



INDHOLD

- 2 Leder
- 3 PFAS i vandforsyningsboringer – hvad er status efter de nye lave kravværdier
- 10 PFAS – et globalt problem
- 16 Kort info
- 17 Boganmeldelse "Vandlovgivning" af Ellen Margrethe Basse
- 19 Ny analyse af råstoftransporten på havet
- 23 Artikelovervågning

MILJØ OG RESSOURCER



LEDER

VANDETS VEJE

I Danmark har vi en lang tradition for at regulere vandets veje. Formålet har været at gøre vores land mere beboeligt og at kunne dyrke jorden også i de områder, der ellers har været for våde. Vi har nemlig masser af vand, og ofte mere end vi ønsker os – noget, man med god grund misunder os mange steder i verden.

Vandet lader sig regulere i et vist omfang, men de overordnede naturgivne rammer lader sig kun vanskeligt ændre. På overfladen følger vandet landskabets hældninger, som det også selv har bidraget til at forme igennem årtusinder. Under overfladen strømmer grundvandet langsomt mod kysterne i lignende mønstre, styret af geologiske forhold.

Strategien har ofte været at lægge dræn, grave grøfter, udrette og uddybe vandløbene, så vandet kan komme væk i en fart. Andre steder er vandet stemmet op for at udnytte energien eller regulere afstrømningen, så oversvømmelser nedstrøms forhindres. Den strategi udfordres nu med de ændrede nedbørsmønstre, der følger af klimaforandringerne.

Både overfladevand og grundvand kræver sammenhængende forvaltning inden for de naturgivne rammer – påvirkninger øverst i et system kan føre til vandmangel eller oversvømmelser længere nede. Det samme gælder for vandkvaliteten – de stoffer, der påvises i grundvand og vandløb, er resultatet af summen af påvirkninger opstrøms. Systemerne spiller sammen, så vandindvinding kan føre til vandmangel i vandløb, og forurenede grundvand kan påvirke vandkvaliteten i overfladevand.

De danske love om vand – som vandforsyningsloven og vandløbsloven – er gamle love fra sidste eller forrige århundrede, som løbende er ændret og tilpasset nye krav og behov. Efter årtusindskiftet har vi fået vandrammedirektivet og flere andre EU-direktiver med krav om naturhensyn og sammenhængende forvaltning af vandet, og mange lovændringer og nye love er kommet til. Det har ført til det, Ellen Margrethe Basse kalder ”en uoverskuelig og ikke sammenhængende dansk lovgivning, hvor den holistiske tankegang, der præger EU’s vandlovgivning, mangler”.

I skrivende stund venter vi på vandområdeplanerne for tredje og sidste planperiode i vandrammedirektivet. Allerede inden vi har set planerne, ved vi godt, at de ikke kommer til at bringe os i mål med god tilstand i alle vandforekomster. Det skyldes blandt andet, at indsatsen over for jordforurening, der kan udgøre en risiko for overfladevand, halter bagefter. Først fra 2021 har regionerne fået penge til undersøgelser, og der er endnu ingen aftale om en eventuel indsats.

Regionernes indsats over for jordforurening, der udgør en risiko for overfladevand, skal hænge sammen med andre indsatser. Her er det ikke kun udledninger af spildevand og andre mulige forureningskilder, der skal tænkes på – også fysiske forhold og reguleringer skal håndteres for at opnå god økologisk kvalitet i vandløb, søer og kystvande. Arbejdet med at få alle indsatserne til at hænge sammen, ligger i Miljøministeriet, som har en stor opgave, når en senere opdatering af vandområdeplanerne skal bringe os det sidste stykke af vejen mod god tilstand i alle vandforekomster i 2027.

Og så har vi hverken nævnt klimatilpasning eller PFAS.

Bente Villumsen
2399 2372
bvi@regioner.dk

Kit Jespersen
9116 9263
kij@regioner.dk

Julie Kofoed
2042 5077
jko@regioner.dk

Christian Andersen
4022 3017
can@regioner.dk

Kurt Møller
6124 2576
kum@regioner.dk

Mads Leerbech Jensen
3023 0016
mdj@regioner.dk

PFAS i vandforsyningsboringer – hvad er status efter de nye lave kravværdier

Af Christian Nyrop Albers,
seniorforsker i miljøgeokemi,
GEUS

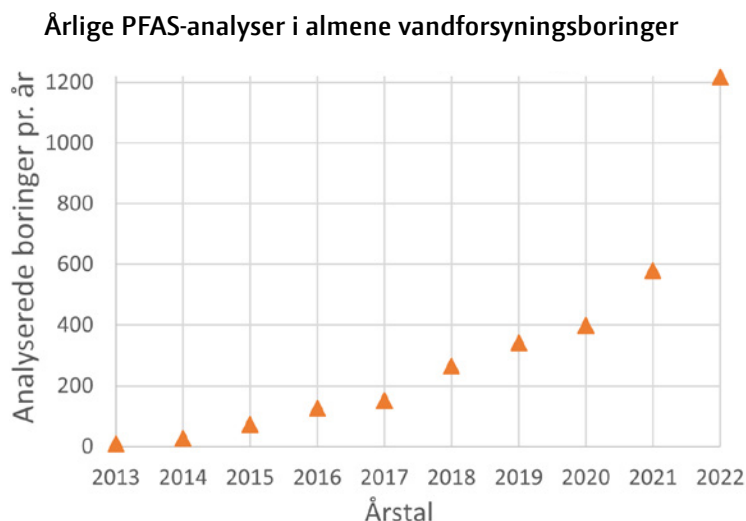
I sommeren 2021 indførtes nye lave grænseværdier for fire PFAS-stoffer. Det betød lavere detektionsgrænser på laboratorierne i løbet af efteråret 2021 for at kunne leve op til analysekravene. 2022 er derfor det første år, hvor det er muligt at evaluere, hvad de nye grænseværdier så har betydet for PFAS-fund i grundvandet, og hvor mange overskridelser der egentlig ses i vandforsyningernes indvindingsboringer.

PFAS er en samlebetegnelse for tusindvis af syntetiske per- og polyfluorerede organiske stoffer, hvoraf PFOS og PFOA nok er de to mest kendte. Siden 2013 er der analyseret for udvalgte PFAS-stoffer i det danske grundvand, særligt for 12 stoffer, som siden 2015 har haft en samlet kravværdi i drikkevand på 0,1 µg/L. Antallet af analyserede borer er steget løbende med en særlig stor stigning i år 2022 (fig. 1). Denne stigning skyldes sandsynligvis dels en generel øget bevidsthed om PFAS i Danmark, og dels at grænseværdien blev sænket voldsomt til 0,002 µg/L for summen af 4 PFAS-stoffer i juni 2021 \1\ . Indtil da havde der ikke været en eneste overskridelse af kravet for PFAS i vandforsyningsboringer, \2\ og PFAS blev ikke regnet som en stor trussel mod den danske vandforsyning. Med en 50 gange lavere grænseværdi stod det hurtigt klart, at dette billede kunne ændre sig.



Der er i alt knap 6.000 aktive almene vandforsyningsboringer i Danmark \2\.

FIGUR 1 ANTAL ALMENE VANDFORSYNINGSBORINGER ANALYSERET FOR PFAS OVER TID.



I løbet af efteråret 2021 blev analyselaboratoriernes detektionsgrænser sænket for at leve op til de nye krav, og 2022 er derfor det første år, hvor effekten af den sænkede kravværdi kan evalueres ift. de danske vandforsyningsboringer. Det er tydeligt, at PFAS ikke længere er en stofgruppe med få fund langt under kravværdien, men noget som detekteres udbredt i vandforsyningsboringerne (19 % af de undersøgte ca. 1.200 borer), og hvor der også er en del fund over kravværdien for de fire PFAS med sænket kravværdi (ca. 6 % af de undersøgte borer) (tabel 1). Stoffet PFOA er det mest udbredte af de analyserede PFAS-stoffer og også dét, som står for langt de fleste overskridelser.

TABEL 1 FOREKOMST AF UDVALGTE PFAS-STOFFER I DE ALMENE VANDVÆRKERES BORINGSKONTROL FOR PERIODEN 1/1-2022 TIL 31/12-2022.

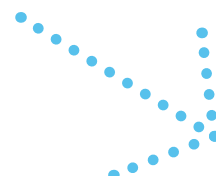
PFAS-stof	Kravværdi (KV, µg/L)	Indtag, antal			Indtag, andel (%)	
		I alt	Med fund	>KV	Med fund	>KV
SUM12*	0,1	1174	221	0	18,8	0,0
SUM4**	0,002	1213	220	74	18,1	6,1
PFOA (Perfluoroktansyre)	0,002	1213	182	53	15,0	4,4
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	0,002	1213	126	9	10,4	0,7
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	0,002	1215	111	10	9,1	0,8
PFBA (Perfluorbutansyre)	0,1	1175	54	0	4,6	0,0
PFHxA (Perfluorhexansyre)	0,1	1174	42	0	3,6	0,0
PFHpA (Perfluorheptansyre)	0,1	1174	39	0	3,3	0,0
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	0,1	1175	39	0	3,3	0,0
PFPeA (Perfluorpentansyre)	0,1	1175	36	0	3,1	0,0
PFNA (Perfluorononansyre)	0,002	1214	15	0	1,2	0,0
6:2 FTS (1H,1H,2H,2H-Perfluoroktansulfonsyre)	0,1	1174	4	0	0,3	0,0
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	0,1	1174	0	0	0,0	0,0
PFDA (Perfluordecansyre)	0,1	1174	0	0	0,0	0,0



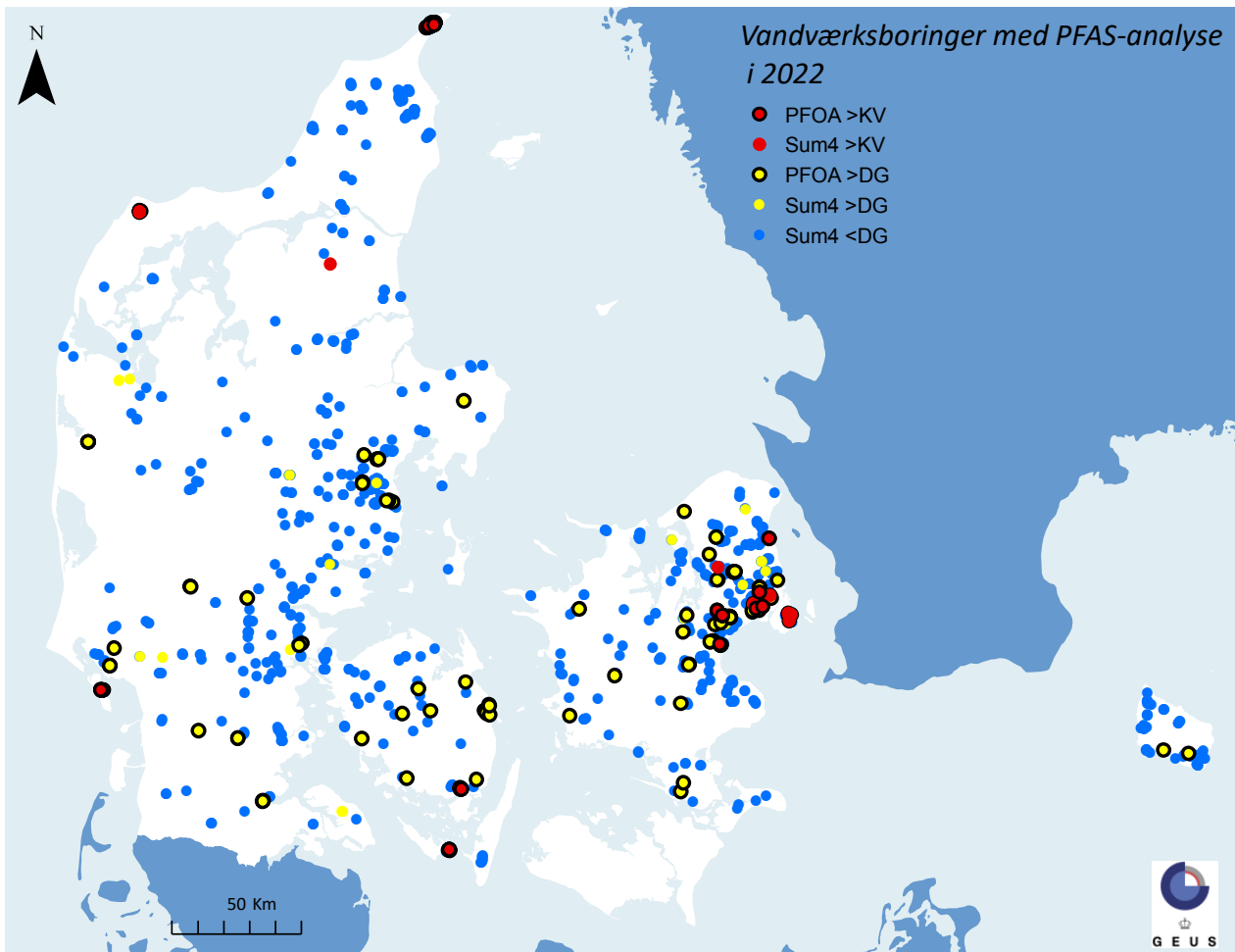
**"Sum 12" er beregnet ud fra analyse af de 12 enkeltstoffer vist i tabellen.
**"Sum 4" er beregnet ud fra analyse af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA.*

Boringernes indtag er repræsenteret ved den højest målte koncentration i de tilfælde, hvor der i perioden er udtaget flere prøver fra et indtag. Sumværdier er beregnet for hver enkelt prøve, uanset om værdien var indrapporteret fra laboratoriets side eller ej. Kvartalsvist opdateret liste for seneste år kan ses for alle analyserede PFAS-stoffer på geus.dk/opgørelser.

Som det ses på kortet (fig. 2 på næste side), er fundene af PFAS spredt rundt i landet, mens overskridelserne er koncentreret i hovedstadsområdet og omkring Skagen og på Fanø.



FIGUR 2 UDBREDELSE AF DE FIRE PFAS-STOFFER MED SÆNKET KRAVVÆRDI I VANDFORSYNINGSBORINGER ANALYSERET I LØBET AF 2022.

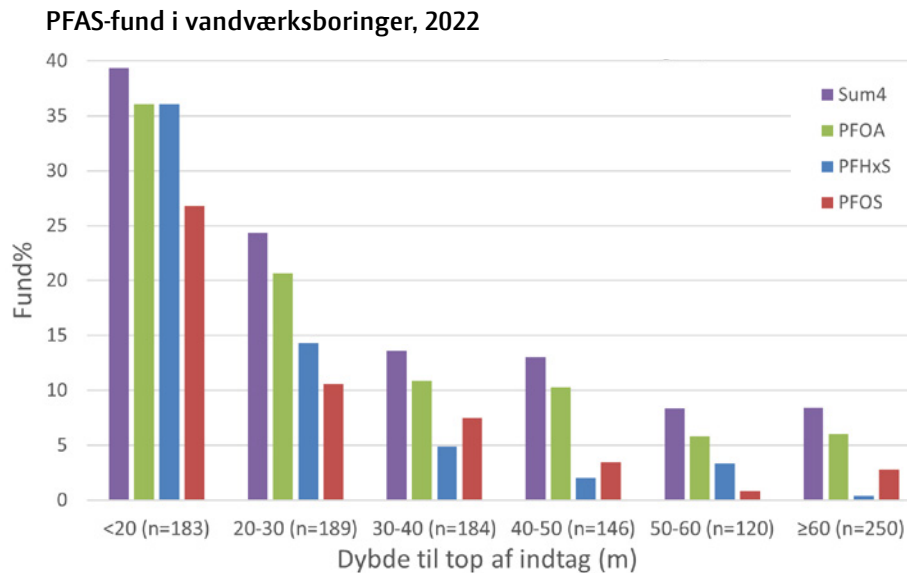


Blå er undersøgte boringer, hvor ingen af de fire stoffer blev detekteret. Gul er boringer med detektion af mindst ét af de fire stoffer. Gul med sort ring er detektion af det mest udbredte stof (PFOA). Rød er overskridelse af kravværdien for sum af de fire stoffer med sænket kravværdi (PFHxS, PFOS, PFOA og PFNA), og rød med sort ring er boringer, hvor PFOA i sig selv overskrider kravværdien.

De tre perfluorerede stoffer, som står for størstedelen af PFAS-fundene (PFOA, PFHxS og PFOS), forventes ikke at nedbrydes i miljøet, og der findes ingen rapporter om, at de skulle kunne nedbrydes i grundvandsmagasiner \3\). Tilbageholdelsen (retardationen) af disse stoffer forventes også at være begrænset, når de har forladt den umættede zone. Det er derfor interessant at se på, hvor dybt stofferne er fundet, ift. at få en idé om den fremtidige udvikling i fund af PFAS. Det er tydeligt, at der er langt flest fund i de terrænnære boringer (fig. 3). Da stofferne som sagt ikke forventes at nedbrydes, må der derfor fremover forventes en stigende andel af vandforsyningsboringer, hvor stofferne kan detekteres.

FIGUR 3 ANDEL AF BORINGER MED FUND AF PFAS OPDELT EFTER DYBDEN AF INDTAGET.

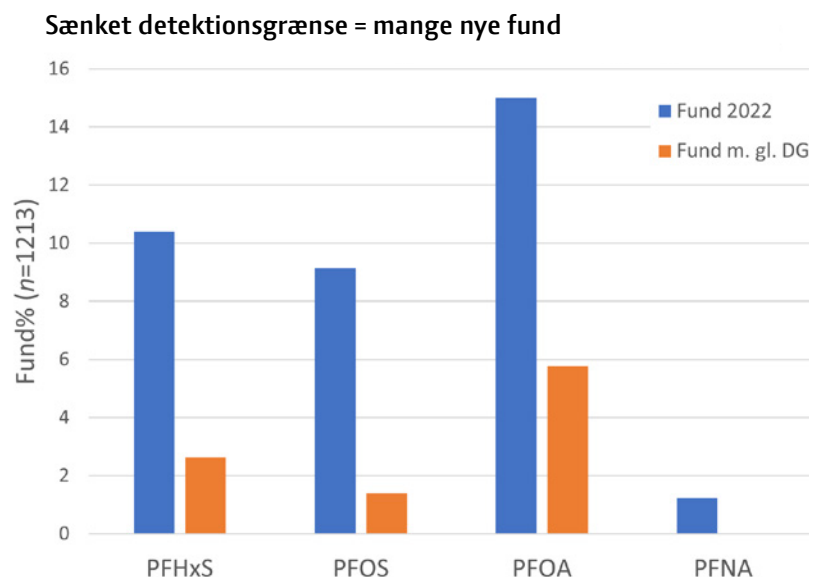
Tal i parentes angiver antal undersøgte boringer for hvert dybde-interval.



Antallet af fund i fremtiden vil dog også i høj grad afhænge af analyselaboratoriernes detektionsgrænser. Indtil 2021 lå den typiske detektionsgrænse for PFHxS, PFOS og PFOA på 0,001 µg/L (= 1 ng/L). I 2022 blev ca. 2/3 af de undersøgte vandforsyningsboringerne analyseret med en detektionsgrænse på 0,0001 µg/L (=0,1 ng/L) og de fleste af den resterende tredjedel med en detektionsgrænse på 0,0003 µg/L. Hvis de samme boringer var blevet analyseret med den "gamle" detektionsgrænse på 0,001 µg/L, havde antallet af fund været en hel del lavere (fig. 4), ca. på niveau med dét som hidtil har været billedet \2,5\). Dét mønster tyder på, at PFAS-stoffer i lave koncentrationer er udbredte i det danske grundvand, og at det i høj grad vil være detektionsgrænserne, som afgør, hvor mange vandforsyningsboringer der vil registreres som indeholdende PFAS.

FIGUR 4 FUND-PROCENTER AF DE FIRE PFAS-STOFFER MED SÆNKET KRAVVÆRDI.

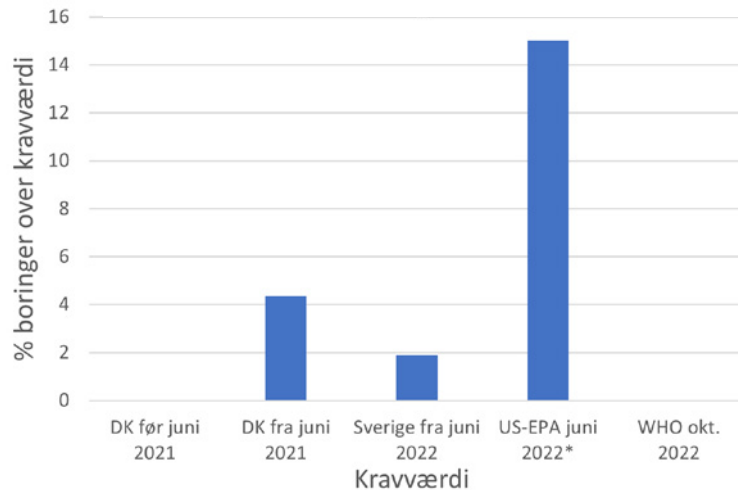
Hhv. som rapporteret med de nye lave detektionsgrænser på 0,0001-0,0003 µg/L (Fund 2022), og hvor alle fund under den tidligere detektionsgrænse på 0,001 er udeladt (Fund m. gl. DG).



FIGUR 5 DE DANSKE FUND AF DET MEST UDBREDTE PFAS-STOF I VANDFORSYNINGSBORINGER (PFOA) HOLDT OP IMOD FORSKELLIGE KRAVVÆRDIER FOR PFOA I DRILLEKVVAND.

* Ikke kravværdi men "foreløbig vejledende livstidseksponering". Overskridelser af US-EPA-værdierne ville utvivlsomt være højere, hvis de analytiske detektionsgrænser var lavere (pt. er disse mindst 5x over US-EPA-værdi).

PFOA-fund og kravværdier



Vi skal altså nok vænne os til, at med evnen til at detektere ekstremt lave koncentrationer af PFAS (og andre persistente miljøfremmede stoffer for den sags skyld) vil andelen af vandforsyningsboringer med "helt rent vand" falde. Det er en logisk konsekvens af at udlede persistente stoffer til miljøet. F.eks. har vi i dag PFAS i regnvandet i målbare koncentrationer, sådan som det f.eks. for nyligt blev afrapporteret for Sverige, hvor særligt PFOA så ud til at være en fast målbar komponent i regn \6\ . Hvorvidt PFAS-spør i grundvandet så er et problem for drikkevandsforsyningen vil i høj grad afhænge af de grænseværdier, som myndighederne fastsætter.

Dette kan f.eks. illustreres ved at sætte de danske 2022-fund i vandforsyningsboringerne op mod forskellige kravværdier (Fig. 5). I forhold til kravværdierne fra før juni 2021 er der ingen af fundene i 2022, som overskrider (højest fundne koncentration ca. 65 % af daværende kravværdi). Det samme gælder ift. Verdenssundhedsorganisationen (WHO), som i oktober 2022 foreslog en grænseværdi på 0,1 µg/L for PFOA og PFOS, som altså ikke ville være overskredet i de undersøgte danske vandforsyningsboringer. Både Danmark og Sverige har bl.a. brugt en række epidemiologiske studier til at fastsætte grænseværdier og er kommet frem til næsten samme kravværdi hhv. 0,002 og 0,004 µg/L.

Men bare denne lille forskel betyder mere end dobbelt så mange overskridelser med den danske kravværdi. Den amerikanske Miljøstyrelse, US-EPA, foreslog i juni 2022 nogle meget lave foreløbige grænseværdier, bl.a. baseret på bekymringer om risiko for kræft og hjerteproblemer. Havde vi disse værdier som kravværdi i Danmark, ville alle fund af PFAS ligge over kravværdien. US-EPA-værdierne ligger endda betydeligt under de nuværende analytiske detektionsgrænser, så med stor sandsynlighed ville det være langt flere end de ca. 15 % af boringerne, som indeholdt for meget PFAS, hvis US-EPA-værdierne var gældende.



Konklusion

Vi skal vænne os til, at der er PFAS i det grundvand, vi indvinder, og at der vil være det mange år fremover. Vi kan desuden forvente, at fundprocenterne stiger i fremtiden, især hvis analyselaboratoriernes detektionsgrænser bliver ved med at falde, men også fordi PFAS-stofferne vil brede sig mod dybere dele af magasinerne, da de ikke forventes at nedbrydes. Hvorvidt PFAS dermed udgør en trussel for vandforsyningen er derimod fuldstændigt styret af viden omkring stoffernes giftighed og dermed fastsættelse af kravværdier. Finder man ud af, at de nuværende kravværdier er sat bare lidt for forsigtigt, vil truslen mod vandforsyningen nok være begrænset og håndterbar. Finder man omvendt ud af, at grænseværdierne skal sænkes yderligere, som senest foreslået af US-EPA, har man med al sandsynlighed en meget stor udfordring i den danske vandforsyning.

Referencer

- /1/ Miljøstyrelsen, 2021b. Skærpede krav til PFAS-stoffer i drikkevand. <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2021/jun/skaerpede-krav-til-pfas-stoffer-i-drikkevand/>
- /2/ Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C. Hansen, B., Johnsen, A.R., Mortensen, M.H. & Troldborg, L., 2021: Grundvand. Status og udvikling 1989–2020. Teknisk rapport, GEUS 2021.
- /3/ Newell, C.J., Adamson, D.T., Kulkarni, P.R., Nzeribe, B.N., Connor, J.A.; Popovic, J., Stroo, H.F., 2021; Monitored natural attenuation to manage PFAS impacts to groundwater: Scientific basis, Groundwater Monitoring & Remediation, 41: 76–89
- /4/ Sharifan, H., Bagheri, M., Wang, D., Burken, J.G., Higgins, C.P., Liange, Y., 2021 Fate and transport of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in the vadose zone, Science of the Total Environment, 771:145427
- /5/ Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C. Hansen, B., Johnsen, A.R., Mortensen, M.H. & Troldborg, L., 2023: Grundvand. Status og udvikling 1989–2021. Teknisk rapport, GEUS 2023.
- /6/ Björnsdotter, M.K., Yeung, L.W.Y., Kärrman, A., Jogsten, I.E., 2022: Mass Balance of Perfluoroalkyl Acids, Including Trifluoroacetic Acid, in a Freshwater Lake, Environmental Science & Technology 56:251-259 DOI: 10.1021/acs.est.1c04472

PFAS – et globalt problem

Af Julie Kofoed, senior-konsulent, Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer og Søren Dyreborg, seniorkonsulent, NIRAS

Den 13.-15. december 2022 var ca. 50 personer samlet til "1st Nordic Baltic PFAS Conference" i Borås i Sverige. Konferencen var arrangeret af Nordic Baltic Defence Estates Organization, (NBDE), og RISE (Research Institutes of Sweden) lagde hus til, da flere internationale eksperter delte viden om PFAS. Alt lige fra spredning af stofferne, erfaringer fra PFAS-undersøgelser, analysemetoder, rensemetoder og alternativer til PFAS-holdigt brandskum blev taget op under de tre dages konference, ligesom PFAS-håndbogen blev præsenteret.

Vejret var smukt og vinterligt, da NBDE bød velkommen til deres PFAS-konference i Borås. NBDE er et samarbejde mellem de nordiske og baltiske landes organisationer, der varetager forsvarets bygninger og etableringer. Samarbejdet, der har til formål at udveksle viden og erfaringer, nedsatte i 2018 en PFAS-arbejdsgruppe. Denne inviterede nationale og internationale eksperter til at videregive deres nyeste viden og bidrage til diskussionen om, hvordan vi mest hensigtsmæssigt håndterer PFAS-forureninger, hvilke muligheder der er, men også hvilke udfordringer man skal være opmærksom på. Fælles for alle landene er, at de har anvendt PFAS-holdigt brandskum til brandøvelser på flere af deres lokaliteter, og at de dermed har både kendte og mulige forureninger med PFAS, der skal håndteres.

Der er i det følgende fremhævet noget af den spændende viden, som blev delt på konferencen. Artiklens forfattere deltog selv med oplæg om hhv. PFAS-håndbogen og erfaringer fra PFAS-undersøgelser.

Der er PFAS i luften...

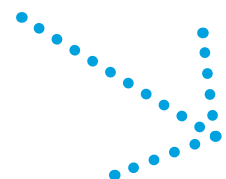
Vi ved det jo egentlig godt, at PFAS bl.a. spreder sig via atmosfærisk deposition, og at der er fundet PFAS i isbjørne på Arktis¹. Men hvad vil det egentlig sige? Det var noget af det Ian Cousins, som til daglig er professor på Stockholm Universitet, kunne fortælle mere om. Ian forsker i aerosoler fra havet (sea spray aerosols), som bl.a. er med til at sprede PFAS og andre stoffer, men som også bidrager til skyformationer mv.

Laboratorieforsøg har vist, at PFAS kan opkoncentreres op til 70.000 gange fra vandfasen til aerosolerne, og feltforsøg har vist, at der er signifikant korrelation mellem indholdet af Na⁺ og indholdet af PFAS i aerosoler.

Desuden viser prøver fra havvand i Atlanterhavet, udtaget fra et forskningsskib, at det særligt er på den nordlige halvkugle, der måles høje indhold af PFAS i havet. I forbindelse med studierne på Atlanterhavet blev der desuden også målt på opkoncentreringen af PFAS, og her blev der påvist opkoncentrering over 100.000 gange i enkelte tilfælde, afhængigt af kulstofkædens længde.

På baggrund af deres forskning har Ian Cousins' forskergruppe vurderet, at havet er kilde til en global emission af PFOA på 40-62 ton, og PFOS på 28-35 ton. Dette gør havet til den største kilde til PFOS i luften, mens bidraget af PFOA er sammenligneligt med andre kilder. Dermed bliver havet en væsentlig bidragsyder, når det kommer til PFAS i luften. Baseret på deres resultater vurderede de dog også, at ca. 99,7 % af emissionen vil ende i havet igen via nedfald og regn.

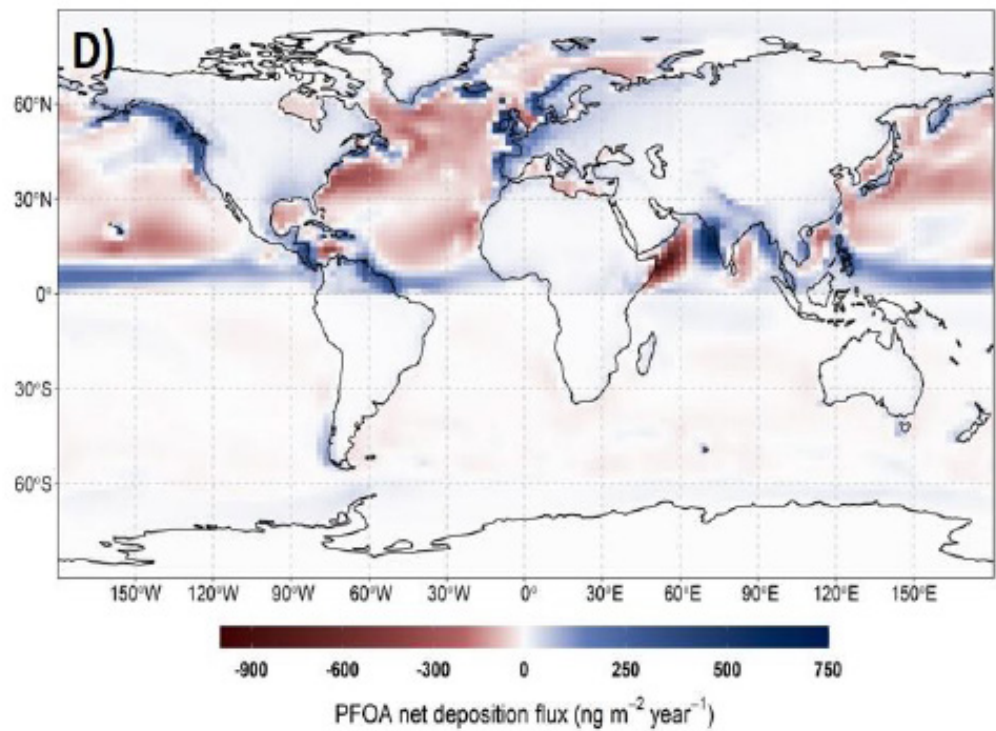
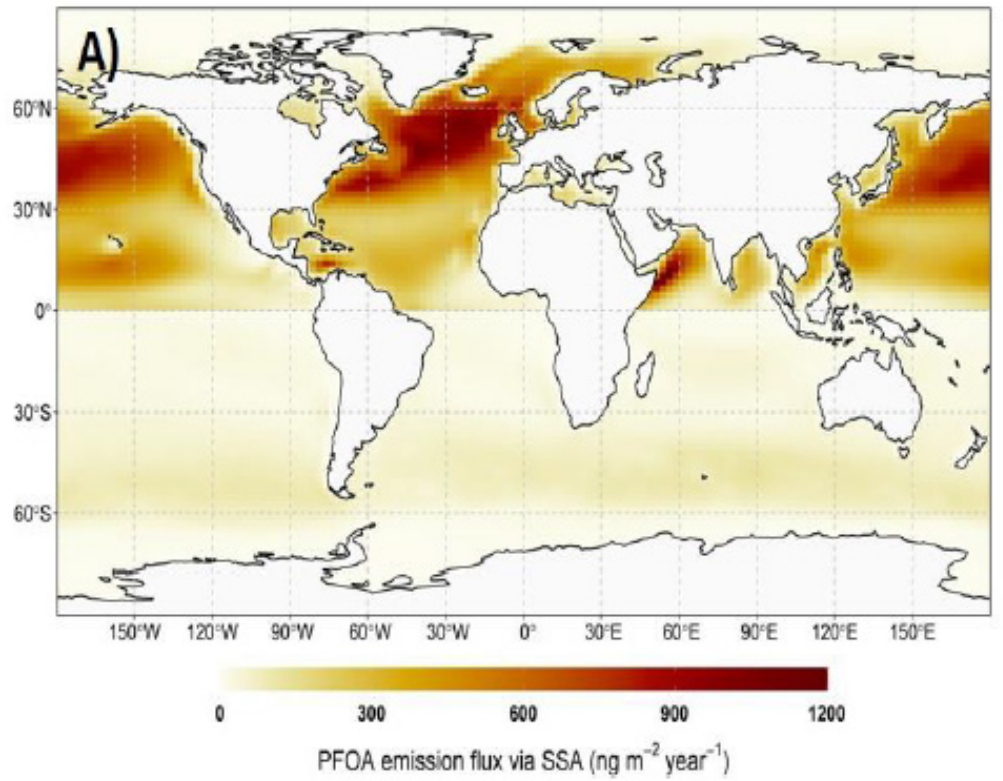
Ser man på depositionen af stofferne fra atmosfæren, er det især kystområder, som påvirkes. Se figuren på næste side.



¹ The cost of inaction: A socioeconomic analysis of environmental and health impacts linked to exposure to PFAS (diva-portal.org).

FIGUR 1 ILLUSTRATION AF HHV. PFOA EMISSION FRA HAVET (ØVERST) OG PFOA DEPOSITION FRA ATMOSFÆREN (NEDERST).

SSA: Sea Spray
Aerosol.²



² Fra Ian Cousins' powerpoint præsentation: Sha et al., ikke udgivet.

Det er især spredningen af PFAS over store afstande, som Ian Cousins' forskergruppe har studeret, og her viser forskningen blandt andet, at det særligt er de mindre PFAS-partikler, som spredes på denne måde, mens den mere lokale spredning via havskum, som vi bl.a. har set det på Danmarks vestkyst, særligt handler om de større PFAS-partikler.

Desværre ser det endnu ikke ud til, at udfasning af de langkædede PFAS'er har haft effekt på indholdet af PFAS i atmosfæren. Tværtimod har der været et stigende indhold af PFAS i atmosfæren ved målinger på den canadiske målestation i Alert (beliggende på niveau med det nordligste Grønland). Ian Cousins' forskergruppe³ har foretaget en gennemgang af de resultater for indhold af PFAS i regnvand, som forskellige projekter har afleveret i litteraturen. Resultaterne viser, at der er et indhold af PFAS i regnvand, som i flere dele af verden overstiger det danske kvalitetskriterie for drikkevand for sum af 4 PFAS.

Eksponeringsveje

Når vi taler om eksponering med PFAS, taler vi normalt om at undgå at få PFAS ind i kroppen via indtag af fødevarer og/eller vand. Elaine Cohen Hubel fra US-EPA præsenterede nogle data på undersøgelser, der var udført på støvprøver fra 114 forskellige huse. PFOS, PFOA og PFNA blev påvist i 71-88 % af prøverne med de højeste koncentrationer af PFOS og PFOA på op til ca. 42 og 47 ng/g.

PFAS i husstøv kan ifølge Elaine Hubel bl.a. stamme fra byggematerialer, møbler, tøj, rengøringsmidler samt produkter til personlig pleje, og de behøver derfor ikke nødvendigvis stamme fra en jordforurening.

Hvad skal vi måle på?

En af de ting som flere oplægsholdere (bl.a. Chris Higgins fra Colorado School of Mines og Graham Peaslee fra University of Notre Dame) adresserede var diskrepansen mellem det store antal PFAS, der findes (>10.000), og det faktiske antal vi måler på (i Danmark typisk de 22 PFAS indeholdt i Miljøstyrelsens jord- og grundvandskvalitetskriterier).

Den simple forklaring er selvfølgelig, at vi foretrækker at analysere for det, hvor vi har kriterier at sammenligne analyseresultatet med. Men realiteten er, at vi ikke kommer udenom at forholde os til de øvrige PFAS før eller siden. I EU's drikkevandsdirektiv er der angivet et kriterie for "total PFAS" på 500 ng. Udfordringen er dog, at der ikke pt. er en anerkendt metode til analyse af "total PFAS", da flere af PFAS-forbindelserne slet ikke kan måles med de tilgængelige metoder. Hertil kommer, at man, afhængigt af det medie man ønsker at analysere (fx grundvand, jord, luft, sediment, slam, overfladevand og biota), vil have forskellige analyseudfordringer.

Selvom man ikke kan måle en lang række af precursorerne, viser erfaringer, at de med tiden (og med afstanden til kilden) vil omdannes til slutprodukter som fx PFOS. Derfor er det vigtigt, at vi får det fulde billede. Chris Higgins pegede i sit oplæg på, at en LC-HRMS metode med ESI⁴ fanger mange af de PFAS, som er vigtige, når der er tale om brandøvelsespladser. TOF⁵-metoden blev som så ofte før udpeget som en af de bedste kommercielt tilgængelige metoder på nuværende tidspunkt.

³ Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Environmental Science & Technology (acs.org).

⁴ LC-HRMS: Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry; ESI: Electrospray Ionization.

⁵ Total Organic Fluorine.



Hvordan slipper vi af med dem?

Der er mange udfordringer med PFAS, og hvordan vi slipper af med stofferne, er ikke det mindste af dem. Ét sted at starte er selvfølgelig at undgå udledning af stofferne i første omgang, og der kommer fluorfrit brandskum ind i billedet. Her fortalte Eleanor Lister fra LASTFIRE om sine erfaringer med testning af brandskum uden fluor, som viser lovende resultater.

Når vi er færdige med at bruge brandskum, der indeholder PFAS, står vi dog tilbage med udfordringen i, at PFAS sidder i alt. Brandbiler, betonoverflader og ikke mindst jorden indeholder PFAS i større eller mindre mængder. Andreas Woldegiorgis fra Co-Efficient AB fortalte om sine erfaringer med dekontaminering af brandbiler i det svenske forsvar. Hans triste konklusion var, at de metoder, de havde anvendt, som trykspuling, rense med damp, rense med varmt vand og MeOH, indledningsvis havde vist en god reduktion, hvor der kunne fjernes en del PFAS, men forholdsvis hurtigt kunne de se, at PFAS kommer tilbage igen.

Når det kommer til at rense vand, viser kendte metoder, som Pump & Treat med kul eller resiner, potentiale, når det kommer til de 22 PFAS, vi ser på i Danmark. Der udvikles fortsat på den lovende SAFF-metode (Surface Active Foam Fractionation). Fælles for alle metoder er dog, at de kan være udfordret af de kortkædede PFAS-forbindelser, og at de foreløbige erfaringer (af gode grunde) ikke ser på total PFAS.

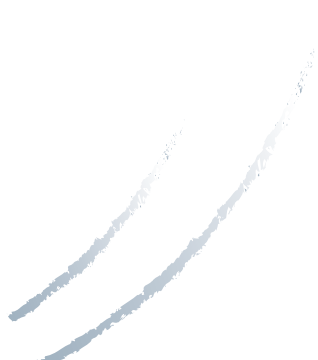
Oprensning i jord – en særlig udfordring

Et af de budskaber, der står tilbage fra konferencen omkring oprensning i jord, var det klare; "vi kommer ikke ned på nul". Derimod bliver det et spørgsmål om at komme ned på et niveau, der svarer til den diffuse forurening. Niveaue for den diffuse forurening er dog meget forskelligt fra land til land og område til område, så spørgsmålet er, om det er realistisk at komme ned på det danske niveau for diffus forurening i jord, som heller ikke er fastlagt endnu.

Til håndtering af PFAS i jord blev der overordnet peget på flere teknologier. Dels fiksering, som blandt andet kan ske gennem soil mixing af en reagent med jorden, men hvor vi reelt set ikke kender langtidseffekterne. Vi ved simpelthen ikke, hvor effektivt det binder PFAS i det lange løb. En anden meget brugt teknologi i flere lande er jordvask. Ulempen ved denne teknologi er, at den er bedst på grovere fraktioner (minimum 80 % sand og grus) og slet ikke virker på lerjorder, hvor der er et højt indhold af fine partikler. Forbrænding er en effektiv, men dyr teknologi, da man skal meget højt op i temperatur for at nedbryde PFAS. Desuden skal man være opmærksom på, om der dannes uønskede stoffer, eller PFAS blot udledes med røggassen.

Et vigtigt budskab fra konferencen er, at vi skal "stoppe blødningen", altså dels stoppe udledningen af PFAS, dels stoppe spredningen af PFAS fra de store forureninger. Erkendelsen i USA er, at de aldrig kommer til at fjerne PFAS helt fra vores miljø, dertil vil det blive alt for dyrt. Men når de værste forureninger er fjernet, og der er gjort noget for at stoppe yderligere udledninger, kan vi forsøge at fjerne noget af den PFAS, som er spredt i miljøet. Det betyder også, at vi måske kan blive tvunget til at anvende fixeringsteknologier i første omgang. Senere kan vi så vende tilbage til de forurenede områder, når der forhåbentlig er udviklet nogle teknologier, der rent faktisk kan fjerne PFAS og inden for en økonomisk ramme, som er forsvarlig. Det blev i den forbindelse drøftet, om en teknologi som PlumeStop, hvor man skaber en "barriere" i grundvandet med aktivt kul, måske faktisk kan anvendes til at opkoncentrere PFAS i et område, som så kan blive hot spot for en senere oprensning. Firmaet bag PlumeStop viste resultatet af nogle designmodelleringer, som indikerede, at hvis der blev lavet en barriere, så skulle der ske en genbehandling efter 18-60 år. Men så var problemet med de kortkædet PFAS stadig ikke løst.

Til slut er der blot at sige mange tak for invitationen fra Forsvarsministeriets Ejendomsstyrelse og for at blive inviteret til at holde indlæg – og ikke mindst deltage i denne eksklusive konference.



Ny studenter- medarbejder i VMR

VMR har pr. 22. februar 2023 ansat Laura Riis-Klinkvort som ny studentermedhjælp.

Laura er 24 år og læser til miljøingeniør på DTU på 6. semester.

I VMR skal Laura arbejde bredt inden for Videncenterets opgaver, bl.a. udarbejde analyser, opdatere hjemmesider mv.





Ellen Margrethe Basse
 Djøf Forlag 2023
www.djoef-forlag.dk/vand
 Pris: 850 kr.

Af Christian Andersen,
 chefrådgiver, VMR

Vandlovgivning

Den europæiske miljølovgivning er gennemgående temabaseret, og vand udgør et væsentligt tema. Ellen Margrethe Basse (herefter EMB), professor emirita fra Aarhus Universitet har samlet en beskrivelse af den danske lovgivning og i særdeleshed dens relation til europæisk lovgivning i én bog. Med den europæiske lovgivnings forrang tager EMB udgangspunkt i den europæiske rammelovgivning for vandområdet; drikkevandsdirektivet og havstrategirammedirektivet. Det er dog ikke kun den europæiske lovgivning, der har indflydelse på dansk ret. Der implementeres en del internationale konventioner gennem EU-retten – HELCOM, Aarhuskonventionen etc., som dermed udgør en slags tredje lovgivningslag.

Bogen dækker lovgivningen for alle dele af vandets kredsløb; havet, overfladevand, grundvand, spildevand og drikkevand. Dette rækker naturligvis langt ind i den generelle miljø- og forvaltningsret også. Argumentationen baserer sig bl.a. på referencer til domsafgørelser både fra de danske og den europæiske domstol.

Dansk lovgivning og retspraksis skal også være EU-konform i sin fortolkning. Dette har betydning, fordi en række grundlæggende principper og retsgrundsætninger kan være forskellige i EU-ret og dansk ret. Dette har også betydning for dele af den ældre danske lovgivning, som er blevet til før EU-lovgivningen, men også før en række principper via domsafgørelser er blevet en del af dansk ret, som eksempelvis forurenerebetaler-princippet. Nogle miljøretsprincipper er decideret skrevet ind i traktaten om den Europæiske Unions Funktion (TEUF), og de har dermed en helt anden rækkevidde, end de tilsvarende principper ville have i en ren dansk sammenhæng.

De fleste vil måske vide, at der i Danmark gennem nogle år har været en politisk præference for en minimumsimplementering af den europæiske lovgivning, men EMB henviser interessant nok til Justitsministeriets generelle vejledning til de øvrige ministerier om, at "den nationale regulering bør som udgangspunkt ikke gå videre end minimumskravene i EU-regulering". Dermed kan minimumsimplementering ikke længere siges blot at være et politisk lune. Det er blevet en formaliseret tilgang, og det giver visse problemer, og igen fristes man til sine egne konklusioner – den helhedstilgang, der præger EU-lovgivning, kan man ikke genfinde i den danske lovgivning på området, som er præget af knopskydning og parallelitet.

Et eksempel herpå er den manglende sammenhæng mellem grundvandskortlægningen efter vandforsyningsloven og vandområdeplanerne efter vanrammedirektivet implementeret ved vandplanlægningsloven. Formålet med beskyttelsen af grundvand efter vandrammedirektivet er generelt, mens beskyttelsen efter vandforsyningsloven efter dansk tradition er målrettet drikkevand. F.eks. er regionernes indsats på grundvandsområdet alene styret af udpegninger efter vandforsyningsloven. Der er ingen grundvandsrettet indsats efter vandplanerne. EMB påpeger i øvrigt, at vandplanerne ikke er retligt bindende, hvilket næppe er EU-konformt. Deres "væsentligste funktion

er alene at give offentligheden overblik over vandforvaltningen, mens de retlige forpligtelser fremgår af bekendtgørelser udstedt med hjemmel i vandplanlægningsloven". Lidt ærgerligt, når man tænker på det store arbejde, der lægges i dem.

I det reviderede drikkevandsdirektiv fra 2021 sammenkobles den målrettede drikkevandsbeskyttelse med den generelle efter vandrammedirektivet. Det reviderede direktiv er ikke implementeret i dansk ret endnu. Men implementeringen udgør en mulighed for at binde indsatsen efter vandplanerne sammen med indsatsen efter vandforsyningsloven. I så fald skal danske opfindelser som OD, OSD, IO, NFI, SFI, BNBO og strategisk vigtige drikkevandsområder (kendt som grundvandsparker) tænkes sammen ikke blot med hinanden, men også med de EU-definerede grundvandsforekomster og tilstrømningsområder.

I miljøretten bliver grænsefladen mellem det naturfaglige og det juridiske ofte udvisket. Meget er fastsat i bilag eller ved kort på MiljøGIS og vejledninger, og derfor når EMB da også ret langt ned i detaljen – til eksempelvis Miljøstyrelsens administrationsgrundlag for grundvandskortlægningen.

Lejlighedsvis kommer EMB også med interessante konstateringer, der måske mere vedrører det forvaltningsmæssige end det juridiske. Et eksempel på dette er, at resortfordelingen for regioner og kommuner alene kan bestemmes ved lov, hvorimod fordelingen mellem ministerierne alene afgøres på regeringsniveau. Mange har oplevet, hvordan ressortområder skifter både styrelse og ministerie, og allerede den lange liste over de relevante statslige ministerier og styrelser involveret i lovgivning og administration af det bredere vandområde kan få en til at drage sine egne konklusioner: Det er nok derfor, at driften i den decentrale forvaltning er så meget mere stabil. Resortfordelingen bliver mest problematisk, når den kobles med en lovgivning, der også er fragmenteret. Det er grundlæggende for al arealregulering, hvor den er placeret i planhierarkiet. Planloven har levet en formentlig tilværelse, siden den blev udskilt fra Miljøministeriet i 2015.

Som et nyt emne i dansk sammenhæng udgør klimatilpasning sit helt eget kapitel i bogen. Men i europæisk sammenhæng har der eksisteret et oversvømmelsesdirektiv siden 2007. Det er et datterdirektiv til vandrammedirektivet, og det fordrer, at der laves 6-årige risikokortlægninger og risikostyring af oversvømmelsestruede områder for hele vandets kredsløb – og i udgangspunktet for samme geografi som for vandplanerne. Vi har dermed fra EU en juridisk ramme for netop den helhedsorienterede tilgang, som alle eksperter efterlyser. Med den danske minimumsimplementering er direktivet dog blevet til en ny særskilt lov; oversvømmelsesloven og en oversvømmelsesbekendtgørelse. Man har samtidig fastholdt den eksisterende danske lovgivning – kystbeskyttelsesloven, vandløbsloven, miljøbeskyttelsesloven, beredskabsloven, naturskadeloven og planloven, som er mere velegnet til at håndtere klimatilpasning efter danske forhold. Der er efter oversvømmelsesloven udpeget 14 risikoområder, og her skal der efter direktivet udarbejdes risikostyringsplaner. Dette bliver så til 27 planer, da de fleste af områderne ligger i to eller flere kommuner. Igen spiller det resortmæssige ind - Kystdirektoratet er resortmyndighed for oversvømmelsesloven, men oversvømmelser kan komme fra alle dele af vandets kredsløb, og det er ikke alle, der ligger i det samme ministerie for slet ikke at tale om den samme styrelse.

Når bogens omdrejningspunkt i høj grad er sammenhængen mellem EU-lovgivning og dansk lovgivning, så er det nærliggende også at blive nysgerrig på, hvorledes denne sammenhæng ser ud i andre lande. Udover referencer til diverse EU-domme er der ikke meget at hente her, og det ville nok også være at gøre et allerede stort emne endnu mere omfangsrigt.

Bogen er yderst velskrevet og relevant for alle, der arbejder med regulering af det omfattende vandområde. Med sine over 500 sider er "Vandlovgivning" et hovedværk inden for miljøretten.

Ny analyse af råstoftransporten på havet

Af Morten Wismann Halkjær, projektleder, COWI og Mads Leerbech Jensen, konsulent, VMR

I Danmark er vi gode til at bruge råstoffer. Der er stor efterspørgsel på råstoffer til byggeri, infrastrukturer, energianlæg, klimasikring og mange andre gode formål. Mens nogle råstoffraktioner findes tæt på, hvor de skal anvendes eller videreforarbejdes, skal andre råstoffraktioner transporteres over større afstande.

For at styrke grundlaget for den regionale råstofplanlægning har alle regioner det seneste år fået udarbejdet analyser af råstoftransporten på land. Analyser, der kortlægger råstoffernes vej, fra de indvindes i råstofgrave, til de havner hos aftager-virkomheden.

For at få et samlet billede af råstoftransporten i Danmark har Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer fået COWI til at udarbejde en analyse af den marine råstoftransport. Analysen er et supplement til de transportanalyser, regionerne har fået udarbejdet i løbet af 2022 og 2023.

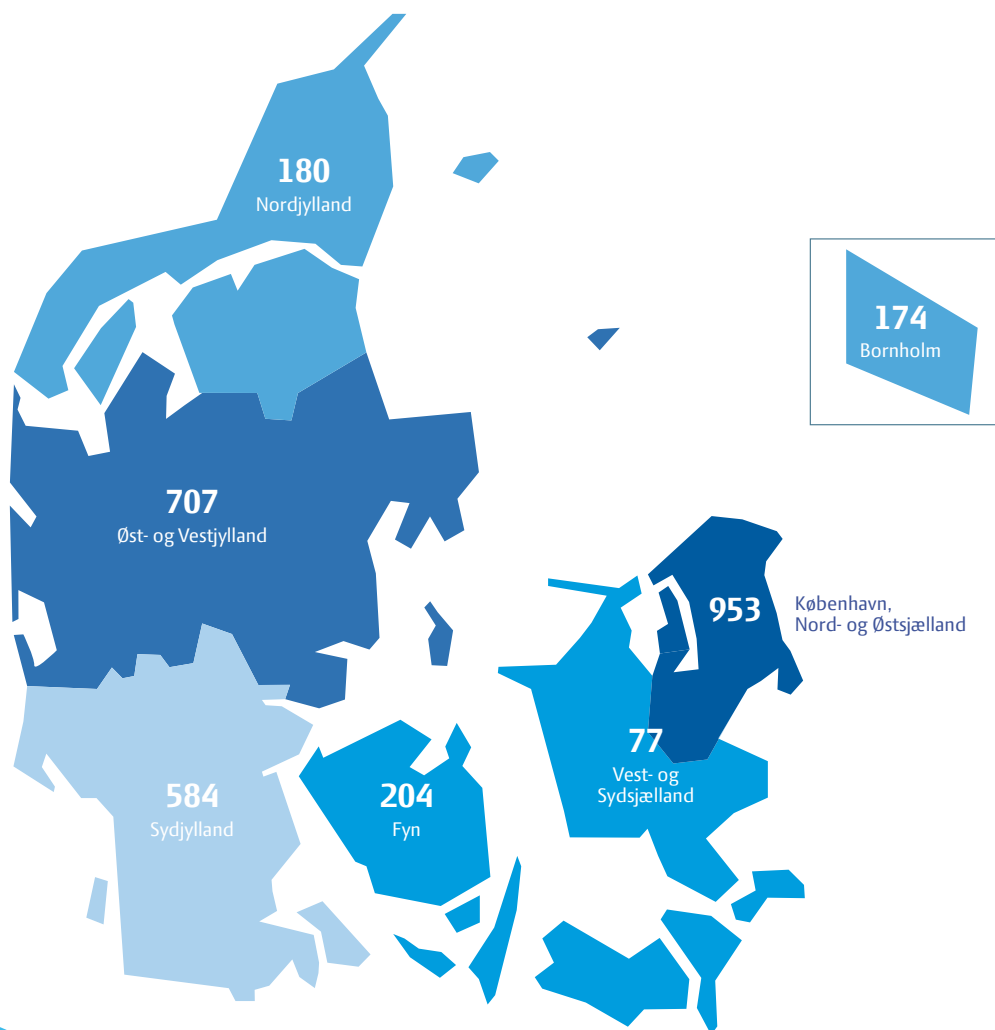
Data og metodevalg

Metoden til opgørelse af transportafstande af marine råstoffer bygger på to tilgange.

Transportafstande til havs bygger på data modtaget fra Miljøstyrelsen om indvinding på havet. Disse data muliggør, at der kan beregnes transportafstande fra indvindingsområdet frem til videre losning i havnen.

I forhold til transport af de marine råstoffer på land (fra havnen og frem til første anvendelse primært i beton- og asfaltindustrien) baserer opgørelsesmetoden sig på en model til estimering, da det ifm. projektet viste sig ikke at være muligt at indhente data om de konkrete transportere af marine råstoffer hos indvindere/industri grundet konkurrencehensyn. Modellen til estimering beregner afsætningen af de marine råstoffer på landsdele ved at anvende data fra Erhvervsregistret vedr. beton- og asfaltproducenternes placering og størrelse.





Den estimerede afsætning af marine råstoffer (sand, grus, ral og sten) indvundet i danske farvande og fordelt på landsdele for året 2020 opgjort i 1.000 m³.

Resultater

I Danmark blev der i år 2020 indvundet 7,7 mio. m³ råstoffer fra havet. Disse betegnes også som marine råstoffer. 4,3 mio. m³ af den samlede mængde er betegnet som fyldsand og anvendes til kystfodring eller kystsikring. Sand, grus samt ral og sten udgjorde i alt 3,2 mio. m³, som hovedsageligt anvendes til beton- og asfaltproduktion.

Transporten af marine råstoffer fragtes ofte over længere afstande end råstoffer indvundet fra land. Dette skyldes primært, at visse marine råstoffer er eftertragtede grundet en høj kvalitet, og at forekomsterne er afgrænset til bestemte områder.

Marine råstoffer indvundet i danske farvande transporteres i gennemsnit samlet 146 km fra indvindingsområdet på havet over losning i havne og frem til videre anvendelse. Heraf er transporten af marine materialer estimeret til 61 km til lands, og transporten på havet er opgjort til 85 km i gennemsnit (baseret på data fra Miljøstyrelsen).

Transportafstande til havs er størst for råstoffer losset i landsdelen Sydjylland, og mindst i landsdelen Vest- og Sydsjælland. Det skyldes primært, at der losses mange marine råstoffer fra Jyske Rev i havne i Sydjylland, hvor sejlafstanden er relativt lang.

Transportafstande til lands er estimeret til at være størst for råstoffer losset i landsdelen Sydjylland. Dette hænger sammen med, at en del af materialerne anvendes på fabrikker i Midtjylland, hvorfor de skal transporteres over længere afstande med lastbil. De mindste afstande findes i København, Nord- og Østsjælland.

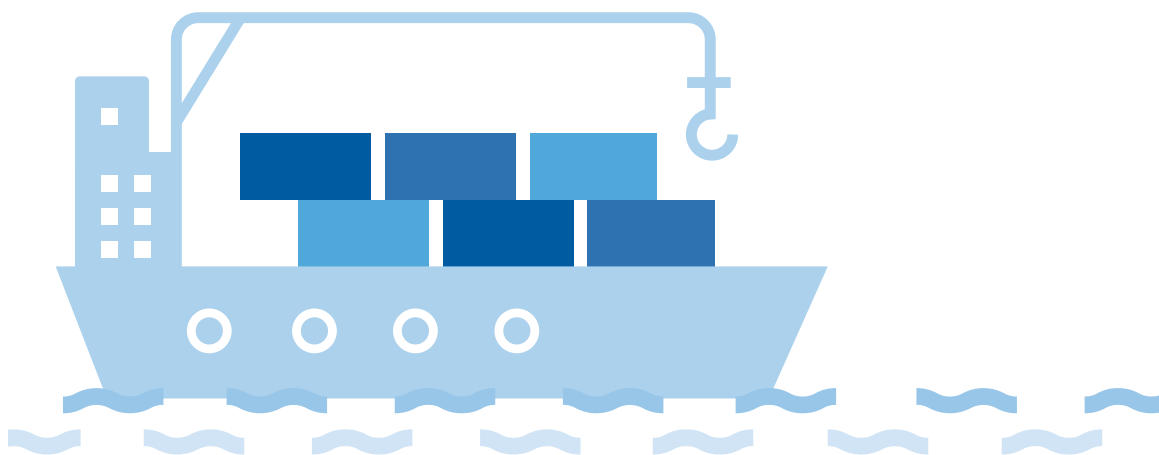
Analysens perspektiver

Den marine transportanalyse giver et interessant indblik i råstoftransporten fra indvinding på havet til udnyttelsen på land. De indvundne og lossede volumener af marine råstoffer udgjorde i 2020 ca. 10 % af det samlede danske råstofforbrug på land. Hertil kommer det marine fyldsand, som anvendes på havet.

Transportafstanden for de marine råstoffer på land er estimerede, da det ikke har været muligt at indsamle data om den konkrete transport fra losning i havnen til videre anvendelse. Derfor er transportafstanden på land behæftet med en vis usikkerhed, og bl.a. derfor er den marine transportanalyse suppleret med hele 12 cases, hvor transporten og anvendelsen af de marine råstofmaterialer beskrives fra indvindingslokalitet til forarbejdning hos en aftagervirksomhed på land. Igennem de mange cases får man et indblik i udnyttelsen af de marine råstoffer til mørtel-, beton- og asfaltproduktion.

Samtidig giver analysen en indsigt i den transportøkonomiske betydning for udnyttelse af både marine råstoffer og bakkematerialer fra land, da transporten med skib gør det muligt at levere råstofmaterialer til producenter inden for en langt større radius, end tilfældet er det på land.

Analysen kan findes på VMR's hjemmeside: [Transportanalyse af marine råstoffer \(miljoeogressourcer.dk\)](https://miljoeogressourcer.dk/transportanalyse-af-marine-raastoffer)



Af Jan Petersen, freelancer

Ved hurtigt at skimme denne liste igennem får du et overblik over, hvilke artikler der for nyligt har været bragt i danske tidsskrifter inden for vores fagområde. Hermed er der skabt en hurtig indgang til ny inspiration og viden m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner.

1. Jura, økonomi og politik

Nye love og bekendtgørelser

Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse,
[LBK nr. 5 af 03/01/2023](#)

Spørgsmål til miljøministeren (§ 20)

[S 102](#) om PFAS.

[S 72](#) om, at man i Danmark deponerer vindmøllevinger i naturen.

Regulering af mere end 10.000 PFAS-stoffer på vej

Det Europæiske Kemikalieagentur (ECHA) har efter dansk, tysk, hollandsk, svensk og norsk forarbejde offentliggjort et forslag til at begrænse fremstilling, brug og markedsføring af mere end 10.000 PFAS-stoffer.

Hvis det nye forslag vedtages, vil det betyde et forbud mod PFAS i rigtig mange produkter og drastisk reducere udledningen af PFAS til miljøet i hele EU.

Nyhed fra Miljøstyrelsen den 7. februar 2023. Læs mere på [mst.dk](#) og [echa.europa.eu](#)

Håndtering af PFOS og PFAS i Danmark og EU

Artiklen er en omfattende gennemgang af de udfordringer, der er forbundet med forekomsten af PFAS i Danmark. Der redegøres med en biologisk, kemisk og juridisk tilgang for, hvad PFAS er, og hvorfor der er tale om særligt problematiske stoffer. Artiklen omhandler desuden den indsats, der er iværksat i EU såvel som i Danmark for at få indsigt i, hvor PFAS forekommer, og hvordan området reguleres. Der redegøres blandt andet for REACH forordningens vurdering af stoffernes farlighed, for kvalitetskrav i forhold til grundvand og drikkevand i EU's vanddirektiver og nationale kvalitetskrav i forhold til kortlægning af grundvandsforekomster og jordforurening samt for myndighedernes roller og ansvar.

Af A-M. Randrup (Syddjurs kommune) & S.F. Hansen (DTU), Tidsskrift for Miljø nr. 8, august 2022, s. 295-309 (ISSN-nr. 1603-8398).

Vi kan blive nødt til at rense noget af vores drikkevand i en længere periode

Et stigende antal miljøfremmede stoffer i grundvandet kan gøre det nødvendigt at rense noget af vores drikkevand. Uanset hvor mange tiltag der bliver gjort for at forhindre nedsivning af miljøfremmede stoffer, vil der ifølge HOFOR sandsynligvis være en årrække, hvor det kan være nødvendigt at rense en del af grundvandet for at sikre, at drikkevandet holder sig under grænseværdierne. Derfor er forsyningsselskabet blandt andet i gang med at teste forskellige rensemetoder fx membranfiltrering, ligesom der gennem længere tid er gjort en indsats for at beskytte grundvandet fx ved opkøb af jord for at plante skov og sikre arealer uden pesticider. Arbejdet med at indgå frivillige aftaler med landmænd, som mod kompensation skal opgive brugen af pesticider, går dog langsomt, og der er, ifølge artiklen, brug for politiske beslutninger for at speede processen op.

Af S. Søndersø (HOFOR), Teknik & Miljø nr. 1/2, januar 2023, s. 46-47 (ISSN 1902-2654).

Dét forurener grundvandet – og det arbejder vi for politisk

Artiklen omhandler Danske Vandværkers mærkesager, som er 1) Bred beskyttelsesindsats med etablering af grundvandsparker og forbud mod spildevandsslam i OSD, 2) National biocidstrategi og mere overvågning og kontrol med biocidholdige produkter og 3) National strategi og handlingsplan for PFAS, bl.a. med fokus på at udfase PFAS i industrien og flere midler til at rense og afværge for PFAS.

Af I.R.A. Friis (Danske Vandværker), Vandposten, nr. 236, januar 2023, s. 20-21.



2. Indeluft

Erfaringsbaserede reduktionsfaktorer for poreluftbidrag til indeluften, når der er in-situ støbt betondæk. Erfaringer fra 161 danske lokaliteter

Erfaringsopsamlingen sammenstiller erfaringsbaserede reduktionsfaktorer og er siden den tidligere erfaringsopsamling fra 2013 opdateret og udvidet med data fra flere sager. Sammen med poreluftresultater kan reduktionsfaktorerne anvendes til at estimere poreluftens forureningsbidrag til indeluften i overliggende eksisterende boliger, når bygningens bundplade (terrændæk eller kælderdek) udgøres af et sammenhængende in situ støbt betondæk. Erfaringsopsamlingens resultater er primært anvendelige ved risikovurdering for sager, hvor der ikke er udført indeluftmålinger, f.eks. i forbindelse med undersøgelser, hvor der ønskes en indledende risikovurdering i forhold til indeluften. Erfaringsopsamlingens resultater kan også anvendes i situationer, hvor forureningens bidrag til indeluften ikke kan fastlægges ud fra indeluftmålinger, f.eks. i forbindelse med olieforureninger, hvor baggrundskoncentrationen fra interne kilder ofte overstiger afdampningskriterierne.

Udgivet af Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, Teknik og Administration nr. 1, 2023. Læs hele rapporten på miljoeogressourcer.dk

3. Risikovurdering

Notat om anvendelse af JAGG ved vurdering af PFAS-forbindelser

I den nyeste version af JAGG 2.1 er stofdatabasen udvidet med 22 PFAS-forbindelser samt NN-DMS (et nedbrydningsprodukt af pesticider som tolyfluamid og dichlofluamid) og TFA (trifluoreddikesyre, et muligt nedbrydningsprodukt af visse pesticider). I stofdatabasen fremgår blandt andet stoffernes fysisk-kemiske egenskaber. Desuden er tilføjet grundvandskriterierne for hhv. sum af 22 PFAS, sum af 4 PFAS og sum af pesticider med henblik på beregninger i grundvandsmodulet.

Notatet beskriver, hvordan der udføres PFAS-beregninger i JAGG 2.1, og der er givet en kort opsummering af de bagvedliggende data for de nye stoffer. Derudover er der redegjort for en række andre justeringer i JAGG 2.1.

Af J.A. Falkenberg (NIRAS), Miljøprojekt nr. 2215, december 2022 (ISBN nr. 978-87-7038-456-8). Læs mere på mst.dk



4. Metoder

Miljøvenlig metode til kalkstabilisering af opgravet jord inden genopfyldning

Metoden består i at sammenblande opgravet jord og kalk og genindbygge den kalkstabiliserede jord. Artiklen beskriver, hvordan jordens bæreevne forbedres, når råjorden tilføres brændt kalk, og hvordan denne metode kan bibringe et markant mindre ressourceforbrug, mindre kørsel og hurtigere arbejdsprocesser. Af F. Ottosen (brb.dk), *Teknik & Miljø* nr. 11, november 2022, s. 52-53 (ISSN 1902-26549).

Redoxkortlægning på markskala

Artiklen beskriver et boresystem, der relativt hurtigt og skånsomt kan bore og logge ned til 15 m u.t. i ler og 10 m u.t. i sand. Boresystemet består af en specialbygget traktor på bælte påmonteret en mindre borerig fra Geoprobe, der med Direct Push trykker sonden ned i jorden. Undervejs ned gennem jorden kan der via sonden foretages målinger af forskellige parametre, f.eks. redox. Systemet betjenes af én person, der fungerer som både traktorfører og boremand. Ved hjælp af en tablet med installeret GIS-software navigeres til de fastlagte målepunkter, og et display viser, hvordan sonden bliver trykket ned i jorden. Ved dybder over 2 m, eller hvis der skal udtages jord- eller vandprøver, kræves nedstigning fra traktoren. Med den anvendte metode blev der, ifølge artiklens forfattere, gennemført 60 boringer til 2 m u.t. og 30 boringer til 5 m u.t. inden for et markareal på 30 hektar på en arbejdsdag. Af I.Y. Vela & P. Ejlskov (Ejlskov A/S), *Vand & Jord* nr. 5, december 2022, s. 180-182 (ISSN 0908-7761).

Geoscanner til overfladenær kortlægning

Projektet, der er gennemført under Innovationsfondsprojektet MapField, beskriver en ny geofysisk metode, tTEM (towed Transient Electromagnetic Method), der effektivt kan kortlægge de øverste 80 meter af undergrunden med høj detaljeringsgrad. Den typiske linjeafstand på er 10-25 meter, hvormed der kan kortlægges ca. 100 hektar landbrugsjord om dagen, svarende til op til 200 geofysiske målinger per hektar. Metoden er blandt andet i stand til at opløse strukturer i mindre skala, f.eks. deformerede lerlag og tynde sandlag indlejret i ler. I artiklen vurderes metoden at være en kost-effektiv måde at kortlægge begravede dale, men også at metoden kan være et vigtigt værktøj til f.eks. planlægning af råstofindvinding eller til fastlæggelse af grundvandsstrømning i forbindelse med risikovurdering af punktkildeforureninger.

Af J.B. Pedersen, A.V. Christiansen, E. Auken (AU) og P. Sandersen (GEUS), *Vand & Jord* nr. 4, november 2022, s. 142-144 (ISSN 0908-7761).

Fra geofysik til 3D-modeller

Artiklen beskriver udarbejdelsen af en 3D-model af undergrunden baseret på en kombination af boringsdata og geofysiske data (tTEM). Projektet er gennemført under Innovationsfondsprojektet MapField, og modellen udgør det hydrostratigrafiske input til en grundvandsmodel. Af A.V. Christiansen og N. Foged (AU), *Vand & Jord* nr. 4, november 2022, s. 145-147 (ISSN 0908-7761).



5. Pesticider

Geostatisk model af geologi og redox

I denne artikel beskrives et modelleringskoncept baseret på geostatisk simulering, hvor tilgængelig strukturel information om geologi og redoxforhold integreres. Metoden er delvist automatisk, idet kombinationen af data sker numerisk, mens dataklargøring og tolkning foregår manuelt. Med metoden kan der genereres realisationer, der er koblet mellem geologi og redoxforhold, og som er baseret på boringsinformationer, herunder grundvandskemi og geofysiske data.

Af R.B. Madsen, P.B.E. Sandersen, I. Møller (GEUS), T.M. Hansen (AU), B. Hansen (GEUS), A.V. Christiansen (AU) og H. Kim (GEUS), *Vand & Jord* nr. 4, november 2022, s. 148-151 (ISSN 0908-7761).

tTEM i jord- og grundvandsforurening

Med udviklingen af tTEM er det blevet muligt at kortlægge glacialtektonisk dannede strukturer, små begravede dale, tynde lerlagindsynkninger, små grundvandsmagasiner mv. Det er afdækningen af disse strukturers eksistens og form, der gør tTEM relevant i forhold til risikovurdering af grundvandsforurening fra punktkilder. I artiklen beskrives processen fra indsamling af tTEM-data til omsætning til først en geofysisk model og dernæst til en geologisk model, der danner grundlag for gennemførelse af videregående undersøgelser. Metoden er dog generelt følsom over for elektrisk støj og tekniske installationer. Der kan derfor ikke måles tættere end ca. 50 meter på f.eks. bebyggelse, elkabler mv., hvilket er en udfordring i mange forureningssager. Afslutningsvist er der i artiklen givet eksempler fra grundvandslokaliteter, der alle er beliggende helt eller delvist i det åbne land, hvor tTEM-kortlægning har bidraget med vigtig viden og dermed et forbedret beslutningsgrundlag.

Af F. Jørgensen (Region Midtjylland), *Vand & Jord* nr. 4, november 2022, s. 169-172 (ISSN 0908-7761)

Fund af nedbrydningsprodukter over kravværdien for grundvand i VAP

Varslingssystemet for udvaskning af pesticider til grundvandet (VAP) undersøger ved brug af forsøgsmarker, om regelret sprøjtning resulterer i udvaskning af pesticider og/eller nedbrydningsprodukter til grundvand over de gældende kravværdier (0,1 µg/l). Test i VAP giver blandt andet mulighed for at efterprøve de modelberegninger, som indgår i Miljøstyrelsens risikovurdering ved godkendelse af sprøjtemidler i Danmark og dermed at opdage potentielle grundvandsforurenende pesticider og nedbrydningsprodukter.

I en test af svampemidlet cyazofamid, der anvendes til bekæmpelse af skimmel i kartofler, er der gjort fund af nedbrydningsprodukterne, DMS (N,N-dimethylsulfamide) og DMSA (N,N-dimethylsulfamic acid), der overskrider kravværdien for grundvand. Idet DMS og DMSA udvaskes i et betydeligt omfang, og udgivelsen af den ordinære VAP-rapport først er planlagt til tredje kvartal 2023, er rapporten omhandlende cyazofamid-testen udgivet ekstraordinært.

Forkortelsen DMSA anvendes også for aktivstoffet dichlofluanids nedbrydningsprodukt, N,N-Dimethyl-N'-phenylsulfamide, hvorfor resultater i nærværende rapport ikke må forveksles med dette nedbrydningsprodukt.

Af N. Badawi, S. Karan, E.B. Haarder, U.E. Bollmann, C.N. Albers og K. Kørup (GEUS), *GEUS-rapport, januar 2023* (ISBN nr. 978-87-7871-570-8). Læs mere på geus.dk.
Læs Miljøstyrelsens vurdering på mst.dk

Pesticidforurening: Region Sjælland rydder op i punktkilden

Det var en nedlagt maskinstation, der var årsag til pesticidforurening af Slimminge Vandværks drikkevandsboringer. Det er konklusionen på Region Sjællands undersøgelser. Artiklen omhandler regionens overvejelser i forhold til at gå ind i sagen og det efterfølgende arbejde med at opspore/undersøge og afværge forureningen. Som afværge-



løsning over for punktkildeforureningen med dichlorprop og 4-CPP iværksatte regionen i 2018 afværgepumpning. Den sidste del af artiklen handler om, hvornår de forskellige instanser (myndigheder og vandværk) er ansvarlige for at tage aktion, f.eks. når forureningen er en kombination af flade- og punktkildeforurening.

Af M. Kingod, *Danske Vandværker, Vandposten, nr. 236, januar 2023, s. 26-27.*

Pesticidforurening: Fladekilder og punktkilder

I artiklen gennemgås forskellen på forurening fra en punktel eller fladekilde efterfulgt af en oversigt, der beskriver, hvilket ansvarsområde henholdsvis Miljøstyrelsen, regioner, kommuner, vandværk, Kemikalieinspektionen og Styrelsen for Patientsikkerhed har i forhold til at sikre rent drikkevand. Endelig er der i artiklen en tabeloversigt med de forskellige renseteknologier, og hvilke stoffer de hver især kan fjerne.

Af M. Kingod, *Danske Vandværker, Vandposten, nr. 236, januar 2023, s. 28-33.*

DMS skal fjernes direkte ved boringen

Pesticidresten dimethylsulfamid (DMS) er fundet i omkring en tredjedel af landets drikkevandsboringer. I artiklen omtales et projekt, der har til formål at udvikle et mobilt anlæg, der kan rense grundvandet for DMS direkte ved de berørte boringer.

Af C. Flyvbjerg, *Danske Vandværker, Vandposten, nr. 236, januar 2023, s. 34.*

Undersøgelse af anvendelse af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats

GEUS har udarbejdet et notat om pesticidfølsomhed for at kunne sammenligne nitratfølsomme indvindingsområder og pesticidfølsomme områder. Notatet beskriver de fleste større danske studier af landbrugsarealers risiko for pesticidudvaskning og mulige scenarier for fremtidig udvaskning af godkendte pesticider. I notatet er opstillet

ni scenarier med risiko for fremtidig udvaskning fra godkendte pesticider. Pesticidstofferne, der risikerer at udvaske, vil "slippe igennem", fordi de enten ikke er erkendt som nedbrydningsprodukter og dermed ikke vurderet i godkendelsen, eller fordi de bagvedliggende data for sorption, persistens, hydrologi m.m. ikke repræsenterer alle danske områder.

I tidligere studier af, hvordan man udpeger pesticidfølsomme områder, og hvorfor nogle områder har stor risiko for pesticidudvaskning, har de gennemgående faktorer været dybde til grundvandet, forekomst af forstyrrede geologiske lag, tykkelsen af oxiderede geologiske lag, forekomst af beskyttende lerlag, mængden af organisk stof i overjorden, pesticidstoffernes persistens og sorption samt ikke mindst grundvandsdannelsen. Forskellige studier er dog kommet frem til forskellige styrende faktorer, og mange studier konkluderer, at man endnu ikke kan give præcise forudsigelser af et områdes pesticidfølsomhed alene ud fra geologiske, mikrobiologiske og fysisk-kemiske parametre. For pesticider kan man derfor ikke med samme sikkerhed som for nitrat identificere områder, som er særligt følsomme for udvaskning. Til gengæld er der stor viden om ældre pesticidstoffers udbredelse i grundvandet, og det kan bruges til at beskrive pesticidfølsomhed, indtil der findes bedre metoder. Fremover vil udvaskede pesticidstoffer sandsynligvis have egenskaber, der svarer til de pesticidstoffer, som man finder i dag, det vil sige persistente og mobile. Den historiske forekomst af stoffer med disse egenskaber kan derfor bruges som mål for områders iboende pesticidfølsomhed, når det kombineres med viden om grundvandsdannelse. Fund af pesticidstoffer i en boring skyldes dog ikke altid pesticidanvendelse, lige hvor boringen er placeret, men derimod pesticidanvendelse, hvor vandet er infiltreret. Det er derfor infiltrationsområdet, der er pesticidfølsomt, altså de grundvandsdannende områder.

Af A.R. Johnsen (GEUS), *GEUS-notat, januar 2023.*

Læs mere på geus.dk

6. Mere om PFAS

Faktaark med fokus på PFAS

Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer har fået udarbejdet faktaark med fokus på PFAS for brancherne [Kemisk industri](#) og [Lossepladser](#).
Se alle branchebeskrivelser, stofoversigter og faktaark på miljoeogressourcer.dk

PFAS i brandslukningsskum. En kortlægning af skumvæsker til øvelser

Kortlægningen giver en status på brugen af skumvæsker til brandøvelser i Danmark. Formålet har været at skabe viden om PFAS-indholdet i anvendte skumvæsker samt konsekvenserne af en eventuel tidlig fælles udfasning af PFAS i skumvæsker til øvelsesbrug. I alt var 66 brugere af øvelsespladser i Danmark inviteret til at deltage i undersøgelsen, som viste, at kun et fåtal af de adspurgte aktører anvender PFAS-holdige skumvæsker til brandøvelser i dag. Af A.B. Henriksen, C.H. Olsen, L-C. Sørensen & S. Dyreborg (NIRAS), Miljøstyrelsen, januar 2023 (ISBN nr. 978-87-7038-475-9). Læs mere på mst.dk

7. Øvrigt

ATV-mødet "Den næste forureningstrussel – hvad kan vi gøre for at være på forkant?"

Med udgangspunkt i det nuværende kendskab til miljøfarlige kemiske stoffer og den udfordring, der er med at udpege de stoffer, som i fremtiden potentielt kan true jord, grundvand, drikkevand og vandmiljø, var der på mødet indlæg om analysetekniske muligheder og udfordringer, der er i forhold til udviklingen af fremadrettede screeningsprogrammer i forskellige medier. Mødet omhandlede desuden reguleringsmuligheder, risikokommunikation samt barrierer ved monitoring for miljøfremmede stoffer, når deres forekomst og toksicitet i grundvand ikke kendes.

Præsentationer fra ATV Jord og Grundvands møde nr. 01-23, 23. januar 2023, kan hentes på atv-jord-grundvand.dk



**Regionernes Videncenter
for Miljø og Ressourcer**

**Regionernes Videncenter
for Miljø og Ressourcer**

Dampfærgevej 22
2100 København Ø
mail@miljoeogressourcer.dk
www.miljoeogressourcer.dk

Miljø og Ressourcer

Udgives af Regionernes Videncenter
for Miljø og Ressourcer. Udkommer fire
gange årligt på papir og elektronisk.

Redaktør: Kit Jespersen

Design: BGRAPHIC

Tryk: PRinfoParitas

ISSN 2445-7051 Trykt version

ISSN 2445-706X Online