

A close-up profile of a man wearing a red hard hat and yellow safety glasses, looking towards a wastewater treatment plant. The background shows a large blue tank with white foam and a yellow building under a clear blue sky. The man is holding a red pen in his right hand.

# FREMTIDENS SPILDEVANDSBEHANDLING

KORTLÆGNING AF DEN TEKNOLOGISKE  
UDVIKLING PÅ DANSKE RENSEANLÆG



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

Analysen er udført som et led i arbejdet med resultatkontrakt 2021-24, der er finansieret af Uddannelses- og forskningsministeriet.

### **Forfattere**

Nikolaj Birkkjær Andersen  
Lotte Bjerrum Friis-Holm  
René Wad Andersen

### **Fotos**

Jacek Dylag, unsplash.com (s.4). Enrico Mantegazza, unsplash.com (s.10). Ed Leszczynski, unsplash.com (s.18). Gunnar Merrild, Herning Vand (s.23). Teknologisk Institut (s.5,6,9,15,21,25-27 samt omslag).

### **Udgiver**

Teknologisk Institut, Miljøteknologi, 2023

ISBN: 978-87-91461-62-0

# Indhold

---

INDLEDNING . . . . .	6
INNOVATIONSKORT OVER TEKNOLOGI TIL VANDRENSNING. . . . .	8
FREMTIDENS SLAMBEHANDLING: MULIGHEDER, TEKNOLOGIER OG BEHOV . . . . .	12
DE DANSKE RENSEANLÆGS ARBEJDE MED MILJØFREMMEDE STOFFER OG ET FJERDE RENSETRIN . . .	16
FORSØG MED BIOLOGISK FJERDEBEHANDLING AF SPILDEVAND I HERNING KOMMUNE . . . . .	22
RAPPORTENS METODER . . . . .	24
TEKNOLOGISK INSTITUT HJÆLPER DEN DANSKE VANDSEKTOR MED AT BLIVE GRØNNERE . . . . .	26





”

Der er brug for, at alle gode kræfter, politisk og i erhvervs- livet, står sammen for at sikre den danske vandressource for fremtiden.

# Forord

---

Jeg elsker koldt vand fra hanen på en varm sommerdag. Det smager af barndom, af strandtur og alt det jeg elsker ved sommer i Danmark.

Men vi kan, må og skal ikke tage den luksus, som koldt, klart og rent drikkevand er, for givet. Rent og sikkert vand i hanerne er ikke en selvfølge i det meste af verden. Ligesom rensning af vores spildevand, inden det ledes tilbage til naturen, heller ikke er det.

I Danmark er vi dygtige til at udvikle og bruge vandteknologi – hvilket har globale potentiale – men vi skal også fortsætte med at passe på og sikre vores dyrebare vandressourcer til børn og børnebørn.

Der er brug for, at alle gode kræfter, politisk og i erhvervslivet, står sammen for at sikre den danske vandressource for fremtiden, og faciliterer, at danske teknologier på vandområdet i endnu højere grad kommer ud og gør en forskel på de globale markeder.

Derfor er jeg glad og stolt over at kunne præsentere denne nye rapport om vandteknologi, udarbejdet af

Teknologisk Institut. I rapporten kan du blive klogere på spildevandsområdet og de teknologier, der bruges til at rense spildevand. Rapporten præsenterer både den globale udvikling inden for rensning af spildevand samt en kortlægning af de danske renselanlægs perspektiver, prioriteter og udfordringer. Her deles den nyeste viden om behandling af forskellige miljøfremmede stoffer, såsom PFAS, samt hvordan slam kan behandles og gøres til en ressource for samfundet. Og så fortæller Herning Vand, som er et af de steder, der er gået foran i forhold til udviklingen, om deres erfaringer.

God læselyst!



**Sune Dowler Nygaard**

*Direktør for Miljøteknologi,  
Teknologisk Institut*



# Indledning

---

I dagens samfund er vi konfronteret med en række komplekse miljømæssige udfordringer. En af disse udfordringer er den stigende forurening af vores vandressourcer på grund af industrielle aktiviteter, landbrugspraksis og befolkningstæthed. Derfor udgør ubehandlet spildevand en betydelig trussel mod vores vandmiljø og økosystemer og kan have alvorlige konsekvenser for vores sundhed og velfærd.

I kampen for at bevare og genoprette vandkvaliteten i Danmark er teknologier til rensning af spildevand et af de afgørende værktøjer. Teknologierne gør det muligt at fjerne skadelige og forurenende stoffer fra spildevand, før det udledes til vores vandløb, søer og havområder. Teknologiernes betydning kan ikke overvurderes, da de beskytter vores naturressourcer, understøtter biodiversitet og sikrer en sundere fremtid for kommende generationer.

Spildevandsrensning er blevet stadig mere avanceret og effektivt takket være fremskridt og ny viden inden for ingeniørarbejde, kemi, mikrobiologi, bioteknologi og digitalisering. Nyudviklede metoder som membranfiltrering, omvendt osmose, ozonbehandling, biologiske reaktorer

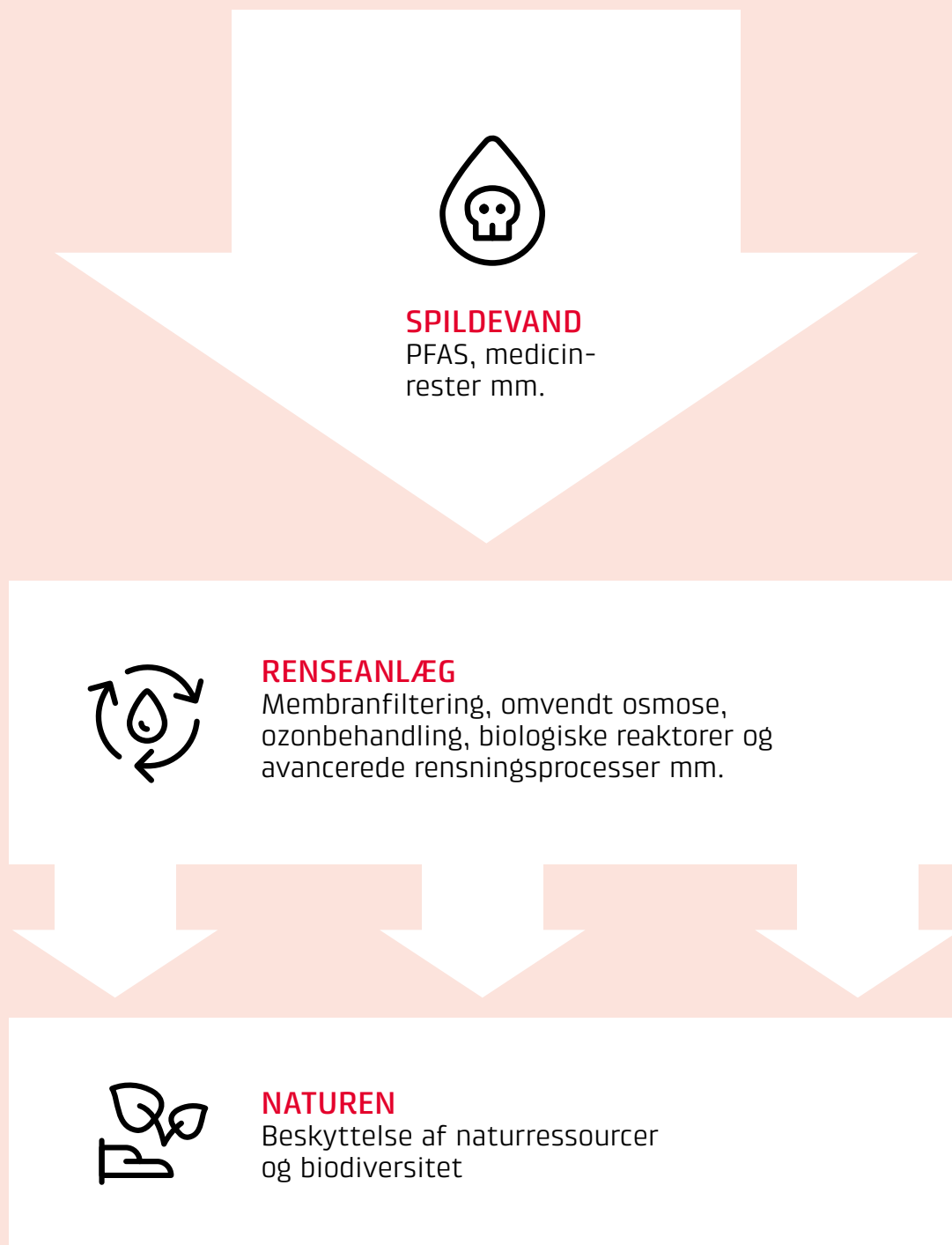
og avancerede rensningsprocesser muliggør en mere grundig og omfattende behandling af spildevand. Disse teknologier kan reducere mængden af forurenende stoffer betydeligt og dermed forhindre potentielt skadelige virkninger på miljøet.

Denne rapport sætter fokus på spildevandsteknologi i Danmark og verden. Vi præsenterer et innovationskort over den globale teknologiske udvikling inden for området, noget af den nyeste viden om fjernelse af miljøfremmede stoffer i spildevand, herunder PFAS, et studie af de danske renseanlægs aktuelle udfordringer og praksisser på området, samt en illustrativ case om indførelsen af et fjerde renses trin til behandling af spildevand fra Herning Vand.

Rapporten er en del af resultatkontrakten "Grøn omstilling af den danske vandsektor" og er finansieret af Uddannelses- og Forskningsministeriet. Dens hovedformål er at udbrede viden om den teknologiske udvikling inden for rensning af spildevand samt erfaringer fra de danske renseanlæg.



FIGUR 1. FRA SPILDEVAND TIL NATUREN



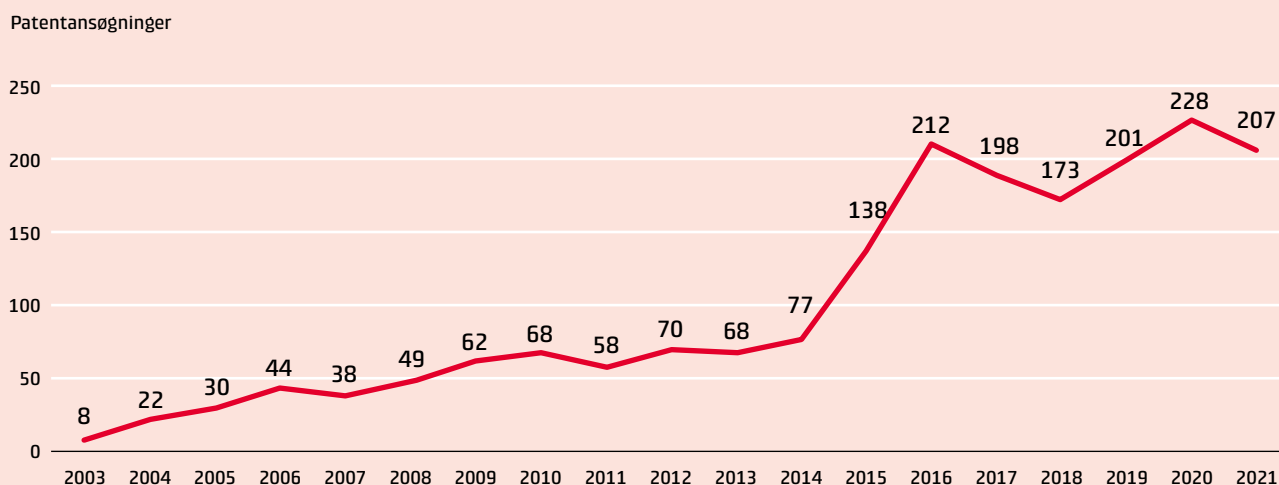
# Innovationskort over teknologi til vandrensning

Teknologi og innovation kan virke som abstrakte størrelser. Teknologisk Instituts innovationskort er en måde at gøre dem mere konkrete. Innovationskortet er udgjort af en kvantitativ analyse af data fra patenter og patentansøgninger, og disse data er brugt som et mål for innovation.

Innovationskort tegner et billede af udviklingen, som den ser ud i dag, og hvor vi kommer fra. Fordi der typisk går lang tid, fra et patent søges og bevilliges, til det faktisk resulterer i kommercielle produkter, er innovationskortet også en metode til at kigge mod fremtiden. Kortet giver altså et indtryk af, hvor vi er på vej hen. Og så tegner det et verdenskort over, hvor

udviklingen sker, hvem der er i front, og om udviklingen er domineret af få store spillere eller et mere bredt felt. Innovationskortlægning via patentanalyse er ikke en perfekt metode, men patenter er dog en nyttig indikator for relevant innovation. Det kræver nemlig en betydelig mængde arbejde at søge et patent, og en ansøgning skal gennemgå en kvalitetskontrol hos den udstedende myndighed. Så der er en eller flere personer, der har vurderet, at idéen var værd at bruge tid og penge på at få patenteret. Og et patentkontor har vurderet, at idéen var tilstrækkeligt ny til at retfærdiggøre et patent. Du kan læse en uddybende beskrivelse af metoden bag innovationskortet bagerst i rapporten.

FIGUR 2. PATENTANSØGNINGER PER ÅR INDEN FOR VANDTEKNOLOGI





## Teknologiudviklingen inden for vandrensning accelererer

Der er identificeret 2.048 aktive patenter eller afventende patentansøgninger inden for teknologi til vandrensning. Den teknologiske udvikling har især taget fart de seneste ti år (se Figur 2). I 2003 blev der på verdensplan kun søgt 8 patenter relateret til vandrensning. I 2014 var tallet næsten ti gange så højt med 77 nye ansøgninger – og derfra tog det fart. I 2016 eksploderede tallet til 212, og derfra er der årligt blevet ansøgt om ca. 200 nye patenter i gennemsnit frem til 2021, som er det nyeste år, vi har komplet data på. Der er altså tale om en meget markant vækst i udviklingsaktiviteten.

Ved en lineær fremskrivning af udviklingen siden 2003 vil der i 2030 blive søgt om 326 nye patenter på verdensplan. Ved en mere aggressiv lineær fremskrivning, der kun inddrager data fra perioden 2012-2021, hedder tallet 545 patentansøgninger i 2030.

## Hvor sker udviklingen?

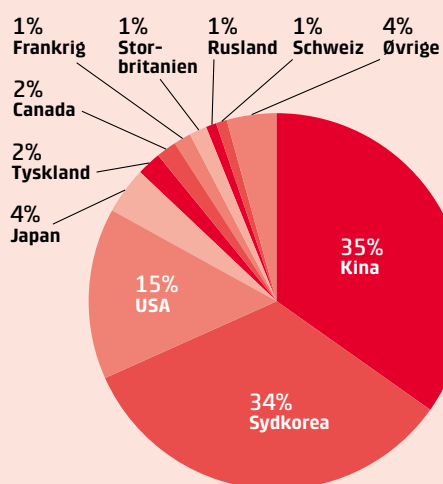
Den globale udvikling inden for renseteknologier til vand og spildevand over de sidste 20 år er især centreret i Østasien (se Figur 3). Kina og Sydkorea står hver for godt en tredjedel af den samlede mængde patentansøgninger, og sammen med Japan udgør de tre hele 73 %. USA er også pænt repræsenteret med 15 % af ansøgningerne.

Sammenlignet med andre teknologiområder ligger USA og Europa relativt lavt, når det kommer til renseteknologier til vand og spildevand. Inden for mange højteknologiske områder strides USA og Kina om førstepladsen, hvilket naturligt afspejler de to landes store økonomier. Kina har især drevet en stor del af udviklingen siden 2014. Sydkorea har verdens 12. største økonomi, men har alligevel næsten produceret lige så mange patentansøgninger som Kina, hvilket indikerer en særlig opmærksomhed på området.<sup>1</sup>

Til sammenligning har organisationer og virksomheder i Danmark kun søgt to patenter i perioden.

<sup>1</sup> En relativt stor andel af de sydkoreanske patentansøgninger er kun indgivet i et enkelt land, Sydkorea, og de kunne derfor med en vis ret sorteres fra, på samme måde som vi har gjort med kinesiske patenter, der kun er søgt i Kina. Det sydkoreanske marked vurderes dog til at være mere højteknologisk end det kinesiske i den studerede periode, og derfor er data inkluderet i analysen her.

FIGUR 3. MEST PATENTSØGENDE LANDE



Note: Procentsatsen angiver, hvor stor en andel af samtlige patentansøgninger der kan henføres til hvert enkelt land.



Figur 4 er et kort over koncentrationen af patentsøgende organisationer og virksomheder i Østasien, der illustrerer, hvor innovationsaktiviteten er størst. I Korea er aktiviteten særligt stor i hovedstaden Seoul, Sejong, Daegu, Gwangju og Busan. I Kina sker udviklingen især i Shanghai, Beijing, Nanjing og Shenzhen. Og i Japan er det Tokyo og Osaka, der lægger hus til de innovative organisationer.

Udenfor Østasien er patentaktiviteten primært koncentreret i og omkring byerne Pittsburgh, Houston og Washington DC i USA samt Paris i Frankrig.

### Universiteterne i front

De organisationer og virksomheder, der er mest innovative inden for renseteknologi til vand og spildevand, ligger i Sydkorea (Korea Institute, Haesung og LG), USA (University of California og Evoqua) og Kina (Nanjing University, Nanjing Institute og Tongji University) (se Figur 5). Franske Veolia Water Technologies er den eneste europæiske virksomhed på listen.

Sammenlignet med andre teknologiområder er det interessant at bemærke, at udviklingen i meget høj grad er drevet af universiteter og ikke af virksomheder. Det indikerer, at teknologiområdet ikke er særlig kommercialiseret, da store virksomheder ikke investerer i udviklingen. Det kan både signalere, at markedet er umodent, men også at det er åbent for nye spillere. Det signalerer også, at spildevandsområdet regnes for et vigtigt samfundsanliggende, da stater og fonde finansierer universitetsforskning i emnet.

Markedet er heller ikke domineret af få store spillere. Innovationsaktiviteten er snarere fordelt bredt mellem en lang række aktører. Dette indikerer igen et relativt åbent marked.

De to danske patenter er ejet af hhv. Københavns Universitet (publiceret i 2012) og virksomheden Circlia

Nordic i Aarhus (publiceret i 2022). Circlia Nordic arbejder med teknologier, der muliggør omdannelse af restprodukter fra biomasse til råolie.

### Flere teknologier i spil

Innovationen inden for renseteknologier til vand og spildevand dækker over en række forskellige typer teknologier. Tabellen nedenfor viser de fem mest udbredte patentkoder i datasættet. Det er altså en kategorisering af, hvad patenterne omhandler, indberettet af patentsøgeren selv.

Der er en ligelig fordeling mellem patenter, der er baseret på adsorption, elektrokoagulering, oxidation og fotokatalyse. Der har altså i hele perioden været nogenlunde lige mange patentansøgninger inden for hver af teknologiområderne. Det indikerer, at der ikke er en enkelt vandrensningsteknologi, der dominerer udviklingen. Derimod udvikles en række forskellige teknologityper sideløbende.

Procentsatsen i tabellen nedenfor angiver, hvor stor en andel af patentansøgningerne der angiver hver patentkode.

### Den teknologiske udvikling er åben og følger mange spor

Dette innovationskort, baseret på patenter om teknologier til rensning af vand og spildevand, har vist flere ting. For det første accelererer udviklingen støt, og store dele af udviklingen er drevet af Østasien.

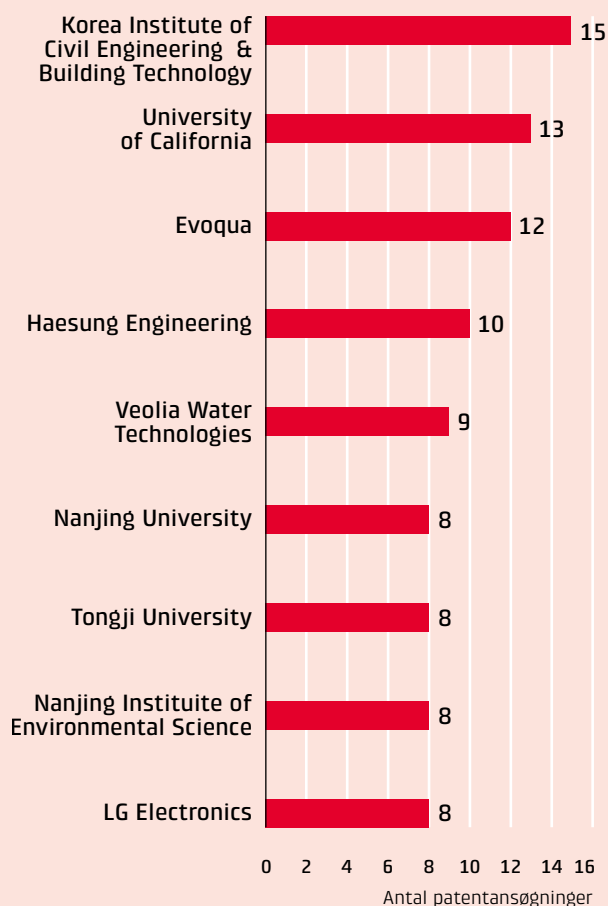
Når det er sagt, er innovationskonkurrencen ganske åben. Der er ikke en eller få virksomheder eller universiteter, der sidder tungt på udviklingen, og der er heller ikke en enkelt teknologi, der har fejlet de øvrige af banen. Udviklingen sker bredt på tværs af teknologityper og organisationer, og der er derfor gode muligheder for nye aktører på området.



FIGUR 4. PATENTSØGNINGS-  
AKTIVITET I ØSTASIEN



FIGUR 5. MEST PATENTSØGENDE  
VIRKSOMHEDER



FIGUR 6.  
HYPPIGSTE PATENTEMNER

**C02F9/00: 16%**

Teknologier eller processer til fjernelse eller neutralisering af skadelige stoffer fra vand, uden yderligere underopdeling af specifikke underkategorier.

**C02F1/28: 15%**

Vandbehandling ved hjælp af adsorption til at fjerne skadelige stoffer fra vand.

**C02F1/52: 13%**

Vandbehandling ved brug af elektrokoagulering til at fjerne forurenende stoffer fra vand.

**C02F1/44: 11%**

Vandbehandling ved brug af kemisk oxidation til at nedbryde og fjerne forurenende stoffer fra vand.

**C02F1/78: 11%**

Vandbehandling ved brug af fotokatalyse til nedbrydning og fjernelse af forurenende stoffer fra vand ved hjælp af lysenergi og fotokatalysatorer.

# Fremtidens slambehandling: Muligheder, teknologier og behov

Arbejdet med at mindske udledningen af miljøfarlige stoffer er et strategisk indsatsområde, der indgår i Uddannelses- og forskningsministeriets resultatkontrakt om grøn omstilling af den danske vandsektor, som Teknologisk Institut varetager.<sup>2</sup> Og emnet er også omdrejningspunkt for en række forsknings- og udviklingsprojekter, for eksempel *PFASinator*<sup>3</sup> og *Treatment Train*.<sup>4</sup> Ligeledes er der igangsat et innovationspartnerskab under Miljøministeriets Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP), der via workshops skal kortlægge behov og muligheder inden for teknologi til fjernelse af miljøfarlige, forurenende stoffer.<sup>5</sup> Projekterne og partnerskabet er med til at give myndigheder, beslutningstagere og forsyninger et løbende overblik over teknologiu udviklingen på området.

En del af dette arbejde omhandler behandlingen af slam. Mange danske renselanlæg står over for kritiske beslutninger om investering i fremtidens slambehandling. Derfor efterspørger de overblik og mere viden om nuværende og kommende løsninger. I det følgende zoomer vi ind på en konkret og vigtig del af rensningsprocessen – behandlingen af slam – og belyser nogle af problemstillingerne og mulighederne der.

## Forurenede spildevandsslam hober sig op

På et renselanlæg dannes spildevandsslam som et biprodukt af spildevandsrensningen. Spildevandsslam er en blanding af organisk og uorganisk materiale, der er tilbage, efter at spildevandet er blevet behandlet.

Traditionelt bruges det til produktion af biogas og til jordforbedring på markerne, ikke mindst på grund af tilstedeværelsen af kvælstof, fosfor og humusstoffer.

Spildevandsslam kan dog også potentielt indeholde miljøfremmede stoffer, der giver anledning til bekymring for miljø og mennesker. Med indførelsen af grænseværdier for indholdet af PFAS i spildevandsslam har renselanlæg, der har registreret for høje PFAS-koncentrationer, således været nødsaget til at deponere slammet eller sende det til forbrænding.

Det har skabt et behov for nytænkning. For hvilke slambehandlingsteknologier bør forsyningerne investere i for at komme miljøfarlige stoffer i slammet til livs, så slammet på sikker vis kan bruges som gødning til landbruget? Det spørgsmål er lige nu aktuelt for mange forsyninger landet over.

## Tre teknologier til slamhåndtering

I en analyse for Miljøstyrelsen har Teknologisk Institut undersøgt de mest modne teknologier for slamhåndtering i samarbejde med NIRAS og DHI.<sup>6</sup> Baggrunden var, at Miljøstyrelsen havde identificeret mange miljøfremmede stoffer i spildevandsslam, som potentielt kan udgøre en risiko.<sup>7</sup> Tre alternative termiske teknologier til slamhåndtering blev udvalgt på baggrund af deres markedsmæssige modenhed, evne til at genbruge fosfor og minimere drivhusgasudledningen.

<sup>2</sup> Bedre Innovation. [www.bedreinnovation.dk/forslag-til-indsatsomrader/gron-omstilling-af-den-danske-vandsektor](http://www.bedreinnovation.dk/forslag-til-indsatsomrader/gron-omstilling-af-den-danske-vandsektor)

<sup>3</sup> Teknologisk Institut. PFAS-inator: eliminering af uønskede PFAS-forbindelser fra vand. [www.teknologisk.dk/projekter/pfas-inator-eliminering-af-uoenskede-pfas-forbindelser-fra-vand/43026](http://www.teknologisk.dk/projekter/pfas-inator-eliminering-af-uoenskede-pfas-forbindelser-fra-vand/43026)

<sup>4</sup> Teknologisk Institut. Treatment train - SMV-drevet vandrensning af miljøproblematiske stoffer. [www.teknologisk.dk/projekter/treatment-train-smv-drevet-vandrensning-af-miljoe-problematiske-stoffer/44942](http://www.teknologisk.dk/projekter/treatment-train-smv-drevet-vandrensning-af-miljoe-problematiske-stoffer/44942)

<sup>5</sup> Teknologisk Institut. [www.teknologisk.dk/projekter/innovationspartnerskab-for-miljoe-farlige-forurenende-stoffer/44499](http://www.teknologisk.dk/projekter/innovationspartnerskab-for-miljoe-farlige-forurenende-stoffer/44499)

<sup>6</sup> Miljøstyrelsen (2023). Analyse af fremtidig slamhåndtering til gavn for miljø og klima. [www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/02/978-87-7038-485-8.pdf](http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/02/978-87-7038-485-8.pdf)

<sup>7</sup> Miljøstyrelsen (2021). Handlingsplan for cirkulær økonomi - National plan for forebyggelse og håndtering af affald 2020-2032. [www.mim.dk/media/222902/handlingsplan-for-cirkulaer-oekonomi\\_0607211338.pdf](http://www.mim.dk/media/222902/handlingsplan-for-cirkulaer-oekonomi_0607211338.pdf); Miljøstyrelsen (2022). Alternativ udnyttelse af spildevands-slam. [www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/04/978-87-7038-415-5.pdf](http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/04/978-87-7038-415-5.pdf)



## EKSEMPLER PÅ INDHOLDSSTOFFER I SPILDEVANDSSLAM

### NÆRINGSSTOFFER OG NYTTEMATERIALER

Fosfor  
Kvælstof  
Kalium  
Jern  
Mangan  
Humus

### MILJØFREMMEDE, FORURENENDE STOFFER

Bly  
Cadmium  
Kviksølv  
Kobber  
Zink  
PFAS  
Lægemidler  
Pesticidrester  
Mikroplast

### MONOFORBRÆNDING

Monoforbrænding er en moden teknologi, hvor slam omdannes til energi ved at blive brændt i en forbrændingsovn. Monoforbrænding kræver tørring af slammet og anvender høje temperaturer (900-1200 °C) til at destruere de miljøfremmede stoffer. Den dannede røggas kræver rensning, og flyveasken skal deponeres. Monoforbrænding gør bl.a. fosfor biotilgængeligt, så det let kan optages og udnyttes af planter og mikroorganismer. De estimerede omkostninger til monoforbrænding er ca. 700 DKK per ton afvandet slam, og den beregnede klimabelastning er 11 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalent per ton afvandet aktivt slam.

### PYROLYSE

Pyrolyse er også en moden teknologi, men den er ny inden for slambehandling. Her opvarmes slammet under iltfri eller iltfattige forhold, hvilket omdanner det til faste, flydende og gasformige produkter, der kan bruges til energiudnyttelse eller andre formål. Ligesom monoforbrænding kræver processen tørring af slammet, og temperaturen når op på 350-550 °C under pyrolysen. De fleste miljøfremmede stoffer destrueres under denne proces, men der er usikkerhed om visse flygtige PFAS-forbindelser. Røggasrensning og deponering af flyveaske er igen nødvendigt. Pyrolyse kan

resultere i biokul, der kan bruges som en fosforkilde og til kulstoflagring. Estimerede omkostninger til pyrolyse er 550-700 DKK per ton afvandet slam, og den beregnede klimagevinst er 5 til 7 kg CO<sub>2</sub>e per ton afvandet aktivt slam.

### HYDROTERMISK KONDENSERING (HTL)

HTL er en mindre moden teknologi, og det første anlæg til slamhåndtering er ved at blive etableret i Fredericia. HTL er en proces, hvor organisk slam opvarmes i en vandig opløsning under højt tryk og temperaturer. Dette resulterer i opløsning af organisk materiale og dannelse af en biologisk stabil substans, kendt som hydrotermisk konverteret biomasse. HTL-processen kan reducere volumen af slam, øge dets energiindhold og producere et mere stabilt og håndterbart biprodukt. Ulig de to foregående teknikker, kræver HTL ikke tørring af slammet. De fleste miljøfremmede stoffer destrueres under HTL-processen, men PFAS-forbindelser omdannes kun delvist og kan findes i slutproduktet. Der genereres også en betydelig mængde procesvand, der skal renses yderligere. Estimerede omkostninger til HTL-behandling af spildevandsslam er 250-300 DKK per ton med 20 % tørstofindhold, og den beregnede klimagevinst er 45 kg CO<sub>2</sub>e per ton afvandet aktivt slam. HTL-teknologien er dog mere usikker og kræver et større renseanlæg.

## Flere nye teknologier på vej

En række nye teknologier til destruktion af miljøfremmede stoffer og/eller en rentabel genanvendelse af ressourcerne i slammet vinder desuden frem. Nogle er allerede implementeret i Danmark, mens andre viser stort potentiale i mindre skala. Og flere forsyninger står i dag overfor en beslutning om, hvorvidt deres eksisterende slamhåndteringsteknologi skal restaureres, eller om der skal tænkes i nye baner.

Se Figur 7 for eksempler på nye teknologier.

Miljøstyrelsen fik i februar 2023 udarbejdet en teknologi-screening af ovenstående teknologier af Teknologisk Institut, NIRAS og DHI. Undersøgelsen vurderede teknologierne på deres:

- evne til at neutralisere miljøfremmede stoffer.
- egnethed til at behandle slam (bl.a. ift. vandindhold og tørringsenergi).
- produkt- og energiudbytte.
- indhold af miljøfremmede stoffer i produktstrømmen.
- afsætningsmuligheder (og tilhørende lovgivning) for produktstrømmene, fx til deponi, biogødning, energikilde osv.
- modenhed, dimensionering og driftsbehov.

Rapporten "Analyse af fremtidig slamhåndtering til gavn for miljø og klima" kan hentes på Miljøstyrelsens hjemmeside.

## Håndtering af slambehandling bør afhænge af konteksten

Renseanlæg, der overvejer investering i nye former for slambehandling, bør evaluere de forskellige teknologier med hensyn til teknologimodenhed, driftssikkerhed, effekt på miljøfremmede stoffer, efterbehandlingskrav, omkostninger, og klimabelastning. Derudover anbefales det at analysere både total organisk fluor og target PFAS i produktstrømmene for at vurdere destruktion og risiko for spredning af PFAS-forbindelser.

## Lovgivningen og videnskaben er ikke fulgt med

For alle undersøgte slambehandlingsteknologier gælder det, at lovgivningen ikke er fulgt med teknologien. Det er i dag for de fleste teknologier enten slet ikke lovligt at benytte de næringsstoffer, der er tilbage efter slambehandling, eller kun lovligt med slam, som det i forvejen er tilladt at sprede på markerne. Der er ikke fastsat krav til gødningsfraktionen. Og mens forskningslitteraturen har flere eksempler på destruktion af miljøfremmede stoffer såsom lægemidler og pesticider, mangler videnskaben i dag egentlige analysemetoder til at verificere destruktion af PFAS.

Med andre ord er der derfor brug for klarere rammevilkår for brugen af nye slambehandlingsteknologier og bedre metoder til at måle, om det er lykkedes at komme af med de miljøfremmede stoffer.

## FIGUR 7. NYE TEKNOLOGIER TIL SLAMBEHANDLING

### HYDROTERMISK GASIFICERING (HTG)

En proces, hvor slammet omdannes til brint og andre brændbare gasser ved anvendelse af høj temperatur og tryk i vandig opløsning.

### GASIFICERING

En proces, hvor slammet omdannes til en brændbar gas, kendt som syntesegas eller rågas, ved høj temperatur og begrænset ilttilgængelighed.

### MIKROBØLGE-CRACKING

En proces, hvor slammet udsættes for intens mikrobølgevarme, hvilket medfører hurtig opvarmning og nedbrydning af molekylerne i materialet, hvilket resulterer i produktion af brændbare gasser og kulstofholdige produkter.

### SUPERKRITISK VAND-OXIDATION

En proces, hvor slammet behandles under ekstremt høje temperaturer og tryk i vand i superkritisk tilstand, hvilket medfører fuldstændig oxidation og nedbrydning af det organiske materiale til vand og kuldioxid.



”

En række nye teknologier til destruktion af miljøfremmede stoffer og/eller en rentabel genanvendelse af ressourcerne i slammet vinder frem.

# De danske renseanlæggs arbejde med miljøfremmede stoffer og et fjerde rensetrin

---

Som vi har set, er den teknologiske udvikling inden for spildevandsrensning i fuld sving. Men hvor står renseanlæggene i dag? Det er vigtigt at afdække, da det er de danske renseanlæg, der står for den egentlige håndtering af det danske spildevand. Det er altså her, nye teknologier skal tages i brug, hvis de skal gøre gavn.

Renseanlæg har traditionelt behandlet spildevand i tre trin:

- 1. Mekanisk rensning:** Rå spildevand, der kommer fra huse, virksomheder og industrier, indeholder ofte genstande og store partikler som sand, grus, papir og plastik. Disse partikler fjernes typisk i første trin ved hjælp af en række processer som grovrister til større objekter og screening, sandfang og primær fældning.
- 2. Biologisk rensning:** Efter forbehandlingen er spildevandet stadig fyldt med organisk materiale, partikler og næringssalte som kvælstof og fosfor. Primær rensning indebærer fjernelse af disse stoffer ved hjælp af sedimentation og mikrobiologisk omsætning. I disse processer omsættes det organiske stof, ammonium til kvælstof (og indbygges evt. i fosforakkumulerende bakterier), og disse næringssalte fjernes fra vandet gennem både aerobe og anaerobe processer.
- 3. Kemisk rensning:** Efter primær rensning går spildevandet videre til kemisk rensning, hvor primært fosfor men også partikulære næringsstoffer fjernes ved hjælp af tilsætning af flokkulanter og polymere, samlet kaldet kemisk fældning. Dette sker typisk i en aktivslam-proces, hvor spildevandet blandes med biomasse (mikroorganismer) i en stor tank. Mikroorganismene nedbryder organisk materiale og næringsstoffer i spildevandet, og restproduktet er rensset vand og biomasse, som kan genbruges i processen. Der kan

være flere på hinanden følgende processer, der fremmer den biologiske fjernelse af organisk stof, fosfor og kvælstof.

Endelig ilttes vandet inden udledning til recipient, fx ved sandfiltrering. Her reduceres det organiske indhold, og ammonium omdannes til nitrat.

**Det fjerde rensetrin** (også kaldet tertiær rensning) forventes implementeret fra 2035 for større renseanlæg på over 100.000 personækvivalenter (PE). EU forventes at stille krav for en del forskellige typer af miljøfarlige stoffer, som visse lægemidler, PFAS, industrikemikalier og metaller. Denne fjerdebehandling kan omfatte forskellige teknologier som biologisk behandling, ozonbehandling, aktiv kulfiltrering, membranteknologi, UV-desinfektion og er som oftest en kombination af flere teknologier.

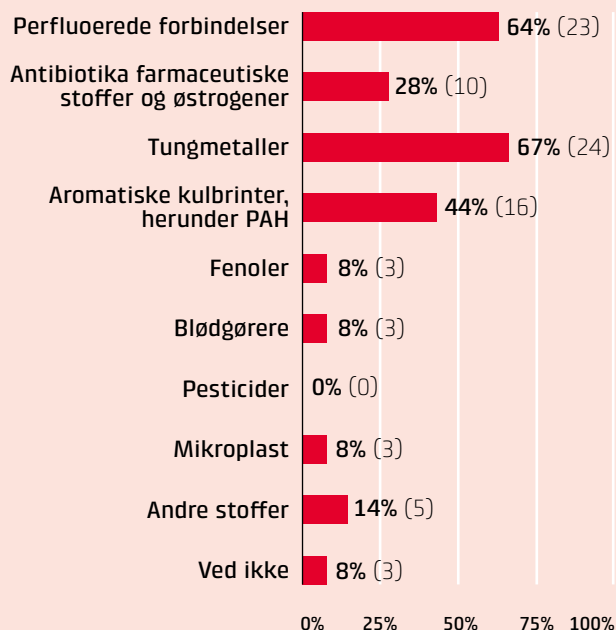
Teknologisk Institut har gennemført en spørgeskemaundersøgelse hos danske renseanlæg for at kortlægge deres aktuelle fokusområder ift. miljøfremmede stoffer, og hvor de står ift. et eventuelt fjerde rensetrin til rensning af spildevand. Renseanlæggene blev bl.a. spurgt, hvilke teknologier de primært orienterer sig imod, hvilke barrierer de oplever ift. at indføre et fjerde rensetrin, og hvem de samarbejder med i denne proces. Undersøgelsen giver dermed et dugfriskt indblik i, hvor renseanlæggene står i dag, og hvordan de kan hjælpes på vej.

Undersøgelsen blev gennemført i juni-juli 2023, og i alt 42 renseanlæg besvarede hele eller dele af undersøgelsen. Respondenterne var nogenlunde ligeligt fordelt på alle fem danske regioner og på tværs af størrelser. Du kan læse mere om undersøgelsens metode bagerst i rapporten.



FIGUR 8.

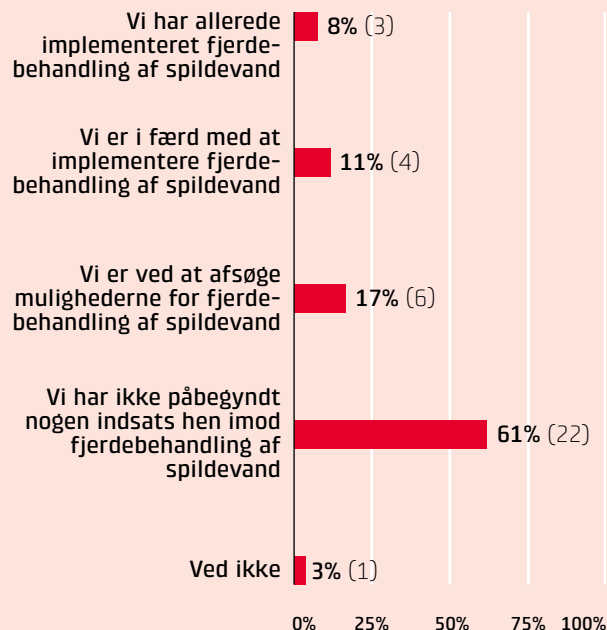
Hvilke miljøfremmede stoffer har I størst opmærksomhed på i rensning af vand i dag?



Note: Respondenter kunne angive op til 4 svar.

FIGUR 9.

Hvor er dit renseanlæg ift. en eventuel implementering af et fjerde rensetrin til fjernelse af miljøfarlige stoffer i spildevand?



## Tungmetaller og PFAS/PFOS i fokus

For de danske renseanlæg er det især tungmetaller og de perfluorede forbindelser (PFAS/PFOS), der er på dagsordenen i dag, efterfulgt af aromatiske kulbrinter, inkl. PAH, og antibiotika, farmaceutiske stoffer og østrogener, eller hvad man ofte vil omtale som medicinrester (se Figur 8). Renseanlæggene følger altså den store samfundsmæssige opmærksomhed på PFAS.

Omvendt fylder mikroplast ikke meget for renseanlæggene, selvom emnet stadig har en vis offentlig opmærksomhed.

## Et fjerde rensetrin på danske renseanlæg

Mange forventer, at der i fremtiden skal indføres et fjerde rensetrin til rensning af spildevand på danske renseanlæg. Men hvor står renseanlæggene i forhold til et sådant trin i dag?

Størstedelen af respondenterne, over 60 %, har ikke påbegyndt nogen indsats hen imod fjerdebehandling af spildevand. (se Figur 9) Hvad dette skyldes, kommer vi tilbage til. Tre renseanlæg melder dog, at de allerede har implementeret fjerdebehandling af spildevand, og yderligere 4 er i gang med implementeringen. Der sker altså allerede en udvikling inden for det fjerde rensetrin på danske renseanlæg, men det er en relativt lille gruppe renseanlæg, der går foran.

## Mange teknologier i spil

Blandt de renseanlæg der er gået i gang med at afsøge muligheder for implementering, er i færd med at implementere eller ligefrem er færdige med at implementere fjerdebehandling af spildevand, er der til gengæld stor diversitet i de valgte teknologier (se Figur 10). Kombinationen af ozon og aktivt kul er den teknologi, der i dag har tiltrukket mest opmærksomhed. Blandt de respondenter, der har angivet "Andre teknologier," har respondenter nævnt slamhåndtering, herunder pyrolyse, samt membranteknologi.

Den brede teknologiske tilgang afspejler godt den teknologiske udvikling på området, som demonstreret i denne rapport's innovationskort. Her var det også tydeligt, at der tages patenter inden for en række forskellige teknologier på området. Der er kort sagt ikke én dominerende teknologisk tilgang, når det kommer til fjerdebehandling af spildevand.

## Uklare perspektiver for lovgivningen holder renseanlæggene tilbage

De 22 respondenter, der ikke havde påbegyndt nogen indsats hen imod fjerdebehandling af spildevand, blev spurgt, hvorfor (se Figur 11). Her var den absolut mest almindelige grund, at der var usikkerhed om fremtidige lovkra. Seks respondenter svarede også specifikt, at de forventer, at fremtidig lovgivning vil betyde, at det er udlederne selv, der skal stå for en større del af fjernelsen af miljøfremmede stoffer. Det er altså de uklare lovgivningsmæssige perspektiver, der for alvor holder mange renseanlæg tilbage fra at undersøge mulighederne for et fjerde rensstrin.

På samme tid er det kun en relativt lille del, 4 respondenter, der slet ikke har overvejet at påbegynde en indsats hen imod et fjerde rensstrin. Så emnet er på dagsordenen hos langt de fleste danske renseanlæg.



## Barrierer for fjerdebehandling

Også blandt de renseanlæg, der enten er ved at afsøge mulighederne for et fjerde rensstrin, er i færd med at etablere fjerdebehandling eller ligefrem er færdige med at implementere fjerdebehandling, er det lovgivningen, der opleves som den største barriere (se Figur 12). Her svarer over halvdelen, at det er usikkerhed om eventuelle fremtidige lovkra, der udgør den største udfordring. I kommentarer uddyber respondenter, at dette kan dreje sig om dialog med myndighederne, udfordringer med kravet om en ny udledningstilladelse ift. Vandrammedirektivet samt den nuværende økonomiske regulering af vandsektoren.

En mindre, men også betydelig gruppe, svarer, at det er manglende viden om teknologiske løsninger eller manglende økonomiske ressourcer, der er de største udfordringer. I en kommentar nævner et renseanlæg desuden som en barriere, at aktivt kul er dårligt for anlæggets CO<sub>2</sub>-regnskab.

Seks respondenter angiver, at der mangler gode teknologiske løsninger på området, og en enkelt har beskrevet det som en udfordring, at de enkelte renseteknologier ikke alene kan fjerne alle miljøfarlige stoffer.

Endelig har en enkelt respondent angivet i en kommentar, at man ikke ser udfordringer ved den løsning, man er ved at etablere.

## Fjerdebehandling skaber nye behov i fremtiden

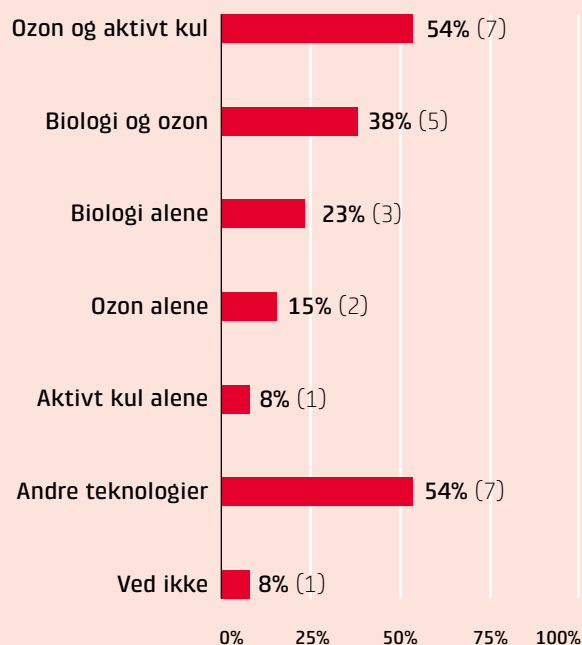
Når renseanlæggene retter blikket mod fremtiden og den indvirkning, fjerdebehandling forventes at have på deres arbejde, er det særligt behovet for yderligere finansiering, der står frem (se Figur 13). Det bliver simpelthen dyrere at drive et renseanlæg, når spildevandet skal igennem en fjerdebehandling også.

Hos 14 renseanlæg angiver man også et behov for nye kompetencer blandt de ansatte, og 13 angiver et større behov for ekstern rådgivning. Fjerdebehandling har altså tydeligvis et element, der stiller krav til renseanlæggernes viden og kunnen. For 8 respondenter kommer dette også til udtryk i et behov for flere ansatte.

I kommentarer angiver to renseanlæg desuden, at fjerdebehandling ville stille nye pladskrav til deres faciliteter. Ét renseanlæg melder, at de får svært ved at integrere et fjerdebehandlingstrin i deres eksisterende anlæg. Et andet skriver, at de får behov for at samle deres mindre anlæg.

FIGUR 10.

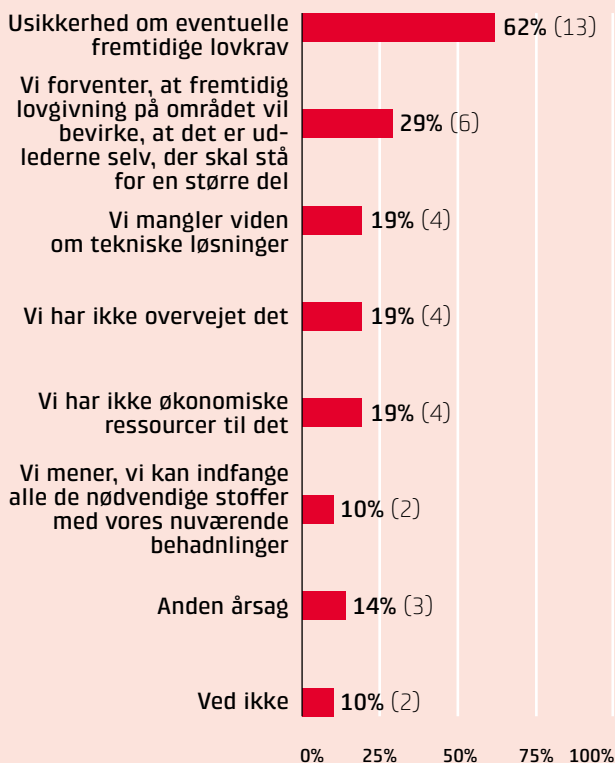
Hvilke teknologier til fjerde renses trin til fjernelse af miljøfarlige stoffer i spildevand bruger eller afsøger I?



Note: Respondenter kunne angive flere svar.

FIGUR 11.

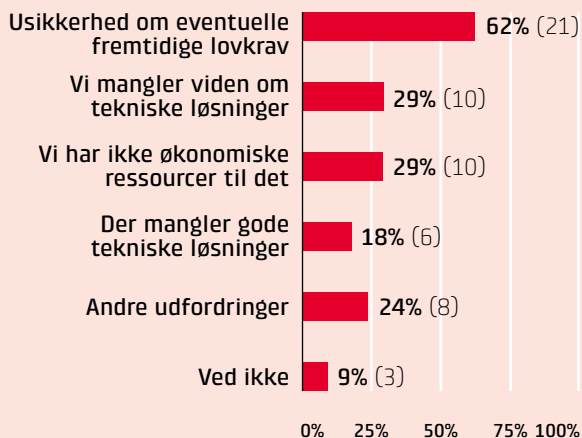
Hvad er grunden til, at I ikke har påbegyndt en indsats hen imod et fjerde renses trin til fjernelse af miljøfarlige stoffer i spildevand?



Note: Respondenter kunne angive flere svar.

FIGUR 12.

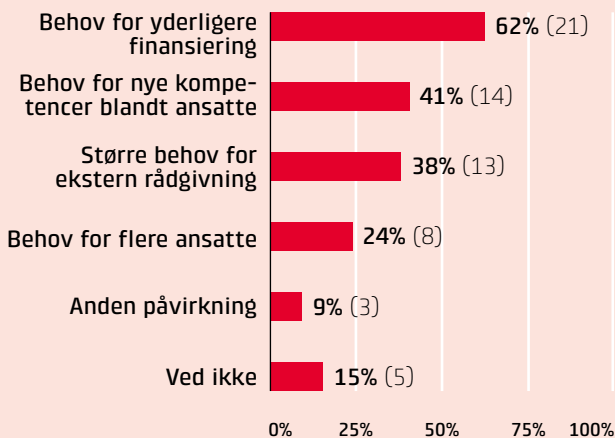
Hvilke udfordringer oplever du i forhold til et fjerde renses trin til fjernelse af miljøfarlige stoffer i spildevand?



Note: Respondenter kunne angive flere svar.

FIGUR 13.

Hvordan forventer du, at fjerdebehandling kommer til at påvirke jeres rensnings-anlæg i fremtiden?



Note: Respondenter kunne angive flere svar.

Knap halvdelen af respondenterne svarede dog, at de mener at have den nødvendige viden og ekspertise til at implementere fjerdebehandling (se Figur 14). Der er med andre ord gode kompetencemæssige forudsætninger for indførelsen af fjerdebehandling ved en stor del af de danske renseanlæg.

### Samarbejde er essentielt for fjerdebehandling

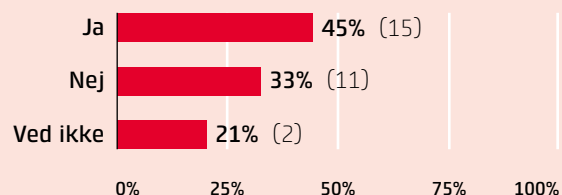
Nøglen til at indføre et fjerde renses trin på de danske renseanlæg vil være samarbejde (se Figur 15). To tredjedele af de deltagende renseanlæg angiver, at samarbejdet med andre organisationer og/eller myndigheder spiller en stor rolle for dem i forhold til fjerdebehandling. Ingen renseanlæg svarede, at samarbejde ingen rolle spiller.

Den vigtigste partner for renseanlæggene er private rådgivere, så som COWI, Rambøll, Niras o.l. (se Figur 16). Dette understreger igen behovet for ekstern rådgivning. Kommunerne og, om end i mindre grad, Miljøstyrelsen er også samarbejdspartnere for mange af renseanlæggene, hvilket understreger den tætte relation til det offentlige og dermed afhængigheden af klare retningslinjer. Endelig var over halvdelen af respondenterne også i kontakt med videninstitutioner, så som Teknologisk Institut, DHI eller et universitet samt med private teknologileverandører. Flere respondenter angav også i kommentarer, at de havde samarbejdet med andre forsyningsselskaber, bl.a. i regi af SamAqua eller DANVA.

I surveyen blev renseanlæggene både spurgt, hvem de havde samarbejdet med ift. fjerdebehandling de forgangne fem år, samt hvem de forventede at komme til

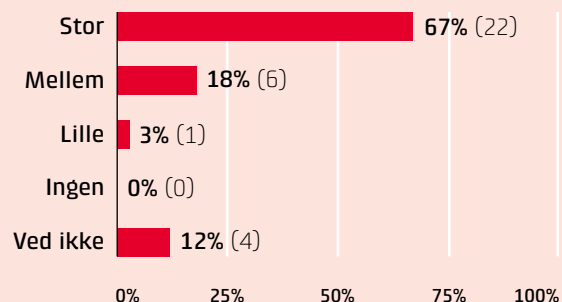
FIGUR 14.

Har dit renseanlæg den nødvendige viden og ekspertise til at implementere fjerdebehandling?



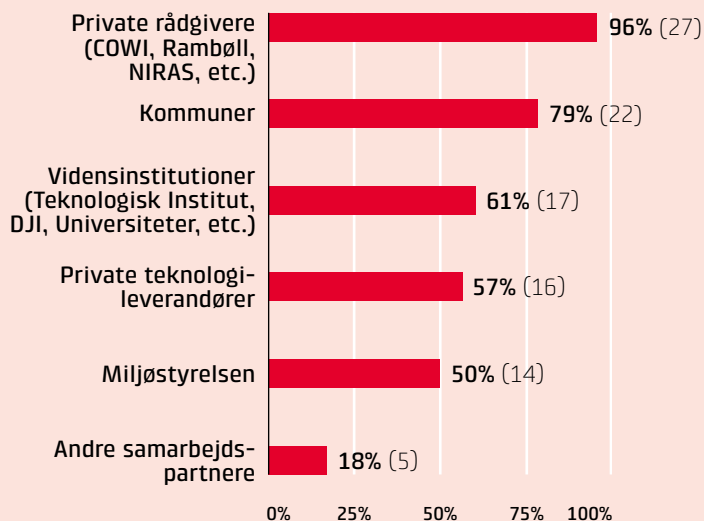
FIGUR 15.

Hvilken rolle spiller samarbejde med andre organisationer og/eller myndigheder i forhold til fjerdebehandling på dit anlæg?



FIGUR 16.

Hvem har I samarbejdet med over de sidste fem år?



Note: Respondenter kunne angive flere svar.



at samarbejde med de kommende fem år. Svarene på de to spørgsmål var næsten identiske, så vi har kun bragt det ene sæt her.

### Sammenfatning

Dette studie af de danske renseanlæg har vist flere ting; Langt de fleste af de adspurgte renseanlæg havde ikke påbegyndt nogen indsats hen imod fjerdehandling af spildevand eller var kun ved at afsøge mulighederne for fjerdehandling. Der er altså lang vej igen, før størstedelen af de danske renseanlæg har et fjerde rensetrin. Der var også relativt stor bredde i de teknologier, renseanlæggene afsøgte. Der er altså ikke konsensus om en eller to teknologier.

Den største hæmsko for, at flere renseanlæg tog tiltag til et fjerde rensetrin, var de uklare lovmæssige krav til spildevandsbehandling. Så længe der ikke er klare linjer for området, som renseanlæggene kan forholde sig til, vil mange af dem forblive afventende i forhold til et fjerde rensetrin – især fordi finansiering står som renseanlæggenes vigtigste behov, når det kommer til fjerdebehandling.

Til gengæld oplever næsten halvdelen af de adspurgte renseanlæg, at de besidder den nødvendige viden og ekspertise til at implementere et eventuelt fjerde behandlingstrin. Ikke desto mindre er samarbejde vigtigt for renseanlæggene, både når det kommer til myndigheder og især private rådgivere. Der er derfor gode muligheder for bredt samarbejde om emnet i fremtiden.



# Forsøg med biologisk fjerdebehandling af spildevand i Herning Kommune

---

I Herning har de gjort sig spændende erfaringer, når det kommer til implementering af et fjerde behandlingstrin til rensning af spildevand. Her har Herning Vand valgt at satse på en biologisk behandlingsform, der er baseret på bakterier, og de har kørt et forsøg i samarbejde med Teknologisk Institut, DTU, Krüger, Aarhus Universitetshospital og Hillerød Forsyning for at afprøve teknologien til fjerdebehandling af spildevandet. I det følgende beskrives projektets baggrund og historie, samt nogle af de ting Herning Vand har lært i processen. Denne case er udarbejdet på baggrund af et interview med Herning Vands direktør Niels Møller Jensen.

## Baggrunden

De første antræk til projektet skete, da arbejdet på det nye regionshospital i Gødstrup ved Herning begyndte. Hospitalet havde behov for at få rensset sit spildevand, og på det tidspunkt var der fra Miljøstyrelsen lagt op til, at rensning fra store punktudledere som sygehuse skulle finde sted ved udlederen selv. Der var med andre ord forventning om, at der skulle sættes et renseanlæg op ved selve hospitalet.

Et studie af medicinrester i vand viste dog, at ca. 95 % af medicinrester bliver udledt i eget hjem. Så selvom hospitalet nok var en stor punktudleder, kommer langt størstedelen af medicinresterne fra de mange private hjem, plejehjem osv. Der var dermed også et godt argument for, at selve rensningen for medicinrester burde finde sted i det fælles renseanlæg og ikke ved nogle enkelte udledere. Dette førte til en frem-og-tilbage-proces med Miljøstyrelsen, der endte med, at lovgivningen blev tolket, så kommunerne var fritstillet til at vælge den løsning, der gav mest mening for dem.

I 2013 indgik Herning Vand i det første projekt inden for rammerne af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) i samarbejde med Teknologisk

Institut, DTU, Krüger, Aarhus Universitetshospital og Hillerød Forsyning. Projektet skulle procesoptimere, teste og demonstrere en såkaldt 'moving bed biofilm reactor (MBBR) teknologi' (nu patenteret som Krügers eXeno™-teknologi) til fjerdebehandling af spildevand via biologiske processor fremfor kul og ozon. Det skulle ske på et mindre testanlæg (1 m<sup>3</sup>), der så evt. kunne skales op og kommercialiseres efterfølgende.

## Projektets resultater og næste skridt

Projektet kørte af tre omgange og skalaer: først med tre tanke af 10 liter, så med tre gange 300 liter, og endelig med tre gange 5.000 liter tanke – de sidste hos Herning Vands renseanlæg.

Projektet viste, at den biologiske fjerdebehandlingsmetode kunne rense op til 93 % af de udvalgte miljøfarlige stoffer i vandet, der alle var forskellige former for medicinrester.

Nu er det store spørgsmål så, om teknologien kan skales op. Til det formål samarbejder Herning Vand stadig med Regionshospitalet Gødstrup, der er i gang med at kortlægge sit eget medicinforbrug på hospitalet. Denne kortlægning danner grundlaget for et måleprogram, der efterfølgende skal vurdere, hvilke stoffer der skal måles efter på renseanlægget. Da hospitalet har ansvar for sin egen udledning af miljøfremmede stoffer, er de nødt til først at have konkrete tal på, hvor meget de udleder, før de og Herning Vand kan godtgøre, om et nyt renselin fjerner sygehusets udledning. Hospitalet har i dag fået en dispensation til ikke at håndtere sin udledning af miljøfremmede stoffer, men denne udløber fra 2026, så der skal der være en løsning implementeret og klar.

## Hvorfor en biologisk løsning?

Men hvorfor har Herning Vand kastet sig over den biologiske teknologi, når ozon og kul er mere velafprøvede løsninger på et fjerde rensestrin? Det er der ifølge direktøren i Herning Vand tre svar på. Det første handler om økonomi: Den biologiske løsning ser ud til at være billigere end de mere velkendte alternativer. Den anden er miljømæssig: ved at anvende bakterier behøver rensesanlægget ikke introducere nye miljøfremmede stoffer til vandet, afledt af f.eks. ozonbehandling, for at fjerne andre miljøfremmede stoffer. Det tredje er klima-relateret: Sammenlignet med kul og ozon har den biologiske løsning et lavere CO<sub>2</sub>-aftryk.

Resultaterne er dog stadig foreløbige, så længe teknologien ikke er blevet testet i fuld skala. For Herning Vand vil dette på sigt betyde en volumen på 250.000 liter – 50 gange størrelsen på pilotanlægget på 5.000 liter.

## Meningsfuldt samarbejde

Igennem pilotprojektet oplevede Herning Vand et positivt samarbejde med flere danske spillere. Teknologileverandøren Krüger stod for den praktiske implementering af teknologien, og har efter projektet patenteret den anvendte teknologi. DTU bidrog med stor viden om de miljøfremmede stoffer og deres egenskaber. Teknologisk Institut kortlagde i samarbejde med Aarhus Universitetshospital (AUH) medicinforbruget, der faktisk blev indtaget på alle regionens hospitaler, ift. hvor meget medicin der blev udleveret til patienter. Dette underbyggede desuden idéen om en central håndtering fremfor en decentral rensning af spildevandet på hospitalet, da en stor del af medicinforbruget blev uddelt til patienterne. Endelig stod Teknologisk Institut for viden om de bakterier, der indgik i den biologiske metode, og i samarbejde med DTU sikrede Teknologisk Institut en validering af resultaterne. Desuden varetog Teknologisk Institut projektledelsen, herunder ansøgningen og afrapporteringen, og bidrog med relevant netværk og med formidling af projektet.

Niels Møller Jensen beskriver, hvordan samarbejdet var kendetegnet ved en meget høj faglighed og ved gensidig respekt mellem de involverede. "Jeg har været begej-

stret for holdånden, vi har kunnet bygge op i partnerskabet. Vi har skabt en god atmosfære og vist, at teknologien her er en farbar vej at gå."

For Herning Vand spillede den eksterne viden en afgørende rolle. Som Niels Møller Jensen konstaterer, "Vi ved noget om at drive et rensesanlæg. Den viden, der er skabt i projektet her, kunne vi ikke have skabt selv." Og Herning Vand får da også allerede regelmæssigt besøg af internationale delegationer fra både USA og Sydafrika, der gerne vil inspireres af de midtjyske erfaringer.

Selvom pilotanlægget er taget ud af drift, er Niels Møller Jensen positiv for fremtiden. Regionshospitalet Gødstrups dispensation udløber med udgangen af 2026, så der skal være fundet en løsning til den tid. Og i 2035 forventes EU's byspildevandsdirektiv at træde i kraft og stille nye krav til fjerdebehandling på de store rensesanlæg i kommunerne. Der bliver derfor endnu større behov for nye teknologiske løsninger til fjerdebehandling af spildevand, der er både økonomiske samt klima- og miljøvenlige.



### HERNING VAND

Herning Vand er ejet af Herning Kommune. Herning Vand ejer de 11 rensesanlæg, der står for rensning af alt vandet i Herning Kommune.

Der er i alt 65 ansatte i Herning Vand. Herning Vands største rensesanlæg renser ca. 150.000 personækvivalenter vand og er Danmarks 14. største rensesanlæg.

# Rapportens metoder

---

## Innovationskort

Data til innovationskortet er indhentet via patentdatabasen PatSnap. Patenterne er identificeret via en søgning i databasen, der kombinerede CPC-patentkoden C02F1, som dækker over behandling af vand og spildevand, samt en kombination af en række nøgleord.

Søgningen ekskluderede patenter, der ikke er aktive eller under behandling – f.eks. hvis ansøgningen er trukket tilbage, afvist, eller patentet er udløbet. Søgningen ekskluderede også patenter, der er ansøgt fra en virksomhed med adresse i Kina og kun ansøgt ved en enkelt autoritet. Dette sidste "filter" sorterer kinesiske patenter fra, der kun er udtaget i Kina. Dette er nyttigt, da der er en tendens til at tage mange patenter i Kina med begrænset innovativ eller kommerciel værdi. Disse uinteressante patenter sorteres hermed fra.

Søgemetoden har genereret 4.795 patentansøgninger relateret til sundhedsrobotter fordelt på 2.048 patentfamilier. En enkelt idé søges ofte patenteret blandt flere forskellige myndigheder. Dette resulterer i, at den samme idé kan generere flere forskellige patenter. Patentfamilier er den samlede betegnelse for alle patenter taget på en enkelt idé. Derfor er antallet af patentfamilier altid lavere end antallet af patenter. I undersøgelsen her opgøres patentfamilier fremfor patenter, da en enkelt patentfamilie i højere grad afspejler en enkelt idé – selvom denne måtte være patenteret flere forskellige steder i verden. Patentfamilier omtales derfor blot som "patenter" i denne undersøgelse for nemheds skyld, også selvom et patent måtte være udtaget ved flere patentautoriteter.

## Beskrivelser af teknologier til slambehandling

Den beskrivende tekst om slambehandling er udarbejdet i af specialister fra Teknologisk Institut, der har været involveret i de omtalte projekter og derfor har indgående kendskab til emnet.

## Casestudiet

Casestudiet af Herning Vand er baseret på et interview med Herning Vands direktør Niels Møller Jensen, gennemført i maj 2023. Interviewet er suppleret med input fra konsulenter på Teknologisk Institut, der var involveret i Herning Vands projekt, samt artiklen "Det fjerde rensesrin: Miljøfarlige stoffer skal fjernes fra spildevandet" i DANVAs magasin Dansk Vand fra april 2023.

## Kortlægning af danske renseanlæg

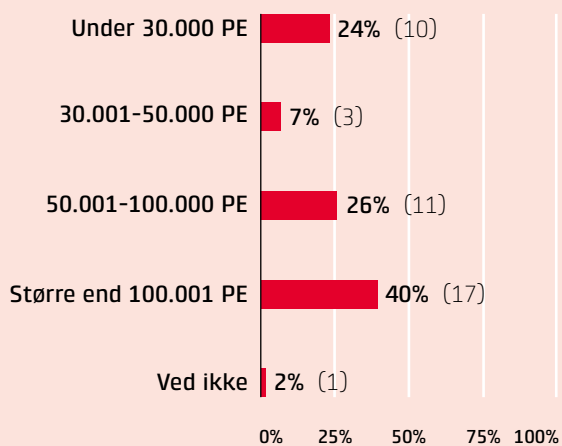
Analysen af de danske renseanlæg er baseret på en online spørgeskemaundersøgelse sendt til ca. 70 renseanlæg i Danmark via brancheforeningen DANVA. Undersøgelsen blev foretaget i juni-juli 2023. Der var 32 respondenter, der gennemførte hele spørgeskemaet, og yderligere 10 respondenter besvarede dele af spørgeskemaet. Respondenterne var jævnt fordelt ift. geografi og renseanlæggenes størrelser (se Figur 17 og Figur 18). Dette vurderes som tilfredsstillende ift. at opnå et vist niveau af generaliserbarhed.





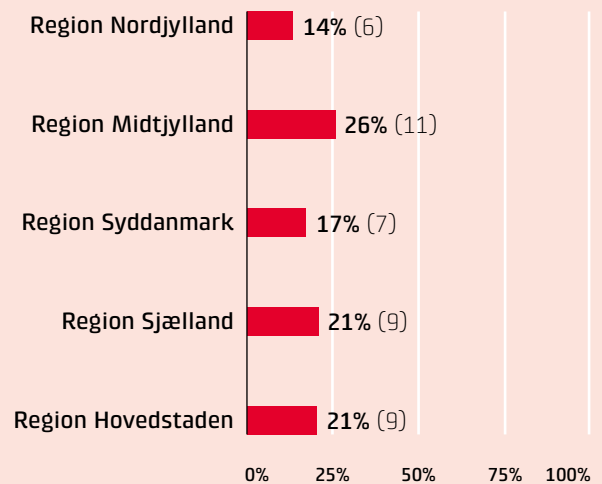
**FIGUR 17.**

Hvor stort et renselanlæg er I målt i personækvivalenter (PE)?



**FIGUR 18.**

Hvor i landet ligger I?



# Teknologisk Institut hjælper den danske vandsektor med at blive grønnere

Teknologisk Institut står i perioden 2021-2024 i spidsen for resultatkontrakten *Grøn omstilling af den danske vandsektor*, der tager udgangspunkt i udfordringer og potentialer i vandets vej fra grundvand til spildevand og har gennemgående fokus på et reduceret miljø- og klimaaftryk.

En grøn omstilling af den danske vandsektor understøtter ikke alene regeringens og FN's klimamål for 2030, men også eksportpotentialet for den danske vandbranche. Omstillingen sker gennem udvikling af klimaoptimal teknologi til renere vand og gennem bedre udnyttelse af potentialet i vandstrømme i form af energi og ressourcer.

Målet med indsatsen er igennem partnerskaber med hele vandsektoren, herunder forsyninger, teknologileverandører, universiteter og videninstitutioner, at opnå bæredygtig produktion og distribution af rent drikkevand, øget vandeffektivitet i industrien, energieffektiv spildevandsbehandling samt minimering af miljøfremmede stoffer til vandmiljøet gennem udviklingsaktiviteter og opbygning af viden- og testcenter.

## Bæredygtig spildevandsbehandling

De danske renseanlæg står overfor en række udfordringer med forskellige miljøfremmede stoffer og forventet

ny lovgivning. Men fremtidens rensningsanlæg kan mere end blot at rense spildevand. I dag producerer flere rensningsanlæg grøn energi i form af biogas. De konventionelle processer på rensningsanlæggene kan dog fortsat optimeres, så kulstof fra spildevandet i endnu højere grad udnyttes fremfor at belaste klimaet.

"I den grønne omstilling af vandsektoren er det afgørende, at vi får udnyttet den ressource, som spildevandet udgør. I resultatkontrakten udvikler vi derfor vores kompetencer, så vi får endnu bedre forudsætninger for at øge energiudbyttet ved biogasproduktionen", fortæller centerprojektleder Caroline Kragelund Rickers fra Teknologisk Institut.

## Teknologiske serviceydelser leverer løsninger inden for vand

På Teknologisk Institut arbejder vi for at sikre rent vand til alle gennem udvikling af vandteknologi inden for drikkevand, procesvand, regnvand og spildevand til gavn for dansk eksport i tæt samarbejde med hele den danske vandsektor. Af højeste prioritet er optimering af installationer, udvikling og dokumentation af kosteffektive rensemetoder til fjernelse af problematiske stoffer, reduktion af vandspild samt genanvendelse af ressourcer.



**Lotte Bjerrum Friis-Holm**

Centerchef, ph.d.  
Vandteknologi

+45 7220 1837  
lbfh@teknologisk.dk



”

På Teknologisk Institut arbejder vi for at sikre rent vand til alle gennem udvikling af vandteknologi inden for drikkevand, procesvand, regnvand og spildevand.





**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**