



Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund Notat 2.4

Overvejelser vedrørende
miljøpåvirkninger efter oprensning
og konsekvenser for valg af
afværgeteknik

REGION MIDTJYLLAND

27. APRIL 2021

Indhold

1	Forord	4
2	Indledning	5
2.1	Formål og arbejdsgang	5
2.2	Læsevejledning	5
3	Baggrund	7
3.1	Historik	7
3.1.1	Høfde 42 - historik	8
3.1.2	Cheminovas gamle fabriksgrund - historik	9
3.2	Risikovurdering	11
3.3	Stofliste over de kritiske stoffer	12
4	Fase 1 - Fastlæggelse af acceptable jordkoncentrationer	15
4.1	Fasefordeling mellem porevand og jord	15
4.2	Fortyndingsforhold i recipienterne	18
4.2.1	Høfde 42 - Fortyndingsforhold	18
4.2.2	Cheminovas gamle fabriksgrund - Fortyndingsforhold	19
4.3	Beregning af acceptable porevands- og jordkoncentrationer	20
4.3.1	Høfde 42 – acceptable jord- og porevandskoncentrationer	20
4.3.2	Cheminovas gamle fabriksgrund – acceptabel jord- og porevandskoncentrationer	22
4.4	Sammenfattende konklusioner om acceptable jordkoncentrationer baseret på fasefordeling	24
5	Overvejelse om kritiske stoffer og masseflux	25
5.1	Høfde 42	25
5.2	Den gamle fabriksgrund	28
6	Fase 1: Areal-vægtet tilgang til acceptable jordkoncentrationer	32
6.1	Høfde 42	32
6.1.1	Fortynding under transport	32
6.1.2	Konsekvens ved oprensning af delområder	32
6.2	Den gamle fabriksgrund	34
6.2.1	Fortynding under transport	34

6.2.2	Konsekvens ved oprensning i delområder	36
7	Acceptable jordkoncentrationer ved behandling og bortskaffelse ex-situ	41
7.1	Acceptable jordkoncentrationer ved fri anvendelse på andre lokaliteter	41
7.2	Acceptable jordkoncentrationer ved begrænset anvendelse på andre lokaliteter	42
8	Dokumentation	43
9	Sammenfatning	44
10	Referencer	47

BILAG:**Bilag 1: Oversigt over stoffer****Bilag 2: Omregningsfaktorer ved hjælp af fasefordeling i JAGG**

Projekt nr.: 10409136
Version 2
Revision

Udarbejdet af JAF
Kontrolleret af CER
Godkendt af MPC

1 Forord

I forbindelse med gennemførelse af afværgeforanstaltninger på to af Danmarks generationsforureninger – Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund – har Region Midtjylland i samarbejde med NIRAS udarbejdet en række tekniske notater, som skal ligge til grund for gennemførelsen af et udbud på gennemførelse af afværgeforanstaltninger på lokaliteten.

For hver lokalitet er udarbejdet følgende tekniske notater, der for Høfde 42 navngives 2.1 A-C og for den gamle Cheminova fabriksgrund navngives 2.2 A-C:

- A. Teknisk beskrivelse af anlæg
- B. Beskrivelse af forureningsudbredelse, sammensætning og risikovurdering
- C. Beskrivelse af oprensningsscenarier

For Høfde 42 er notat 2.1A delt i to notater:

2.1A-del 1: Beskrivelse af tekniske anlæg i det indspunsede område og uden for spunsen

2.1A-del 2: Vurdering af forhold for anlægsarbejde inden for spuns

I tillæg hertil er følgende notater udarbejdet, som er fælles for begge generationsforureninger:

- Notat 2.3: Beskrivelse af samtidig oprensning af Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund.
- Notat 2.4: Overvejelser vedrørende miljøpåvirkninger efter oprensning og konsekvenser for valg af afværgeteknik.
- Notat 2.5: Naturforhold – kortlægning af eksisterende naturforhold.
- Notat 2.6: Bæredygtighedsvurdering af oprensningsscenarier.

2 Indledning

2.1 Formål og arbejdsgang

Formålet med notatet er at skabe et gennemsigtigt grundlag for beslutninger om de nødvendige afværgeforanstaltninger over for jordforurening ved Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund. Efter afværge bør de oprensede arealer ikke udgøre en sundhedsmæssig eller miljømæssig risiko for omgivelserne og denne målsætning skal helst opnås uden, at der fortsat drives afværganlæg.

I dette notat foretages en vurdering af, hvorvidt eventuel forurening på lavt niveau vil kunne påvirke miljøet. Disse overvejelser kan anvendes som grundlag ved valg af aktiviteter og ifm. planlægning og udførelse af afværge.

Overvejelserne ønskes anvendt i forhold til følgende tiltag:

1. In situ oprensning og ex situ oprensning med genindbygning af jord på lokalitet
2. Ex situ – bortskaffelse af jord fra lokalitet, fri anvendelse
3. Ex situ – bortskaffelse af jord fra lokalitet, begrænset anvendelse

Arbejdet udføres i 2 faser:

Fase 1:

- Der foretages en simpel fasefordelingsberegning med Miljøstyrelsens beregningsværktøj (JAGG) for udvalgte kritiske stoffer i forhold til udvaskning og overholdelse af miljøkvalitetskrav i de marine recipienter. Denne fremgangsmåde er baseret på en gennemsnitsbetragtning for de samlede arealer ved hhv. Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund. Fremgangsmåden vurderes at være en meget konservativ tilgang som ikke anses at være realistisk eller anvendelig i forhold til valg af afværgeteknikker eller ved planlægning og udførelse af afværge.
- Herefter foretages en arealvægtet vurdering af flux for alle kritiske stoffer, dvs. baseret på de tilgængelige forureningsdata, og der foretages følsomhedsberegning af vandflux og forureningsbidrag fra delområder, som forventes oprenset.

Fase 1 er beskrevet i dette dokument, og danner grundlag for drøftelse af hvordan påvirkning af miljøet kan undgås og om usikkerheder i grundlaget kan forbedres.

Fase 2:

- Afhængig af drøftelse af fase 1 vurderinger og usikkerheder tages stilling til, om der for eksempel med fordel kan udføres udvaskningstests til at forbedre beregninger af fasefordelinger mellem jord og vand med henblik på en revision af beregningerne.

2.2 Læsevejledning

I kapitel 3 er der givet et kort oversigt over forureningsforhold og risikovurdering i forhold til forurening fra depotet ved Høfde 42, som påvirker overfladevand ved Vesterhavet og fra Cheminovas gamle fabriksgrund, som påvirker overfladevand ved Nisum Bredning og Harboøre Fjord samt vådområdet ved Knopper Enge.

Herudover er der opstillet en oversigt over de kritiske stoffer og de miljøkvalitetskrav, som skal overholdes i det marine overfladevand.

I kapitel 4 beskrives en konservativ metode til beregning af påvirkninger af miljøet baseret på en baglæns beregning af de koncentrationer, som kan tillades som restforurening i jord og grundvand ved overholdelse af miljøkvalitetskrav i recipienterne. Udgangspunktet er at definere acceptable porevands- og jordkoncentrationer ved in situ afværge eller ex situ behandling, hvor den oprensede jord genindbygges på lokaliteten. Dette indebærer, at den oprensede jord ikke må udgøre en risiko over for den marine recipient eller naturområder.

Indledningsvis i afsnit 4.1 beregnes omregningsfaktor mellem porevand og jordkoncentrationer i jordfasen i kontakt med porevand.

Herefter defineres i afsnit 4.2 fortyndingsforholdene i recipienterne i forhold til vandflux fra de forurenede områder.

Til sidst i afsnit 4.3 beregnes de gennemsnitlige grundvandskoncentrationer som kan accepteres såfremt de fastsatte miljøkvalitetskrav for marint overfladevand skal overholdes, og der foretages en omregning fra acceptable porevandskoncentrationer (grundvandsfasen) til acceptable jordkoncentrationer.

I afsnit 5 redegøres for en række overvejelser vedrørende den nuværende forureningsmasse ved henholdsvis Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund og fund af forurening i grundvand og overfladevand samt en udpegnings af de meste kritiske stoffer.

I afsnit 6 er der foretaget en mere nuanceret vurdering af de forurenede arealer og acceptable porevands- og jordkoncentrationer ud fra en arealvægtet tilgang. Ved denne tilgang vurderes den aktuelle afstrømning fra delområder, idet jo mindre grundvandsflux, jo større fortynding i recipienterne. Ved en større fortynding kan der tillades højere koncentrationer i grundvand og dermed bliver de acceptable niveauer højere.

I afsnit 7 redegøres for overvejelser vedrørende muligheder for at forhindre miljøpåvirkninger ved ex situ behandling, hvor den oprensede jord enten er til fri eller begrænset (dvs. med tilknyttede restriktioner) anvendelse.

I afsnit 8 er der givet forslag til dokumentationskrav ved oprensning.

3 Baggrund

3.1 Historik

Beregningen af niveauerne for acceptable porevands-og jordkoncentrationer efter oprensning foretages for henholdsvis Høfde 42 og for Cheminovas gamle fabriksgrund, se Figur 3.1.

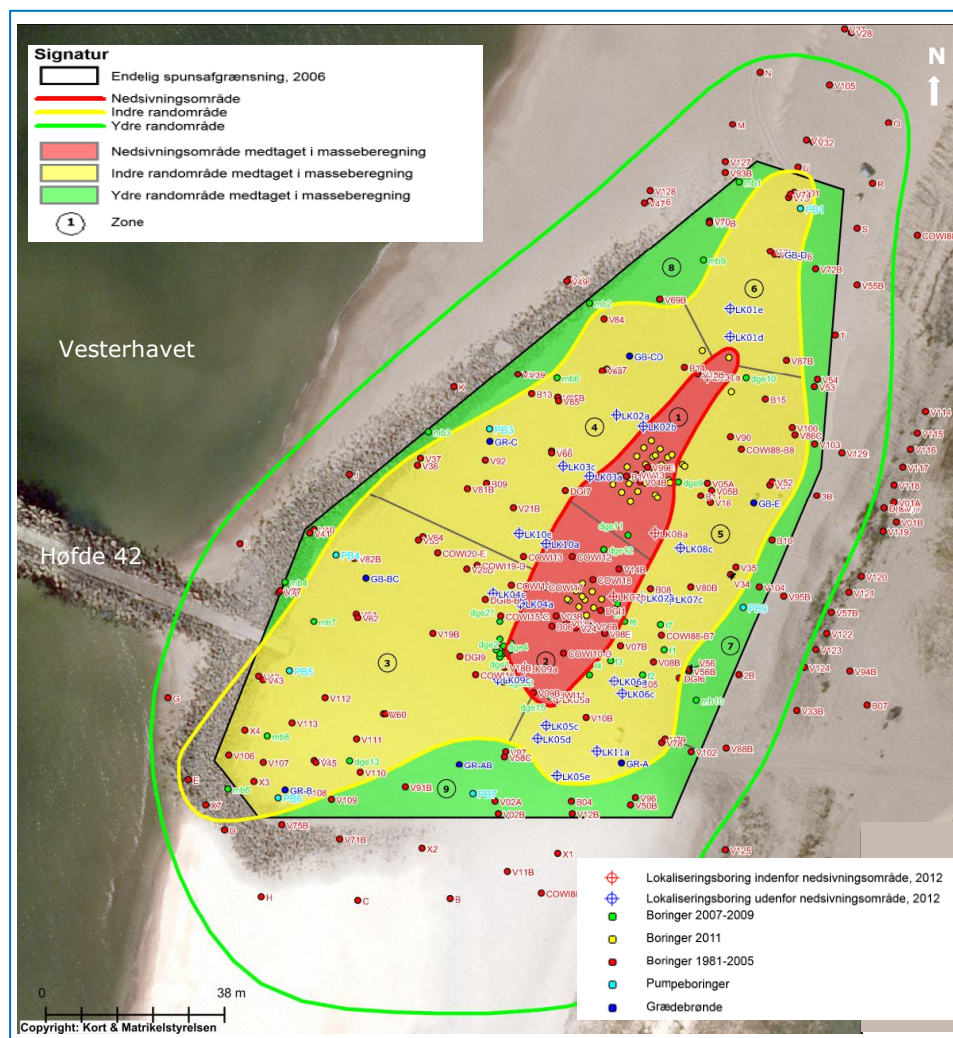


Figur 3.1 Oversigtskort med beliggenheden af Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund.

3.1.1 Høfde 42 - historik

Høfde 42

Beskrivelse af forureningsudbredelse, forureningssammensætning og risikovurdering ved Høfde 42 samt historik fremgår af notat 2.1B.



Figur 3.2 Oversigt over forureningsudbredelsen i Høfde 42 og det spunsede areal (bilag 1.5 /11/)

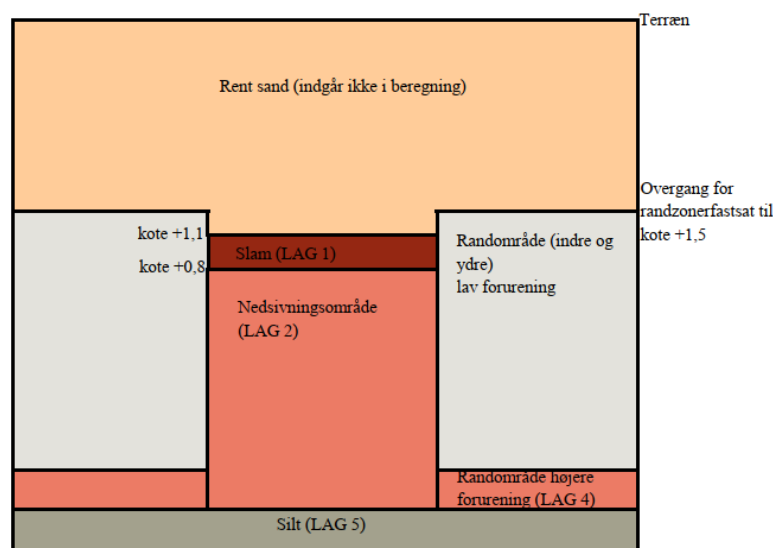
Ved Høfde 42 blev der med tilladelse fra myndighederne deponeret spildevand og fast affald fra Cheminovas produktion mellem to sandklitter. Deponering er foregået i perioden 1953 – 1962.

I 1971 eksponerede en kraftig storm depotet, og som følge heraf fjernede myndighederne 1.250 m³ forurenede sand fra en del af depotet, og en del af depotet blev dækket med en asfaltkappe. Asfaltkappen blev ødelagt ved en storm i 1981 og i forbindelse hermed fjernede man asfaltkappen. 1.200 tons kemikalier beliggende over grundvandsspejlet i den sydlige del af nedsivningsområdet blev desuden afgravet ned til grundvandsspejlet i ca. kote +0,3 m.

På grund af udsivning af kemikalier til Vesterhavet blev et forurenede område på 20.000 m² indkapslet med en spunsvæg, som blev rammet til kote ca. -10,8 m. Arbejdet med spunsvæggen blev færdiggjort i 2006. Hele arealet blev dækket af en plastikmembran, og grundvandsniveauet blev sænket til ca. kote -0,8 m inden for spunsvæggen for at reducere udsivning.

Området, hvor deponeringen er foregået betegnes nedsivningsområdet, mens de forurenede områder beliggende ved siden af nedsivningsområdet betegnes randområdet, jf. Figur 3.2.

I Figur 3.3 gengives en konceptuel model for lagdeling i nedsivningsområdet og i randområderne. Som det ses af Figur 3.3, og som bekræftet af masseberegninger i /11/, findes forurening i lag 1 - 2 i nedsivningsområdet (slam og sand), men hovedsageligt i lag 4 (nedre sandlag) i randområder.



Figur 3.3 Konceptuel model af nedsivningsområdet og de indre og ydre randområder som vist i Figur 3.2. Fra /11/.

I perioden 2008 – 2014 er der foretaget diverse pilot-/demonstrationsprojekter til oprensning af forurening, se notat 2.1B.

3.1.2 Cheminovas gamle fabriksgrund - historik

Cheminovas gamle fabriksgrund

Beskrivelse af forureningsudbredelse, forureningssammensætning og risikovurdering ved Cheminovas gamle fabriksgrund samt historik fremgår af notat 2.2B.



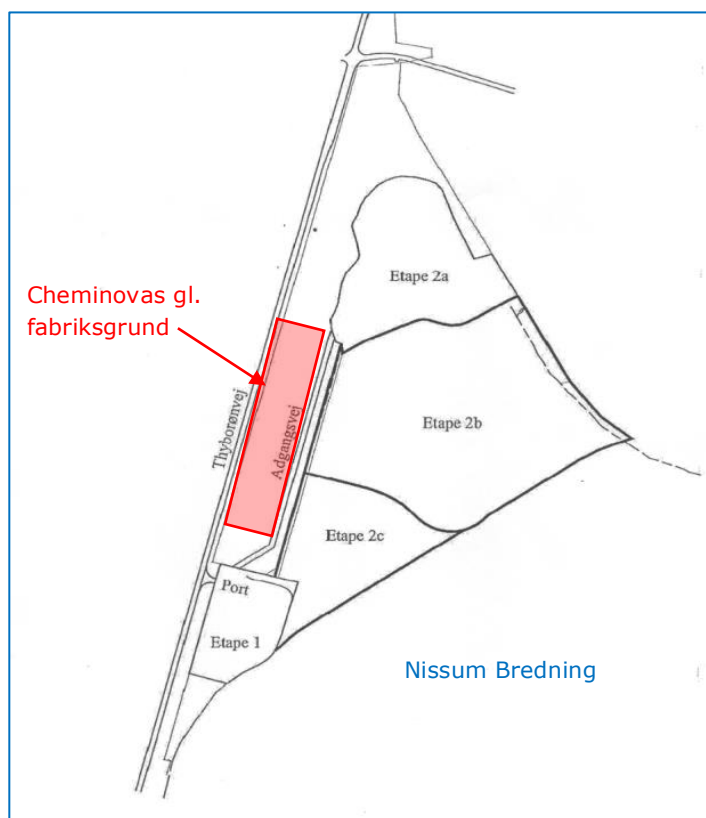
Figur 3.4. Luftfoto over den gamle Cheminova fabriksgrund, FMC Rønland, havnesedimentdepotet, Nissum Bredning og Lagunesøerne/Harboøre Fjord.

I 1953 etablerede Cheminova en fabrik på Harboøre Tange og fabrikken var i drift i perioden 1953 - 1961, hvor der blev produceret organofosforinsekticider (f.eks. parathion og malathion), chlorphenoxy-herbicider (f.eks. MCPA) og organiske kviksølv-fungicider (phenylmercuric acetat, PMA). Lokalt betegnes "den gamle fabriksgrund", da produktionen blev flyttet til Rønland i 1961. Den nuværende fabrik på Rønland er ejet og drives af FMC Corporation. Der er foretaget deponering/nedgravning af fast affald fra produktionen på den gamle fabriksgrund, også under områder, hvor der efterfølgende blev etableret bygninger. Der er desuden oplysninger om, at gammelt materiale blev afbrændt og deponeret på opfyldningspladsen nord for fabriksarealet, herunder filterkage med p-nitrophenol (PNF), metallisk kviksølv, jern og svovl.

I 1980'erne er der etableret afværgepumpning på den gamle fabriksgrund, hvor der pumpes fra en række afværgeboringer langs kystlinjen (og senere også fra dræn). Det oppumpede vand behandles på et rensningsanlæg på FCM Rønland inden udledning til Vesterhavet.

Havnesedimentdepot

I 1995 meddelte Ringkøbing Amt miljøgodkendelse til etablering af 1. etape af Havnesedimentdepot Rønland, depot nr. 673-9 som drives af Thyborøn Havn /34/. Deponiet for forurenede havnesediment er efterfølgende udvidet med flere etaper, 2a, 2b og 2c, og det forventes, at depotet modtager havnesediment i 50 år, se Figur 3.5. Randdæmning mod Nissum Bredning er etableret i forbindelse med etape 2b. Randdæmningen omkring havnesedimentdepot har til hensigt at forhindre opstuvning af grundvand i de tilstødende arealer, dels ved Rønland og dels ved Cheminovas gamle fabriksgrund /34/. Deponiet i etape 2b er efter anbefaling fra Ringkøbing Amt og Cheminova lagt helt tæt mod Cheminovas gamle fabriksgrund, hvilket betyder, at den gamle fabriksgrund ikke ligger direkte ud til Nissum Bredning for at forhindre påvirkninger dertil /34/.



Figur 3.5 Oversigt over etaper ved udvidelse af Havnesedimentdepot Rønland (bilag 3 i /34/).

3.2 Risikovurdering

Højde 42

Området ved Højde 42 er en del af strandklitterne og strandarealet ud mod Vesterhavet. Området er frit tilgængeligt, dog er der badeforbud ved depotet.

Efter afværgen vil området fortsat være frit tilgængeligt, og det skal derfor sikres, at der ikke er en kontaktrisiko ift. evt. restforurening. Dette betyder, at Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier /35/ bør overholdes i hele det rensede jordvolumen (og ikke kun i de øverste 0,5 m jord, da den fremtidige terrænkote ikke kendes), og at jorden ved inspektion ikke må synes forurenet eller afgive lugt som følge af forureningen /35/.

Hovedrisikoen efter afværgen vil være knyttet til udvaskning fra diffus restforurening til recipienten, dvs. Vesterhavet. I forhold til afværgen ved Højde 42 er der foretaget en beregning af den acceptable flux til Vesterhavet i et scenarie, hvor der ikke foretages afværgepumpning og spuns væggen fjernes.

Som grundlag for beregning af den acceptable flux til Vesterhavet anvendes miljøkvalitetskrav (MKK) til marint overfladevand.

Cheminovas gamle fabriksgrund

Området ved den gamle fabriksgrund er pt. indhegnet og offentlig adgang er ikke tilladt.

Efter afværgen skal området kunne anvendes frit, og det skal derfor sikres, at der ikke er en kontaktrisiko ift. evt. restforurening. Kontaktrisiko (direkte kontakt, optagelse i afgrøder, indtagelse af jordstøv og påvirkning af dyr (vilde dyr eller dyrehold)) vil indledningsvis ikke blive behandlet ved opstilling af renhedskrav, da disse former for eksponering nemmere kan håndteres ved en terrænnær løsning.

Men konsekvenserne medtages ved den endelige vurdering af renhedskrav. Som udgangspunkt bør Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier /35/ overholdes i de øverste 0,5 m jord og jorden bør ikke ved inspektion syne forurenet eller afgive lugt som følge af forureningen /35/.

Hovedrisikoen efter afværge vil være tilknyttet udvaskning fra diffus restforurening til recipienterne. I forhold til afværge i hotspot-områder ved den gamle fabriksgrund er der foretaget en beregning af den acceptable flux til Harbøre Fjord og Nissum Bredning i et scenarie, hvor der ikke foretages afværgepumpning og området er ubefæstet.

Som grundlag for beregning af den acceptable flux til recipienterne anvendes miljøkvalitetskrav (MKK) til marint overfladevand.

3.3 Stofliste over de kritiske stoffer

Begge lokaliteter er forurenet med en række organofosforinsekticider og deres nedbrydningsprodukter, andre herbicider og opløsningsmidler samt tungmetaller.

Der er påvist følgende stofgrupper:

- Organofosforinsekticider (OPP): Insektmidler i organofosfatgruppen har udgjort den største del af produktionen ved Cheminova. Parathion, methyl-parathion, sulfotep og malathion er påvist i de højeste koncentrationer i depotet /3/.
- Nedbrydningsprodukter/omlejrede produkter af fosforinsekticider. Der findes en lang række nedbrydningsprodukter/omlejrede produkter fra fosforinsekticiderne, som ikke er let-nedbrydelige og lige så giftige som moderstofferne. I depotet er blandt andet påvist p-nitrophenol (PNF), som dannes ved nedbrydning af parathion samt en række andre nedbrydningsstoffer som EP2-syre (en diester) og andre di- og triestre /3/.
- Herbicider: Der er i depotet påvist 4 herbicider, hvoraf MCPA findes i størst koncentration /3/. MCPA blev produceret på Cheminova i perioden 1956-1961. MCPA hører til gruppen af chlorphenoxy-syrer.
- Nedbrydningsprodukter/omlejrede produkter af herbicider: Der er blandt andet påvist chlor-methyl-phenoler (chlor-cresoler).
- Tungmetaller - kviksølv og arsen: Særligt kviksølv er en af de mest betydende forureningskomponenter fra Cheminova. Kviksølvforbindelserne stammer fra produktion af kornbejdsemidler i perioden 1955-1961. Kviksølv kan indgå i en række forbindelser, som hhv. uorganiske og organiske kviksølvforbindelser /2/.

Som grundlag for udarbejdelse af kravspecifikation til renhed af den rensede jord ved henholdsvis Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund er der udarbejdet en stofliste over relevante kritiske stoffer.

Stoflisten omfatter de meste kritiske og dominerende stoffer i jord og grundvand og fremgår af Tabel 3.1.

I forbindelse med de tidligere undersøgelser er der ofte anvendt forskellige stofbetegnelser og forkortelser, som kan skabe forvirring, hvorfor Tabel 3.1 og bilag 1 indeholder en liste over de stofnavne eller forkortelser anvendt i dette notat samt de tidligere anvendte synonymer.

For eksempel anvendes stofnavnet parathion i stedet for EP3 eller ethyl-parathion. Derimod anvendes forkortelser for tri- og diestere, da det er svært at identificere disse ved hjælp af deres fulde kemiske navne. I forbindelse med de tidligere undersøgelser er der ikke altid analyseret for alle stoffer, og der er forskel på hvorvidt der er analyseret for tri- og diestere ved Høfde 42 og den gamle fabriksgrund. Diestere som EP1 og MP1 kan være mellemprodukter fra produktionen af OPP, mens EP2, MP1 og MP2 samt p-nitrophenol kan være nedbrydningsprodukter. De sidstnævnte (EP2 m.fl.) kan også være dannet ifm. hydrolyseforsøg udført i 2010-2014 ved Høfde 42.

I Tabel 3.1 er desuden opstillet de foreløbige miljøkvalitetskrav (MKK) for overfladevand ved Vesterhavet og Nissum Bredning. De lovfastsatte miljøkvalitetskrav fremgår af bekendtgørelse nr. 1625 fra 2017 /18/.

Et miljøkvalitetskrav defineres som den koncentration af et bestemt forurenende stof i vand, sediment eller biota, som ikke må overskrides af hensyn til beskyttelsen af menneskers sundhed og miljøet /38/. Ved et kvalitetskriterium forstås det højeste koncentrationsniveau, ved hvilket det skønnes, at der ikke forekommer uacceptable negative effekter på vandøkosystemer /38/. Miljøkvalitetskravet fastsættes generelt med samme værdi som kvalitetskriteriet. Hvor særlige beskyttelseshensyn gør sig gældende for konkrete vandområder, vil et miljøkvalitetskrav dog kunne fastsættes med en strengere værdi for det pågældende vandområde. Miljøstyrelsen fastsætter kvalitetskriterier for forurenede stoffer i vandmiljøet og der udarbejdes løbende datablade for stofferne med forslag til kvalitetskriterier som udgør grundlag for en senere fastsættelse af en miljøkvalitetskrav /39/.

Et miljøkvalitetskrav (MKK) kan angives som et generelt kvalitetskrav, som et års-gennemsnit der skal være opfyldt i det berørte vandområde til beskyttelse mod kronisk effekt, eller et korttidskvalitetskrav (benævnes maksimumkoncentration), der som maksimal acceptabel koncentration skal være opfyldt i det berørte vandområde til beskyttelse mod især akutte effekter /40/. Herudover fastsættes MKK for både ferskvand (indlandsvand) og saltvand (marin), hvor saltvand defineres som andet overfladevand (overgangsvand eller kystvand) med en årlig middelsalinitet på mere end 0,5 ‰ /40/.

De fleste MKK i Tabel 3.1 for Cheminova stoffer stammer fra værdierne foreslået af Ringkjøbing Amt som generelt vandkvalitetskrav – GKK eller vandkvalitetskrav – VKK. Disse blev fastsat i 2006 af Ringkjøbing Amt og er ikke lovfastsatte miljøkvalitetskrav, men ligger til grund for den nuværende midlertidige tilladelse til udledning af rensed grundvand fra Høfde 42 til Vesterhavet /15/, /16/ og /17/.

Miljøstyrelsen er i øjeblikket i gang med en revision af FMC Rønlands udledningstilladelse, og i den forbindelse fastlægges formentlig også nye miljøkvalitetskrav for udvalgte af de gamle pesticid-produkter, som findes i depotet i Høfde 42 og på den gamle Cheminova fabriksgrund. Datablade for de enkelte stoffer offentliggøres løbende på Miljøstyrelsens hjemmeside inden de blive indarbejdet i en revision af bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål og vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand /18/.

Dette betyder også, at de fleste stoffer som er omfattet af udledningstilladelsen som udgangspunkt kan opfattes som kritiske og relevante i forhold til fastsættelse af renhedskrav.

Tabel 3.1 Stofliste og oversigt over stoffer analyseret i jord eller grundvand ved hhv. Høfde 42 eller den gamle Cheminova fabriksgrund.
 Stoffer analyseret ifm. nyere undersøgelser er markeret med et kryds.
 *Miljøkvalitetskrav (MKK) for saltvand fra bekendtgørelse /18/.
 De andre MKK er fra udledningstilladelse /15/, /16/ og /17/.
 #MKK på 0,1 µg/l er et konservativt bud for MCPA og Methylaminoparathion. F.eks. MKK for mechlorprop i saltvand 1,8 µg/l /18/.
 ## Miljøstyrelsen har i 2019 fastsat en vandkvalitetskriterium for methylparathion i saltvand på 0,0011 µg/l, som er lavere end vandkvalitetskrav i udledningstilladelse på 0,009 mg/l.

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
Paraaxon	Ethylparaaxon		+	0,002
Sulfotep	E-sulfotep / Ethylsulfotep	+	+	0,0002
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIx)				
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*
Kviksølv		+	+	0,05

I bilag 1 findes flere oplysninger om stofferne i stoflisten. Flere af stofferne kan lugtes ved lave koncentrationer, men ifm. nedbrydning kan der sandsynligvis dannes en række ukendte svovlforbindelser og denne type forbindelser har typisk lave lugttærskelværdier. Lugttærskelværdien defineres som den stofkoncentration i luft eller vand, ved hvilken 50% af deltagerne i et lugtpanel kan erkende lugt i en prøve, men at lugten ikke kan erkendes af de øvrige 50% af deltagerne. For de fleste af stoffer på stoflisten findes ingen oplysninger om lugtgener.

4 Fase 1 - Fastlæggelse af acceptable jordkoncentrationer

I det følgende tages stilling til de acceptable porevands- og jordkoncentrationer ved in situ afværge eller ex situ behandling, hvor den oprensede jord genindbygges på lokaliteten. Dette indebærer, at den oprensede jord ikke må udgøre en risiko over for den marine recipient eller naturområder.

Ved fastsættelse af de acceptable jordkoncentrationer tages udgangspunkt i beregninger af acceptable porevandkoncentrationer i delområder på Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund, som kan sikre, at miljøkvalitetskravene (MKK), dvs. de generelle kvalitetskrav som årsgennemsnit, overholdes efter den forventede fortynding i recipienterne. Principperne for fastsættelse af miljøkvalitetskravene er defineret i bekendtgørelsen /36/ og i vejledning fra EU /37/ for henholdsvis indlandsvand (ferskvand) og andet overfladevand herunder saltvand (marint vand).

- Indledningsvis beregnes fasefordeling mellem porevand og jordfasen, se afsnit 4.1.
- Herefter vurderes fortyndingsforhold i recipienterne ved henholdsvis Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund, se afsnit 4.2.
- Afslutningsvis beregnes acceptable grundvandskoncentrationer (porevandskoncentrationer i jordmiljøet) og de tilsvarende jordkoncentrationer, som kan anvendes i forbindelse med overvejelser om afværgeteknikker, se afsnit 4.3.

Disse acceptable porevands- og jordkoncentrationer er dermed baseret på gennemsnitsbetragtninger.

4.1 Fasefordeling mellem porevand og jord

Den acceptable porevandvandskoncentration kan omregnes til en jordkoncentration ved hjælp af en fasefordelingsberegning. Her antages det, at der opnås en ligevægt mellem jord og porevand i kontakt med jorden. Grundvandet i et delområde kan dog have et lavere indhold end beregnet, idet det ikke er sikkert, at der opnås ligevægt, og der kan ske fortynding fra nedsivende nedbør eller grundvandstilstrømning fra opstrøms beliggende arealer.

Simple fasefordelingsberegninger kan udføres med Miljøstyrelsens beregningsværktøj (JAGG 2.1), men det kræver, at der oprettes nye stoffer og indsamles og indtastes de nødvendige fysisk-kemiske egenskaber, idet de her relevante stoffer ikke allerede findes i JAGG's stofdatabase. Med mindre et stof er meget flygtigt er fasefordeling mellem jord og porevand (K_D) styret af jordens indhold af organisk kulstof (f_{oc}) som relativ vægtandel, og fordelingskoefficienten mellem organisk kulstof og vand (K_{oc}) /19/, /20/.

$$K_D = K_{oc} \times f_{oc}$$

Ligning 1

K_{oc} er relateret til fordelingskoefficienten mellem oktanol og vand (K_{ow}), men omregningen er afhængig af det specifikke kemiske stof, herunder hvorvidt stoffet er ioniseret, stoffets opløselighed, om stoffet er en syre eller base, stoffets pK_a (syre-dissocieringskonstant) m.v. For reaktive stoffer, som ioniserede pesticider med fosforsyre-grupper eller aminogrupeer, er der sjældent en god korrelation mellem K_{ow} og K_{oc} på trods af de mange forslag til regressionsformler, som findes i litteraturen (se også /20/). Desuden forekommer der sjældent eksperimentelle data for $\log K_{ow}$ (også kaldt $\log P$) for ioniserede stoffer. Litteraturværdier for både $\log K_{ow}$ og K_{oc} er dog ofte estimeret ved hjælp af såkaldte (Q)SARs (Quantitative

Structure-Activity Relationships) /21/ i forhold til det neutrale molekyle. Det betyder, at de estimerede fysisk-kemiske egenskaber ikke nødvendigvis er repræsentative for stoffets opførsel i miljøet.

De kritiske Cheminova stoffer er alle identificerede i tidligere rapporter med et CAS nr. (Chemical Abstracts Service Registry Number) og kan findes i databaser som PubChem /22/, Chemspider /23/ eller evt. ECHA /24/. Kildehenvisninger til eksperimentelle fysisk-kemiske egenskaber er nogle gange citeret i PubChem. I ChemSpider foreligger der typisk estimerede fysisk-kemiske værdier herunder K_{oc} , beregnet vha. EPI Suite™ el.lign. /25/.

I Tabel 4.1 er omregningsfaktorer fra vandkoncentration til jordkoncentration angivet for 29 stoffer. Omregningsfaktorerne er angivet for en vandkoncentration på 1 mg/l i en lerjord med 0,5 % organisk kulstof ($F_{oc} = 0,005$), dvs. samme organisk kulstofindhold som anvendt i beregninger af afværgeskriterier i forbindelse med NordPestClean-projektet /13/. Om der anvendes en sandjord eller en lerjord har ikke så stor betydning ved JAGG-beregninger, idet det er det organiske kulstofindhold, som er bestemmende for fasefordelingen. Forskellen mellem omregningsfaktorerne ved anvendelse af en lerjord og en sandjord er 1 - 2% for parathion og sulfotep. I /13/ angives, at jorden har en porøsitet på 0,3, en bulk massefylde på 1,86 kg/l og et organisk kulstofindhold på 0,5%, som svarer bedre til en standard lerjord i JAGG end en sandjord. JAGG-beregningerne findes i bilag 2. JAGG-beregninger er uafhængige af den angivne $\log K_{ow}$ og påvirkes kun af den indtastede K_{oc} .

Til illustration af den store spredning, der findes i litteraturværdier for K_{oc} og konsekvensen for omregningsfaktoren, er der foretaget beregning med tre K_{oc} -værdier for parathion; 1.000, 1.800 og 5.000. I JAGG 2.1 har parathion en k_{oc} på 1391 som er baseret på Abduls formel /19/, men Abduls formel er ikke beregnet til anvendelse for molekyler som parathion med en ladningsforskydning (nitro-gruppe), se bilag 1. Værdien på 1.800 stammer fra /26/ og i "Hazardous Substances database" via PubChem noteres det, at parathion forventes at have en moderat eller begrænset mobilitet baseret på k_{oc} værdier som varierer fra 314 til 15.860.

Spredning i K_{oc} -værdier for parathion medfører, at porevand i kontakt med en jord med 0,5 % organisk kulstof kan være forårsaget af følgende jordkoncentrationer:

Parathion	
Porevand mg/l	Jord mg/kg
1	5
1	9
1	25

I JAGG 2.1 angives K_{oc} for MCPA som 0,056 (ukendt kilde), mens der i "Hazardous Substances database" via PubChem noteres en K_{oc} på 50 - 60.

I Tabel 4.1 er der derfor angivet forskellige omregningsfaktorer for parathion og MCPA.

I bilag 1 er molekylestruktur og formel samt fysisk-kemiske egenskaber opstillet for stoffer i stofflisten.

Tabel 4.1 Omregningsfaktorer fra porevand til jord for en jord med 0,5% organisk kulstof
 *Miljøkvalitetskrav (MKK) fra bekendtgørelse /18/.
 De andre MKK er fra udledningstilladelse /15/, /16/ og /17/.
 #MKK på 0,1 µg/l er et konservativt bud for MCPA og Methylaminoparathion. F.eks.
 MKK for mechlorprop i saltvand 1,8 µg/l /18/.

Stofnavn	Miljøkvalitetskrav i hav- vand µg/l	F = Omregningsfaktor fra porevand til jord
Organofosforinsekticider (OPP)		
Parathion	0,0003	5,2
Parathion	0,0003	9,2
Parathion	0,0003	25
Aminoparathion	1	2,3
Methylparathion	0,009 / 0,00011	2,3
Methylaminoparathion	0,1#	1,3
Malathion	0,001	1,1
Paraaxon	0,002	0,4
Sulfotep	0,0002	8,8
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIX)		
M-OOSPS	1	0,29
E-OOSPS	2	0,84
E-OOOPS	10	0,84
EEM-OOSPS	6	0,54
Fosforinsekticider, diestre (P1/P2 syre)		
EP1	7	0,60
EP2-syre	4	0,20
MP1	20	0,24
MP2-syre	20	0,24
Diverse		
4-nitrophenol	2	0,28
4-chlor-2-methylphenol	5	3,8
Phenol	0,77*	0,21
Methylphenoler	10*	0,26
Dimethylphenoler	1,31*	0,36
Chlorphenoler	0,2*	1,3
MCPA	0,1#	0,19
MCPA	0,1#	0,44
Benzen	8*	0,32
Toluen	7,4*	0,70
Ethylbenzen	2*	1,6
Xylener	1*	1,7
Vinylchlorid	0,05*	0,29
Kviksølv (Hg - metal)	0,05	20 / 160
Kviksølv (methylkviksølv)	0,05	20

I /41/ er K_D for kviksølv angivet som 20. I /27/ er der opstillet en oversigt over forskellige litteratur- og teoretiske værdier for K_D for kviksølv kationen (HgII) og methylkviksølv. I Tabel 4.1 er vist minimumsværdier for K_D fra /27/ for kviksølv (HgII $K_D = 160$) og methylkviksølv ($K_D = 20$), dvs. de værdier, hvor fasefordeling fra jorden fører til frigivelse af de største mængder kviksølv til vandmiljøet (et konservativt bud). Der er dog en større spredning i værdierne i /27/ og K_D for kviksølv kan ligge væsentligt højere end 160. I tidligere undersøgelser /28/ og /29/ er det vurderet, at kviksølv ved Cheminova findes i følgende former:

- 3% som vandopløselige salte, f.eks. kviksølv(II)chlorid eller – sulfat
- 2% er bundet til humus
- 24% metallisk kviksølv
- 71% bundet i kviksølvulfid

K_D for kviksølvulfid kendes ikke, men stoffet er endnu mindre vandopløseligt end metallisk kviksølv, som har en opløselighed på omkring 60 µg/l /29/. Methylkviksølv, som kloridsalte, er mere opløseligt end metallisk kviksølv (>100.000 µg/l), se bilag 1. Ifølge /28/ er der konstateret et lavt indhold af methylkviksølv på 19 µg/l i en grundvandsprøve ved Høfde 42 og 0,11 µg/l ved Cheminovas gamle fabriksgrund /32/. Umiddelbart er der ingen tegn på, at kviksølv-forurening findes i en meget vandopløselig form.

På dette grundlag vurderes det, at en K_D for kviksølv på 20 (metallisk kviksølv) er et konservativt bud ved beregning af acceptable porevandskoncentrationer for opløst kviksølv.

Konsekvensen af usikkerheden i stoffernes fysisk-kemiske egenskaber betyder, at omregningsfaktorer fra porevand til jord ligeledes er behæftet med en større usikkerhed og bør betragtes som niveauangivende.

4.2 Fortyndingsforhold i recipienterne

Såfremt det skal sikres, at restforurening ved Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund ikke forværrer eller forhindrer målopfyldelse i det målsatte vandområde skal udsivning af grundvand efter fortynding i overfladevand overholde miljøkvalitetskrav (MKK) for de målsatte vandområder ved Vesterhavet, Harbøre Fjord og Nisum Bredning.

4.2.1 Høfde 42 - Fortyndingsforhold

Under de nuværende forhold er der etableret afværgebrønde, som sikrer, at grundvandsspejlet indenfor spunsvæggen sænkes, og at det oppumpede grundvand renses i et kulfilteranlæg før udledning i sivedræn i centerlinje af stenhøjden (Høfde 42) til Vesterhavet /17/.

Udsivningen fra Høfde 42 efter nedtagning af spunsvæg er modelleret i 2014 /13/. Den gennemsnitlige fortynding i en opblandingszone 50 m ud for kysten er angivet som 82.600 baseret på en standardudsivning på 0,1 l/s, hvor udsivning antages at ske fra et punkt. Fortyndingen skal omregnes i forhold til den aktuelle udsivning. Den samlede perkolatudsivning kan dog distribueres ud på flere punkter, hvor påvirkningen i så fald vil være lidt mindre end beregnet for en punktudledning.

I /13/ er der desuden foretaget grundvandsmodellering med henblik på at vurdere fortynding under transport fra de forurenede arealer til kysten. Fortynding opstår på grund af grundvandsdannelse (nedbør) i de uforurenede arealer, hvorved forureningsfanen fortyndes. Betydningen af fortynding i grundvandszonen gør sig især gældende, hvis der kun er tale om et lille kildeområde, f.eks. efter afværge, hvor der ligeledes er en mindre perkolatudsivning og dermed større fortynding i Vesterhavet. Fortynding under transport i grundvandsmagasinet er dog forholdsvis lille i forhold til fortynding i Vesterhavet, og er dermed ikke medtaget i nærværende beregning.

Arealer indenfor spunsvæg
Se bilag 1.5 i /11/



Som udgangspunkt for beregningerne antages en netto nedbørsmængde (dvs. infiltration) på 0,525 m/år og udsivning fra arealet indenfor spunsvæg (se figur til venstre):

- Randområde indenfor spunsvæg: = 20.000 m²
- Udsivning 20.000 * 0,525 = 10.500 m³/år
- = 0,333 l/s

Fortynding i Vesterhavet:
= 82.600 * 0,1/0,333 = 25.030

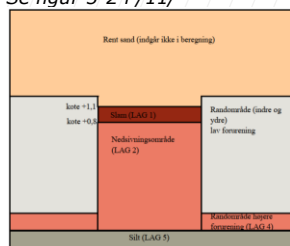
Såfremt der alene ses på nedsivningsområdet fås en større fortynding, men som redegjort for i afsnit 6.1 findes væsentlige forureningsmængder i det nedre sandlag i randområdet, og derfor vil der ikke blive foretaget beregninger for dette scenario, se dog fortyndingsberegning nedenfor.

- Nedsivningsområde: = 2.200 m²
- Udsivning 2.200 * 0,525 = 1.155 m³/år
- = 0,0366 l/s

Fortynding i Vesterhavet:
= 82.600 * 0,1/0,0366 = 230.000

Opdelingen i et nedsivningsområde og et randområde indenfor spunsvæg er baseret på en konceptuel model (se figur til venstre) udarbejdet i forbindelse med en undersøgelse i 2013. Ved undersøgelsen i 2013 er der foretaget en afgrænsning af forurening i nedsivningsområdet /11/, (se figur til venstre).

Konceptuel model
Se figur 5-2 i /11/



4.2.2 Cheminovas gamle fabriksgrund - Fortyndingsforhold

Under de nuværende forhold opsamles grundvand fra den gamle fabriksgrund via dræn og afvæргеbrønde. I 2019 blev der i alt oppumpet ca. 60.000 m³ /42/.

Ifølge grundvandsmodellering for forskellige afværgescenarier foretaget for den gamle fabriksgrund i /30/ og /31/ er det konkluderet, at nedsivning på Rønland (det nuværende fabriksareal) kun har ringe betydning for grundvandsstrømning omkring den gamle fabriksgrund. Derimod har opfyldning og afslutning af havbundssedimentdepotet betydning for udsivning, se Figur 3.4 og Figur 3.5.

Ved ophør af afvæргеpumpning vil det delvist opfyldte havbundssedimentdepot medføre, at grundvandet fra det gamle fabriksområde hovedsageligt strømmer dels under den inddæmmede depotsø (havnesedimentdepot, se Figur 3.4) og dels mod sydøst direkte til Nisum Bredning /31/, se Figur 6.2. Den gennemsnitlige fortynding i en opblandingszone 50 m ud for denne del af Nisum Bredning er ifølge Miljøstyrelsens screeningsværktøj 2.751 baseret på en standardudsivning på 0,1 l/s /32/.

Såfremt havbundssedimentdepotet i fremtiden er fuldt opfyldt vil der opstå et grundvandsskel på Harbøre Tange således, at grundvandet, især fra det øverste fyldlag (lag 1 i /31/), delvis strømmer mod Harbøre Fjord, se Figur 6.2. Den gennemsnitlige fortynding i en opblandingszone 50 m ud for bredden ved Harbøre Fjord er ifølge Miljøstyrelsens screeningsværktøj 20 baseret på en standardudsivning på 0,1 l/s.

Som udgangspunktet for beregningerne antages en nedbørsmængde på 0,525 m/år og udsivning fra et areal for den gamle fabriksgrund på 28.000 m²:

$$\begin{aligned}
 \text{Arealet} &= 28.000 \text{ m}^2 \\
 \text{Udsivning } 28.000 * 0,525 &= 14.700 \text{ m}^3 / \text{år} \\
 &= 0,466 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

- Fabriksgrund (ved 100% udsivning til Nissum Bredning)
 $\text{Udsivning} = 0,466 \text{ l/s}$

$$\begin{aligned}
 \text{Fortynding i Nissum Bredning:} \\
 = 2.751 * 0,1/0,466 &= 590
 \end{aligned}$$

- Fabriksgrund (ved 50% til Nissum Bredning og 50% til Harbøre Fjord)
 $\text{Udsivning er } 0,466/2, \text{ dvs. } 0,233 \text{ l/s til hhv. Nissum Bredning og Harbøre Fjord}$

$$\begin{aligned}
 \text{Fortynding i Nissum Bredning:} \\
 = 2.751 * 0,1/0,233 &= 1.180
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Fortynding i Harbøre Fjord:} \\
 = 20 * 0,1/0,233 &= 8,6
 \end{aligned}$$

4.3 Beregning af acceptable porevands- og jordkoncentrationer

Til vurdering af et acceptabelt niveau for restforurening foretages en beregning af acceptable porevandskoncentrationer såfremt MKK skal overholdes i recipienterne. Beregningerne baseres på de beregnede fortyndingsfaktorer for henholdsvis Høfde 42 (afsnit 4.2.1) og Cheminovas gamle fabriksgrund (afsnit 4.2.2).

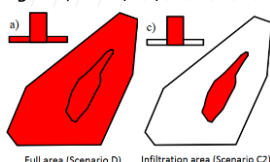
De gennemsnitlige jordkoncentrationer, som kan accepteres på de 2 respektive lokaliteter, kan beregnes med de omregningsfaktorer, der er angivet i Tabel 4.1. Beregningerne er udført i et Excel regneark, og kan løbende justeres ift. nye oplysninger, f. eks. ved revision af MKK, jf. afsnit 3.3.

4.3.1 Høfde 42 – acceptable jord- og porevandskoncentrationer

I Tabel 4.2 er de acceptable porevands- og jordkoncentrationer i forhold til en simpel fasefordelingsbetragtning beregnet for det samlede areal indenfor spunsvæggen (20.000 m^2). Der foretages ikke beregninger for nedsivningsområdet alene (2.200 m^2), idet en væsentlig del af forurening ligger uden for nedsivningsområdet i det nedre sandlag i det indre randområde, se afsnit 6.1.

Ved oprensning alene i nedsivningsområdet vil der fortsat være en forureningsflux fra randområderne til de marine omgivelser.

Scenario for oprensning
Figur 5,1 fra /13/



Oprensningsscenarier er behandlet i /13/, se figur til venstre, hvor scenario D svarer til oprensning af det samlede areal indenfor spunsvæggen inklusive forurening i det nedre sandlag ovenover silt-/gyttelaget svarende til beregninger i Tabel 4.2. Scenario C2 svarer til oprensning i nedsivningsområdet, uden oprensning i det nedre sandlag i bunden af randområdet. For en nærmere forklaring af konsekvens af oprensning i henholdsvis nedsivningsområdet og randområdet, se afsnit 6.1

I Tabel 4.2 antages, at der altid opnås ligevægt mellem jord og porevand i kontakt med jord. De beregnede acceptable porevands- og jordkoncentrationer for oprensning indenfor spunsen, jf. Tabel 4.2, svarer nogenlunde til de tidligere Nord-PestClean-beregnete værdier for scenario D (tabel 5.3 i /13/).

Tabel 4.2 Acceptable porevands- og jordkoncentrationer i Høfde 42.
 Bemærk at jordkoncentrationer er angivet som µg/kg og ikke som mg/kg og alle værdier er afrundet til 2 cifre.
 *Miljøkvalitetskrav (MKK) fra bekendtgørelse /18/.
 De andre MKK er fra udledningstilladelse /15/, /16/ og /17/.
 #MKK på 0,1 µg/l er et konservativt bud for MCPA og Methyaminoparathion. F.eks. MKK for mechlorprop i saltvand 1,8 µg/l /18/.
 §-Opløselighed af metallisk kviksølv er ca. 60 µg/l og >100.000 µg/l for methylkviksølv
 Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier (JKK) /35/ gælder for kun for sundhedsmæssige risiko ved direkte kontakt (indtagelse og hudkontakt), men medtages for god ordens skyld. JKK som er lavere end foreslåede acceptable jordkoncentrationer er markeret med rødt.

Fortynding i recipient Areal, m² Justeret fortynding ift. grundvandsflux	MKK µg/l	Indenfor spunsvæg		Miljøstyrelsens jordkvalitets- kriterie (som µg/kg) /35/ Jord µg/kg
		82.600		
		20.000		
		24.808		
		Porevand µg/l	Jord µg/kg	
Organofosforinsekticider (OPP)				
Parathion (F=5,2)	0,0003	7,4	39	100
Parathion (F=9,2)	0,0003	7,4	68	100
Parathion (F=25)	0,0003	7,4	190	100
Aminoparathion	1	25.000	56.000	
Methylparathion	0,009/0,00011	220/27	520/63	
Methylaminoparathion	0,1#	2.500	3.300	
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	
Fosforinsekticider, diestre (P1/P2 syre)				
EP1	7	170.000	100.000	
EP2-syre	4	100.000	20.000	
MP1	20	500.000	120.000	
MP2-syre	20	500.000	120.000	
Diverse				
4-nitrophenol	2	50.000	14.000	125.000
4-chlor-2-methylphenol	5	120.000	470.000	3.000
Phenol	0,77*	19.000	4.000	70.000
Methylphenoler	10*	250.000	65.000	
Dimethylphenoler	1,31*	33.000	12.000	
Chlorphenoler	0,2*	5.000	6.400	
MCPA (F=0,19)	0,1#	2.500	460	3.000
MCPA (F=0,44)	0,1#	2.500	1.100	
Benzen	8*	200.000	63.000	
Toluen	7,4*	180.00	130.000	
Ethylbenzen	2*	50.000	78.000	
Xylener	1*	25.000	43.000	
Vinylchlorid	0,05*	1.200	360	400
Kviksølv (F=20)	0,05	1.200§	25.000	1.000
Kviksølv (F=160)	0,05	1.200§	200.000	1.000

I forhold til det gennemsnitlige niveau for jordforurening indenfor spunsvæggen er de mest kritiske parametre parathion, sulfotep, malathion og methylparathion.

Parametre som kviksølv, 4-chlor-2-methylphenol og di- og triestre af OPP er mindre kritiske bl.a. fordi MKK er højere og fortynding i Vesterhavet er stor, hvorfor der kan accepteres højere koncentrationer i porevandet og jordfasen.

For alle de organiske stoffer i Tabel 4.2 er de acceptable porevandkoncentrationer mindre end stoffernes vandopløselighed, dvs. at det er teoretisk muligt, at porevandskoncentrationer kan nå ligevægtskoncentrationer svarende til de acceptable porevandkoncentrationer. Dog er opløseligheden af de enkelte stoffer ofte mindre, når der er tale om en blandingsforurening, især for fri fase forureninger. Stofferne opløselighedsdata findes i Bilag 1.

Den acceptable jordkoncentration for kviksølv baseres på, at den gennemsnitlige porevandskoncentration bør være mindre end 1.200 µg/l, jf. Tabel 4.2. De fleste kviksølvforbindelser har vandopløseligheder, som er væsentligt mindre end 1.200 µg/l. I princippet kan der derfor accepteres en højere jordkoncentration end 25 – 200 mg/kg for kviksølv, idet der ikke kan opløses mere end 60 µg/l, svarende til den maksimale opløselighed for metallisk kviksølv. Derimod er methylkviksølv, phenylmercuric acetat (PMA) og kviksølvklorid (HgCl₂) mere vandopløselige, hvorfor en acceptabel jordkoncentration på 25 mg Hg/kg for området indenfor spunsvægge må anses som et forsigtigt og konservativt bud i forhold til påvirkning af Vesterhavet.

Det bemærkes at de acceptable jordkoncentrationer i Tabel 4.2 for chlorphenoler (6,4 mg/kg) og kviksølv (25 mg/kg) overskrider Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier på henholdsvis 3 og 1 mg/kg TS. Der er ikke analyseret mange jordprøver for kviksølv ved Høfde 42, men de højeste jordkoncentrationer findes i nedsivningszonen. Flere jordprøver i den indre randzone (især zone 3 og 4) /11/ har koncentrationer som overskrider 25 mg/kg. Der er ikke analyseret for chlorphenoler i jordprøverne.

4.3.2 Cheminovas gamle fabriksgrund – acceptabel jord- og porevandskoncentrationer

I Tabel 4.3 er de acceptable porevands- og jordkoncentrationer beregnet ud fra en simpel fasefordelingsbetragtning for det samlede areal af fabriksgrunden på 28.000 m². Der beregnes for en situation, hvor den samlede flux strømmer til Nisum Bredning og en situation hvor 50% af fluxen strømmer til henholdsvis Harbøre Fjord og Nisum Bredning, jf. afsnit 4.2.2.

I Tabel 4.3 antages, at der altid opnås ligevægt mellem jord og porevand i kontakt med jord. Som ses af Tabel 4.3 er de acceptable porevands- og jordkoncentrationer i forhold til overholdelse af MKK i Harbøre Fjord meget lave, da der kun sket en meget lille fortynding i Harbøre Fjord.

Hvis der alene ses på påvirkning af Nisum Bredning, så er de meste kritiske parametre i forhold til fortynding i Nisum Bredning: parathion, sulfotep, malathion og methylparathion, samt kviksølv. Det bemærkes dog, at der kun er fundet lavt indhold af kviksølv i de analyserede vandprøver (max 3 µg/l) udtaget i 2019, selv om kviksølvmængden i jorden indikerer, at der er risiko for højere kviksølvniveauer i grundvandet. Parametre som 4-chlor-2-methylphenol og di- og triestre af OPP er mindre kritiske bl.a. fordi MKK er højere og fortynding i Nisum Bredning er tilstrækkelig stor, hvorfor der kan accepteres højere koncentrationer i porevandet og jordfasen.

Tabel 4.3 Acceptable porevands- og jordkoncentrationer for Cheminovas gamle fabriksgrund
Bemærk at jordkoncentrationer er angivet som µg/kg og ikke som mg/kg og alle værdier er afrundet til 2 cifre.

*Miljøkvalitetskrav (MKK) fra bekendtgørelse /18/.

De andre MKK er fra udledningstilladelse /15/, /16/ og /17/.

#MKK på 0,1 µg/l er et konservativt bud for MCPA og Methyaminoparathion. F.eks. MKK for mechlorprop i saltvand 1,8 µg/l /18/.

§-Opløselighed af metallisk kviksølv er ca. 60 µg/l, og >100.000 µg/l for methylkviksølv
Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier (JKK) /35/ gælder for kun for sundhedsmæssige risiko ved direkte kontakt (indtagelse og hudkontakt), men medtages for god ordens skyld. JKK som er lavere end de acceptable jordkoncentrationer er markeret med rødt.

Fortynding Areal, m² Justeret fortynding ift. grundvandsflux		100% til Nisum Bredning		50% til Nisum Bredning		50% til Harbøre Fjord		Miljøstyrelsens jordkvalitets- kriterie (som µg/kg) /35/ JKK µg/kg
		2.571		2.571		20		
		28.000		14.000		14.000		
		590		1.180		9		
	MKK	Porevand	Jord	Porevand	Jord	Pore- vand	Jord	
	µg/l	µg/l	µg/kg	µg/l	µg/kg	µg/l	µg/kg	
Organofosforinsekticider (OPP)								
Parathion (F=5,2)	0,0003	0,2	0,9	0,4	1,8	0,003	0,013	100
Parathion (F=9,2)	0,0003	0,2	1,6	0,4	3,3	0,003	0,024	100
Parathion (F=25)	0,0003	0,2	4,5	0,4	8,9	0,003	0,065	100
Aminoparathion	1	590	1.300	1.200	2.700	8,6	20	
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	
Methylaminoparathion	0,1#	59	78	120	160	0,86	1,1	
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 TRIX)								
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	
Fosforinsekticider, diestre (P1/P2 syre)								
EP1	7	4.100	2.500	8.300	4.900	60	36	
EP2-syre	4	2.400	470	4.700	940	34	6,9	
MP1	20	12.000	2.800	24.000	5.600	170	41	
MP2-syre	20	12.000	2.800	24.000	5.600	170	41	
Diverse								
4-nitrophenol	2	1.200	330	2.400	660	17	4,8	125.000
4-chlor-2-methylphenol	5	3.000	11.000	5.900	22.000	43	160	3.000
Phenol	0,77*	450	95	910	190	7	1,4	70.000
Methylphenoler	10*	5.900	1.600	12.000	3.100	86	23	
Dimethylphenoler	1,31*	770	280	1.600	560	11	4,1	
Chlorphenoler	0,2*	120	150	240	300	1,7	2,2	3.000
MCPA (F=0,19)	0,1#	59	11	120	22	0,9	0,2	
MCPA (F=0,44)	0,1#	59	26	120	51	0,9	0,4	
Benzen	8*	4.700	1.500	9.400	3.000	69	22	
Toluen	7,4*	4.400	3.000	9.000	6.000	60	45	
Ethylbenzen	2*	1.200	1.900	2.400	3.700	17	27	
Xylener	1*	590	1.000	1.200	2.100	8,6	15	
Vinylchlorid	0,05*	30	8,6	59	17	0,4	0,1	400
Kviksølv (F=20)	0,05	30§	590	59	1.200	0,4	8,6	1.000
Kviksølv (F=160)	0,05	30	4.700	59	9.300	0,4	68	

Som det ses af Tabel 4.3, så er de acceptable porevands- og jordkoncentrationer ved Cheminovas gamle fabriksgrund væsentlig lavere end ved Høfde 42, idet for-tyndingsforholdene i Nissum Bredning er mindre end i Vesterhavet. Herudover er det tydeligt, at de acceptable porevands- og jordkoncentrationer i forhold til Harboøre Fjord er ekstremt lave, hvorfor det må anses som væsentligt, at der etableres foranstaltninger til hindring af udsivning til Harboøre Fjord.

For alle de organiske stoffer i Tabel 4.3 er de acceptable porevandskoncentrationer mindre end stoffernes vandopløselighed, dvs. at det er teoretisk muligt, at porevandskoncentrationer kan nå ligevægtskoncentrationer svarende til de acceptable porevandskoncentrationer, dog er opløseligheden af de enkelte stoffer ofte mindre, når der er tale om en blandingsforurening, især for fri fase forureninger. Stoffer-nes opløselighedsdata findes i Bilag 1.

Den acceptable jordkoncentration for kviksølv ift. til 100% grundvandstransport til Nissum Bredning baseres på at den gennemsnitlige porevandskoncentration skal være mindre end 30 µg/l, jf. Tabel 4.3. Metallisk kviksølv har en vandopløselighed på ca. 60 µg/l, mens kviksølvulfid har en endnu lavere vandopløselighed. I princippet kan der derfor accepteres en højere jordkoncentration end 0,59 - 4,7 mg/kg for kviksølv, idet der ikke kan opløses mere kviksølv end svarende til den maksimale opløselighed. Derimod er methylkviksølv, phenylmercuric acetat (PMA) og kviksølvklorid (HgCl₂) mere vandopløselige, hvorfor et renhedskrav på 0,59 - 4,7 mg Hg/kg for den gamle fabriksgrund i forhold til risiko for påvirkning af Nissum Bredning samlet anses som konservativ.

Det bemærkes, at de acceptable jordkoncentrationer i Tabel 4.3 alle er mindre end Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier /35/.

I 2019 er alle jordprøver analyseret for kviksølv ved Cheminovas gamle fabriksgrund, og flere prøver overskrider forslag til en acceptabel jordkoncentration på 0,59 - 4,7 mg/kg.

4.4 Sammenfattende konklusioner om acceptable jordkoncentrationer baseret på fasefordeling

Som det ses af Tabel 4.2 og Tabel 4.3 er der - som gennemsnitsbetragtninger - behov for oprensning af især organofosforinsekticider (OPP) til koncentrationer, som er lavere end eller tæt på detektionsgrænserne for jordanalyserne (typisk 10 - 100 µg/kg TS, men dog højere hos nogle analyselaboratorier). Derimod er de acceptable porevandskoncentrationer langt over de analytiske detektionsgrænser på ca. 0,05 - 0,005 µg/l for organofosforinsekticiderne (OPP) i vandprøver. Altså er analyse af vandprøver et mere følsomt mål for oprensningseffektivitet. Med de metoder, som påtænkes anvendt til oprensning af forureningerne, vil det dog ikke være muligt at udtage vandprøver til efterfølgende dokumentation af oprensning. Som alternativ derfor kan udføres udvaskningstests (batchtests) på den rensede jord med henblik på udførelse af kemiske analyse af vandfasen i ligevægt med jordprøven.

5 Overvejelse om kritiske stoffer og masseflux

5.1 Høfde 42

Ved Høfde 42 er der i 2013 foretaget masseberegninger baseret på resultater af jordanalyser /11/. Resultater af grundvandsanalyser findes hovedsageligt i ældre rapporter, herunder ifm. baseline-målinger ved pilotprojekt til afprøvning af in-situ basisk hydrolyse i 2014 og ved monitoring af grundvand udenfor spunsvæg i perioden 2007-2017.

Ved Høfde 42 er der desuden fundet residual fri fase forurening (dvs. forurening i væskeform fanget i poreskellet) med organofosforinsekticider (OPP) i mange jordprøver fra nedsivningsområdet, se Figur 3.2. DNAPL-forureningen (Dense Non-Aqueous Phase Liquid) er karakteriseret med et indhold af følgende forbindelser /10/:

• Parathion	40 - 57%
• Aminoparathion	<1%
• Methylparathion	10 - 16%
• Malathion	2 - 8 %
• Sulfotep	3 - 8%
• Di- og triesters	~10%
• p-nitrophenol	<1%
• Chlorerede aromater (chlorphenoler)	1 - 2%
• Kulbrinter (ekstraktionsbenzin)	6 - 8%
• BTEX	2 - 3%
• Kviksølv	~0,5%

Simple fasefordelingsberegninger er baseret på jordkoncentrationer og kan ikke modellere porevandskoncentrationer, såfremt der er residual fri fase forurening i jordmatrix. Tilstedeværelse af residual fri fase forurening betyder, at beregningen af fasefordelingen, som basis for opsætning af de acceptable porevands- og jordkoncentrationer, kan være misvisende.

I /13/ er opstillet følgende gennemsnits- og medianværdier for jordforurening i nedsivningsområdet, som kan omregnes til teoretiske porevandskoncentrationer, jf. Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Beregning af teoretiske porevandskoncentrationer ift. gennemsnits- og medianindhold i jord ved Høfde 42 /13/.

	Gennemsnit i jord mg/kg	Teoretisk porevand mg/l	Median i jord mg/kg	Teoretisk porevand mg/l
Parathion (F=9,2)	1.900	210	1.100	120
Methylparathion	350	150	81	35
Malathion	160	140	20	18
Sulfotep	70	8	9,2	1
Kviksølv	190	1	110	1
Aminoparathion	14	6	3	1
4-chloro-o-cresol	15	4	2,6	1

De beregnede teoretiske porevandskoncentrationer er dog højere end de målte baseline værdier ved pilotforsøg med in-situ basisk hydrolyse /33/, se Tabel 5.2. I

forbindelse med pilotforsøg med in situ basisk hydrolyse er der dog efterfølgende målt ret høje koncentrationer i grundvandsprøver, f.eks. >1.000 mg parathion/l efter behandling med detergenter og lud, dvs. højere end beregnet i Tabel 5.1.

Dette indikerer, at det er en stor usikkerhed tilknyttet omregning fra en acceptabel porevandskoncentration til en jordprøve i forhold til risiko for recipienten. På baggrund af dette bør acceptkriterierne for jord være højere end angivet i Tabel 4.2. Usikkerheden skyldes blandt andet, at de lokalitetsspecifikke fordelingskoefficienter, K_{oc} , ikke kendes. Usikkerheden kan evt. reduceres ved, at der udføres udvaskningstests for at få fastlagt retvisende/korrekte omregninger (fasefordeling) af ligevægtsfordelingen i jord og vand.

Desuden medfører residual fri fase forurening i nedsivningsområdet, at stofudvaskning påvirkes af sammensætningen i fri fase (DNAPL), idet opløselighed af de enkelte stoffer i vandfasen i kontakt med den fri fase bestemmes af deres andel i den fri fase og deres opløselighed. Det vil sige, at et stof med en høj vandopløselighed, som udgør en lille andel af den fri fase, kun vil opløses i meget begrænset omfang i vandfasen. Dette betyder desuden, at de beregnede omregningsfaktorer ikke længere er gældende. Desuden vil jordanalyserne vise en stor spredning og dokumentation af repræsentative forureningsforhold vil kræve mange analyser, idet forurening i jordfasen er inhomogent fordelt.

Hvis de acceptable porevandskoncentrationer i Tabel 4.2 sammenlignes med gennemsnitskoncentrationer i nedsivningsområdet, er det tydeligt, at overskridelserne af disse acceptable niveauer hovedsagelig ses for parathion, malathion, sulfotep og methylparathion, jf. Tabel 5.2 og at de teoretiske overskridelser er henholdsvis en faktor 570, 92, 40 og 6. Dette indikerer, at kildestyrken i nedsivningsområdet bør reduceres med mindst en faktor 100 – 600.

Analyser af vandprøver fra nedsivningsområdet udtaget før pilotprojektet med basisk hydrolyse blev udført viser, at indholdet af metallisk kviksølv i porevandet er ca. en faktor 10 mindre end det beregnede acceptable indhold af metallisk kviksølv i porevandet på 1.200 µg/l, jf. Tabel 4.2. med baggrund i denne betragtning anses det således for meget sandsynligt, at der opløses meget lidt kviksølv fra jordfasen.

Før pilotprojektet med basisk hydrolyse var pH i grundvandet omkring pH 6, men blev øget til mere end pH 11 under behandlingen, hvorved der blev frigivet eller opløst op til en faktor 1.000 mere kviksølv, dvs. svarende til niveauer på 30.000 – 900.000 µg/l. I /29/ er den øgede mobilitet af kviksølv under basisk hydrolyse noteret, men processen er ikke afdækket.

Ifølge /13/ blev der i 2004-2005, dvs. før etablering af spunsvæggen foretaget målinger i Vesterhavet ud for Høfde 42 (positionen kendes ikke). Som det ses af Tabel 5.3 ses især overskridelser af miljøkvalitetskrav for parathion og sulfotep i overensstemmelse med de teoretiske beregninger i Tabel 5.2. Målinger fra 2004-2005 indikerer, at kildestyrken ved Høfde 42 bør reduceres med mindst en faktor 60-150, jf. Tabel 5.3.

Tabel 5.2 Høfde 42: Overskridelse af acceptable porevandskoncentrationer i grundvandsprøver. Hvis der ikke findes data (ikke analyseret) er feltet blank.
*Miljøkvalitetskrav (MKK) fra bekendtgørelse /18/.

Stofnavn	MKK µg/l	Acceptabel konc. i porevand ift. Vesterhavet ved udsivning fra in- denfor spunsvæg jf. Tabel 4.2	Gennemsnitskonc. udenfor spuns- væg /13/ Grundvand µg/l	Ved baseline målinger før in situ basisk hydrolyse pilotprojekt /33/ Gns. konc. µg/l		Overskridelse af acceptabel porevand ift. gns. konc. in- denfor spuns- sen gange
		Porevand µg/l		Max konc. µg/l		
Organofosforinsekticider (OPP)						
Parathion	0,0003	7,4	2 – 210	4.200	17.000	=4200/7,4 =570
Aminoparathion	1	25.000		2.200	8.100	<1
Methylparathion	0,009	220	0,02 – 27	1.300	4.000	6
Methylaminoparathion	0,1#	2.500	<2 - <10	600	2.300	<1
Malathion	0,001	25	<2 - <10	2.300	6.600	92
Paraoxon	0,002	50				
Sulfotep	0,0002	5,0	2 – 190	200	900	40
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIX)						
M-OOSPS	1	25.000		10.500	21.500	<1
E-OOSPS	2	50.000	10 – 500	700	1.700	<1
E-OOOPS	10	250.000	10 – 800	5.500	10.000	<1
EEM-OOSPS	6	50.000		6.400	21.000	<1
Fosforinsekticider, diestre (P1/P2 syre)						
EP1	7	170.000	200 - 6.000	54.000	490.000	<1
EP2-syre	4	100.000	200 – .178.000	62.000	520.000	<1
MP1	20	500.000	200 – 16.000	26.600	280.000	<1
MP2-syre	20	500.000	200 – 108.000	32.700	240.000	<1
Diverse						
4-nitrophenol	2	50.000	100 – 600	28.400	110.000	2,2
4-chlor-2-methylphenol	5	125.000		7.600	33.000	<1
Phenol	0,77*	19.000				
Methylphenoler	10*	250.000				
Dimethylphenoler	1,31*	33.000				
Chlorphenoler	0,2*	5.000				
MCPA	0,1#	2.500		4.700	17.000	2
Benzen	8*	200.000				
Toluen	7,4*	160.000				
Ethylbenzen	2*	50.000				
Xylener	1*	25.000				
Vinylchlorid	0,05*	1.200				
Kviksølv (Hg - metal)	0,05	1.200		75 (n=3)	113	<1

Tabel 5.3 Baggrundsniveauerne i Vesterhavet ud for Høfde 42 i 2004-2005 dvs. før etablering af spunsvæggen i 2006 samt overskridelse af miljøkvalitetskrav (MKK). Overskridelse af MKK på mere end 10 er markeret med fed.

	Miljøkvalitetskrav µg/l	Gennemsnit Målt i Vesterhavet 2004-2005 /13/ µg/l	Overskridelse af MKK gange	Median Målt i Vesterhavet 2004-2005 /13/ µg/l	Overskridelse af MKK gange
Parathion	0,0003	0,019	63	0,006	20
Aminoparathion	1	3,71	3,7	0,564	0,6
Methylparathion	0,009	0,084	9,3	0,022	2,4
Malathion	0,001	0,006	6,0	<0,005	
Sulfotep	0,0002	0,03	150	0,01	50
EP2-syre	4	43	11	<40	
4-chlor-2-methylphenol	5	0,315	0,1	0,135	0,0
Kviksølv	0,05	0,002	0	0,001	0,0

5.2 Den gamle fabriksgrund

Hvis de acceptable porevandkoncentrationer i Tabel 4.3 sammenlignes med de maksimale målte grundvandskoncentrationer i de øvre filtre ved boringer ved den gamle fabriksgrund /32/ er det tydeligt, at overskridelserne af disse acceptable niveauer hovedsageligt ses for parathion, sulfotep, malathion, paraoxon og aminoparathion, jf. Tabel 5.4.

Der ses ingen overskridelse for kviksølv-forbindelser eller alkylphenoler. Der er moderate overskridelser på op til en faktor 10 for chlorphenoler, herunder 4-chlor-2-methylphenol og p- nitrophenol (PNP) og BTEX-forbindelser samt vinylchlorid.

Tabel 5.4 Den gamle fabriksgrund: Overskridelse af acceptable porevandskoncentrationer i grundvandsprøver (kun 5 borer)

Hvis der ikke findes data er feltet blank.

*Miljøkvalitetskrav (MKK) fra bekendtgørelse /18/.

Stofnavn	MKK µg/l	Acceptabel porevand ved 100% strømning til Nissum Bredning jf. Tabel 4.3 Porevand µg/l	Gennemsnitskonc. i øverste filtre µg/l	Gennemsnitskonc. i nederste filtre Grundvand µg/l	Maks. konc. µg/l	Overskridelse af acceptabel porevand ift. maks. konc. gange
Organofosforinsekticider (OPP)						
Parathion	0,0003	0,2	778	480	2.800	14.000
Aminoparathion	1	590	8.740	738	34.000	58
Methylparathion	0,009	5,3	3,5	<0,5	15	3
Methylaminoparathion	0,1#	59				
Malathion	0,001	0,6	100	0,15	320	530
Paraaxon	0,002	1,2	36	0,7	170	142
Sulfotep	0,0002	0,1	160	44	510	5.100
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIX)						
M-OOSPS	1	590				
E-OOSPS	2	1.200				
E-OOOPS	10	5.900				
EEM-OOSPS	6	1.200				
Fosforinsekticider, diestre (P1/P2 syre)						
EP1	7	4.100	0,69		1,6	0
EP2-syre	4	2.400	8,9		32	0
MP1	20	12.000	0,2		0,22	0
MP2-syre	20	12.000	0,24		0,4	0
Diverse						
4-nitrophenol	2	1.200	3.179	2,97	14.000	12
4-chlor-2-methylphenol	5	3.000	145		360	0
Phenol	0,77*	450	10		21	0
Methylphenoler	10*	5.900	5,0		47	0
Dimethylphenoler	1,31*	770	0,52		3,3	0
Chlorphenoler	0,2*	120	242		750	6
MCPA	0,1#	59	40		150	3
Benzen	8*	4.700	1,3		150	0
Toluen	7,4*	3.800	4.474		17.000	4,5
Ethylbenzen	2*	1.200	194		640	0
Xylener	1*	590	1554		5.500	9,3
Vinylchlorid	0,05*	30	28,4		140	5
Kviksølv (Hg - metal)	0,05	30	1,3	0,08	3,1	0

Som det fremgår af Tabel 5.4 er der ikke konstateret indhold af kviksølv i grundvand ved den gamle fabriksgrund på mere end 3,1 µg/l (data fra 2019 /32/), hvilket er en faktor 10 mindre end det acceptable porevandsniveau på 30 µg/l, jf. Tabel 4.3. Dette indikerer, at der opløses meget lidt kviksølv fra jordfasen.

I /32/ er der ifm. masseberegningen defineret Voronoi delarealer, hvor det antages, at jordkoncentrationerne i hvert jordlag i delområderne har en koncentration svarende til den centrale boring i delområdet. Da den nærmeste boring kan være

uforurenet er der ved denne beregningsmetode en risiko for, at massen overestimeres, men i de følgende overvejelser om massen og porevandvandskoncentrationer er disse Voronoi arealer og forureningsmasser anvendt som udgangspunkt.

De højeste koncentration af parathion i grundvand er 2.800 µg/l i B72-2 og den højeste koncentration af sulfotep er 510 µg/l i B74-2, se Figur 6.3.

Parathion

I B72 er den højeste jordkoncentration af parathion 80 mg/kg svarende, ifølge omregningsfaktorer for parathion, til 3 - 15 mg/l i porevand. Tæt på B72-1 i B39 er der fundet koncentrationer af parathion på op til 410 mg/kg TS svarende til en porevandskoncentration på 16 - 79 mg/l. Omregningen fra jordprøverne giver dermed et væsentligt højere indhold end fundet i grundvandsprøven ved B72-2 på 2,8 mg parathion/l.

For Voronoi arealerne svarende til B39 og B72 er der i en dybde ned til 4 m beregnet en samlet masse på 114.000 g parathion i et jordvolumen svarende til 3.300 tons /32/, dvs. en gennemsnitlig jordkoncentration på 35 mg/kg svarende til en porevandskoncentration på 1,4 - 6,7 mg/l (1.400 - 6.700 µg parathion /l), som er tættere på den målte koncentration på 2,8 mg parathion/l.

Sulfotep

I B74 er den højeste jordkoncentration af sulfotep målt til 6 mg/kg svarende til 0,7 mg/l i porevand. Tæt på B74 er der i flere delområder konstateret sulfotep i jordprøver, bl.a. ved B11 og B8. I B11 er der fundet koncentrationer af sulfotep på op til 400 mg/kg TS, dvs. svarende til en porevandskoncentration på 45 mg/l. Omregningen fra jordprøverne giver dermed et væsentligt højere indhold end fundet i grundvandsprøven ved B74-2 på 0,51 mg sulfotep/l.

For Voronoi arealerne svarende til B74, B11 og B8 er der i en dybde ned til 4 m beregnet en samlede masse på 170.000 g af sulfotep i et jordvolumen svarende til 3.100 tons /32/, dvs. en gennemsnitlig jordkoncentration på 57 mg/kg svarende til en porevandskoncentration på 6,4 mg/l (6.400 µg sulfotep/l), som er væsentlig højere end de fundne indhold i grundvandet på op til 0,5 mg/l.

Ud fra de målte samhørende jord- og porevandskoncentrationer på den gamle fabriksgrund, vurderes det umiddelbart, at de beregnede omregningsfaktorer i Tabel 4.1 kan overvurdere jordkoncentrationer i forhold til de fundne grundvandskoncentrationer især for sulfotep. Det skal dog bemærkes, at der i 2019 kun er analyseret for vandprøver fra 5 borer med henholdsvis en øvre og nedre filter, og der er kun analyseret for udvalgte parametre herunder OPP i det nederste filter /32/.

Altså kan der i forhold til beskyttelse af recipienter overfor grundvandsforurening sandsynligvis tåles højere restkoncentrationer i jord end beregnet i Tabel 4.3.

Baseret på den samlede masseberegning i /32/ kan der ved hjælp af omregningsfaktorer i Tabel 4.1 beregnes følgende teoretiske gennemsnitsgrundvandskoncentrationer i forhold til de nuværende forureningsforhold:

Parathion

Den samlede masse er 11.874 kg /32/ i et jordvolumen på 505.000 tons

Den gennemsnitlige jordkoncentration er 23,5 mg/kg

Den tilsvarende gennemsnitlige porevandskoncentration = $23,5/9,2 \cdot 1000$

= 2.500 µg/l

Efter en fortynding på 590 er overskridelsen i Nissum Bredning ca. 14.100 gange MKK.

Sulfotep

Den samlede masse er 493 kg /32/ i et jordvolumen på 505.000 tons

Den gennemsnitlige jordkoncentration er 0,98 mg/kg

Den tilsvarende gennemsnitlige porevandskoncentration = $0,98/8,84 \cdot 1000$

= 110 µg/l

Efter fortynding på 590 er overskridelsen i Nissum Bredning på 940 gange MKK

Figur 6-1 fra /30/



I 2017 blev der ikke konstateret påvirkning med parathion eller sulfotep i overfladevand ved OV1 lige ud for dæmningen til Havnesedimentdepotet (se figur til venstre), men detektionsgrænserne var ca. 20 gange over MKK. Desuden blev der samtidig foretaget afværgepumpning fra dræn og boringer til at forhindre spredning til recipienten. Forureningskoncentrationerne i afværgevandet før kulfiltre var i 2017 henholdsvis:

Parathion	40 – 1.400 µg/l	gennemsnit = 730 µg/l (n=43)
-----------	-----------------	------------------------------

Sulfotep	20 – 200 µg/l	gennemsnit = 70 µg/l (n=43)
----------	---------------	-----------------------------

Dette indikerer, at beregningerne baseret på fasefordeling i forhold til jordkoncentrationer, og en efterfølgende fortynding i Nissum Bredning, sandsynligvis er konservativ, idet beregningerne indikerer en gennemsnitlig belastning i porevandet over den samlede fabriksgrund på 2.500 µg parathion/l, mens gennemsnittet i afværgevandet er 730 µg/l, dvs. en faktor 4 mindre end beregnet. Den beregnede belastning for sulfotep i porevandet er 110 µg/l, mens gennemsnittet i afværgvand er 70 µg/l, ca. en faktor 1,6 mindre end beregnet.

6 Fase 1: Areal-vægtet tilgang til acceptable jordkoncentrationer

I afsnit 4 er der beskrevet en konservativ tilgang, hvor overholdelse af MKK i recipienterne beregnes i forhold til den samlede grundvandsdannelse (grundvandsflux) ved henholdsvis Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund – det vil sige, at de acceptable porevandskoncentrationer gælder som gennemsnitsværdier for de respektive arealer.

Af beregningstekniske årsager bliver fortyndingen i recipienten større såfremt grundvandsfluxen reduceres og mere realistiske niveauer for restforurening kan beregnes, hvis der kun ses på grundvandsdannelse (den forurenede flux) i de forurenede delområder.

Beregningerne af acceptable niveauer for porevands- og jordkoncentrationer i Tabel 4.2 og Tabel 4.3 tager heller ikke højde for fortyndingen under transport, som skyldes tilstrømning af uforurennet grundvand opstrøms for de forurenede områder eller grundvandsdannelse (nedbør) nedstrøms for de forurenede områder.

6.1 Høfde 42

6.1.1 Fortynding under transport

I /10/ og /13/ er det ved hjælp af en grundvandsmodel beregnet, at fortynding under transport fra deponiet ved Høfde 42 til Vesterhavet kan være på en faktor 2 til 4 og størst fra den nordligste del af deponiet. Umiddelbart er denne fortynding indregnet i vandfluxen som i /13/ sættes til 1,2 l/s. Den aktuelle grundvandsflux baseret på grundvandsdannelse indenfor spunsvæggen er ifølge afsnit 4.2.1, 0,33 l/s, mens der i /13/ er beregnet yderligere flux, som skyldes nedbør udenfor spunsvæggen under transport til Vesterhavet, og at der kan ske overstrømning af havvand pga. tidevand evt. storm. I /13/ er der beregnet en justeret fortynding i Vesterhavet (fortyndingsfaktor på $82.600 \cdot 0,1/1,2 = 6.630$). Den samlede fortynding i Vesterhavet for et scenario med fuld oprensning indenfor spunsvæggen blev dermed 19.900, dvs. en fortynding i havet på 6.630 og en fortynding under transport på 3 ($6.630 \cdot 3 = 19.900$).

I Tabel 4.2 er den anvendte fortynding i samme størrelsesorden med en værdi på 24.800 baseret på en forureningsflux på 0,33 l/s (det samlede areal indenfor spunsen) og dermed er de beregnede acceptable jordkoncentrationer sammenlignelige med resultaterne i /13/.

6.1.2 Konsekvens ved oprensning af delområder

Arealer indenfor spunsvæg
Se bilag 1.5 i /11/



I rapporten om afgrænsning af nedsivningsområdet fra 2013 /11/ er der foretaget en beregning af forureningsmasse indenfor spunsvæggen opdelt i 9 zoner fra det øvre sandlag og til og med siltlag (dvs. til en dybde på 4 – 4,8 m), se figur til venstre.

Nedsivningsområde: Zone 1 – 2

Areal = 2.200 m² vandflux = 0,03 l/s Volumen = 8.900 m³

Indre randområde: Zone 3 – 6

Areal = 14.904 m² vandflux = 0,21 l/s Volumen = 60.000 m³

Ydre randområde: Zone 7

Areal = 35.904 m² vandflux = 0,07 l/s Volumen = 19.300 m³

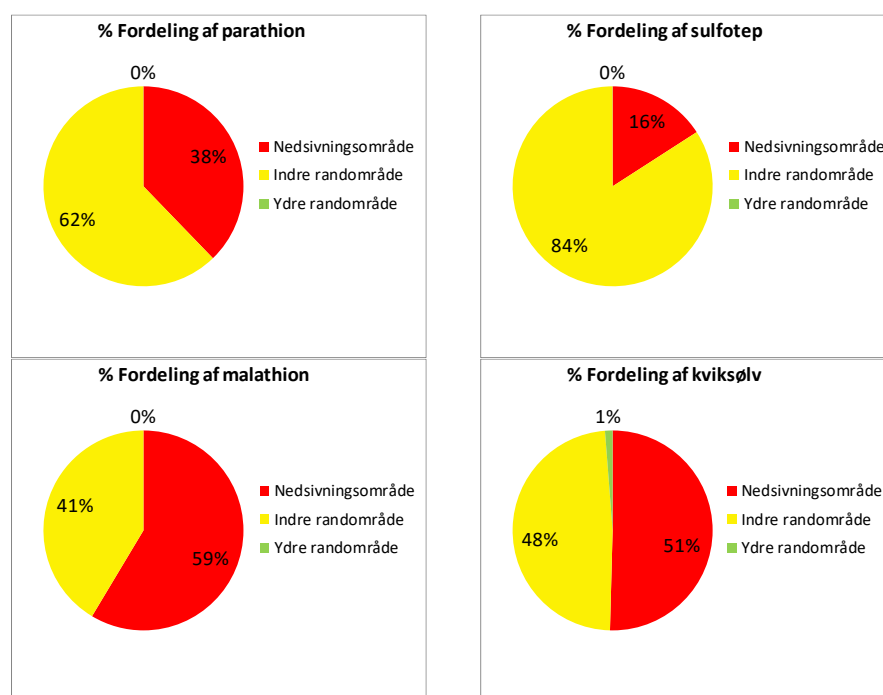
Den %-vise massefordeling mellem nedsivningsområdet og det indre og ydre randområde er vist i Figur 6.1 for parathion, sulfotep, malathion og kviksølv.

Som ses af Figur 6.1 findes en stor andel af forureningen uden for nedsivningsområdet.

Dette betyder, at oprensning i nedsivningsområdet alene kun vil reducere miljøbelastningen i Vesterhavet med 20 - 50 %, da en stor andel af forureningsmassen ligger udenfor nedsivningsområdet i den nedre sandlag i randområdet, se Figur 3.3.

Følsomhedsberegning med omregning af de gennemsnitlige jordkoncentrationer (fra masseberegning i /11/) til en grundvandsforurening og efterfølgende fortynding i Vesterhavet ($82.600 \cdot 0,1/0,33 = 24.808$) indikerer, at der ved fjernelse af spunsvæg uden oprensning vil opstå overskridelser af MKK for parathion og sulfotep på en faktor 9.000 - 12.000.

Ved oprensning af nedsivningsområdet uden en tilsvarende oprensning i randområderne vil fortsat resultere i overskridelser af MKK i Vesterhavet på ca. en faktor 7.000.



Figur 6.1 Procentvis fordeling af forurening (masse) i henholdsvis nedsivningsområdet og randområder indenfor spunsvæggen.

Såfremt der ses bort fra det tilsyneladende uforurenede ydre randområde reduceres vandfluxen fra 0,33 l/s til 0,25 l/s og fortyndingen i Vesterhavet stiger til 33.040. Dette betyder, at de acceptable porevands- og jordkoncentrationer for Høfde 42 øges med 30%. En forøgelse på 30% er dog ubetydeligt i forhold til de mange usikkerheder i beregningsgrundlaget.

Som nævnt i afsnit 5.1 vurderes det på grundlag af målte værdier i grundvandet, at der er en stor usikkerhed tilknyttet omregning fra en acceptabel porevandskoncentration til en jordprøve i forhold til risiko for recipienten.

Som udgangspunkt anses de acceptable porevands- og jordkoncentrationer defineret for både OPP og de andre komponenter i Tabel 4.2 at være konservative.

For de OPP'er, hvor de acceptable jordkoncentrationer ligger tæt på den nedre analytiske detektionsgrænse på 0,01 - 0,1 mg/kg, dvs. for parathion, methylparathion, malathion, paraoxon og sulfotep, vurderes det, at det vil være tilstrækkeligt at de acceptable jordkoncentrationer sættes til 0,1 mg/kg.

6.2 Den gamle fabriksgrund

6.2.1 Fortynding under transport

Ifølge undersøgelsen fra 2019 /32/ er flere delområder ved den gamle fabriksgrund ikke forurenet i væsentlig grad, dog er der ikke foretaget en detaljeret afgrænsning af forurening i visse delområder. Såfremt der **kun** ses på grundvandsdannelse i de hotspotområder, som forventes oprenset, vil grundvandsdannelsen i disse områder være mindre end anvendt i fortyndingsberegningen vist i afsnit 4.2.2.

Jo mindre den forurenede grundvandsflux, jo større fortynding i recipienten.

De acceptable porevands- og jordkoncentrationer ved oprensning i hotspotområder kan dermed blive højere end angivet i Tabel 4.3.

Herudover har transportveje og fortynding under transport fra hotspotområder til recipient betydning for fortynding og de acceptable porevandskoncentrationer.

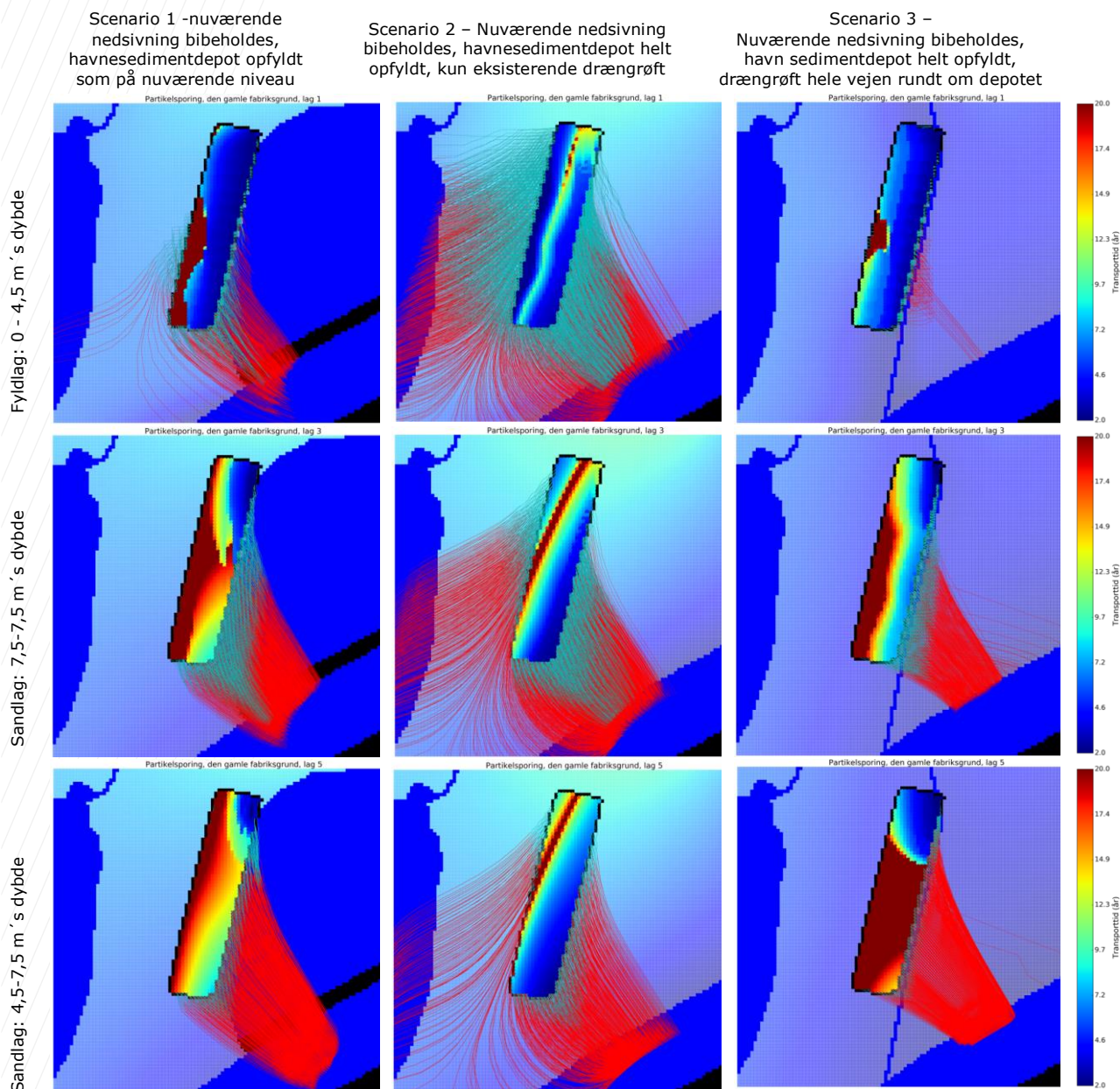
Ifølge /31/ (via reference /30/) er grundvandstransportveje fra den gamle fabriksgrund skitseret i forhold til 3 scenarier, se Figur 6.2:

- Scenario 1 - Nuværende nedsivning bibeholdes, havnesedimentdepot er opfyldt som på niveau i 2017
- Scenario 2 - Nuværende nedsivning bibeholdes, havnesedimentdepot er helt opfyldt, kun eksisterende drængrøft med udledning til Nissum Bredning
- Scenario 3 - Nuværende nedsivning bibeholdes, havnesedimentdepot er helt opfyldt og drængrøft etableret hele vejen rundt om depotet

Grundvandstransport er modelleret for tre geologiske lag: lag 1, 3 og 5, hvor lag 1 svarer til de øvre filtre og lag 3 og 5 svarer til de nedre filtre i undersøgelsesboringer ved undersøgelserne i 2019 /32/ og 2017 /30/.

Ved den gamle fabriksgrund findes grundvandsforurening i højere koncentrationer i de øvre filtre. Der er dog i de nedre filtre påvist forurening i koncentrationer, som overskrider de acceptable porevandskoncentrationer for organofosforinsekticider (OPP) i Tabel 4.3, som er vist i Tabel 5.4.

Figur 6.2 Visualisering af partikelbanesimulering fra /31/



Som det fremgår af /31/ har modellering af partikelbaner efter ophør af den nuværende afværgeopumpning (som gengivet i Figur 6.2) vist, at forurenat grundvand strømmer mod Nissum Bredning både ved scenario 1 og 3. Men hvis havnesedimentdepotet opfyldes (depotsøen forsvinder), og der ikke etableres en afskærende grøft rundt om den gamle fabriksgrund (scenario 2), vil der dannes et grundvandsskel midt på arealet. Dette betyder, at der vil opstå en vis afstrømning til Harbøre Fjord. Da fortynding i Harbøre Fjord er højst 20 ved en grundvandsflux på 0,1 l/s vurderes det nødvendigt at sikre at afstrømning af grundvand fra de oprensede arealer på den gamle fabriksgrund sker mod Nissum Bredning, hvor der kan opnås væsentlig højere fortynding i recipienten. Alternativt vil det være nødvendigt med ekstremt lave acceptable porevands- og jordkoncentrationer jf. afsnit 4.3.2.

Modellering af partikelbaner viser desuden, at transporttiden i det øvre grundvand er på nogle få år, og at der ved etablering af en afskærende grøft hovedsagelig drænes grundvand fra de meste forurenede øvre lag, som repræsenteres af de øvre filtre i undersøgelsesboringerne, jf. Figur 6.2.

Udover en fortynding på ca. 590 ($2.751 \cdot 0,1/0,466$) i Nisum Bredning (se afsnit 4.2.2) vil der desuden ske en fortynding i grundvandszonen eller i drængrøften under transport fra hotspot-områder ved den gamle fabriksgrund og før udsivning i Nisum Bredning. Fortynding under transporten sker ved infiltration af nedbør (grundvandsdannelse) i uforurenede områder nedstrøms for hotspotområderne. I scenario 3 vil dette ske både ved afstrømning til en drængrøft og ved strømning i de dybere lag under det opfyldte havnesedimentdepot. I scenario 1 vil fortynding af forurenede grundvand i det øvre lag fra hotspotområdet ske ved afstrømning til søen ved havnesedimentdepotet.

Størrelsesordenen af fortyndingen under transport kendes ikke, men må antages at være mindst en faktor 2.

Dette betyder, at de acceptable jordkoncentrationer i Tabel 4.3 kan forhøjes med mindst en faktor 2.

6.2.2 Konsekvens ved oprensning i delområder

Det præcise areal og jordvolumen, der skal oprensnes er ikke defineret endnu, men følsomhedsberegninger baseret på forureningsmasse for parathion, sulfotep (de meste kritiske forureningsparametre) og kviksølv som defineret vha. Voronoi delarealer i /32/, kan anvendes til at beregne hvor meget forurening, der skal fjernes for at sikre, at MKK overholdes i recipienten.

Følsomhedsberegninger foretages i 2 trin:

- Trin 1. De simple beregningsmetoder anvendt til at definere de acceptable porevands- og jordkoncentrationer anvendes til at beregne teoretiske overskridelser i Nisum Bredning baseret på de nuværende forureningsforhold uden afværge.
- a. Baseret på forureningsmassen og jordvolumen i hvert Voronoi areal kan den gennemsnitlige jordkoncentration beregnes for parathion, sulfotep og kviksølv. For hvert areal kan der beregnes en porevandskoncentrationen i ligevægt med jordfasen vha. omregningsfaktor fra Tabel 4.1.
 - b. Det antages, at der under grundvandsdannelse i hvert delareal (areal x nedbør) opnås ligevægt mellem jordfase og porevand. Porevandskoncentrationer omregnes til forureningsflux/år.
 - c. Forureningsfluxen strømmer mod Nisum Bredning og fortyndes både under transport (en faktor 2) og i recipienten (en faktor 590). Overskridelser af MKK kan derfor beregnes for et scenario, hvor der ikke er foretaget oprensning.
- Trin 2. Beregninger gentages efter en teoretisk oprensning i 29 udvalgte Voronoi arealer /32/, der er vist i Figur 6.3. Som nævnt ovenover er oprensningsarealerne ikke defineret og øvelsen går derfor ud på at vurdere, om der kan opnås en tilstrækkelig reduktion i belastningen af Nisum Bredning ved oprensning i hotspots (Voronoi arealer). Beregningerne kan udføres med de samme fortyndinger som i trin 1 (0,48 l/s) eller alene i forhold til fluxen (0,11 l/s) og fortyndingen (2.400) fra de udvalgte 29 Voronoi arealer.

- a. Der beregnes hvilke reduktion i overskridelser af MKK i Nissum Bredning efter forureningsmassen i de udvalgte 29 Voronoi arealer er reduceret til en acceptabel jordkoncentration på 0,1 mg/kg for parathion og sulfotep og 1 mg/kg for kviksølv.
- b. Der beregnes reduktion i overskridelser af MKK i Nissum Bredning efter forureningsmassen i de udvalgte 29 Voronoi arealer er fjernet 100% for parathion, sulfotep og kviksølv.

Ved oprensning i de 29 Voronoi delarealer vil der være en mindre restforurening i de øvrige Voronoi delarealer, og disse restmængder er medtaget i følsomhedsberegningerne. Resultaterne er opsummeret i Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Følsomhedsberegninger af konsekvenser ved oprensning i hotspots illustreret ved oprensning i de 29 Voronoi delarealer på Figur 6.3

		Parathion	Sulfotep	Kviksølv (Hg)
Uden oprensning				
% forureningsmasse	%	100	100	100
Beregnet gennemsnitskoncentration i GV ved fabriksgrunden	µg/l	7.500	350	2.100
Overskridelse MKK i Nissum 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 Nissum Bredning (0,48 l/s)	gange	11	13	1,7
Overskridelse MKK ift. strømning fra de 29 Voronoi arealer (0,11 l/s)	gange	2,7	3	0,5
Oprensning totalt i de 29 Voronoi arealer				
% fjernelse af forureningsmasse	%	99,9	99,6	85,6
Overskridelse MKK i Nissum Bredning (0,48 l/s)	gange	4	2	1,4

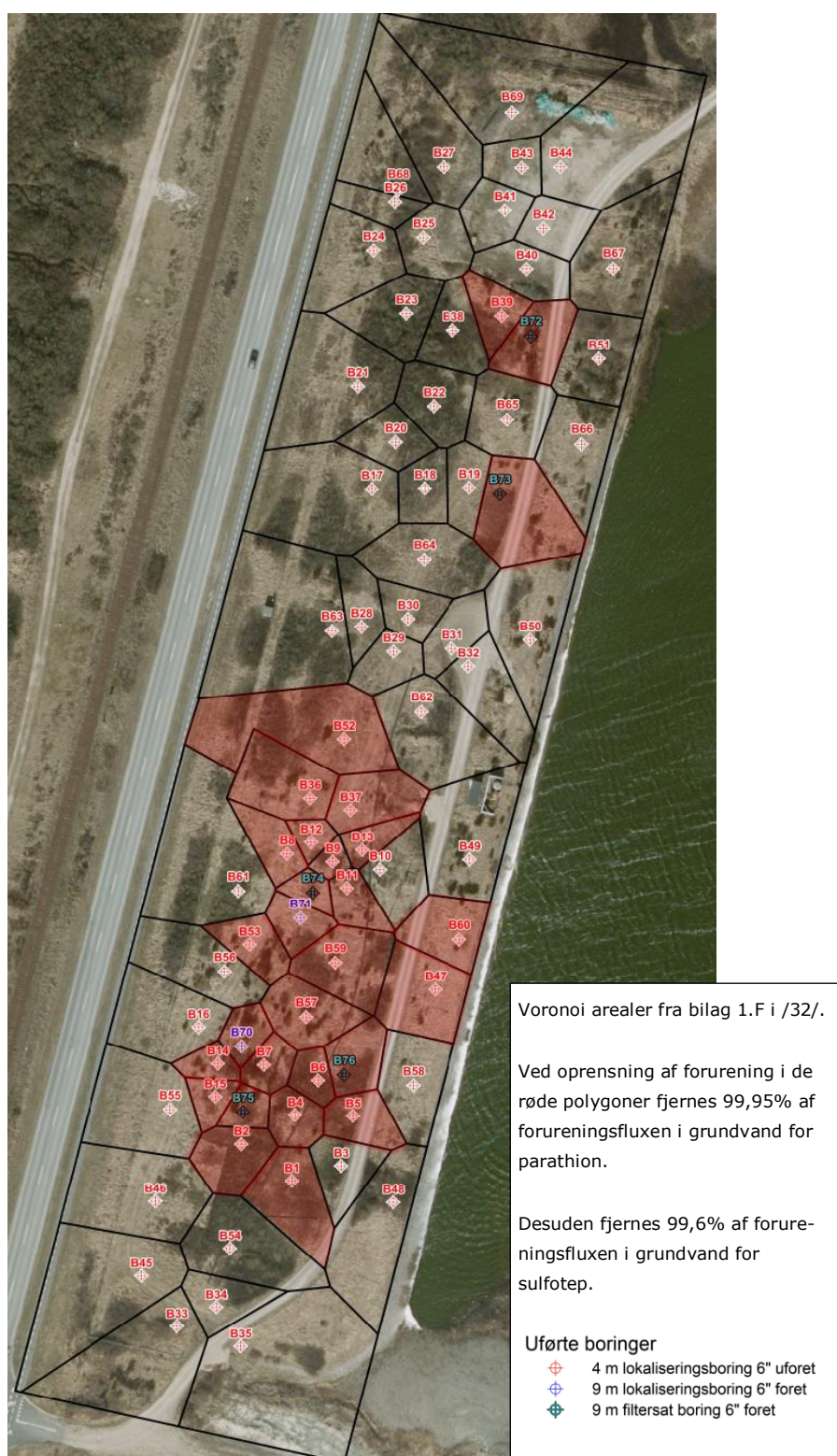
Som det ses af Tabel 6.1 er de teoretiske overskridelser af MKK for parathion, sulfotep og kviksølv i overfladevand i Nissum Bredning ret høj for en situation uden oprensning. De beregnede gennemsnitskoncentrationer fra Tabel 6.1 er desuden væsentlig højere end de målte værdier i Tabel 5.4, især for parathion og kviksølv. Dette indikerer, at de baglæns beregnede følsomhedsberegninger er konservative.

Ved at foretage en oprensning i de 29 Voronoi delarealer til acceptable jordkoncentrationer på 0,1 mg/kg for parathion og sulfotep og 1 mg/kg for kviksølv vil overskridelser af MKK i Nissum Bredning reduceres til mellem 2 (Hg) og 13 gange (parathion/sulfotep) MKK.

Arealet af de 29 Voronoi-felter er ca. 6.900 m², dvs. ca. 24 % af den gamle fabriksgrund. Den forurenede grundvandsflux fra de 29 Voronoi arealer vist i Figur 6.3 udgør kun ca. 3.500 m³/år, svarende til en vandflux på 0,11 l/s, og derfor vil fortynding i Nissum Bredning (hvis der ses bort fra eventuelt bidrag fra de andre områder) være 2.500 og belastningen på Nissum Bredning reduceres dermed yderligere med en faktor 4 til mellem 0,5 (Hg) og 3 (parathion/sulfotep) gange MKK.

Hvis der foretages en fuldstændig oprensning af forureningsmassen (dvs. massen sættes til 0), som beregnet for de 29 Voronoi delarealer /32/, der er vist i Figur 6.3, fjernes næsten 99,95% af den samlede belastning i grundvandet af parathion og 99,6% af belastningen i grundvandet af sulfotep. Herudover fjernes 86 % af massen af kviksølv i jorden. Ved oprensning til acceptable jordkoncentrationer på 0,1 mg/kg for henholdsvis parathion og sulfotep og 1 mg/kg for kviksølv fjernes henholdsvis 99,8; 97,1 og 82,9 % af forureningsmassen.

Masseberegningerne i /32/ er dog behæftet med en vis usikkerhed, da den anvendte detektionsgrænse for OPP er forholdsvis høj på 1 mg/kg TS.



Figur 6.3 Effekt af oprensning i hotspots illustreret med masseforhold i Voronoi arealer. Voronoi arealer og masseberegninger er taget fra /32/.

Som udgangspunkt anses de acceptable porevands- og jordkoncentrationer defineret for både OPP og de andre komponenter i Tabel 4.3 at være konservative. I forhold til overholdelse af miljøkvalitetskrav i Nissum Bredning kan der sandsynligvis

tåles niveauer en faktor 5 til 10 højere under hensyn til den reducerede grundvandsflux fra områder med restforurening samt fortynding under transport til recipienten.

De acceptable porevands- og jordkoncentrationer for OPP, som defineret i Tabel 4.3, er meget lave og problematiske i forhold til analysearbejde. Såfremt der fjernes ca. 99 % af OPP-massen vurderes det, at de acceptable jordkoncentrationer kan sættes til ca. 0,1 mg/kg for organofosforinsekticiderne som parathion, methylparathion, malathion, paraoxon og sulfotep, idet detektionsgrænsen for analyserne er omkring 0,01 - 0,1 mg/kg. Ligeledes kan der accepteres en acceptabel jordkoncentration på 1 mg/kg for kviksvovl.

Disse justerede acceptable jordkoncentrationer bør være tilstrækkelige til at sikre de marine omgivelser ved Cheminovas gamle fabriksgrund. Ved dokumentation af oprensning bør det overvejes at medtage udvaskningstests (batchtest) på jorden med henblik på at kunne foretage analyser af vandfasen, hvor der kan opnås en væsentlig lavere detektionsgrænse og en mere sikker dokumentation af oprensningen.

Da fortynding i Harbøre Fjord er meget lille, kan det ikke tåles, at der ske en udstrømning af grundvand fra den gamle fabriksgrund hertil, idet der i så fald ifølge Tabel 4.3 skal oprenses til meget lave værdier under detektionsgrænsen for analysearbejde.

Derfor anbefales det, at der som en del af afværgekonceptet udføres anlægstekniske foranstaltninger for at hindre, at der sker strømning af grundvand fra den gamle fabriksgrund til Harbøre Fjord.

7 Acceptable jordkoncentrationer ved behandling og bortskaffelse ex-situ

Som alternativ til in situ oprensning eller ex situ oprensning og genindbygning af den oprensede jord kan den forurenede jord bortgraves og behandles ex-situ, hvorefter den oprensede jord anvendes eller deponeres på en anden lokalitet.

7.1 Acceptable jordkoncentrationer ved fri anvendelse på andre lokaliteter

Ved fri anvendelse på andre lokaliteter skal den forurenede jord oprenses til et niveau, hvor der ingen sundhedsmæssige (mennesker) eller miljømæssige risici er. Ved miljørisici forstås påvirkning af terrestriske eller akvatiske organismer eller økologiske mål som naturtyper. Følgende eksponeringsveje kan forekomme:

1. Direkte kontakt
 - Mennesker: hudkontakt, indtagelse af jordstøv, indtagelse, optagelse i spiselige afgrøder
 - Dyr (vilde dyr eller dyrehold): hudkontakt, indtagelse af jordstøv, spisning af forurenede afgrøder
 - Planter: Hæmning af plantevækst
2. Afdampning af gasarter (forureningsstoffer, lugtgener)
3. Udsivning til grundvand og påvirkning af drikkevandsressourcer
4. Udsivning og spredning eller afstrømning til overfladevand

For flere af stofferne er der ingen stofspecifikke jordkvalitetskriterier (JKK), afdampningskriterier eller grundvandskvalitetskriterier (GVK). Derfor mangler der en toksikologisk og økologisk vurdering af deres farlighed. De anvendte miljøkvalitetskrav for overfladevand gælder for det marine vandmiljø. For stoffer hvor MKK er defineret af bekendtgørelse 1625 /18/ er MKK for ferskvand typisk højere eller på samme niveau som for marint overfladevand. Derfor er MKK for det marine overfladevand konservative i forhold til MKK for ferskvand. For at vurdere de acceptable jordkoncentrationer ift. overfladevand er det dog afgørende at kende fortyndingsforholdene på det sted, hvor jorden genanvendes. Disse forhold er lokalitetsspecifikke, og der kan derfor ikke anvises generiske acceptable jordkoncentrationer for jorden til fri anvendelse uden kendt lokalitet.

Der findes jordkvalitetskriterier for parathion på 0,1 mg/kg og for phenoler, chlorphenoler og mononitrophenol (f.eks. PNF) på henholdsvis 70, 3 og 125 mg/kg. Desuden er der grundvandskvalitetskriterier på 0,1 µg/l for pesticider og chlorphenoler samt 0,5 µg/l for phenoler og nitrophenoler /35/.

Det er dog væsentligt at bemærke, at Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for de forskellige medier er uafhængige af hinanden. F.eks. er forureningen ikke automatisk problemfri i forhold til nedsivning til grundvand og spredning til drikkevandsressourcer eller overfladevand, blot fordi jordkvalitetskriteriet er overholdt /35/.

Ved fri anvendelse er der ingen restriktioner tilknyttet anvendelse af jorden, og der kan ikke tilknyttes krav om, at jorden f.eks. overdækkes med et tilstrækkelig lag renjord eller anvendes i et område uden drikkevandsinteresser eller uden for beskyttelseszonen til overfladevand.

Derfor vurderes det, at fri anvendelse af den oprensede jord aldrig vil komme på tale, da der vil mangle en farlighedsvurdering af konsekvenserne.

7.2 Acceptable jordkoncentrationer ved begrænset anvendelse på andre lokaliteter

Den oprensede jord vil muligvis kunne anvendes på andre lokaliteter, såfremt der kan sikres følgende:

- Ingen mulighed for direkte kontakt med jorden eller lugtgener
- Anvendes/deponeres i områder uden drikkevandsinteresser
- Anvendes/deponeres i områder udenfor beskyttelseszoner til overfladevand.

Imidlertid kan det ses af Tabel 4.2 og Tabel 4.3, at der skal opnås ret lave jordkoncentrationer i forhold til beskyttelse af overfladevand, og på mange lokaliteter kan der være ringere fortyndingsforhold i det nærmeste overfladevand end angivet i Tabel 4.2 og Tabel 4.3. Ved ringere fortyndingsforhold bliver de acceptable jordkoncentrationer endnu lavere.

Derfor vurderes det, at der ikke kan defineres generelle acceptable jordkoncentrationer for den oprensede jord ved indskrænket anvendelsesmulighed. Det vil kræve en konkret vurdering, før der kan gives tilladelse til deponering på andre lokaliteter, da der vil mangle en farlighedsvurdering af konsekvenserne.

8 Dokumentation

Til dokumentation af oprensning anbefales anvendelse af jordanalyser og evt. analyser af vandfasen efter udførelse af udvaskningstests af den rensede jord.

Som det fremgår af Tabel 4.2 og Tabel 4.3 vil de beregnede de acceptable porevands- og jordkoncentrationer for især organofosforinsekticider (OPP) kræve oprensning til jordkoncentrationer, som er lavere end eller tæt på detektionsgrænserne for jordanalyserne (typisk 10 – 100 µg/kg TS). I afsnit 6 er det dog vurderet at de acceptable jordkoncentrationer for organofosforinsekticiderne som parathion, methylparathion, malathion, paraoxon og sulfotep kan sættes til ca. 0,1 mg/kg, såfremt der fjernes en væsentlig del af forureningsmassen, idet de beregnede værdier for en restforurening anses at være konservative. Imidlertid er de acceptable porevandskoncentrationer langt over de analytiske detektionsgrænser på ca. 0,05 – 0,005 µg/l for OPP. Altså er analyse af vandprøver en mere følsom mål for oprensningseffektivitet, hvilket som tidligere nævnt kan udføres på baggrund af udvaskningstests (batchtests) på den rensede jord, dvs. kemiske analyse af vandfasen i ligevægt med jordprøven.

9 Sammenfatning

Formålet med fastlæggelse af acceptable jordkoncentrationer er at skabe et gennemslagsligt grundlag for beslutninger, om de nødvendige afværgeforanstaltninger over for jordforurening ved Højde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund. Efter afværge bør de oprensede arealer ikke udgøre en sundhedsmæssig eller miljømæssig risiko for omgivelserne og denne målsætning skal opnås uden, at der fortsat drives afværgeanlæg.

Dette betyder, at Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier /35/ skal overholdes i den rensede jord samt at jorden ved inspektion ikke må syne forurenede eller afgive lugt som følge af forureningen /35/.

Der er foretaget baglæns beregning af, hvad der kan tåles i grundvand og jord ved oprensning af henholdsvis Højde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund såfremt miljøkvalitetskrav skal overholdes i Vesterhavet hhv. Nisum Bredning. Beregninger er baseret på gennemsnitsbetragtninger i forhold til grundvandsflux, og dermed forureningsflux, til recipienterne og resultater fremgår af Tabel 4.2 og Tabel 4.3.

Som udgangspunkt anses de acceptable porevands- og jordkoncentrationer defineret for både OPP og de andre komponenter i Tabel 4.2 og Tabel 4.3 at være konservative i forhold til risikoen for udvaskning til overfladevand henholdsvis Vesterhavet og Nisum Bredning.

De beregnede de acceptable jordkoncentrationer indikerer koncentrationer for især organofosforinsekticider (OPP), som er lavere end eller tæt på detektionsgrænsen for jordanalyserne (detektionsgrænser er typisk 10 – 100 µg/kg TS, men kan være højere afhængig af analyselaboratoriet). Da de acceptable jordkoncentrationer anses at være konservative er det dog vurderet, at det vil være tilstrækkeligt, at de acceptable jordkoncentrationer sættes til 0,1 mg/kg for OPP'er som parathion, methylparathion, malathion, paraoxon og sulfotep. Ligeledes kan der accepteres en acceptabel jordkoncentration på 1 mg/kg for kviksølv.

Imidlertid kan det bemærkes, at de acceptable porevandskoncentrationer ligger langt over de analytiske detektionsgrænser på ca. 0,05 – 0,005 µg/l for organofosforinsekticiderne (OPP). Altså er analyse af vandprøver et mere følsomt mål for oprensningseffektivitet, hvilket som tidligere nævnt kan udføres på baggrund af udvaskningstests (batchtests) af den rensede jord med henblik på udførelse af kemiske analyse af vandfasen i ligevægt med jordprøven.

Ved Højde 42 er forureningsmassen beliggende indenfor spunsen. Ifølge masseberegninger er der ligeså meget forurening i det indre randområde som i nedslivningsområdet. Ved oprensning af hotspotforurening og fjernelse af spuns-væggen kan man ikke nøjes med at oprense alene i nedslivningsområdet, såfremt miljøkvalitetskrav skal overholdes i Vesterhavet, idet forureningsbidrag fra randområdet udgør ca. 50 – 60 % af det samlede bidrag til Vesterhavet. I randområder findes forurening hovedsagelig i det nedre sandlag lige over siltlaget. Da omregningen fra en acceptabel porevandskoncentration til en jordprøve i forhold til risiko for recipienten anses som konservativ, foreslås det, at de acceptable jordkoncentrationer for OPP'er som parathion, methylparathion, malathion, paraoxon og sulfotep sættes til 0,1 mg/kg, idet de beregnede værdier ligger lige under eller tæt på den nedre analytiske detektionsgrænse på 0,01 – 0,1 mg/kg. Da de acceptable jordkoncentrationer i Tabel 4.2 for chlorphenoler (6,4 mg/kg) og

kviksølv (25 mg/kg) overskrider Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier (JKK) på henholdsvis 3 og 1 mg/kg TS foreslås, at de acceptable jordkoncentrationer for disse to stoffer sættes ned svarende til JKK.

Ved Cheminovas gamle fabriksgrund vurderes det, at man ved oprensning i hotspots-områder, som udgør ca. 24 % af fabriksgrunden, kan nøjes med, at den acceptable jordkoncentration sættes til 0,1 mg/kg for organofosforinsekticider (OPP) som parathion, methylparathion, malathion, paraoxon og sulfotep, og at den acceptable jordkoncentration for kviksølv sættes til 1 mg/kg svarende til Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterium /35/. Dette vurderes som tilstrækkeligt for at sikre de marine omgivelser ved Cheminovas gamle fabriksgrund.

Anbefalingerne vedrørende acceptable porevands- og jordkoncentrationer er opsummeret i Tabel 9.1.

Da fortyndingen i Harbøre Fjord er meget lille kan det ikke tåles, at der sker en udstrømning af grundvand fra den gamle fabriksgrund mod fjorden eller Knopper Enge, idet der i så fald ifølge Tabel 4.3 skal oprenses til meget lave værdier. Derfor anbefales det, at der som en del af afværgekonceptet etableres anlægstekniske foranstaltninger til hindring af strømning af grundvand fra den gamle fabriksgrund mod Harbøre fjord.

Som alternativ til in situ oprensning eller ex situ oprensning og genindbygning af den oprensede jord er der stillet forslag om, at den forurenede jord bortgraves og behandles ex-situ, hvorefter den oprensede jord anvendes eller deponeres på en anden lokalitet.

Umiddelbart vurderes det, at fri anvendelse af den oprensede jord ikke vil kunne komme på tale, da der vil mangle en farlighedsvurdering af konsekvenserne.

Desuden vurderes det, at der ikke kan defineres generelle acceptable jordkoncentrationer for den oprensede jord ved indskrænket anvendelsesmulighed. Det vil kræve en konkret vurdering, før der kan gives tilladelse til deponering på andre lokaliteter, da der vil mangle en farlighedsvurdering af konsekvenserne.

Ved dokumentation af oprensning bør det overvejes at medtage både jordanalyser og udvaskningstests (batchtests) på den rensede jord med henblik på udførelse af kemiske analyse af vandfasen i ligevægt med jordprøven, idet analyse af vandprøver en mere følsom mål for oprensningseffektivitet.

I forhold til analyseprogrammet anbefales det, at der i forbindelse med oprensning analyseres detaljeret i udvalgte punkter mindst 3 gange undervejs for alle de problematiske stoffer i Tabel 3.1, men at der løbende analyseres for et mindre antal kritiske parametre, dvs. OPP og diestre (P1 og P2-syre), MCPA, 4-nitrophenol, 4-chlor-2-methylphenol samt kviksølv.

Tabel 9.1 *Anbefalinger vedrørende de acceptable porevands- og jordkoncentrationer*
De røde mærkninger indikerer en justering i forhold til de teoretiske beregninger i Tabel 4.2 og Tabel 4.3

	MKK µg/l	Cheminovas gamle Fabriksgrunde		Høfde 42		Miljøstyrelsens jordkvalitetskrite- rie (som µg/kg) /35/
		Porevand µg/l	Jord µg/kg	Porevand µg/l	Jord µg/kg	JKK µg/kg
Organofosforinsekticider (OPP)						
Parathion	0,0003	0,2	100	0,4	100	100
Aminoparathion	1	590	1.300	1.200	2.700	
Methylparathion	0,009/0,0001	5,3/0,6	100	11/ 1,3	100	
Methylaminoparathion	0,1#	59	100	120	100	
Malathion	0,001	0,6	100	1,2	100	
Paraoxon	0,002	1,2	100	2,4	100	
Sulfotep	0,0002	0,1	100	0,2	100	
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIx)						
M-OOSPS	1	590	170	1.200	340	
E-OOSPS	2	1.200	990	2.400	2.000	
E-OOOPS	10	5.900	4.900	12.000	9.900	
EEM-OOSPS	6	1.200	640	2.400	1.300	
Fosforinsekticider, diestre (P1/P2 syre)						
EP1	7	4.100	2.500	8.300	4.900	
EP2-syre	4	2.400	470	4.700	940	
MP1	20	12.000	2.800	24.000	5.600	
MP2-syre	20	12.000	2.800	24.000	5.600	
Diverse						
4-nitrophenol	2	1.200	330	2.400	660	125.000
4-chlor-2-methylphenol	5	3.000	3.000	5.900	3.000	3.000
Phenol	0,77*	450	95	910	190	70.000
Methylphenoler	10*	5.900	1.600	12.000	3.100	
Dimethylphenoler	1,31*	770	280	1.600	560	
Chlorphenoler	0,2*	120	150	240	300	3.000
MCPA (F=0,19)	0,1#	59	11	120	22	
Benzen	8*	4.700	1.500	9.400	3.000	
Toluen	7,4*	4.400	3.000	9.000	6.000	
Ethylbenzen	2*	1.200	1.900	2.400	3.700	
Xylener	1*	590	1.000	1.200	2.100	
Vinylchlorid	0,05*	30	8,6	59	17	400
Kviksølv	0,05	30	1.000	59	1.000	1.000

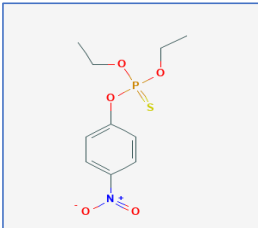
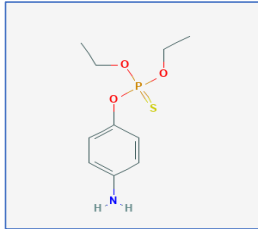
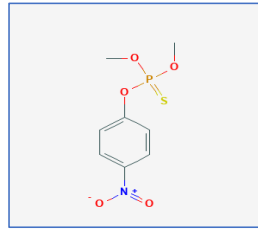
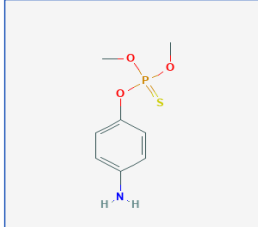
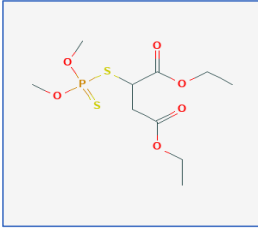
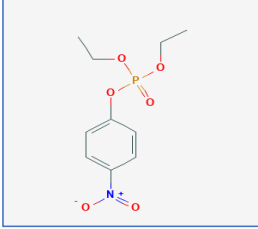
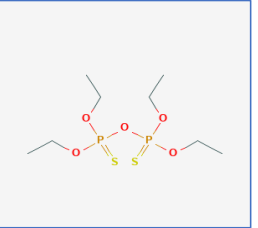
10 Referencer

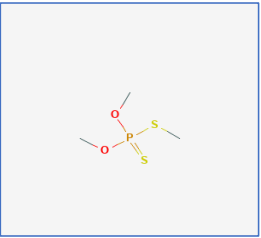
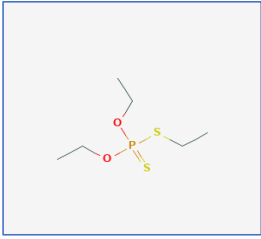
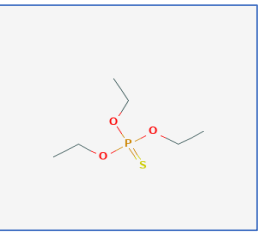
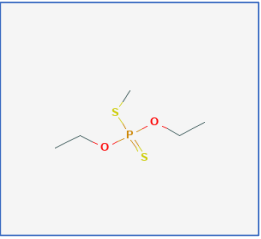
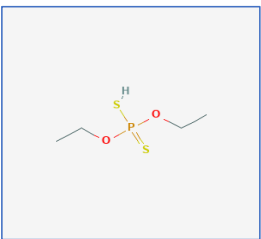
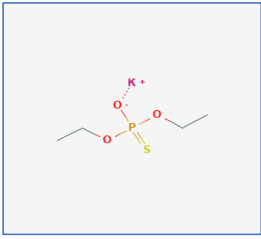
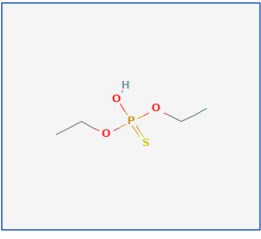
- /1/ Fjernelse af kemikalieaffaldsdepot ved Høfde 42 på Harboøre Tange, afsluttende undersøgelser, COWI og Miljøstyrelsen, 1981
- /2/ Toksikologisk gennemgang af stoffer/stofgrupper fra Cheminovas forurening, Dansk Institut for Klinisk Epidemiologi, 1989
- /3/ Høfde 42 - Undersøgelse af forureningssituationen ved Høfde 42 og "Cheminovahullet" på Harboøre Tange, Ringkjøbing Amt, 2001
- /4/ Bruttoliste over relevante parameter for høfde depotet. Ringkjøbing Amt, 2004
- /5/ Stoffer relevante for en spredningsmodel, notat, Ringkjøbing Amt, 2004
- /6/ Høfde 42, Harboøre Tange, Supplerende forureningsundersøgelser, NIRAS og Ringkjøbing Amt, 2004
- /7/ Høfde 42, Harboøre Tange, Supplerende undersøgelser omkring planlagt spunsvæg, NIRAS og Ringkjøbing Amt, 2005
- /8/ Forundersøgelser af basisk hydrolyse og biologisk nedbrydning ved Høfde 42. Slutrapport. Alectia, Miljøministeriet og Region Midtjylland, 2010
- /9/ Initial characterization and initial draining/re-infiltration, NorthPestClean-projektgruppen, 2012
- /10/ NorthPestClean: Remediation Stop Criteria. Phase A: Conceptual development and identification of data needs. DTU Environment, 2012
- /11/ Region Midtjylland. 2013. Høfde 42, Afgrænsning af nedsivningsområde. December 2013. NorthPestClean-projektgruppen: COWI A/S, Rambøll A/S, Kogsgaard Miljø og Geosyntec Consultants (USA).
- /12/ NorthPestClean – Notat: identifikation af forventede reaktioner mellem Høfde 42 stoffer og vandig natriumhydroxid, Region Midtjylland, VIA University College og Cheminova A/S, 2014
- /13/ NorthPestClean: Remediation Stop Criteria. DTU Environment, 2014.
- /14/ Høfde 42, Skitseprojekt med metoden in situ basisk hydrolyse. North-PestClean-projektgruppen, 2014
- /15/ Kimø, L. (2006). Midlertidig tilladelse til udledning af rensset grundvand fra Høfde 42, Harboøre Tange samt drænvand fra det afskærende dræn langs havdiget øst for høfde 42 til Vesterhavet. Ringkjøbing Amt, Teknik og Miljø.
- /16/ Lemvig Kommune. 2011. Midlertidig tilladelse til udledning af rensset grundvand fra indspunset giftdepot ved Høfde 42 på Harboøre Tange til Vesterhavet. 29-09-2011.
- /17/ Lemvig Kommune. 2018. Midlertidig tilladelse til udledning af rensset grundvand fra indspunset giftdepot ved Høfde 42 på Harboøre Tange til Vesterhavet. 31-08-2018.
- /18/ Miljø- og Fødevareministeriet. 2017. Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvand, kystvand og grundvand nr. 1625 af 19-12-2017.
- /19/ Miljøstyrelsen. 1998. Oprydning på forurenede lokaliteter – appendikser. Vejledning nr. 7. 1998.
- /20/ Miljøstyrelsen. 1996. Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 1. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 20 1996.
- /21/ Miljøstyrelsen. [Links til forskellige \(Q\)SAR værktøjer](#). Besøgt 17-12-2020.
- /22/ US [National Institutes of Health \(NIH\)](#). [PubChem](#) an open chemistry database. Besøgt 17-12-2020.
- /23/ Royal Society of Chemistry. [Chemspider](#) a free chemical structure database. Besøgt 17-12-2020.
- /24/ European Chemicals Agency. [ECHA](#). Information om Kemikalier. Besøgt 17-12-2020.
- /25/ USEPA. [EPI Suite™](#). Estimation Program Interface for physical/ chemical properties and environmental Fate estimation programs. Besøgt 17-12-2020.

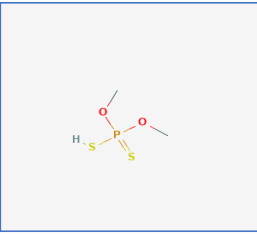
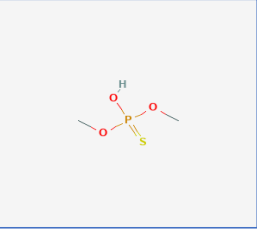
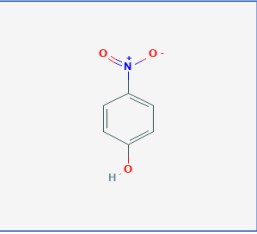
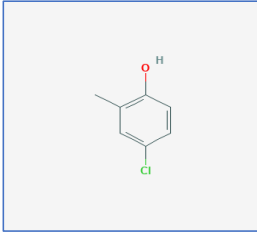
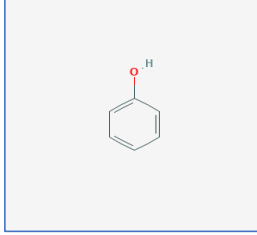
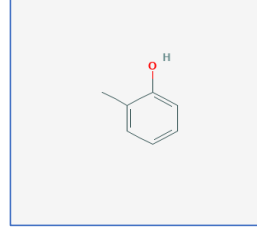
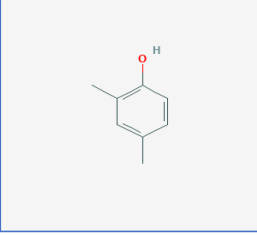
- /26/ USEPA. 2002. Technical Appendix B- Physiochemical Properties for TRI Chemicals and Chemical Categories.
- /27/ USEPA. 2005. Partition coefficient for metals in surface water, soil, and waste. EPA/600/R-05/074. July 2005.
- /28/ Miljøstyrelsen. 2019. Pilot-test af kviksølvfjernelse fra jord på Høfde 42. Kviksølv og pesticider fjernet ved konduktiv opvarmning. Miljøprojekt nr. 2103. september 2019.
- /29/ Ramsay, L, Søltøft, M., Munch Kristiansen, S, Larsen, M.M. og Brooks, S. 2014. Kviksølv i jord . Et miljøstudie. Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 1513, 2014.
- /30/ Bennedsen, L. og Christophersen, M. 2017. Vurdering af forureningsflux fra Rønland og den gamle fabriksgrund. Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 1973. december 2017.
- /31/ Ljungberg, T. 2017. Analyse af transporttider og -veje for hotspot forureninger på Rønland og Cheminovas gamle fabriksgrund, Bilag 2 i /30/.
- /32/ Region Midtjylland. 2019. Cheminovas gamle fabriksgrund. Forureningsundersøgelser. Rambøll. Marts 2019.
- /33/ Region Midtjylland. 2014. Pilot experiments on the remediation technology in-situ alkaline hydrolysis at Groyne 42. Final rapport. COWI A/S, Rambøll A/S, Kogsgaard Miljø og Geosyntec Consultants (USA)
- /34/ Thyborøn Havn. 2009. Havnesedimentdepot Rønland depot nr. 673 - 9. Overgangsplan.
- /35/ Miljøstyrelsen. 2018. Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord. Opdateret juni 2018.
- /36/ Miljøstyrelsen. 2004. Vejledning nr. 4 om principper for fastsættelse af vandkvalitetskriterier for stoffer i overfladevand.
- /37/ European Commission. 2011. Technical Report. Guidance Document No. 27. Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)
- /38/ Miljø- og Fødevareministeriet. 2017. Bekendtgørelse nr. 1433 om krav til udledning af visse forurenende stoffer til vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og havområder.
- /39/ Miljøstyrelsen. 2021. Kvalitetskriterier for miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet. <https://mst.dk/kemi/kemikalier/graensevaerdier-og-kvalitetskriterier/miljoekvalitetskriterier/>. Besøgt 20-01-2021.
- /40/ Miljøstyrelsen. 2021. Spørgsmål og svar om miljøkvalitetskrav. <https://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/spildevand/hvad-er-spildevand-og-hvorfor-reanser-vi-det/miljoekvalitetskrav-for-overfladevand/spoergsmaal-og-svar-om-miljoekvalitetskrav/>. Besøgt 20-01-2021.
- /41/ Hjelmar, O., Holm, J., Oberender, A., Aagaard Hansen, E. og Bjerre Hansen, J. 2009. Håndtering af lettere forurennet jord. Miljøprojekt 1285. Miljøstyrelsen.
- /42/ Statusrapport nr. 33. Status over grundvandsstrømme og afværgeforanstaltninger på Rønland og den gamle fabriksgrund i 2019, FMC, 2020.

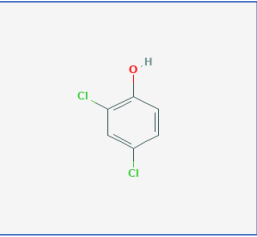
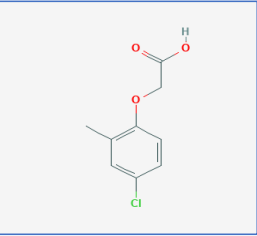
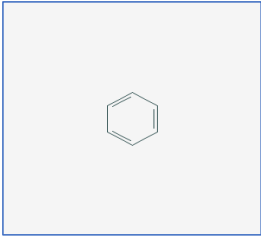
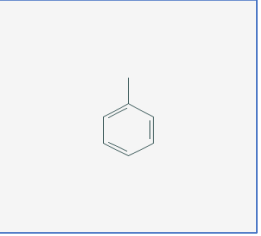
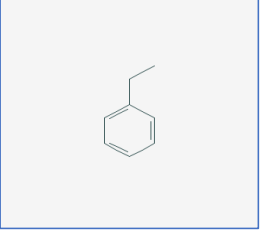
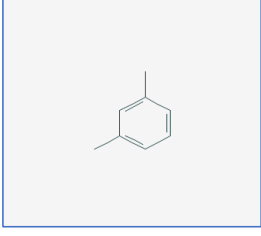
BILAG 1

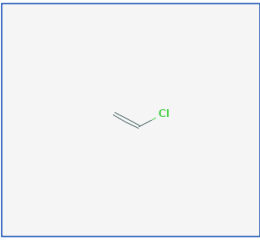
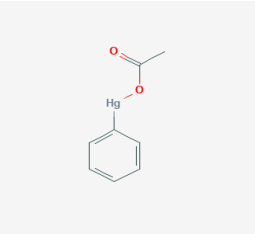
Oversigt over stoffer

Navn	Forkortelse	CAS	EC-ECHA	Formel	Lugt/ Smag	Struktur	Mol vægt	pKa	Log Kow	Opløselighed	Damptryk	Smeltepunkt	Køgepunkt	Flashpunkt	Densitet	Koc	K _D	MKK
										mg/l	Pa	°C	°C	°C	kg/l			µg/l
Organofosforinsekticider (OPP)																		
Parathion	EP3 Ethylparathion	56-38-2	200-271-7	(C ₂ H ₅ O) ₂ PSOC ₆ H ₄ NO ₂	Hvidløg rådne æg		291,26		3,83	11	9 x 10 ⁻⁴	6	375	120	1,26	1.900 314 15.860		0,0003
Aminoparathion	Ethyl-amino parathion E-amino-P3 EAP p-aminoparathion O-(4-aminophenyl) O,O-diethyl phosphorothioate	3735-01-1	-	C ₁₀ H ₁₆ NO ₃ PS			261,28		2,6	390	0,01	42,46	358	163	1,244	417		1
Methylparathion	MP3	298-00-0	206-050-1	C ₈ H ₁₀ NO ₃ PS	Rådne æg		263,21	7,15	2,86	55	2 x 10 ⁻⁴	35,5		42	1,36	366 1.516		0,009
Methyl-amino-parathion	M-amino-P3 O-(4-Aminophenyl) O,O-dimethyl phosphorothioate	13244-86-5	-	C ₈ H ₁₂ NO ₃ PS			233,23		2,01	2.333	0,04	21,38	334,9		1,3	226 351 estimated pH 7,4		0,1 #
Malathion	FYF Carbofos	121-75-5	204-497-7	C ₁₀ H ₁₉ O ₆ PS ₂	Hvidløg		330,36		2,36	143	4,50E-04	3,85	decompose 60°C	163°C	1,21	927 17.620		0,001
Paraoxon	Phosphacol Diethyl paraoxon Diethyl 4-nitrophenyl phosphate Paraoxon-ethyl	311-45-5		C ₁₀ H ₁₄ NO ₆ P	Frugtactigt		275,19		1,98	3.640	0,00015	300			1,274		0,002	
Sulfotep	E-sulfotep E-sul Ethylsulfotep Dithion	3689-24-5	222-995-2	C ₈ H ₂₀ O ₅ P ₂ S ₂ (C ₂ H ₅ O) ₂ P(S)OP(S)(OC ₂ H ₅) ₂	Hvidløg		322,32		3,99	30	0,014		decompose		1,2	3.500		0,0002

Navn	Forkortelse	CAS	EC-ECHA	Formel	Lugt/ Smag	Struktur	Mol vægt	pKa	Log Kow	Opløselighed	Damptryk	Smeltepunkt	Køgepunkt	Flashpunkt	Densitet	Koc	K _p	MKK
										mg/l	Pa	°C	°C	°C	kg/l			µg/l
Fosforinsekticider, triestre (TRI og TRIX)																		
M-OOSPS	O,O,S-trimethyl-dithiofosforsyre M-OOSPS	2953-29-9	608-373-7	C ₃ H ₉ O ₂ PS ₂			172,2		1,811	4.543 1.720	36	-75	205		1,3	20,79 256,6		1
E-OOSPS	O,O,S-triethyl-dithiofosforsyre	2524-09-6	-	C ₆ H ₁₅ O ₂ PS ₂			214,3		3,24	138 58	2	-42,49	260		1,1	130,5		2
E-OOOPS	O,O,O-triethyl-thiofosforsyre O,O,O-Triethyl phosphorothioate	126-68-1	204-797-8	C ₆ H ₁₅ O ₃ PS			198,22		2,64 1,79	502	11	-58,07	228		1,1	130 305 (predicted)		10
EEM-OOSPS	O,O-diethyl-S-methyl-dithiofosforsyre	3288-58-2	ingen EC nr.	C ₅ H ₁₃ O ₂ PS ₂			200,3		2,79	445 181	13		22,4		1,2	70,73 771		6
Fosforinsekticider, diestre (P1/P2 syre)																		
EP1-syre	EP1, OO-diethylidithiofosforsyre EEHOOSPS	298-06-6	206-055-9 1068-22-0 (amonium salt)	C ₄ H ₁₁ O ₂ PS ₂			186,22		2,2 Epi-suite	1.700 330.000 mg/l 625 - 868 mg/l episuite	60 Pa ved 57°C 7,39 episuite	-10			-	35,6 Episuite		7
EP2-syre-kalium	oo, diethylthiofosforsyre Kalium salt EEHOOOPS	5871-17-0	627-567-2	C ₄ H ₁₀ KO ₃ PS			208,26		0,5	24.000	-				-			4
EP2-syre	oo, diethylthiofosforsyre EEHOOOPS Diethylthiophosphoric acid O,O-Diethyl hydrogen phosphorothioate	2465-65-8	-	C ₄ H ₁₁ O ₃ PS			170,17	2,86	0,5 1,22-1,34 undisociated Epi-suite 2,09	24.000 6.060 mg/l HMDB predicted Episuite 1.008 mg/l	0,336 Episuite				1,2	35,6 Episuite		4

Navn	Forkortelse	CAS	EC-ECHA	Formel	Lugt/ Smag	Struktur	Mol vægt	pKa	Log Kow	Opløselighed	Damptryk	Smeltepunkt	Køgepunkt	Flashpunkt	Densitet	Koc	K _D	MKK
										mg/l	Pa	°C	°C	°C	kg/l			µg/l
MP1	O,O-dimethyldithiofosforsyre O,O-DIMETHYL DITHIOPHOSPHATE MMH-OOSPS	756-80-9	212-053-9	C ₂ H ₇ O ₂ PS ₂			158		1,26	8.744	54	-82,36	197			10,47		20
MP2-syre	oo, dimethylthiofosforsyre MMHOOOPS	1112-38-5	-	C ₂ H ₇ O ₃ PS			142,11		1,1	9.295 17.294 episuite	3,42	-64	217		-	10,47 episuite		20
Diverse																		
p-nitrophenol	PNF 4-nitrophenol	100-02-7	202-811-7	C ₆ H ₅ NO ₃	Særlig sød lugt		139,11	7,15	1,91	10.000 11.600 Pub chem	0,013 0,0032	113,8	279 decomposes	169	1,27 1,48	309 episuite 16 - 500		2
4-chlor-2-methyl phenol	4-chlor-o-cresol	1570-64-5	216-381-3	C ₇ H ₇ ClO			142,58	9,71	2,78	4.000 1.312	2,7 3,2	51	209		1,2	717 episuite 124 - 645		5
Phenol		108-95-2	203-632-7	C ₆ H ₅ OH	Kvalmende sød		94,1	9,99	1,46	82.800	46,67	40,9	182	85	1,04	4,77		0,77*
Methylphenoler	f.eks. 2-methylphenol o-cresol	95-48-7	202-423-8	CH ₃ C ₆ H ₄ OH	Phenol- agtig		108	10,29	1,95	25.900	39,8	31	191	81	1,047	15,42		1,31*
Dimethylphenoler	Xylenoler f.eks. 2, 4-dimethylphenol	105-67-8		(CH ₃) ₂ C ₆ H ₄ OH	smag 0,4 mg/l		122,16		2,3	790	8	26	211,5	112	0,9656			

Navn	Forkortelse	CAS	EC-ECHA	Formel	Lugt/ Smag	Struktur	Mol vægt	pKa	Log Kow	Opløselighed	Damptryk	Smeltepunkt	Køgepunkt	Flashpunkt	Densitet	Koc	K _p	MKK
										mg/l	Pa	°C	°C	°C	kg/l			µg/l
Chlorphenoler	F.eks. 2,4-dichlorphenol	120-83-2	204-429-6	C ₆ H ₄ Cl ₂ O	Lav smags- tærskel ubehaglig lugt		163	7,89	3,06	4.500	12	45	210	113	1,4	220		0,2*
MCPA	2-Methyl-4-chlorophenoxyacetic acid	94-74-6		C ₉ H ₉ ClO ₃	Lugt		200,62	3,13	3,25	630	0,0008	120	286,74		1,56	50 62		0,1#
MCPA, Na	2-Methyl-4-chlorophenoxyacetic acid sodium salte	3653-48-3			Lugt		222		-1,29	270.000						4,5		0,1#
Benzen		71-43-2	200-753-7	C ₆ H ₆	Sød lugt		78,1		2,13	1.790	12.639	5,5	80	-11	0,879	23,7		8*
Toluen		108-88-3	203-625-9	C ₆ H ₅ CH ₃	Sød lugt		92,14		2,73	530	3.786	-95	111	4	0,867	99,8		7,4*
Ethylbenzen	ethylbenzol	100-41-4	202-849-4	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	Sød lugt		106		3,15	169	1.280	-95	136	18	0,867	273		2*
Xylener	F.eks. m-xylen 1,3-dimethylbenzen	108-38-3	203-576-3	C ₈ H ₁₀	Sød lugt		106		3,2	161	1.105	-20	141	28,7	0,87	308		1*

Navn	Forkortelse	CAS	EC-ECHA	Formel	Lugt/ Smag	Struktur	Mol vægt	pKa	Log Kow	Opløselighed	Damptryk	Smeltepunkt	Køgepunkt	Flashpunkt	Densitet	Koc	K _p	MKK
										mg/l	Pa	°C	°C	°C	kg/l			µg/l
Vinylchlorid	chloroethylene Chlorethene	75-01-4	200-831-0	C ₂ H ₃ Cl	svag sød lugt		62,5		1,62	8.800	397.301	-154	-13,8	-78	0,969	6,995		0,05*
Kviksølv (metallisk)		7439-97-6	231-106-7	Hg			200,59		0,62 episuite	0,06 mg/l episuite 0,28 µmol/l =0,056 mg/l	0,27	-39	357		13,5	14,3 episuite 10.400 ved omregning fra K _p på 52 for foc 0,5%	20 (MST 1285, 2009) 158 (EPA 2005)	0,05 (max 0,07)
Methylkviksølv		22967-92-6		CH ₃ Hg+			215,63		0,49 0,06	100 (ATSDR) (Episuite 32.821)						Episuite 1,12 -0,069	20 (EPA 2005)	0,05
Kviksølv sulfid									-0,3 1,4	<1e-28 ved pH7								0,05
Phenylmercuric acetat	PMA	62-38-4		C ₈ H ₈ HgO ₂			336,74		0,71	4.370	0,016	149		37,8	0,24	60		
Kviksølvklorid	Mercuric chloride	7487-94-7		HgCl ₂			271,5		0,22	69.000		277	302		5,4			0,05

*Miljøkvalitetskrav (MKK) fra bekendtgørelse 1625 af 19-12-2017. De andre MKK er fra udledningstilladelse. #MKK på 0,1 µg/l er bedst bud for MCPA og Methylaminoparathion.

BILAG 2

Omregningsfaktorer -
fasefordeling i JAGG

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn: _____ Renhedskrav til jord _____ Lokalitetsnr.: _____
Adresse: _____ Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund _____ Postnr./by: _____
Matrikel nr.: _____ Projekt nr.: 10409136
Note _____

Jord

Kommentar

Jordtype

Poreluftvolumen

Vandindhold

Samlet porøsitet

Volumen af jordskellet

Kornrumvægt

Volumenvægt

Indhold af organisk kulstof

ja

Standard data

Indtastede data (angives med fed)

Ler	
V_L	0,1
V_V	0,3
$\varepsilon = V_L + V_V$	0,4
V_J	0,6
d	2,7
ρ	1,62
f_{oc}	0,1

kg/l

kg/l

%

Stoffer

Kommentar

Forureningskomponent

ja

Stof 1	Stof 2	Stof 3	Stof 4
Parathion	Parathion	Parathion	sulfotep
MP			
dato			
m	292	292	292
p	0,005	0,005	0,005
S	11,0	11,0	11,0
log K _{OW}	3,83	3,83	3,83
K _{OC}	1.390	1.390	1.390
K _H	5,4E-05	5,4E-05	5,4E-05

g/mol

Pa

mg/l

Maksimal ford. luft

Maksimal ford. vand

Maksimal ford. jord

Mættede damptryk

f_l

f_v

f_j

C_{Lmax}

0,00	0,00	0,00	0,00
0,02	0,04	0,01	0,02
0,98	0,96	0,99	0,98
0,59	0,59	0,59	1,30

mg/m³

Fugacitetsberegninger

Angiv signifikant ciffer

3

Kommentar

Målt konc. i poreluft

Beregnet jordkonc.

Beregnet vandskonc.

ja

C_L

C_t

C_v

mg/m³

mg/kg TS

mg/l

Målt konc. i grundvand

Beregnet poreluftskonc.

Beregnet jordkonc.

C_v

C_L

C_t

1	1	1	1
0,0538	0,0538	0,0538	0,0434
9,19	5,19	25,2	8,84

mg/l

mg/m³

mg/kg TS

Målt konc. i jorden

Beregnet poreluftskonc.

Beregnet vandskonc.

C_t

C_L

C_v

1	1	1	1
0,00586	0,0104	0,00214	0,00491
0,109	0,193	0,0397	0,113

mg/kg TS

mg/m³

mg/l

Risiko for fri fase?

Anvendt Brugerdata?

nej	nej	nej	nej
Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning

Beregningerne udført af

Firmanavn

Navn/initialer

Dato/Underskrift

NIRAS

JAF

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler.

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:	Renhedskrav til jord	Lokalitetsnr.:	
Adresse:	Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund	Postnr./by:	
Matrikel nr.:		Projekt nr.:	10409136
Note			

Bemærkninger
om jordtype

Som jordart er valgt en lerjord med en organisk kulstofindhold på 0,5%. Ved lavere organisk indhold, f.eks. 0,1%, vil de beregnede jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskonc. være 80% mindre og omvendt større ved højere indhold.

Bemærkninger
om kemiske data

Fysisk-kemiske data er fra PubChem-databaser eller ChemSpider, men flere parameter er estimeret fra US-EPA Episuite eller lignende. Koc er beregnet vha. forskellige modeller og median værdi er valgt.

Bemærkninger
om fugacitet

Beregningen ift. porevand viser jordkoncentration ved kilden såfremt porevand efter en fortynding på 19.900 ved transport fra Høfde 42 til Vesterhavet skal overholde miljøkvalitetskrav i Vesterhavet.

Beregningen med en jordkonc. på 1 mg/kg giver en standardfaktor som anvendes til at beregne jordkoncentrationer ift. en acceptabel porevandskoncentration i de forskellige scenarier

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn: _____ Renhedskrav til jord
Adresse: _____ Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund
Matrikel nr.: _____
Note _____

Lokalitetsnr.: _____
Postnr./by: _____
Projekt nr.: 10409136

Jord

Kommentar

Jordtype

Poreluftvolumen

Vandindhold

Samlet porøsitet

Volumen af jordskellet

Kornrumvægt

Volumenvægt

Indhold af organisk kulstof

ja

Standard data

Indtastede data (angives med fed)

Ler	
V_L	0,1
V_V	0,3
$\varepsilon = V_L + V_V$	0,4
V_J	0,6
d	2,7
ρ	1,62
f_{oc}	0,1
	0,5

kg/l

kg/l

%

Stoffer

Kommentar

Forureningskomponent

ja

Målepunkt

MP

Dato

dato

Molmasse

m

Damptryk

p

Vandopløselighed

S

log oktanol/vand ford. koef.

log K_{OW}

K_{OC}

K_{OC}

Henrys konstant

K_H

Stof 1	Stof 2	Stof 3	Stof 4
Amino-parathion	MP1	MP2-syre	Vinylchlorid
261	158	142	62,5
0,01	54,0	3,42	397.301
30,0	8.744	17.294	8.800
2,6	1,26	1,1	1,62
417	10,47	10,47	6,995
			1,139

g/mol

Pa

mg/l

Maksimal ford. luft

f_l

Maksimal ford. vand

f_v

Maksimal ford. jord

f_j

Mættede damptryk

C_{Lmax}

0,00	0,00	0,00	0,24
0,08	0,78	0,78	0,64
0,92	0,22	0,22	0,12
1,05	3,444	196	10.022.430

mg/m³

Fugacitetsberegninger

Angiv signifikant ciffer

3

Kommentar

ja

Målt konc. i poreluft

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

Beregnet vandskonc.

C_v

mg/m³

mg/kg TS

mg/l

Målt konc. i grundvand

C_v

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

1	1	1	1
0,0352	0,394	0,0113	1.140
2,27	0,238	0,238	0,29

mg/l

mg/m³

mg/kg TS

Målt konc. i jorden

C_t

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet vandskonc.

C_v

1	1	1	1
0,0155	1,66	0,0478	3.920
0,44	4,21	4,21	3,44

mg/kg TS

mg/m³

mg/l

Risiko for fri fase?

nej	nej	nej	nej
-----	-----	-----	-----

Anvendt Brugerdata?

Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Beregningerne udført af

Firmanavn

Navn/initialer

Dato/Underskrift

NIRAS

JAF

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler.

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:	Renhedskrav til jord	Lokalitetsnr.:	
Adresse:	Højde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund	Postnr./by:	
Matrikel nr.:		Projekt nr.:	10409136
Note			

Bemærkninger
om jordtype

Som jordart er valgt en lerjord med en organisk kulstofindhold på 0,5%. Ved lavere organisk indhold, f.eks. 0,1%, vil de beregnede jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskonc. være 80% mindre og omvendt større ved højere indhold.

Bemærkninger
om kemiske data

Fysisk-kemiske data er fra PubChem-databaser eller ChemSpider, men flere parameter er estimeret fra US-EPA Episuite eller lignende. Koc er beregnet vha. forskellige modeller og median værdi er valgt.

Bemærkninger
om fugacitet

Beregningsen med en jordkonc. på 1 mg/kg giver en standardfaktor som anvendes til at beregne jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskoncentration i de forskellige scenarier

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:

Renhedskrav til jord

Lokalitetsnr.:

Adresse:

Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund

Postnr./by:

Matrikel nr.:

Projekt nr.: 10409136

Note

Jord

Kommentar

ja

Standard data

Indtastede data (angives med fed)

Jordtype

Poreluftvolumen

V_L

Vandindhold

V_V

Samlet porøsitet

$\varepsilon = V_L + V_V$

Volumen af jordskellet

V_J

Kornrumvægt

d

Volumenvægt

ρ

Indhold af organisk kulstof

f_{oc}

Ler	
0,1	
0,3	
0,4	
0,6	
2,7	
1,62	
0,1	0,5

kg/l

kg/l

%

Stoffer

Kommentar

ja

Forureningskomponent

Målepunkt

MP

Dato

dato

Molmasse

m

Damptryk

p

Vandopløselighed

S

log oktanol/vand ford. koef.

$\log K_{OW}$

K_{OC}

K_{OC}

Henrys konstant

K_H

Stof 1	Stof 2	Stof 3	Stof 4
Methylparathion	Malathion	EP1-syre	EP2-syre
263	330	186	170
2,0E-04	4,5E-04	7,4	0,34
55,0	145	1.700	24.000
2,86	2,75	2,2	0,5
427	105	190	3,0
	4,1E-07		

g/mol

Pa

mg/l

Maksimal ford. luft

f_l

Maksimal ford. vand

f_v

Maksimal ford. jord

f_j

Mættede damptryk

C_{Lmax}

0,00	0,00	0,00	0,00
0,08	0,16	0,31	0,93
0,92	0,84	0,69	0,07
0,02	0,06	556	23,35

mg/m³

Fugacitetsberegninger

Angiv signifikant ciffer

3

Kommentar

ja

Målt konc. i poreluft

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

Beregnet vandskonc.

C_v

mg/m³

mg/kg TS

mg/l

Målt konc. i grundvand

C_v

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

1	1	1	1
3,9E-04	4,1E-04	0,327	9,7E-04
2,32	1,14	0,595	0,2

mg/l

mg/m³

mg/kg TS

Målt konc. i jorden

C_t

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet vandskonc.

C_v

1	1	1	1
1,7E-04	3,7E-04	0,55	0,00486
0,431	0,881	1,68	5

mg/kg TS

mg/m³

mg/l

Risiko for fri fase?

nej	nej	nej	nej
-----	-----	-----	-----

Anvendt Brugerdata?

Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Beregningerne udført af

Firmanavn

NIRAS

Navn/initialer

JAF

Dato/Underskrift

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler.

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:	Renhedskrav til jord	Lokalitetsnr.:	
Adresse:	Højde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund	Postnr./by:	
Matrikel nr.:		Projekt nr.:	10409136
Note			

Bemærkninger
om jordtype

Som jordart er valgt en lerjord med en organisk kulstofindhold på 0,5%. Ved lavere organisk indhold, f.eks. 0,1%, vil de beregnede jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskonc. være 80% mindre og omvendt større ved højere indhold.

Bemærkninger
om kemiske data

Fysisk-kemiske data er fra PubChem-databaser eller ChemSpider, men flere parameter er estimeret fra US-EPA Episuite eller lignende. Koc er beregnet vha. forskellige modeller og median værdi er valgt.

Bemærkninger
om fugacitet

Beregningsen med en jordkonc. på 1 mg/kg giver en standardfaktor som anvendes til at beregne jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskoncentration i de forskellige scenarier

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn: _____ Renhedskrav til jord
Adresse: _____ Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund
Matrikel nr.: _____
Note _____

Lokalitetsnr.: _____
Postnr./by: _____
Projekt nr.: 10409136

Jord

Kommentar

Jordtype

Poreluftvolumen

Vandindhold

Samlet porøsitet

Volumen af jordskellet

Kornrumvægt

Volumenvægt

Indhold af organisk kulstof

ja

Standard data

Indtastede data (angives med fed)

Ler	
V_L	0,1
V_V	0,3
$\varepsilon = V_L + V_V$	0,4
V_J	0,6
d	2,7
ρ	1,62
f_{oc}	0,1

kg/l

kg/l

%

Stoffer

Kommentar

Forureningskomponent

ja

Målepunkt

Dato

Molmasse

Damptryk

Vandopløselighed

log oktanol/vand ford. koef.

K_{OC}

Henrys konstant

MP

dato

m

p

S

log K_{OW}

K_{OC}

K_H

Stof 1	Stof 2	Stof 3	Stof 4
Methyl-amino-parathion	Paraoxon	E-OOSPS	E-OOOPS
233	275	214	198
0,04	1,5E-04	2,0	11,0
2.333	3.640	138	502
2,01	1,98	3,24	2,64
226	43,0	130	130

g/mol

Pa

mg/l

Maksimal ford. luft

Maksimal ford. vand

Maksimal ford. jord

Mættede damptryk

f_l

f_v

f_j

C_{Lmax}

0,00	0,00	0,00	0,00
0,14	0,46	0,22	0,22
0,86	0,54	0,78	0,78
3,77	0,02	173	880

mg/m³

Fugacitetsberegninger

Angiv signifikant ciffer

3

Kommentar

Målt konc. i poreluft

Beregnet jordkonc.

Beregnet vandskonc.

ja

C_L

C_t

C_v

mg/m³

mg/kg TS

mg/l

Målt konc. i grundvand

Beregnet poreluftskonc.

Beregnet jordkonc.

C_v

C_L

C_t

1	1	1	1
0,0016	4,6E-06	1,25	1,75
1,32	0,4	0,835	0,835

mg/l

mg/m³

mg/kg TS

Målt konc. i jorden

Beregnet poreluftskonc.

Beregnet vandskonc.

C_t

C_L

C_v

1	1	1	1
0,00123	1,1E-05	1,5	2,1
0,76	2,5	1,2	1,2

mg/kg TS

mg/m³

mg/l

Risiko for fri fase?

Anvendt Brugerdata?

nej	nej	nej	nej
Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning

Beregningerne udført af

Firmanavn

Navn/initialer

Dato/Underskrift

NIRAS

JAF

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler.

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:	Renhedskrav til jord	Lokalitetsnr.:	
Adresse:	Højde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund	Postnr./by:	
Matrikel nr.:		Projekt nr.:	10409136
Note			

Bemærkninger
om jordtype

Som jordart er valgt en lerjord med en organisk kulstofindhold på 0,5%. Ved lavere organisk indhold, f.eks. 0,1%, vil de beregnede jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskonc. være 80% mindre og omvendt større ved højere indhold.

Bemærkninger
om kemiske data

Fysisk-kemiske data er fra PubChem-databaser eller ChemSpider, men flere parameter er estimeret fra US-EPA Episuite eller lignende. Koc er beregnet vha. forskellige modeller og median værdi er valgt.

Bemærkninger
om fugacitet

Beregningen med en jordkonc. på 1 mg/kg giver en standardfaktor som anvendes til at beregne jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskoncentration i de forskellige scenarier

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn: _____ Renhedskrav til jord _____
Adresse: _____ Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund _____
Matrikel nr.: _____
Note _____

Lokalitetsnr.: _____
Postnr./by: _____
Projekt nr.: 10409136

Jord

Kommentar

Jordtype

Poreluftvolumen

Vandindhold

Samlet porøsitet

Volumen af jordskellet

Kornrumvægt

Volumenvægt

Indhold af organisk kulstof

ja

Standard data

Indtastede data (angives med fed)

Ler	
V_L	0,1
V_V	0,3
$\varepsilon = V_L + V_V$	0,4
V_J	0,6
d	2,7
ρ	1,62
f_{oc}	0,1

kg/l

kg/l

%

Stoffer

Kommentar

Forureningskomponent

ja

Stof 1	Stof 2	Stof 3	Stof 4
M-OOSPS	EEM-OOSPS		

Målepunkt

MP

Dato

dato

Molmasse

m

Damptryk

p

Vandopløselighed

S

log oktanol/vand ford. koef.

log K_{OW}

K_{OC}

K_{OC}

Henrys konstant

K_H

g/mol

Pa

mg/l

Maksimal ford. luft

f_l

Maksimal ford. vand

f_v

Maksimal ford. jord

f_j

Mættede damptryk

C_{Lmax}

mg/m³

Fugacitetsberegninger

Angiv signifikant ciffer

3

Kommentar

ja

Målt konc. i poreluft

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

Beregnet vandskonc.

C_v

Målt konc. i grundvand

C_v

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

Målt konc. i jorden

C_t

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet vandskonc.

C_v

mg/m³

mg/kg TS

mg/l

mg/l

mg/m³

mg/kg TS

mg/kg TS

mg/m³

mg/l

Risiko for fri fase?

nej

nej

Risiko for frifase

Risiko for frifase

Anvendt Brugerdata?

Ja, se bemærkning

Ja, se bemærkning

Ja, se bemærkning

Ja, se bemærkning

Beregningerne udført af

Firmanavn

NIRAS

Navn/initialer

JAF

Dato/Underskrift

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler.

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:	Renhedskrav til jord	Lokalitetsnr.:	
Adresse:	Højde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund	Postnr./by:	
Matrikel nr.:		Projekt nr.:	10409136
Note			

Bemærkninger
om jordtype

Som jordart er valgt en lerjord med en organisk kulstofindhold på 0,5%. Ved lavere organisk indhold, f.eks. 0,1%, vil de beregnede jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskonc. være 80% mindre og omvendt større ved højere indhold.

Bemærkninger
om kemiske data

Fysisk-kemiske data er fra PubChem-databaser eller ChemSpider, men flere parameter er estimeret fra US-EPA Episuite eller lignende. Koc er beregnet vha. forskellige modeller og median værdi er valgt.

Bemærkninger
om fugacitet

Beregningsen med en jordkonc. på 1 mg/kg giver en standardfaktor som anvendes til at beregne jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskoncentration i de forskellige scenarier

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:

Renhedskrav til jord

Lokalitetsnr.:

Adresse:

Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund

Postnr./by:

Matrikel nr.:

Projekt nr.: 10409136

Note

Jord

Kommentar

ja

Standard data

Indtastede data (angives med fed)

Jordtype

Poreluftvolumen

V_L

Vandindhold

V_V

Samlet porøsitet

$\varepsilon = V_L + V_V$

Volumen af jordskellet

V_J

Kornrumvægt

d

Volumenvægt

ρ

Indhold af organisk kulstof

f_{oc}

Ler	
0,1	
0,3	
0,4	
0,6	
2,7	
1,62	
0,1	0,5

kg/l

kg/l

%

Stoffer

Kommentar

ja

Forureningskomponent

Målepunkt

MP

Dato

dato

Molmasse

m

Damptryk

p

Vandopløselighed

S

log oktanol/vand ford. koef.

$\log K_{OW}$

K_{OC}

K_{OC}

Henrys konstant

K_H

Stof 1	Stof 2	Stof 3	Stof 4
MCPA	MCPA	4-nitrophenol	4-chloro-2-methyl-phenol
201	201	139	143
2,3E-05	2,3E-05	0,013	2,7
274	274	111.300	4.000
-7,2E-01	-7,2E-01	3,25	2,04
0,026	0,026	50,0	19,125
6,8E-09	6,8E-09	6,6E-09	

g/mol

Pa

mg/l

Maksimal ford. luft

f_l

Maksimal ford. vand

f_v

Maksimal ford. jord

f_j

0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,43	0,66	0,05
0,00	0,57	0,34	0,95

Mættede damptryk

C_{Lmax}

0,00	0,00	0,73	155
------	------	------	-----

mg/m³

Fugacitetsberegninger

Angiv signifikant ciffer

3

Kommentar

ja

Målt konc. i poreluft

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

Beregnet vandskonc.

C_v

mg/m³

mg/kg TS

mg/l

Målt konc. i grundvand

C_v

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

1	1	1	1
6,8E-06	6,8E-06	6,6E-06	0,0388
0,185	0,435	0,281	3,77

mg/l

mg/m³

mg/kg TS

Målt konc. i jorden

C_t

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet vandskonc.

C_v

1	1	1	1
3,7E-05	1,6E-05	2,3E-05	0,0103
5,4	2,3	3,56	0,265

mg/kg TS

mg/m³

mg/l

Risiko for fri fase?

nej	nej	nej	nej
-----	-----	-----	-----

Anvendt Brugerdata?

Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Beregningerne udført af

Firmanavn

NIRAS

Navn/initialer

JAF

Dato/Underskrift

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler.

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:	Renhedskrav til jord	Lokalitetsnr.:	
Adresse:	Højde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund	Postnr./by:	
Matrikel nr.:		Projekt nr.:	10409136
Note			

Bemærkninger
om jordtype

Som jordart er valgt en lerjord med en organisk kulstofindhold på 0,5%. Ved lavere organisk indhold, f.eks. 0,1%, vil de beregnede jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskonc. være 80% mindre og omvendt større ved højere indhold.

Bemærkninger
om kemiske data

Fysisk-kemiske data er fra PubChem-databaser eller ChemSpider, men flere parameter er estimeret fra US-EPA Episuite eller lignende. Koc er beregnet vha. forskellige modeller og median værdi er valgt.

Bemærkninger
om fugacitet

Beregningsen med en jordkonc. på 1 mg/kg giver en standardfaktor som anvendes til at beregne jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskoncentration i de forskellige scenarier

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:

Renhedskrav til jord

Lokalitetsnr.:

Adresse:

Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund

Postnr./by:

Matrikel nr.:

Projekt nr.: 10409136

Note

Jord

Kommentar

ja

Standard data

Indtastede data (angives med fed)

Jordtype

Poreluftvolumen

V_L

Vandindhold

V_V

Samlet porøsitet

$\varepsilon = V_L + V_V$

Volumen af jordskellet

V_J

Kornrumvægt

d

Volumenvægt

ρ

Indhold af organisk kulstof

f_{oc}

Ler	
0,1	
0,3	
0,4	
0,6	
2,7	
1,62	
0,1	0,5

kg/l

kg/l

%

Stoffer

Kommentar

ja

Forureningskomponent

Målepunkt

MP

Dato

dato

Molmasse

m

Damptryk

p

Vandopløselighed

S

log oktanol/vand ford. koef.

$\log K_{OW}$

K_{OC}

K_{OC}

Henrys konstant

K_H

Stof 1	Stof 2	Stof 3	Stof 4
Phenol	o-Cresol	2,4-Dichlorphenol	2,4-Dimethylphenol
94,1	108	163	122
46,663	39,863	11,999	13,599
82.800	25.900	4.500	7.870
1,46	1,95	3,06	2,3
4,769	15,417	220	35,645
2,1E-05	6,7E-05	1,8E-04	8,5E-05

g/mol

Pa

mg/l

Maksimal ford. luft

f_l

Maksimal ford. vand

f_v

Maksimal ford. jord

f_j

Mættede damptryk

C_{Lmax}

0,00	0,00	0,00	0,00
0,89	0,71	0,14	0,51
0,11	0,29	0,86	0,49
1.772	1.739	789	671

mg/m³

Fugacitetsberegninger

Angiv signifikant ciffer

3

Kommentar

ja

Målt konc. i poreluft

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

Beregnet vandskonc.

C_v

mg/m³

mg/kg TS

mg/l

Målt konc. i grundvand

C_v

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

1	1	1	1
0,0214	0,0672	0,175	0,0852
0,209	0,262	1,29	0,363

mg/l

mg/m³

mg/kg TS

Målt konc. i jorden

C_t

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet vandskonc.

C_v

1	1	1	1
0,102	0,256	0,137	0,235
4,78	3,81	0,778	2,75

mg/kg TS

mg/m³

mg/l

Risiko for fri fase?

nej	nej	nej	nej
-----	-----	-----	-----

Anvendt Brugerdata?

Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Beregningerne udført af

Firmanavn

NIRAS

Navn/initialer

JAF

Dato/Underskrift

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler.

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:	Renhedskrav til jord	Lokalitetsnr.:	
Adresse:	Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund	Postnr./by:	
Matrikel nr.:		Projekt nr.:	10409136
Note			

Bemærkninger
om jordtype

Som jordart er valgt en lerjord med en organisk kulstofindhold på 0,5%. Ved lavere organisk indhold, f.eks. 0,1%, vil de beregnede jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskonc. være 80% mindre og omvendt større ved højere indhold.

Bemærkninger
om kemiske data

Fysisk-kemiske data er fra PubChem-databaser eller ChemSpider, men flere parameter er estimeret fra US-EPA Episuite eller lignende. Koc er beregnet vha. forskellige modeller og median værdi er valgt.

Bemærkninger
om fugacitet

Beregningen med en jordkonc. på 1 mg/kg giver en standardfaktor som anvendes til at beregne jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskoncentration i de forskellige scenarier

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:

Renhedskrav til jord

Lokalitetsnr.:

Adresse:

Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund

Postnr./by:

Matrikel nr.:

Projekt nr.: 10409136

Note

Jord

Kommentar

ja

Standard data

Indtastede data (angives med fed)

Jordtype

Poreluftvolumen

V_L

Vandindhold

V_V

Samlet porøsitet

$\varepsilon = V_L + V_V$

Volumen af jordskellet

V_J

Kornrumvægt

d

Volumenvægt

ρ

Indhold af organisk kulstof

f_{oc}

Ler	
0,1	
0,3	
0,4	
0,6	
2,7	
1,62	
0,1	0,5

kg/l

kg/l

%

Stoffer

Kommentar

ja

Forureningskomponent

Målepunkt

MP

Dato

dato

Molmasse

m

Damptryk

p

Vandopløselighed

S

log oktanol/vand ford. koef.

$\log K_{OW}$

K_{OC}

K_{OC}

Henrys konstant

K_H

Stof 1	Stof 2	Stof 3	Stof 4
Benzen	Toluen	Ethylbenzen	m-Xylen
78,1	92,1	106	106
12.639	3.786	1.280	1.105
1.790	530	169	161
2,13	2,73	3,15	3,2
23,725	99,816	273	308
0,223	0,266	0,325	0,294

g/mol

Pa

mg/l

Maksimal ford. luft

f_l

Maksimal ford. vand

f_v

Maksimal ford. jord

f_j

0,04	0,02	0,01	0,01
0,58	0,26	0,12	0,11
0,37	0,71	0,87	0,88

Mættede damptryk

C_{Lmax}

398.415	140.752	54.862	47.376
---------	---------	--------	--------

mg/m³

Fugacitetsberegninger

Angiv signifikant ciffer

3

Kommentar

ja

Målt konc. i poreluft

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

Beregnet vandskonc.

C_v

mg/m³

mg/kg TS

mg/l

Målt konc. i grundvand

C_v

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet jordkonc.

C_t

1	1	1	1
223	266	325	294
0,318	0,701	1,57	1,74

mg/l

mg/m³

mg/kg TS

Målt konc. i jorden

C_t

Beregnet poreluftskonc.

C_L

Beregnet vandskonc.

C_v

1	1	1	1
701	379	207	169
3,15	1,43	0,637	0,574

mg/kg TS

mg/m³

mg/l

Risiko for fri fase?

nej	nej	nej	nej
-----	-----	-----	-----

Anvendt Brugerdata?

Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Beregningerne udført af

Firmanavn

NIRAS

Navn/initialer

JAF

Dato/Underskrift

Beregningerne kontrolleret /godkendt af

Kontrolleret

Godkendt

Beregningerne er udført med de ovenfor angivne data og uden at der er foretaget ændringer af beregningsformler.

Fugacitetsberegninger

Lokaliteten

Navn:	Renhedskrav til jord	Lokalitetsnr.:	
Adresse:	Høfde 42 og gl. Cheminova fabriksgrund	Postnr./by:	
Matrikel nr.:		Projekt nr.:	10409136
Note			

Bemærkninger
om jordtype

Som jordart er valgt en lerjord med en organisk kulstofindhold på 0,5%. Ved lavere organisk indhold, f.eks. 0,1%, vil de beregnede jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskonc. være 80% mindre og omvendt større ved højere indhold.

Bemærkninger
om kemiske data

Fysisk-kemiske data er fra PubChem-databaser eller ChemSpider, men flere parameter er estimeret fra US-EPA Episuite eller lignende. Koc er beregnet vha. forskellige modeller og median værdi er valgt.

Bemærkninger
om fugacitet

Beregningsen med en jordkonc. på 1 mg/kg giver en standardfaktor som anvendes til at beregne jordkoncentrationer iht. en acceptabel porevandskoncentration i de forskellige scenarier