



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

# Jordforureningers påvirkning af over- fladevand, delprojekt 3

Relationer mellem stoffer, koncentrationer  
og fluxe

Miljøprojekt nr. 1574, 2014

**Titel:**

Jordforureningers påvirkning af overfladevand,  
delprojekt 3

**Redaktion:**

Niels Døssing Overheu  
Sanne Skov Nielsen  
Trine Skov Jepsen  
Thomas H. Larsen

**Udgiver:**

Miljøstyrelsen  
Strandgade 29  
1401 København K  
www.mst.dk

**År:**

2014

**ISBN nr.**

978-87-93178-53-3

**Ansvarsfraskrivelse:**

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Baggrund og formål</b> .....	<b>5</b>
1.1 Definition af worst case .....	5
1.2 Delprojektets indhold .....	5
<b>2. Dataindsamling</b> .....	<b>6</b>
2.1 Litteraturstudie.....	6
2.2 Kvalitativ dataindsamling (interview) .....	6
<b>3. Databehandling</b> .....	<b>8</b>
3.1 Litteraturstudie .....	8
3.2 Kvalitative data (interview) .....	8
3.3 10 % af opløselighed som tommelfingerregel .....	12
3.4 Koncentrationsfordelinger og vurdering af worst case .....	12
3.4.1 Estimering af worst case niveau .....	12
3.4.2 Benzen .....	15
3.4.3 Oliekomponenter (C <sub>10</sub> -C <sub>25</sub> ) .....	16
3.4.4 1,1,1-TCA.....	17
3.4.5 TCE .....	18
3.4.6 Chloroform .....	19
3.4.7 Phenol.....	20
3.4.8 4-nonylphenol .....	21
3.4.9 MTBE.....	22
3.4.10 2,6-dichlorphenol.....	23
3.4.11 Chlorbenzen .....	24
3.4.12 Fluoranthen.....	25
3.4.13 Mechlorprop.....	26
3.4.14 Atrazin .....	27
3.4.15 Arsen.....	28
3.4.16 COD .....	29
3.4.17 Cyanid.....	30
3.5 Metodik for fluxestimer .....	31
3.6 Sammenfatning.....	31
<b>Referencer</b> .....	<b>32</b>
<b>Bilag 1: Litteraturkilder</b> .....	<b>34</b>
<b>Bilag 2: Skabelon for spørgeskema</b> .....	<b>37</b>
<b>Bilag 3: Resulterende kodeliste til screeningsværktøj</b> .....	<b>41</b>

# Forord

Denne rapport indeholder dokumentation for et delprojekt, som er et led i det screeningsarbejde, Miljøstyrelsen udfører som forarbejde til at tilrettelægge indsatsen overfor forurenede arealer, der truer vandområder og internationale naturområder.

Formålet med delprojekt 3 er at tilvejebringe et datagrundlag, der gør det muligt at tilknytte worst case forureningskoncentrationer og –fluxe for i alt 16 modelstoffer (stofgrupper), hvor de 16 modelstoffer repræsenterer 165 stoffer, der er vurderet til at være de kritiske jordforureningsstoffer og som kan udgøre en potentiel trussel overfor vandområder.

Disse worst case koncentrationer og fluxe anvendes i et samlet screeningsværktøj, udviklet i et sideløbende delprojekt, til beregning af worst case påvirkninger af forskellige overfladevandstyper.

# 1. Baggrund og formål

Som en del af arbejdet med at tilrettelægge indsatsen overfor forurenede arealer, der truer vandområder og internationale naturområder, skal der udføres en overordnet landsdækkende risikoscreening af, hvilke af dem der kan udgøre en potentiel risiko (Miljøstyrelsen 2012a).

Risikoscreeningen skal ske med afsæt i kortlægningsviden på vidensniveau 1 eller vidensniveau 2, hvor de kortlagte arealer tilknyttes en worst case forureningskoncentration og –flux, der fortyndes indenfor en blandingszone i det vandområde, der ligger inden for et stofafhængigt afstandskriterium til vandområdet. Blandingszonen skal her forstås som et område omkring et udledningspunkt, hvor koncentrationen af det forurenende stof må overskride det fastsatte miljøkvalitetskrav, men hvor miljøkvalitetskravet skal være opfyldt ved blandingszonens afgrænsning.

Formålet med delprojekt 3 er at tilvejebringe et datagrundlag, der gør det muligt at tilknytte worst case forureningskoncentrationer og –fluxe for i alt 16 modelstoffer (stofgrupper), hvor de 16 modelstoffer repræsenterer 165 stoffer, der er vurderet til at være de kritiske jordforureningsstoffer og som kan udgøre en potentiel trussel overfor vandområder jf. Miljøstyrelsens delprojekt 1 ”Relevante stoffelister og relationer til brancher/aktiviteter”.

## 1.1 Definition af worst case

Med worst case forstås i dette projekt en forureningsbelastning (koncentration/flux) der enten er lig med eller større end belastningen fra langt størsteparten af de eksisterende forureninger. Det er valgt, at worst case forureningsbelastningen ikke skal dække alle situationer, svarende til 100 % fraktilen af datasættene, da enkelte meget store koncentrationer /fluxe vil gøre, at screeningsværktøjet bliver uegnet ift. formålet. Helt særlige forureninger, herunder forureninger med specielle stoffer og de meget store forureninger, er ikke tænkt at skulle kunne håndteres af et screeningssystem, men kræver en specifik vurdering.

Der er som minimum fastlagt worst case stofbelastninger for hvert af de 16 modelstoffer. Så vidt datagrundlaget har kunnet understøttet det, er der fastlagt worst case belastninger for specifikke brancher/aktiviteter. Således kan en specifik branche f.eks. tildeles en lavere eller højere koncentration/flux svarende til en lavere eller højere belastning med et givent modelstof end den belastning, der generelt er fastlagt for modelstoffet.

Efterhånden som der er opnået overblik over datasættene, er det i løbet af projektet valgt, at der generelt anvendes 90 % fraktilen af datasættene som worst case for samtlige medtagne stoffer, jf. databehandlingen i kapitel 3.

## 1.2 Delprojektets indhold

Arbejdet i delprojekt 3 har bestået af dataindsamling, databehandling, koordinerende møder og nærværende dokumentationsrapport.

# 2. Dataindsamling

Dataindsamlingen er udført for de 16 modelstoffer, som er udpeget i delprojekt 1 (Miljøstyrelsen, 2013a).

## 2.1 Litteraturstudie

Der er taget udgangspunkt i statistiske undersøgelser af forureningsniveauer (koncentrationer) fra danske og internationale kilder. Det var tilstræbt også at inddrage opsamlinger af fluxe og forureningsmasser, men sådanne har ikke kunnet opdrives.

Grundlaget for indsamling af relevante litteraturkilder har været:

- Erfaringsmæssigt relevante kilder, indsamlet af Orbicon, COWI og DTU.
- Søgning på relevante artikler via Web of Science og Google. Søgekriterierne har været stofnavnene og evt. "grundvand", "forurening", "koncentration", "flux"/"mass discharge" og/eller "review". Der er søgt på de forskellige alternative stavemåder på dansk og engelsk/amerikansk og forkortelser af stofferne.
- VJ's branchebeskrivelser (<http://www.jordforurening.info/brancher.php>).

Den samlede liste over gennemgåede litteraturkilder er givet i bilag 1, hvor det også er angivet, hvilke stoffer, de enkelte kilder har bidraget med oplysninger om.

Mange af kilderne til dette delprojekt har også været relevante i delprojekt 2, som omhandler relationen mellem stoffer og afstandskriterier, og de to delprojekter har således haft en fælles litteraturlibrary.

## 2.2 Kvalitativ dataindsamling (interview)

Litteraturstudiet er suppleret med en erfaringsopsamling fra den danske jordforureningsbranche, hvor det er undersøgt, hvor store forureningskoncentrationer og -fluxe, man kan forvente for de 16 modelstoffer.

Erfaringsopsamlingen er udført ved formulering af en række præcise spørgsmål som multiple choice, med mulighed for tilføjelse af supplerende oplysninger. Da der er udført en tilsvarende kvalitativ dataindsamling under delprojekt 2, er aktiviteterne koordineret og samlet i det samme spørgeskema. Spørgeskemaets indledning samt spørgeskema for ét af modelstofferne er vedlagt i bilag 2.

Koncentrationsintervallerne i spørgeskemaet ligger alle mellem opløseligheden og en vurderet nedre bagatelgrænse for enkeltstofferne. Intervallerne er generelt defineret med 10 % af opløseligheden som grænse mellem højeste og næsthøjeste kategori, og logaritmisk fordeling af grænserne for de øvrige intervaller. Således er grænsen den højeste kategori for oliekomponenter i bilag 2 sat ved >20 mg/l, svarende til 10 % af en vurderet maksimal opløselighed af en olie/benzinblanding. Grænsen for den laveste kategori er sat ved <2 mg/l, svarende til en vurderet nedre grænse for worst case koncentration.

For fluxstørrelserne er svar-intervallerne for alle stoffer opdelt i fem logaritmisk fordelte intervaller fra <1 g/år til >1.000 g/år.

For at kunne differentiere i forhold til respondenternes kendskab til stofferne er der defineret fire kategorier for stofkendskabet, som respondenterne har udfyldt for hvert stof.

- 0 Intet kendskab
- 1 Noget kendskab
- 2 Godt kendskab
- 3 Meget godt kendskab

Spørgeskemaet er sendt til 11 erfarne personer i branchen, og de og deres bagland repræsenterer bredt de danske erfaringer fra både forsknings- myndigheds- og rådgiverside. Af disse er der modtaget svar fra de otte. De otte respondenter er:

- Mette Broholm (DTU Miljø)
- Mette Christoffersen (Rambøll A/S)
- Hanne Møller Jensen (Region Sjælland)
- Henriette Kernn-Jespersen (Region Hovedstaden)
- Peter Kjeldsen (DTU Miljø)
- Trine Korsgaard (Region Syddanmark)
- Thomas H. Larsen (Orbicon A/S)
- Per Loll (DMR A/S)

# 3. Databehandling

De indsamlede data fra litteraturstudiet og den kvalitative dataindsamling er organiseret i regneark, hvor fordelinger af koncentrationer for de 16 modelstoffer er registreret som kurver eller punkter i fraktildiagrammer.

I det omfang det er muligt, er viden om brancher blevet tilknyttet statistikken for de enkelte stoffer, så der f.eks. for oliekomponenter er tildelt dels en generel worst case koncentration/flux og dels specifikke koncentrationer/fluxe for hhv. villaolietanke og lossepladser.

## 3.1 Litteraturstudie

Den samlede liste over gennemgåede litteraturkilder er givet i bilag 1, hvor det også er angivet, hvilke stoffer, de enkelte kilder har bidraget med oplysninger om. For enkelte af modelstofferne har det ikke været muligt at finde oplysninger om det specifikke modelstof. I disse tilfælde er litteratursøgningen udvidet til andre stoffer, der ligeledes er en del af den gruppe/aktivitet som modelstoffet skal repræsentere i screeningen. Hvor dette er tilfældet, fremgår det specifikke stof af bilag 1.

Ud fra litteraturkildernes statistiske oplysninger er der så vidt muligt uddraget hhv. 10%, 50%, 90% og 100% fraktiler, både for stofferne generelt, men også opdelt på brancher/aktiviteter, hvor der foreligger oplysninger herom. For de enkelte informationskilder er desuden registreret størrelsen på datagrundlaget, dvs. antallet af lokaliteter, det enkelte studie har medtaget. På denne måde er det muligt at vægte de enkelte referencer mod hinanden.

De opnåede data fra litteraturstudiet fremgår af resultaterne for de enkelte modelstoffer i afsnit 3.5.

## 3.2 Kvalitative data (interview)

Der er modtaget 8 besvarelser ud af 11 spørgeskemaer.

Alle svarene på spørgeskemaerne er samlet og statistisk behandlet. Ud fra de indsamlede data er udregnet vægtede koncentrationer og fluxe ved følgende metode:

- Ved en besvarelse, der ligger i "lavere end nedre grænse" intervallet, er beregningen lavet med den halve værdi af den nedre grænse (f.eks. 1 mg/l ved en nedre grænse på <2 mg/l).
- Ved en besvarelse, der ligger i "højere end øvre grænse" intervallet, er beregningen lavet med den dobbelte værdi af den øvre grænse (f.eks. 40 mg/l ved en øvre grænse på >20 mg/l).
- Ved en besvarelse i de andre intervaller er middelværdien brugt.
- Den vægtede værdi blandt  $n$  respondenter er beregnet med en vægtning af hver enkelt respondents oplyste kendskab til de enkelte modelstoffer:

$$\text{Vægtet værdi} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{værdi}_i \cdot \text{kendskab}_i}{\sum_{i=1}^n \text{kendskab}_i}$$

- Hvis den samlede vægtede værdi ligger over den øvre grænse er værdien justeret til øvre-grænse værdien. Hvis f.eks. den øvre grænse er >20 mg/l og den vægtede værdi er 30 mg/l, justeres resultatet til >20 mg/l. Tilsvarende for vægtede værdier under den nedre grænse.



*Eksempel:*

For benzen på servicestationer er der to svar, hhv. 20-35 mg/l og >180 mg/l, begge med kendskabet 3. Den vægtede værdi regnes da ved:

$$\text{Vægtet værdi} = \frac{27,5 \text{ mg/l} \cdot 3 + 360 \text{ mg/l} \cdot 3}{3 + 3} = 193,75 \text{ mg/l}$$

Da denne værdi er større end den øvre grænse, justeres værdien til denne, dvs. >180 mg/l.

Resultaterne fremgår af Tabel 1 og Tabel 2 for hhv. koncentrationer og fluxe. Det fremgår af tabellerne, hvor mange svar hver koncentration/flux er baseret på. Ligeledes fremgår det gennemsnitlige kendskab for besvarelserne.

Pga. ændringer i enkelte af koncentrationsintervallerne efter udsendelse af spørgeskemaet er nogle besvarelser for nogle af enkeltstofferne ikke medtaget i databehandlingen, da de ikke kan sidestilles med de andre besvarelser.

Modelstof	Evt. branche/ aktivitet	Tilfælde	Konc.	Enhed	Antal svar	Gns. kendskab (0-3)
Olie C <sub>10</sub> -C <sub>25</sub>	Generel	Middel	> 20	µg/l	6	2,8
		Worst case	6	mg/l	6	2,8
Benzen	Generel	Middel	< 20	mg/l	5	2,2
		Worst case	< 20	mg/l	3	2,0
	Benzinstation	Middel	< 20	mg/l	2	3,0
		Worst case	> 180	mg/l	2	3,0
Ren Benzen	Tjærefabrik	Worst case	> 180	mg/l	1	3,0
		Middel	< 20	mg/l	1	2,0
1,1,1-TCA	Generel	Worst case	27,5	mg/l	1	2,0
		Middel	< 10	mg/l	4	2,0
Chloroform	Generel	Worst case	41	mg/l	3	2,3
		Middel	< 80	mg/l	1	1,0
TCE	Generel	Worst case	< 80	mg/l	1	1,0
		Middel	15	mg/l	6	2,5
Affedtning	Kærgård	Worst case	> 130	mg/l	7	2,6
		Middel	< 10	mg/l	1	3,0
	Renseri	Worst case	97,5	mg/l	1	3,0
		Middel	> 130	mg/l	1	3,0
Maskinstation	Maskinstation	Worst case	> 130	mg/l	1	3,0
		Middel	< 10	mg/l	1	3,0
4-nonylphenol	-	Worst case	45	mg/l	1	3,0
		Middel	< 10	mg/l	1	3,0
MTBE	Generel	Worst case	17,5	mg/l	1	3,0
		Middel	< 10	mg/l	1	3,0
Phenol	Benzinstation	Worst case	1,600	g/l	4	2,5
		Middel	< 500	mg/l	4	2,5
	Tjærefabrik	Worst case	< 500	mg/l	1	3,0
		Middel	< 500	mg/l	1	3,0
2,6-dichlorphenol	Generel	Worst case	< 800	mg/l	1	3,0
		Middel	< 800	mg/l	1	3,0
Chlorbenzen	-	Worst case	6.000	mg/l	1	1,0
		Middel	> 8.000	mg/l	1	1,0
Fluoranthen	Generel	Worst case	< 20	mg/l	2	1,0
		Middel	< 20	mg/l	1	1,0
Mechlorprop	Generel	Worst case	-	-	-	-
		Middel	0,11	µg/l	1	3,0
Atrazin	-	Worst case	> 0,2	µg/l	1	3,0
		Middel	< 7	mg/l	2	2,0
Arsen	Generel	Worst case	< 7	mg/l	2	2,0
		Middel	< 7	mg/l	1	1,0
COD	Losseplads	Worst case	< 7	mg/l	1	1,0
		Middel	< 7	mg/l	1	1,0
	Fyldplads	Worst case	> 150	mg/l	2	1,0
		Middel	> 150	mg/l	2	1,0
Cyanid	Generel	Worst case	> 150	mg/l	1	0,0
		Middel	> 150	mg/l	1	0,0
Galvanisering	Gasværk	Worst case	22,5	mg/l	1	0,0
		Middel	-	mg/l	1	0,0

**TABEL 1**  
RESULTATER AF SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE VEDR. KONCENTRATIONER

Stof	Evt. branche/ aktivitet	Tilfælde	Flux (g/år)	Antal svar	Gns. kendskab (0-3)	Kommentar		
Olie C <sub>10</sub> -C <sub>25</sub>	Generel	Middel	22	3	2,7	Aftager væsentligt efter spildet har ligget i jorden i en periode.		
		Worst case	780	3	2,7			
	Gammelt lille spild	Middel	50	1	3,0			
	Frisk lille spild	Middel	500	1	3,0			
	Tankanlæg	Middel	500	1	3,0			
		Worst case	> 1000	1	3,0			
Benzen	Generel	Middel	250	3	2,0	Stærkt afhængig af spildets størrelse		
		Worst case	> 1000	4	2,0			
	Benzinstation	Middel	500	1	3,0			
		Worst case	> 1000	1	3,0			
	Tagpapsfabrik	Worst case	> 1000	1	3,0			
1,1,1-TCA	Generel	Worst case	> 1000	1	3,0	Inkl. nedbr. produkter		
	Metalindustri	Middel	50	1	3,0			
		Worst case	500	1	3,0			
Chloroform	-	-	-	-	-			
TCE	Generel	Middel	160	4	3,0	Meget stor usikkerhed		
		Worst case	> 1000	4	3,0			
	Affedtning	Middel	50	1	3,0			
		Worst case	> 1000	1	3,0			
	Kærgård	Middel	> 1000	1	3,0			
		Worst case	> 1000	1	3,0			
	Renseri	Middel	5	1	3,0			
		Worst case	50	1	3,0			
	Maskinstation	Middel	50	1	3,0			
		Worst case	500	1	3,0			
	4-nonylphenol	-	-	-	-		-	
	MTBE	Generel	Middel	37	3		2,3	Størst flux ifm. 98 oktan
Worst case			> 1000	3	2,3			
Benzinstation		Middel	50	1	3,0			
Phenol	Generel	Worst case	> 1000	1	2,0			
2,6-dichlorphenol	Generel	Middel	> 1000	1	1,0	Cheminova: Flux dels beregnet, dels baseret på afværgeoppumpning.		
		Worst case	-					
Chlorbenzen	-	-	-	-	-			
Fluoranthen	-	-	-	-	-			
Mechlorprop	Vaskeplads	Middel	5	1	1,0			
Atrazin	Generel	Worst case	50	1	1,0			
Arsen	-	-	-	-	-			
COD	Losseplads	Middel	> 1000	1	0,0			
		Worst case	> 1000	1	0,0			
Cyanid	-	-	-	-	-			

**TABEL 2**  
RESULTATER AF SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE VEDR. FLUXE

De opnåede data fra spørgeskemaundersøgelsen er illustreret og anvendt i resultatopsamlingen for de enkelte modelstoffer i afsnit 3.5.

### **3.3 Udtræk fra regionernes GeoGIS-databaser**

I tillæg til litteraturen og den kvalitative dataindsamling er der lavet et dataudtræk fra GeoGIS databaserne for Region Hovedstaden og Region Syddanmark. Der er indhentet oplysninger om alle koncentrationer i vandprøver for de 16 modelstoffer. Listen af data er sorteret således at kun målinger, der ligger over detektionsgrænsen er medtaget. Herefter omregnes data til procentfraktiler.

### **3.4 10 % af opløselighed som tommelfingerregel**

I tillæg til den statistiske og kvalitative dataindsamling anvendes også 10 % af opløseligheden af modelstofferne som en absolut worst case indikator. Selvom der er fri fase produkt i et område, observeres der i felten sjældent koncentrationer af opløste kemikalier, der er tæt på deres opløselighed. I tilfælde af fri fase DNAPL-kemikalier påvises disse generelt i koncentrationer på op til 1-10 % af deres vandopløselighed i grundvand (Jørgensen et al. 2010; Wealthall 2012).

En generel tommelfingerregel for almindelige filtersatte borer er, at der er indikation på tilstedeværelse af DNAPL, hvis koncentration af DNAPL-kemikalier i grundvand, fundet ved kemisk analyse, er større end 1 % af det rene stofs vandopløselighed eller den effektive vandopløselighed. Koncentrationer under 1 % udelukker dog ikke, at der er NAPL tilstede. Koncentrationer over 10 % af den effektive opløselighed indiker med meget stor sandsynlighed DNAPL-tilstedeværelse. 10 %-reglen har ikke en grundlæggende teoretisk baggrund, men støttes af empiriske resultater (Jørgensen et al. 2010).

På denne baggrund er 10 % af opløseligheden af det rene stof anvendt som indikator for den absolute worst case koncentration i dette projekt. Som det fremgår af afsnit 3.5, er der rimeligt god overensstemmelse mellem den vurderede worst case koncentration og 10 % opløselighed for nogle af stofferne (f.eks. TCE og arsen), men for flere af de andre gode datasæt ligger 10 % opløseligheden væsentligt over den vurderede worst case (f.eks. chloroform, MTBE, mechlorprop og atrazin). Dette er forventeligt da 10% opløselighed som worst case i de fleste tilfælde vil være voldsomt overestimeret, da antagelsen indebærer, at der har været anvendt rent produkt, hvilket jo langt fra altid er tilfældet.

### **3.5 Koncentrationsfordelinger og vurdering af worst case**

I de følgende afsnit vises resultaterne af databehandlingen i form af fraktildiagrammer for de 16 modelstoffer. Ud fra diagrammerne og robustheden af de underliggende data fastlægges herefter worst case koncentrationer, dels generelle værdier og eventuelle branchespecifikke værdier. De opnåede resultater er samlet i en kodeliste til brug i screeningsværktøjet, jf. bilag 3.

For litteraturkildernes vedkommende skal det bemærkes, at datasættene oftest er oplyst som antallet af sager, der indgår i undersøgelsen. Enkelte litteraturkilder samt dataene fra GeoGIS-databaserne er derimod angivet som antallet af målinger. Ved vægtningen mellem datasættene er der taget højde for, at f.eks. 10 målinger ikke vægter lige så højt som 10 sager.

For de kvalitative data er det beskrevet hvor godt det samlede kendskab til det enkelte stof har været blandt respondenterne. Det fremgår ligeledes hvor vidt fraktilerne repræsenterer den øvre/nedre svarmulighed, da dette kan have betydning for vægtningen. Hvis det er en øvre/nedre svarmulighed, er det relevant at se den aktuelle værdi som en øvre/nedre grænse for worst case værdien, i stedet for en specifik worst case værdi.

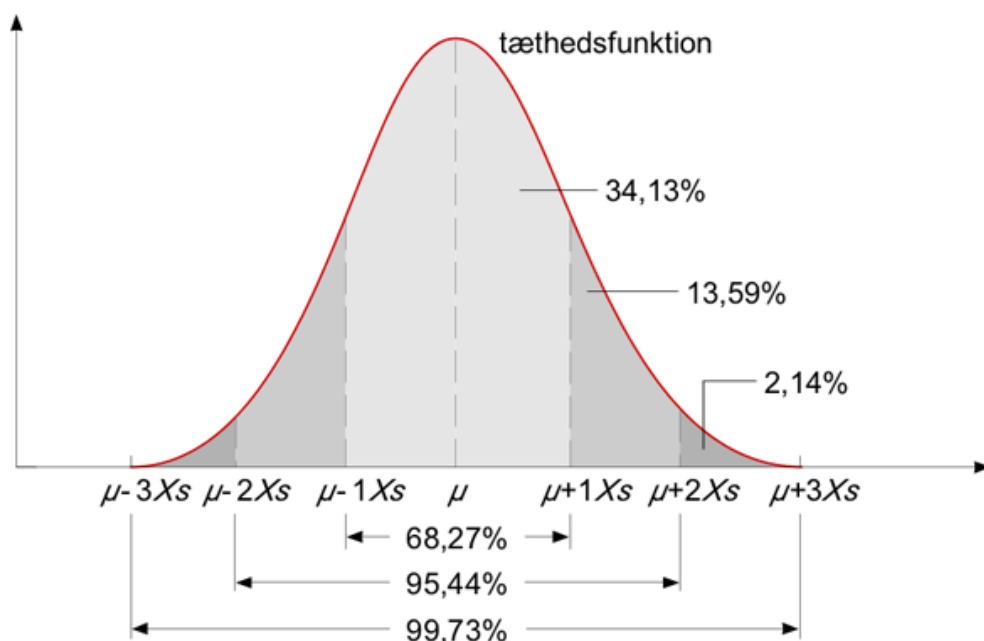
#### **3.5.1 Estimering af worst case niveau**

Datasættene indeholder typisk én eller flere af fraktilerne 10 %, 50 %, 90 % og 99/100 %. For at begrænse antallet af interpolationer i datasættene og øge sammenligneligheden er det valgt generelt

at arbejde med 90 % fraktilen som worst case. En generel 90 % fraktil vurderes også at tilfredsstille hensigten om, at belastningen fra langt størsteparten af de eksisterende forureninger med det givne stof dækkes af screeningen, jf. afsnit 1.1.

Flere datasæt indeholder imidlertid kun en 50 % fraktil og en maksimumværdi, og det har derfor været nødvendigt at estimere en 90 % fraktil for disse datasæt ved interpolation i datasættene. Det er i denne forbindelse antaget, at koncentrationsdatasættene er lognormalfordelte. De datasæt, der indeholder både 50 %, 90 % og 99/100 % fraktiler (f.eks. TCE og MTBE) understøtter denne antagelse.

Ved estimering af lognormal-fordelingerne er det antaget, at disse har en middelværdi  $\mu$  givet ved den naturlige logaritme til den oplyste 50 % fraktil. Lognormalfordelingens standardafvigelse  $\sigma$  er estimeret ud fra en antagelse om, at  $\ln(99/100 \%$  fraktilen) aflæses ved  $\mu + 3 \times \sigma$ , jf. Figur 1.



**FIGUR 1**  
 NORMALFORDELINGSFUNKTION. STANDARDAFVIGELSEN, SOM I TEKSTEN BETEGNES  $\sigma$  ER PÅ FIGUREN KALDT  $X_S$ . DEN KUMULEREDE SANDSYNLIGHEDSMASSE FOR NORMALFORDELINGEN VED  $\mu + 3 \cdot \sigma$  SVARER TIL CA. 99,7 %. KILDE: GYLDENDAL (2013) OG AYYUB OG MCCUEN (1997).

Ud fra  $\mu$  og  $\sigma$  anvendes herefter normalfordelingsfunktionen til at beregne  $\ln(90 \%$  fraktilen). Slutteligt tages eksponentialfunktionen til denne værdi, idet  $90 \%$  fraktil =  $e^{\ln(90 \%$  fraktil)}.

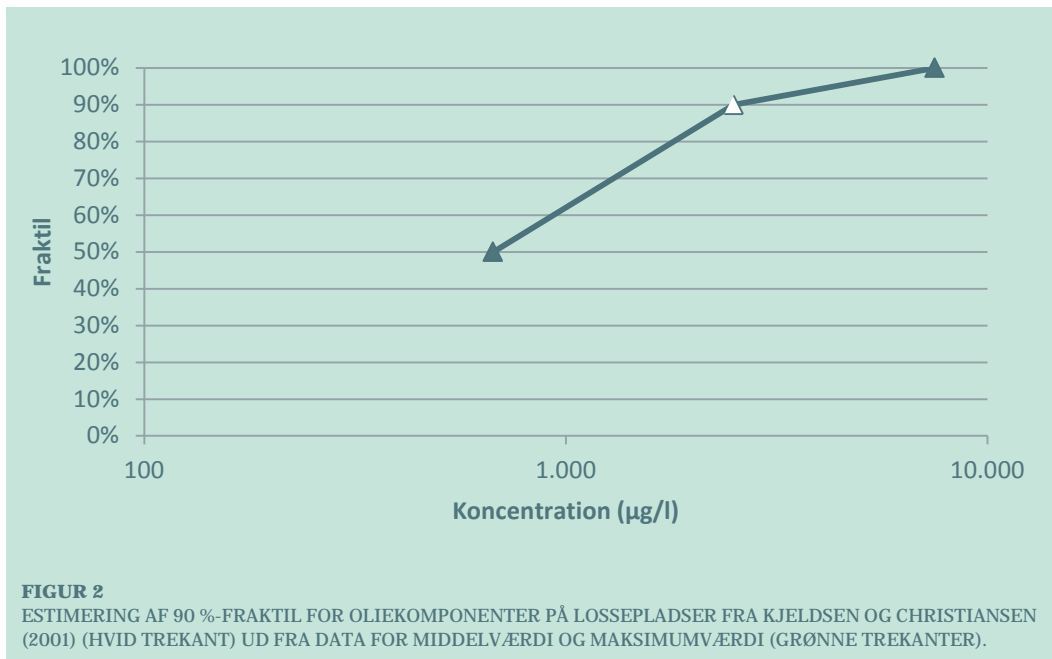
I graferne for hvert modelstof er de estimerede 90 % fraktiler af datasættene markeret med hvidt udfyldte symboler med sort kant.

*Eksempel:*

Datasættet for oliekomponenter på lossepladser fra Kjeldsen og Christoffersen (2001) indeholder en middelværdi på 672  $\mu\text{g/l}$  og en maksimumværdi på 7.500  $\mu\text{g/l}$ . Logaritmen til datasættet antages at være normalfordelt med middelværdi  $\mu = \ln(672) = 6,5$ . Standardafvigelsen  $\sigma$  beregnes ud fra, at logaritmen til maksimumværdien ( $\ln(7.500) = 8,9$ ) svarer til  $\mu + 3 \cdot \sigma$ , hvilket giver  $\sigma = 0,80$ .

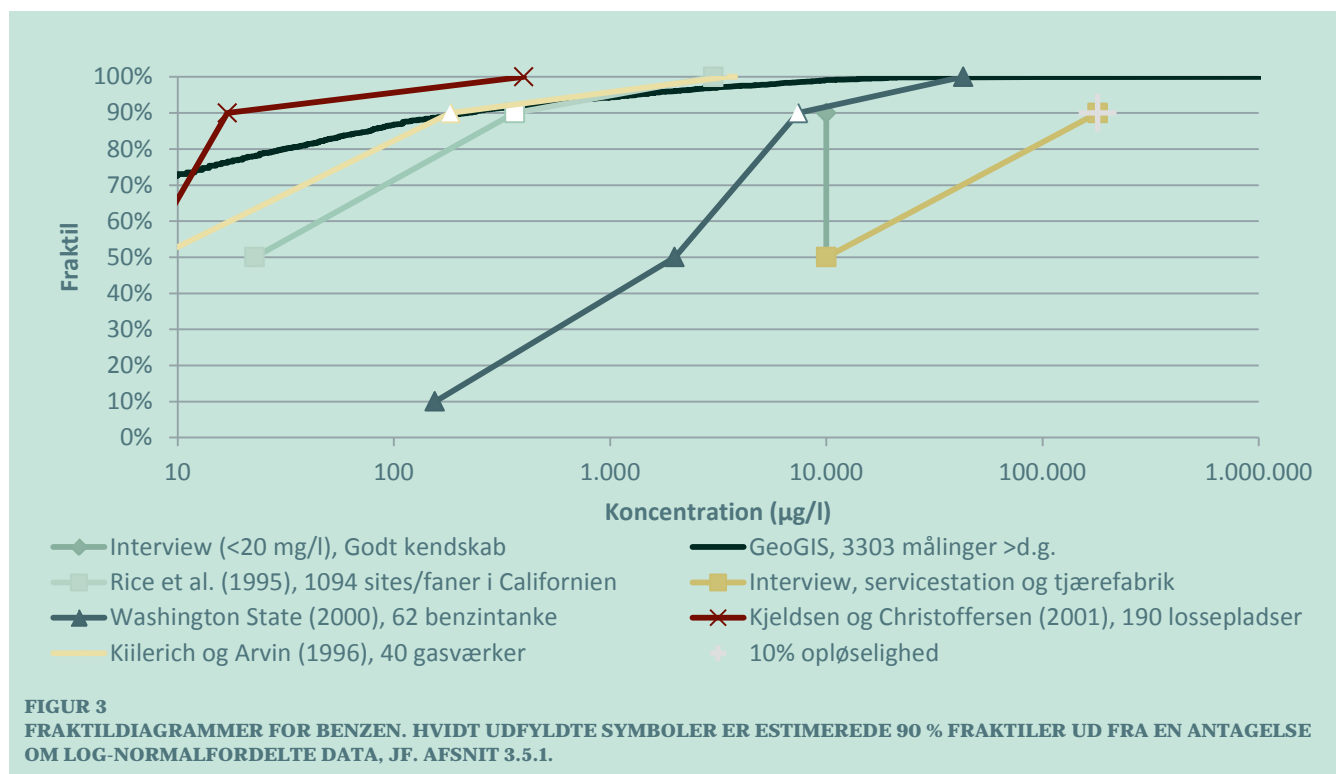
$\mu$  og  $\sigma$  definerer normalfordelingsfunktionen, og her ud fra kan man beregne 90 % fraktilen, f.eks. vha. Excels indbygget funktion  $\text{NORM.INV}(0,90 ; \mu ; \sigma)$ . Dette giver, at  $\ln(90 \text{ %-fraktilen}) = 7,5$ . Eksponentialfunktionen til dette giver:  $90 \text{ %-fraktil} = e^{7,5} = 1.900$ .

Den resulterende estimerede fordeling er vist på nedenstående figur.



### 3.5.2 Benzen

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for benzen.



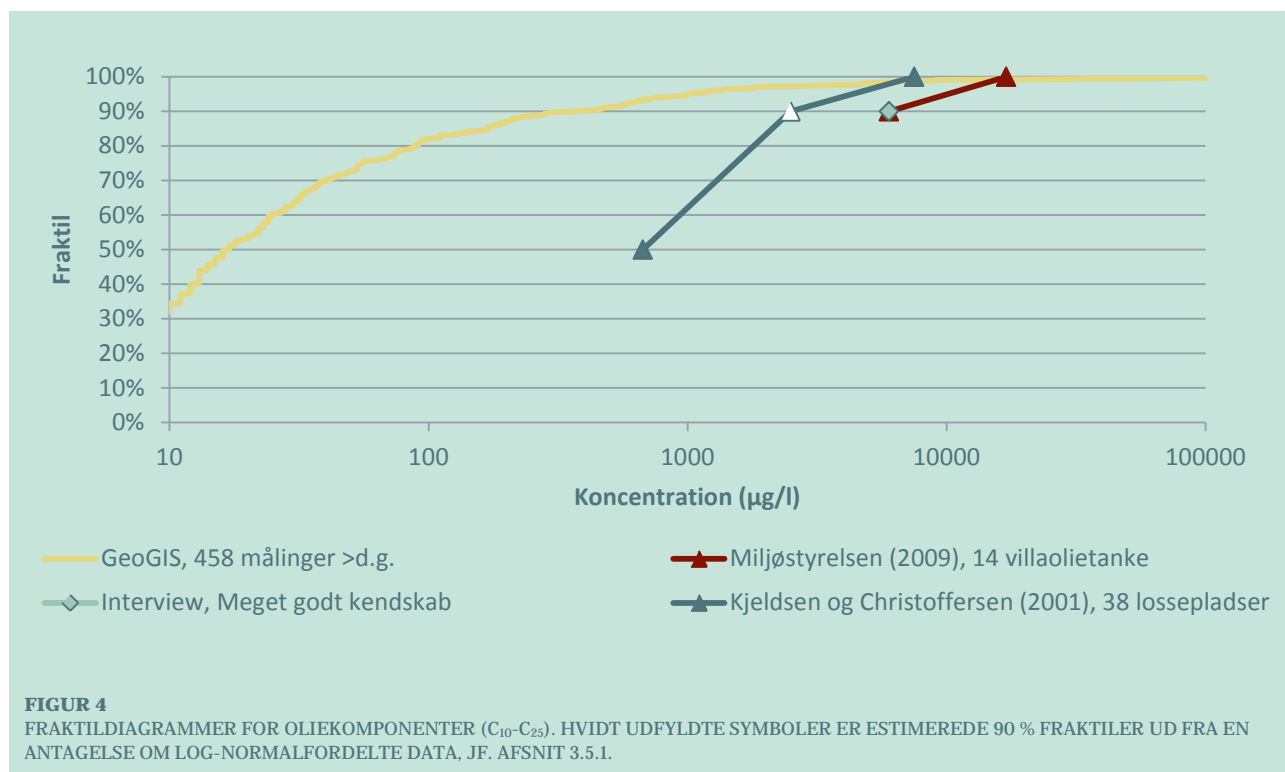
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt:	400	90 % fraktile af GeoGIS data og Rice et al. (1995) stemmer overens. Grundlaget for de meget høje tal for servicestationer og tjærefabrik stammer fra 2 respondenter og grundlaget vurderes for spinkelt til fastlæggelse af en worst case.
Lossepladser:	17	90 % fraktile fra Kjeldsen og Christoffersen (2001)
Servicestation (benzintanke)	8,000	90 % fraktile af Washington state (2000)

**TABEL 3**  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR BENZEN

### 3.5.3 Oliekomponenter (C<sub>10</sub>-C<sub>25</sub>)

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for oliekomponenter.



På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

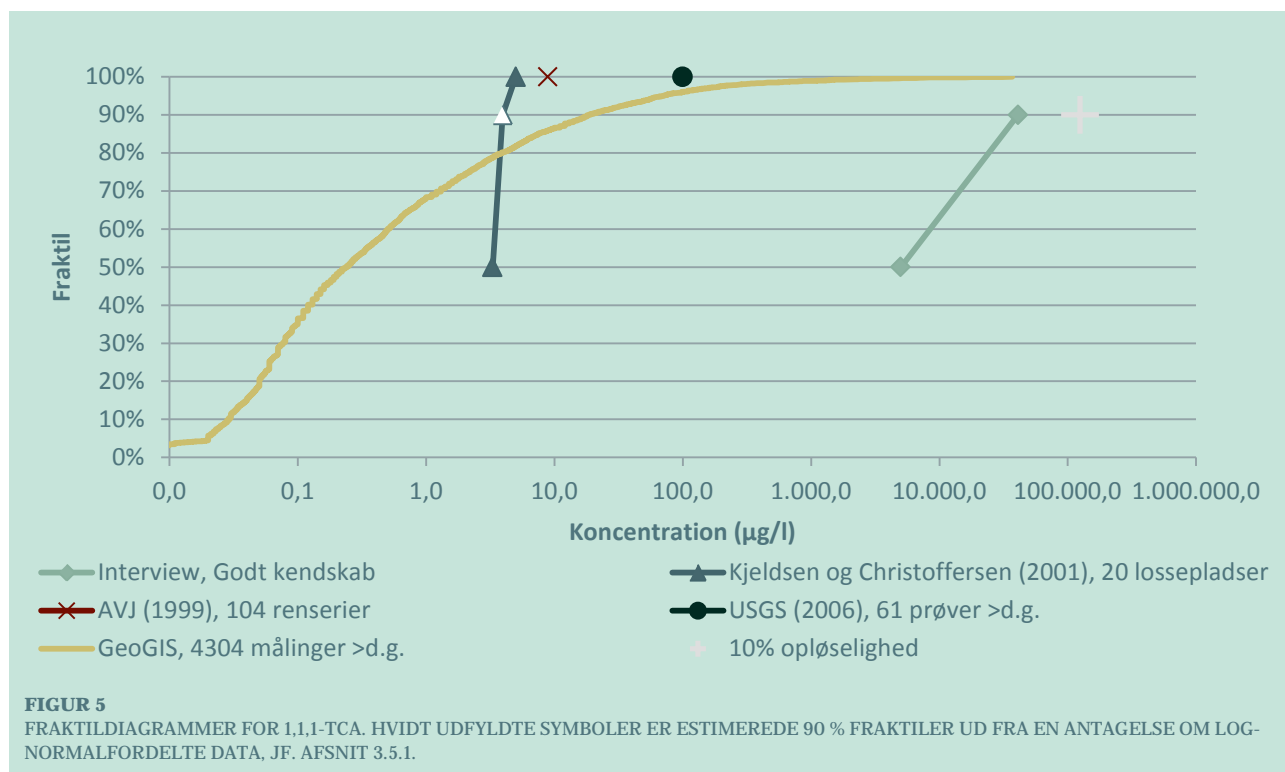
Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt:	3000	Middel af 90 % fraktil af GeoGIS data og interview
Lossepladser:	2500	90 % fraktil af Kjeldsen og Christoffersen (2001) for "mineral oil"
Villaolietanke:	6000	90 % fraktil af Miljøstyrelsen (2009)

TABEL 4  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR OLIEKOMPONENTER (C<sub>10</sub>-C<sub>25</sub>).



### 3.5.4 1,1,1-TCA

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for 1,1,1-TCA.



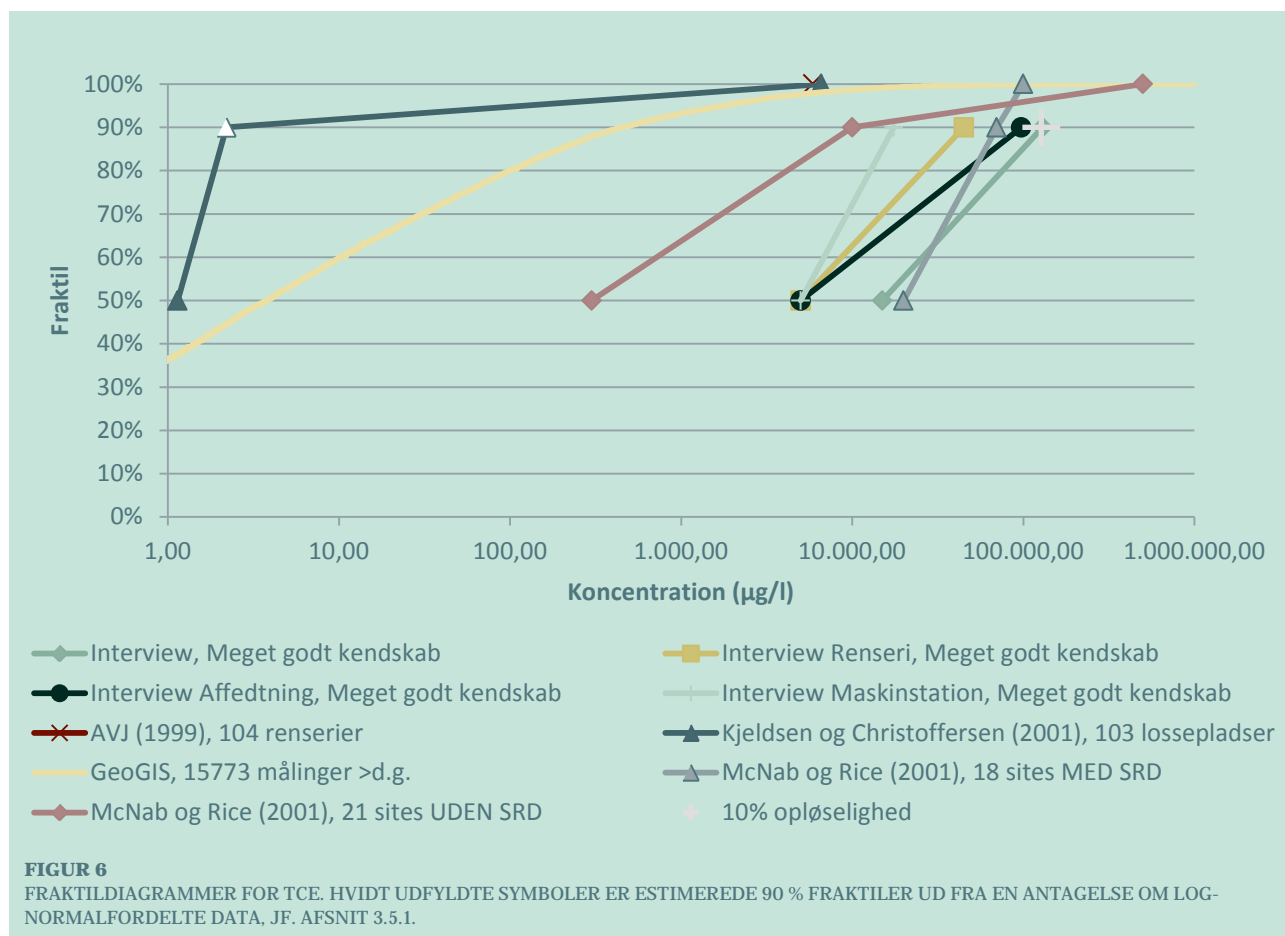
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt:	100	95 %-fraktiil af Region Syds GeoGIS-data og maks-værdien for USGS (2006)
Lossepladser:	-	Koncentrationsniveau ikke relevant i forhold til øvrige stoffer på branche/aktivitet.
Renserier:	-	Koncentrationsniveau ikke relevant i forhold til øvrige stoffer på branche/aktivitet.

**TABEL 5**  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR 1,1,1-TCA.

### 3.5.5 TCE

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for TCE.



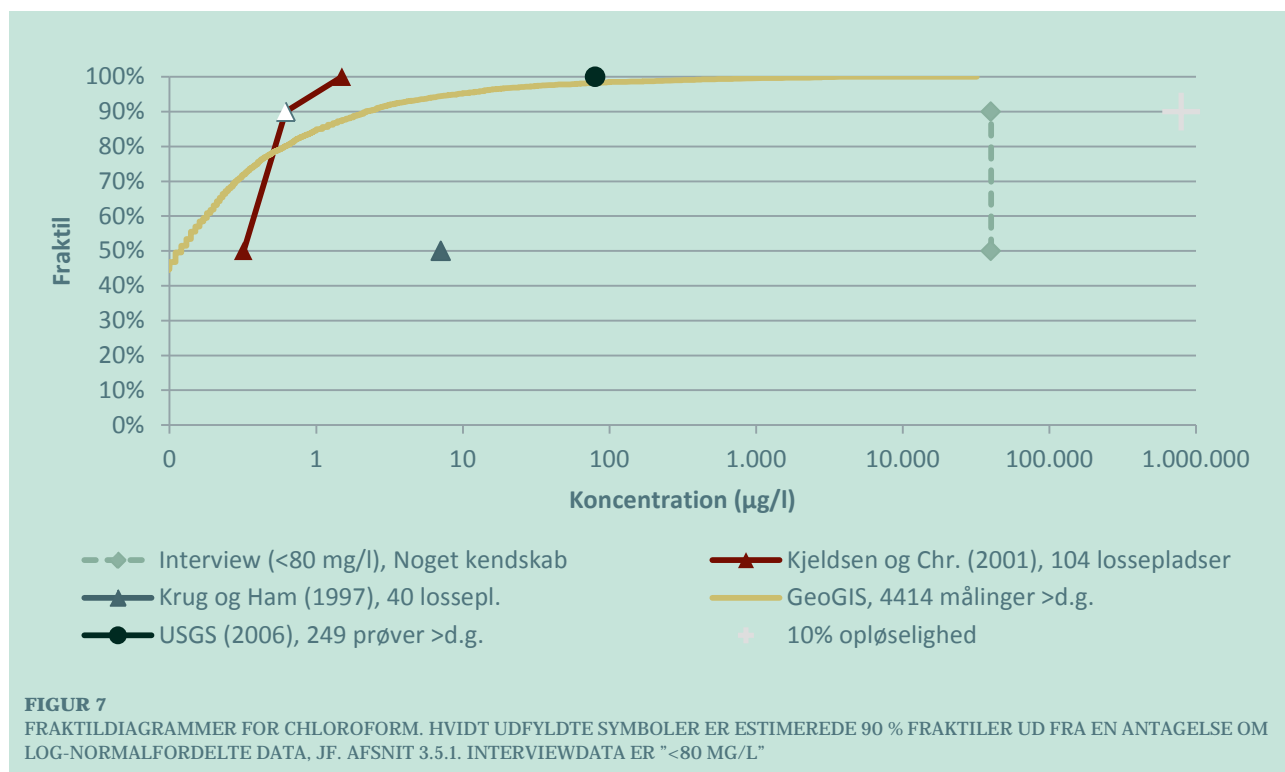
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	42.000	Middel af 90 % fraktilen for GeoGIS data, Interview, Kjeldsen og Christoffersen (2001), McNab og Rice (2001) og McNab og Rice (2001).
Rensерier	-	Den generelle værdi anvendes, da der ikke er indsamlet data om PCE.
Lossepladser	2,2	90 % fraktiil af data fra Kjeldsen og Christoffersen (2001).

**TABEL 6**  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR TCE.

### 3.5.6 Chloroform

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for chloroform.



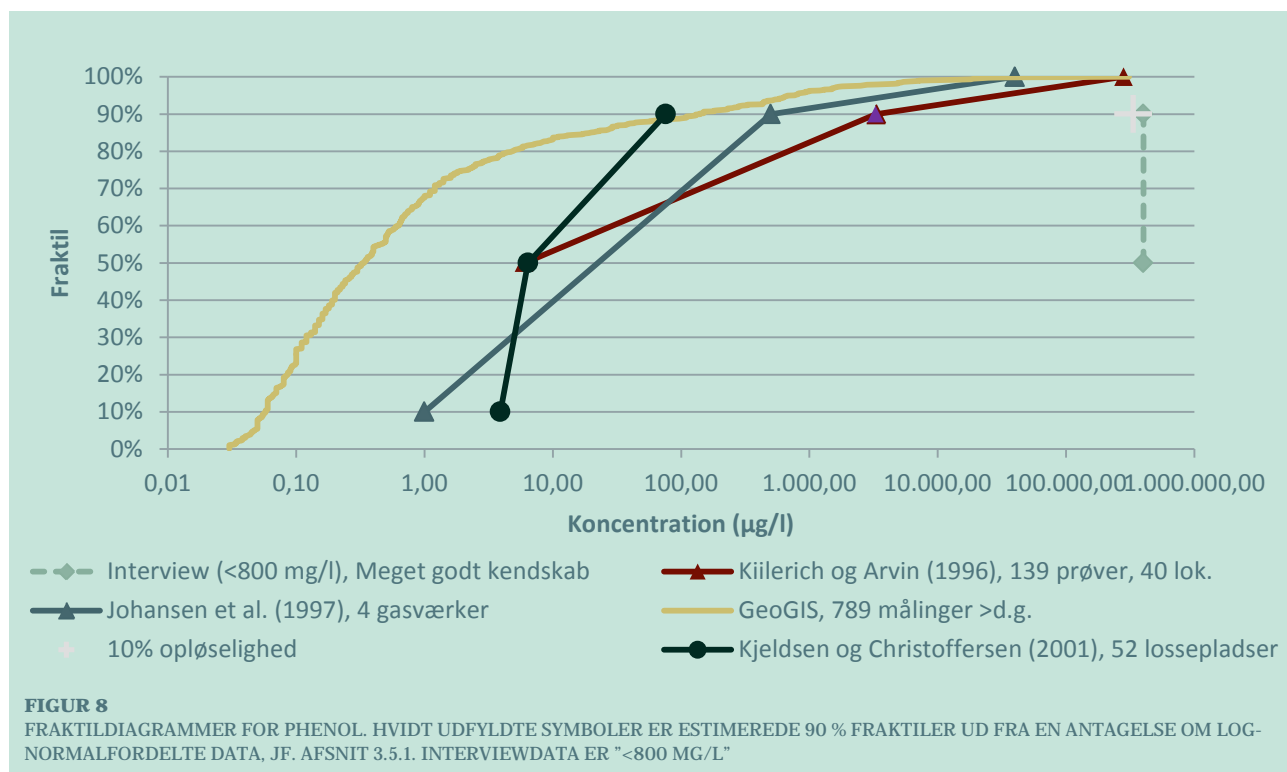
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	100	Vurderet på baggrund af maxværdi for USGS (2006) og GeoGIS (90 % fraktilen af GeoGIS er vurderet for lav).
Lossepladser	-	Koncentrationsniveau ikke relevant i forhold til øvrige stoffer på branche/aktivitet.

**TABEL 7**  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR CHLOROFORM.

### 3.5.7 Phenol

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for phenol.



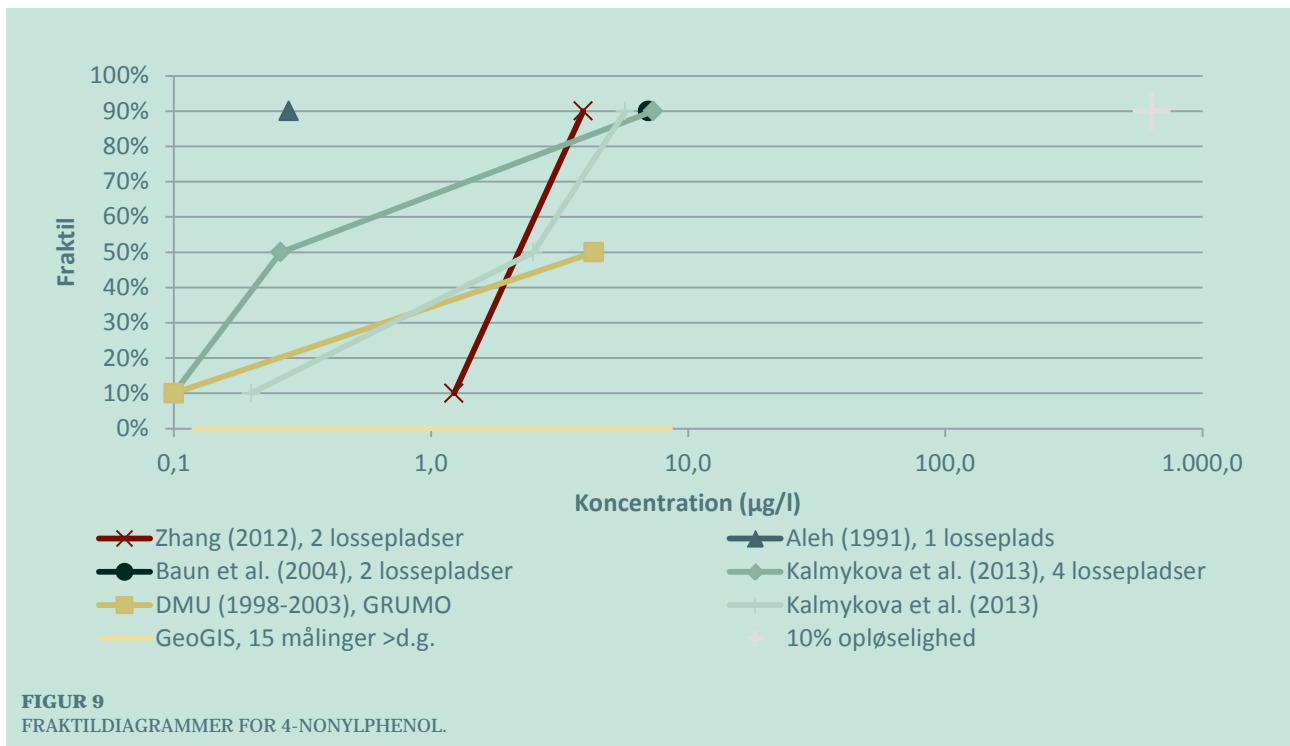
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	1.300	Middel af 90% fraktiler af Kiilerich og Arvin (1997), Johansen et al. (1997) og GeoGIS data. Stemmer overens med interviewdata der er defineret som "<800 mg/l".
Gasværker	-	Den generelle værdi anvendes, da størstedelen af datasættene stammer fra gasværker.
Lossepladser	6,4	90% fraktil for 52 lossepladser i Kjeldsen og Christoffersen (2001)

**TABEL 8**  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR PHENOL.

### 3.5.8 4-nonylphenol

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for 4-nonylphenol.



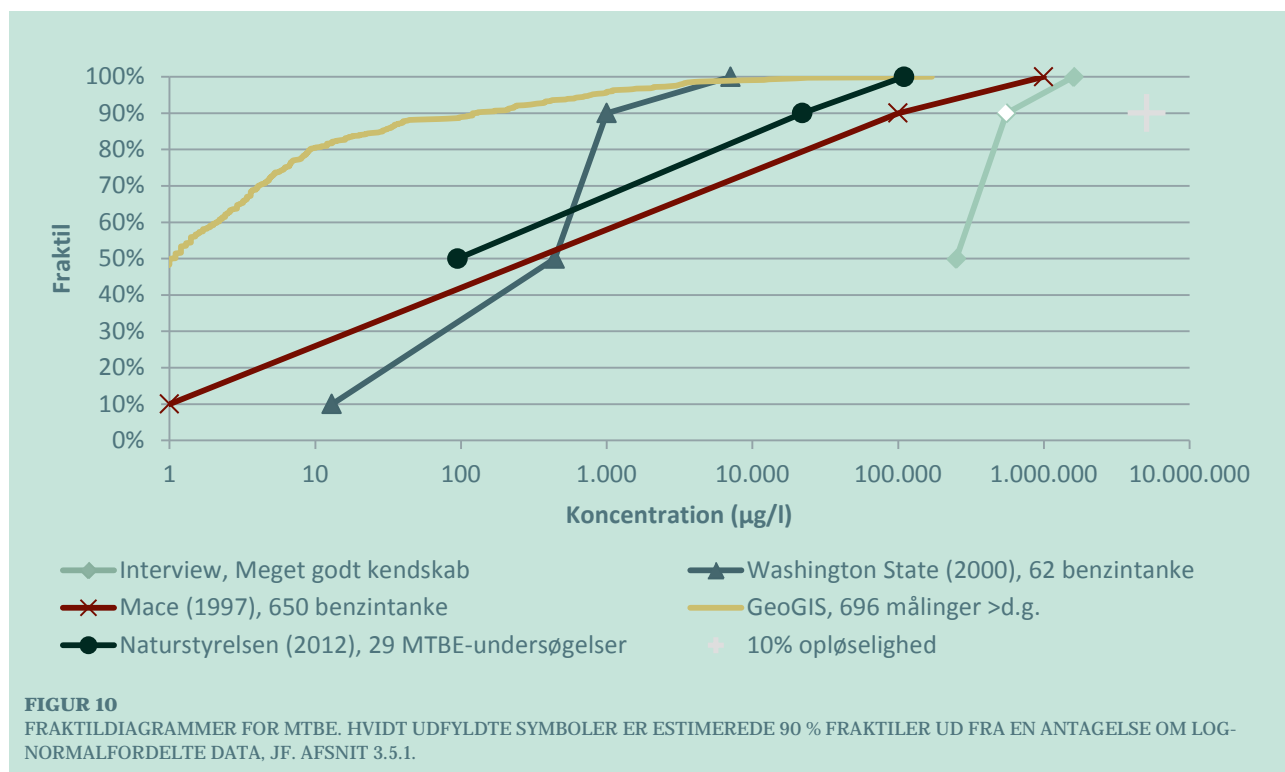
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	9	90 % fraktil af GeoGIS data, Baun et al. (2004) og Kalmykova et al. (2013) stemmer overens.
Lossepladser	-	Koncentrationsniveau ikke relevant i forhold til øvrige stoffer på branche/aktivitet.

TABEL 9  
WORST CASE KONCENTRATIONER FOR 4-NONYLPHENOL.

### 3.5.9 MTBE

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for MTBE.



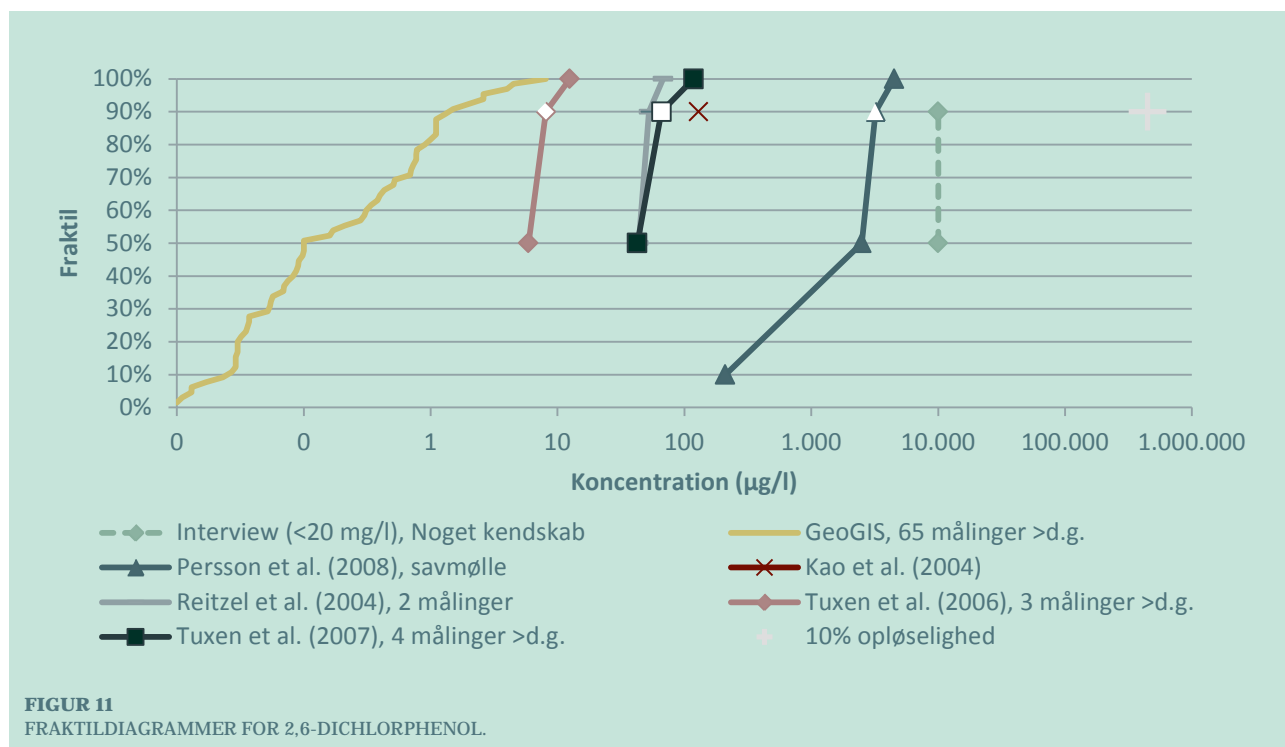
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	50.000	Vurderet på baggrund af middel af 90 % fraktiler for interview, GeoGIS data, Naturstyrelsen (2012), Mace (1997) og Washington State (2000). Det meget gode kendskab fra interviews vægter højere end GeoGIS data.  Der foretages ingen specifikation på brancher/aktiviteter ift. "benzintanke" eller "servicestationer", da MTBE kun optræder ifm. benzin.

**TABEL 10**  
WORST CASE KONCENTRATIONER FOR MTBE.

### 3.5.10 2,6-dichlorphenol

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for 2,6-dichlorphenol.



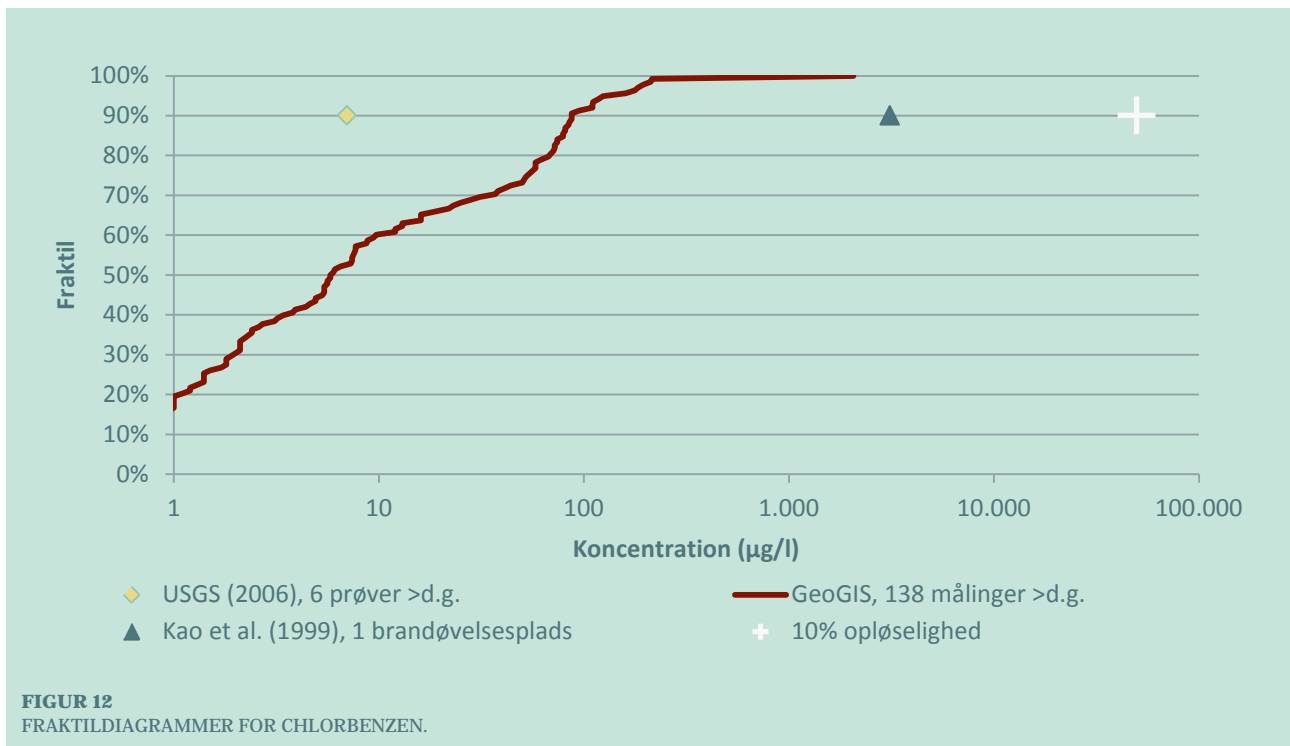
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	10.000	Datasættene er generelt usikre og repræsenterer ikke de relevante brancher. Af denne grund er maxkoncentrationen vurderet konservativt.
Lossepladser	-	Koncentrationsniveau ikke relevant i forhold til øvrige stoffer på branche/aktivitet.

TABEL 11  
WORST CASE KONCENTRATIONER FOR 2,6-DICHLORPHENOL.

### 3.5.11 Chlorbenzen

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for chlorbenzen.



På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

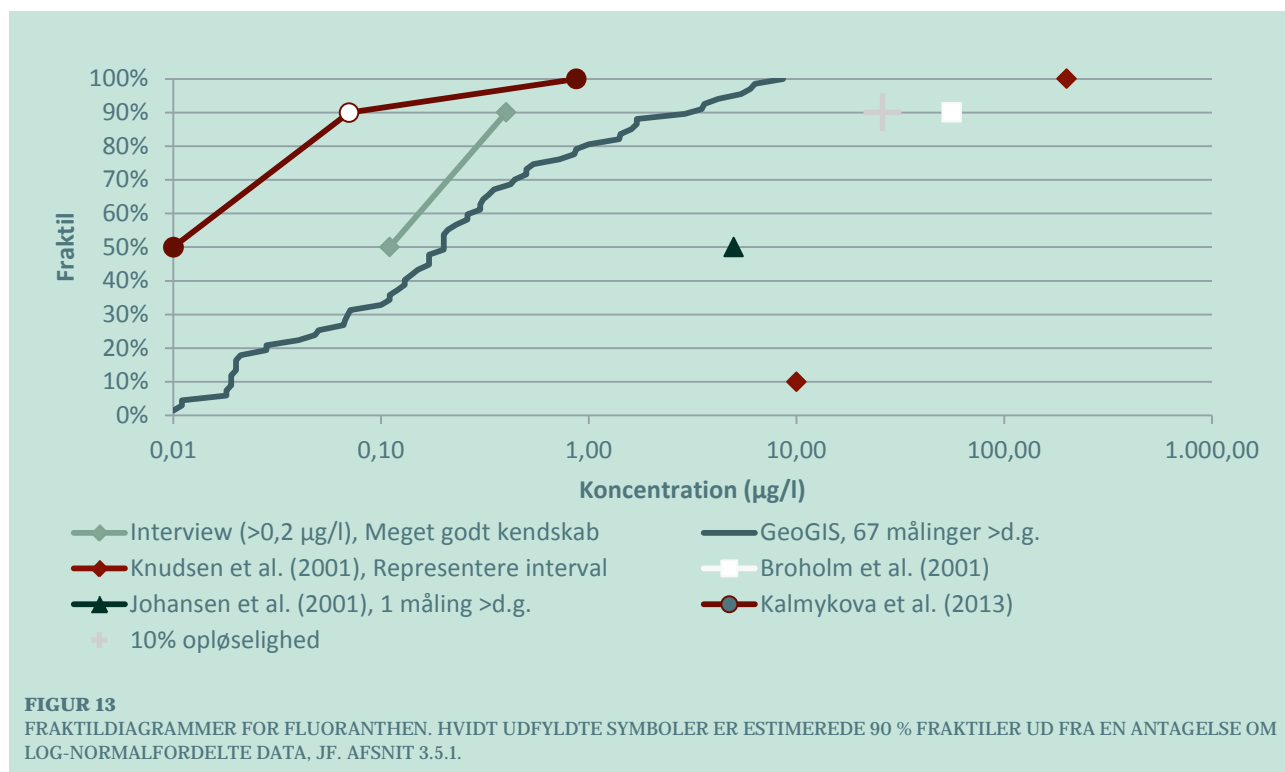
Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	100	90 % fraktiil af GeoGIS data.

TABEL 12  
WORST CASE KONCENTRATIONER FOR CHLORBENZEN.



### 3.5.12 Fluoranthen

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for fluoranthen.



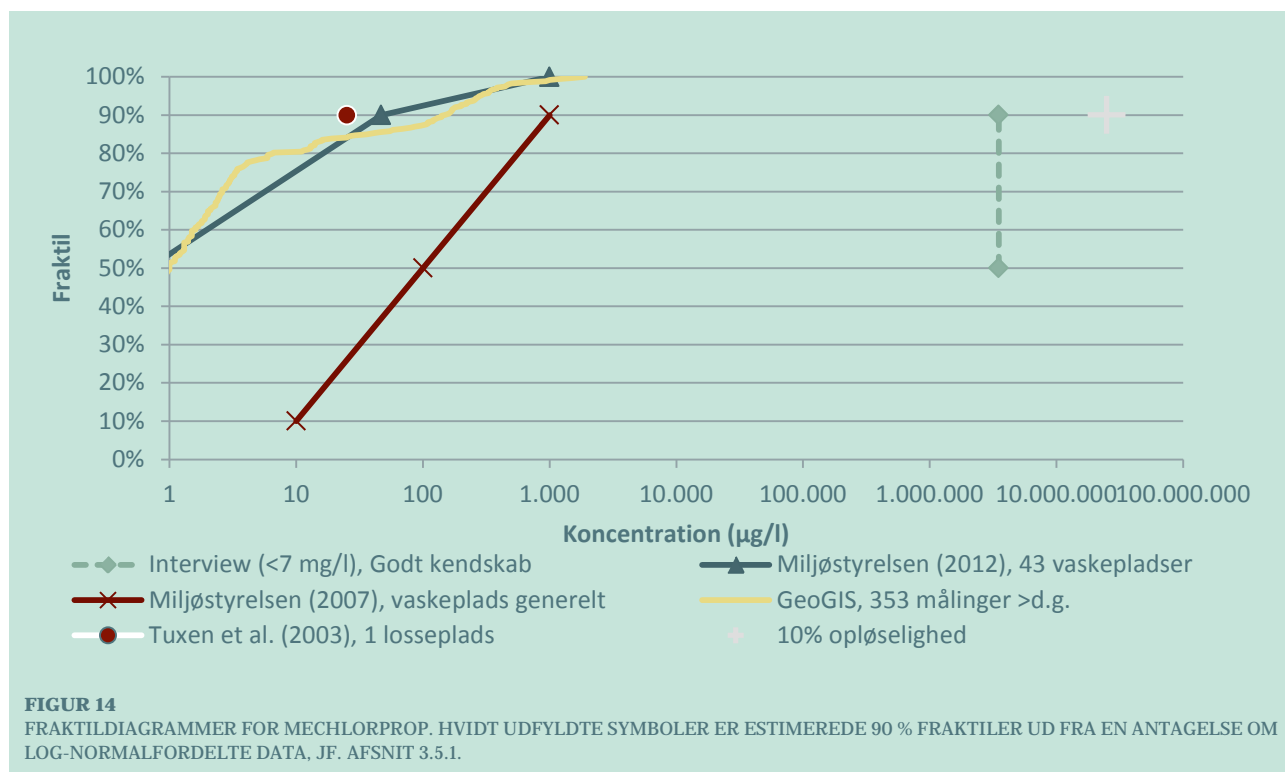
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	30	Middel af 90 % fraktil af GeoGIS data og Broholm et al. (2001) (denne kilde vurderes meget troværdig).

**TABEL 13**  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR FLUORANTHEN.

### 3.5.13 Mechlorprop

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for mechlorprop.



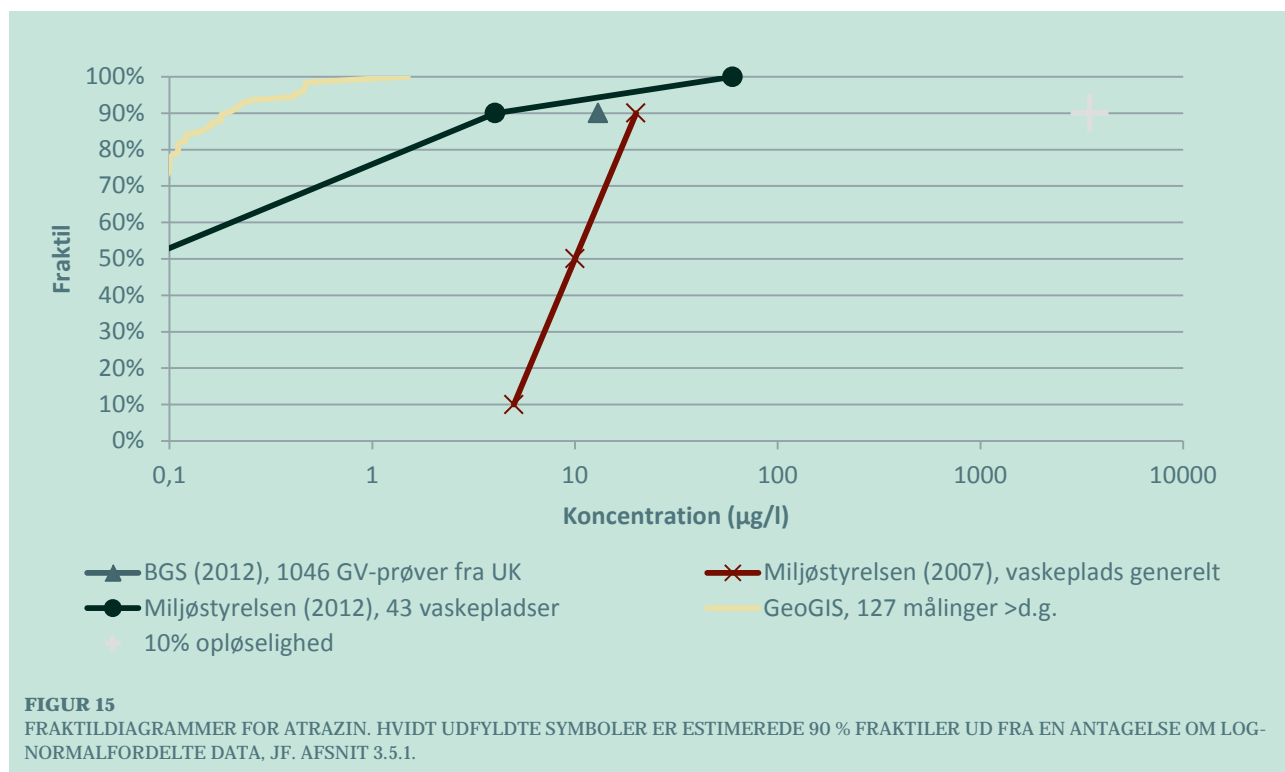
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	1.000	90% fraktiil for MST's vurdering af vaskepladser generelt, samt maxværdi af 43 undersøgelser og GeoGIS data. Stemmer overens med interview (<7 mg/l).

TABEL 14  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR MECHLORPROP.

### 3.5.14 Atrazin

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for atrazin.



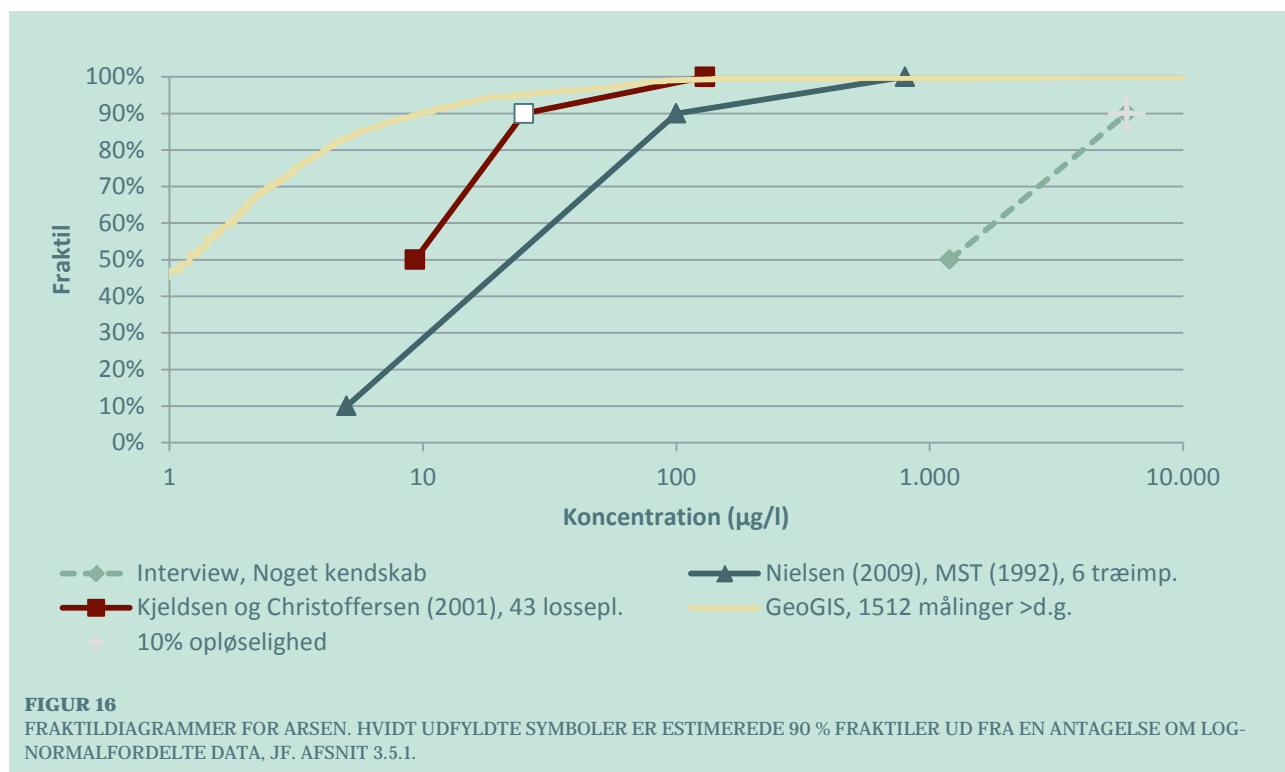
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	12	Middel af 90 % fraktiler af Miljøstyrelsen (2007), Miljøstyrelsen (2012) og BGS (2012).

TABEL 15  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR ATRAZIN.

### 3.5.15 Arsen

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for arsen.



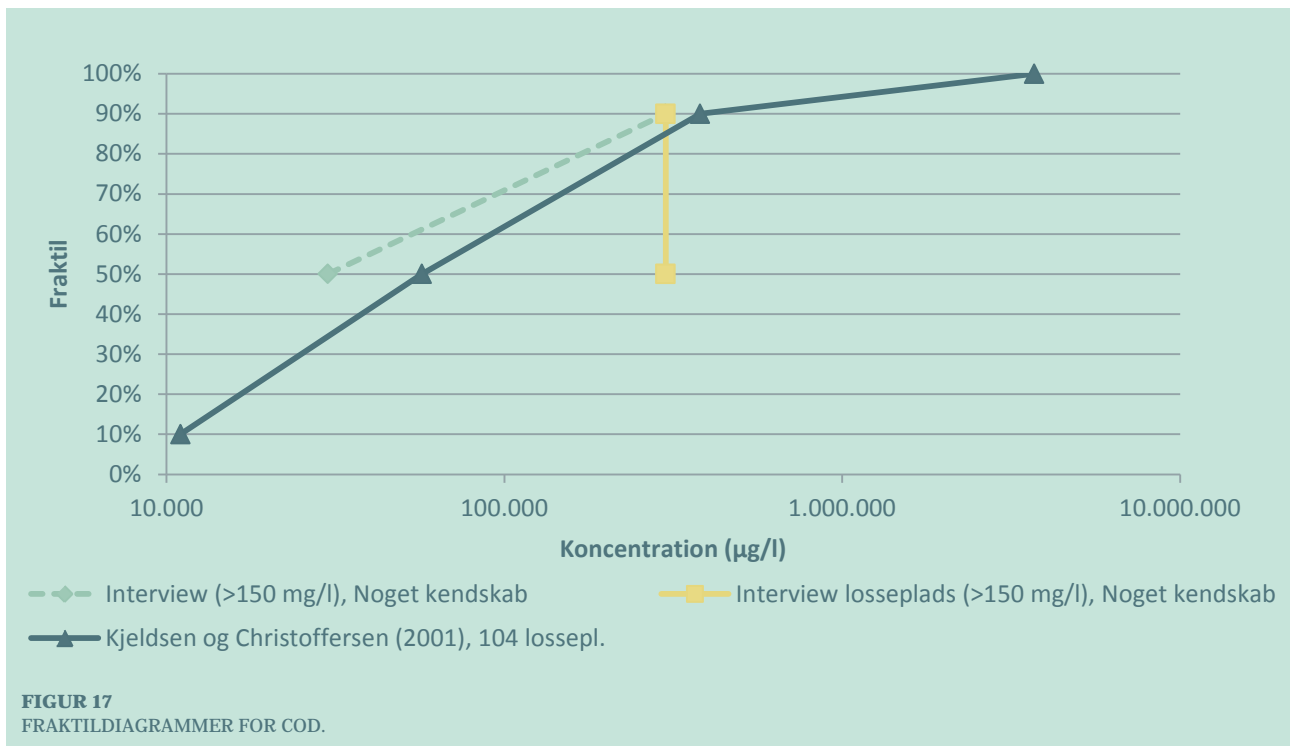
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	100	Vurderet på baggrund af 90 % fraktilen af Nielsen (2009) og Miljøstyrelsen (1992). Data fra interview ligger meget højt i forhold til denne vurdering men pga. det lave kendskab blandt respondenterne vægtes dette ikke betydeligt.
Træ-imprægnering	100	90 % fraktile af Nielsen (2009) og Miljøstyrelsen (1992).
Lossepladser	25	90 % fraktile af data fra Kjeldsen og Christoffersen (2001).

TABEL 16  
 WORST CASE KONCENTRATIONER FOR ARSEN.

### 3.5.16 COD

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for COD.



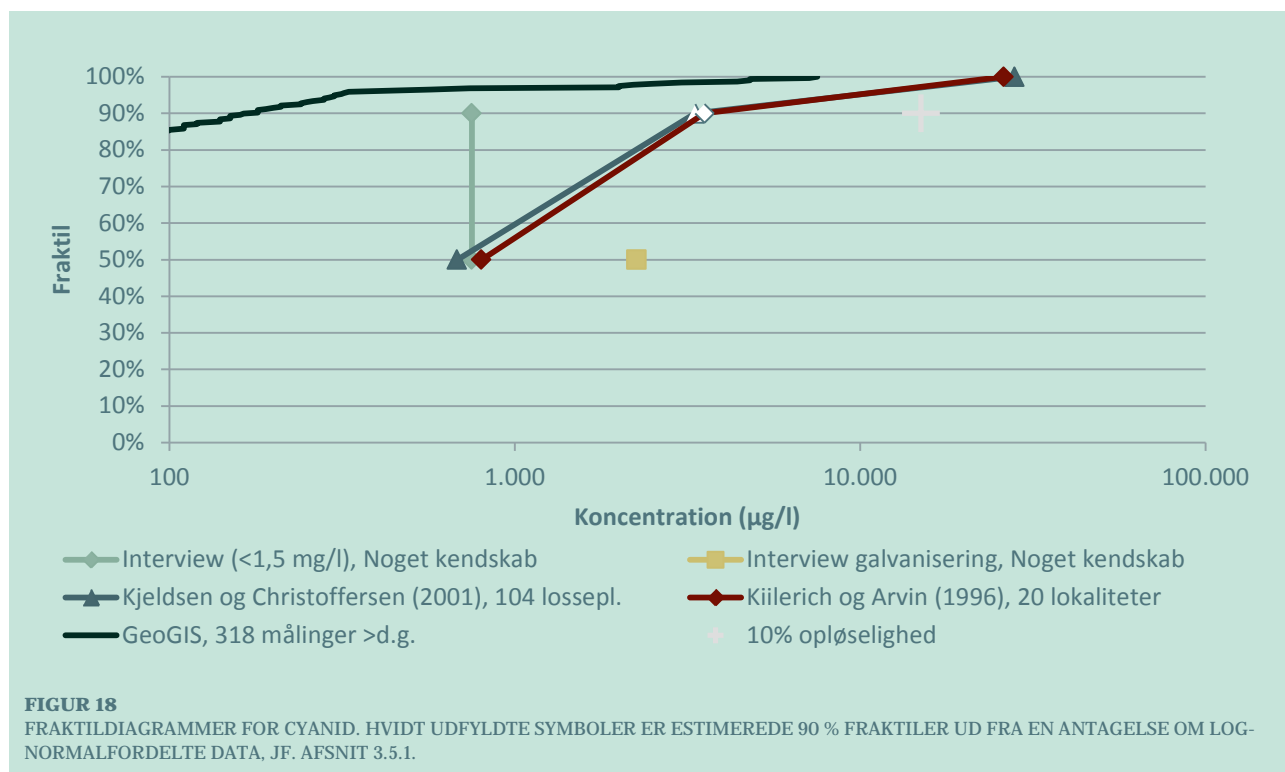
På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	380.000	90 % fraktil af data fra Kjeldsen og Christoffersen (2001). Stort datasæt.  Der foretages ingen specifikation på brancher/aktiviteter ift. "lossepladser" da COD kun optræder ifm. Lossepladser.

**TABEL 17**  
WORST CASE KONCENTRATIONER FOR COD.

### 3.5.17 Cyanid

Nedenstående figur viser fraktildiagrammer for cyanid.



På baggrund af datasættene er fastlagt følgende worst case koncentrationer:

Branche	Koncentration (µg/l)	Grundlag
Generelt	3.500	Middel af 90 % fraktiler af Kjeldsen og Christoffersen (2001) og Kiilerich og Arvin (1996). Konservativt i forhold til GeoGIS data.  Ingen specificering på "Galvanisering" pga. lille datasæt.

TABEL 18  
WORST CASE KONCENTRATIONER FOR CYANID.

### 3.6 Metodik for fluxestimer

Datagrundlaget for forureningsfluxe er væsentlig mere spinkelt end for koncentrationer. Således er de eneste statistiske data for forureningsfluxe:

- Enkelte af respondenterne i spørgeskemaet har vurderet størrelsesordener for nogle af fluxene, jf. Tabel 2
- En statistisk opsamling på beregnede fluxe af chlorerede opløsningsmidler på 148 sager (Naturstyrelsen 2012)

For at tilvejebringe et statistisk anvendeligt datagrundlag for fluxe har det derfor været nødvendigt at foretage nogle simple fluxestimer. Worst case fluxene beregnes ved en simpel betragtning af nedsivning gennem et forurenede areal, jf. nedenstående formel:

$$J_{\text{worst case}} = C_{\text{worst case}} \cdot A_{\text{kilde(branche)}} \cdot N_{\text{kommune}} \quad (3.1)$$

hvor

$C_{\text{worst case}}$ : Worst case koncentration af modelstof

$A_{\text{kilde(branche)}}$ : Areal af forureningskilde som funktion af branche. Kildestørrelserne som funktion af branche er defineret i fællesskab mellem COWI, Orbicon og Stefan Outzen, som rapporteret ifm. delprojekt 2 (Miljøstyrelsen 2013b). For de fire definerede branchegrupper er der defineret følgende kildestørrelser:

- Branchegruppe 1: Diameter 3 m  $\rightarrow A_{\text{kilde}} = 7,1 \text{ m}^2$
- Branchegruppe 2: Diameter 10 m  $\rightarrow A_{\text{kilde}} = 79 \text{ m}^2$
- Branchegruppe 3: Diameter 30 m  $\rightarrow A_{\text{kilde}} = 710 \text{ m}^2$
- Branchegruppe 4: Diameter 100 m  $\rightarrow A_{\text{kilde}} = 7.900 \text{ m}^2$

$N_{\text{kommune}}$ : Nettonedbør i den aktuelle kommune, som defineret i JAGG2

De begrænsede oplysninger, der har foreligget om forureningsfluxe er brugt til at sammenligne med de mulige spænd af simpelt beregnede fluxe med henblik på justeringer, såfremt der var uoverensstemmelser. Dataene for fluxe viste sig alle at ligge inden for de mulige spænd af beregnede fluxe ud fra ligning 3.1.

### 3.7 Sammenfatning

Ud fra dataindsamlingen (litteraturstudier og interviews) er der optegnet fraktildiagrammer af koncentrationer for de 16 modelstoffer. Ud fra disse er foretaget en vurdering af worst case koncentrationer til brug for screeningen. I de tilfælde, hvor datamaterialet understøtter en opdeling på brancher og er vurderet tilstrækkeligt robust, er fastlagt branchespecifikke koncentrationer.

I bilag 4 er samlet en resulterende kodeliste med worst case koncentrationer til brug i screeningen.

Datamaterialet for fluxe er meget begrænset, og der er således ikke fremskaffet direkte data for fluxfordelinger af modelstofferne. Fluxene udregnes derfor via et simpelt udtryk i selve screeningsværktøjet på baggrund af worst case koncentrationer, definerede størrelser af kildeområder som funktion af branche samt en modelnedbør for den aktuelle kommune, jf. ligning 3.1.

De begrænsede oplysninger, der har foreligget om forureningsfluxe er sammenlignet med de mulige spænd af de beregnede fluxe. Oplysningerne om fluxe viste sig alle at ligge inden for de mulige spænd af beregnede fluxe ud fra ligning 3.1.

# Referencer

Gyldendal, 2013: Den Store Danske. Gyldendals åbne encyklopædi. [www.denstoredanske.dk](http://www.denstoredanske.dk)

Jørgensen, I.V., Broholm, M.M., Bjerg, P.L., 2010. DNAPL i kildeområder - konceptuelle modeller, karakterisering og estimering af forureningsmasse. Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet & Region Hovedstaden, Kgs. Lyngby. [www.sara.env.dtu.dk](http://www.sara.env.dtu.dk)

Kiilerich, Ole og Erik Arvin, 1996. Ground Water Contamination from Creosote Sites. Ground Water Monitoring & Remediation, Vol. 16, No. 1, 1996, p. 112-117.

Kofoed, Julie L.L., Sandra Roost og Nina Tuxen 2012. Skelnen mellem pesticidkilder; M4 – Kendte forureninger med pesticidforurening I Danmark.

Mace, R. E., Fisher, R. S., Welch, D. M., and Parra, S. P. 1997. Extent, Mass, and Duration of Hydrocarbon Petroleum Storage Tank Sites in Texas. University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology.

McNab, Walt W. , David W. Rice & Cary Tuckfield 2000: Evaluating Chlorinated Hydrocarbon Plume Behavior Using Historical Case Population Analyses, Bioremediation Journal, 4:4, 311-335

Miljøstyrelsen, 1996. Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20, 1996.

Miljøstyrelsen 2007. Pesticidtruslen mod grundvandet fra pesticidpunktkilder på oplandsskala. Miljøprojekt nr. 1152, 2007. Udarbejdet af NIRAS og Danmarks Jordbrugsforskning.

Miljøstyrelsen, 2009. Erfaringsopsamling på udbredelsen af forureningsfaner i grundvand på villatanksager. Miljøprojekt nr. 1309, 2009. Udarbejdet af DMR og NIRAS.

Miljøstyrelsen, 2012a. Forslag til disposition til vejledning om "Udpegning af gamle jordforureninger, der kan have skadelig virkning på overfladevand". Ikke udgivet.

Miljøstyrelsen, 2012b. Risikovurdering af overfladevand, som er påvirket af punktkildeforurenede grundvand. Endnu ikke udgivet Miljøprojekt. Orbicon, DTU Miljø og Miljøstyrelsen.

Miljøstyrelsen, 2012c. Sammenhænge mellem forureningsmasse og –flux for grundvandstruende forureninger. Miljøprojekt (endnu ikke udgivet)

Miljøstyrelsen, 2013a. Delprojekt 1: Relevante stoffer og relationer til brancher/aktiviteter. Arbejdsrapport – udkast januar 2013.

Miljøstyrelsen, 2013b. Delprojekt 2: Afstandskriterier og fanebredder, udkast juni 2013.

Naturstyrelsen, 2012. Oplandsskala risikovurdering af punktkilder I kortlægningsområde 2bc. Udarbejdet af Orbicon.



Rice, D. W., Grose, R. D., Michaelson, J. C., Dooher, B. P., MacQueen, D. H., Cullen, S. J., Kastenber, W. E., Everett, L. E., and Marino, M. A. 1995. California Leaking Underground Fuel Tank (LUFT) Historical Case Analyses. UCRL-AR-122207. Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA.

Wealthall, Gary, 2012. Current and emerging techniques for DNAPL site characterization. Indlæg på temadag om fri fase på ATV Vintermøde 2012.

## Bilag 1: Litteraturkilder

Forfatter	Udgivet	Titel	Publication	Yderligere info	Evt. webadresse	Relevante stoffer
<b>Aleh</b>	1991	Infiltration of Organic Pollutants into Groundwater: Field Studies in the Alluvial Aquifer of the Sava River	Bull. Environ. Contam. Toxicol. (1991)47:586-593			4-nonylphenol
<b>AVJ</b>	1999	Branchebeskrivelse for renserier	AVJ Branchevejledning		<a href="http://jordforurening.info/filer/udgivelser/brancher/38/renserier.pdf">http://jordforurening.info/filer/udgivelser/brancher/38/renserier.pdf</a>	TCE, 1,1,1-TCA
<b>Baun et al.</b>	2004	Xenobiotic organic compounds in leachates from ten Danish MSW landfills—chemical analysis and toxicity tests	Water Research 38 (2004) 3845–3858			4-nonylphenol
<b>BGS</b>	2012	Emerging contaminants in Groundwater	British Geological Survey	Tabel A2.2	<a href="http://nora.nerc.ac.uk/14557/1/OR11013.pdf">http://nora.nerc.ac.uk/14557/1/OR11013.pdf</a>	Atrazin
<b>Broholm et al.</b>	2009	Miljøprojekt Nr. 1267: Vurdering af naturlig nedbrydning af tjærestoffer i grundvand. Ringe Tjære- og Asfaltfabrik, Ringe, Fyn	Miljøstyrelsen			Fluoranthen
<b>Frederiksborg Amt</b>	2004	Kilder til jord og grundvandasforurening ved trykkrier.	AVJ Branchevejledning		<a href="http://jordforurening.info/filer/udgivelser/brancher/45/Kilder_Trykkerier_rev4_1.pdf">http://jordforurening.info/filer/udgivelser/brancher/45/Kilder_Trykkerier_rev4_1.pdf</a>	Naphtalen
<b>GEUS</b>	1994	Grundvandsovervågningen 1994 refereret i MST 1996				Atrazin
<b>GRUMO</b>	2003	Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet, tilstand og udvikling 1998-2003	Danmarks miljøundersøgelse, Miljøministeriet			4-nonylphenol,
<b>Johansen et al.</b>	1997	Identification of Heteroaromatic and other Organic Compounds in Ground Water at Creosote-Contaminated sites in Denmark	Groundwater Monitoring and Remediation, Spring 1997, 106-115			Phenol
<b>Johansen et al.</b>	1996	Heteroaromatic compounds and their biodegradation products in creosote-contaminated groundwater	DTU			Fluoranthen
<b>Kalmykova et al.</b>	2013	Partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons, alkylphenols, bisphenol A and phthalates in landfill leachates and stormwater	Water research		<a href="file:///T:/Projects/364/2012/3641200130%20-%20Overfladevand%20delopgave%204/Litteratur/Fluoranthen/Kalmykova,%202013.htm">file:///T:/Projects/364/2012/3641200130%20-%20Overfladevand%20delopgave%204/Litteratur/Fluoranthen/Kalmykova,%202013.htm</a>	4-nonylphenol, Fluoranthen
<b>Kao and Prosser</b>	1999	Intrinsic bioremediation of trichloroethylene and chlorobenzene: field and laboratory studies	Journal of Hazardous Materials B69 1999 67–79			Chlorobenzen

Forfatter	Udgivet	Titel	Publication	Yderligere info	Evt. webadresse	Relevante stoffer
<b>Kao et al.</b>	2004	Evaluation of natural and enhanced PCP biodegradation at a former pesticide manufacturing plant	Water research		<a href="file:///T:/Projects/364/2012/3641200130%20-%20Overfladevand%20delopgave%204/Litteratur/2.6-dichlorphenol/Kao_2004.htm">file:///T:/Projects/364/2012/3641200130%20-%20Overfladevand%20delopgave%204/Litteratur/2.6-dichlorphenol/Kao_2004.htm</a>	2,4- og 2,6-dichlorphenoler
<b>Kiilerich og Arvin</b>	1996	Groundwater contamination from Chreosote sites	GWMR, Winter 1996			Benzen, Phenol
<b>Kiilerich og Arvin</b>	1996	Groundwater contamination from Chreosote sites	Groundwater Monitoring and Remediation, Winter 1996, 112-117			Phenol, naphtalen, cyanid
<b>Kjeldsen og Christoffersen</b>	2000	Composition of leachate from old landfills in Denmark.	Waste Management and Research 2001: 19: 249-256	Rådata fra databasen er yderligere bearbejdet i forbindelse med dette projekt		Olie C10-C25, benzen, 1,1,1-TCA, chloroform, TCE, arsen, cyanid, COD
<b>Knudsen et al.</b>	2001	Miljøprojekt nr. 582: Naturlig nedbrydning af PAH'er i jord og grundvand	Miljøstyrelsen			Fluoranthen
<b>Krug og Ham</b>	1997	Analysis of long-term leachate characteristics.	In: Christensen, T.H., Cossu, R. & Stegmann, R. (eds.) Proceedings Sardinia 97, Sixth International Landfill Symposium, 13-17 October 1997, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, CISA, Cagliari, Italy, pp. 117-131.			Chloroform
<b>Mace</b>	1997	Extent mass and duration of hydrocarbon plumes from leaking underground petroleum storage tank sites in Texas	Texas natural			MTBE
<b>McNab et al.</b>	2001	Evaluating Chlorinated Hydrocarbon Plume Behavior Using Historical Case Population Analyses	Bioremediation Journal, 4:4, 311-335			TCE
<b>MST</b>	1992	Branchevejledning for forurenede træimprægneringsgrunde	Miljøstyrelsen		<a href="http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1992/87-503-9628-5/pdf/87-503-9628-5.pdf">http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1992/87-503-9628-5/pdf/87-503-9628-5.pdf</a>	Arsen
<b>MST</b>	2012	Pesticidpunktkilder		Database		
<b>MST</b>	2007	Pesticidtruslen mod grundvandet fra pesticidpunktkilder på oplandsskala	Niras for MST, Miljøprojekt nr 1152			Mechlorprop, atrazin
<b>MST</b>	2012	Skelnen mellem Pesticidkilder M4 – Kendte punktkilder med pesticidforurening i Danmark	Orbicon for MST,	Rapport og database		Olie C10-C25

Forfatter	Udgivet	Titel	Publication	Yderligere info	Evt. webadresse	Relevante stoffer
<b>MST</b>	1996	Kemiske stoffers opførelse i Jord og Grundvand, bind 2				Mechlorprop, atrazin
<b>Naturstyrelsen</b>	2012	Oplandsskala risikovurdering af punktkilder i område 2bc	Orbicon for Naturstyrelsen			Chlorerede opløsningsmidler, MTBE
<b>Nielsen</b>	2009	Lokalitet nr. 219-3 Collstrupgrunden. DTU og Region Hovedstaden	Region Hovedstaden			Arsen
<b>Person et al.</b>	2008	Dioxins, chlorophenols and other chlorinated organic pollutants in colloidal and water fractions of groundwater from a contaminated sawmill site	Environ Sci Pollut Res (2008) 15:463-471			2,6-dichlorphenol
<b>Reitzel et al.</b>	2004	Can Degradation Products Be Used as Documentation for Natural Attenuation of Phenoxy Acids in Groundwater?	Environ. Sci. Technol. 2004, 38, 457-467			2,4-dichlorphenol
<b>Rice et al.</b>	1995	California Leaking Underground Fuel Tank (LUFT) Historical Case Analyses	Lawrence Livermore National Laboratory	Fanelængder og -koncentrationer		Benzen
<b>Tuxen et al.</b>	2003	Application of natural attenuation to groundwater contaminated by phenoxy acid herbicides at an old landfill in Sjoelund, Denmark	Ground water monitoring and remediation, fall 2003, 48-58		<a href="http://info.ngwa.org/gwol/pdf/032478107.pdf">http://info.ngwa.org/gwol/pdf/032478107.pdf</a>	Mechlorprop
<b>Tuxen et al.</b>	2006	Oxygen-Enhanced Biodegradation of Phenoxy Acids in Ground Water at Contaminated Sites	GROUND WATER—March–April 2006 (pages 256–265)			2,6-dichlorphenol
<b>Tuxen et al.</b>	2007	Comparison of contaminant mass flux methods for risk assessment of chlorinated solvents at a point source	Groundwater Quality			2,4-dichlorphenol
<b>Washington State</b>	2000	Occurrence of MTBE in groundwater at leaking underground storage tank sites in Washington. Washington State University		Tabel 3	<a href="https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/0009054.pdf">https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/0009054.pdf</a>	Benzen, MTBE
<b>Zhang</b>	2012	Determination of nonylphenol isomers in landfill leachate and municipal wastewater using steam distillation extraction coupled with comprehensive two-dimensional gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry	Journal of Chromatography		<a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22342185">http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22342185</a>	4-nonylphenol

## **Bilag 2: Skabelon for spørgeskema**

### **Repræsentative stoffers fanelængder og -bredder samt koncentrationer og fluxe**

Fra Miljøstyrelsens side er der ønske om at inkludere overfladevand i risikovurderingen af punktkilder. Som en del af arbejdet med at tilrettelægge indsatsen overfor de forurenede ejendomme der truer overfladevandsområder, skal der udføres en overordnet, landsdækkende screening af hvilke ejendomme der kan udgøre en risiko.

Denne risikoscreening tager udgangspunkt i, at hver enkelt kortlagt lokalitet tilknyttes en sandsynlig forureningskoncentration og –flux. Endvidere skal dette kobles sammen med fanelængder og -bredder, således at afstanden til mulige overfladevandsrecipienter medtages i vurderingen. Vi ønskes derfor at tilvejebringe et datagrundlag omhandlende forureningskoncentration og -flux samt fanelængder og -bredder for repræsentative enkeltstoffer fordelt på brancher.

Dataindsamlingen bygger, ud over andre kilder, på en kvalitativ erfaringsopsamling. Det er her du kommer ind i billedet som repræsentant for den danske jordforureningsbranche.

Det er af stor betydning at du udfylder spørgeskemaet efter bedste evne. Det forventes at du bruger omkring 4 timer på spørgeskemaet. Det er derfor ikke meningen at besvarelsen skal underbygges af en lang litteraturgennemgang, men derimod er dit bedste bud, ud fra den viden du på nuværende tidspunkt er i besiddelse af.

Besvarelsen af spørgeskemaet skal ligge henholdsvis Orbicon eller Cowi i hænde senest fredag den 1. februar 2013 (tsje@orbicon.dk/tvb@cowi.dk). Du vil en umiddelbart efter modtagelsen af spørgeskemaet modtage et opkald fra Trine Skov Jepsen (tlf.: 40302212) eller Tage Vikjær Bote (tlf.: 56402861), hvorved usikkerheder og tvivlsspørgsmål angående spørgeskemaet kan udredes. Du er selvfølgelig altid velkommen til at kontakte Trine eller Tage på andre tidspunkter hvis du har spørgsmål til undersøgelsen.

### Vejledning til besvarelse af spørgeskemaet

Spørgeskemaet er stillet op som en multiple choice. Det vil sige, at du skal sætte X i det svar du mener, er mest dækkende.

Spørgsmålene for hvert enkelt stof er identiske, bemærk dog at koncentrationsintervallerne er stofsifikke.

Du vil som det første under hvert stof blive spurgt om dit kendskab til det specifikke stof. Hvis du **intet kendskab** har til det relevante stof, **gå da direkte videre til det næste stof**.

Vi ønsker så vidt muligt at indsamle branchespecifikke data for koncentrationer og fluxe. Af denne grund er dele af spørgeskemaet delt ind i fire kolonner. I den første kolonne skal du oplyse den generelle koncentration/flux for alle brancher. I de næste tre kolonner har du mulighed for at oplyse koncentration/flux for en specifik branche, som du selv definerer.

I forbindelse med hvert spørgsmål er der et felt til bemærkninger. Her må du meget gerne kommentere hvis du f.eks. har kendskab til en sag der afviger fra normalen (meget bred fane, meget høje eller lave koncentrationer osv.). Det kunne også være en bemærkning omkring beregningsmetode af en evt. flux. Men også andre bemærkninger er meget velkomne.

### Oliekomponenter i diesel-/fyringsoliefraktionen (C<sub>10</sub>-C<sub>25</sub>)

- a. Hvor godt er dit kendskab til forureninger af jord og grundvand med **oliekomponenter i diesel-/fyringsoliefraktionen?**

Kendskab	Bemærkninger
<input type="checkbox"/> Intet → <b>Gå videre til næste stof</b> Kender <u>ingen</u> sager med dette stof	
<input type="checkbox"/> Nogen Kender <u>enkelte</u> sager hvor stoffet indgår som et primært stof i undersøgelsen og/eller. Kender <u>flere</u> sager hvor stoffet indgår, men som et bistof i undersøgelsen	
<input type="checkbox"/> Godt Kender <u>flere</u> sager hvor stoffet indgår som et primært stof i undersøgelsen	
<input type="checkbox"/> Meget godt Har detaljeret kendskab til stoffets opførelse i jord og grundvand	

b. Hvor langt spredes forurening med **oliekomponenter i diesel-  
/fyringsoliefraktionen** fra kilden?

	Fanelængde
Konstateret Middel	<input type="checkbox"/> Ikke uden for lokaliteten <input type="checkbox"/> < 100 m, eller max svarende til 1 år nedstrøms lokaliteten <input type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m
Konstateret Worst Case	<input type="checkbox"/> Ikke uden for lokaliteten <input type="checkbox"/> < 100 m, eller max svarende til 1 år nedstrøms lokaliteten <input type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m
Beregnet Worst Case	<input type="checkbox"/> Ikke uden for lokaliteten <input type="checkbox"/> < 100 m, eller max svarende til 1 år nedstrøms lokaliteten <input type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m
Bemærkninger	

	Fanebredde
Konstateret Middel	<input type="checkbox"/> < 10 m <input type="checkbox"/> 10 – 30 m <input type="checkbox"/> 30-100 m <input type="checkbox"/> > 100 m
Konstateret Worst Case	<input type="checkbox"/> < 10 m <input type="checkbox"/> 10 – 30 m <input type="checkbox"/> 30-100 m <input type="checkbox"/> > 100 m
Beregnet Worst Case	<input type="checkbox"/> < 10 m <input type="checkbox"/> 10 – 30 m <input type="checkbox"/> 30-100 m <input type="checkbox"/> > 100 m
Bemærkninger	

- c. Hvad er middel- og worst case **koncentrationen** af **oliekomponenter i diesel- /fyringsoliefraktionen** i kildeområder og hvad er middel- og worst case koncentrationen i kildeområder fordelt på eventuelle brancher?

	Generelt (Alle brancher)	Branche specifik		
Middel	<input type="checkbox"/> < 2 mg/l <input type="checkbox"/> 2-4 mg/l <input type="checkbox"/> 4-10 mg/l <input type="checkbox"/> 10-20 mg/l <input type="checkbox"/> > 20 mg/l	<input type="checkbox"/> < 2 mg/l <input type="checkbox"/> 2-4 mg/l <input type="checkbox"/> 4-10 mg/l <input type="checkbox"/> 10-20 mg/l <input type="checkbox"/> > 20 mg/l	<input type="checkbox"/> < 2 mg/l <input type="checkbox"/> 2-4 mg/l <input type="checkbox"/> 4-10 mg/l <input type="checkbox"/> 10-20 mg/l <input type="checkbox"/> > 20 mg/l	<input type="checkbox"/> < 2 mg/l <input type="checkbox"/> 2-4 mg/l <input type="checkbox"/> 4-10 mg/l <input type="checkbox"/> 10-20 mg/l <input type="checkbox"/> > 20 mg/l
Worst Case	<input type="checkbox"/> < 2 mg/l <input type="checkbox"/> 2-4 mg/l <input type="checkbox"/> 4-10 mg/l <input type="checkbox"/> 10-20 mg/l <input type="checkbox"/> > 20 mg/l	<input type="checkbox"/> < 2 mg/l <input type="checkbox"/> 2-4 mg/l <input type="checkbox"/> 4-10 mg/l <input type="checkbox"/> 10-20 mg/l <input type="checkbox"/> > 20 mg/l	<input type="checkbox"/> < 2 mg/l <input type="checkbox"/> 2-4 mg/l <input type="checkbox"/> 4-10 mg/l <input type="checkbox"/> 10-20 mg/l <input type="checkbox"/> > 20 mg/l	<input type="checkbox"/> < 2 mg/l <input type="checkbox"/> 2-4 mg/l <input type="checkbox"/> 4-10 mg/l <input type="checkbox"/> 10-20 mg/l <input type="checkbox"/> > 20 mg/l
Bemærkninger				

- d. Har du kendskab til nogen værdier for fluxen af **oliekomponenter i diesel- /fyringsoliefraktionen**?

Hvis Ja – besvar det nedenstående spørgsmål.

Hvis Nej – Gå videre til næste kemiske stof.

- e. Hvad er middel- og worst case **fluxen** af **oliekomponenter i diesel- /fyringsoliefraktionen** i kildeområder og hvad er middel- og worst case fluxen i kildeområder fordelt på eventuelle brancher?

	Generelt (Alle brancher)	Branche specifik		
Middel	<input type="checkbox"/> < 1 g/år <input type="checkbox"/> 1-10 g/år <input type="checkbox"/> 10-100 g/år <input type="checkbox"/> 100-1000 g/år <input type="checkbox"/> > 1000 g/år	<input type="checkbox"/> < 1 g/år <input type="checkbox"/> 1-10 g/år <input type="checkbox"/> 10-100 g/år <input type="checkbox"/> 100-1000 g/år <input type="checkbox"/> > 1000 g/år	<input type="checkbox"/> < 1 g/år <input type="checkbox"/> 1-10 g/år <input type="checkbox"/> 10-100 g/år <input type="checkbox"/> 100-1000 g/år <input type="checkbox"/> > 1000 g/år	<input type="checkbox"/> < 1 g/år <input type="checkbox"/> 1-10 g/år <input type="checkbox"/> 10-100 g/år <input type="checkbox"/> 100-1000 g/år <input type="checkbox"/> > 1000 g/år
Worst Case	<input type="checkbox"/> < 1 g/år <input type="checkbox"/> 1-10 g/år <input type="checkbox"/> 10-100 g/år <input type="checkbox"/> 100-1000 g/år <input type="checkbox"/> > 1000 g/år	<input type="checkbox"/> < 1 g/år <input type="checkbox"/> 1-10 g/år <input type="checkbox"/> 10-100 g/år <input type="checkbox"/> 100-1000 g/år <input type="checkbox"/> > 1000 g/år	<input type="checkbox"/> < 1 g/år <input type="checkbox"/> 1-10 g/år <input type="checkbox"/> 10-100 g/år <input type="checkbox"/> 100-1000 g/år <input type="checkbox"/> > 1000 g/år	<input type="checkbox"/> < 1 g/år <input type="checkbox"/> 1-10 g/år <input type="checkbox"/> 10-100 g/år <input type="checkbox"/> 100-1000 g/år <input type="checkbox"/> > 1000 g/år
Bemærkninger				

- Tilsvarende spørgeskemaer er udarbejdet for de øvrige 15 modelstoffer -



### Bilag 3: Resulterende kodeliste til screeningsværktøj

ModelStof CodeValue	Modelstof	PollutionCause CodeValue	Description	Konc. i µg/l
662	Benzen	00.00.00	Generelt	400
663	Benzen	50.50.00	Servicestation	8.000
3000	Dieselolie	00.00.00	Generelt	3.000
3000	Dieselolie	00.01.70	Ikke specificeret	1.900
3000	Dieselolie	90.02.00	Indsamling og behandling af andet affald	1.900
3000	Dieselolie	90.02.10	Indsamling af affald	1.900
3000	Dieselolie	90.02.20	Drift af affaldsbehandlingsanlæg	1.900
3000	Dieselolie	90.03.00	Renovation, snerydning m.v.	1.900
3000	Dieselolie	00.00.40	Parcel- og rækkehus	6.000
3000	Dieselolie	00.00.50	Boligejendom	6.000
2621	1,1,1-trichlorethan	00.00.00	Generelt	1.000
2618	Trichlorethylen	00.00.00	Generelt	42.000
2618	Trichlorethylen	00.01.70	Ikke specificeret	100
2618	Trichlorethylen	90.02.00	Indsamling og behandling af andet affald	100
2618	Trichlorethylen	90.02.10	Indsamling af affald	100
2618	Trichlorethylen	90.02.20	Drift af affaldsbehandlingsanlæg	100
2618	Trichlorethylen	90.03.00	Renovation, snerydning m.v.	100
2612	Chloroform	00.00.00	Generelt	100
2672	Phenol	00.00.00	Generelt	1.300
3158	4-Nonylphenol	00.00.00	Generelt	9
490	MTBE	00.00.00	Generelt	50.000
2690	2,6-dichlorphenol	00.00.00	Generelt	10.000
3105	Chlorbenzen	00.00.00	Generelt	100
2701	Fluoranthen	00.00.00	Generelt	30
4512	Mechlorprop	00.00.00	Generelt	1.000
4515	Atrazin	00.00.00	Generelt	12
1511	Arsen	00.00.00	Generelt	100
1512	Arsen	00.01.70	Ikke specificeret	30
1513	Arsen	90.02.00	Indsamling og behandling af andet affald	30
1514	Arsen	90.02.10	Indsamling af affald	30
1515	Arsen	90.02.20	Drift af affaldsbehandlingsanlæg	30
1516	Arsen	90.03.00	Renovation, snerydning m.v.	30
1517	Arsen	20.10.20	Træimprægneringsvirksomheder mv.	100
551	Kem.iltf. COD, total	00.00.00	Generelt	380.000
2017	Cyanid	00.00.00	Generelt	3.500

## **Den målrettede kortlægning**

### **Delprojekt 3: Relationer mellem stoffer, koncentrationer og fluxe**

Som en del af arbejdet med at tilrettelægge indsatsen overfor forurenede arealer, der truer vandområder og internationale naturområder, skal der udføres en overordnet landsdækkende risikoscreening af, hvilke af dem der kan udgøre en potentiel risiko.

Risikoscreeningen skal ske med afsæt i kortlægningsviden på vidensniveau 1 eller vidensniveau 2, hvor de kortlagte arealer tilknyttes en worst case forureningskoncentration og –flux, der fortyndes indenfor en blandingszone i det vandområde, der ligger inden for et stofafhængigt afstandskriterium til vandområdet.

Formålet med delprojekt 3 er at tilvejebringe et datagrundlag, der gør det muligt at tilknytte worst case forureningskoncentrationer og –fluxe for i alt 16 modelstoffer (stofgrupper), hvor de 16 modelstoffer repræsenterer 165 stoffer, der er vurderet til at være de kritiske jordforureningsstoffer og som kan udgøre en potentiel trussel overfor vandområder.



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

Strandgade 29  
DK - 1401 København K  
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

[www. mst.dk](http://www.mst.dk)