



INDHOLD

- 2 Leder
- 3 Nåletræer kan forstyrre vores poreluftundersøgelser – TVOC og chloroform
- 12 Udvikling af værktøjer til kvantificering af varighed og effekt af pesticider på grundvandsressourcen
- 14 Kort info
- 15 Prognose for regionernes indsats på jordforureningsområdet
- 20 Samarbejde om udvikling af ny potentiel klimavenlig oprensningstype
- 27 Artikelovervågning

MILJØ OG RESSOURCER



LEDER

BESKYT VANDMILJØET MOD JORDFORURENING

I august så vi igen i år iltsvind i de indre danske farvande. Men den næringsstofbelastning, som er årsag til iltsvind, er ikke den eneste negative påvirkning af vandmiljøet. Omfanget af forurening med miljøfarlige forurenende stoffer i vandløb, søer og kystvande er kun sparsomt kortlagt – vi ved, hvad der kommer ud af renseanlæggene, men vi ved f.eks. ikke, hvad jordforureninger og gamle lossepladser bidrager med.

I juni 2020 indgik Danske Regioner en aftale med staten om næste fase i opgaven med at håndtere jordforurening, der udgør en risiko for overfladevand – altså vandløb, søer, og kystvande. Vi skal i felten.

Efter screening af samtlige kortlagte lokaliteter har regionerne identificeret 1.234 lokaliteter, som kan udgøre en risiko for forurening af overfladevand. Syv af dem er generationsforureninger, som, vi allerede ved, udgør en risiko – dem er der ikke brug for at risikoaflære. De resterende 1.227 kræver nærmere undersøgelse, før vi kan afgøre, om der er behov for at gå videre. Omkring halvdelen er V2-kortlagt, dvs. der er gennemført feltundersøgelser, som har vist, at de er forurenede. Det er dem, regionerne vil koncentrere sig om i første omgang.

For alle de lokaliteter, som kan udgøre en risiko for vandløb, tages prøverne ude i vandløbet, hvor de skal afsløre, om der faktisk er en påvirkning af vandkvaliteten. Ved søer og kyster skal der udføres korte borer til undersøgelse af det terrænnære grundvand, som siver op i overfladevandet. I 2021 og 2022 skal der gennemføres ca. 400 feltundersøgelser, og resultaterne udgør grundlaget for at afgøre, hvor der er brug for yderligere undersøgelser og eventuelle afværgeforanstaltninger.

Tilbage står de syv generationsforureninger, der udgør en risiko for overfladevand: Høfde 42, den gamle og den nye Cheminova-fabriksgrund på Harboøre Tange, Kærgård Plantage, Grindstedværkets fabriksgrund, depotet ved Himmak Strand og Collstrop-grunden ved Esrum Sø. Danske Regioner afleverede i marts en samlet plan for oprensning af de ti generationsforureninger til miljøministeren, og det har tilsyneladende inspireret Folketinget, som i sjælden enighed den 4. juni vedtog dette beslutningsforslag:

”Folketinget anerkender og påskønner regionernes indsats for at levere en samlet plan for oprydning efter generationsforureningerne. Der er tale om omkostningstunge forureninger, som regionerne ikke kan håndtere inden for de nuværende bevillinger. Folketinget pålægger regeringen at arbejde for hurtigst muligt at finde nødvendig finansiering til oprydning af generationsforureninger med udgangspunkt i regionernes faglige prioritering.

Det er afgørende, at der sikres en ekstra og adskilt bevilling, sådan at den nuværende finansiering af jordforureningsområdet målrettes indsatsen til beskyttelse af grundvand, natur og sundheden fra de mange mindre jordforureninger, som også kræver en hurtig indsats.”

Derfor ser vi med spænding frem mod de kommende finanslovsforhandlinger. Oprrensning af generationsforureningerne vil ikke kun være til gavn for vandmiljøet og grundvandet. Det vil også glæde de lokalsamfund, hvor forureningerne fylder meget i bevidstheden – og så vil det være en platform for udvikling og demonstration af dansk miljøteknologi. Sæt i gang!

Bente Villumsen
2399 2372
bvi@regioner.dk

Kit Jespersen
9116 9263
kij@regioner.dk

Christian Andersen
4022 3017
can@regioner.dk

Kurt Møller
6124 2576
kum@regioner.dk

Nanna Isbak Thomsen
6124 2563
nit@regioner.dk

Mads Leerbech Jensen
3023 0016
mdj@regioner.dk

Nåletræer kan forstyrre vores poreluftundersøgelser – TVOC og chloroform



Af Mette Damgaard,
Per Loll, Casper Bang Riis
og Claus Larsen, Dansk
Miljørådgivning A/S,
Maria Hag og
Rikke Vinten Howitz,
Region Hovedstaden

Naturligt forekommende terpenener kan optræde som et "forstyrrende element" i forbindelse med udtagning af poreluftprøver og efterfølgende risikovurderinger. Med udgangspunkt i oplevelserne på et par konkrete sager har Dansk Miljørådgivning (DMR) lavet en lille undersøgelse af problematikken. Region Hovedstaden har finansieret de kemiske analyser.

Baggrund

Terpenener er en stofgruppe bestående af ca. 30.000 specialiserede stoffer, som findes i mange planter, specielt nåletræer, og udsendes af nogle insekter (f.eks. svalehale-larver), når de føler sig truet. Terpenener forekommer naturligt som bestanddele af æteriske planteolier, og de omfatter et stort antal duft-, aroma- og smagsstoffer, og så udgør de hovedbestanddelen af harpiks, ligesom de danner basis for vegetabilsk terpentin. /1/ og /2/.

DMR har i forbindelse med et par poreluftundersøgelser, ved bl.a. fyringsolieforureninger, konstateret betydende poreluftindhold af kulbrinter, som ikke var relateret til olieforureningerne, f.eks. i afgrænsende poreluftpunkter. En nærmere undersøgelse, via tilkøbte terpenanalyser hos Eurofins Miljø A/S, har vist, at indholdene kunne relateres til terpenener fra nåletræer på de undersøgte arealer.



I litteraturen er det desuden anført, at naturlige nedbrydningsprocesser i skovbund (herunder nåleskov) kan give anledning til dannelse af betydende koncentrationer af chloroform (trichlormethan) som følge af enzymatisk aktivitet fra bakterier og svampe /3-5/.

Der er således indikationer på, at nåletræer kan lede til en naturlig forekomst af terpenener og muligvis chloroform i poreluft, som kan resultere i misvisende og fejlbehæftede risikovurderinger i form af forholdsvis høje koncentrationsniveauer, som ikke skyldes en jord- eller grundvandsforurening.

Spørgsmålene

I denne undersøgelse satte vi os for at søge svar på følgende spørgsmål:

- Kan nåletræer medføre betydende koncentrationer af TVOC/terpenener og chloroform i poreluft?
- Er der forskelle relateret til, om det er gran- eller fyrretræer?
- Kan der forventes årstidsvariationer i koncentrationerne?
- Hvordan kan vi forholde os til naturlige indhold ifm. fremtidige undersøgelser?

Studiedesign

Til undersøgelsen blev der udvalgt to arealer med nåletræsbeplantning til udtagning af poreluftprøver. Der er ca. 14 km imellem de to lokaliteter. De to arealer er ikke kortlagt, da der er ikke kendskab til forureninger eller forurenende aktiviteter på arealerne, hverken historisk eller i dag. Der kan således med rimelighed antages at være tale om to uforurenede lokaliteter, se beskrivelse herunder.

På hver lokalitet blev der udført tre målerunder over en periode på et halvt år (juni, august og november 2019) med henblik på at belyse eventuelle årstidsvariationer. I hver målerunde og på hver lokalitet blev der udtaget tre poreluftprøver og en feltblind. Poreluftprøverne er udtaget de samme steder i hver runde. Ifm. de to første runder blev der udtaget en udeluftreference på hver lokalitet. Poreluftprøverne blev udtaget med poreluftspyd imellem nåletræer og ca. i 1 meters dybde. De blev opsamlet på kulrør (Dräger B) med Ripopumper og en pumpeydelse på 1,0 og 0,1 L/min. Samtlige prøver er analyseret for totalindhold af kulbrinter (TVOC) i fraktioner, BTEXN og C₉/C₁₀-aromater samt chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter hos Eurofins Miljø A/S. Endelig er der tilkøbt terpenanalyser til belysning af den %-del af TVOC, der udgøres af terpenener.

Terpenanalysen medtager ikke alle de ca. 30.000 terpenener, men et ret begrænset antal repræsentative terpenener, som bestemmes med GC/MS-SIM. Der medtages f.eks. ikke stereo-isomerer; f.eks. medtages alfa-, men ikke beta-pinen, ligesom der er skelet til terpenener, hvor der findes tilgængelige standarder.





Lokalitet 1

Træer samt kogler og nåle i skovbund.

Lokalitet 1 (rødgran)

Området er et større etableret skovareal (statsskov) beplantet med rødgran omkring 1943. Træerne er således knap 80 år gamle. Fotos fra lokalitet 1 fremgår ovenover.

De tre prøvepunkter på lokalitet 1 er placeret med 40-60 meters indbyrdes afstand i samme type skovbund.

Lokalitet 2 (Østrigsk fyr)

Området er bestående af et større græsareal, hvor der er plantet fyrretræer af typen Østrigsk fyr (Pinus Nigra) i fire mindre klynger. På baggrund af luftfotos fra 'Danmark set fra luften' er fyrretræerne plantet i ca. 1959, og de er i dag omkring 60 år gamle.

De tre prøvepunkter på lokalitet 2 er placeret med 20-60 meters indbyrdes afstand under forskellige klynger af fyrretræer. På denne lokalitet er der i runde 2 (august) udtaget en referenceprøve ca. midt i græsplænen og 15 meter fra de nærmeste fyrretræer.

Lokalitet 2

Klynge af træer, nåle og kogler.



Analyseresultater

Analyseresultater for udvalgte komponenter er vist i nedenstående tabel. Der er ikke konstateret indhold i kulbrintefraktionerne C₂₀-C₂₅ eller C₂₅-C₃₀, så disse fraktioner er udeladt fra tabellen.

Resultaterne er sammenholdt med registrerede meteorologiske data (temperatur, regn og tryk), uden at der er fundet sammenhæng imellem disse faktorer og indholdet af TVOC og chloroform i prøverne.

TABEL 1 ANNALYSERESULTATER

Lokalitet 1 Rødgran	Juni 2019				August 2019				November 2019				
	PL1	PL2	PL3	ULREF	PL1	PL2	PL3	ULREF	PL1	PL2	PL3	DG	ADK ^{/6/}
Oliestoffer													
TVOC (C ₆ -C ₃₅)	<	1.100	290	<	520	20.000	<	<	<	2.100	<	100	100
C ₆ -C ₁₀	<	1.100	290	<	470	18.000	73	<	<	2.000	<	50	
C ₁₀ -C ₁₅	<	62	<	<	57	2.200	<	<	<	70	<	30	
C ₁₅ -C ₂₀	<	<	<	<	<	35	<	<	<	<	<	30	
C ₉ -aromater	<	i.m.	<	<	i.m.	i.m.	<	<	<	i.m.	<	0,3	30
C ₁₀ -aromater	0,36	6,3	<	<	2,8	i.m.	<	<	<	i.m.	<	0,3	
Terpener % af TVOC	<	76	51	<	54	54	<	<	<	54	<	1	
Reduceret TVOC	<	260	140	<	240	9.200	<	<	<	970	<		100
Chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter													
Chloroform	0,40	12	31	<	1,9	560	34	0,21	0,64	49	98	0,1	20

Lokalitet 2 Østrigsk fyr	Juni 2019				August 2019				November 2019				
	PL1	PL2	PL3	ULREF	PL1	PL2	PL3	ULREF	PL1	PL2	PL3	DG	ADK ^{/6/}
Oliestoffer													
TVOC (C ₆ -C ₃₅)	12.000	120.000	25.000	<	<	62.000	<	<	18.000	67.000	24.000	100	100
C ₆ -C ₁₀	12.000	120.000	25.000	<	<	61.000	<	<	18.000	66.000	24.000	50	
C ₁₀ -C ₁₅	240	2.200	520	<	<	850	<	<	140	320	150	30	
C ₁₅ -C ₂₀	<	<	<	<	<	60	<	<	41	63	45	30	
C ₉ -aromater	i.m.	i.m.	i.m.	<	<	0,38	<	<	i.m.	i.m.	i.m.	0,3	30
C ₁₀ -aromater	8,1	i.m.	<	<	<	30	<	<	i.m.	i.m.	i.m.	0,3	
Terpener % af TVOC	73	57	71	<	<	36	<	<	76	70	86	1	
Reduceret TVOC	3.200	52.000	7.300	<	<	40.000	<	<	4.300	20.000	3.400		
Chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter													
Chloroform	130	26	45	<	78	6,2	42	0,33	55	29	48	0,1	20

Udvalgte analyseresultater for testlokaliteterne. Alle resultater er opgivet i µg/m³.

DG = detektionsgrænse. ADK = afdampningskriterium.

Fed = indhold over ADK. <: indhold under DG. i.m.: interferens på analysen.

TVOC og terpenener

Der er påvist kulbrinteindhold over Miljøstyrelsens afdampningskriterium (ADK) i 12 af 18 poreluftprøve og altovervejende i fraktionen C_6-C_{10} (75-99 % af TVOC). Der er påvist TVOC-indhold fra 290 til 120.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (op til 1.200 gange ADK), og der er generelt påvist højere TVOC-indhold på lokalitet 2 (fyr) end på lokalitet 1 (gran).

Hvis man tager udgangspunkt i en reduktionsfaktor på 100 for poreluftens bidrag til indeluften, så er samtlige TVOC-indhold på lokalitet 2 (fyr) af en størrelse, hvor de ville kunne medføre en falsk positiv risikovurdering af olieforurening, uden en nærmere granskning af analyserne/terpenindholdet. På lokalitet 1 (gran) vil indholdet i én af prøverne kunne medføre en falsk positiv risikovurdering, mens indholdet i yderligere to prøver muligvis ville kunne give anledning til supplerende undersøgelser, jf. betragtninger om en mulig nærliggende olieforurening ($>3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), jf. /7/.

I samtlige prøver med TVOC-indhold er der påvist terpenener, og de rapporterede terpenandele er på 36-86 % (overvejende imellem 50 og 75 %). Hvis der tages udgangspunkt i, at de to lokaliteter er uforurenede, så kan det konstateres, at terpenanalysen alene ikke kan dokumentere, at hele TVOC-indholdet skyldes terpenener og dermed kan fjerne mistanken om en betydende olieforurening, men i hvert fald kan medvirke til at dokumentere, at prøverne indeholder en betragtelig andel af naturlige kulbrinter, som kan inddrages i den konceptuelle forståelse. Hvis der indlægges et screeningskriterium for TVOC på $3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som indikation på tilstedeværelse af en betydende olieforurening, jf. /7/, vil én af ni prøver på lokalitet 1 (gran) kunne medføre en falsk positiv risikovurdering, mens syv af ni prøver vil kunne medføre en falsk positiv på lokalitet 2 (fyr) – selv efter reduktion for det påviste terpenindhold.

Den generelle tendens er, at de højeste indhold på begge lokaliteter er konstateret i det samme punkt over alle tre målerunder (PL2), og resultaterne udviser generelt en form for rumlig konsistens. Der er dog samtidig påvist relativt store forskelle på TVOC-indholdet i flere poreluftpunkter over de tre målerunder (en faktor 2-20 for punkter med indhold i alle runder). Dertil ses der i nogle punkter ret høje indhold i 1-2 runder, mens der ikke påvises kulbrinter i andre runder. F.eks. er der i PL1 på lokalitet 2 påvist 12.000, <100 og $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over de tre målerunder. Der kan altså være meget store forskelle i det konstaterede indhold i samme prøvepunkt over tid, og der er ingen deciderede årstidsvariationer på tværs af de to lokaliteter. F.eks. er de højeste indhold for lokalitet 1 konstateret i august, mens de laveste indhold er konstateret i samme runde på lokalitet 2.

Chloroform

Der er påvist indhold af chloroform over ADK i 13 af 18 poreluftprøver med en maks. koncentration på $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$, svarende til 28 gange ADK. De generelle indhold er dog på 1-5 gange ADK. Det bemærkes, at der kun er ringe sammenhæng imellem TVOC-indholdet og indholdet af chloroform, f.eks. illustreret ved resultaterne fra august på lokalitet 2. I denne runde er de højeste indhold af chloroform (hhv. 78 og $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) konstateret i to prøver uden påvist TVOC-indhold, mens der er et lavt indhold af chloroform ($6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i en prøve med TVOC-indhold på $62.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PL2).

Flere af prøverne på lokalitet 2 (fyr) end lokalitet 1 (gran) har indhold over ADK; hhv. otte af ni prøver på lokalitet 2, og fem af ni prøver på lokalitet 1. Dog er det højeste indhold konstateret på lokalitet 1 (PL2, august), og gennemsnitskoncentrationen for prøver over ADK er ca. $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på lokalitet 1 og $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på lokalitet 2. Der er således ikke et klart risikobillede ift. chloroform på de to lokaliteter.

Som for TVOC er der en generel tendens til, at det er de samme prøvepunkter, der udviser hhv. højeste og laveste indhold over de forskellige målerunder; dog undtaget den meget høje værdi i PL2 (august) på lokalitet 1. Der ses ingen deciderede årstidsvariationer på tværs af de to lokaliteter.





Øvrige komponenter

Påviste indhold af benzen (maks. 0,17 µg/m³) og xylener (maks. 0,43 µg/m³) ligger alle under 10%-fraktile af danske baggrunds niveauer i udeluft, mens indholdet af toluen i fire af otte prøver med påvist indhold (maks. 21 µg/m³), ligger over median-baggrunds niveauet i udeluften, /8/, men dog langt under Miljøstyrelsens afdampnings-kriterium (ADK).

I /8/ er det dokumenteret, at Nordmannsgran potentielt kan afgive betydelige mængder C₉/C₁₀-aromater og TVOC, men også at afgivelsen ikke var betydende ift. indeluftmålinger i tre hjem (december), når der sammenlignes med ADK. I forhold til C₉/C₁₀-aromater, er poreluftmålingerne i nærværende studium forbundet med megen interferens på analysen (markeret med i.m. i tabel 1), specielt på C₉-delen (for 10 af 12 prøver med TVOC-indhold over ADK). I en enkelt prøve på lokalitet 2 er der konstateret indhold af C₁₀-aromater svarende til ADK (30 µg/m³).

Der er konstateret indhold af tetrachlormethan i 16 af prøverne, inkl. udeluftreferencer (maks. 0,41 µg/m³), men alle i niveauer svarende til de generelle baggrunds-niveauer, jf. /9/, og langt under ADK. De højeste niveauer er desuden konstateret i udeluftreferencerne. På lokalitet 2 er der konstateret sporadiske indhold af PCE på niveau med baggrundsværdierne i /5/.

Referenceprøve på lokalitet 2

På baggrund af de meget høje TVOC-koncentrationer, der blev påvist i den første målerunde på lokalitet 2, blev det besluttet at udtage en referenceprøve i græs-arealet, midt imellem de øvrige prøvepunkter. Dels for at belyse, om der var en generel belastning med TVOC på arealet og dels for at se, om der kunne ske en påvirkning i en vis afstand fra fyrretræerne.

Der er ikke påvist indhold af kulbrinter i referenceprøven. Der er dog påvist et mindre indhold af chloroform (0,40 µg/m³) i prøven. Der er således intet der tyder på, at poreluften i området er generelt påvirket med kulbrinter, og det kan konstateres, at påvirkningen fra fyrretræerne tilsyneladende ikke strækker sig 15 meter væk fra de nærmeste trækroner med potentielt nedfald af nåle.

Chromatogrammer (oliekomponenter)

Som nævnt ovenfor ligger den overvejende del af de naturlige kulbrinter i poreluftprøverne fra de to lokaliteter, inkl. terpener, i fraktionen C₆-C₁₀, svarende til et betydeligt overlap med lettere olieprodukter; f.eks. benzin (C₆-C₁₂), terpentiner (C₇-C₁₂) og petroleum (C₇-C₁₄), jf. /10/.

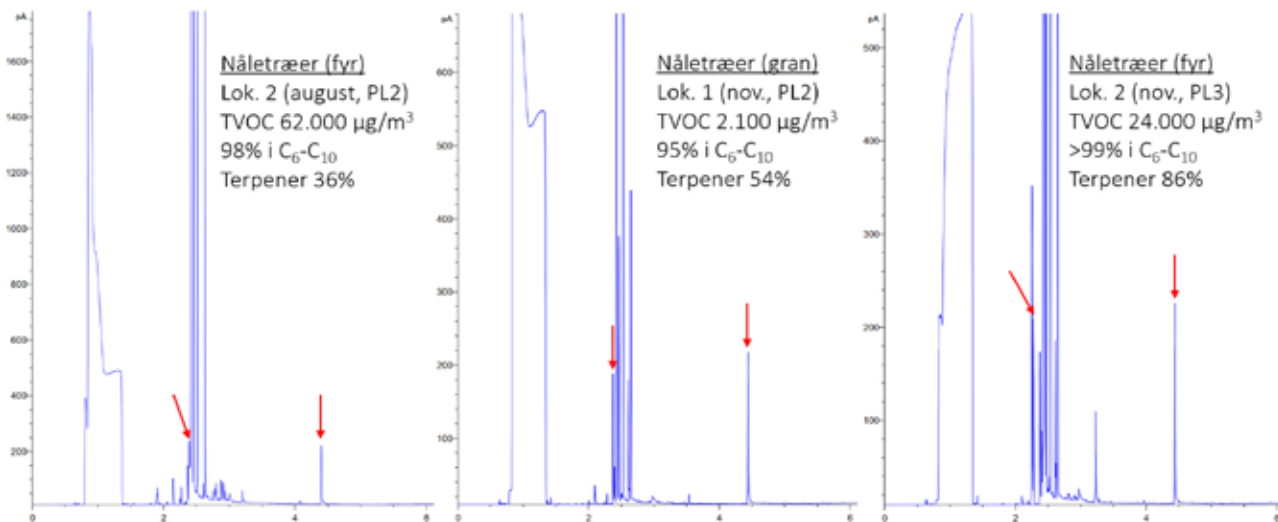
Figur 1 viser chromatogrammer for tre af poreluftanalyserne med vidt forskellige TVOC-indhold og angivet terpenandel, og figur 2 viser til sammenligning chromatogrammer fra hhv. en benzinforurening og to fyringsolieforureninger. Samtlige analyser er analyseret af Eurofins Miljø A/S.

Bemærk, at der er forskel på apparatopsætningerne, hvorfor det er det generelle mønster for toppene ift. de interne standarder (tilsat af laboratoriet), der skal sammenlignes. Placeringen af interne standarder på x-aksen kan findes ved at se på korresponderende chromatogrammer fra kontrollaget på samme prøver, når der ikke er gennemslag til kontrollaget, eller fra uforurenede prøver fra samme analyseserie.

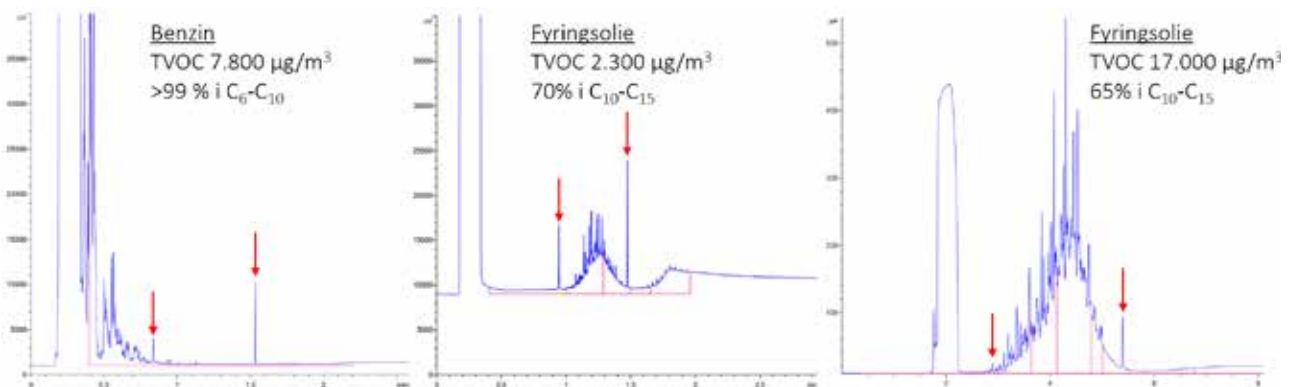
Forskellige laboratorier tilsætter forskellige interne standarder, så tolkningen af analyseresultatet ift. interne standarder skal "justeres" ift. det konkrete analyselaboratorie.

Chromatogrammerne fra prøver med indhold af naturlige kulbrinter (figur 1) viser primært en række meget letkogende enkelttoppe beliggende omkring og umiddelbart efter den første interne standard. Der ses kun en meget lille "pukkel" centralt

FIGUR 1 CHROMATOGRAMMER FRA TRE AF PORELUFTPRØVERNE FRA LOKALITET 1 OG 2. INTERNE STANDARDER ER MARKERET MED RØDE PILE.



FIGUR 2 CHROMATOGRAMMER STAMMENDE FRA HHV. EN BENZINFORURENING OG TO SAGER MED FYRINGSOLIEFORURENING. INTERNE STANDARDER ER MARKERET MED RØDE PILE.



under toppene i de to prøver fra lokalitet 2 med indhold >20.000 µg/m³, en pukkel som i virkeligheden består af en række enkelttoppe som "smelter sammen" i bunden. Derimod ses der i figur 2 en pukkel for benzinforureningen, som ligger før den første interne standard, og for fyringsolieforureningerne ses en markant pukkel, som ligger imellem de to interne standarder. I fagsproget betegnes "puklen" UCM – unresolved complex matter – og den består af et ukendt antal enkeltstoffer, som ikke kan adskilles af FID-detektoren.

Med udgangspunkt i en visuel vurdering af chromatogrammerne, vil det således ofte være relativt let at skelne en ren "naturlig forurening" relateret til nåletræer fra en fyringsolieforurening. For de lettere produkttyper som terpentin og petroleum (ikke vist), men ofte også for benzinforureninger, vil der ofte kunne ses en pukkel omkring den første interne standard bestående af C₉/C₁₀-aromater, hvorved sådanne chromatogrammer kan være svære at skelne fra chromatogrammer, der udelukkende er præget af naturlige kulbrinter/terpener.



Hvad ved vi nu? Svar på spørgsmålene fra indledningen

Både for kulbrinter (TVOC) og chloroform vurderes det, at nåletræer kan give anledning til koncentrationsniveauer i poreluften, der potentielt kan lede til falsk positive forurenings-/risikovurderinger i en forureningsundersøgelse, medmindre der foretages en nærmere granskning af analyseresultaterne. Der er ikke konstateret sammenhæng imellem indhold af TVOC og chloroform i de enkelte prøver, hvilket formentlig skyldes, at det er to forskellige biologiske systemer, der leder til dannelse af de to typer af naturlige "poreluftforureninger".

Vi har konstateret TVOC-koncentrationer på op til 120.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, svarende til 1.200 gange ADK. De påviste kulbrinter ligger primært i fraktionen $\text{C}_6\text{-C}_{10}$, og bør ved en visuel vurdering af chromatogrammet kunne adskilles fra en diesel- eller fyringsolieforurening, mens det vil kunne være sværere at skelne det naturlige kulbrinteindhold fra poreluftforureninger relateret til lettere produkttyper (terpentin, petroleum og benzín), hvor kulbrinteindholdet også primært ligger i fraktionen $\text{C}_6\text{-C}_{10}$. En terpenanalyse kan tilkøbes kulbrinteanalysen (evt. som efterbestilling), og baseret på nærværende undersøgelse vil det typisk kunne forventes, at 50-75 % af kulbrinteindholdet i en prøve fra nåleskovsbeplantning kan "frasorteres" efter en sådan terpenanalyse. Den resterende andel kan skyldes, at terpenanalysen ikke medtager alle ca. 30.000 terpenener, men et begrænset antal repræsentative terpenener, ligesom der muligvis kan være tale om indhold af andre flygtige naturlige kulbrinter end terpenener.

I arealer med nåletræsbeplantning er der også påvist indhold af chloroform i poreluften i koncentrationer, der overskrider ADK. Den højeste målte koncentration er på 560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, svarende til 28 gange ADK.

Der er konstateret flere prøver med betydende indhold af TVOC og højere koncentrationsniveauer på lokaliteten med fyrretræer (lokalitet 2) end på lokaliteten med grantræer (lokalitet 1). For chloroform er billedet ikke klart med højeste indhold på lokaliteten med grantræer (lokalitet 1) og flest prøver med indhold over ADK på lokaliteten med fyrretræer (lokalitet 2). På baggrund af den begrænsede undersøgelse (samt prøvetagnings- og analyseusikkerheder) kan det ikke vurderes om beplantning med hhv. gran- eller fyrretræer kan forventes at lede til forskelle i indholdet af naturlige kulbrinter. Forskellene på de to lokaliteter kan også skyldes andre forhold, f.eks. at græsplænen på lokalitet 2 (fyr) formentlig gødskes, og jorden dermed er mere næringsholdig end på lokalitet 1 (gran), eller at forskelle i jordtyperne vil kunne medføre forskelle i, hvor let de flygtige komponenter kan afdampe fra jordoverfladen. En mere sandet jord vil således kunne medføre lavere poreluftkoncentrationer end en mere muldet jord.

Der er ikke konstateret indikationer på årstidsvariationer, eller at bestemte klimatiske forhold medfører en større risiko for at måle høje poreluftkoncentrationer. Tværtimod virker det lidt tilfældigt, om der måles høje eller lave koncentrationer i et givent punkt i en given målerunde. Det kan blot konstateres, at der kan være risiko for at nåletræer kan lede til forhøjede poreluftkoncentrationer af hhv. TVOC og chloroform – og i niveauer, der kan medføre fejltolkninger ift. undersøgelse af jord- og grundvandsforureninger.

Hvordan skal vi forholde os til naturlige indhold ifm. fremtidige undersøgelser?

Hvis der ifm. forureningsundersøgelser udtages poreluftprøver på arealer med nåletræsbeplantning, bør man være ekstra opmærksom på sine resultater, specielt i forhold til kulbrinteanalyser, men også ift. chlorerede opløsningsmidler (chloroform). Der er stor risiko for, at naturlige indhold af TVOC og chloroform kan spille ind på analyseresultaterne samt forurenings- og risikovurderingen.



Man bør som minimum købe en olieanalyse med totalkulbrinter opdelt i fraktioner, idet naturlige TVOC-indhold fra nåletræer altovervejende vil befinde sig i fraktionen C_6-C_{10} , hvormed de naturlige indhold kan adskilles fra f.eks. en fyringsolieforurening (primært indhold i $C_{10}-C_{15}$, samt mindre andele i C_6-C_{10} og $C_{15}-C_{20}$). Baseret udelukkende på en opdeling i fraktioner kan det være sværere at skelne naturlige kulbrinteindhold fra forureninger stammende fra benzin, terpentin eller petroleum.

Dernæst bør man altid se på chromatogrammet for sådanne analyser for at se, om det udviser en række karakteristiske toppe (uden en egentlig pukkel) omkring og umiddelbart efter den første interne standard (se figur 1, analyser fra Eurofins Miljø A/S). For tolkning af chromatogrammer fra andre analyselaboratorier er det nødvendigt at lave en lille "tolkningsmanual" baseret på principperne omkring figur 1 og figur 2.

Endelig kan det overvejes at efterbestille en terpenanalyse på analyseekstraktet. Bemærk her, hvor længe analyselaboratoriet opbevarer ekstraktet. En terpenanalyse vil specielt være relevant for poreluftprøver udtaget i områder med benzinforurening, eller i områder hvor der både kan være tale om en jord- eller grundvandsforurening og en påvirkning med naturlige kulbrinter fra nåletræer. Det kunne f.eks. være ved udtagning af afgrænsende poreluftprøver omkring en utæt fyringsolietank i et område med skelbeplantning med nåletræer.

Bemærk i den forbindelse, at terpenanalysen ikke kan forventes at korrigere for hele det naturlige TVOC-indhold, men forventeligt i størrelsesordenen 50-75 %. Dog kan en terpenanalyse påvise, at prøven indeholder naturlige flygtige forbindelser, hvilket kan inddrages i den samlede konceptuelle forståelse af poreluftforureningen.

Referencer

- /1/ B.A. Halkier, J. Fenger, K. Østergaard. Terpener i Den Store Danske, Gyldendal. 22. juli 2020: <https://denstoredanske.lex.dk/.search?query=terpener>
 - /2/ <https://giftigeplanter.ku.dk/kemi/terpenerne/>
 - /3/ Chloroform i grundvand. En kokebog for vandværker for indsatsen overfor chloroform fra naturlige kilder. Miljøministeriet, By- og Landskabsstyrelsen, 2007.
 - /4/ Chloroform produktion i jordbund. Delrapport 2. Miljøministeriet, By- og Landskabsstyrelsen, 2007.
 - /5/ Prioriteringsniveauer for indeklimasager på kortlagte ejendomme. Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration nr. 2, 2010.
 - /6/ Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand. Miljøstyrelsen, juni 2018.
 - /7/ Anvendelse af poreluftmålinger til påvisning af jordforurening med olie. Miljøprojekt nr. 2023, 2018.
 - /8/ Hydrocarbon background levels in Denmark – Outdoor and Indoor air. Environmental Project no. 2019, 2018.
 - /9/ Retningslinjer for udtagning af luftprøver ved forureningsundersøgelser. Teknik og Administration nr. 1, 2020.
 - /10/ Identifikation af olieprodukter i jord ved GC-FID. Eurofins. 23. juli 2020: <https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/1018/identifikation-af-olieprodukter.pdf>
-

Udvikling af værktøjer til kvantificering af varighed og effekt af pesticider på grundvandsressourcen



Af Majken Frederiksen,
erhvervs-ph.d., Rambøll



Rambøll har i foråret i samarbejde med DTU Miljø på Danmarks Tekniske Universitet igangsat et erhvervs-ph.d.-projekt med Region Hovedstaden, HOFOR og Novafos som samarbejdspartnere. Projektet, der har modtaget midler fra Innovationsfonden, har til formål at udvikle værktøjer, der kan kvantificere varigheden og effekten af pesticider på grundvandsressourcen med særligt fokus på nedbrydningsproduktet N,N-dimethylsulfamid (DMS).

Siden udvidelsen af analysepakken til kontrol af drikkevand i 2018 er der gjort udbredte fund af en række "nye" pesticidnedbrydningsprodukter, herunder DMS, der stammer fra de to fungicider dichlofluanid og tolylfluanid. Dichlofluanid har været godkendt som træbeskyttelsesmiddel i perioden 1966-1999, mens tolylfluanid har været anvendt som fungicid i landbruget fra 1973-2007 /1/. Begge stoffer har desuden haft ikke-godkendelsespligtig anvendelse som biocid i bl.a. maling. Denne anvendelse vurderes at repræsentere ca. 80 % af den anvendte mængde i Danmark og være indstillet omkring år 2015 /2/. Den komplekse anvendeshistorik er med til at vanskeliggøre vurderingen af, hvordan og hvor længe DMS fremover vil påvirke grundvandsressourcen. Er de hidtidige fund toppen af en bølge, der snart aftager, eller er DMS kun blandt de første af mange "nye" stoffer, der fremover vil dukke op i indvindingsboringerne? Og hvordan påvirker de forskellige typer kilder til DMS grundvandsressourcen (type af spild, regelret anvendelse i landbrug og på gartnerier, udvaskning fra træbeklædte overflader, punktkilder, mv.?).

Et af projektets delformål er at koble forekomsterne af DMS til mulige kilder. Hertil er der udvalgt to værkstedsområder: Indvindingsoplandene til hhv. Nybølle Øst kildeplads (HOFOR) og Marbæk kildeplads (Novafos). De eksisterende data fra de to kildepladser skal sammenstilles med nye data, som bliver indsamlet i erhvervs-phd.-projektet og af projektets partnere.

Udover anvendeshistorikken kompliceres vurderingen af DMS også af, at stofegenskaberne ikke er velbestemte. Hidtidige undersøgelser af sorptionsegenskaberne antyder, at stoffet er yderst mobilt /3/, men der mangler bestemmelse af sorptionen, specifikt i kalk, der udgør drikkevandsmagasinet i såvel Marbæk som Nybølle. Ligeledes er der tegn på, at DMS er meget persistent, hvorimod moderstofferne nedbrydes hurtigt, men der mangler viden under miljørelevante forhold i grundvand. Derfor er det et andet af projektets delformål at undersøge nedbrydning og sorption af dichlofluanid, tolylfluanid og DMS gennem laboratorieforsøg.

Projektets resultater samt de indsamlede data fra forsyningerne og regionen skal inkorporeres i modellering af grundvandsstrømning og stoftransport mellem de mulige forureningskilder og indvindingsboringerne. Det vil også blive vurderet om analyse af det samlede datasæt vha. machine learning/data-mining-teknikker vil kunne bidrage med ny viden.

Blandt projektets udfordringer er den komplekse karakter af grundvandsstrømning i kalkmagasiner, der i høj grad domineres af strømning i sprækker, hvis udstrækning og udformning ikke kendes. Det er håbet, at aldersdatering af grundvand fra niveauspecifikke vandprøver kan understøtte en bedre forståelse af grundvandsstrømningen /4/.

Projektet forløber over 3 år og vil løbende udveksle viden med andre aktuelle DMS-aktiviteter. Såfremt man har input eller spørgsmål til projektet, er man velkommen til at kontakte erhvervs-ph.d.-studerende Majken Frederiksen, Rambøll på e-mail: mjf@ramboll.dk

Referencer

- /1/ Pesticiddatabasen. Regionernes Videnscenter for Miljø og Ressourcer. Andre udgivelser. URL = [\[https://www.miljoegressourcer.dk/udgivelser.php?serie_id=42\]](https://www.miljoegressourcer.dk/udgivelser.php?serie_id=42). Udtrukket 07-07-2020.
 - /2/ Spin2000-databasen (Substances in Preparation in Nordic Countries). Miljøstyrelserne for Norge, Sverige, Danmark og Finland. URL = [\[http://spin2000.net/\]](http://spin2000.net/). Udtrukket 06-07-2020.
 - /3/ Dalkmann, P., Menke, U., Schäfer, D., Keppler, J., Pätzold, S. (2011). Aging of Methabenzthiazuron, Imidacloprid, and N,N-Dimethylsulfamide in Silty Soils and Effects on Sorption and Dissipation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(3):556-565.
 - /4/ Jakobsen, R., Hinsby, K., Aamand, J., van der Keur, P., Kidmose, J., Purtschert, R., Jurgens, B., Sültenfuss, J., Albers, C. N. (2020). History and Sources of Co-Occurring Pesticides in an Abstraction Well Unraveled by Age Distributions of Depth-Specific Groundwater Samples. *Environmental Science and Technology*, 54:158-165.
-



German Federal Agency's International Conference PFAS – Dealing with contaminants of emerging concern

BERLIN
NOV 30 – DEC 1
2021

November 30 – December 1, 2020, Berlin, Germany

PFAS – Dealing with contaminants of emerging concern

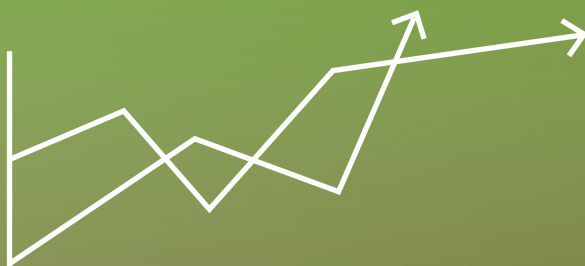
Organized by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) and the German Environment Agency (UBA). In the context of the upcoming German EU Council Presidency, the conference will continue the information exchange and the share of best practices internationally, initiated by the PFAS workshop of the EU Commission in January 2020. It shall offer a platform for the various experts involved with PFAS emissions and contaminations to present and discuss current challenges and regulations as well as national and international management examples and strategies.

The conference language will be English and the agenda will address:

- Status quo and regulations
- PFAS in soil and groundwater: national approaches
- Problem management and remediation solutions

For further information: <https://pfascentral.org/events/german-federal-agencys-international-pfas-conference-pfas-dealing-with-contaminants-of-emerging-concern>

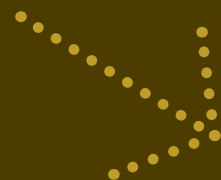




Prognose for regionernes indsats på jordforureningsområdet

Af Christian Andersen,
Regionernes Videncenter
for Miljø og Ressourcer

De fem regioner har sammen med Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer (VMR) udarbejdet en prognose for den fremtidige opgave på jordforureningsområdet. Prognosen omfatter en opgørelse over regionernes opgaver og udgifter i forbindelse med håndtering af jordforurening fra punktkilder. Prognosen er gennemført på baggrund af data fra 2017. Der kan derfor være fremkommet mere præcise tal for dele af opgaven efterfølgende. Artiklen her er resumé fra prognosen/rapporten.



Den fremtidige opgave og økonomi

Regionernes samlede skøn over antallet af grunde i hver fase og de fremtidige udgifter til den offentlige indsats fremgår af tabellen nedenfor. Udgifterne er opgjort i engangsinvesteringer, som omfatter udgifter i forbindelse med historiske redegørelser, undersøgelser og afværge og i driftsudgifter, som er løbende, længerevarende udgifter til drift af tekniske oprensingsanlæg og monitoring.

Estimat af den resterende opgave – opdelt på engangsinvesteringer og drift og monitoring. Opgørelsen medtager ikke de løbende service- og sagsarbejder.



Fase	Samlet antal	Samlede udgifter
Historiske redegørelser	19-20.000	0,4 mia. kr.
Indledende undersøgelser	19.450	1,9 mia. kr.
Videregående undersøgelser	13.150	8,2 mia. kr.
Afværge	3.115	9,2 mia. kr.
Samlede engangsinvesteringer		19,7 mia. kr.
Drift	858	3,4 mia. kr.
Monitoring	555	0,4 mia. kr.
Samlede driftsudgifter		3,8 mia. kr.
Generationsforeninger	10	2,7 mia. kr.
Samlet		26,2 mia. kr.

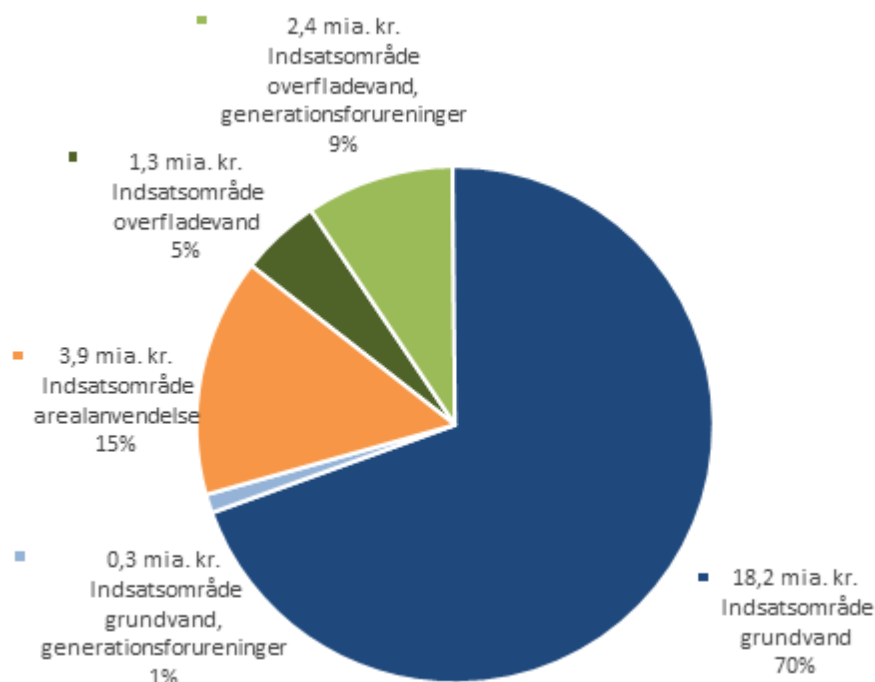
Hertil kommer udgifterne til *generationsforeninger*, som regionerne har opgjort særskilt, og som forudsættes udmøntet i en særskilt finansiering, idet disse foreninger ikke kan håndteres inden for regionernes nuværende budgetramme.

Usikkerheden ved tallene kan være større end præcisionen i angivelsen af tallene, og den præcise angivelse i teksten skyldes alene muligheden for at spore tallene. Alt i alt forventer regionerne, at den samlede fremtidige opgave på jordforureningsområdet vil koste ca. 26 mia. kr. med en usikkerhed på +/- 5 mia. kr. Opgaven er dermed på niveau med, hvad Miljøstyrelsen og regionerne tidligere har vurderet, og hvad andre europæiske lande vurderer. Til sammenligning har amterne og derpå regionerne i perioden 1990 – 2017 anvendt 8,5 mia. kr. på jordforureningsområdet.

I 2014 blev den offentlige indsats på jordforureningsområdet udvidet til også at omfatte grunde, der påvirker overfladevand. Regionerne vurderer, at denne opgave fremover vil koste ca. 4 mia. kr., beløbet er inkluderet i de 26 mia. kr. Overfladevandsopgaven kan ikke finansieres inden for det nuværende budget uden at forskubbe og i nogle regioner helt standse den øvrige indsats. Derfor er det helt essentielt, at regionerne får penge til overfladevandsindsatsen. Da regionerne fik opgaven, blev det aftalt, at regionerne frem til 2019 skulle kortlægge problemstillingen. I 2020 blev der indgået en økonomiaftale om undersøgelse i perioden 2020-2023 af foreninger, der kunne påvirke overfladevand. Aftalen omfatter ikke afværgeforanstaltninger, som vurderes til ca. 850 mio. kr. Dette skal forhandles i 2023. Aftalen omfatter heller ikke generationsforeninger, der vurderes til at koste 2,7 mia. kr. Danske Regioner har udarbejdet en plan for generationsforeninger, som kræver særskilt statslig finansiering. Et enigt Folketing vedtog den 4. juni 2020 at pålægge regeringen at finde midler til at løse opgaven med udgangspunkt i regionernes faglige prioritering.



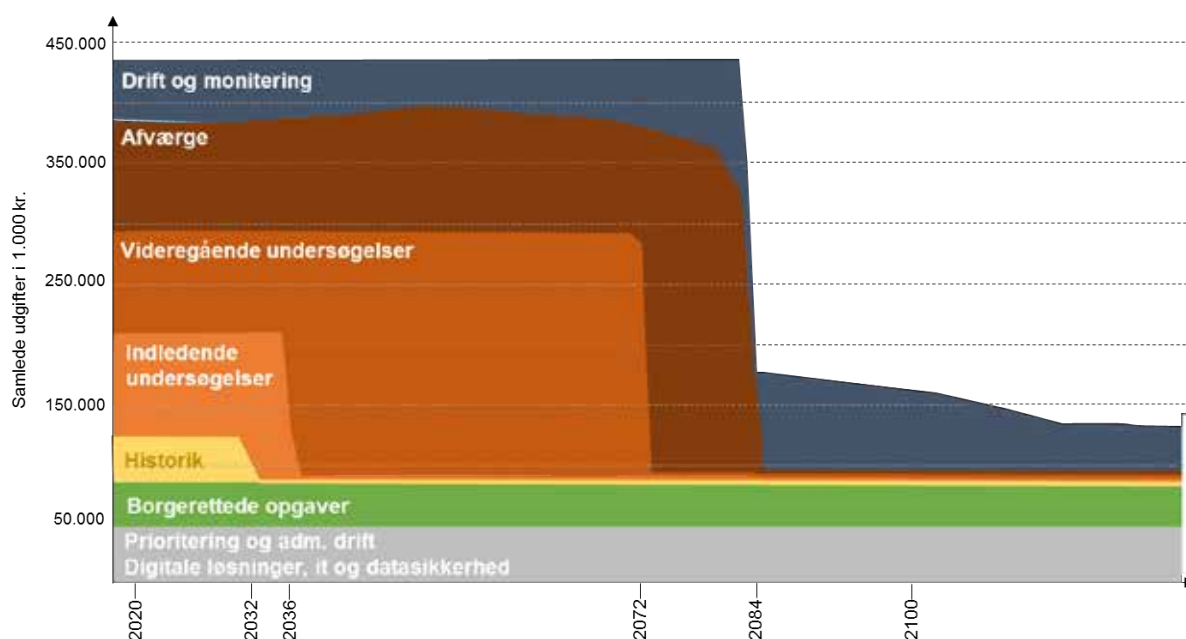
Fordeling af de samlede investeringer på 26 mia. kr. medregnet drift i 30 år på de tre indsatsområder: overfladevand, grundvand og arealanvendelse. Generationsforureninger er her medtaget som en særskilt indsats under henholdsvis overfladevand og grundvand.



Opgavens løsning som den kunne se ud med for de forskellige faser, her med en afslutning af drift efter 30 år.

Økonomiske råderum til prioritering

I 2017 havde regionerne et budget på 434 mio. kr. til jordforurening. Heraf blev 44 mio. kr. anvendt på drift af tekniske oprensningsanlæg og monitorering, 55 mio. kr. på 1-årsboligundersøgelser og værditabsordningen og 85 mio. kr. på borgerrettede opgaver, prioritering og administrativ drift, digitale løsninger, it og datasikkerhed. Det svarer til, at 40 % af regionernes midler er bundet, mens de resterende 60 %, dvs. 250 mio. kr., er det beløb, regionerne har til rådighed til prioritering af kortlægning, undersøgelser og oprensning af jordforurening.

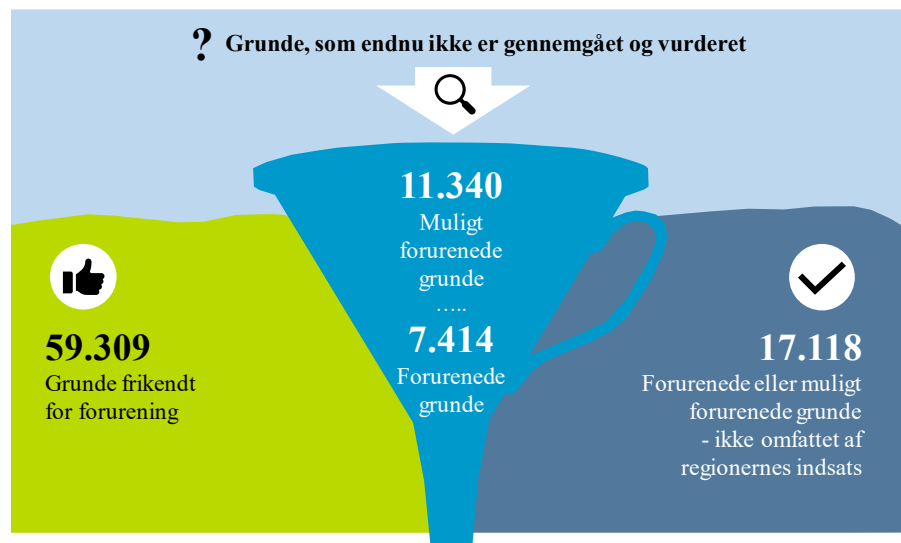


På sigt vil de 55 mio. kr. til 1-årsboligundersøgelser og værditabsordningen blive mindre og måske falde helt væk, mens der stadig vil være bundet midler til såvel drift af tekniske oprensingsanlæg og monitorering som borgerrettede opgaver, prioritering og administrativ drift samt digitale løsninger, it og datasikkerhed. I prognosen har regionerne forudsat, at borgerrettede opgaver, prioritering og administrativ drift samt digitale løsninger, it og datasikkerhed også kan holdes på de 85 mio. kr. i fremtiden.

Opgaven er ikke endelig

Jordforureningsopgaven har traditionelt været anset som en endelig opgave, som slutter på et tidspunkt. Der forekommer imidlertid til stadighed situationer, hvor der til trods for den skærpede miljølovgivning opstår herreløse forureninger, hvor der ikke kan gives påbud enten pga. konkurs, manglende bevisbyrde eller af andre årsager. Dertil kommer løbende ændringer af fysiske forhold, som bl.a. vandindvindingsstruktur, der stiller nye krav til den offentlige indsats og ændrer på kravene til den nuværende indsats. I dag er konklusionen derfor, at omfanget af forurenede grunde er så stort, at det ikke er realistisk at tale om en endelig oprensingsopgave, hvor regionerne tager fat fra den ene ende og renser op til oprindelig tilstand. Det er derimod realistisk at opnå et overblik over de forurenede grunde og løbende prioritere de forureninger, der udgør en konkret risiko, til en indsats.

Regionernes indsats illustreret i filtermodellen med status for regionernes arbejde ved udgangen af 2017. Bemærk den store andel af grunde, der forbliver kortlagt – men uden behov for offentlig indsats.



Regionerne forventer, at de fleste grunde, der kortlægges, forbliver kortlagt som forurenede, når en oprensning er gennemført. Det skyldes, at oprensningen er rettet mod at sikre den aktuelle anvendelse og ikke mod at fjerne forureningen helt. I dag anser regionerne derfor jordforureningsopgaven som en kombination af en endelig kortlægnings- og oprensningsopgave, der stort set vil være løst i 2084 set som gennemsnit, og en vedvarende opgave, der dels omfatter drift af tekniske oprensingsanlæg og monitorering, og dels omfatter borgerrettede opgaver, prioritering og administrativ drift, digitale løsninger, it og datasikkerhed.

Betydning af opgavens lange tidshorisont

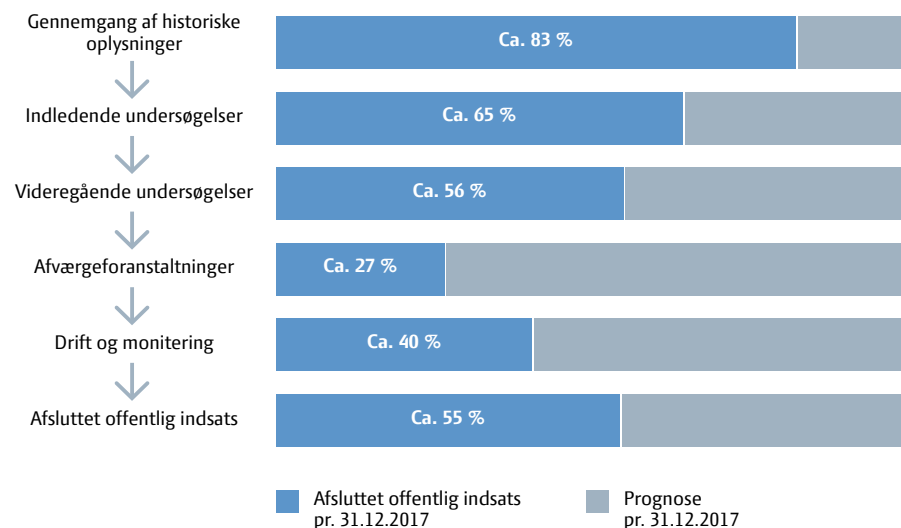
Regionerne håndterer fortrinsvis jordforureninger, som er sket i 1960'erne og 1970'erne. Prognosen viser, at den sidste afværge forventes etableret i 2084 set som gennemsnit eller i 2120 i den region, som bliver sidst færdig med opgaven – dvs. op mod 150 år efter at forureningen er sket. Særligt forureninger med højmobile stoffer som klorerede opløsningsmidler og pesticider kan have lange forureningsfaner, og det kan ikke udelukkes, at deres udbredelse vil kunne udvides yderligere i de næste 50-100 år.

Dette vil betyde, at flere vandforsyninger vil blive ramt af forurening, og i praksis vil regionerne i højere grad blive nødt til også at oprense forureningsfaner fremfor blot selve forureningskilden. Dette tager prognosen ikke højde for. At vente med at håndtere de højmobile forureninger i adskillige årtier vil sandsynligvis fordyre opgaven og medføre forurening af forsyningsboringer, som hidtil har været rene. Dette vil kunne kvantificeres nærmere ved beregninger. Der er derfor vigtigt, at regionerne reelt har et prioriterbart rum til at håndtere højmobile forureninger.

Status for opgaven

Når vi ser på den samlede jordforureningsopgave, vurderer regionerne, at der ved udgangen af 2017 var gennemført 83 % af alle forventede historiske kortlægninger, 65 % af alle forventede indledende undersøgelser, 56 % af alle forventede videregående undersøgelser og 27 % af alle forventede oprensninger.

Hele prognosen kan læses på: <https://www.miljoeogressourcer.dk/>



Samarbejde om udvikling af ny potentiel klimavenlig oprensningsmetode



Oprensning på Søllerød Gasværk, 2018

*Af Katerina Hantzi,
civilingeniør|special-
konsulent, Region
Hovedstaden og
Thomas Hag, journalist,
HAG PR & Kommunikation*

På tværs af Øresund har danske og svenske eksperter arbejdet på at udvikle en ny metode, der skal mixe sig frem til ren jord og samtidig gøre oprensningen mindre energikrævende. Bag projektet står Region Hovedstaden (RH), Sveriges geologiska undersökning (SGU) og Statens geotekniska institut (SGI). Projektet blev fulgt af Region Sjælland, og det fik faglig rådgivning af Annika S. Fjordbøge fra DTU Miljø samt af COWI A/S og Geosyntech. Efter to og et halvt års arbejde i laboratoriet hos den svenske partner SGI med at udvikle og optimere soil mixing-metoden til oprensning af chlorerede opløsningsmidler kunne resultaterne af projektet "Hållbar Soil Mixing" publiceres i juni 2020.

Baggrund

I Region Hovedstaden arbejder vi løbende med udvikling og forbedring af eksisterende metoder med henblik på at udvikle stadig billigere, mere effektive og mindre miljøbelastende undersøgelses- og oprensningsteknikker.

Vi har således god erfaring med brug af soil mixing til oprensning af tjærestoffer på kildegrunden (se foto), men når vi anvender metoden på chlorerede opløsningsmidler kommer vi til kort. Det skyldes primært, at jorden efter behandlingen er meget blød og ikke egner sig til at bygge på. Vi vender derfor gang på gang tilbage til de metoder i værktøjsskassen, som vi har stor erfaring med, og som vi ved virker; termisk opvarmning, afgravning på kildegrunden samt afværgpumpning, når vi ønsker at begrænse forureningens udbredelse i grundvandet.

Disse metoder er energikrævende og kan være omkostningstunge, især når der er tale om oprensning af blot en enkelt grund. Prisen afhænger af forureningens udbredelse og dybde samt af tilgængeligheden på grunden. Oprensning af en enkelt grund med f.eks. chlorerede opløsningsmidler koster oftest minimum 10 mio. kr. Et afværgeanlæg, som skal afskære en forurening, koster typisk 3-5 mio. kr. at etablere og skal oftest køre i mange årtier med løbende energiforbrug og høje omkostninger. Regionen driver ca. 100 afværgeanlæg, som afskærer vand- eller luftbåren forurening fra at påvirke grundvandsressourcer eller indeklima. Det høje ressourceforbrug betyder, at indsatsen med at rense de forurenede grunde går langsomt, og nogle oprensninger må afvente i mange år, før de igangsættes.

Interreg

Øresund-Kattegat-Skagerrak
European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION



Dansk-svensk samarbejde om jordforurening

For at komme problemstillingen med den bløde jord til livs, allierede vi os med to partnere på den anden side af sundet. SGU og SGI. Det gjorde vi for at lære af de svenske erfaringer i forhold til stabilisering af jordmasser, der er et teknisk område, vi ikke har stor erfaring med, men som vores svenske samarbejdspartnere har stor ekspertise i. Vi gjorde det også for at videndele og på sigt sikre et potentielt større marked samt øge efterspørgslen på nye metoder både hos bygherrerne og blandt entreprenørerne.

Projektet blev delvis finansieret af EU's udviklingsfond Interreg Øresund-Kattegat-Skagerrak. Hållbar Soil Mixing er det første samarbejdsprojekt om jordforurening mellem danske og svenske myndigheder.

SGU's opgaver svarer meget godt til de opgaver, regionerne løser på jordforureningsområdet – der er således mange lighedspunkter i vores arbejde, men selvfølgelig også forskelle. Det var således meget lærerigt at få et indblik i, hvordan f.eks. udbudsopgaver, som vi også løser til dagligt i regionerne, bliver løst i Lund, hvor SGU har kontor. Det resulterede i et fælles udbud af rådgiveropgaven, som var knyttet til projektet.

SGI har bl.a. kontor i Malmø, men deres laboratorier ligger i Linköping, ca. fem timer med toget fra København. De samarbejder til dagligt med SGU og kommer med faglige input til SGU's arbejde. SGI har også meget stor ekspertise i stabilisering af jord og har således et stort geoteknisk laboratorium. Derudover har de også et miljølaboratorium, hvor prøverne til vores projekt blev præpareret, og en ny metode til at spike moræneler med chlorerede opløsningsmidler blev udviklet.

Udvikling af laboratoriemetode

Forsøgene blev udført på uforurenede dansk moræneler fra Region Hovedstaden, som blev projektets "modeljord". Jorden blev tilsat TCE (trichlorethylen) i laboratoriet for at efterligne den forurenede jord fra felten. Vi valgte denne strategi for at kunne replicere forsøgene i et forsøg på at kontrollere mængden af TCE i hver jordprøve.

På tidspunktet for projektets opstart var der udført forsøg med tilsætning af TCE til sand, men introduktion af moræneleren krævede udvikling af en helt ny metode til spikning af prøverne, som tog højde for TCE's store flygtighed. Metoden blev udviklet på SGI's miljølaboratorium i tæt samarbejde med Annika S. Fjordbøge fra DTU Miljø, og den er beskrevet i den tekniske rapport om laboratorieforsøgene. Rapporten er at finde under "Publikationer" på projektets hjemmeside (se link nederst i artikel).

Udvikling af recept og resultater

Gennem projektet testede vi forskellige recepter, dvs. kombinationen af forskellige jernreaktanter og bindemidelsblandinger. Det gjorde vi for at finde frem til den eller de mest egnede opskrifter på en reaktant, der nedbryder TCE-forureningen, alt imens bindemidlet hærder moræneleren, og gør den så stabil, at man kan bygge oven på den efter endt oprensning.

Vi startede med Pakke A, hvor vi screenede fire forskellige reaktanter i laboratoriet og testede, hvor godt de nedbrød forureningen i vores modeljord.

I figur 1 ses udviklingen i prøvernes hårdhed over tid for de reaktanter, der blev testet i pakke A. Prøver tilsat reaktant er sammenholdt med kontrolprøver, hvor der sker en tilsvarende udvikling i hårdheden. Dermed bliver kontrolprøverne håndteret på samme måde som prøverne, hvor der er tilsat reaktant, når der måles for indhold af TCE over tid.

Ved samtlige afprøvede recepter i Pakke A opnåede vi god nedbrydning af TCE inden for relativt kort tid (dage). Hurtigst var recepten med sulfideret nulvallent jern (S-nZVI) samt en recept med Fe^{2+} i form af FeCl_2 .

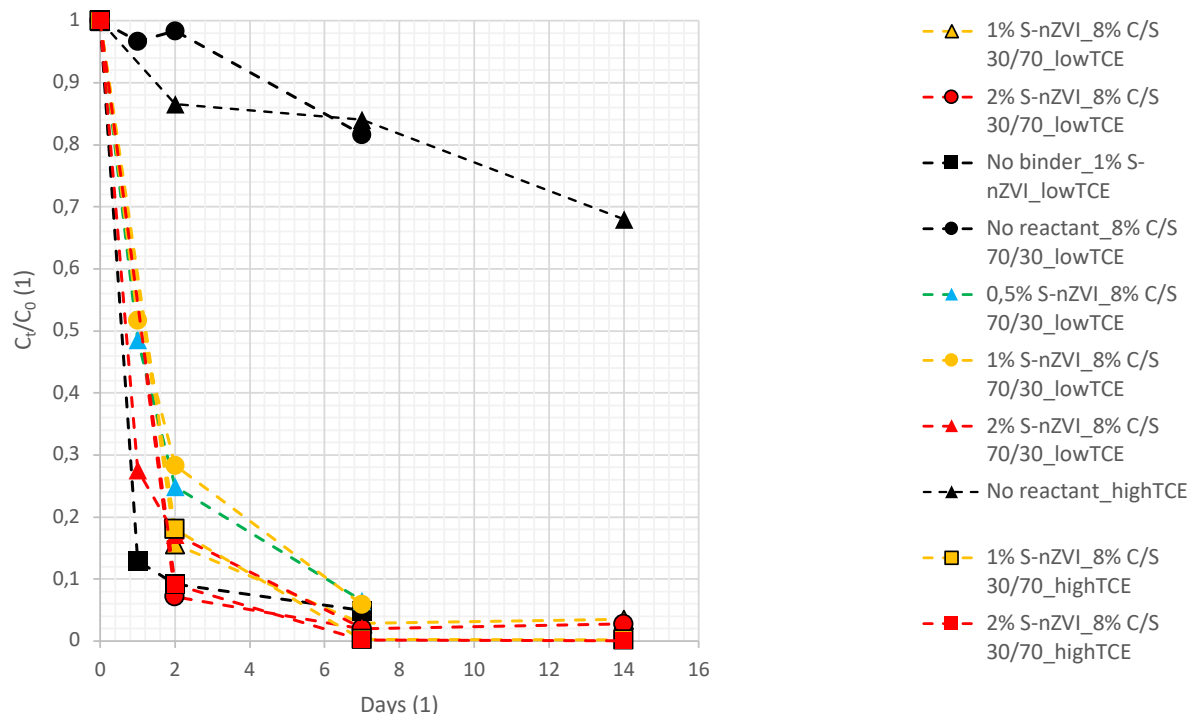
S-nZVI blev på baggrund af screeningen og litteraturstudium vurderet at have det største potentiale, bl.a. fordi reaktanten ikke er pH-afhængig. Det blev derfor besluttet at arbejde videre i laboratoriet med optimering af recepten med denne reaktant. Det arbejde blev gennemført under Pakke B.

Her blev der registreret stor reduktion i TCE-koncentrationerne, selv i opskriften med det laveste indhold af S-nZVI, se figur 2. Det blev også observeret en sammenhæng mellem mængden tilsat S-nZVI og reduktionen af TCE. Det målte fald i TCE-koncentrationen i jordprøverne over tid vurderes på baggrund af kontrolprøverne at stamme fra nedbrydning af forureningen og ikke fra f.eks. afdampning.

FIGUR 1 PAKKE A. UDVIKLING AF JORDPRØVERNES HÅRDHED OVER TID.



FIGUR 2 PAKKE B. NEDBRYDNING AF TCE I PRØVER AF MODELJORD.



På x-aksen ses tid (dage) efter behandling (iblanding af reaktant og bindemiddel). På y-aksen ses andelen af TCE, som er tilbage i prøverne på et bestemt tidspunkt i forhold til startkoncentrationen C_0 .

I projektet har vi valgt at basere vores forsøg på uforurenet jord, som er spiket/tilsat TCE, og ikke på lokalitetsspecifik jord, hvor forureningen har haft tid til at "modne" og trænge ind i jordmatricen. Denne del af forureningen vil være mindre tilgængelig for reaktanten. Det kan give en forkert opfattelse af, at al forurening i jorden på en forurennet lokalitet er umiddelbart tilgængelig for oprensning. De områder, hvor forureningen har haft tid til at trænge ind i jordmatricen, har brug for mere tid, til at reaktanten kan komme i kontakt med forureningen. Det modarbejdes af, at blandingen af reaktant og bindemiddel hærdner inden for få dage, og dermed kan reaktanten ikke trænge yderligere ind i jordmatricen og nedbryde forureningen.

Hvis man vælger at fortsætte med laboratorieforsøgene, anbefaler vi at gøre det på jord fra en (stærkt) forurennet lokalitet, svarende til SGI's anbefaling om forsøg på "naturligt lagrad TCE-förorenad lermorän". Det vil sige jord, som allerede er forurennet med en "gammel" forurening, og hvor man ikke behøver at tilsætte/spike jorden med chlorerede opløsningsmidler. Man skal ikke tilsætte mere vand til den lokalitetsspecifikke jord end det naturligt forekommende vandindhold. Hvis man går videre med pilotforsøg anbefaler vi, at man tager udgangspunkt i den optimale recept fra pakke B og laver små justeringen undervejs. Man kan også prøve at arbejde med forskellige teknikker eller teknisk udstyr til at blande jorden med reaktant og bindemiddel under pilotforsøgene.



TABEL 1 ESTIMERET ENERGIFORBRUG OG EMISSION AF DRIVHUSGASSER FOR TERMISK OPRENSNING OG OPGRAVNING SAMMENLIGNET MED SOIL MIXING MED S-NZVI.

	Termisk oprensning ved ISTD	Opgravning med ekstern jordbehandling inkl. spunsvæg
Energibesparelse		
Oprensningsdybde 8 m	32%	-23%
Oprensningsdybde 16 m	0%	14%
Emission af drivhusgasser		
Oprensningsdybde 8 m	10%	-34%
Oprensningsdybde 16 m	-17%	-10%

På jagt efter en mere energivenlig metode

På baggrund af resultaterne af Pakke B er der gennemført en livcyklusanalyse. I analysen sammenlignes soil mixing med de to traditionelle afværgemetoder for kildeoprensning, hhv. opgravning ved brug af spuns og ekstern rensning af forurenede jord samt termisk oprensning med etablering af borer til varmeledning. Basisscenariet i analysen for soil mixing er defineret af resultaterne af laboratorieforsøgene under pakke B. Desuden er der udført følsomhedsvurderinger i forhold til følgende scenarier:

- Lavere koncentration af S-nZVI
- Anvendelse af FeCl_2 i stedet for S-nZVI
- Anvendelse af hhv. 10 % og 12 % bindemiddel (cement/slag)
- Anvendelse af cementtypen multicem/kalk (70 % / 30 %) i stedet for cement/slag

Resultaterne er forbundet med en række antagelser, og resultaterne skal derfor anvendes med omtanke.

Livscyklusanalysen er at finde under "Publikationer" på projektets hjemmeside (se link nederst i artiklen).

Potentiel energibesparelse

Sammenligning af basisscenariet med de to traditionelle opremsningsmetoder i analysen resulterer i et energiforbrug på 3.960 GJ og en emission af 380 tons CO_2 ækvivalenter. Dette energiforbrug er ca. 30 % lavere end det tidligere beregnede, hvor der blev anvendt traditionel ZVI (jern) i en koncentration på 1,8 % og en cementtilsætning på 5 %.

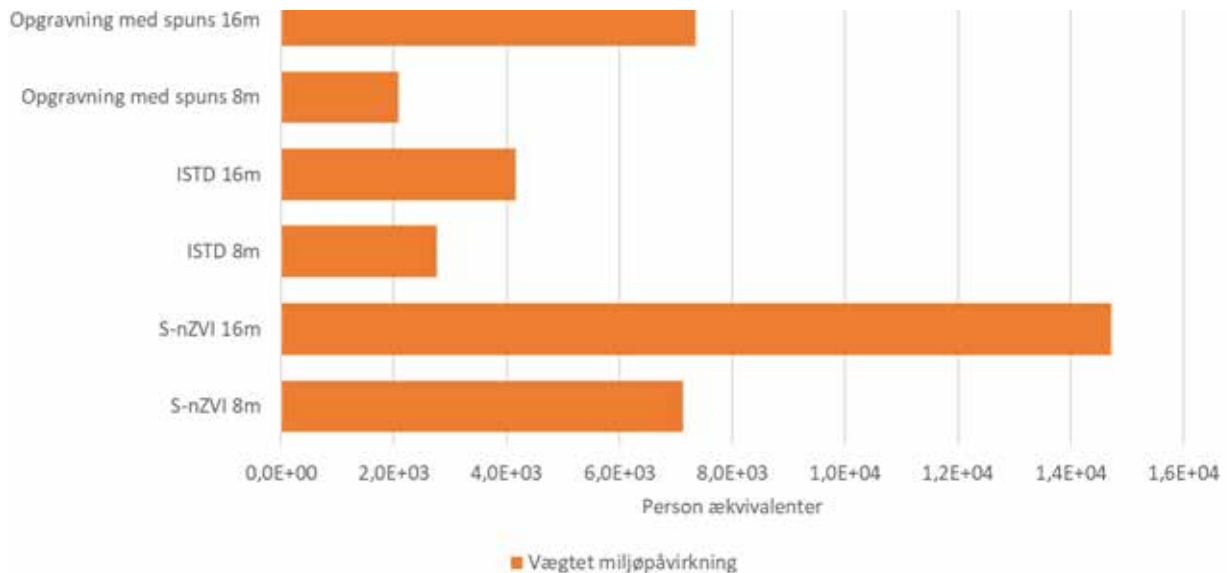
Tabel 1 angiver det estimerede energiforbrug/miljøpåvirkninger i forhold til basisscenariet. Positive værdier i tabel 1 angiver besparelser i energi eller miljøpåvirkninger i forhold til basisscenariet, mens negative værdier angiver forøgede energiforbrug og miljøpåvirkninger i forhold til basisscenariet.

Af tabel 1 fremgår, at soil mixing med S-nZVI til 8 m u.t. har et energiforbrug, der er 32 % lavere end oprensning ved brug af ISTD til 8 m u.t., mens opgravning med ekstern jordbehandling, inkl. spunsvæg til 8 m's dybde, har et energiforbrug, der er 23 % lavere end soil mixing med S-nZVI til 8 m u.t.

Sammenfattende ses således et lavere energiforbrug i forhold til termisk oprensning ved ISTD for en opremsningsdybde på 8 m, og ved en opremsningsdybde på 16 m ses det, at energiforbruget er det samme ved soil mixing med S-nZVI og ved ISTD. Der ses et højere energiforbrug for soil mixing med S-nZVI i forhold til opgravning med spunsvæg i en opgravningsdybde på 8 m, mens energiforbruget er lavere ved oprensning til 16 m u.t.

Med hensyn til emission af drivhusgasser ses det, at det kun er i forhold til ISTD-oprensning til 8 m u.t., at der er lavere udledning af drivhusgasser, mens der for ISTD til 16 m samt opgravning med spuns til hhv. 8 og 16 m u.t. er en forøget emission.

FIGUR 3 VÆGTEDE RESULTATER FOR AFVÆRGEMETODERNE I PERSON ÆKVIVALENTER.



Høj miljøpåvirkning

Det ses af figur 3, at de potentielle miljøpåvirkninger for soil mixing med S-nZVI er markant højere end miljøpåvirkningerne fra de andre afværgemetoder. Det skyldes primært brugen af S-nZVI, som giver anledning til relativt store miljøpåvirkninger.

Data fra producenten af S-nZVI er fortrolige. Af de bagvedliggende data i analysen ses det dog, at det primært er indikatorerne toksicitet og eutrofiering, der giver anledning til størstedelen af de samlede miljøpåvirkninger.

Det er COWI's erfaring fra en lang række andre studier, at særligt metoden til beregning og vurdering af disse indikatorer er behæftet med ganske stor usikkerhed.

Miljøpåvirkningerne er meget sensitive i forhold til brugen af S-nZVI, og miljøpåvirkningerne næsten halveres, når forbruget af S-nZVI halveres i forbindelse med følsomhedsvurderingen.

Beregninger med FeCl_2 som reaktant i stedet for S-nZVI, giver også en lavere miljøpåvirkning, idet produktion af FeCl_2 ikke er så energikrævende som produktionen af S-nZVI. Det fremgår af analysen, at soil mixing nu er den foretrukne miljømæssige oprensningsmetode ved brug af FeCl_2 .

Det er altså vigtigt, inden man går videre med valg af reaktant, at man går dybere ind i forståelsen af beregningen af miljøpåvirkningerne og afdækker, hvilke indikatorer der er væsentlige for livscyklusanalysen.

Det kan således overvejes at minimere forbruget af S-nZVI yderligere og undersøge muligheden for at benytte FeCl_2 i stedet eller en kombination af begge. Dette har også betydning for de økonomiske perspektiver for metoden, idet budgettet for en oprensning med soil mixing vil variere væsentligt med mængden af reaktant, der anvendes.

Ny viden kan bruges af andre

LCA-analysen bringer ny og væsentlig viden, vi kan drage nytte af i andre sammenhænge, f.eks. i forbindelse med udvikling af nye metoder til oprensning af andre typer forurening, som også baserer sig på nedbrydning af forureningen med jernreaktanter.

Det er også afgørende, at der udføres lokalitetsspecifikke laboratorieforsøg for at vælge den bedste reaktant og fastlægge den optimale koncentration, før der udføres oprensning i felten.

Med lokalitetsspecifikke forsøg menes, at forsøgene udføres på jord fra en (stærkt) forurenede lokalitet. Det vil sige jord, som allerede er forurenede med en "gammel"

forurening, hvor forureningen har haft tid til at "modne" og trænge ind i jordmatricen. Denne del af forureningen vil forventeligt være mindre tilgængelig for reaktanten. Et opmærksomhedspunkt ved overførsel af resultatet af laboratorieforsøgene til felten vil derfor være de områder, hvor forureningen har haft tid til at trænge ind i jordmatricen. Her vil reaktanten alt andet lige have brug for mere tid til at komme i kontakt med forureningen. Det modarbejdes af, at blandingen af reaktant og bindemiddel hærder inden for få dage, og dermed kan reaktanten ikke trænge yderligere ind i jordmatricen og nedbryde forureningen.

Når det er sagt vurderes det også, at metoden er klar til at blive testet i felten. Hvis man går videre med pilotforsøg, anbefaler vi, at man tager udgangspunkt i den optimale recept fra pakke B og laver små justeringer undervejs.

Man kan også prøve at arbejde med forskellige teknikker eller teknisk udstyr til at blande jorden med reaktant og bindemiddel under pilotforsøgene.

Projektet er en vigtig trædesten

For nuværende har Region Hovedstaden ikke planer om at teste metoden. Vi er i gang med at samle op på den ekstensive viden, vi har været med til at generere i løbet af de sidste 12 år og betragter den viden, vi har oparbejdet gennem projektet, som en vigtig trædesten til opbygning af den kollektive erfaring inden for jordforureningsområdet. Hermed fortsætter vi arbejdet med at udvikle stadig billigere, mere effektive og mindre miljøbelastende oprensningsteknikker til gavn for både Danmark og potentielt Sverige.

Lær mere på: www.regionh.dk/soilmixing

Fakta om Hållbar Soil Mixing

- Projektperiode: 1. sep. 2017 – 29. feb. 2020
- Det samlede budget var på 10 mio. kr.
- EU's regionale udviklingspulje Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak har støttet projektet med 5 mio. kr.

Interreg
Öresund-Kattegat-Skagerrak
European Regional Development Fund

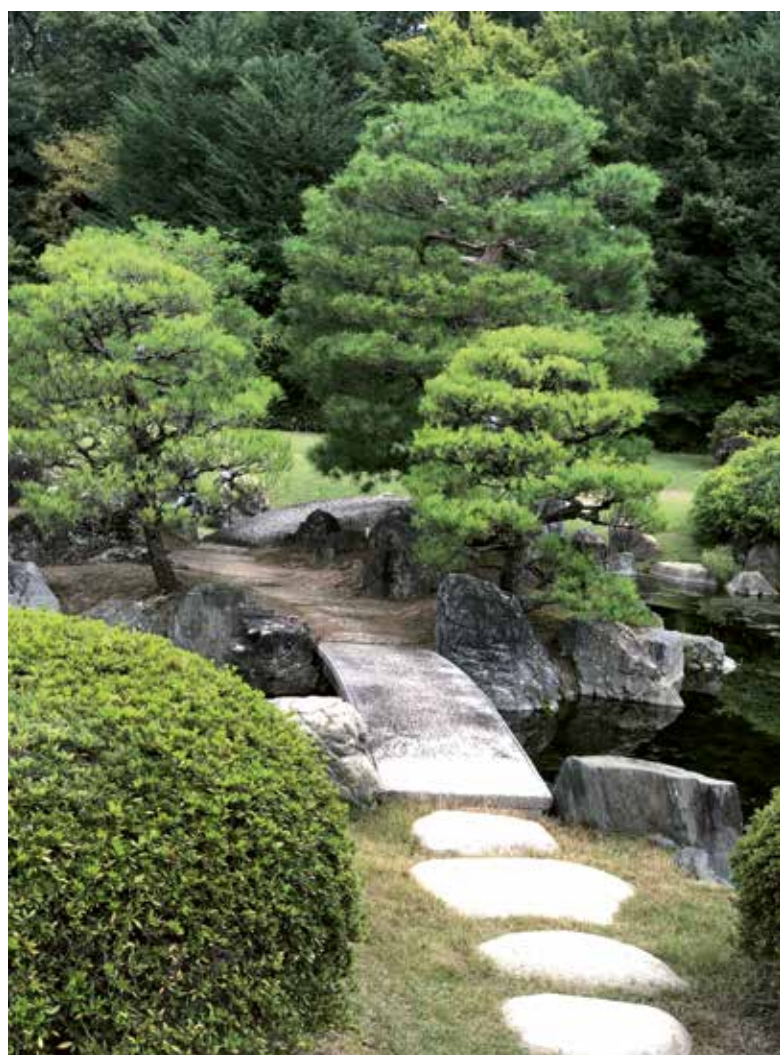


SGU
Sveriges geologiska undersökning



Region Hovedstaden

Statens geotekniska institut





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 m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner.

1. Jura, økonomi og politik

Nye love, bekendtgørelser og vejledninger

Vejledning om indberetning og godkendelse af vandfor-
syningsdata i Jupiterdatabasen, [VEJ nr. 9391 af 29/05/2020](#)

Spørgsmål til Miljøministeren (§ 20)

[S 1386](#) om at bo tæt på grusgrave.

[S 1332](#) om at bidrage til oprensningen af malakitgrønt
i Turbinesøerne ved Randbøldal.

Regionernes arbejde med jordforurening 2019

Redegørelsen "Fra indsigt til udsyn" beskriver regionernes
arbejde med indsatsen mod jordforurening i 2019.

Af Danske Regioner, juni 2020 (ISBN nr. 978-87-7723-929-8).
Læs hele udgivelsen på [miljoeogressourcer.dk](#)

Regeringen bør prioritere grundvandsbeskyttelsen

Efter Danske Regioners fremlæggelse af en samlet plan
for oprydning af de ti største forureninger i Danmark giver
Danske Vandværker i denne artikel udtryk for bekymring
for, at regionerne kan blive tvunget til at tage pengene
dertil fra grundvandsbeskyttelsen, idet der hovedsageligt
er tale om forureninger, der alene truer overfladevand.
I artiklen uddybes denne bekymring, mens regionernes
indsats med opsporing af pesticidpunktkilder samtidigt
fremhæves som væsentlig og nødvendig i forhold grund-
vandsbeskyttelsen.

Af I. R-A. Friis (Danske Vandværker), Vandposten, nr. 224,
juni 2020, s. 34-35.

2. Stoffer

Forekomst og udvaskning af problematiske stoffer i udvalgte affaldsfraktioner af beton og tegl

Rapporten fra dette projekt beskriver, hvordan der gen-
nem prøvetagning, analyser og testning er tilvejebragt
data om indholdet af en række potentielt miljøproblema-
tiske stoffer i udvalgte affaldsfraktioner af beton og tegl
og om den mulige udvaskning og spredning af disse, hvis
materialefraktionerne nyttiggøres til bygge- og anlægs-
formål på nedknust form. Resultaterne af projektet samt
forudgående undersøgelser forventes at skulle indgå
i arbejdet med en kommende revision af restprodukt-
bekendtgørelsen.

Af O. Hjelmar, J. Hyks, R.M. Rosendal (Danish Waste Soluti-
ons ApS), T. Hougaard, M. Ekblad (Golder Associates A/S),
J.B. Hansen (Norrecco A/S), Miljøprojekt nr. 2143, juli 2020
(ISBN nr. 978-87-7038-204-5). Læs mere på [mst.dk](#)

3. Geologi

Samling af geologiske modeller i Jylland

Med henblik på at forbedre og opdatere det faglige grundlag for vandområdeplanerne 2021-2027 har Miljøstyrelsen samlet de geologiske og hydrostratigrafiske modeller i Jylland i en samlet model (Jyllandsmodellen). I den forbindelse er mere end 150 eksisterende modeller blevet evalueret og kvalitetsbedømt. Modellen opdateres løbende, og i fremtiden vil databasen med tolkningspunkter samt justerede lagflader være placeret hos GEUS, som sammen med Miljøstyrelsen arbejder på at få opbygget en 3D-database, der opfylder fremtidige behov for anvendelsen af data.

Modellens opbygning og de metoder, som ligger til grund for modellen, er beskrevet i en [rapport](#) med tilhørende [bilag](#) og [appendiks](#).

Nyhed fra Miljøstyrelsen den 1. juli 2020.

4. Indeluft

Retningslinjer for udtagning af luftprøver ved forureningsundersøgelser

Formålet med rapporten har været at sammenskrive opdaterede fælles retningslinjer (best practice) for udtagning af luftprøver i forbindelse med forureningsundersøgelser og inkludere den nyeste viden, både med hensyn til strategiske overvejelser og praktiske anvisninger til prøvetagningen i felten. De opdaterede retningslinjer skal være med til at sikre, at regionernes poreluft- og indeluftundersøgelser foretages på et ensartet grundlag, som kan medvirke til at skabe et undersøgelsesgrundlag, der kan lægges til grund for robuste risikovurderinger og dermed en god sikkerhed i de administrative afgørelser, der træffes på baggrund heraf.

Af T. Jepsen, M. Flyhn, P. Loll (DMR A/S) for Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, Teknik & Administration nr. 1, 2020. Læs mere på miljoeogressourcer.dk

Anvendelse af membraner til sikring af indeluft. Erfaringsopsamling og 'god praksis'

Projektet har haft til formål at indsamle viden om anvendelse af membraner til sikring mod afdampning fra flygtig jord- og grundvandsforurening til indeluften i bygninger og omhandler dels membraners anvendelse i eksisterende byggeri og ved nybyggeri.

Rapporten er baseret på dels et litteraturstudie og dels en erfaringsopsamling, og den har til hensigt at bidrage til en bedre forståelse af formålet med anvendelsen af membraner i afværgetiltag i forbindelse med jordforureninger, herunder arbejdet med og etableringen af membraner og den efterfølgende udførelse af tæthedsprøvning. Der er blandt andet inddraget erfaringer fra sikring af bygninger mod radon samt sikring af vandtæthed af bygnings- og anlægskonstruktioner.



5. Grundvand

For at membranen kan bidrage til en samlet mere robust afværgeforanstaltning, kræver det, at membranløsningen udføres teknisk korrekt (med særlig fokus på samlinger), så den forbliver lufttæt, og det stiller blandt andet krav til uddannelse af de udførende håndværkere. Desuden er det af afgørende betydning, at den monterede membran ikke beskadiges senere i byggeprocessen. Endelig er udførelse af forskellige former for kontrol af den etablerede membrans tæthed et vigtigt element.

Af B.N. Hoffmark, T.V. Bote, J.M. Frederiksen (COWI A/S), K.B. Mortensen, K.R. Thygesen (Region Syddanmark), A. Rokkjær (Region Hovedstaden/Lyngby-Taarbæk Forsyning) og T.V. Rasmussen (SBI, AAU), Miljøprojekt nr. 2144, juni 2020 (ISBN nr. 978-87-7038-206-9). Læs mere på mst.dk

Massescreening af grundvand fortsætter

Miljøstyrelsen er på vej med en ny massescreening af pesticider i grundvandet. Vandprøverne skal udtages i løbet af dette efterår, og resultatet forventes klar i begyndelsen af 2021. Screeningen skal skabe overblik over udbredelsen af pesticider og deres nedbrydningsprodukter og danne grundlag for en vurdering af, om de eksisterende kontrol- og overvågningsprogrammer er tilstrækkelige.

Af S. Bærentzen (Danske Vandværker), Vandposten, nr. 224, juni 2020, s. 32-33.

Vejledning om boringsnære beskyttelsesområder (BNBO)

Vejledningen vedrører den målrettede beskyttelse af grundvandet i BNBO, som er et led i arbejdet for at sikre den nuværende og fremtidige drikkevandsforsyning. Den er udarbejdet for at imødekomme ny regulering fra 1. januar 2020 samt skabe klarhed om den samlede vejledning om BNBO, som alle interessenter nu nemmere kan finde samlet ét sted.

Af Miljøstyrelsen, Vejledning nr. 45, juni 2020 (ISBN nr. 978-87-7038-195-6). Læs mere på mst.dk

Grundvand er ikke bare grundvand

Artiklen indeholder en kort beskrivelse af primært de naturligt forekommende stoffer, vi finder i grundvandet (kalk, fluorid, svovl, methan, jern, mangan, salt, chloroform, nikkel og arsen) og variationen i indholdet af disse afhængigt af, hvor i landet man befinder sig.

Af T. Kofod, S. Bærentzen (Danske Vandværker), Vandposten, nr. 224, juni 2020, s. 27-29.





6. Overfladevand

Vurdering af klimaændringers påvirkning af vandmiljøet i forhold til ændringer af grundvandsstanden

Rapporten indeholder nye modelleringer og viser, hvordan grundvandsstanden påvirkes af klimaforandringer. Hvis udledningen af drivhusgasser fortsætter som hidtil, vil vi ifølge rapporten nogle steder se markante grundvandsstigninger, samtidig med at andre steder vil opleve et fald. Risikoen for både oversvømmelser og tørke skal således tænkes ind i klimatilpasningstiltagene.

Af H.J. Henriksen, A. Jakobsen, T. Sonnenborg (GEUS), Rapport 2020/17, juni 2020. Læs mere på geus.dk

Datering af grundvand og grundvandsforurening

Artiklen redegør for, hvilke muligheder og begrænsninger der er for at aldersbestemme forurenede grundvand i drikkevandsboringer. Typisk anvendes metoder baseret på naturligt forekommende radioaktive sporstoffer (som tritium, argon og krypton) til at bestemme grundvandets alder, men drikkevandsboringer har typisk lange vandindtag, hvilket gør det svært at aldersdatere grundvandet, da alderen varierer med dybden. I stedet er anvendt dybdespecifik vandprøvetagning ved separationspumpning, sporstofanalyser og aldersberegning med den såkaldte TracerLP-model kombineret med partikelbanesimuleringer. Med metoden vurderes det muligt at indsnævre alder og geologisk oprindelse af en forurening, hvor geologien er simpel og homogen (primært sandede aflejringer), fx som i artiklens eksempel med pesticiderne dichlorprop og bentazon. I en mere kompleks geologi er tolkning af resultaterne vanskeligere.

Af C.N. Albers, R. Jakobsen, J. Aamand, K. Hinsby, J. Kidmose, P. van der Keur (GEUS), Vand & Jord nr. 2, maj 2020, s. 47-50 (ISSN 0908-7761).

Adgang til data om kemi i vandmiljøet

For at beskytte dyr og planter i vandmiljøet mod uacceptable mængder af kemikalier fastsætter Miljøstyrelsen kvalitetskriterier for en række kemiske stoffer. Baggrunden for disse kriterier, dvs. beregninger, modeller og antagelser om stoffernes effekter på de dyr og planter, der lever i vandet, kan nu ses på mst.dk, hvor 143 datablade med faglige begrundelser for fastsættelse af miljøkvalitetskriterier for kemiske stoffer i vandmiljøet fremgår.

Nyhed fra Miljøstyrelsen den 18. august 2020.

7. Andet

Tætte samlinger af forerør

Samlinger af forerør har altid været et svagt punkt i boringskonstruktionen, og utætte samlinger kan medføre indsvivning af overfladevand eller vand fra øvre magasiner og dermed risiko for forurening af dybereliggende grundvandsmagasiner. Risikoen er betydelig større, hvis der ikke er en effektiv forerørsforsegling mellem rør og det omgivende jordlag. I artiklen beskrives resultatet af et årelangt samarbejde mellem Foreningen af Danske Brøndborere og Rotek, der har ført til designet af en ny type dobbeltmuffe med flere forskellige tætningsselementer, som er monteret på forhånd, så det er hurtigt og effektivt at samle i felten. Af J. Baumann (GEO), danskVAND nr. 3, juni 2020, s. 17.

Håndbogen - arbejdsmiljø i bygge og anlæg

Håndbogen er en vejledning om god praksis i håndtering af arbejdsmiljøet inden for bygge- og anlægsbranchen, og om hvordan Arbejdsmiljølovens regler kan følges. Den henvender sig til alle virksomheder og medarbejdere, og til dem i arbejdsmiljøorganisationen, men den er også rettet mod blandt andre projekterende, rådgivere og bygherrens koordinatore.

Af Branchefællesskabet for Arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg, april 2020 (ISBN nr. 978-87-7952-287-9). Læs mere på bfa-ba.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