

A photograph of a drilling rig on a sandy beach at sunset. The rig is a white truck with a tall drilling mast. A person in a white protective suit stands near the rig. In the foreground, a white station wagon is parked. The sky is filled with dramatic, colorful clouds in shades of orange, yellow, and blue.

Overvejelser vedrørende miljøpåvirkninger efter oprensning samt konsekvenser for valg af afværgeteknik – Høfde 42 og den gamle Cheminova Fabriksgrund

Jacqueline Falkenberg, NIRAS

Marianne Plenge, NIRAS

Winnie Hyldegaard, Anja Melvej og Halfdan R. Sckerl, Region Midtjylland

ATV-vintermøde – 7.- 8. marts 2023

midt regionmidtjylland Miljø

NIRAS

Agenda

- ❑ Baggrund og formål
- ❑ Metode og datagrundlag
- ❑ Databasesøgning for alle kritiske stoffer
- ❑ Beregning af teoretiske acceptable jordkoncentrationer for restforurening
 - Høfde 42
 - Den gamle fabriksgrund
- ❑ Areal-vægtet tilgang til fjernelse af forureningsmasse i delområder
 - Høfde 42
 - Den gamle fabriksgrund
- ❑ Konklusion vedr. metoden



Baggrund og formål

Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund

Baggrund

- Begge lokaliteter er blevet undersøgt mange gange, og gennem tiden er der iværksat diverse afværgeforanstaltninger
- Meget data foreligger
- Et udbud på gennemførelse af nødvendige afværgeforanstaltninger skulle udarbejdes.
- Der manglede en oversigt, som fokuserer på mulige miljøpåvirkninger og acceptable mål ved planlægning af afværge

Formål

- At danne et gennemsigtigt grundlag for beslutninger om nødvendige afværgeforanstaltninger over for jordforurening
- At de oprensede arealer skal ikke udgøre en sundhedsmæssig eller miljømæssig risiko for omgivelserne
- At målsætning helst skal opnås uden, at der fortsat drives afværgeanlæg

Baggrund og formål

Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund

Spørgsmål, som skulle besvares, var følgende:

Vil en eventuel restforurening på lavt niveau kunne påvirke miljøet?

Vil den i så fald have betydning for tiltag som

1. In situ oprensning eller ex situ oprensning med genindbygning af jord på Høfde 42 og den gamle fabriksgrund
2. Ex situ oprensning og bortskaffelse af det oprensede jord til andre lokaliteter med fri arealanvendelse
3. Ex situ oprensning og bortskaffelse af det oprensede jord til andre lokaliteter med begrænset arealanvendelse



Metode og datagrundlag

Eksisterende viden og data evalueres

Historik og indledende risikovurdering

- Oversigt over de fundne forureningsstoffer
- Fremtidig arealanvendelse (frit tilgængeligt areal)
- Hovedrisikoen efter afværge vil være knyttet til udvaskning fra diffus restforurening til overfladevand

➤ Høfde 42: Vesterhavet

➤ Den gamle fabriksgrund: Nissum Bredning og Harboøre Fjord (og Knopper Enge)



Oversigt over forureningskomponenter

- Identifikation: navne, forkortelser, formler, strukturer og CAS.nr.
- Søgning efter fysisk-kemiske egenskaber, især fordelingskoefficienter mellem jord og vand
- Identifikation af miljøkvalitetskrav (MKK) for havvand

Stofnavn	Forkortelse eller kemisk navn	Høfde 42	Den gamle Cheminova fabriksgrund	Miljøkvalitetskrav i havvand µg/l
Organofosforinsekticider (OPP)				
Parathion	Ethylparathion / EP3	+	+	0,0003
Aminoparathion	Ethyl-aminoparathion / EAP / E-amino-P3	+	+	1
Methylparathion	MP3	+	+	0,009/0,00011##
Methylaminoparathion	M-amino-P3	+		0,1#
Malathion	FyF	+	+	0,001
Paraoxon	Ethylparaoxon		+	0,002
Sulfotep	E-sulfotep / Ethylsulfotep	+	+	0,0002
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIIX)				
M-OOSPS	O,O,S-trimethyl-dithiofosforsyre	+		1
E-OOSPS	O,O,S-triethyl-dithiofosforsyre	+		2
E-OOOPS	O,O,O-triethyl-thiofosforsyre	+		10
EEM-OOSPS	O,O-diethyl-S-methyl-dithiofosforsyre	+		6
Fosforinsekticider, diestre (P1/P2 syre)				
EP1	O,O-diethyldithiofosforsyre /EEH-OOSPS	+	+	7
EP2-syre	O,O-diethylthiofosforsyre /EEH-OOOPS	+	+	4
MP1	O,O-dimethyldithiofosforsyre/MMH-OOSPS	+	+	20
MP2-syre	O,O-dimethylthiofosforsyre /MMH-OOOPS	+	+	20
Diverse				
4-nitrophenol	p-nitrophenol / PNF	+	+	2
4-chlor-2-methylphenol	4-Cl-o-cresol	+	+	5
Phenol			+	0,77*
Methylphenoler	Cresoler		+	10*
Dimethylphenoler	Xylenoler		+	1,31*
Chlorphenoler	Chlorphenoler (MKK 2,4-dichlorphenol)		+	0,2*
MCPA	2-methyl-4-chlorphenoxy-syre	+	+	0,1#
Benzen			+	8*
Toluen			+	7,4*
Ethylbenzen			+	2*
Xylener			+	1*
Vinylchlorid			+	0,05*

Oversigt over de kritiske stoffer og deres MKK

* Miljøkvalitetskrav (MKK) for saltvand fra
bekendt. 1625, 2017

De andre MKK er fra udlednings-
tilladelserne

MKK på 0,1 µg/l er et konservativt bud
for MCPA og Methylaminoparathion.
F.eks. MKK for mechlorprop i saltvand
er 1,8 µg/l

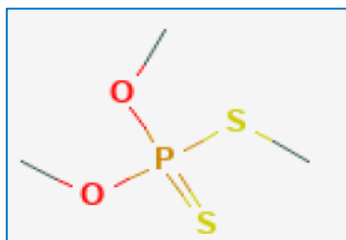
MST har i 2019 fastsat en vand-
kvalitetskriterium for methylparathion i
saltvand på 0,0011 µg/l, som er lavere
end vandkvalitetskrav i udlednings-
tilladelse på 0,009 mg/l.

Metode og datagrundlag

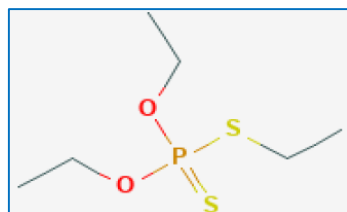
Databasesøgning for alle kritiske stoffer

Navn	Forkortelse	CAS	EC-ECHA	Formel
Organofosforinsekticider (OPP)				
Parathion	EP3 Ethylparathion	56-38-2	200-271-7	$(C_2H_5O)_2PSOC_6H_4NO_2$
Paraoxon	Phosphacol Diethyl paraoxon Diethyl 4-nitrophenyl phosphate Paraoxon-ethyl	311-45-5		$C_{10}H_{14}NO_6P$
Sulfotep	E-sulfotep E-sul Ethylsulfotep Dithion	3689-24-5	222-995-2	$C_8H_{20}O_5P_2S_2$ $(C_2H_5O)_2P(S)OP(S)(OC_2H_5)_2$
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIX)				
M-OOSPS	O,O,S-trimethyl-dithiofosforsyre M-OOSPS	2953-29-9	608-373-7	$C_3H_9O_2PS_2$
E-OOSPS	O,O,S-triethyl-dithiofosforsyre	2524-09-6	-	$C_6H_{15}O_2PS_2$
E-OOOPS	O,O,O-triethyl-thiofosforsyre O,O,O-Triethyl phosphorothioate	126-68-1	204-797-8	$C_6H_{15}O_3PS$
EEM-OOSPS	O,O-diethyl-S-methyl-dithiofosforsyre	3288-58-2	ingen EC nr.	$C_5H_{13}O_2PS_2$

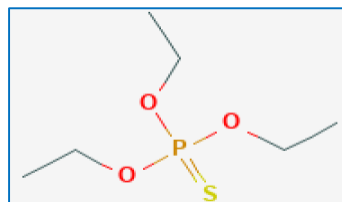
M-OOSPS



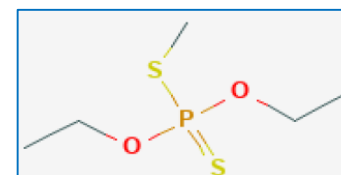
E-OOSPS



E-OOOSPS

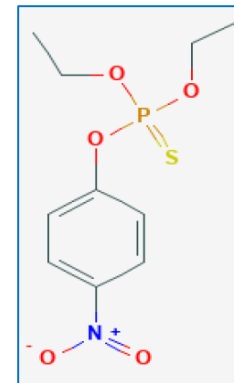


EEM-OOSPS

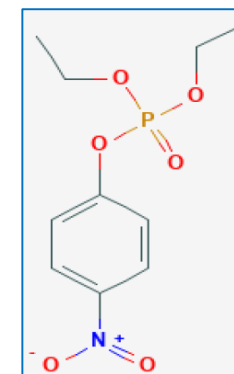


Data for flere stoffer er indsamlet

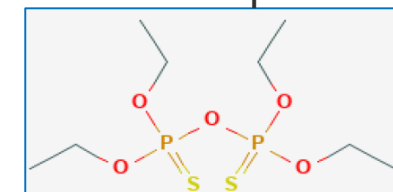
Parathion



Paraoxon



Sulfotep



Metode og datagrundlag

Databasesøgning for alle kritiske stoffer

Navn	Mol vægt	pKa	Log Kow	Opløselighed	Damptryk	K _{oc}	K _D	MKK
				mg/l	Pa			µg/l
Organofosforinsekticider (OPP)								
Parathion	291,26		3,83	11	9 x 10 ⁻⁴	1.900 314 15.860		0,0003
Paraaxon	275,19		1,98	3.640	0,00015			0,002
Sulfotep	322,32		3,99	30	0,014	3.500		0,0002
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIx)								
M-OOSPS	172,2		1,811	4.543 1.720	36	20,79 256,6		1
E-OOSPS	214,3		3,24	138 58	2	130,5		2
E-OOOPS	198,22		2,64 1,79	502	11	130 305 (predicted)		10
EEM-OOSPS	200,3		2,79	445 181	13	70,73 771		6

Ingen K_d værdier fundet
K_{oc} værdier viser stor spredning

Data for flere stoffer er indsamlet

Metode og datagrundlag

Beregning af acceptable jordkoncentrationer for restforurening

Trin 1: Omregningsfaktor mellem porevand og jordfasen for jord med 0,5% organisk kulstof beregnes baseret på bedste bud på K_{oc}

Trin 2: Fortyndingsfaktorer i recipienterne.

Fortynding i en opblandingszone 50 m ud fra kysten for en vandflux på 0,1 l/s (Miljøstyrelsens screeningsværktøj for overfladevand) skaleres ift. vandfluxen fra arealet = areal x nettonedbør.

Høfde 42

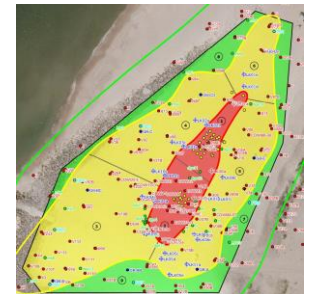
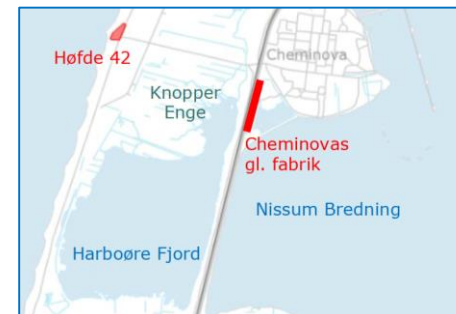
Fortynding i Vesterhavet ift. udsivning fra arealet inden for den nuværende spuns = **25.000**

Den gamle fabriksgrund

Fortynding ved 100% udsivning til Nisum Bredning = **590**

Fortynding ved 50% udsivning til Nisum Bredning = **1.180**

Fortynding ved 50% udsivning til Harbøre Fjord = **8,6**



Metode og datagrundlag

Beregning af acceptable jordkoncentrationer for restforurening

Trin 3: Beregning af acceptable jordkoncentrationer.

En **baglænsberegning**

Hvis MKK skal overholdes efter fortynding i recipient, hvad er den acceptabel flux fra lokalitet?

Den acceptable flux kan omregnes til en porevandskoncentration.

Den acceptabel porevandskoncentration omregnes til en acceptabel jordkoncentration.

Metode og datagrundlag

Beregning af acceptable jordkoncentration for restforurening

Trin 3: Højde 42

De mest kritiske parametre er:

- Parathion
- Sulfotep
- Paraoxen
- Malathion
- Methylparathion

Niveauerne for OPP er tæt på den analytiske det.gr. på 10-100 µg/kg TS

		Areal indenfor spunsvæg		Miljøstyrelsens jordkvalitets-kriterie
Justeret fortynding ift. grundvandsflux		24.800		
	MKK	Porevand	Jord	Jord
	µg/l	µg/l	µg/kg	µg/kg
Organofosforinsekticider (OPP)				
Parathion (F=5,2)	0,0003	7,4	39	100
Methylparathion	0,009/ 0,00011	220/27	520/63	
Malathion	0,001	25	28	
Paraoxon	0,002	50	20	
Sulfotep	0,0002	5,0	4	
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIX)				
M-OOSPS	1	25.000	7.200	
E-OOSPS	2	50.000	41.000	
E-OOOPS	10	250.000	210.000	
EEM-OOSPS	6	50.000	27.000	

Beregninger for flere stoffer er udført

Metode og datagrundlag

Beregning af acceptable jordkoncentration for restforurening

Trin 3: Den gamle fabriksgrund

Væsentlig lavere acceptable jordkoncentrationer

Især til Harboøre fjord.

Niveauerne for OPP er væsentlige lavere end den analytiske det.gr. på 10-100 µg/kg TS

		100% til Nissum Bredning		50% til Nissum Bredning		50% til Harboøre Fjord		Miljøstyrelsens jordkvalitets-kriterie
Justeret fortynding ift. grundvandsflux		590		1.180		9		
	MKK µg/l	Porevand µg/l	Jord µg/kg	Porevand µg/l	Jord µg/kg	Porevand µg/l	Jord µg/kg	JKK µg/kg
Organofosforinsekticider (OPP)								
Parathion (F=5,2)	0,0003	0,2	0,9	0,4	1,8	0,003	0,013	100
Methylparathion	0,009/ 0,0001	5,3/ 0,6	12/ 1,5	11/ 1,3	25/ 3	0,077/ 0,009	0,18/ 0,02	
Malathion	0,001	0,6	0,7	1,2	1,3	0,009	0,01	
Paraoxon	0,002	1,2	0,5	2,4	0,9	0,017	0,007	
Sulfotep	0,0002	0,1	0,1	0,2	0,2	0,002	0,001	
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRI-X)								
M-OOSPS	1	590	170	1.200	340	8,6	2,5	
E-OOSPS	2	1.200	990	2.400	2.000	17	14	
E-OOOPS	10	5.900	4.900	12.000	9.900	86	72	
EEM-OOSPS	6	1.200	640	2.400	1.300	17	9,3	

Metode og datagrundlag

Konklusion: Anvendelse af oprenset jord på andre lokaliteter

Ved genanvendelse af oprenset jord på andre lokaliteter skal følgende krav overholdes

- Ingen mulighed for direkte kontakt med jorden eller lugtgener
- Bor genanvendes i områder uden drikkevandsinteresser
- Bor genanvendes i områder uden for beskyttelseszoner til overfladevand

MEN

- Fortyndingsforhold i nærmeste overfladevand kan være meget ringere end beregnet og derfor krav om endnu lavere jordkoncentrationer i det oprensede jord i forhold til beskyttelse af overfladevand

KONKLUSION

- **Generelle acceptable jordkoncentrationer for den oprensede jord kan ikke defineres**

Metode og datagrundlag

Konklusion: Acceptable jordkoncentrationer for restforurening

For scenario med genindbygning af den oprensede jord på Høfde 42 og den gamle fabriksgrund

Acceptable jordkoncentrationer for restforurening er tæt på (Høfde 42) eller lavere (den gamle fabriksgrund) end den analytiske det.gr. på 10 - 100 µg/kg TS for OPP

- Parathion
- Sulfotep
- Paraoxen
- Malathion
- Methylparathion

Derfor urealistisk i forhold til en oprensning - især den gamle fabriksgrund

– MEN er de for konservative ??

Metode og datagrundlag

Areal-vægtet tilgang

Forlæns beregning:

Teoretisk beregnede porevandskoncentrationer for jorden **før oprensning** indikerer:

- **Høje** grundvandskoncentrationer ved Høfde 42 og den gamle fabriksgrund
- **Høje** overskridelser af MKK i Vesterhavet (Høfde 42 før etablering af spuns i 2006)
- **Høje** overskridelser af MKK i overfladevand tæt på dæmning (den gamle fabriksgrund)

De få data, der haves, viser en **lavere** påvirkning end de beregnede værdier både i grundvand og overfladevand ved hhv. Høfde 42 og den gamle fabriksgrund.

Dette indikerer, at de teoretiske beregninger er konservative.

Alternativ areal-vægtet tilgang:

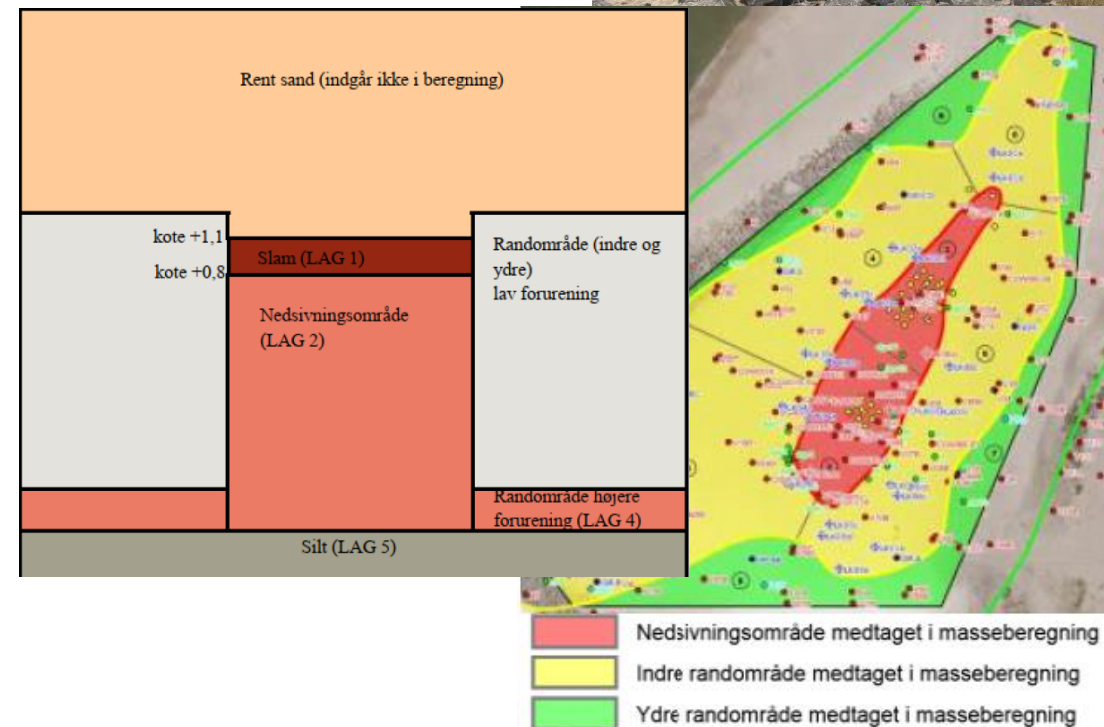
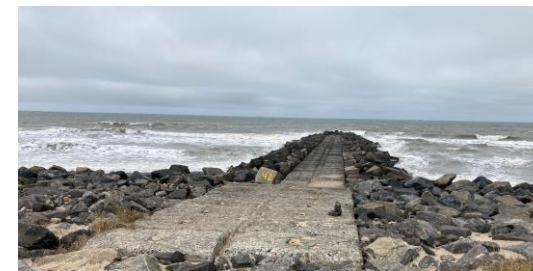
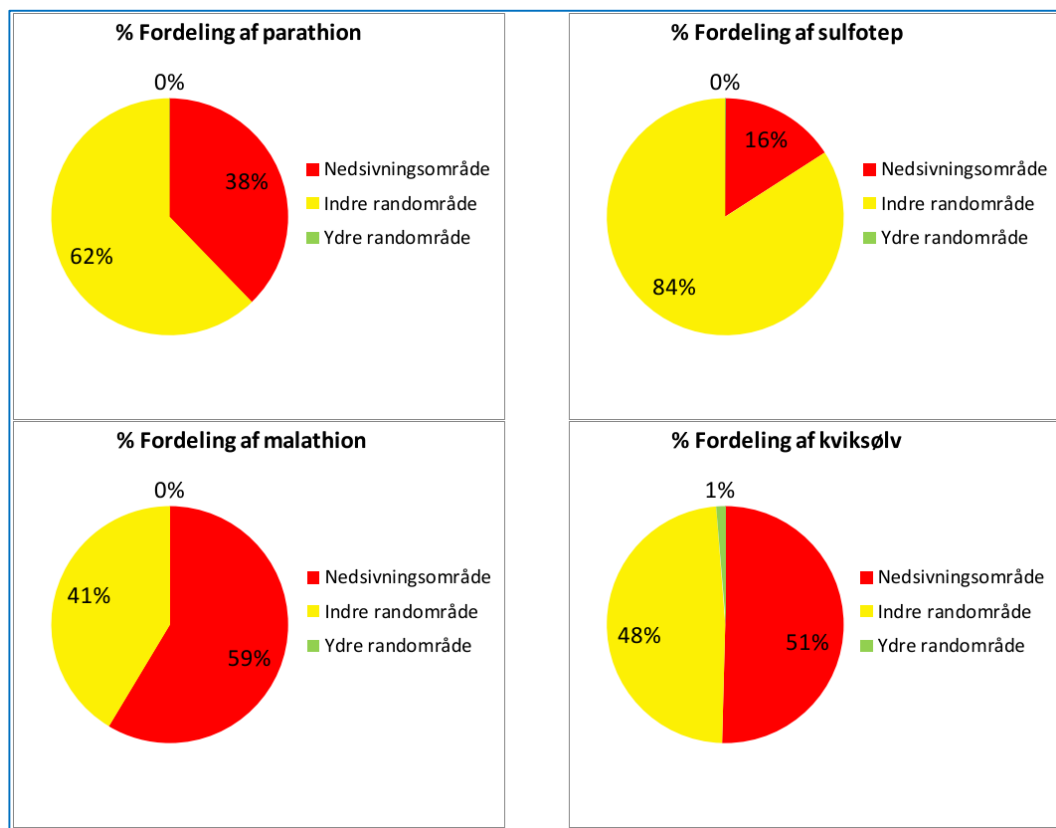
Det præcise areal og jordvolumen, der skal oprenses er ikke defineret endnu, men der kan beregnes hvor meget masse, der skal fjernes for at sikre, at MKK overholdes i recipienten.



Resultater

Areal-vægtet tilgang – Høfde 42

Oprensning af nedsivningsområdet alene uden oprensning i randområder vil ikke have en signifikant effekt



Beregninger af acceptabel jordkoncentration er behæftet med mange usikkerheder og anses som konservative. For OPP'er vurderes det at være tilstrækkeligt, at de acceptable jordkoncentrationer sættes til 0,1 mg/kg

Metode og datagrundlag

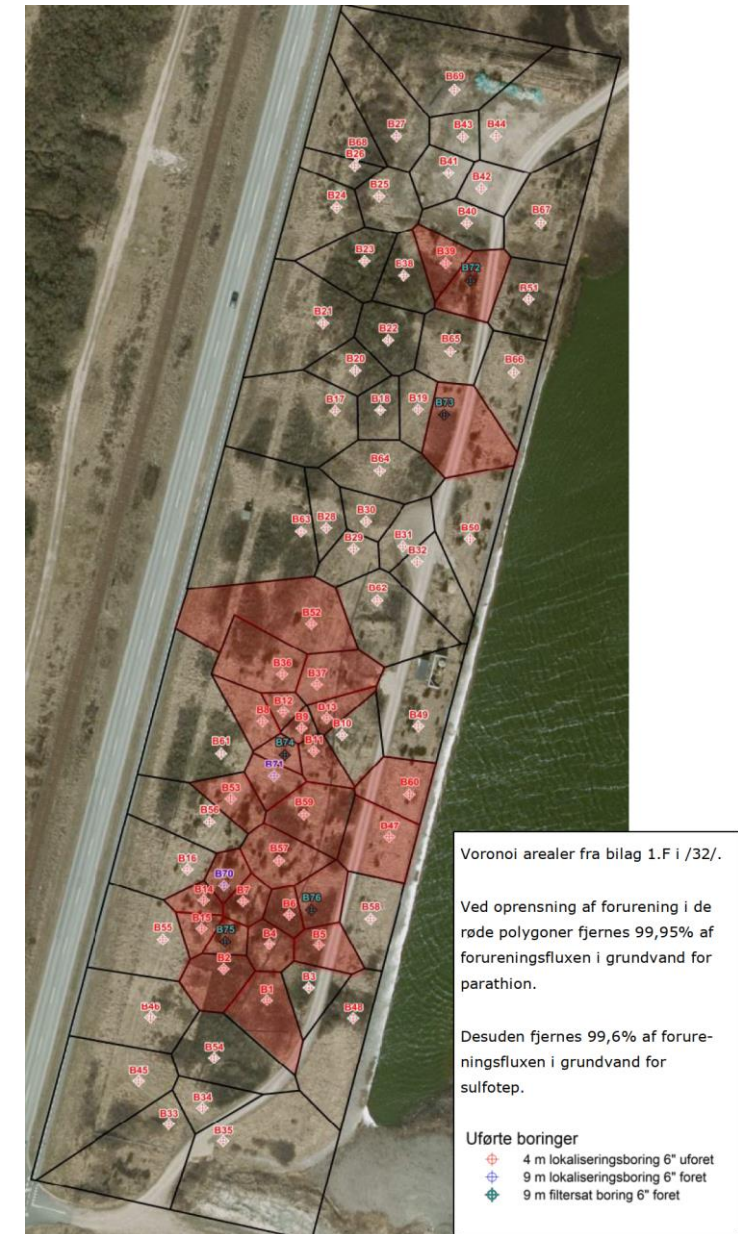
Areal-vægtet tilgang – Den gamle fabriksgrund

Det præcise areal og jordvolumen, der skal oprensnes er ikke defineret endnu, men der kan beregnes hvor meget masse, der skal fjernes for at sikre, at MKK overholdes i recipienten.

En tidligere undersøgelse har opdelt fabriksgrunden i 76 Voronoi arealer med tilsvarende forureningsmasse.

Forureningsfluxen og de teoretiske overskridelser af MKK'er i Nissum Bredning kan beregnes for

- Et scenarie uden oprensning
- Et scenarie med oprensning i udvalgte Voronoi-arealer (29), hvor der oprensnes ned til 0,1 mg/kg for parathion og sulfotep og 1 mg/kg for kviksølv
- Et scenarie med 100% oprensning i udvalgte Voronoi-arealer (29)



Metode og datagrundlag

Areal-vægtet tilgang – Den gamle fabriksgrund

Ved oprensning i de 29 udvalgte Voronoi arealer (24% af den gamle fabriksgrund) fjernes største del af forureningsmassen

		Parathion	Sulfotep	Kviksølv (Hg)
Uden oprensning				
Beregnet gennemsnitskoncentration i GV ved fabriksgrunden	µg/l	7.500	350	2.100
Overskridelse MKK i Nisum Bredning	gange	8.100	707	17
Oprensning til hhv. 0,1 (OPP) og 1 mg/kg (Hg) i de 29 Voronoi arealer				
% fjernelse af forureningsmasse	%	99,8	97,1	82,9
Beregnet gennemsnitskoncentration i GV ved fabriksgrunden	µg/l	5,5	5,0	120
Overskridelse MKK i Nisum Bredning	gange	11	13	1,7
Oprensning totalt i de 29 Voronoi arealer				
% fjernelse af forureningsmasse	%	99,9	99,6	85,6
Overskridelse MKK i Nisum Bredning	gange	4	2	1,4



Konklusion

Areal-vægtet tilgang – Den gamle fabriksgrund

Den teoretiske tilgang viser, at oprensning i udvalgte, forurenede delområder (f.eks. ca. 24% af den gamle fabriksgrund) fjerner størstedelen af forureningsmassen.

Derfor vurderes det, at det vil være tilstrækkeligt at oprense jordforurening med OPP'er ned til 0,1 mg/kg og for kviksølv 1 mg/kg med hensyn til beskyttelse af Nisum Bredning.

Oprensning vil dog ikke yde en tilstrækkelig beskyttelse for Harboøre Fjord, hvorfor der bør overvejes anlægstekniske foranstaltninger for at forhindre, at der sker strømning af grundvand fra den gamle fabriksgrund til Harboøre Fjord.

Konklusion

Metoden

- Den arealvægtede tilgang er baseret på det eksisterende datagrundlag, som hovedsagelig omfatter jordprøver, og en teoretisk beregning af fasefordeling fra jord til porevand.
- Et bedre datagrundlag med flere vand- og jordprøver samt udvaskningstests til at vurdere fordelingskoefficient (K_d) mellem jord og porevand/grundvand vil reducere usikkerheden ved de gennemførte teoretiske beregninger.

Disse er igangsat 2022/2023

- Ved dokumentation af oprensning bør det overvejes at medtage både jordanalyser og udvaskningstests (batchtests) på den rensede jord, dvs. kemiske analyse af vandfasen i ligevægt med jordprøven, idet analyse af vandprøver er et mere følsomt mål for oprensningseffektivitet.

Tak for opmærksomhed Spørgsmål

