som begge tager udgangspunkt i styrede spjæld ved Bellmansgade og Sporsløjfen. Disse spjæld er styret baseret på vandstanden i systemet. De er normalt åbne for at spildevandet kunne strømme til pumpestationen. Men under regnhændelser, når vandstanden i systemet stiger, vil spjældene helt eller delvist lukke for at tilbageholde vand i opstrøms i afløbssystemet.

I løsning 1 kan der tilbageholdes vand i opstrøms i systemet og det kræver samtidig et nyt bassin ved Sporsløjfen med en volumen på 1.900 m<sup>3</sup>. I løsning 2 vil der også blive tilbageholdt vand i opstrøms i systemet, og vandet vil løbe over til SST ved Bellmansgade. Begge løsninger er designet til at forhindre overløb ved små regnhændelser som er under 1-års gentagelsesperiode. For regnhændelser over en 1-års gentagelsesperiode vil spjældene være helt åbne igen for at det ikke sker oversvømmelse i det opstrøms system.

Ved at implementere disse styrede spjæld bliver det muligt at tilbageholde regnvand i systemet og optimere udnyttelsen af kapaciteten i det eksisterende system. Behovet for at bygge et stort, dyrt forsinkelsesbassin kan undgås, i stedet kan et mindre bassin være tilstrækkeligt for at opnå målet. Disse løsninger er med til at reducere overløbshyppigheden fra Strandvænget pumpestation og beskytte vandmiljøet i recipienten.



## Reduktion af overløb i Fors' oplande ved implementering af styring – Fra potentialeberegninger til implementering i afløbssystemet

### 4. Afløb

Alex Torpenholt Jørgensen<sup>1</sup>

Lars Wiboe Pilmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Krüger A/S

<sup>2</sup> Fors A/S

**Nøglebudskaber:** Fors har indtil flere fællessystemer i deres forsyningsopland og har fokus på at reducere deres aflastninger fra disse systemer ved forskellige tiltag. En af disse er styring af afløbssystemet for at udnytte det eksisterende system endnu bedre under regn. Fors og Krüger har de seneste par år gennemført potentialevurderinger af styringstiltag i en række oplande. Der gennemgås en række af cases, og der gives eksempler på, hvilke udfordringer der har været i forhold til implementering de steder, hvor styringen på nuværende tidspunkt er installeret.

**Abstract tekst:** Fors er forsyningselskab for kommunerne Holbæk, Lejre og Roskilde. Afløbssystemerne i de tre kommuner er en blanding af separatsystemer og fællessystemer. Ligesom andre forsyningselskaber arbejder Fors løbende med at reducere deres belastning fra disse systemer. I forhold til fællessystemerne arbejder man bl.a. på at reducere miljøbelastningen fra overløb. Fors har identificeret en række tiltag til reduktion af overløb. Et af disse er implementering af styring i afløbssystemet. Fors og Krüger har sammen gennemført potentialevurderinger, opstilling af styringsregler og implementering af styring i en række oplande.

I præsentationen vil det blive gennemgået hvilket datagrundlag, der er nødvendigt for at lave en potentialevurdering, samt hvilke karakteristika et opland med styringspotentiale typisk har. Det vil også blive gennemgået, hvordan man fra de indledende undersøgelser bevæger sig mod implementeringsfasen, hvor styringen i sidste ende skal fungere i afløbssystemet. Undervejs er der desuden gjort erfaringer med hvilke data, som det har været nødvendigt at opkvalificere for at sikre, at styringen i sidste ende kommer til at fungere som ønsket.

Resultaterne af potentialevurderingerne har generelt været meget positive. Fors har flere steder stort potentiale for at reducere deres aflastninger til recipienter ved at udnytte det eksisterende system bedre under regn, ved f.eks. at tilbageholde vand, hvor man tidligere bare ville have sendt det videre nedstrøms i systemet.

Styring af afløbssystemet kan foregå på mange niveauer. Fra de helt simple statiske lokale styringer til globale prædiktive styringer. I første omgang har Fors valgt at fokusere på reaktive styringer, som kan programmeres ind i PLC'er. Når en potentialevurdering har vist et positivt resultat, fører det til næste fase, hvor der udarbejdes egentlige styringsregler, som skal forløse det fundne styringspotentiale. Styringerne programmeres i den hydrauliske model og der gennemføres beregninger, som viser den forventede effekt, hvis styringen implementeres.

Resultaterne fra flere styringsundersøgelser gennemgås, og det præsenteres, hvor meget overløbene i de forskellige oplande kan reduceres, samt hvilke alternative tiltag, der ville være nødvendige for at

opnå en lignende effekt.

Endelig er der opsamlet erfaringer med at konvertere styringer, som kan programmeres i hydrauliske modeller til styringer, som skal programmeres i PLC'er ved pumpestationer eller spjæld. Der gives eksempler på nogle af de udfordringer dette kan give, og de løsninger, der er fundet på udfordringerne.

## Samling af sensordata fra forskellige kilder med udstilling i en fælles platform på henholdsvis en fællesoffentlig og en forsynings-specifik skala

### 4. Afløb

**Lisbet Snefrup Hansen**<sup>1</sup>

Rasmus Ringgaard<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novafos

<sup>2</sup> Miljøstyrelsen

**Nøglebudskaber:** Samstilling og deling af sensordata forventes at give en række fordele inden for både tilgængelighed, standardisering og kvalitet. Med dette som udgangspunkt, er der etableret en national database for overfladevand og en forsynings-specifik database for afløbssystemet er under udvikling. Vi vil præsentere nogle af de gevinster, der allerede nu er realiseret ved den nationale database, men også komme ind på de udfordringer og overvejelser der er gjort i forbindelse med begge databaser. Herunder hvordan data samles for mange forskellige leverandører, samt hvilke data og metadata der er ønskelige at få med i en fælles udstillingsplatform.

**Abstract tekst:** Der bliver indsamlet store mængder data inden for vandsektoren. Det gælder især inden for drikkevandsproduktion og afløbssystemer, men målinger i recipienter (vandløb) og nedbørsdata fylder efterhånden også meget. Data indsamles af mange forskellige aktører. Noget er fra permanente sensorer drevet af forsyningerne og tilkoblet SRO anlæg. Noget er drevet af eksterne leverandører, og kan både have karakter af kortvarige projekter og mere permanente målere. Data er ofte spredt over mange separate databaser og uden en fælles model for metadata, kvalitetsbeskrivelser og kontrol- og kalibreringsmålinger.

Vi vil præsentere vores erfaringer og perspektiver fra to projekter, hvor der arbejdes med samstilling af data i fælles systemer.

Rasmus Ringgaard fra Miljøstyrelsen vil fortælle om en ny national fællesoffentlig løsning til samling og deling af sensordata fra overfladevand og grundvandsboringer.

Lisbet Snefrup Hansen fra Novafos vil fortælle om forsyningens arbejde med at samle sensordata fra midlertidige målinger i afløbssystemet og fra forskellige leverandører i en fælles udstillingsplatform med en samlet indsamling af data til lagring.

Forventningen til arbejdet med projekterne var og er, at samstilling af sensordata afføder en række fordele. Den nye fællesoffentlige platform har været i drift i snart et halvt år, hvor den interne forsynings udstillingsplatform ikke er tilgængelig endnu. Ud fra vores nuværende viden forventes det, at de fordele en samlet database har, er:

- Øget tilgængelighed til data – både for forsyningens egne medarbejdere men lige så vigtigt for eksterne parter som rådgivere, myndigheder og sågar den almene offentlighed.

- Forbedret standardisering - i arbejdet med samstilling sker også en naturlig standardisering af især metadata (sensorplacering, måleprincipper mv.), som gør det nemmere at fortolke og benytte data.
- Forbedret kvalitet af sensordata - ved aktivt at arbejde med datamodellen er det også muligt generelt at hæve kvaliteten af målingerne. Det kan fx være ved at give mulighed for separat inddatering af kontrol- og kalibreringsmålinger eller separat inddatering af kotesætning.

I forhold til øget tilgængelighed er den fællesoffentlige platform et glimrende eksempel, da man tidligere skulle have kontakt til både, stat, kommune og virksomheder for at få et samlet overblik over vandstandsmålinger for et konkret vandløb. Den samme platform har også betydet, at da data skal pushes fra leverandørerne/aktørerne bliver de nødt til at være i et specifikt format. Dette øger igen tilgængeligheden hos brugerne, da variationen i formatet af data er blevet betydeligt mindre. Disse resultater er lig de forventninger Novafos ønsker i forhold til deres projekt med samling af midlertidige målinger fra afløbssystemet.

## Integreret datahåndtering for vandstand og flow i vandløb og grundvandspejlinger – forbedret datagrundlag for integrerede klimatilpasningsværktøjer

### 5. Klima

Henrik Dissing<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Danmarks Miljøportal

#### Nøglebudskaber:

- Danmarks Miljøportal har gennemført en teknisk harmonisering, der muliggør flere nær-realtids-hydrometri-data til flere formål. Den tekniske harmonisering omfatter en forenklet datamodel samt minimumskrav til metadata og lever op til FAIR principperne.
- Disse data kan findes og tilgås via APIer samt på DMPs Miljødata. Disse data kan bl.a. anvendes i klimatilpasnings-sammenhænge, f.eks. af DMI til varsling af oversvømmelser. Alle, der har sådanne logger data (kommuner, forsyninger) kan bidrage med sine data til fælles gavn.
- Med dette skabes et datagrundlag for mere avancerede modeller, der igen kan være grundlaget for udvikling af nye, digitale værktøjer til arbejdet med forskellige, kemiske parametre.

**Abstract tekst:** Adgang til interoperable vanddata er centralt for den gennemgribende digitalisering af vandsektoren, der vurderes at være en helt afgørende løftestang for at håndtere både danske og globale vandudfordringer.

Danmarks Miljøportal arbejder for at kunne levere alle relevante data i en tilgængelighed og et format, der muliggør en omkostningseffektiv anvendelse. Og der er nok at tage fat på, da vanddata i Danmark i ganske mange tilfælde er fragmenterede både i deres lokalisering og formater, hvorved anvendelse på tværs af det oprindeligt, påtænkte formål er ganske besværligt og bekosteligt.

DMP har netop udviklet og implementeret et nyt system, der harmoniserer hydrometri-data for overfladevand og grundvand således, at disse både kan uploades og tilgås via et brugervenligt system, hvor data kan tilgås enten via Miljødata eller via APIer.

Med det nye system kan f.eks. DMI anvende data fra loggere til måling af vandstand og vandføring i realtid, når de om kort tid skal levere varslinger om oversvømmelser af vandløb. Konkret muliggør systemet således, at data oprindeligt skabt til at håndtere stoftransport-beregninger eller grødeskær pludselig får ekstra værdi på samfundsplan, da data nu kan anvendes til flere formål. Men det har krævet en investering i et system til harmonisering af data.

I dag har omkring 450.000 boliger under en meter til grundvandet det meste af året ifølge regeringens klimatilpasningsplan. Derfor får kommuner og vandselskaber regeringen en ny opgave i at finde løsninger i forhold til terrænnært grundvand. For at gøre dette bedst muligt, er alle data fra målinger af grundvandet, som stat, kommuner og regioner foretager rundt omkring i landet, nu tilgængelige hos Danmarks Miljøportal. Men vi skal også have forsyningerne med.

En række forsyninger og kommuner er på vej ind i tættere samarbejder, hvor de tekniske og miljømæssige koblinger belyses på tværs. Dette kalder på digitale værktøjer, der kan arbejde med modeller og digitale tvillinger på tværs af den tekniske infrastruktur og recipienternes økosystemer. Alt andet lige kalder dette på harmoniserede data på tværs af de to universer, der indtil nu har været ret skarpt adskilt for så vidt angår tilgangen til datahåndtering.

Digitale værktøjer kan i stigende grad skabe stor værdi, men datahåndteringen er ikke fuldt tilsvarende med. Det får ganske enkelt ikke den nødvendige bevågenhed. Vi bør sammen arbejde for en fælles tilgang til, hvordan data forstås og beskrives, og hvordan IT-systemer udvikles efter en datamodel, der favner hele vandcyklussen til gavn for det danske vandmiljø.

Danmarks Miljøportal opfordrer derfor alle forsyningsselskaber til at sikre, at hydrometri for vandløb og grundvand deles via vores VandaHydro system, så de kan indgå til fællesoffentlig anvendelse. Når flere data fra flere kilder indgår i en fælles database, så øges værdiskabelsen potentielt også for alle.



## **Distribution og beholdere**

2024-11-28

14:05 - 16:00

Distribution og beholdere

## Asset management for drikkevandsledningsnet – Dataproblematikker og bias.

### 2. Drikkevand

**Frederik Tinus Jeppesen**<sup>1</sup>

Hans-Jørgen Albrechtsen<sup>2</sup>, Jacob K. Jørgensen<sup>1</sup>, Teis Stouby Friis Hindsig<sup>1</sup>, Roland Löwe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> Danmark Teknisk Universitet

**Nøglebudskaber:** Vi har indsamlet lednings- og bruddata for drikkevandsledninger fra HOFOR, Vandcenter Syd og Aarhus Vand. Der findes gennemgående problematikker i dataene, f.eks. er information om erstattede ledninger ikke tilgængelige, og der er forskel i detaljeringsgraden af forskellige byers datasæt. Lige nu skal udviklingen af ældningskurver forholde sig til disse udfordringer i statistikken, da antallet af brud ellers undervurderes i høj grad, og ældningskurver ikke er overførbare til andre byer. Overordnet tendenser præsenteres baseret på dette omfattende datasæt samt faldgruber og bias, der er nødvendige at være opmærksom på, når historiske data skal analyseres.

**Abstract tekst:** Forsyningerne opsamler data for vandledninger og brud. Dataene tegner et billede af distributionsnettets udvikling og brudhistorik, hvilket bidrager til at forklare, hvor og hvor hurtigt disse ledninger ældes med stigende brudfrekvens til følge. Vi har indsamlet registreringsdata for knap 9.000 km aktive og historiske ledninger og næsten 37.000 brud, som er sket i de seneste 100 år fra Aarhus Vand, HOFOR og VandCenter Syd. I Erhvervs-ph.d. projektet *”Forudsigelse af ledningsbrud og -levetid i vandforsyningsnetværket ved hjælp af nye maskinlæringsteknikker”* vil vi i de næste år udvikle nye ældningskurver, der genererer statistiske korrekte prædiktioner af brudfrekvensen, som kan anvendes på både disse og andre danske vandforsynings ledningsnet.

Ledningsregistreringerne indeholder en række informationer, som angiver hvor og hvornår en ledning blev anlagt, hvilket materiale den består af og lignende. Disse informationer sammenlignes med tilknyttede brud og ledningens alder på brudtidspunktet for at forudsige sandsynligheden for, at der opstår et brud. Desværre er registreringerne præget af fejl, mangler og forskellig datahåndtering gennem tiden, hvilket fører til fejlagtige forudsigelser. Tidligere datahåndteringspraksis har været at fjerne erstattede ledninger, da de ikke længere er en del af det aktive ledningsnet. Dette fører til ’survival selection bias’, hvor de tilbageværende registreringer kun repræsenterer de ledninger, der stadig opfylder sin funktion og ikke er blevet erstattet.

Et tydeligt eksempel er støbejernsledninger, hvor de aktive ledninger ifølge data har en gennemsnitslevealder på over 90 år, mens de nedlagte har en gennemsnitslevealder på 77 år. Forskellen er sandsynligvis større i virkeligheden, da sammenligning mellem de kendte etablerede ledninger og befolkningstilvækst indikerer en mangel på registreringer af erstattede ledninger. Vi vil præsentere, hvordan forudsigelser af ældning for nye støbejernsledninger ikke er direkte sammenlignelige med den historik, der tegnes af de ældre aktive ledninger, da data hovedsageligt repræsenterer ’overleverne’.

Modsat er der for PE-ledninger en mangel på en komplet historik for både brud- og ledningsregistrering, særligt for ældre PE-ledninger. PE-ledninger er blevet introduceret meget senere end støbejern og udgør nu en stor del af det nuværende ledningsnet (>40 %). Forudsigelser af brudfrekvens skal tage højde for manglende historik ved at anvende et udvidet datagrundlag fremfor

at begrænse grundlaget til registreringer for den enkelte forsyning. Dette er i højere grad relevant for forsyninger med et mindre datagrundlag, der kan drage fordel af data fra et sammenligneligt og større datasæt.

Disse eksempler er blot nogle af de mange dataproblematikker og udfordringer, som vi vil præsentere til DanskVand konferencen. Vi vil give et indblik i hvordan ledningsnettet har udviklet sig, diskutere datahåndtering og tilsvarende problematikker, hvor og hvordan problematikkerne opstår og deres konsekvenser med hensyn til forudsigelse af ældning. Vi vil også motivere til deling af data mellem forsyninger for styrket datagrundlaget, hvilket vil forbedre ældningsmodellerne og dermed forbedre renoveringsplanlægning, som gør brug af disse modeller for at producere ældningskurver.

## Kan moderne UPS-Systemer sikre vandværkers drift under strømsvigt?

### 6. Beredskab

TBD TBD<sup>1</sup>

Weixiao Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SONFOR

<sup>2</sup> NIRAS

**Nøglebudskaber:** Moderne UPS-systemer kan potentielt nødforsyne vandværker helt under strømsvigt, men dette kræver nøje overvejelser omkring effektbehov, delforsyning vs. helforsyning, samt varigheden af nødforsyning. Vigtige faktorer inkluderer også OT-sikkerhed og bæredygtighed. Eksemplet fra SONFOR viser succes med en kombination af solpaneler og et UPS-system med 2x50 kW batterikapacitet, der kan holde vandværket kørende i normal drift i minimum 3 timer uden strøm. Dette setup fremmer grøn omstilling ved at reducere afhængigheden af fossile brændstoffer og minimere CO<sub>2</sub>-udledning. Dette abstract sætter gerne diskussion i gang i vandbranchen om mulighederne og udfordringerne ved brug af UPS-systemer i tilfælde af strømsvigt.

**Abstract tekst:** I takt med at klimaforandringer og infrastrukturelle udfordringer øger risikoen for strømsvigt, bliver spørgsmålet om, hvorvidt og hvordan et moderne UPS-system kan nødforsyne vandværker, stadig mere presserende. Dette abstract undersøger de tekniske og operationelle overvejelser ved at lade UPS-systemer overtage vandværksdriften helt og delvist under strømsvigt, og om dette kan og bør være en bæredygtig løsning.

I et vandværk består de kritiske komponenter af pumper, blæsere, PLC, SRO osv. Disse komponenter har varierende funktioner og effektbehov, hvilket stiller diverse krav til dimensionering af UPS-systemets kapacitet. Pumper og blæsere, som er blandt de mest energikrævende komponenter, kræver et UPS-system med betydelig kapacitet både i kVA og i batterikapacitet for at kunne levere strøm i en tilstrækkelig periode.

Et centralt aspekt i overvejelserne er, om der er behov for delforsyning eller helforsyning af vandværket under strømsvigt. Delforsyning kan sikre, at de mest kritiske systemer, såsom PLC og SRO, fortsat fungerer, mens de energikrævende pumper midlertidigt sættes ud af drift. Helforsyning kræver derimod et UPS-system, der kan håndtere den samlede belastning, hvilket typisk indebærer højere omkostninger og mere komplekse tekniske løsninger.

Varigheden af nødforsyningen er en anden vigtig faktor. I mange tilfælde er strømsvigt kortvarige, og et UPS-system skal kunne dække perioden, indtil normal strømforsyning er genoprettet, eller en backup-generator kan træde i kraft. Dette stiller krav til batterilevetiden og kapaciteten af UPS-systemet.

SONFOR har været pioner i at implementere UPS-systemer i vandværksdrift og har opnået succes. Her benyttes 50 kW solpaneler sammen med et UPS-system og 2 x 50 kW batterikapacitet til at nødforsyne deres vandværk. Systemet er designet til at kunne holde vandværket i halvdelen af sin normale drift i minimum 3 timer uden strøm. Dette setup kombinerer bæredygtig energiproduktion med en robust nødforsyning, hvilket fremmer en grøn omstilling ved at reducere afhængigheden af

fossile brændstoffer og minimere CO<sub>2</sub>-udledningen.

Sammenfattende konkluderer dette abstract, at moderne UPS-systemer potentielt kan nødforsyne vandværker helt under strømsvigt, men at dette kræver nøje overvejelser af effektbehov, delforsyning vs. helforsyning, varighed af nødforsyning, OT-sikkerhed og bæredygtighed. Eksemplet fra SONFOR illustrerer en vellykket implementering af en kombineret solenergi- og UPS-løsning, der balancerer mellem teknisk pålidelighed og miljømæssig ansvarlighed. Det er nødvendigt med fortsat forskning og praktiske afprøvninger for at optimere sådanne systemer og sikre deres effektivitet i forskellige kontekster og scenarier.

## Bæredygtighed og multikriterieanalyse i planlægningen af vandsystemer

### 2. Drikkevand

**Sarah Brudler Friis**<sup>1</sup>

Kurt Brinkmann Kristensen<sup>2</sup>, Jens Dyrberg Nielsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> Aarhus Vand

**Nøglebudskaber:** Bæredygtighed er et partnerskabsmål i Vandpartner 2.0, herunder CO<sub>2</sub>-reduktion og øget genanvendelse og cirkularitet. For at nå målet, er det afgørende, at bæredygtighed inddrages i beslutningerne. For at sikre det, udføres der bæredygtighedsscreeninger i planlægningen af vandinfrastrukturen. Her anvendes bl.a. livscyklusvurderinger og ressourcekortlægninger. Resultaterne indgår i en samlede evaluering med en række andre parametre, herunder økonomi, driftssikkerhed og bygbarhed, for derigennem at skabe et oplyst beslutningsgrundlag. Tilgangen vises ved tre eksempler: planlægningen af et vandværk, vurderingen af ledningstraceer og evalueringen af brug af sekundavand.

**Abstract tekst:** For at træffe komplekse beslutninger med hensyn til en række forskellige parametre, anvendes multikriterieanalyser i planlægningen af vandinfrastruktur for Aarhus Vand. Her indgår bl.a. økonomi, fleksibilitet, bygbarhed og driftssikkerhed. For at sikre, at partnerskabsmålet omkring bæredygtighed kan opnås, udvides multikriterieanalysen med en vurdering af potentialet for CO<sub>2</sub>-reduktion og øget cirkularitet. Vurderingen baseres på livscyklusvurdering, hvor der bl.a. tages højde for materialeforbrug, brændstofforbrug og transport i anlægsprojekter. Cirkularitet vurderes med en ressourcekortlægning, som kobles til affaldshierarkiet. Vurderingerne omregnes til en score, som indgår i den samlede multikriterieanalyse.

Eksempel 1: Vandværk Elstedværket

Der er vurderet tre forskellige scenarier for Elstedværket: 1. ombygning, 2. genetablering og 3. flytning til et nyt areal. Bæredygtighedsvurderingen viser, at ombygningen er den mest bæredygtige løsning. Det skyldes især CO<sub>2</sub>-udledinger forbundet med produktion af nye materialer, som er væsentlig lavere ved ombygning. I scenarierne som kræver nedrivning af det eksisterende vandværk (genetablering og flytning), er genanvendelsespotentialet højere, men samtidig udledes mere CO<sub>2</sub>.

Eksempel 2: Råvandsledninger Lyngby-Kasted

For at transportere råvand fra kildepladsen i Lyngby til vandværket i Kasted, blev seks forskellige ledningstraceer vurderet. Traceet med den højeste bæredygtighedsscore har både det laveste CO<sub>2</sub>-aftryk, højeste fraktion af genbrug og mindst forbrug af nye ressourcer. Både placeringen af traceet, som bestemmer fx hvor meget asfalt skal skæres og genetaberes, og længden af traceet er afgørende for bæredygtighedsscoren. Traceet, som bidrager mest til bæredygtighed blev også vurderet til at have den laveste driftsøkonomi, mens alternative traceer blev vurderet højere ift. anlægstekniske forhold og fleksibilitet. Dermed viser multikriterieanalysen afvejninger mellem forskellige scenarier.

Eksempel 3: Sekundavand i Nye

Tre forskellige scenarier for den fremtidige brug af sekundavand i Nye blev evalueret. Scenariet, hvor sekundavand kun bruges i det etablerede delareal af byen med eksisterende sekundavandforsyning, scorer højest for bæredygtighed. Alle fremtidigt udviklede arealer forsynes udelukkende med drikkevand i dette scenarie. Alternativer, hvor hele Nye forsynes med enten et eller to reneværker for sekundavand, har en væsentlig lavere bæredygtighedsscore. Det skyldes både en højere CO<sub>2</sub>-udledning, primært fra el-forbruget for rensning, og et højere forbrug af nye ressourcer, hvor anlæg af et ”dobbel” ledningsnet har en væsentlig betydning. Samtidig forventes højere anlægs- og driftsomkostninger.

## Erfaringer vedrørende datadrevet lækageovervågning

### 2. Drikkevand

**Anders Mølgaard Holtze**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Novafos

**Nøglebudskaber:** Præsentation af gennembrud indenfor anvendelse af data til at identificere og lokalisere lækagebrud. Traditionelle tilgange som eksempelvis analyse af nattimeforbrug kan erstattes af en direkte monitorering af lækage. Når en lækage identificeres på baggrund af ændring i en sektions balance, kan støjtal fra forbrugsmålere anvendes til at lokalisere bruddet.

**Abstract tekst:** Gennem installation af fjernaflæste forbrugsmålere for drikkevand er vi i de seneste år blevet bevæbnet med et ekstremt stærkt våben i kampen mod lækage.

Novafos har længe anvendt sektionsinddeling af område til på baggrund af nattimeforbrug at kunne estimere eventuel lækage. Dette estimat er imidlertid ret usikkert. En stor del af usikkerheden kan nedbringes ved foruden at betragte det indpumpede vand også at inddrage det forbrugte vand i regnestykket. Forskellen mellem det indpumpede og forbrugte vand er – efter en række mellemregninger – et direkte udtryk for lækage i den pågældende sektion.

Ved at have et præcist kendskab til lækagen i hver sektion og endda kende tidspunktet for forekomsten af ny lækage, kan lækagesøgning målrettes effektivt. Nye lækage af størrelsesordenen 2-5% af minimumsflowet i en sektion kan typisk spores indenfor 48 timer efter lækagens opståen. Herefter kan antallet af potentielle lækageadresser oftest begrænses til en enkelt ved at anvende statistisk analyse på støjtal fra forbrugsmålerne i den pågældende sektion.

En af de større udfordringer i at implementere løsningen, er håndteringen af store mængder data. Der skal være styr på:

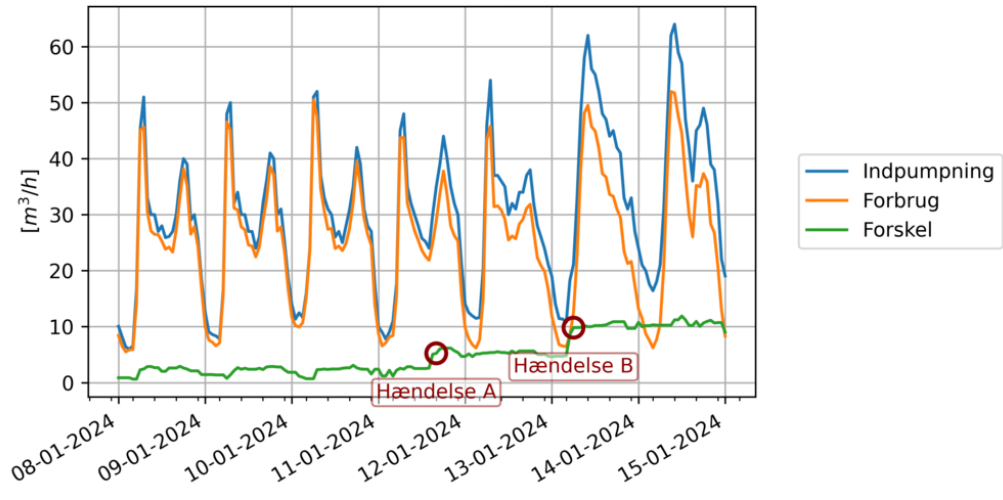
- Signalkæden fra flowmålere for udpumpning gennem Scada-system og frem til analysedatabase.
- Opdatering, synkronisering samt sektionstilknytning af data fra tusindvis af forbrugere.
- Ad hock afvigelse som fx skylninger og planlagte sektionsåbninger.

Når de rå data er nået frem til analyseprocessen, har vi haft succes med at anlægge statistisk datarens og huludfyldning hvor eksempelvis BBR-anvendelseskode anvendes til at beregne forbrugsmønstre i realtid, der kan bruges til at estimere forbrug, der af den ene eller anden årsag ikke er nået frem via fjernaflæsningen. I tillæg giver den statistiske tilgang et præcist estimat for skyggeforbrug hvor der bliver brugt vand, der ikke bliver afregnet.

Illustrationen viser to lækagehændelser opstået efter flere dages frostvejr. Lækagerne fremstår som pludselige ændringer i forskellen mellem indpumpet og forbrugt vand.



### VBA Skovlunde Syd



## Godt vandtryk i Danmarks største distributionsnet – også om 10 år

### 2. Drikkevand

Anders Jurin Hansen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HOFOR A/S

**Nøglebudskaber:** Vi har gennem et grundigt planlægningsarbejde sikret en levetidsforlængelse af bytrykstyringen af Danmarks største distributionsnet. Levetidsforlængelsen af bytrykstyringen er sket samtidigt med, at der leveres vand til borgerne og uden indvirkning på forsyningen. Det har krævet et grundigt planlægningsarbejde, gennemtænkte tekniske løsninger og ikke mindst et stort testarbejde, at gennemføre denne manøvre uden at gå på kompromis med forsyningssikkerheden. Foruden det tekniske er der også lagt et stort arbejde i at inddrage alle relevante afdelinger, hvilket har sikret en løsning stærkt forankret i organisationen, specielt i driften, der skal anvende løsningen.

**Abstract tekst:** Det system, som styrer trykket i Københavns distributionsnet, blev etableret for over tredive år siden. Siden da er der lavet flere ændringer i systemet, og flere af de først etablerede kommunikationslinjer er blevet afbrudt. De mange ændringer og manglende dokumentation har medført store udfordringer for den daglige drift. Gennem en årrække har HOFOR arbejdet på, hvordan systemet skal opdateres. I den proces er der fundet frem til en lang række løsninger, men det mest presserende har været at udskifte hardware og software i systemet.

Siden SRO-systemet blev programmeret sidste gang i 1990'erne, er der sket meget inden for, hvordan vi i HOFOR programmerer. Det gamle system er svært for os at vedligeholde in-house, så derfor er den nye programmering bygget op på en blokstruktur, der er blevet udviklet i forbindelse med opførelsen af de nye vandværker og kildepladser.

I HOFOR er arbejdsmiljø en vigtig del af det daglige arbejde. Det tidligere system, som styrede bytrykket, mangler dokumentation og nogle alarmer, og har derfor længe været en kilde til usikkerhed og nervøsitet for vores drift både i hverdagen, og når der har skulle laves ændringer på systemet. Bytryksstyringen var derfor en mental belastning for driftsvagten, der sidder med ansvaret ved alarmer og fejl. Gennem et grundigt træningsforløb har vi sikret, at medarbejderne i driften er godt uddannede, og mindsker dermed den mentale belastning. Uddannelsen skete i en model af systemet, der er opsat, så ét døgn i styringen kan gennemspilles på to timer.

I projektet blev der lagt stor vægt på at mindske risici for forsyningssikkerheden. Den oprindelige ide var at omkoble alt på én gang. Den måde at omkoble på medfører en stor risiko, så derfor har en vigtig del af planlægningen været at finde andre løsninger på problemstillingen. Vi nåede frem til en løsning, hvor vi gennemtestede systemet og omkoblede få komponenter ad gangen for at sikre, at alting fungerede, trin for trin.

For at sikre at alle børnesygdomme udryddes før projektgruppen slipper projektet, kører vi en hypercare periode i 6 måneder fra at projektet blev overdraget til driften.

## **Nye teknologier på renseanlæg**

2024-11-28

14:05 - 16:00

Nye teknologier på renseanlæg

## Rensning af processpildevand fra produktion af ultrarent vand til PtX-industrien

### 3. Spildevand

Claus Nickelsen<sup>1</sup>

Sebastian Ravn-Andersen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NIRAS A/S

**Nøglebudskaber:** En ny branche på vej – hvad vil være en hensigtsmæssig kilde til produktion af ultrarent vand - hvordan skal udledningen af det rensede processpildevand reguleres og kan der etableres renseteknologier som lever op til EU-krav?

Udledningmuligheder, myndighedskrav, renseteknologier, vandmiljø og omkostninger – er emner som berøres. PtX-branchen kan vise sig som en del af løsningen for vores vandmiljø bl.a. ved anvendelse af rensed spildevand til produktion af ultrarent vand.

**Abstract tekst:** Der er pt. 40 PtX-projekter på vej i Danmark. Fælles for disse projekter er, at der kræves et højt vandforbrug – for de 40 projekter forventes et samlet vandforbrug på 13 – 15 mio. m<sup>3</sup>. En række mindre PtX-projekter forventes placeret i det åbne land med særlige muligheder for vandforsyning og vandhåndtering. De største PtX-anlæg forventes at blive placeret bynært.

I dette projektet, der er udført for Miljøstyrelsen, er der fokuseret på produktion af ultrarent vand fra rensed spildevand, overfladevand, grundvand og havvand samt renseteknologier til rensning af processpildevand inden udledning til f.eks. vandløb eller kysten. En større del af arbejdet har inkluderet myndighedskrav til det rensede processpildevand, da disse krav oftest er afgørende for de valg der træffes i de indledende faser af et PtX-projekt. Projektet indikerer, at anvendelse af rensed spildevand ofte er en god løsning. For at kunne anvende denne løsningsmetode, skal processpildevandsrensningen være i fokus, og denne omfatter en række nye teknologier, som ikke i dag finder anvendelse i forsyningsbranchen. Nogle teknologier skal udvikles, hvor andre teknologier, som anvendes i andre industrier, skal tilpasses processpildevandet. Som et led i arbejdet er der gennemført en analyse af omkostningerne forbundet med produktionen af ultrarent vand og den nødvendige rensning af processpildevand.

Det udførte arbejde er baseret på igangværende projekter i Danmark. Arbejde udført for Miljøstyrelsen og afsluttet april 2024.

## Genbrug af rensed spildevand til Power-to-X: En case i Pau, Frankrig

### 3. Spildevand

**Thomas Bugge**<sup>1</sup>

Nana Jensen<sup>1</sup>, Issam Haddad<sup>1</sup>, Mathieu Delahaye<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SUEZ

**Nøglebudskaber:** Renset spildevand har gennem mange år været genanvendt til forskellige formål, især i regioner med begrænset tilgængelighed af rent vand. I Danmark har den igangværende udvikling indenfor Power-to-X skabt et potentielt stort behov for produktion af ultrarent vand, og det efterhånden vidt anerkendt at det er nødvendigt at kigge på alternative vandressourcer, så drikkevandsressourcerne ikke opbruges til dette.

SUEZ har mange års erfaring med genbrug af rensed spildevand og vil her specifikt dele vores første erfaringer fra et renseanlæg hvor rensed spildevand anvendes som vandkilde til anlæggets interne Power-to-Gas proces.

**Abstract tekst:** Power-to-X har et stort potentiale til at blive nøglen til et skifte i den globale energi-produktion. Et kritisk element i værdikæden er i den sammenhæng ultrarent vand, der indgår som føden til elektrolyse, hvor det ultrarene vand splittes til grøn brint og ilt. SUEZ har netop idriftsat sit første anlæg i Danmark (2 m<sup>3</sup>/time) til produktion af ultrarent vand til et mindre Power-to-X anlæg. Her er vandkilden almindeligt drikkevand.

I Danmark har flere rapporter dog peget på at der er behov for at kigge på alternative vandkilder såsom rensed spildevand eller overfladevand, bl.a. i Miljøstyrelsens seneste rapport om rensning af processpildevand fra rentvandsfabrikker til Power-to-X (Miljøstyrelsen, 2024). Dette er nødvendigt for at frigive de vandmængder der er nødvendige for at nå i mål med regerings mål for 2030 på 4-6 GW PtX kapacitet.

SUEZ har mange års erfaring med genbrug af rensed spildevand til forskellige formål, og har for nylig idriftsat et nanofiltreringsanlæg (3 m<sup>3</sup>/time) til produktion af ultrarent vand fra rensed spildevand på et 200.000 PE renseanlæg i Pau i Sydfrankrig. Det ultrarene vand bruges internt på anlægget til Power-to-Gas, hvor en elektrolyseenhed producerer grøn brint. Brinten indgår i en katalytisk metaneringsproces sammen med overskydende CO<sub>2</sub> fra anlæggets interne biogasproduktion (se figur 1).

Metaneringsprocessen betyder at renseanlæggets samlede metan-produktion øges med 50% således at der samlet set kan produceres 13.000 MWh/år. Samtidig betyder denne implementering sammen med implementering af en ny termisk proces til behandling af slamfraktionen (Hydrotermisk Carbonisering) at renseanlæggets samlede CO<sub>2</sub> emission reduceres med 50%.

Nanofiltreringsanlægget er som nævnt taget i brug for nylig, og vi vil i denne præsentation komme ind på de første resultater og driftserfaringer med produktion af ultrarent vand fra rensed spildevand.

Fig. 1: Simpelt procesdiagram for Power-to-Gas processen på renseanlægget. Vand til elektrolyseenheden produceres vha. nanofiltrering af renet spildevand fra udløbet af renseanlægget.

Referencer:

Processpildevandsbehandling: Rensning af processpildevand fra rentvandsfabrikker til Power-to-X. Miljøstyrelsen, 23. April 2024.

## KROBIO HYBRID - Kompakt og Robust BIOlogisk spildevandsrensning i HYBRIDformat

### 3. Spildevand

**Carina Bayley**<sup>1</sup>

Kamille Brix<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Krüger A/S

<sup>2</sup> Fors A/S

**Nøglebudskaber:** Fyrtårnsprojektet KROBIO fokuserer på fuldskala demonstration af den nye og banebrydende biofilmsteknologi, Cella til kapacitetsudvidelse på renseanlæg. Cella-anlægget er nyopført på Svinninge Renseanlæg, og vi præsenterer her det endelige anlæg og dets design. Medvidere præsenteres deforeløbige analyser og resultater af anlæggets renseeffektivitet i fuldskala samt dets effekten på og synergi med det eksisterende renseanlæg og den aktiv slam proces.

KROBIO er et samarbejde mellem Fors A/S (projektejer), Krüger A/S og AnoxKaldnes og er støttet af Miljøstyringens MUDP fond.

**Abstract tekst:** KROBIO er et fyrtårnsprojekt, som demonstrerer den nye og banebrydende biofilmsteknologi, Cella til kapacitetsudvidelse på renseanlæg. Cella-teknologien er udviklet af svenske AnoxKaldnes og tager udgangspunkt i MBBR-princippet - hvor de traditionelle plastik-bæremedier er udskiftet med et mere bæredygtigt materiale lavet af et organisk restprodukt, som biofilmen kan gro på. Cella eliminerer således miljø-hæmsko omkring MBBR-teknologi og har forbedrede egenskaber ift. klassiske plastik-bæremedier.

Cella-anlægget er i dag implementeret på Svinninge Renseanlæg som en permanent fuldskala *ad on* installation, og vi præsenterer her det færdige anlæg og dets design. Medvidere gennemgås de foreløbige analyser og resultater af anlæggets renseeffektivitet i fuldskala samt dets effekten på og synergi med det eksisterende renseanlæg og den aktiv slam proces.

KROBIO er et samarbejde mellem Fors A/S (projektejer), Krüger A/S og AnoxKaldnes og er støttet af Miljøstyringens MUDP fond. Projektet fokuserer på fuldskala-demonstration af den nyudviklede Cella-teknologi og skaber basis for, at fremtidens spildevandsrensning er så kompakt så muligt ved at sænke anlæggets arealbehov med ca. 50%. Projektet bidrager endvidere til øget indsigt i klimabelastningen fra lattergasemission samt evnen til at fjerne miljøfarlige stoffer.

## Kan hydrocykloner og granulært slam sikre nitrifikation i et højt belastet renseanlæg?

### 3. Spildevand

**Martin Fløe Barwah**<sup>1</sup>

Maja Nyhus Nisted<sup>1</sup>, Johanne Ulints<sup>1</sup>, Peder Hvid Maribo<sup>1</sup>, Rune Røjgaard Andreasen<sup>2</sup>, Katrine Barnkop Blæsbjerg<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aarhus Universitet

<sup>2</sup> NIRAS A/S

**Nøglebudskaber:** Der er i foråret 2024 installeret hydrocykloner på Søholt Renseanlæg for at sikre bedre bundfældningsegenskaber for slammet, samt mulighed for at holde den nitrificerende biomasse i procestankene. Hvis den generelle aerobe slamalder bliver for kort til at sikre fastholdelse af nitrifikanter, kan dette alligevel ske i den tunge del af slammet, der vil have en længere slamalder. Præsentationen viser målinger af nitrifikationsrater i forskellige slamfraktioner, og en beregnet vurdering af hvordan dette kan sikre nitrifikation og denitrifikation i et anlæg, hvor den generelle aerobe slamalder er lav. Effekten på slammets generelle bundfældningsegenskaber vil også blive præsenteret.

**Abstract tekst:** Selektion for granulært slam, ved at fraktionere overskudsslam med hydrocykloner, er kendt fra mange anlæg, også i en dansk kontekst (*Roche et al, 2021* og *Hansen & Brodersen, 2022*). På Søholt Renseanlæg er man presset kapacitetsmæssigt, og det er svært at fastholde nitrifikationen og en rimelig kvælstoffjernelse om vinteren. En udvidelse af anlæggets procestanke er planlagt, men den akutte situation løses på kort sigt med installation af hydrocykloner på overskudsslamudtaget, for at få forbedre slammets bundfældningsegenskaber, og dermed holde den nødvendige biomasse i anlægget til at sikre kvælstoffjernelsen. Hydrocykloner er installeret i april 2024, og slammets egenskaber, herunder bundfældningshastigheder og dannelse af granulært slam følges løbende, ligesom der måles på slamsammensætningen i returslam og overskudsslam. Nitrifikationsrater måles i de forskellige fraktioner af slammet. Ud fra målte rater og biomassens fordeling i let/tung fraktion beregnes potentialet for at holde på nitrifikanterne, og samtidig sikre plads til en rimelig denitrifikation, som funktion af belastning og temperatur. Vi regner med at kunne vise hvor effektiv en nitrifikation man kan forvente hvis nitrifikanterne alene kan fastholdes i en granulær (tung) del af slammet, og hvor meget kapacitet man vil have til både nitrifikation og denitrifikation om vinteren. Hvis nitrifikanterne kun kan fastholdes i den granulære (tunge) fraktion af slammet, vil denne slamfraktion kunne komme til at bestå af en større andel af nitrifikanter, end det ville være tilfældet hvis nitrifikanterne også kunne fastholdes i den øvrige del af slammet, og man vil potentielt kunne få et granulært slam med en høj nitrifikationsrate.

Vi forventer at kunne præsentere effekten af de installerede hydrocykloner med målinger af SVI, slamsammensætning, nitrifikationsrater i slamfraktioner og beregnede potentialer for nitrifikation i et højt belastet anlæg i vinterdrift. Potentialet i projektet er, at man kan optimere en fremtidig udbygning af Søholt Renseanlæg, så de samlede tankvoluminer til procesbrug og efterklaring optimeres.

(Projektet er et afgangsprøveprojekt for ingeniørstuderende ved Institut for Kemi og Bioteknologi, Aarhus Universitet i samarbejde med NIRAS og Silkeborg Forsyning. Suez A/S er teknologileverandør)



## Referencer

Roche, C.; S. Donnaz, S. Murthy & B. Wett. *Biological process architecture in continuous-flow activated sludge by gravimetry: Controlling densified biomass form and function in a hybrid granule-floc process at Dijon WRRF, France*. Water Environment Res. 2021; e1664. Wiley Onlinelibrary. <https://doi.org/10.1002/wer.1664> .

Hansen, D.M. & E. Brodersen. *Implementing the S::Select® granular process for improved sludge settling properties on Viby WWTP, Aarhus Vand A/S, Denmark*. Aarhus Vand A/S Maj 2022.

## Forbedring af beluftning i renseanlæg med nanobobler

### 3. Spildevand

Iván Liviano<sup>1</sup>

Thomas Tindahl Jensen<sup>2</sup>, Kim Rindel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> BIOFOS A/S

<sup>2</sup> TECHRAS Nano ApS

**Nøglebudskaber:** Målsætningen for dette projekt er at afdække nanoboblers (NB) evne til forbedring af beluftningseffektiviteten i det biologiske trin og dermed en kapacitetsudvidelse af eksisterende renseanlæg.

NB er små bobler på ca. 100 nm med fysiske og kemiske egenskaber, kan potentielt forbedre spildevandsrensning bl.a. af fedt, olie, overfladeaktive stoffer og miljøfremmedestoffer, hvilket bl.a. forbedrer den biologiske iltoptagelse. Der skal testes på en fuldskala installation på Renseanlæg Damhusåen hvor ilttydelser og energiforbrug følges online i kombination med belastningsestimater. I projektet udføres målinger sideløbende i BIOFOS's aktiv-slam pilotanlæg på mere ekstreme situationer med tilsætning af forskellige overfladeaktive stoffer.

Dette kan potentielt forstærke forsyningernes stabilitet mod den stigende belastning og udledningskrav.

**Abstract tekst:** BIOFOS er i gang med at skifte fra overflade til bundbeluftning i deres procestankene, som fører til energibesparelser og mindre vedligeholdelse. I 2024 bliver Renseanlæg Damhusåen ombygget til bundbeluftning, for at kompensere for den midlertidigt manglende kapacitet i den biologiske proces, etableres to Nanobobler løsninger af TECHRAS Nano, med det formål at understøtte og forbedre beluftningen i det biologiske trin.

VUDP-foreningen har besluttet at støtte ”Forbedring af beluftning i renseanlæg med nanobobler” projekt som giver mulighed for bedre at kunne vurdere evnen til forbedringer af beluftningseffektiviteten. Der testes på fuldskala installation ved Renseanlæg Damhusåen, hvor ilttydelser og energiforbrug følges online i kombination med belastningsestimater. Desuden udføres målinger i pilotanlæg på mere ekstreme situationer med tilsætning af overfladeaktive stoffer. De overfladeaktive stoffers vej i spildevandet følges, så projektet giver overblik over reduktion af disse, og i hvilke fraktioner (vand, slam, luft) stofferne ender i. Hvis projekttiden og mulighederne tillader, vil der også blive målt på udvalgte miljøfarlige stoffer.

Indløbet til renseanlæg indeholder typisk store mængder af overfladeaktive stoffer (tensider, olier, maling etc.) som hæmmer den mikrobiologiske aktivitet og påvirker derfor anlæggets overordnede biologiske kapacitet. De hæmmende stoffers negative effekt på renseanlæggets biologiske proces kan reduceres ved tilsætning af nanobobler, da nanobobler vil opfange de hæmmende overfladeaktive stoffer, hvorved iltoverførslen fra beluftningen til vandet forbedres og bakteriernes ilt-optagelses rate forøges.

Nanobobler er små bobler på ca. 100 nm, med fysiske og kemiske egenskaber, der giver dem et stort

potentiale til at forbedre spildevandsrensning. Nanobobler er meget stabile, robuste i vandfasen og de aggregeres ikke til større bobler, hvilket giver en lang reaktionstid. Samtidigt gør nanoboblens høje polaritet dem meget reaktive med andre molekyler i vandet. Ifølge teorien bliver både overfladeaktive stoffer og miljøfarlige stoffer, herunder PFAS'er adsorberet på nanoboblens overflade. Effektiviteten forventes at kunne forbedres med op til 25% ved forbehandling med nanobobler.

Projektet vil skabe værdi for BIOFOS og andre danske renseanlæg ved at tilvejebringe viden om nanoboblens anvendelse i fuldskala. Dette kan potentielt reducere behovet for at udbygge eksisterende renseanlæg med nye betontanke, samt forstærke stabilitet og effektivitet og kan eventuelt bidrage til at flere renseanlæg opretholder den stigende belastning og udledningskrav, hvorimod reduceres systems miljøbelastning og styrke BIOFOS indsats for at blive CO<sub>2</sub>-neutral.

## **Udførsel/drift - klima**

2024-11-28

14:05 - 16:00

Udførsel/drift - klima

## Modeltest til kapacitetsforøgelse af pumpestation til 48.000 m<sup>3</sup>/h

### 3. Spildevand

**Carsten Belling Jensen**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sweco Danmark A/S

**Nøglebudskaber:** Via modeltest har Sweco i samarbejde med tysk pumpeleverandør vist, at man ved optimering af pumper og pumpestation samt forlængelse af udløbsledning i forbindelse med projektet Lynetteholm, stadig er i stand til at opnå en betragtelig større kapacitet i flowet fra udløbspumpestationen.

**Abstract tekst:** For forsyningsselskabet BIOFOS har Sweco, udført et studie i, hvordan det er muligt at øge flowet fra udløbspumpestationen. BIOFOS har et generelt ønske om at øge flowet, samtidig med at det forventeligt vil blive nødvendigt at forlænge udløbsledningerne som følge af projektet Lynetteholm.

Projektet Lynetteholm, som er et større projekt til indvinding af et område i ved Københavns Havn, er projekteret til delvist at ligge oven på de eksisterende udløbsledninger. Uden en forlængelse af udløbsledningerne, vil udledningspunktet ligge for tæt på den kommende kystlinje.

BIOFOS har et ønske om at øge flowet med 6.500 m<sup>3</sup>/h til 48.000 m<sup>3</sup>/h, samtidig med at de eksisterende udløbsledninger forventeligt skal forlænges og at der dermed skal overvindes et større trykfald.

Pumpestationen er i dag bestykket med 4 skaktrørspumper, med maksimalt 3 pumper i drift samtidig og et maksimalt flow på 41.500 m<sup>3</sup>/h.

For at anskueliggøre en mulig løsning har vi i samarbejde med pumpeleverandøren KSB og Rosenberger Engineering i Tyskland udført modeltest af pumpestationens indløbsdel med tilhørende pumpesumpe.

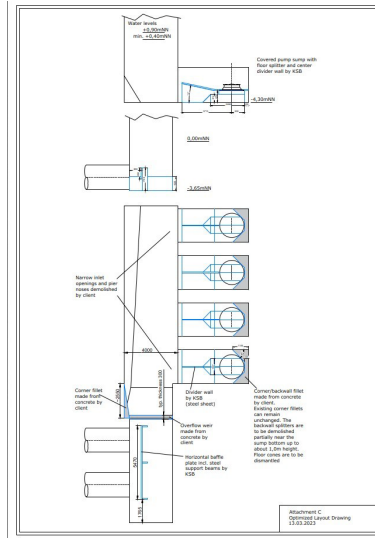
Rosenberger Engineering er et firma som er specialiseret i udførelse af hydrauliske modeltest, ledet af Dr. Hartmut Rosenberger. Modellerne bliver udført i plexiglas og skaleret i henhold til Standarden: Hydraulic Institute Standard on Pump Intake Design, Selve modellen blev bygget i forholdet 1:8,548, efter hydrauliske parametre til den tilsvarende Froudes lov.

Resultatet af forsøget er mundet ud i en rapport, der med baggrund i testresultaterne definerer de konstruktionsmæssige ændringer i tilløbet og pumpesumpene, der skal udføres for, at vandføringen ind til skaktrørspumperne kan øges for at opnå det ønskede flow.

Derudover er det nødvendigt at optimere hydraulikken på pumperne, hvor erfaringer fra andre projekter viser gode resultater.

Med baggrund i studiet vil vi i indlægget sætte fokus på, hvordan BIOFOS har mulighed for at opnå

den ønskede kapacitet. De forslåede optimeringer er nu udbudt og vi ser frem til at deltage i den kommende gennemførelse af opgaven.



## Skybrudstunneler – ekspropriation, processer, planlægning og samarbejde

### 4. Afløb

Søren Henriksen<sup>1</sup>

Mads Dalgaard<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LE34

<sup>2</sup> HOFOR

**Nøglebudskaber:** Etableringen af Valby Skybrudstunnel kræver ekspropriation af forskellige rettigheder til gennemførelse af projektet samt til efterfølgende sikring af tunnelkonstruktionen. Et så kompleks projekt med mange aktører involveret, stiller store krav til at projektet er tilstrækkeligt gennearbejdet forinden ekspropriation finder sted. En tæt koordinerende indsats mellem de forskellige aktører er altafgørende for at sikre den nødvendige fremdrift i projektet således ekspropriation er mulig. Indlægget sætter med udgangspunkt i Valby Skybrudstunnel fokus på de procesmæssige- og koordineringsudfordringer der kan være i den forbindelse og hvordan man generelt får skabt det tilstrækkelige grundlag for at ekspropriere til en skybrudstunnel.

**Abstract tekst:** HOFOR arbejder i disse år med at sikre hovedstadsområdet mod oversvømmelser efter skybrud og kraftig regn. Skybrudssikringen består blandt andet i at etablere en række skybrudstunneler, der dels skal sikre mod oversvømmelser, dels sikre mod overløb fra de eksisterende kloakker ved at fungere som bassin for opmagasineret regnvand. Projekterne er meget komplekse projekter i teknisk, juridisk og koordineringsmæssig forstand, og stiller store krav til samarbejdet mellem bygherre, kommune, den projekterende og andre aktører for at sikre en tilstrækkelig fremdrift i projektet forud for klargøring af projektet til ekspropriation.

Med udgangspunkt i Valby Skybrudstunnel som er under udførelse, vil indlægget sætte fokus på de vigtigste budskaber og erfaringer ift. at skabe det nødvendige grundlag for at kunne foretage ekspropriation af de nødvendige rettigheder. Indlægget kommer bl.a. ind på kravene til spildevandsplanen, hvilke krav der stilles til den projekterende, og hvordan et tæt samarbejde mellem den projekterende, bygherren, ekspropriationsmyndigheden og øvrige myndigheder, hvis tilladelser er en forudsætning for at kunne gennemføre en ekspropriation, er helt afgørende for at projektet kan klargøres til ekspropriation. De mange aktørers involvering og nogle gange forskellige dagsordener stiller store krav til koordinering og samarbejde at opretholde tilstrækkeligt fremdrift for at projektet kan danne grundlag for ekspropriation. Hvordan sikrer man sig at projektet er tilstrækkeligt klart til at der kan eksproprieres og samtidig sikrer bygherren den tilstrækkelige fleksibilitet for entreprenøren i udførelsesfasen? Og hvordan kan man som bygherre på en god måde gennemføre de nødvendige koordinerende tiltag mellem aktørerne?

Indlægget vil endvidere berøre hvordan kravene til ekspropriation omsættes i praksis ift. den projekterendes rolle, og hvilke faldgruber man skal være opmærksom på som bygherre generelt ift. ekspropriationsprocessen. Det er blandt andet en udfordring at sikre sig, at løbende projektændringer

bliver implementeret tilstrækkeligt, og at rollefordelingen mellem bygherren og kommunen som ekspropriationsmyndighed er klar og tydelig. Indlægget vil også berøre hvordan ekspropriation til etablering af skakte, adgangsveje og til pålæg af servitut der skal beskytte tunnelkonstruktionen konkret er sket i praksis. Skal man f.eks. ekspropriere til dybtliggende konstruktioner 15-20 m under terræn?



## Udvikling af ny effektiv og bæredygtig rensegrisløsning til vedligeholdelse af trykledninger

### 4. Afløb

**Hanne Løkkegaard**<sup>1</sup>

Martin Thau<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nordisk Vandteknologi A/S

<sup>2</sup> Vandmiljø Randers A/S

**Nøglebudskaber:** Svendborg Motorværksted har i samarbejde med Nordisk Vandteknologi, Vandmiljø Randers og Vandcenter Syd udviklet en innovativ rensegrisløsning. Projektet, støttet af Innovationsfondens Innoboosterprogram, fokuserer på at udvikle en bæredygtig løsning for spildevandsforsyningerne. Den nye rensegris, fremstillet af genanvendte materialer, tilbyder skånsom og holdbar rensning af spildevandssystemernes trykledninger. Løsningen dokumenterer høj effektivitet og energibesparelse ved pumpestationer, samt en markant reduktion i svovlbrinteproduktion, hvilket mindsker behovet for kemikalier.

**Abstract tekst:** I Innoboosterprojektet udvikler vi en ny og innovativ rensegrisløsning med fokus på cirkulær økonomi og skånsom rensning af spildevandsforsyningernes trykledninger. Den nye rensegris er dokumenteret langt mere effektiv til vedligeholdelse af trykledninger end traditionelle rensegris-løsninger. Unikt for denne rensegris er coatningen med genanvendte materialer, som muliggør effektiv fjernelse af både sediment og biofilm, hvilket resulterer i mærkbare energibesparelser og reduceret svovlbrinteproduktion. Projektet adresserer således de store udfordringer, som mange spildevandsforsyninger ofte står overfor grundet dannelse af korrosiv og giftig svovlbrinte i kloakledningerne.

Rene trykledninger medfører betydelige energireduktioner ved pumpning af spildevand. Vi kan desuden dokumentere en reduktion i svovlbrinteproduktionen på 60-70%, hvilket potentielt kan reducere kemikalieforbruget tilsvarende. Den nye rensegris kan således skabe store forbedringer i spildevandsforsyningernes drift, herunder gøre den mere bæredygtig og økonomisk fordelagtig.

Samtidig med udviklingen af rensegrisen arbejder vi i projektet også på udvikling af en automatisk afsender og modtager til rensegrise. Dette vil kunne reducere antallet af kørsler til pumpestationerne og herved sænke driftsomkostningerne yderligere. Hele løsningen er danskproduceret og repræsenterer et vigtigt skridt fremad for bæredygtig spildevandshåndtering.

Gennem projektet udvikles og testes nye strategier for afsendeshyppighed og placering af rensegrisafterløbet for at forbedre rensegrisløsningens effektivitet. Løsningen udvikles af eksperter fra Svendborg Motorværksted og Nordisk Vandteknologi, der har omfattende erfaring med maskinteknik og spildevandsprocesser, i samarbejde med spildevandsforsyningerne Vandmiljø Randers og Vandcenter Syd, som bidrager med testfaciliteter, dataopsamling og faglig sparring. Herved sikres, at løsningen ikke kun er teknologisk avanceret, men også praktisk anvendelig i daglig drift.

*Konklusion og Fremtidige Perspektiver*

Den nye rensegrisløsning er ikke kun en teknologisk innovation men også et skridt mod mere bæredygtige og omkostningseffektive metoder til spildevandshåndtering, der på sigt kan resultere i længere levetid for forsyningernes infrastruktur. Der opnår således en højere driftseffektivitet, reducerede driftsomkostninger og en væsentlig reduktion i brugen af kemikalier, hvilket i sidste ende gavner miljøet.

Erfaringerne fra de deltagende forsyninger dokumenterer højere effektivitet, energibesparelser og et reduceret kemikalieforbrug, hvorfor brug af de nyudviklede rensegrise ikke kun er økonomisk fordelagtig, men også miljømæssigt bæredygtig. Fremadrettet vil den videre udvikling og implementering af automatiske afsendere og modtagere yderligere optimere processen, idet tidsforbruget til kloakvedligeholdelse og transport vil kunne reduceres mærkbart.

Dette projekt viser således vejen for, hvordan teknologiske innovationer kan levere praktiske og bæredygtige løsninger på de udfordringer, spildevandsforsyningerne står overfor.

## Samarbejder om håndtering af regnvand i Odense C med gennembrydning af kajkant i træspuns fra 1915 og en jord-bæreevne, der var mindre end ventet

### 4. Afløb

**Maria Møller Houlberg**<sup>1</sup>

Bo Jørgensen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rambøll

<sup>2</sup> VandCenter Syd

**Nøglebudskaber:** Tidligt samarbejde med leverandører og myndighed er gavnligt mhp. at finde den bedste mulige løsning i projekteringen - Udfordringer løser sig med det rette mindset, ved samarbejde for den bedste løsning og ved inddragelse af de rette kompetencer på det rigtige tidspunkt - Man kan godt snakke om bæredygtighed i et projekt med beton, jern og jordtransport.

#### **Abstract tekst:** Baggrund

Odense Havn og Nørrebro bliver omdannet ifm. at Odense transformeres til en dansk storby. Det kræver samtidig separatkloakering af eksisterende fællessystemer. Separeringen vil understøtte det pågående arbejde med reducere af eksisterende overløb og dermed understøtte en fremtidig målopfyldelse i modtagende recipient, som er Odense Havn. Der skal som en forberedelse til separatkloakeringen etableres en ny regnvandsledning for udledning af regnvand fra et oplandsareal på ca. 30 ha med en vandføring på 4.400 l/s (T= 5 år) og etableret med renseforanstaltning, inden det ledes til havnebassinet i Odense.

#### Projektering i tæt dialog med leverandører og myndighed

Traditionelt anses 'BAT' for rensning af tag- og overfladevand som værende det rensningsniveau, som kan opnås ved etablering af et bassin med vådt volumen på 200-300 m<sup>3</sup>/ha<sub>red.</sub>

Pladsen, som anlægget skal etableres på, er ca. 1000 m<sup>2</sup>. Hertil kommer lokalplanens, såvel som den private bygherres, krav til udformning mht. begrænset synlighed og omfang samt begrænsede adgangsforhold. Dette sammenholdt giver store begrænsninger for, hvor pladskrævende løsningen må være og udelukker et vådt bassin.

Markedet for rensningsløsninger blev undersøgt igennem tæt dialog med leverandører og Odense Kommune som myndighed. Løsningen endte med en kombination af sandfang og Sedipipe til de mindre regnhændelser, samt to af markedets største olieudskillere.

#### Anlægstekniske udfordringer i udførelsen

I udførelsen stødte projektet på jord, der havde ringere bæreevne end forventet. Det førte til en periode med intense udfordringer, som krævede alle involverede parter fulde opmærksomhed og ad hoc tilpassede løsninger til de aktuelle forhold, såsom afstivningsprojekt for spuns, etablering af ca. 350 minipæle og støbning af betonbundplade. Udfordringerne blev løst ved et tæt samarbejde mellem bygherre, rådgiver og entreprenør, hvor løsningen af problemerne havde alles højeste prioritet.

Som en del af udførelsen, skulle der brydes igennem kajkanten i Odense Havn, som er opbygget af

træpæle i pommersk fyr fra 1915, placeret side om side med fer og not. Arbejdet måtte udføres vådt og der var behov for specielle kompetencer til at udføre denne del. Arbejdet blev udført af et meget kompetent hold af erhvervsdykkere i sne og frost, i en vandfyldt udgravning, hvor sigtbarheden var lig med nul.

Qua projektets nærhed til omkringliggende ejendomme har udførelsen også krævet en masse interessenthåndtering.

#### Lidt om bæredygtighed

Projektet har fokuseret på at vandet skal kunne løbe selv uden drivmidler. Selvom bæredygtighed ikke derudover var et oprindeligt fokus i planlægningen, er det blevet et diskussionspunkt og et læringsværktøj under udførelsen. Praktiske tiltag som at anmode om miljøprodukterklæringer (EPD) og CO<sub>2</sub>-beregninger på jordtransport har bidraget til bæredygtige overvejelser ifm. udførelsen.

## Sikrere specialdæksler på Svanemøllen Skybrudstunnel

### 4. Afløb

**Mathias Elle**<sup>1</sup>

Jesper Thyme<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novafos

<sup>2</sup> HOFOR

**Nøglebudskaber:** - Store projekter forpligter

Svanemøllen Skybrudstunnel er dansk afløbshistorie største ledningsprojekt. Vi vil gerne med dette være med til at skubbe til udviklingen i branchen - blandt andet hvad angår arbejdsmiljø.

- Sikker hele vejen rundt

For at optimere sikkerheden ved arbejde omkring specialdæksler har vi på Svanemøllen Skybrudstunnel igangsat et udviklingsprojekt med fokus på faldsikring på alle sider af dækslerne.

**Abstract tekst:** Svanemøllen Skybrudstunnel (SST) er et projekt, som har til hensigt at magasinere og bortlede regnvand i et nyt underjordisk tunnelsystem med ca. 10 km tunneler forbundet via 15 skakte, hvortil regn og spildevand høstes gennem tilslutningsbygværker som skaber forbindelsen til de eksisterende afløbssystemer.

Formålet med tunnelen er at mindske skader og gener i forbindelse med skybrud i den nordlige del af København og den sydlige del af Gentofte og Gladsaxe kommuner.

Projektet er udformet som en nordlig og en sydlig tunnelgren, der samles halvvejs og som så føres i en østlig tunnel til udledningpunktet ved Øresund på Københavns Nordhavn. Tunnelens skakte varierer i størrelse med indvendig diameter fra Ø7,5 m til Ø19 m, og indvendig dybde fra 7 m til 33 m. Skakterne anlægges primært med dybe afstivende vægge i form af sekantpæle eller slidsevægge med indvendige konstruktioner af beton. Tunnelsystemet anlægges som borede tunneler, enten som segmenttunnel med indvendig diameter på 4,9 meter, eller som pressede tunneler (pipe-jack) med indvendige diametre fra 1,8 til 3,5 meter.

Projektet er dansk afløbshistories største ledningsprojekt, og kræver i sagens natur en hel del apering i form af spjæld, klapper, afspærringer, ventiler, pumper andet elektrisk udstyr som tilsammen sikrer, at skybrudstunnelen fungerer efter hensigten. Og i kraft af sin størrelse og dybtliggende anlæg stilles der endvidere skærpede krav til sikkerheden omkring arbejdet ved adgangs- og montage-dæksler.

Projektet har i samarbejde med rådgiver og leverandør iværksat en udviklingsproces omkring fremtidig dækseludformning med særlig fokus på sikkerhed og arbejdsmiljø. I den forbindelse har HOFOR og Novafos forud for anlægsarbejdet ladet fire repræsentative, af de ca. 200 dæksler, producere med det formål at i god tid kunne gå og pille, skrue, slibe og stramme hvad strammes kan, for på den måde at optimere både faldsikringen og sikker adkomst til anlægget.

På Dansk Vand Konferencen vil vi gerne give en overordnet introduktion til projektets formål og

funktion samt videregive de erfaringer, der er opnået under processen og på den måde måske bidrage til et højnet arbejdsmiljø i branchen.

## **Uvedkommende vand**

2024-11-28

14:05 - 15:00

Uvedkommende vand

## Modellering af indsivning i afløbssystemet – og anvendelser

### 4. Afløb

**Erik Østergaard Madsen**<sup>1</sup>

Mira Backes<sup>1</sup>, Annette Brink-Kjær<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DigitalPlanet

<sup>2</sup> VandCenter Syd

**Nøglebudskaber:** DigitalPlanet og VandCenter Syd har i et nyligt projekt samarbejdet om at udvikle en ny model til beregning af indsivning i afløbssystemet. VandCenter Syd oplever, som mange andre danske forsyninger, stor påvirkning på afløbssystemet fra indsivende vand. Den nye model har vist sig at kunne kvantificere mængden af indsivning i afløbssystemet med stor nøjagtighed for alle oplandsområder den er anvendt på. Vi vil præsentere resultater fra indsivningsmodellen og give eksempler på hvordan disse bruges i det daglige arbejde. Eksempelvis har resultaterne bidraget til en markant forbedring af resultaterne af Vandcenter Syds operationelle MIKE model for afløbssystemet.

**Abstract tekst:** DigitalPlanet og VandCenter Syd har i et nyligt projekt samarbejdet om at udvikle en ny model til beregning af indsivning i afløbssystemet. Motivationen for projektet var oprindeligt et behov fra VandCenter Syd for at have adgang til nøjagtige og løbende opdaterede tidsserier for indsivningen i forskellige oplande. For mange forsyningsvirksomheder i Danmark udgør indsivningen så meget som 30-50% af vandet i afløbssystemet.

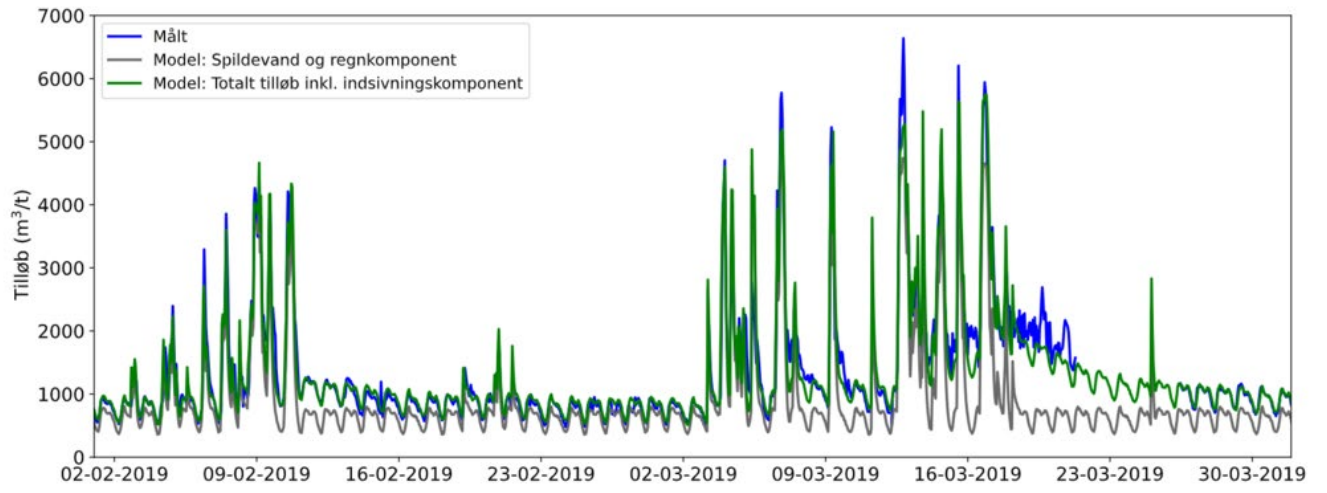
Indsivningsmodellen har vist sig at kunne kvantificere mængden af indsivning i afløbssystemet med stor nøjagtighed for historiske perioder for alle oplandsområder, den er anvendt på. Et af de tilfælde, hvor indsivningsmodellen er blevet anvendt, er tilløbet til Ejby Mølle renseanlæg. Figur 1 viser en sammenligning mellem hhv. målt tilløb og tilløb beregnet med indsivningsmodellen for det nævnte renseanlæg.

Resultaterne fra indsivningsmodellen anvendes til flere formål hos VandCenter Syd, lige fra rapportering til myndighederne, over planlægning af drift til randbetingelser for en MIKE model for afløbssystemet. I præsentationen vil vi bl.a. vise eksempler på, hvordan brug af den beregnede indsivning markant forbedrer modelleringsresultaterne med MIKE modellen. Vi vil præsentere sammenligninger med målinger for flere oplandsområder omkring Odense og Nordfyn samt diskutere yderligere anvendelser af den udviklede metode. I dag er indsivningsmodellen en del af en cloud-baseret service fra DigitalPlanet, der leverer input til VandCenter Syds operationelle MIKE model for deres afløbssystemer.

Metoden, som indsivningsmodellen er baseret på, dekomponerer tidsrækker af vandføring i komponenter. Disse komponenter beskriver bidragene til den samlede vandføring fra spildevand, regn og forskellige kilder til indsivning. Nogle af komponenterne bestemmes ved hjælp af statistik, mens andre bestemmes ved brug af en reservoirmodel. For at kalibrere modellen bruges forsyningsvirksomhedens allerede eksisterende historiske vandførings- og regnmålinger.



Tilløb - Ejby Mølle renselanlæg (Ny Samlekloak)



## Brug af Vandstandsmålere som Prioriteringsværktøj til Investeringer i Opsporing og Afkobling af Uvedkommende Vand i Spildevandssystemer

### 4. Afløb

Rasmums Dahl<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Dryp

<sup>2</sup> Odsherred Forsyning

**Nøglebudskaber:** I en aktuel case fra Odsherred Forsyning undersøges brugen af IoT-vandstandssensorer til opsporing af uvedkommende vand. Vi vurderer, om det kan betale sig at afkoble de identificerede fejlkoblinger og reparere lækager.

Med et solidt datagrundlag identificeres omfanget af uvedkommende vand i to mindre byer.

Analyserne viser konsekvenserne af de ekstra vandmængder på ledningssystemet.

Tiltagene sammenlignes med henblik på effektivitet og økonomisk rentabilitet, baseret udelukkende på data fra IoT-sensorer uden brug af en hydraulisk model. Resultaterne indgår i en cost-benefit-analyse.

**Abstract tekst:** Hørve og Vallekilde er to mindre byer i Odsherred Kommune, 20 km vest for Holbæk. Byerne deler et ledningssystem og betragtes som ét samlet opland med 3300 indbyggere og 21 km ledninger.

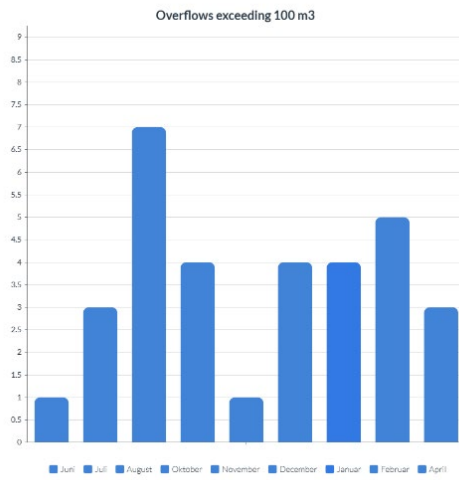
Området blev separatkloakeret i 1960'erne, men oplever i dag problemer med sit spildevandssystem under regnvejr. Store mængder uvedkommende vand fører til hyppige og store overløb ved pumpestationen, som pumper spildevand videre til et renseanlæg længere nordpå.

Dryp foreslog en opsætningsstrategi til opsporing af uvedkommende vand med 25 vandstandssensorer. Efter ni måneders dataindsamling konkluderer vi følgende: Store mængder uvedkommende vand skyldes primært fejlkoblinger og i mindre grad indsvivning. Pumpestationen er korrekt dimensioneret til spildevand samt mindre grundvandsindsvivning, men uvedkommende vand forårsager hyppige overløb til en nærliggende å.

I måleperioden blev der registreret 64 overløb, flere med store volumener. Odsherred Forsyning anvender Dryps virtuelle regnsensor, baseret på DMI's vejrradar, til at kompensere for manglende lokale regnmålere. Flowet beregnes ud fra vandstandsdata samt information om ledningsdimension, hældning og materiale. Sammenligning af regndybde og flows nedstrøms afslørede befæstede arealer på ca. 3000 m<sup>2</sup> i Vallekilde (20 husstande) og ca. 3700 m<sup>2</sup> i Hørve (25 husstande) som kilder til fejlforbindelser.

Registrerede overløb ved pumpestationen overstiger tilladte grænser både i antal og mængde. Fejlkoblinger kan fjernes via påbud til grundejere langs de identificerede strækninger til en pris på ca. 1500 kr. pr. matrikel. Alternativt kan overløbene reduceres ved at etablere et spildevandsbassin ved pumpestationen på ca. 150 m<sup>3</sup> til en anslået omkostning på 1-2 mio. kr., hvilket dog kun vil reducere antallet af overløb med 50%.

Analysen, baseret på vandstandssensorer, gjorde det muligt for Odsherred Forsyning at beslutte, at afkobling af fejkoblingerne er den mest omkostningseffektive løsning for at nedbringe overløbene.



## **CSRD og planlægning**

2024-11-28

14:05 - 16:00

CSRD og planlægning

## CSRD-vejledning til den danske vandsektor

### 7. Bæredygtighed

**Jacob Kragh Andersen**<sup>1</sup>

Miriam Feilberg<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> DANVA

**Nøglebudskaber:** Flere danske vandselskaber skal i gang med bæredygtighedsrapportering jf. EUs nye direktiv, CSRD. DANVA har tidligere i år udgivet en CSRD-vejledning efter et samarbejdsforløb med Envidan, ESG Forum og 18 af de største danske vandselskaber. Vejledningen skal forberede selskaberne til at kunne levere en rapport over Miljø, Sociale Forhold og God selskabsledelse (ESG) i overensstemmelse med CSRD i starten af 2026 på linje med årsregnskabet for 2025.

**Abstract tekst:** EUs nye direktiv vedrørende bæredygtighedsrapportering (CSRD) er trådt i kraft for store virksomheder allerede fra i år. Fra 2025 bliver 21 vandselskaber forventeligt omfattet, hvilket betyder at branchen skal i gang med at forberede sig. Udover de virksomheder som bliver direkte omfattet, bliver mange også omfattet indirekte gennem samarbejde i deres værdikæder, som der nu kommer krav til. CSRD stiller detaljerede krav til virksomhedernes bæredygtighedsrapportering. Rapporteringen skal offentliggøres i et dedikeret afsnit i virksomhedernes årsrapport, ligesom rapporteringen skal påtegnes af en akkrediteret revisor eller et uafhængigt certificeringsorgan. Det overordnede mål er at rapportering af bæredygtighed fremover skal sidestilles med den økonomiske rapportering.

Med det formål at fremme en rapportering, som bidrager til transparens og bæredygtighed i sektoren, igangsatte DANVA i efteråret 2023 et samarbejdsprojekt sammen med Envidan, ESG Forum samt 18 af de største vandselskaber i Danmark. Samarbejdet resulterede i en CSRD-vejledning for de danske vandselskaber, der skal klæde vandselskaberne på og hjælpe dem i gang med bæredygtighedsrapportering i regi af CSRD. For at nå at i mål med bæredygtighedsrapporteringen, er det nødvendigt allerede nu at tage stilling til og igangsætte initiativer, der skal hjælpe bæredygtighedsarbejdet og rapporteringen på plads. Det er en omfattende opgave, som først og fremmest kræver nye arbejdsprocesser og indledningsvist at få skabt et overblik over indhold i bæredygtighedsrapporteringen, men som på længere sigt kan blive en gevinst for sektoren bl.a. ved at skabe klarhed over, hvor sektoren bidrager til grøn omstilling. Rapporteringen kan også skabe opmærksomhed om udfordringer, som man bliver nødt til at håndtere fra vandselskabernes side.

Samarbejdsprojektet foregik hen over efteråret 2023 og vinteren 2023-2024. Omdrejningspunktet var 3 heldagsworkshops, hvor repræsentanter fra de 18 vandselskaber med viden om E-, S- og G-delen sammen udarbejdede oplæg til vejledningen. På de 3 workshops blev der bl.a. arbejdet med aktør/værdikæde-analyse samt den meget centrale Dobbelt væsentlighedsanalyse (DMA), hvor den enkelte organisation skal tage stilling til hvilke emner under ESG-paraplyen, der er væsentlige for dem. Der blev også dykket ned i data og nøgletal for branchen. DANVA planlægger, at nøgletallene kan indgå i en omstrukturering af DANVAs benchmark og statistisk og skabe overensstemmelse mellem indberetninger til forskellige systemer.

Hovedlinjerne i CSRD-vejledningen vil blive præsenteret på Dansk Vand Konferencen 2024 med anbefalinger til, hvordan man kommer i gang med arbejdet. Håbet i branchen er at, vi ikke blot lykkedes med at rapportere vores bæredygtighedsdata ift. direktivets rammer, men at CSRD kan være springbræt til at gøre vandselskaberne i stand til at udvikle organisationerne i en mere bæredygtig retning. Med vores indlæg ønsker vi at lægge op til en diskussion af, hvordan vi arbejder for en ESG-rapportering til gavn for mennesker og miljø.

## Bæredygtighed i vandselskaberne (CSRD) - DANVA vejledning nr. 111

### 7. Bæredygtighed

**Line Møller Ringgaard**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DANVA

**Nøglebudskaber:** Ny EU-lovgivning sætter fokus på bæredygtighed med krav om sidestilling mellem bæredygtighedsrapportering (CSRD) og finansielle regnskaber. DANVA har sammen med Envidan og flere forsyninger udarbejdet en vejledning om bæredygtighedsrapportering i vandsektoren, som skal hjælpe vandselskaberne med at forstå kravene samt ensrette branchens fælles forståelse for og definitioner af centrale begreber.

Præsentationen handler om konteksten for arbejdet, processen og de foreløbige resultaterne, samt det videre arbejde med bæredygtighedsrapportering i DANVA. Det vil desuden kort beskrives, hvordan CSRD er relevant for selskaber, der ikke er forpligtet lovmæssigt til at rapportere.

**Abstract tekst:** EU har lanceret et nyt direktiv, kaldet CSRD, som gør det lovpligtigt for selskaber af en vis størrelse, at rapportere på bæredygtighedsrelaterede spørgsmål. Direktivet sidestiller samtidig rapporteringen med regnskabet, og skal på den måde på sigt øge fokus på bæredygtighed internationalt. Fra regnskabsår 2025 skal de største af DANVAs medlemsselskaber opfylde kravene om bæredygtighedsrapportering. Det gøres igennem de såkaldte bæredygtighedsstandarder (ESRS), der dækker både miljø, sociale og ledelsesmæssige områder. Direktivet kan dog blive aktuelt for flere af DANVAs medlemmer, da en del af rapporteringen indebærer, at selskaberne skal forholde sig til deres værdikæde. Det betyder, at mindre selskaber kan blive dataleverandører som led i værdikæden for større virksomheder i selskabernes opland. CSRD er dermed relevant for hele sektoren.

Arbejdet med at forstå og opfylde kravene er omfattende. DANVA har ønsket at bidrage til en fælles forståelse af opgaverne og nogle fælles definitioner af relevante parametre for danske vand- og spildevandsselskaber. Derfor blev der i slutningen af 2023 og starten af 2024 udarbejdet en vejledning til bæredygtighedsrapportering for danske vandselskaber. Vejledningen er udarbejdet af Envidan på vegne af DANVA. Vejledningen er baseret på tre workshops afholdt i samarbejde mellem Envidan, DANVA og flere af de selskaber, der formentligt bliver omfattet af bæredygtighedsrapporteringskravene. Vejledningen skal ikke forstås som en short-cut til rapporteringen, for det findes ikke. I stedet er det en vejledning til at forstå elementerne i bæredygtighedsrapportering og en række fælles forståelse i branchen. Arbejdet fortsætter under et netværk for ESG, og i DANVA Statistik og Benchmarking, der vil opgøre relevante parametre som en branchestandard, der kan refereres til.

## Bæredygtighedsrapportering i vandselskaber – Frivillig bæredygtigheds rapportering for SMV'er

### 7. Bæredygtighed

Oliver Pedersen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DANVA

**Nøglebudskaber:** Ny EU-lovgivning (CSRD) øger kravene for bæredygtighedsrapportering markant. Det er obligatorisk for større selskaber at rapportere i forhold til standarderne i CSRD. For at lette de administrative omkostninger for små og mellemstore virksomheder (SMV'er), og samtidig tilbyde dem et lignende bæredygtighedsframework at rapportere ud fra, er der kommet et udkast til en frivillig SMV-standard.

Formålet med præsentationen er at redegøre for hvad den frivillige SMV-standard indeholder, og hvordan standarden adskiller sig fra det store bæredygtighedsrapporteringsdirektiv CSRD.

**Abstract tekst:** EU har lanceret et nyt direktiv om bæredygtighedsrapportering, CSRD, der gør det lovpligtigt for selskaber af en vis størrelse at rapportere i overensstemmelse med direktivets standarder. Ambitionen med CSRD er, at bæredygtighedsrapportering skal ske på lige fod med det finansielle regnskab. Mindre selskaber kan vælge frivilligt at rapportere i forhold til standarderne, men kan også indirekte blive påvirket af direktivet, da de omfattede selskaber skal rapportere data fra deres værdikæder.

Med det høje ambitionsniveau i CSRD følger en administrativ byrde, som kan afholde flere af de mindre selskaber fra at rapportere på bæredygtighedsstandarderne præsenteret i CSRD. I forlængelse heraf har EFRAG lavet et udkast til en frivillig SMV-standard, som har været i høring frem til d.21. maj 2024, og et endeligt udkast på standarden forventes at være klar i løbet af efteråret 2024. De selskaber, der ikke er direkte omfattet af det store CSRD, kan vælge at følge den frivillige SMV-standard.

Det udkast til den frivillige SMV-standard, som EFRAG har fremlagt, lægger op til, at standarden indeholder de samme elementer som CSRD, men omfanget er væsentligt mindre. Det vil sige, at selskaber, der vælger at rapportere i forhold til den frivillige standard, skal afrapportere data indenfor områderne miljø, sociale forhold og forretningsadfærd. Samtidig lægger udkastet også op til, at der stadig skal laves en dobbelt væsentlighedsanalyse; selskaberne skal altså beskrive, på hvilke områder de kan have en væsentlig påvirkning på omverdenen, og på hvilke områder omverdenen kan have en væsentlig påvirkning på dem.



## Værktøj til screening af bæredygtighed i klimatilpasningsprojekter i den tidlige planlægningsfase

### 7. Bæredygtighed

Jacob Dahl-Hesselkilde<sup>1</sup>

Rasmus Weis Moeslund<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Frederiksberg Kommune

<sup>2</sup> Frederiksberg Forsyning

**Nøglebudskaber:** Frederiksberg Forsyning og Frederiksberg Kommune har udarbejdet et værktøj til screening af bæredygtighed i klimatilpasningsprojekter. Formålet med værktøjet er at sammenligne forskellige løsningsprincipper i forhold til deres bæredygtighedspotentiale. Værktøjet er baseret på en multikriterieanalyse, hvor bæredygtighedskriterierne afspejler både lokale og globale påvirkninger. Det kan bruges i den tidlige planlægningsfase, hvor man ikke kender den præcise løsning endnu, og hvor muligheden for indflydelse er størst. Vurderingen skal indgå i beslutningsprocesser om valg af løsning og understøtte en eventuel prioritering af modstridende interesser.

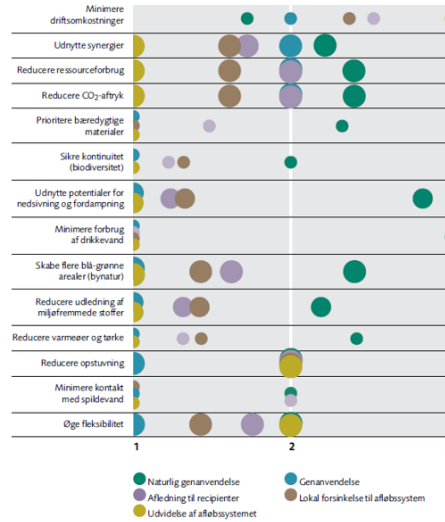
**Abstract tekst:** Klimatilpasning har længe omfavnet flere formål og søgt at skabe merværdier. Fra de tidlige projekter, hvor skatebaner blev tænkt sammen med forsinkelse af regnvand, til nu, hvor store, sammenhængende naturbaserede tiltag sigter mod at opnå en lang række formål såsom at reducere det miljømæssige aftryk, sænke temperaturen i byer og bidrage til øget trivsel og sundhed. Udfordringen er at indtænke disse formål tidligt i planlægningsprocessen, så de indgår som parametre i beslutningsprocessen.

Frederiksberg Kommune og Frederiksberg Forsyning har haft et udbredt fokus på CO<sub>2</sub>-belastning i klimatilpasningsprojekter. I takt med at CO<sub>2</sub>-fokus blev udvidet til at omfatte en bredere vifte af miljømæssige hensyn, opstod der et behov for at se på, hvordan vægtning af forskellige formål kan tilgodese dette i planlægningsfasen. Det er i den tidlige planlægningsfase, at muligheden for indflydelse er størst. Derfor har Frederiksberg Kommune og Frederiksberg Forsyning udarbejdet et værktøj til screening af bæredygtighed i forbindelse med udarbejdelsen af Regnvandsplan 2024. Regnvandsplan 2024 fungerer som et tillæg til spildevandsplanen og har til formål at sætte rammerne for den fremtidige regnvandshåndtering på Frederiksberg.

Formålet med screeningsværktøjet er at vurdere forskellige løsningsprincipper op imod hinanden ud fra en række bæredygtighedskriterier. Det kan bruges i den tidlige planlægningsfase, hvor man ikke kender den præcise løsning endnu. Værktøjet er baseret på en multikriterieanalyse, hvor bæredygtighedskriterierne afspejler både lokale og globale påvirkninger. Værktøjet giver ikke et fuldstændigt billede af løsningsprincippernes bæredygtighedspotentiale, men tilbyder en vurdering af udvalgte kriterier. Kriterierne fokuserer på fire ud af ni planetære grænser, herunder biodiversitet, klimaforandring, fremmede stoffer og ferskvand.

Løsningsprincipperne bliver scoret ud fra kriterierne på en skala fra 1-3, som er baseret på en kvalitativ vurdering foretaget af en tværfaglig gruppe. Vurderingen giver et overblik over, hvordan løsningsprincipperne vurderes relativt i forhold til hinanden. Dette har understøttet udarbejdelsen af

et såkaldt vandhierarki, som består af prioriterede tiltag til regnvandshåndtering. I planlægning af konkrete oplande skal vandhierarkiet bruges til at øge fokus på bæredygtighed i valg af løsningsprincip. Det udgør ligeledes en beslutningsstøtte ved modstridende interesser.



## Tværasektoriel samarbejde mellem kommune og forsyning løfter bæredygtighed til nye højder

### 7. Bæredygtighed

**Peter Hjortdal**<sup>1</sup>

Rolf Johnsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aarhus Vand

<sup>2</sup> Aarhus Kommune

**Nøglebudskaber:** Klima og vand hænger tæt sammen. Den grønne omstilling kalder på, at vi som kommune og forsyning samarbejder, at vi ser vore mål i samspil og at vi kan omsætte målsætninger til aktive handlinger.

Med dette oplæg ønsker vi sammen at fortælle vore fælles erfaringer på områder som CO<sub>2</sub>-reduktioner, klimatilpassede blå/grønne løsninger, biodiversitet og øget ressourcegenanvendelse.

Aarhus Kommune løfter det gennem klimaplan 2025-2030

Aarhus Vand løfter det gennem Vandpartner 2.0 (2022-2027)

Hver for sig kan vi noget, men sammen kan vi ALT.

**Abstract tekst:** Aarhus Kommune ønsker at gå forrest ved at skabe et klimaneutralt samfund. Her har politiske beslutninger fundamental betydning for energiproduktion og -forbrug, og for fremtidens arealanvendelse og -udvikling i kommunen. Byrådet har med seneste klimaforlig sat retning om at øge skov og naturandelen af arealanvendelsen i kommunen, samtidig mere end fordoble udtagning af lavbundsjord. Det kræver omlægning af store arealer i kommunen. Samtidig skal der skabes plads til udbygning sol og vind og fortsat sikres byudvikling og plads til fremtidens fødevarer system. Der er samtidig et stort fokus på hvordan vi arbejder med ressourceforbrug, herunder byggeri og anlæg. Arbejdet med at blive klimaneutral i 2030 kræver at mange aktører støtter op omkring transformationen. Se klimaforliget her: [Link: Klimaaftale \(aarhus.dk\)](#)

Netop denne transformation kræver tæt samarbejde og forståelse af hvordan man bedst bidrager ind i den fælles agenda med andre aktører. I Aarhus Vand ser vi, at vi de kommende år gennem Vandpartner kan lykkedes sammen med Aarhus Kommune ved at støtte op om målsætninger inden for CO<sub>2</sub>-reduktioner, klimatilpassede blå/grønne løsninger, biodiversitet og øget ressourcegenanvendelse.

I Vandpartner har vi følgende mål vi ønsker at indfri i 2027:

#### **Mærkbar reduktion af CO<sub>2</sub> niveauet i projektgennemførelse og i løsningens levetid**

Mål i 2027 er CO<sub>2</sub>-udledningen fra anlægsfasen i projekter i Vandpartner reduceret med 30% i forhold til basisåret 2022

#### **Øget genanvendelse og cirkulær tænkning**

Mål 2027: Alle projekter i Vandpartner skal sikre 100% nyttiggørelse, genanvendelse eller genbrug af de egnede ressourcer i projekterne

### **Øge biodiversitet og dyreliv i byen**

Mål 2027: I alle projekter gennemføres den forbedring af biodiversitet eller bynatur (målt på biofaktoren), som projektets rammer giver mulighed for.

### **Sundhed gennem blå og grønne løsninger**

Mål 2027: I alle projekter benyttes blå og grønne løsninger i det omfang, det kan lade sig gøre indenfor projektets rammer

Med disse mål ønsker vandpartner at være en aktiv spiller ind i, at Aarhus Kommune kan lykkedes og nå i mål med et klimaneutralt samfund til gavn for menneske og natur. Vi ved at mål lykkedes kun hvis vi samarbejder og ved oplægget kommer vi med konkrete eksempler hvordan vores fælles samarbejde på tværs af kommune og forsyning har løftet bæredygtighed til nye højder.

Vandpartner er et partneringskoncept drevet af Aarhus Vand og med 13 partnere tilknyttet på tværs af forsyningsbranchen. Vi udfører løsninger gennem værdiskabende samarbejder og understøtter Aarhus Kommunes bæredygtige krav og muligheder i tæt dialog og ud fra fælles erfaringer på tværs af partnerskabet – læs meget mere om Vandpartner her:

Link: Vandpartner - et succesfuldt partneringskoncept ([aarhusvand.dk](http://aarhusvand.dk))

## Erhvervsudvikling, bæredygtighed og vandhåndtering går hånd i hånd i Østhavnen, Aalborg

### 5. Klima

Sarah Brudler Friis<sup>1</sup>

Mads Uggerby<sup>1</sup>, Anne Juel Andersen<sup>2</sup>, Mette Schmidt<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Envidan

<sup>2</sup> Aalborg Kommune

<sup>3</sup> Port of Aalborg

**Nøglebudskaber:** Projektet har skabt grundlag for at forene erhvervsudvikling, bæredygtighed og vandhåndtering i Østhavnen, Aalborg. Ved at anvende principperne fra InnoVann, en innovativ metode til adaptiv planlægning, håndteres vand fra fjord, vandløb, nedbør og terrænnært grundvand både nu og i fremtiden. Gennem avancerede hydrodynamiske modeller og kortlægning af problem-, opmærksomheds- og mulighedsområder udvikles 'no regret-løsninger' til nuværende arealbehov, mens løsninger til fremtidige nye arealer forberedes, men først udvikles når behovet opstår. Bæredygtighed vurderes metodisk gennem multikriterieanalyse, der integrerer økonomiske, miljømæssige og sociale faktorer. Resultatet er en bæredygtig vandhåndteringsplan, der understøtter udviklingen af 70-100 ha ny erhvervsareal i et vandlidende område her og nu, samt forbereder for yderligere udvidelser i fremtiden.

#### Abstract tekst: Introduktion

Dette projekt fokuserer på at få erhvervsudvikling, bæredygtighed og vandhåndtering til at gå hånd i hånd i et vandlidende område. Vand fra både fjord, vandløb, nedbør og terrænnært grundvand skal håndteres både nu og i fremtiden, hvilket kræver innovative løsninger for at imødegå klimaændringer og fremme bæredygtig udvikling.

#### Metoder

Projektet tager afsæt i InnoVann, en innovativ metode til adaptiv planlægning for vandhåndtering, der er udviklet i Norge. Metodisk kortlægges vand i området, baseret på avancerede hydrodynamiske modeller, og kendte planer og projekter som henholdsvis problem-, opmærksomheds- og mulighedsområder. Kortlægningen er herefter grundlag for udvikling af 'no regret-løsninger' til de arealer, der skal bruges her og nu, mens løsninger til fremtidige yderligere arealer i området først udvikles, hvis behovet opstår i fremtiden. På den måde udvikles tiltag først når der er behov for dem.

Yderligere arbejdes der metodisk med bæredygtigsvurdering af de løsninger, der er i spil. Vurderingen tager udgangspunkt i økonomiske, miljømæssige og sociale faktorer, som er vægtet højt af forskellige stakeholder, herunder klimaaftryk, biodiversitet og vand som ressource. Både nuværende og fremtidige bæredygtighedseffekter af løsninger vurderes og indgår i beslutninger i form af en multikriterieanalyse. Samtidig opstilles et løsningshierarki, som prioriterer forskellige klimatilpasningstiltag til fremtidige projekter.

#### Resultater

Det er lykkedes at skabe grundlag for at skabe de 70-100 ha ny erhvervsareal i et område, der i forvejen er udfordret af vand fra alle sider, og samtidig tage hensyn til de bæredygtighedsemner, som er vigtige for både kommunen og havnen.

Til eventuelle fremtidige yderligere udvidelser har projektet forberedt udviklingen af løsninger gennem digitale værktøjer, metodisk tilgang og løsningshierarki målrettet prioriterede bæredygtighedsemner for området.

## **Projekter - afløb**

2024-11-28

15:00 - 16:00

Projekter - afløb

## Hvordan fastlægges løsninger til rensning af regnvand i byerne? Et eksempel fra Strandvejsområdet i Hellerup om BAT i tætte byområder

### 4. Afløb

Steffen Davidsen<sup>1</sup>

Lasse Nielsen<sup>1</sup>, Morten Bruun<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NIRAS

<sup>2</sup> Novafos

**Nøglebudskaber:** Hvad gør man med rensning af regnvand, når der ikke er plads til våde regnvandsbassiner? Dette spørgsmål står mange med, når der skal klimatilpasses og separeres i de danske byer. Der findes naturligvis mange løsninger på markedet til at løse netop dette problem og spørgsmålene bliver derfor hurtigt nogle andre. *Hvor meget* skal renses? *Hvad* skal der renses for? Hvilken løsning er ”god nok”? Med udgangspunkt i projektet om separering i Strandvejsområdet i Hellerup – et tæt bebygget område med udløb til Øresund – vil metodikken til at finde svar og standpunkt til disse åbne spørgsmål blive præsenteret.

**Abstract tekst:** Når der skal separeres og klimatilpasses i de danske byer, er det ikke altid at rensningen af vandet kan foregå i våde regnvandsbassiner. Selvom der findes adskillige løsninger som fylder mindre, bliver det hurtigt en udfordring at finde frem til, hvad BAT er for oplandet. Løsningerne der findes på markedet renses forskelligt, kræver måske forsinkelse før rensningen og så varierer rensningen af flowet igennem anlægget. Hvordan finder man frem til et acceptabelt niveau der balancerer rens effektivitet, forsinkelsesbehov, pladsforhold drift og levetid? Og hvor vigtigt er robustheden af løsningerne ift. fremtidige ændringer af renskrav, klima og opland? Disse spørgsmål var alle nogle der blev stillet i forbindelse med Novafos’ projekt med at separere Strandvejsområdet i Hellerup.

Projektet startede med et blankt stykke papir, når det kom til rensningen af vandet fra oplandet. Ved hjælp af en række analyser af rensbehov, miljøanalyser i recipienten og mulige renslokaliteter, blev der i samarbejde mellem Novafos, Gentofte Kommune og NIRAS fundet rammer og mål for renseløsningerne.

Til start blev der udarbejdet en ”rensematrix”, der beskriver balancen mellem rensflow, forsinkelsesvolumen og tilsvarende andel af årsnedbøren der bliver rensset. Matrixen hjalp til at få en fælles forståelse af størrelsen på anlæggene, når man skruer på ambitionsniveauet for andelen af vandet som renses. Med rensmatrixen i baghovedet kiggede man efterfølgende på oplandet og fandt offentlige matrikler, vejarealer og p-pladser, som kan anvendes til placering af renseløsningerne. Løbende med dette, blev en lang række anlæg til rensning af regnvand evalueret og undersøgt nærmere, for at få overblik over anlæggenes styrker og svagheder. Derved var der et grundlag for at veje kombinationerne af lokaliteter og løsningerne mod hinanden og frasortere dem som ikke var hensigtsmæssige pga. pladsbehov, kapacitet, rensegrad eller drift.

Listen af lokaliteter, hvor rensning kunne foregå i kombination med de udvalgte anlæg, blev derved reduceret til tre primære lokaliteter. Løsningerne på de tre lokaliteter blev konkretiseret yderligere, for at finde frem til, hvad der teknisk er muligt at etablere på lokaliteterne med de forskellige



renseløsninger og hvor meget vand, der vil kunne renses på lokaliteterne. I en sammenstilling mellem løsninger blev det derved muligt at finde en fælles forståelse af, hvad BAT er for netop dette opland, hvor især plads er en mangel, ligesom i mange andre tætte byområder.

Idet oplandet vil blive udvidet i 2042 er der en forventning til, at kravene til rensningen vil have ændret sig, når det bliver nødvendigt at søge en ny udledningstilladelse til dette. De opstillede løsningsforslag blev derfor vurderet ift. deres robusthed og skalerbarhed for at finde frem til en løsning som ikke kræver substantielle geninvesteringer allerede om 20 år.

## Sommerhuskloakering i Halsnæs Forsyning

### 4. Afløb

**Andres Abildgaard**<sup>1</sup>

Jan Grønning<sup>2</sup>, Lene Pankoke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Halsnæs Forsyning A/S

<sup>2</sup> Envidan A/S

**Nøglebudskaber:** Halsnæs Forsyning står foran kloakering af ca. 2.200 sommerhuse ved Roskilde Fjord. En opgave som såvel økonomisk, som ressource- og tidsmæssigt er omfattende, med mange interesser og med mange succeskriterier, som ønskes opfyldt.

Halsnæs Forsyning har valgt at tilgå opgaven i en processtyret arbejdsgang, som bl.a. sikrer, at vigtige beslutninger tages på de rigtige tidspunkter i processen og at involvering af interesser sker i den rigtige rækkefølge. Processen er transparent, sikrer compliance ift. gældende miljøkrav og valgte såvel som fravalgte løsninger er dokumenterede.

**Abstract tekst:** Halsnæs Forsyning skal kloakere ca. 2.200 sommerhuse beliggende langs den østlige side af Roskilde Fjord. Sommerhusene har i dag afløb af spildevand til septiktanke og nedslivningsbrønde og udgør hermed en kilde til den samlede næringsstofudledningen til Roskilde Fjord.

Halsnæs Forsyning ønsker med kloakeringen at bidrage til reduktionen af næringsstofudledningen til Roskilde Fjord, sørge for en tidssvarende spildevandsafledning for sommerhusejerne samt etablere et fremtidssikret og bæredygtigt spildevandssystem med efterfølgende optimal rensning af spildevandet og afledning til mere robust recipient.

Grundet opgavens omfang har Halsnæs Forsyning vurderet, at det er hensigtsmæssigt, at den samlede proces opdeles i en række projektfaser startende med en Masterplan for hele opgaven. Denne tilgang til opgaven skal bl.a. sikre en kortlægning af beslutningsprocessen, sikre mod ”tilbageløb” i projektførelsen, interessentinddragelse på rette tidspunkt, allokering af de rette ressourcer på rette tidspunkter, at føringsvejene for spildevandet er klar til at modtage den nye belastning etc.

Masterplanen skal bl.a. belyse forskellige løsningsalternativer og transportveje for spildevandet og disse konsekvenser for bl.a. vandmiljøet, påvirkning af det eksisterende afløbssystem, driftsmæssige forhold, arealmæssige forhold, bæredygtighed, synergieffekter, totaløkonomi etc. Ligeledes vil en kortlægning af Drivhusgasprotokollens Scope 3 for projektet indgå i valg af løsninger i projekterings- og anlægsfasen.

Via en multikriterieanalyse analyseres de forskellige løsningsalternativers effekter på de udvalgte parametre og konsekvenserne af forskellige vægtninger af parametrene belyses. Multikriterieanalysen vil finde anvendelse i senere faser i projektet, ex til vurdering af anlægsfasernes bæredygtighed, CO<sub>2</sub>-footprint etc.

Halsnæs Forsyning tror på, at den valgte procesmæssige tilgang, transparens i beslutningsprocessen, interessentinvolvering og loyalitet overfor resultatet af den gennemførte multikriterieanalyse på sigt skaber det bedste afsæt for den kommende detailprojektering og det endelige resultat af sommerhuskloakeringen ved Roskilde Fjord. Dette vil blive fremlagt på indlægget.

## Rensning af regnvand - KOM-BAT - et MUDP projekt

### 4. Afløb

#### Allan Bruus<sup>1</sup>

Jørgen Fogelberg Sommer<sup>1</sup>, Katrine Nielsen<sup>2</sup>, Jesper K. K. Bang<sup>3</sup>, Luca Vezzaro<sup>4</sup>, Ole Mark<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Forsyning Helsingør

<sup>2</sup> Teknologisk Institut

<sup>3</sup> IBF

<sup>4</sup> Krüger A/S

**Nøglebudskaber:** Udledning af regnvand skal i henhold til lovgivningen ske gennem BAT. Våde bassiner har længe været anset for værende BAT indenfor rensning af regnvand.

I dag udleder regnvand store mængder næringsstoffer til recipienter. Opgørelse og indberetningerne af disse mængder beror på typetal, og de indberettede mængder kan afvige betydeligt fra designsituationen.

Der er ønsker om andre løsninger end våde bassiner, som er udfordrede pga. utilstrækkelig plads og krav om øget rensning.

Præsentationen vil fokusere på:

1. Test af brugen af ny renseteknologi i kombination med software-sensor til kontinuert monitorering af regnvandsudledninger.
2. Demonstrere lokal renseløsning i separate regnvandssystem som BAT-alternativ hos Forsyning Helsingør

**Abstract tekst:** Mange steder i Danmark separeres fælleskloakerede byområder, for at mindske risikoen for oversvømmelser og udledning af spildevand igennem kloakoverløb. I henhold til lovgivningens skal separat regnvand renses, så det ikke medfører forringelse af vandmiljøet og samtidigt leve op til begrebet BAT. I de senere år er nye, decentrale teknologier, med begrænset footprint blevet introduceret på markedet i Danmark, dog stærkt udfordret af våde (åbne) regnvandsbassiner, der i mange år har været anerkendte som BAT-teknologi i Danmark.

I dag findes en vejledning til test af teknologier for regnafstrømningen, der tester fra laboratorie til in situ. Vejledning er udviklet i *Projektnetværket "Vandkvalitet der BAT'er"*, Vejledning understøtter udvikling af nye teknologier og bidrager med et større udvalg af nye teknologier til rensning af regnvand for forsyninger og kommuner.

Vejledningens mål er test imellem forskellige teknologier og præsentere resultaterne uvildigt. Den forventede data-opsamling til test af BAT-løsninger kræver betydelige ressourcer i form af timer og økonomi til opsamling, indhentning og analyse af vandprøver. Vejledningen lægger op til monitorering over et år, der giver de ønskede data for kommuner og forsyninger, til at vælge imellem forskellige teknologier. Der er dog fortsat behov for længerevarende monitorering, for at kunne

dokumentere den valgte løsning lever op til BAT. En monitoring, der både er tidskrævende og økonomisk dyr. Med Miljø- og fødevareklagenævnets dom af 22/02461 er ønsket om længerevarende monitoring kommet i yderlige fokus.

Hertil kommer at årsopgørelser på udledninger af næringsstoffer fra regnvandsudledninger er baseret på en standardværdi (typetal), som ikke repræsenterer lokale variationer i koncentrationer og den anvendte BAT. Dvs der kan være meget store forskelle mellem beregnede udledninger ved brug af typetal og udledninger bestemt ved målinger. Brug af målinger er allerede i dag anerkendt som et højere vidensniveau end typetal ved indberetning af overløbsmængder fra fælleskloak. Endelig, så er der lovgivning på vej i Danmark, hvor der vil blive opkrævet betaling for udledning af næringsstoffer fra afløbssystemer. Her vil indberetning på baggrund af målinger på regnvandsudledninger være bedre, da det er mere præcist end typetal. Bemærk, at mere præcise opgørelser af næringsstof fra regnvandssystemer er vigtige, da de årlige belastninger af næringsstoffer fra regnvandssystemer udgør 15% for kvælstof og 25% for fosfor, af den samlet udledning.

Projektet – der er støttet af MUDP - vil demonstrere den nye software-sensor ved at måle effektiviteten af to forskellige decentrale, konkrete, kommercielt tilgængelige rensemetoder (STOPPOL og –UTEP) hos Forsyning Helsingør. Resultater fra den nye software-sensor vil sammenlignes med data indhentet ved analyse af indsamlede vandkvalitetsprøver.

### **3. Spildevand**

## Det nye PFAS-kvalitetskriterium – Hvad skal rensekravet være og hvilke forbindelser skal prioriteres?

### 3. Spildevand

#### Martin Sigaard Dau

**Nøglebudskaber:** Renseanlæggene i Danmark møder stadig flere og flere krav. Stoffer vi ikke vidste var et problem for 10 år siden er morgendagens problem. Der ligger en stor opgave, der skal løses på bedste men billigste måde, så vi kan bevare vores vandmiljø, men uden at det koster hele statskassen.

Senest er PFAS synderen, og med nye krav på vej, er det nødvendigt at gribe rensningen an på en ny måde. Vi præsenterer her hvordan vi i fremtiden skal gå i dybden med data for at bestemme præcis hvilke PFAS-forbindelser der er vigtigst at få fjernet for at overholde kravene.

**Abstract tekst:** Byspildevandsdirektivet står for døren, med dette udvides den rensning vi forventer fra de danske rensanlæg yderligere. Det er ikke nok at fjerne næringsstoffer, vi skal tage et større ansvar og fjerne miljøfarlige stoffer før vi udleder vores vand. Dette betyder også at kompleksiteten af vores rensanlæg øges, for kan vi forsvare at rense ned til under detektionsgrænsen på samtlige stoffer, eller er det nødvendigt at begynde at få en dybere indsigt i de forskellige stoffers skadelige effekter for vandmiljøet, og prioritere rensningen og dermed omkostningerne ved rensningen.

De nye PFAS-kvalitetskriterium sætter grænseværdien for summen af 24 PFAS-forbindelser på 4,4 nanogram per liter omregnet til PFOA-ækvivalenter. I denne case har COWI derfor opstillet et fingerprint for en forsynings udledning af PFAS-forbindelser og opdelt i kategorier hvilke forbindelser der udledes, om de er langkædet eller kortkædet, hvor toksiske de er og hvor stort deres bidrag til den samlede udledning af PFAS-forbindelser er i PFOA-ækvivalenter.

Ud fra dette er det muligt at vurdere hvilke forbindelser der absolut skal fjernes, og hvor vidt det er muligt at overholde kravværdierne ved at fjerne de PFAS-forbindelser der er lettest tilgængelige at fjerne, eller om det er nødvendigt at indsætte yderligere rensning.

Hvis der er behov for yderligere rensning, introducere det muligheden for at estimere hvor store andele af PFAS forbindelse X,Y,Z skal fjernes for at overholde grænseværdierne.

Oplægget taget udgangspunkt i en case vedr. udledning af PFAS udarbejdet for en forsyningsvirksomhed.

## 4. Afløb



## Dynamisk robusthedsanalyse for Kærby Å

### 4. Afløb

#### Maite Monica Lovring

Jørn Torp Pedersen, Ole Toftthøj Rasmussen, Mark Wejlemann Holm

**Nøglebudskaber:** En kompleks problemstilling kræver komplekse beregninger. I Kalundborg mødes vand fra såvel vandløb som byens regnvand og havet. De fleste vintre er Kærby Å i Kalundborg brinkfyldt og med en potentiel udvidelse af erhvervsområder forventes vandstanden i åen at forøges i fremtiden. Set i lyset af nye afgørelser fra Klagenævnet er det relevant at analysere problemstillingen med detaljerede dynamiske modelberegninger. WSP har opstillet en model, som hurtigt og effektivt simulerer 18 år, hvorefter der laves statistiske analyser af resultaterne, og effekten af fremtidige udledninger beskrives mht. varigheder og hyppigheder. Endelig kan effekten af løsnings tiltag også analyseres med modellen, så kommunen og forsyningen kan vælge den rigtige strategi til fremtiden.

**Abstract tekst:** Næsten hver vinter overskrides kapaciteten i Kærby Å i Kalundborg, og lavtliggende boliger i ådalen oplever problemer med vandet. Åen er desuden meget påvirket af vandstanden i havet, hvorfor både de fremtidige havvandstigninger og nedbørsforhold vil forværre situationen. Samtidig har kommunen ønsker om byudvikling i stor skala med store områder afsat til fremtidige erhverv. Ses denne komplekse problemstilling i lyset af Miljø og Fødevareklagenævnets nye afgørelser, som lægger op til at vurderinger af hydraulisk kapacitet også skal forholde sig til oversvømmelsers hyppigheder, er det nødvendigt at opstille en detaljeret model til dynamiske analyser af systemet.

Kalundborg Forsyning har derfor fået opstillet en MIKE Hydro-model for vandløbet, som anvender input fra flere forskellige kilder. Modellen kører en 18 års historisk simulering. Hertil er anvendt målt havvandstand, som randbetingelse ved åens udløb. Udløb fra den eksisterende by er genereret med forsyningens Mike Urban-model (LTS-simulering med målt nedbør). Naturlig afstrømning er beskrevet med en arealkorrigeret målt tidsserie fra et nærliggende vandløb med en tilsvarende oplandstypografi. Endelig er forventede udledninger fra fremtidige erhvervsområder beskrevet med en SUMBA-model. Mike Hydro-modellen er kalibreret op mod fra 5 års vandføring og vandstand målt i Kærby Å, hvorfor der bl.a. anvendes en cyklisk manningtals-kurve.

For at analysere situationen har vi opstillet tre scenarier: Et reference-scenarie for den ”naturlige” situation uden udledninger fra den eksisterende by. Et status-scenarie for den nuværende situation med den eksisterende by samt et fremtids-scenarie for den fremtidige situation med de nye erhvervsområder. Resultaterne for disse beregninger har givet os en stort data-grundlag, som der er udført forskellige statistiske analyser på. På den måde kan vi udtale os om effekten af de fremtidige udledninger både med hensyn til varigheder og hyppigheder for oversvømmelser.

Endelig kan modellen anvendes til at analysere effekten af forskellige løsnings-tiltag, som skal forbedre forholdene i fremtiden. På den måde kan forsyningen og kommunen vælge den rigtige strategi for håndtering både den nuværende og fremtidige situation.



## MUDP Overløb minimerer usikkerhed på stoffbelastninger til recipienter ved måledata

### 4. Afløb

**Asta Møller Thorgersen**

Kristian Levisen

**Nøglebudskaber:** For at estimere stofudledninger fra regnbetingede overløb, benyttes ofte en volumenmængde estimeret ved hjælp af en hydraulisk model af overløbet, samt en gennemsnitlig koncentration af de specifikke stoffer[1]. Denne metode er usikker, både i faktoren benyttet, samt i estimeret mængde volumen. En del af MUDP Overløb har beskæftiget sig med at minimere denne usikkerhed, så de indberettede stofmængder er mere realistiske. Til dette formål benyttes måledata af vandniveau før og efter overløb, samt målinger af ammoniumkoncentration i recipienten.

[1]<https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2002/87-7972-107-9/html/kap04.htm>

**Abstract tekst:** I MUDP Overløb har Dryp deltaget, både som sensorleverandør, men også som udstiller af data med on-the-fly omregninger på Dryps egen datavisningsplatform. Estimerer af volumen på hvert overløb har minimeret usikkerhed på overløbets størrelse, ved at benytte vandstandsmålinger med ultralydssensorer. Disse er sammenholdt med både nedbør og årstid og sidenhen kvalitetssikret både med software udviklet til formålet, samt manuelt.

I en specifik case ved Bunds Å, blev der opsat:

- To målestationer med ammoniumsensorer og niveaumåling i åen
- To målestationer i overløbsbygværket Annexgården.

For at måle næringsstof blev ionspecifikke sensorer til måling af (ammonium)[1] benyttet. Disse transformeres fra spænding til koncentration vha. kalibrering i kendte koncentrationer og en sammenhæng af en logaritmisk type. Ud fra produktspecifikationer er sensoren pålidelig i intervallet 1-18000 mg/L. Ammoniumkoncentrationer under 1 mg/L approksimeres eksponentielt. Denne transformation vises på Dryp-plattformen, hvor den sammenholdes med volumenberegninger på overløbet.

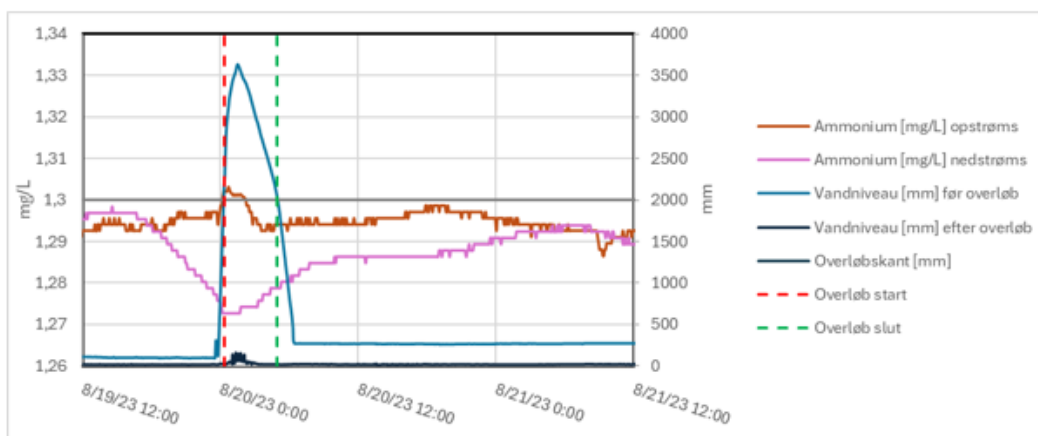
Volumenberegninger laves på baggrund af niveaumålinger i selve overløbet. Højden over overløbskanten indgår som variabel i beregningen, som baseres på formlen for almindelige kantoverløb. Højden,  $h$ , og bredden,  $b$ , er afgørende for volumenberegningen, hvorfor selve overløbsbygværket er indmålt så nøjagtigt som muligt. Datagrundlaget er derimod mindst lige så vigtigt. Derfor udviklede Dryp en algoritme til datarens, som sørger for, at data der er urealistiske, baseret på fysiske rammer og hydraulisk forståelse, ikke bruges som beregningsgrundlag. Desuden undersøges al data herefter manuelt, for at sikre, at data er meningsfyldt.

I et overløb fra 20/8-2023, ses det, hvordan ammonium koncentrationerne responderer på et regnbetinget overløb. Her ses det, hvordan ammoniumkoncentrationen faktisk falder nedstrøms overløbet, relativt til opstrøms overløbet.

Mens overløbet står på, sker der en opblanding af å-vandet med overløbsvandet. En samlet overløbsvolumen på 358 m<sup>3</sup> er beregnet efter beskrevne metode. Dybden af regnen ved denne hændelse er, ifølge radar-data fra DMI, omtrent 60 mm over 7 timer, og altså en større hændelse.

Det bemærkes, at uden en kendt koncentration af overløbsvandet, vil man være afhængig af estimater for regnvolumen o.a. for at præcisere den udledte stofmængde. Stofkoncentrationerne vil desuden variere meget fra overløb til overløb, og derfor er en gennemsnitsværdi ikke den foretrukne måde til at udføre denne beregning. Hvis man kan måle før og efter overløb, så kan man også vise den faktiske påvirkning, da baggrundkoncentrationen er en betydelig faktor.

[1]<https://www.vernier.com/product/ammonium-ion-selective-electrode/>



Figur 2 - Observeret data under overløb 20/8-2023. Her ses vandstand [mm], ammonium koncentration beregnet fra spænding [mg/L], samt overløbskanten. Desuden er overløbets start- og sluttidspunkt markeret, noteret ud fra overløbskantens højde, samt vandstanden.

## **Workshop**

## **Klimaprojekter**

2024-11-28

11:25 - 13:10

Klimaprojekter

## Erfaringer med klimatilpasning i Frederiksberg Kommune.

### 5. Klima

**Katja Birgersson**<sup>1</sup>

Kathrine Bebe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Frederiksberg kommune

<sup>2</sup> Frederiksberg forsyning

**Nøglebudskaber:** Frederiksberg Forsyning og Frederiksberg Kommune samarbejder om alle klimaprojekter, helt fra opstart til anlæg, hvor forsyningen er med til planlægningen og hydraulisk rådgiver på anlæggene. Efter anlæg overtager kommunen driften af klimaanlæggene, mens det er forsyningen, der afholder udgiften til drift, hvor samarbejdet strækker sig helt ud i driften. Sammen er anlagt 45 anlæg siden 2016, og sammen har vi evalueret på gode og dårlige løsninger, der er kommet ud af en årrække med mange innovative anlæg indenfor klimaanlæg. Vi har gjort os erfaringer helt fra projektering og ned til specifikke produkter og lært konsekvensens af at have for travlt.

**Abstract tekst:** Frederiksbergs kommune og forsyning har i samarbejde anlagt 45 klimaanlæg på Frederiksberg siden 2016. Alene i 2018-19 blev der anlagt 21 klimaanlæg. Klimaindsatsen er gået hurtigt på Frederiksberg, og det høster vi nu erfaringer på. De vigtigste læringer er at et tæt samarbejde mellem kommune og forsyning styrker udførelsen og driften af klimatilpasningsanlæg, acceptere at ting tager tid og at løse udfordringer med de enkelte anlæg i takt med de opstår.

**Klimaindsatsen tog fart** på Frederiksberg fra 2016 og frem. Der var meget få erfaringer at bygge anlæggene på baggrund af. Over en kort årrække blev der etableret mange forskellige anlæg med forskellige funktioner og elementer ud fra et en forventning om, hvad der ville fungere.

En af de **grundlæggende positive erfaringer**, er samarbejdet mellem forsyning og kommune. Værdien af at sammensætte en projektgruppe på tværs, som er involveret helt fra projektering til anlæg, har vist sig som en stærk struktur, hvor vi er på forkant med klimaanlæggene fra idéfase, over beslutningsproces i forsyning og kommune til udførsel. **Der er et bredt tværgående samarbejde** i alle projekter, som har resulteret i skarpere krav og retningslinjer til planlægning og udførsel fra starten af projekterne. Alt fra krav til rådgiver, udbudsmaterialer og dokumentation bliver konstant mere skarpt og skaber en standardisering, som giver et godt grundlag for fremtidige anlæg.

Ændringer i lovgivningen gav anledning til at stoppe op og evaluere på alle anlæg. Der var på det tidspunkt anlagt flere projekter ud fra et innovativt perspektiv i forhold til forskellige indløbstyper, volumener, rensemetoder, beplantninger, regulatorenheder, belægnings, som en del af parker, vejbaner og skolegårde.

Med så mange forskellige løsninger har det vist sig at være altafgørende, med et veldokumenteret tegnings- og baggrundsmateriale. Og hvad så når man ikke har det? Og når der pludselig er vand på terræn eller rotter i systemet. Eller det viser sig at vi gennem monitorering kan se at vi faktisk slet ikke tilbageholder vandet, men har fået lavet systemer som bare er en stor udvidelse af kloakken. Mange forskellige udfordring er blevet løst som de opstod, og her har det været vigtigt, at driften har





## **Evaluering af grønne tages klimaeffekt: Vurdering af vandtilbageholdelse og peak flow reduktion baseret på seks års målinger på fuldskala tage.**

### **5. Klima**

**Niels Henrik Eisum**<sup>1</sup>

Raoul Roestenberg<sup>2</sup>, Trine Dalkvist<sup>3</sup>, Ole Mark<sup>4</sup>, Kaspar Bertelsen<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Huginn Consult ApS

<sup>2</sup> Lyngby-Taarbæk Forsyning A/S

<sup>3</sup> DHI A/S

<sup>4</sup> Krüger A/S

<sup>5</sup> Nature Impact A/S

**Nøglebudskaber:** Grønne tage reducerer typisk den samlede årsafstrømning op mod 50%.

Grønne tage reducerer perioden med flow over peak flow grænse med en faktor 3.

Grønne tage reducerer typisk afstrømningen med 20% om vinteren og 90% om sommeren.

**Abstract tekst:** Hvad er effekten af et grønt tag i sammenligning med et konventionelt tag med tagpap? I dette studie beskrives de praktiske resultater af målinger af vandtilbageholdelsen i 2 forskellige tykkelser af sedum tage. Beskrivelsen ser på den månedlige vandtilbageholdelse hen over en måleperiode på 6 år, hvilket gør dette studie til et af de længstvarende. Dermed opnås en bedre statistik og flere forskellige nedbørshændelser indgår. På målestedet er der samlet set kun nedbør i ca. 6% af tiden, men måledata opsamles hele tiden, for at være klar, når regnen sætter ind.

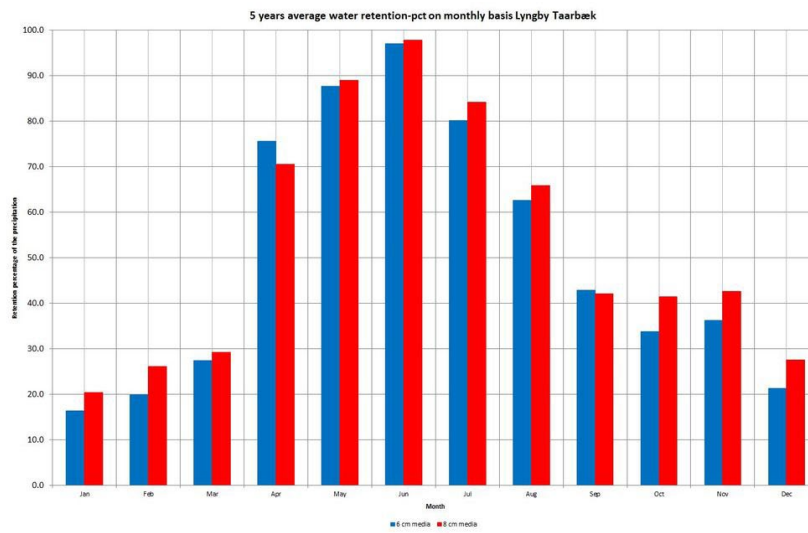
Målingerne er udført på 2 fuld skala tag-installationer. Det drejer sig om tage på Mølleåværket i Lyngby-Taarbæk og hos Nature Impact A/S på Fyn. Der er målt på både 60 og 80 mm tykt bæremedie og et tagpap-tag som reference. I Lyngby-Taarbæk er tagene hver især 59 m<sup>2</sup>, og på Fyn er de 86 m<sup>2</sup>.

Data opsamles via magnetisk induktive flowmålere monteret på nedløbsrørene fra de enkelte tage og sammenlignes med data fra regnmålere installeret ved tagene.

De grønne tage tilbageholder typisk omkring 20% af nedbøren i vinterperioden, men om sommeren er vandtilbageholdelsen ofte 90% eller mere. På års-basis ligger vandtilbageholdelsen i måleperioden mellem 41% og 57%.

Foruden vandtilbageholdelsen, der sikrer lavere total afstrømning over året, er der en ganske betydelig peak flow reduktion ved kraftig nedbør. Foruden udglatningen af de kortvarige kraftige intensiteter bliver afstrømningen også forsinket i forhold til tidspunktet for selve nedbøren. I måleperioden viser data, at den samlede periode med afstrømningsflow over 110 l/s/ha er reduceret med en faktor 3 for de grønne tage i forhold til reference-taget. Målingerne viser også at de første 10-15 mm nedbør bliver opsamlet og tilbageholdt i de grønne tage, hvis der har været en tør periode inden nedbøren falder.

Projektet takker RealDania for finansiell støtte.



## Guddommeligt klimatilpasning – Vestre Kirkegård

### 5. Klima

Annie V. Fuursted<sup>1</sup>

Emilie Hveysel Bork<sup>2</sup>

<sup>1</sup> COWI

<sup>2</sup> Københavns Kommune

**Nøglebudskaber:** Vestre Kirkegård er et af Københavns kommunes klimatilpasningsprojekter, der skal sikre at København i fremtiden kan håndtere fremtidens nedbør. Projektet er unikt, da det foregår på en kirkegård, som stiller skærpede krav til løsningerne om omgivelserne.

Klimatilpasningsprojektet er en del af masterplanen for Sjælør Boulevard, hvis formål er at afklare de hydrauliske og anlægstekniske rammer for den pågældende skybrudsgren. Helt konkret skal projektet kunne tilbageholde op til 15.000 m<sup>3</sup> regnvand på området.

Abstractet blev optaget sidste år, men ikke præsenteret grundet problemer med offentliggørelse. Dette er nu afklaret og derfor indsendes abstractet på ny.

**Abstract tekst:** I projektet på Vestre Kirkegård er der i tæt samarbejde mellem rådgivere, bygherre og forsyningen valgt effektive løsninger, som styrker kirkegårdens arkitektoniske hovedtræk og understøtter, at kirkegården fremover skal udgøre en mere aktiv del af københavnernes rekreative liv og rumme en højere grad af biodiversitet.

Der er i projektet udpeget 16 områder på tværs af kirkegårdens omfattende areal, hvor fysiske forhold tilpasses med henblik på optimal strømning af vand, mens der i områdets sydlige ende etableres et nyt indbydende parkområde med henblik på at styrke det store rekreative potentiale, som Vestre Kirkegård i sig selv besidder.

Risikohåndteringen i projektet er forholdsvis omfattende og kompleks med et hensyn til flere aktører på kirkegården (driften, gravejere, naboer), Kbh. stift, Kirkeministeriet, det grønlandske stift, naturfredning, arkæologi, antropologi, HOFOR og BaneDanmark. Det har i et samarbejde mellem bygherre og rådgiver krævet en løbende trykprøvning af projektets løsningsidéer hos interessenterne for at forhindre, at der projekteres ud ad tangenter.

Den landskabelige bearbejdning og de vandhåndteringsmæssige løsninger, som er udviklet, har hele vejen gennem projektet skulle stå på mål med ønskerne om at bevare områdets arkitektoniske særpræg samt skabe plads til såvel samvær som fordybelse, da området i sit udgangspunkt kan være rum for begge.

Særligt i områdets sydlige del, hvor der udvikles lavninger til opsamling og nedsivning af regnvand i et rekreativt område med bløde skråninger, som indbyder til ophold, samvær og mødet med naturen. I dette område er der også valgt at plante et nøje udvalg af mere lav og eksotisk flora for at understrege områdets anderledes karakter samt brug.

Igennem hele projektet har der været et stort fokus på vandets vej (og formidlingen af denne) ift. eksisterende aktive begravelsesområder, hvor fremtidige forhold på ingen måder må forringes ift. vandstrømningen.

Vandtransport er primært søgt løst med overfladeløsninger, hvor vandet ledes via udformede barrierer af kantsten, glaciser af brosten samt jord- og stendiger. Overordnet gælder, at kirkegårdens nordlige del (opstrøms) ledes vandet på terræn, og i kirkegårdens sydlige del (nedstrøms) fordeles det akkumulerede vand i nye terrænlavninger, hvorfra det nedsives. Hvor det vurderes nødvendigt, udskiftes gamle vejbrønde med nye og en lille lokal faskine nedsættes for at undgå vandpytter, hvilket dog ikke er en del af medfinansieringen. Helt konkret er der i det projekterede anlæg tilvejebragt et magasin volumen på op til 10.700 m<sup>3</sup> vand. Intentionen var at alt volumen skulle tilvejebringes som overfladeløsninger, men de specielle hensyn ved anlægsarbejder på en kirkegård har dog medført, at en mindre del af volumen må findes i et underjordisk magasin på 850 m<sup>3</sup>.

I dette oplæg præsenteres det konkrete projekt samt erfaringerne med at arbejde i udfordrende omgivelser på en kirkegård.

## Storkeengen – Klimatilpasning i modvind

### 5. Klima

**Lisa Melgaard**<sup>1</sup>

Christina Sass Møller<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vandmiljø Randers

<sup>2</sup> Randers Kommune

**Nøglebudskaber:** VI har nu gennemført det første af de rigtig store klimatilpasningsprojekter i Randers. Men der har godt nok være langt fra tanke til udførelse. Et projekt, der er kommet i mål (næsten) på trods af utallige udfordringer og forhindringer undervejs. Vi vil derfor gerne skitsere hvilke udfordringer og tidsperspektiver vi har set ind i undervejs og i vores præsentation give en erfaringsopsamling på alle forhindringerne og de læringer vi har fået i projektet.

**Abstract tekst:** Randers Kommune og Vandmiljø Randers startede i 2013 med den første klimatilpasningsplan. Denne plan danner baggrund for alt det arbejde vi i fællesskab har udført siden. Planen blev vedtaget i 2015 og vi udvalgte derfor et af de kritiske områder fra planen til udførelse. Det område der blev valgt, var et 78 ha stort område i Randers, lige syd for Gudenåen. Den nederste del af området var udfordret på oversvømmelse fra Gudenåen ved høj vandstand og stormflod, samt fra skybrud. Området ned mod Gudenåen er et §3 område.

Randers Fjord er som et af 14 områder i Danmark udpeget til at have en særligt stor risiko for skadesvoldende oversvømmelser i tilfælde af en kraftig stormflod. Risikoen er også knyttet til Randers by, hvor de lavtliggende områder er i risiko for at blive oversvømmet ved en kraftig stormflod.

Det er et projekt, hvor vi har stødt på ufattelig mange udfordringer og forhindringer, og vi har gjort os mange erfaringer undervejs. Vi vil gerne fortælle direkte om udfordringer og vores læringer, så andre i samme situation kan blive klædt på til, hvad de måske kan forvente at blive mødt af, i den her type klimatilpasningsprojekter. Men også give en fortrøstning om, at selvom der er mange udfordringer undervejs, skal det nok skal gå til sidst.

## Klimatilpasning af Helsingør Klimabykerne

### 4. Afløb

**Jens Toke**<sup>1</sup>

Claus Skotner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> WSP

<sup>2</sup> Forsyning Helsingør

**Nøglebudskaber:** Samarbejdsprojekt mellem Forsyning og Kommune, afledning af vejvand og vejvendt tagvand i gaderne, Omkostningsbekendtgørelsen, serviceniveaubekendtgørelsen, hydraulisk modellering, moderne renseløsning, fjernvarme, renovering af kloakker, renovering af elkabler, renovering af vandledninger, hydraulisk modellering.

**Abstract tekst:** I Helsingør Bykerne planlægger Forsyningen og Kommunen et stort samarbejdsprojekt, der sikrer, at alle deres respektive planer udføres i den smarteste rækkefølge, og at der skabes synergier f.eks. i form af samgravning, fælles kommunikation, færrest mulige gener for borgere osv.

Da dette er et samarbejdsprojekt mellem Helsingør Kommune og fire forsyningsarter (spildevand, fjernvarme, el og vand) justeres omkostningsfordelingen løbende efter nytteprincippet, så det sikres, at alle parter bidrager, men at alle også drager nytte af at det hele etableres samtidigt.

Forsyningen indlægger ny fjernvarme, renoverer kloakker, elkabler og vandledninger og kommunen supplerer med ny smuk granitbelægning, der bedre afspejler det historiske bymiljø end den belægning, der ligger i dag. Derudover etablerer forsyningen et nyt fællesbassin for at mindske overløb af fællesvand og der etableres også en ny underjordisk renseløsning til rensning af regnvand inden udledning.

Sammen med skybrudssikringen etableres klimatilpasning ved at lede vejvand og vand fra vejvendte tagflader til nyetablerede V-profiler i gaderne.

De hydrauliske beregninger i de tidlige projektfaser er udført som simple 1D beregninger og i takt med at projektet er konkretiseret, verificeres antagelserne med 1D-2D hydrodynamiske beregninger.

Projektet udarbejdes under rammerne af serviceniveaubekendtgørelsen og omkostningsbekendtgørelsen, så samfundsøkonomi og selskabsøkonomi beregnes løbende, og der tages forhåndsdialog med Forsyningssekretariatet for at sikre, at projektet kan godkendes i sidste ende.

På baggrund af samfundsøkonomiske beregninger er der besluttet et serviceniveau for skybrud på en 20-års hændelse om 100 år for den historiske bykerne i Helsingør. Kurverne for samfundsøkonomi er meget flade i dette projekt, så vi har vha. følsomhedsanalyser har justeret serviceniveauet for bl.a. at tage højde for udfordringen ved stigende anlægspriser.

Projektet forventer at gå i jorden i foråret 2025, og der arbejdes i etaper helt frem til 2036 hvor

Helsingør Bykerne er renoveret og moderniseret både under og over jorden. Til den tid er byen klar til fremtiden men med stor respekt for den historiske kontekst.

## Rettidig planlægning af regnvandshåndtering er vejen til en bæredygtig udvikling

### 7. Bæredygtighed

#### Karsten Bech<sup>1</sup>

Lasse Slaikjer-Kongaa<sup>2</sup>, Allan Bo Mikkelsen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Rambøll

<sup>2</sup> Assens Forsyning A/S

<sup>3</sup> Aarhus Vand A/S

**Nøglebudskaber:** God og rettidig planlægning bidrager til bæredygtig udvikling af samfundet med fokus på at skabe de bedste løsninger. Med grundig og velovervejet planlægning skabes ressourceeffektive løsninger, der understøtter biodiversitet og CO<sub>2</sub>-reduktion, som samtidigt er til gavn for alt liv.

For at få de bedste og mest bæredygtige løsninger skal der planlægges i god tid. Det skyldes ofte, at de bedste løsninger fås i samarbejde med andre. Dette giver mulighed for nye partnerskaber med samarbejder til gavn for alle.

*Det er særligt i planlægningen, man har mulighed for at skabe de store forandringer, der skal bidrage til en mere bæredygtig fremtid.*

**Abstract tekst:** I bestræbelserne på at skabe et mere bæredygtigt samfund er der behov for at bruge vores ressourcer forsvarligt og fornuftigt. Der skal udvikles bæredygtige produkter og arbejdsprocesser, men endnu vigtigere er det at begrænse brugen af disse. Ved at planlægge vandhåndtering for hele vand- eller kloakoplande er der mulighed for at minimere mængden af produkter og arbejdsprocesser.

En grundig planlægning giver overblik over tiltag for hele oplande eller hele byer. Man undgår derved at få under- eller overdimensioneret et anlæg, fordi man ikke kender til tiltag i resten af oplandet. F.eks. kan man få overdimensioneret et ledningssystem, hvis man ikke har fået planlagt forsinkelse af regnvand opstrøms i systemet. Samtidigt giver planlægning af hele oplandet mulighed for at optimere gravedybder samt genbruge eksisterende anlæg ved at indarbejde de nødvendige løsninger. Når man planlægger for hele oplande får man overblik over de muligheder og begrænsninger, der er. Dermed opnås en mere optimal planlægning af et regnvandsanlæg, end ved kun at betragte delområder isoleret set. Udover at have en bæredygtig tilgang, kan denne form for planlægning derfor også have økonomiske fordele.

God planlægning bidrager til en bæredygtig udvikling af samfundet. En bæredygtig udvikling, hvor der er fokus på at skabe de bedste løsninger, som bidrager til FN's definition af bæredygtighed, hvor opfyldelsen af nutidens generationers behov ikke sker på bekostning af fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov. Med en grundig og velovervejet planlægning skabes der ressourceeffektive løsninger, der understøtter biodiversitet og CO<sub>2</sub>-reduktion, som samtidigt er til gavn for alt liv - det grønne, det blå, det aktive og det rekreative.

For at få de bedste og mest bæredygtige løsninger er det nødvendigt at planlægge i god tid. Det



skyldes ofte, at de bedste løsninger fås i samarbejde med andre, såsom lokalbefolkning, private og offentlige aktører. Med rettidig planlægning opnås således mere helhedsorienterede projekter, hvor flere planer virkeliggøres samtidigt. Dette giver mulighed for nye partnerskaber med samarbejder til gavn for alle.

Eksempler på denne form for planlægning har Rambøll lavet i samarbejde med Assens Forsyning samt Aarhus Vand. Her giver rettidig planlægning muligheder for at få gennemført gode helhedsorienterede løsninger med bæredygtighed i fokus.

Assens Forsyning har siden 2016 udarbejdet regnvandsdisponeringsplaner for en række byer, hvor regnvandshåndteringen planlægges for hele byen. Dette er sket i samarbejde med Assens Kommune og lokalråd. I 2023/2024 udarbejder forsyningen en disponeringsplan for Vissenbjerg. Her arbejdes der bl.a. med simple tiltag, som kan udskyde investeringer indtil regnvandsledningernes levetid er opbrugt.

Aarhus Vand arbejder i 2024 med at disponere et 210 ha kloakopland i Aarhus. Der arbejdes med scenarier, der spænder fra et helt traditionelt scenarie til et drømmescenarie, hvor alt kan lade sig gøre. Scenarierne vil blive vurderet på merværdier, hvor merværdierne samtidigt blive værdisat.

## Screening af serviceniveau i Københavns Kommune

### 5. Klima

#### Jan Jeppesen<sup>1</sup>

Lars-Christian Sørensen<sup>1</sup>, Steffen Davidsen<sup>1</sup>, Anne Løh Mikkelsen<sup>1</sup>, Kristine Olsen<sup>2</sup>, Michelle Cruz Willumsen<sup>2</sup>, Thomas Aagaard Jensen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NIRAS A/S

<sup>2</sup> HOFOR A/S

**Nøglebudskaber:** HOFOR og Københavns Kommune har med bistand fra NIRAS udført en screeningsanalyse af serviceniveauet i Københavns Kommune. Screeningsmetoden opfylder ikke alle krav i Serviceniveaubekendtgørelsen, men metoden er tilstrækkelig robust til at give indikationer omkring forventede serviceniveauer og dermed sætte retningen for prioritering og igangsættelse af detaljerede analyser for de oplande, hvor det giver mening. Screeningsmetoden sikrer, at den samfundsøkonomiske analyse kan gennemføres hurtigt, sådan at effekten af ændrede forudsætninger og lokal viden omkring f.eks. skadesværdier, sårbarhed og forventede tiltagsomkostninger kan konsekvensvurderes effektivt. På den måde kan screeningen løbende forbedres – og fortsætte med at bidrage med opkvalificeret input til detaljerede analyser.

**Abstract tekst:** Københavns Kommunes Skybrudsplan fra 2012 indeholder et politisk fastsat mål for skybrudssikringen af byen mod oversvømmelser som er maksimalt 10 cm vand én gang hvert 100. år. En del af kommunens skybrudsprojekter forventes færdige eller igangsat inden 1. januar 2027, og vil derfor kunne takstfinansieres på Overgangsordningen og dermed opfylde det politisk fastsatte mål. De resterende skybrudsprojekter i kommunen skal imidlertid takstfinansieres i henhold til Serviceniveaubekendtgørelsen, hvor der er krav om at anvende en samfundsøkonomisk metode til at identificere det mest hensigtsmæssige serviceniveau – og kun dét serviceniveau kan finansieres af HOFOR.

Eksekveringen af den samfundsøkonomiske metode i Serviceniveaubekendtgørelsen er meget ressourcekrævende, specielt i forhold til kravene om udvikling af løsningstiltag til flere serviceniveauer som skal konsekvensberegnes ved hydraulisk modellering. HOFOR og Københavns Kommune har derfor vurderet det nyttigt at udføre en indledende screening af serviceniveauet i syv vandoplande i kommunen. Formålet er via en række screeningsapproksimationer at opnå estimater på serviceniveauer, som kan sætte retningen for prioritering og igangsættelse af detaljerede analyser for de områder/oplande, hvor det giver mening.

I screeningsmetoden estimeres omkostningerne til løsningstiltag overordnet ud fra volumenbetragtninger kombineret med enhedspriser baseret på erfaringstal fra planlagte/udførte skybrudsprojekter. Gevinsten (skadesreduktionen) til betragtede serviceniveauer approksimeres alene ud fra oversvømmelseskort og skadesberegninger for status. Selve resultatet af screeningen for Københavns Kommune er, at det nye serviceniveau, som kan takstfinansieres af HOFOR, er væsentligt lavere end målet om en 100 års hændelse. De fleste steder er det nye serviceniveau 10 år (med Indre By som undtagelse, her er det 30 år). Der er flere årsager til det markant lavere serviceniveau, herunder at de forventede anlægspriser er højere end antaget i 2012. Resultatet med det lavere serviceniveau på 10-30 år er i overensstemmelse med hovedparten af andre analyser for

serviceniveau i Danmark.

Screeningsmetoden kan eksekveres hurtigt (på få sekunder) og står dermed i skarp kontrast til den meget beregningstunge proces krævet i Serviceniveaubekendtgørelsen. Den hurtige eksekvering sikrer, at effekten af ændrede forudsætninger og lokal viden omkring f.eks. skadesværdier, sårbarhed og forventede tiltagsomkostninger kan konsekvensvurderes effektivt. På den måde kan analysen løbende opkvalificeres og forsætte med effektivt at bidrage til skybrudsplanlægningen og levere input til detaljerede analyser.

I indlægget vil vi primært fokusere på screeningsmetoden og sekundært på selve resultatet for Københavns Kommune. Vi vurderer at metoden har stor nyhedsværdi og potentiale for anvendelse i den danske vandbranche.