



RAPPORT LNR 5491-2007

Konsekvensvurdering av  
uhellsutslipp fra Hydro  
Polymers AS, Rafnes, 11.  
mai 2007



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Konsekvensvurdering av uhellsutslipp fra Hydro Polymers AS, Rafnes, 11. mai 2007	Løpenr. (for bestilling) 5491-2007	Dato 2007.10.01
	Prosjektnr. Undernr. O-27255	Sider Pris 21
Forfatter(e) Bakke, Torgeir Tobiesen, August Molvær, Jarle	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Telemark	Trykket NIVA

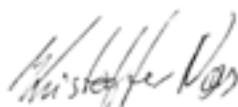
Oppdragsgiver(e) Hydro Polymers AS, Rafnes, Norway	Oppdragsreferanse R 3500084736
---	-----------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har vurdert de marine miljøvirkningene av et uhellsutslipp av organiske kjemikalier fra Hydro Polymers anlegg på Rafnes. Den 11. mai 2007 rant ca 5 m<sup>3</sup> klororganiske forbindelser og organisk løsemiddel ut i grunnen. En ukjent andel av volumet ble transportert videre til sjø. Influensområdet i sjøen strakte seg ca 700 m langs land og var antakelig sterkt begrenset utover og mot dypet. Utslippsstoffene ble påvist i sjøvannet i flere perioder fram til 24. september. Fastsittende organismer har neppe vært vedvarende eksponert for konsentrasjoner som kan gi effekter i mer enn 2-5 dager, og sannsynligheten for virkninger av betydning er meget liten. Det er ikke risiko for bioakkumulering, oppkonsentrering i næringskjeden eller langvarige effekter i Frierfjorden. Det er ikke behov for avbøtende tiltak ut over det som allerede er gjort. Miljøovervåking knyttet til et prosessutslipp fra bedriften regnes tilstrekkelig også som overvåking etter utslippet. Analyser av sjøvannsprøver bør også fortsette, spesielt under perioder med sterk nedbør.</p>
---

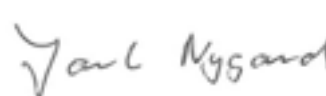
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Klororganiske forbindelser</li> <li>2. Akuttutslipp</li> <li>3. Marine miljøeffekter</li> <li>4. Konsekvensvurdering</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chlorinated organic compounds</li> <li>2. Accidental discharge</li> <li>3. Impact on marine ecosystems</li> <li>4. Environmental impact assessment</li> </ol>
--	--



Torgeir Bakke  
Prosjektleder



Kristoffer Næs  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

**Konsekvensvurdering av uhellsutslipp fra Hydro  
Polymers AS, Rafnes, 11. mai 2007.**

## Forord

*Denne vurderingen er gjennomført av NIVA for Hydro Polymers AS, Rafnes etter bestilling datert 30. mai 2007. Forsker August Tobiesen har vært ansvarlig for innhenting av informasjon om utslippsstoffenes giftighet, nedbrytbarhet og fysiske egenskaper. Seniorforsker Jarle Molvær har hatt ansvaret for vurdering av sprednings- og fortynningsforhold i sjø. Seniorforsker Torgeir bakke har vært prosjektleder, gjennomførte befaringen på uhellsstedet, og har stått ansvarlig for utforming av rapporten. Kontaktperson hos Hydro Polymers har vært HMS-sjef Harald Meløy.*

*Oslo, 1. oktober 2007*

*Torgeir Bakke  
prosjektleder*



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>8</b>
<b>2. Hendelsesforløp</b>	<b>9</b>
<b>3. Karakteristikk av utslippet</b>	<b>10</b>
3.1 Karakteristikk av utslippsvæsken	10
3.2 Kjemisk-fysiske egenskaper hos stoffene i utslippet	10
3.3 Bionedbrytbarhet	12
3.4 Fordampning	12
3.5 Miljøvernmyndighetenes OBS-liste	12
<b>4. Spredning og konsentrasjon i vannmassene</b>	<b>13</b>
4.1 Måleprogram i sjøen	13
4.2 Lokale strøm og spredningsforhold	17
<b>5. Sannsynlighet og mulig omfang av effekter på økosystemet</b>	<b>18</b>
5.1 Giftighetsgrenser for vannlevende organismer	18
5.2 Sannsynlig influensområde	18
5.3 Sannsynlig eksponeringstid	18
5.4 Risiko for bioakkumulering	18
5.5 Risiko for oppkonsentrering i næringskjeden	19
5.6 Miljømerking	19
<b>6. Sammenfatning av risikovurderingen</b>	<b>20</b>
6.1 Risiko for akutte økologiske effekter lokalt	20
6.2 Risiko for langsiktige effekter i Frierfjorden	20
6.3 Virkninger på ozonlaget i atmosfæren	20
6.4 Behov for avbøtende tiltak	20
6.5 Skisse til overvåkingsprogram	20

---

## Sammendrag

Rapporten gir en vurdering av de marine miljøvirkningene av et uhellsutslipp av organiske kjemikalier fra Hydro Polymers anlegg på Rafnes den 11. mai 2007.

Utslippet, totalt ca 5 m<sup>3</sup> væske, gikk ut i grunnen. Noe av dette rant videre til sjø, men det er ikke tall for hvor mye siden oppsamling foregikk både i brønner på land og innenfor lenser i sjøen. En ukjent andel av utslippet har også fordampet, og det er også sannsynlig at noe av væsken fortsatt ligger i grunnen.

Væsken besto dels av lavmolekylære klororganiske forbindelser, dels av organisk løsemiddel. Influensområdet i sjøen (der vannmasser med konsentrasjon av utslippsstoffer over en effektgrense på 90 µg/l ble påvist) strakte seg ca 350 m langs land til hver side av utslippsområdet, og var antakelig svært begrenset utover fra land og mot dypet. Periodiske overkonsentrasjoner av utslippsstoffene er blitt påvist i sjøvannet helt fram til siste tilgjengelige måling som ble gjort 24 september. Vedvarende eksponering til konsentrasjoner > 90 µg/l har sannsynligvis ikke vært på mer enn 2-5 dager.

Det kan ikke utelukkes at bunnorganismer innenfor dette influensområdet kan ha blitt påvirket, men sannsynligheten for virkninger av betydning er meget liten. Det er ikke risiko for bioakkumulering, oppkonsentrering i næringskjeden eller langvarige effekter på Frierfjorden.

Det er ikke behov for avbøtende tiltak ut over det som allerede er gjort.

Et miljøovervåkingsprogram som skal gjennomføres i forbindelse med et midlertidig forhøyet prosessutslipp fra bedriften, forventes å dekke nødvendig oppfølgende biologisk overvåking etter uhellsutslippet. Siden det ikke kan utelukkes at det fortsatt ligger rester av utslippet i grunnen, bør bedriften fortsette målingene av utslippskomponentene i lokale sjøvannsprøver spesielt i etterkant av sterke nedbørsperioder.

---

## Summary

Title: Environmental impact assessment of an accidental aqueous discharge from Hydro Polymers, Rafnes, 11 May 2007

Year: 2007

Author: Torgeir Bakke, August Tobiesen, Jarle Molvær

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-xxxx-x

The report presents an assessment of the possible impact to the marine environment of an accidental discharge of organic chemicals which occurred on 11 May 2007 at the Hydro Polymer plant at Rafnes, Telemark, Norway.

The discharge with a total volume of 5 m<sup>3</sup> ran into the soil. Some of this was further transported to the sea. The volume that reached the sea is unknown since recovery was done both from ground water wells on land and inside booms along the beach. An unknown fraction has also evaporated directly, and it is also likely that some of the spill still rests in the soil.

The composition was partially low molecular chlorinated organic compounds, partially an organic solvent. The impact area in the sea (where total concentration of discharge compounds exceeded a PNEC value of 90 ppb) extended about 350 m towards NW and SE along the shore. The extension offshore and with depth was probably very small, in the order of meters. Overconcentrations of discharge compounds were detected in the seawater periodically from the day of the spill until the last available measurement taken on 24 September. Continuous exposure to 90 ppb or more has not exceeded 2-5 days.

One cannot exclude the possibility that the discharge may have affected benthic organisms within the impact area, but the probability of effects of any importance is very low. There is no risk of bioaccumulation, biomagnification in the food chain or long term effects of the spill on the Frierfjorden ecosystem.

There is no need for any mitigating actions beyond those already performed

An environmental monitoring programme which shall be performed in connection to a temporarily elevated process discharge to the sea from Rafnes is expected to cover also the need for any biological monitoring connected to the accidental spill. Since one cannot exclude that discharge components still may rest in the ground, Hydro Polymer should continue their programme on analysis of local seawater samples, especially during episodes of heavy rain.

---



# 1. Bakgrunn

Notatet gir en vurdering av forventede effekter på det marine miljø av et uhellsutslipp av organiske kjemikalier fra en tankbil. Uhellet skjedde den 11 mai 2007 ved Hydro Polymers (HP) anlegg på Rafnes, i Bamble kommune. Notatet gir også et forslag til program for en etterundersøkelse med mål å se om utslippet har forårsaket økologisk skade i nærområdet.

Vurderingen er gjort på basis av informasjon fra HP om hendelsesforløp, mengde og kjemisk karakteristikk av utslippet, spredningsbegrensende tiltak gjennomført av HP, og resultater fra analyser av de aktuelle kjemikaliene i vannmassene utenfor uhellsstedet. Videre er det brukt annen informasjon om utslippsstoffenes fysiske egenskaper, toksisitet og nedbrytbarhet, samt eksisterende kunnskap om sprednings- og fortynningsforhold i vannmassene utenfor.

## 2. Hendelsesforløp

Utslippet skjedde kl 07:12 til kl 07:50 fredag 11 mai 2007 ved tilbakestrømming av væske fra en lagertank til en tankbil. Overfylling av tankbilen førte til at væsken rant ut i grunnen. Videre har væsken lekket ut til sjøen utenfor. Det ble boret nye grunnvannsbrønner og gravd avskjæringsgrøft på land og lagt ut lenser utenfor stranden for å avgrense spredningen av overflatefilm.

Utslippsvolumet er beregnet til totalt ca 5 m<sup>3</sup>. Oppsamling startet umiddelbart både ved pumping fra brønner og innenfor lensene. En ukjent andel av utslippet har fordampet direkte og det er sannsynlig at noe av væsken fortsatt ligger i grunnen. Det er derfor ikke kjent hvor mye av det totale utslippsvolumet som er blitt transportert videre til sjøen.

NIVA gjennomførte en befaring til Hydro Rafnes lørdag 12 mai fra kl 0930 til 1130. Denne omfattet orientering om situasjonen, befaring på utslippsstedet og møte med operativ ledelse. Foruten en foreløpig beregning av utslippsmengde og sammensetning, fikk NIVA overlevert HMS-datablad for de aktuelle stofftypene og hadde også en kort telefonsamtale med bedriftens toksikolog.

Utslippet ga en oljeaktig overflatefilm av ulik tykkelse nær land, og spredning av denne ble begrenset ved bruk av doble lenser, den innerste av absorberende type. Filmen var lett synlig under befaringen. Tykkelsen synes å være maksimalt noen få mm. Filmen ble mekanisk sugd opp innenfor lensene så lenge den var synlig til stede. En prøve av filmen viste en brun væske som var lettere enn vann og ikke synlig blandbar med vann. Karakteristisk løsemiddellukt nær utslippet tilsier at en del av væsken relativt raskt har fordampet, noe som også kan gjelde overflatefilmen.

---

## 3. Karakteristikk av utslippet

### 3.1 Karakteristikk av utslippsvæsken

Utslippsvæsken besto i hovedsak av en blanding av ca 45 % EDC-tjære (light- og heavy end) og ca 55 % løsemiddel (solvent, ASOL 150). Sammensetningen er gitt i Tabell 1. EDC-tjæren består i følge datablad av små klorerte alkaner og alkener, samt vinylklorid, klorbenzen (monoklorert) og hydrogenklorid. Databladene oppgir også CAS-nummer for de kjente forbindelsene (se Tabell 4). ASOL 150 ble av HP beskrevet som en væske av konsistens som white-spirit/diesel. Man kan regne med at den fysisk oppfører seg på samme måte også ved utslipp til vann. I HMS-databladet er ASOL 150 beskrevet som "solvent nafta (petroleum)". Stoffet har en tetthet på 0,89-0,90 kg/liter og er beskrevet som uløselig i vann. (ref:

[http://steap09web.adp.stayra.com/chess\\_hpn\hms0\9\00009980.htm](http://steap09web.adp.stayra.com/chess_hpn\hms0\9\00009980.htm)  
[http://steap09web.adp.stayra.com/chess\\_hpn\hms0\5\00005266.htm](http://steap09web.adp.stayra.com/chess_hpn\hms0\5\00005266.htm)).

Tetthet (egenvekt) av de ulike stoffene i utslippet varierer fra 0,9 til 1,6 kg/liter. ASOL 150 er lettere enn brakkvannet utenfor utslippsstedet, mens de øvrige bestanddeler er noe tyngre. Dette tilsier at overflatefilmen i hovedsak består av ASOL 150, og man må regne med at denne også har absorbert mye av de øvrige lite vannløselige organiske stoffene.

### 3.2 Kjemisk-fysiske egenskaper hos stoffene i utslippet

Løsemiddel ASOL 150 (CAS nr 64742-94-5) er en parafinblanding (jet fuel) som inneholder små aromater (methylnaftalen, dimetylnaftalen) og alkaner (C<sub>10</sub>- til C<sub>14</sub>-forbindelser). Typisk vil dette være et destillasjonsprodukt og derfor er det ingen bestemt fordeling av de ulike stoffene i produktet. Tilsvarende vil de oppgitte kjemisk-fysiske og økotoksikologiske egenskaper være tilsvarende unøyaktige, likevel ikke slik at det har betydning for miljørisikovurderingen.

De klorerte hydrokarbonene i uhellsutslippet er karakterisert ved kort karbonkjede med variabel grad av klorering. De har alle et høyt damptrykk og relativt høye Henry-konstanter. Dette betyr at stoffene etter hvert vil fordele seg til luft slik beregning av halveringstider i vann indikerer (se Tabell 4). Halveringstider i vann er basert på modellen EPIsuite 3.12 (US EPA). Stoffene er alle relativt lett løselige i vann, og dette gjenspeiles også i lave logPow-verdier som angir stoffenes løselighet i organisk kontra vandig løsningsmiddel. Det vil derfor skje en utvasking av de klorerte hydrokarbonene fra løsemiddelfasen til vannfasen ved eksponering av utslippet til grunnvann/brakkvann. Gitt at de ulike klorerte hydrokarbonforbindelsene har relativt ensartet fysiske egenskaper kan man i denne sammenheng foreta en samlet vurdering basert på typiske egenskaper for gruppen som sådan (Tabell 2).

---

Tabell 1. Sammensetning av utslippet i følge HP og tilgjengelige HMS-datablader

## a) hovedbestanddel

Stoffnavn	Fraksjon av utslippet (% av vekt)	Tetthet (kg/liter)
1,1,2.trikloretan	20	1,46
EDC heavy + light end	12	1,27
Kloroform	10	1,50
Karbondetraklorid	5	1,60
Solvent (rest)	53	0,96

## b) kjemikaliesammensetning EDC og solvent (se også Tabell 4 for de enkelte stoffene)

Stoffnavn	CAS-nr.	Tetthet (kg/liter)	Løselighet i vann	Farge	Lukt
<b>EDC-tjære heavy end</b>		1,3	10 g/l	ingen	Kloroformaktig
1,2-dikloretan	107-06-2				
Tetrakloretan	127-18-4				
1,1,2-trikloretan	79-00-5				
1,1,2,2-tetrakloretan	79-34-5				
Klorbenzen	108-90-7				
Hydrogenklorid	7647-01-0				
Vann					
Fe					
Inndampingsrest					
Klorerte butener					
<b>EDC-tjære light end</b>		1,33	-	-	Kloroformaktig
Triklormetan	67-66-3				
Tetraklormetan	56-23-5				
Kloretan	75-00-3				
1,2-dikloretan	107-06-2				
1,1-dikloretan	75-34-3				
Vinylklorid	75-01-4				
1,2-dikloretan	540-59-0				
Trikloretan	79-01-6				
<b>Løsemiddel ASOL 150</b>		0,9	Uløselig	ingen	Aromatisk
Solvent nafta (petroleum)	64742-94-5				

Tabell 2. Fysiske egenskaper av klorerte hydrokarboner benyttet ved spredningsvurdering av uhellsutslippet.

Parameter	Verdi
Løslighet i vann	4 g/liter
Halveringtid i vann (fordampning)	6 dager
Log Pow	2
Bionebrytbarhet	0

### 3.3 Bionedbrytbarhet

Tabell 4 angir de verdier som er funnet for bionedbrytbarhet målt ved nedbrytbarhetstester ("readily biodegradability studies"). Bare i et fåtall tilfeller er det oppgitt verdier som gir utgangspunkt for å karakterisere stoffene som entydig lett bionedbrytbare. I noen tilfeller kan også det som observeres og rapporteres som bionedbrytning, være tap via fordampning. En full gjennomgang av dokumentasjonen blir for omfattende for denne vurderingen. I stedet støtter vi oss på EUs miljørisikovurdering for stoffene tetraklorethylen og triklorethylen hvor konservativ vurdering tilsier at begge stoffene ikke er nedbrytbare. I et lenger perspektiv vil det skje noe bionedbrytning av alle stoffene, men for noen av stoffene vil dette være betinget av at de utsettes for anaerobe forhold. Fra Tabell 5 kan det se ut som om dette gjelder for stoffene triklormetan og tetraklormetan.

Med en aerob bionedbrytning på 30-40 % i løpet av 28 dager i nedbrytbarhetstester, kan man anta at løsemiddelet ASOL 150 gradvis brytes fullstendig ned mikrobielt i sjøen med en estimert halveringstid på 150 dager.

### 3.4 Fordampning

Tydlig løsemiddellukt ved befaringen viser at noen av stoffene i utslippet hadde høy fordampning. De ozonnedbrytende stoffene triklormetan og tetraklormetan er lett fordampbare og lite nedbrytbare i vann, så man kan anta at iallfall disse i alt vesentlig har endt opp i atmosfæren. Øvrige stoffer vil også i større eller mindre grad ha fordampet, men det er ikke mulig på anslå omfanget av dette, utover det som indikeres av halveringstidene i vann oppgitt i Tabell 4.

### 3.5 Miljøvernmyndighetenes OBS-liste

Stoffene 1,2-dikloreten (kreft), trikloreten (kreft, arvestoffskadelig, bioakkumulerende, lite nedbrytbart), tetrakloreten (hormonforstyrrende) og tetraklormetan (ozonnedbrytende, alvorlig helserisiko) er alle på myndighetenes OBS-liste<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> OBS-listen er norske miljøvernmyndigheters liste over spesielt helse- og miljøfarlige stoffer som benyttes i et slikt omfang at de kan representere særlige problemer på nasjonalt nivå.

---

## 4. Spredning og konsentrasjon i vannmassene

### 4.1 Måleprogram i sjøen

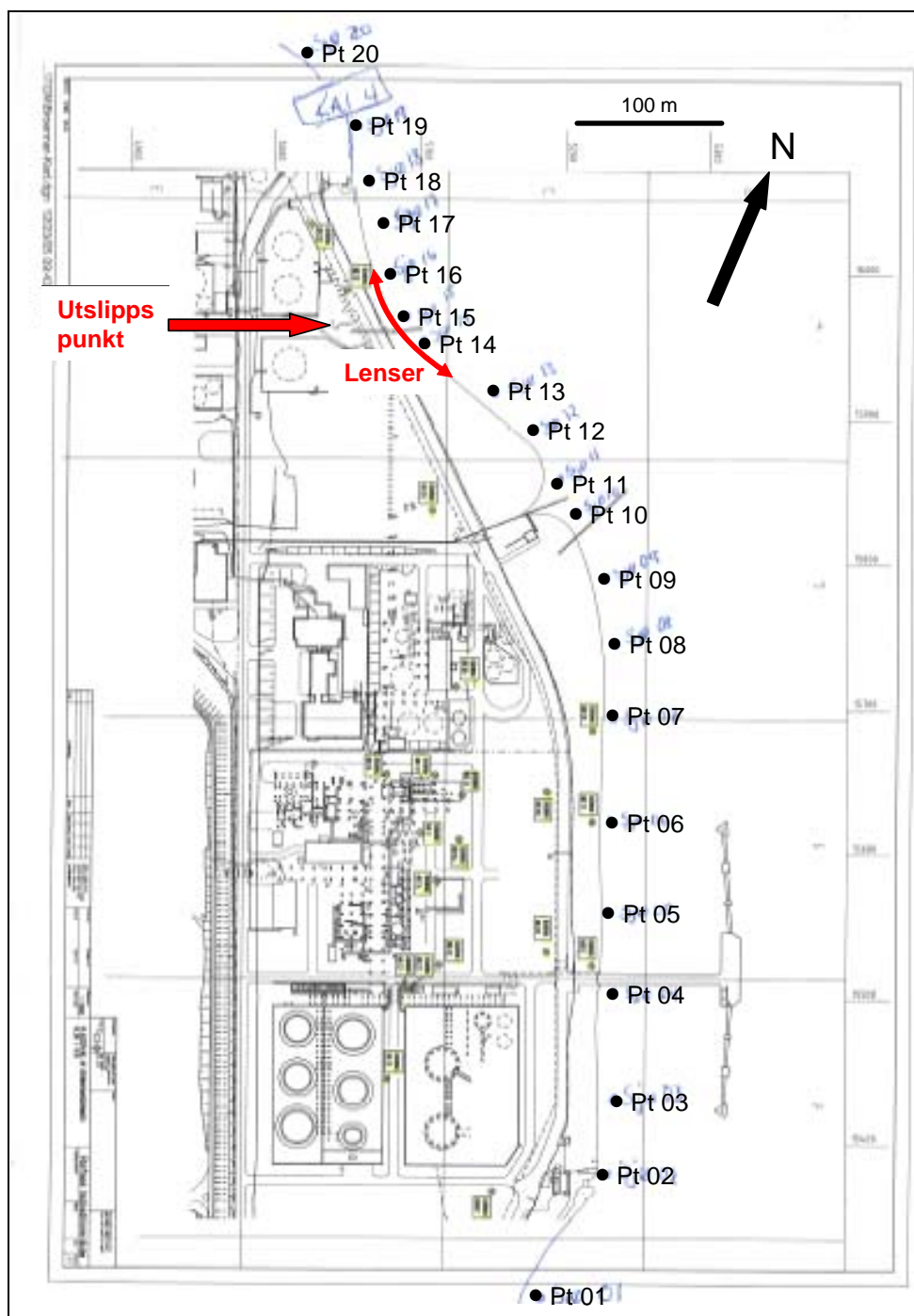
HPs laboratorium har i tiden etter uhellet gjennomført et overvåkingsprogram med analyse av sum av EDC, kloroform (triklormetan), karbontetraklorid og 1,1,2-trikloretan i sjøvannet på 20 stasjoner utenfor bedriften (Figur 1, Tabell 3). Prøvene er tatt ca 1 m over bunnen nært land. Prøver tatt kl 1030 samme dag utslippet skjedde viste overkonsentrasjoner i utslippet fra stasjon 15 nær utslippspunktet og sørover til stasjon 10 (Figur 2, Tabell 3). Høyeste konsentrasjon 1300 µg/l ble funnet på stasjon 14 rett ved utslippet. Kl 2200 samme dag ble overkonsentrasjoner funnet langs hele kaiområdet fra stasjon 2 til stasjon 13. Maksimalkonsentrasjonen var da bare 150 µg/l. Neste dag, 12 mai, ble betydelige overkonsentrasjoner påvist fra stasjon 10 til stasjon 20, med høyeste konsentrasjon igjen på stasjon 14 med 6700 µg/l. Dagen etter fordelte overkonsentrasjonene seg fra stasjon 6 til stasjon 20 med topp 1670 µg/l på stasjon 13. Den 14 og 15 mai ble det påvist sporadiske overkonsentrasjoner (maksimum 810 µg/l) på et fåtall stasjoner mellom stasjon 9 og 19. Fra 16 til 24 mai ble det ikke detektert overkonsentrasjoner, mens man etter dette og fram til begynnelsen av juni igjen fant forhøyede konsentrasjoner lokalt ved utslippet. Den 30 mai ble det også påvist betydelige overkonsentrasjoner i en sone sør for utslippsstedet (stasjon 1 – 8). Dette vedvarte fram til ca 7 juni med høyeste konsentrasjoner på stasjon 7. Muligheten for at dette skyldtes transport av stoffer fra uhellsutslippet gjennom grunnen sørøstover direkte til området rundt stasjon 2-7 ble holdt åpen, men det er siden avklart at kilden ikke har noe med uhellet å gjøre.

I perioden 8 – 19 juni ble det igjen påvist konsentrasjoner på 90 – 700 µg/l på stasjon 12 – 14 i utslippsområdet. Den 10 juli ble det målt konsentrasjoner fra 32 til 160 µg/l i hele området sør for stasjon 19, og med høyeste nivåer i det sørlige området (stasjon 1 – 10). Fordelingen tyder derfor på at dette kan skyldes samme sørlige kilde som i månedsskiftet mai-juni. Deretter og fram til siste tilgjengelige måling 24 september ble det bare målt sporadiske overkonsentrasjoner opp til 300 µg/l, alle i området ved stasjon 14 – 17.

Hovedinntrykket er en variabel tilførsel av utslippsvæske de første 2-3 dagene til sjøområdet rett utenfor der uhellet skjedde og en spredning av kjemikaliene både nordover og sørover med vekslende strømmretning. Forurensningen i sjøen rundt stasjon 13 i slutten av mai kan i følge HP skyldes en kombinasjon av økt utvasking i en periode med sterk nedbør og problemer med pumping av vann fra grunnvannsbrønnene, men også senere, helt fram til slutten av september, er det påvist kortvarige episoder med lokale overkonsentrasjoner som man kan regne med skyldes sig fra grunnen forårsaket av uhellet. Det kan ikke utelukkes at slike episoder fortsatt kan forekomme gjennom utvasking fra grunnen ved for eksempel sterk nedbør.

Konsentrasjoner over antatt grense for økologiske effekter (se kapittel 5 om beregning av relevant grenseverdi, PNEC) på 90 µg/liter var begrenset sørover til stasjon 6 (når man ser bort fra det sekundære utslippet lenger sør i slutten av mai og 10 juli). Nordover ble det registrert overskridelse ut over ytterste stasjon de to første dagene etter utslippet, mens senere målinger ikke viste særlig spredning denne vegen (Tabell 3). Målingene viste at utslippskjemikaliene ikke bare var begrenset til overflatefilmen, men også spredte seg iallfall 1 m nedover i vannet.

---



Figur 1. Kartskisse over prøvetakingspunkter for HP's oppfølgende analyseprogram av klororganiske stoffer i sjøvannet.

Tabell 3. Konsentrasjoner ( $\mu\text{g/l}$ , ppb) av sum klororganiske utslippstoffer langs land ved Rafnes på ulike tidspunkter etter utslippet fram til siste måling 24 september 2007. Konsentrasjoner over økologisk grense for effekter (PNEC =90  $\mu\text{g/l}$ ) er skraveret. Deteksjonsgrense: 30  $\mu\text{g/l}$  EDC, 30  $\mu\text{g/l}$  kloroform, 60  $\mu\text{g/l}$  karbontetraklorid og 30  $\mu\text{g/l}$  112-trikloretan.

Dato	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
02.01.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d										
02.02.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d										
02.03.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d										
02.04.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d										
02.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d										
*11.05.07, kl.1030.										60	80	390	520	1300	80		i.d	i.d		
**11.05.07, kl.2200	i.d	50	50	40	60	50	100	70	30	80	80	30	150	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
**12.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	32	i.d	4730	3340	6700	2270	420	650	1740	230	240
***13.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	120	i.d	40	180	170	640	950	1670	130	40	50	50	250	1100	180
***14.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	41	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***15.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	33	810	42	i.d	i.d	i.d	140	35	i.d
***16.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	40	60	140	160	360	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***17.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***18.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***19.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***20.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***22.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***24.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	60	i.d	35	170	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***25.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	43	560	i.d	i.d	40	i.d	32	160	50
***26.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	60	37	110	280	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***28.05.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	50	120	44	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***30.05.07	90	70	130	60	i.d	34	1770	50	i.d	i.d	i.d	32	120	300	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***31.05.07	70	130	190	200	170	360	220	40	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***01.06.07	i.d	70	140	150	340	330	2600	60	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***02.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	190	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***03.06.07	i.d	i.d	40	50	100	580	1960	50	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***04.06.07	i.d	i.d	40	100	100	90	1020	30	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***05.06.07	i.d	i.d	40	40	60	80	520	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***06.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***07.06.07	i.d	i.d	40	40	50	90	140	110	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d

Forts. neste side



Forts fra forrige side

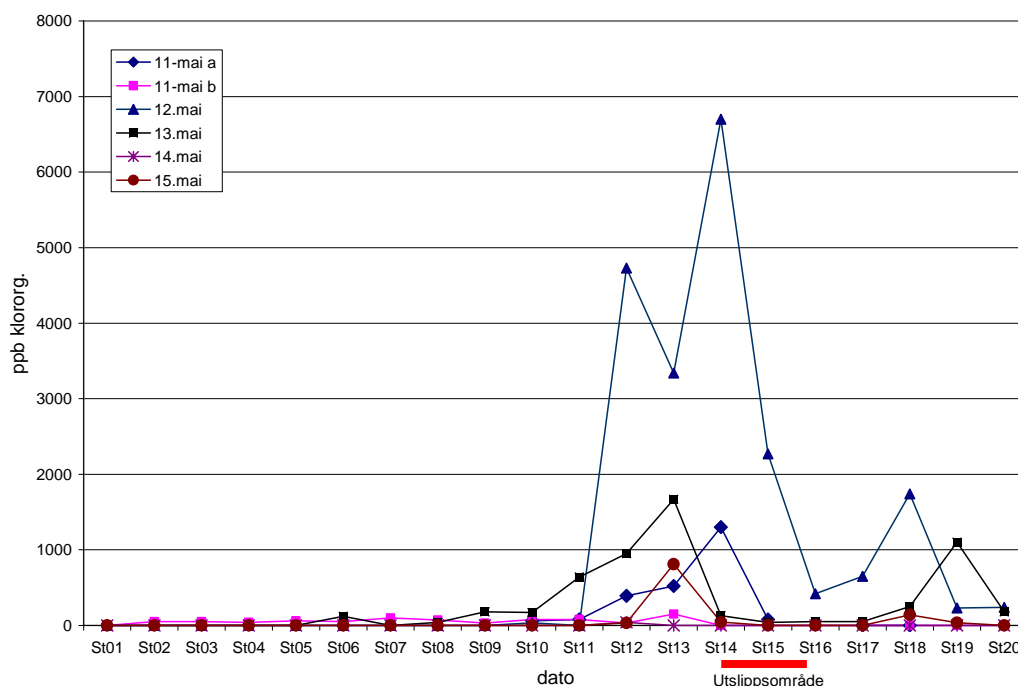
Dato	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
***08.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	90	i.d	70	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***11.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	31	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	700	160	i.d	i.d	70	32	i.d	i.d
***13.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	64	100	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***15.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***19.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	180	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***21.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***25.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***28.06.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***02.07.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***10.07.07	130	160	140	140	130	130	120	120	110	110	40	40	60	60	40	40	32	32	i.d	i.d
***13.07.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
***16.07.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
*** 24.07.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
*** 31.07.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
*** 06.08.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	32	180	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
*** 13.08.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
*** 20.08.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
*** 27.08.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	60	i.d	i.d	i.d	i.d
03.09.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	85	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
10.09.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	300	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
17.09.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	200	100	32	i.d	i.d	i.d
24.09.07	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	100	220	i.d	i.d	i.d	i.d

\* Prøve tatt i overflate, inne v/land

\*\* Prøver tatt innenfor ytterste lense.

\*\*\* Ytterste lense er dratt nærmere land. Sjøvannsprøvene er derfor tatt rett på utsiden av lensa.

i.d. prøve analysert, alle forbindelser under deteksjonsgrensen



Figur 2. Fordeling av sum av klororganiske utslippsstoffer langs land utenfor Rafnes de første 4 dagene etter utslippet. For stasjonsplassering, se Figur 1.

## 4.2 Lokale strøm og spredningsforhold

Det kjemiske måleprogrammet som er gjennomført gir et godt bilde av spredning og fortykning av utslippsstoffene langs land og vi har ikke sett det som hensiktsmessig å gjøre en teoretisk modellering av disse forholdene for å bedre konsekvensutredningen. Målingene viser at spredningen har foregått i begge retninger fra det sentrale området, og dette samsvarer med tidligere strømmålinger som viser at transporten av overflatevann både kan gå langs land nordvestover mot Herrebukta og sørover. Spredningen ut fra land og mot dypet fanges ikke opp av måleprogrammet. Vi anser spredning av utslippsstoffer utover for å være svært begrenset, siden vannet fra Skienselva som normalt strømmer over Frierfjorden og treffer Rafnesområdet vil presse overflatevannet innover mot land. Vi kan ikke si noe spesifikt om spredningen mot dypere vann, men den typiske tetthetslagdelingen i vannmassene tilsier at vertikalspredningen i stor grad vil være begrenset til brakkvannslaget som normalt er de øvre ca 4 m.

## 5. Sannsynlighet og mulig omfang av effekter på økosystemet

### 5.1 Giftighetsgrenser for vannlevende organismer

Tilgjengelig informasjon om økotoksikologiske egenskaper er gitt i Tabell 5. Man kan anta på grunnlag av relativt høye LC50/EC50 verdier at giftigheten i hovedsak er av type ”uspesifikt narkotisk” dvs bedøvende. Forenklet betyr dette at når mengden fremmedstoffer overstiger en viss konsentrasjon i cellene påvirker dette egenskapene til membranstrukturer i cellen slik at cellen ikke fungerer normalt. Det at alle disse stoffene har samme virkningsmekanisme gjør at det er mest reelt å foreta en miljørisikovurdering basert på summen av de klorerte hydrokarbonene. Som et konservativt utgangspunkt for etablering av en PNEC (Predicted No Effect Concentration) i denne situasjonen benyttes karbontetraklorid hvor laveste NOEC (No Observed Effects Concentration) er 0,9 mg/l for fisk. Dette fordi karbontetraklorid utgjør en betydelig andel av EDC og fordi giftigheten av karbontetraklorid på fisk er blant de laveste NOEC-verdier i tabellen. Men en anbefalt applikasjonsfaktor<sup>2</sup> på 10 blir da PNEC i denne situasjonen 0,09 mg/l eller 90 µg/l (ppb).

### 5.2 Sannsynlig influensområde

Ut fra Tabell 3 ser vi at konsentrasjoner av utslippsstoffene høyere enn PNEC-grensen på 90 µg/l ble påvist langs land innenfor ca 350 meter mot sørøst. Tilsvarende grense mot nordvest kunne ikke fastslås siden ytterste prøvetakingspunkt lå for nært, men det er rimelig å tolke tabellen slik at spredningen denne vegen stort sett har fulgt samme mønsteret. Det vi ser at maksimalt sannsynlig influensområde vil ha en utstrekning på ca 700 meter langs land. Vi kan ikke si noe nærmere om hvor langt utover fra land influensområdet har strukket seg men antar som tidligere nevnt at denne spredningen har vært liten. Det er også de fastsittende organismene på bunnen nært land som først og fremst har måttet tåle eksponeringen over lengre tid. Spredningen mot dypet er heller ikke målt, men vi regner at den for alle praktisk formål har vært begrenset til de øvre ca 4 m (brakkvannslaget).

### 5.3 Sannsynlig eksponeringstid

Tabell 3 viser at konsentrasjoner over PNEC maksimalt vedvarte i 2-5 døgn på ett og samme sted i influensområdet. Dette er grovt sett samme eksponeringstid som brukes ved rutinemessige akutttester på giftighet (4 døgn), og betydelig kortere tid enn det den kroniske PNEC-grensen tar høyde for.

### 5.4 Risiko for bioakkumulering

Alle de klorerte hydrokarbonene har  $\log Pow < 3$  (eventuelt  $BCF < 100$ )<sup>3</sup> som er grensen for det som er kravet til miljømerking som potensielt oppkonsentrerende i organismer. Man kan derfor konkludere med at ingen av de klorerte stoffene i utslippet er bioakkumulerende. Av stoffene i uhellsutslippet er det kun ASOL 150 som har en  $BCF > 100$  (159). Denne BCF-verdien gir likevel et lavt akkumuleringspotensial i forhold til de fleste organiske miljøgifter man er bekymret for. Fisk

---

<sup>2</sup> Faktor som brukes for å ta høyde for usikkerhet i datagrunnlaget for PNEC-verdien.

<sup>3</sup> BCF (bioconcentration factor) for et stoff er forholdet mellom konsentrasjon i akvatiske organismer og konsentrasjon i vannet ved likevekt.  $BCF = 100$  betyr at det er 100 x høyere konsentrasjon i organismene enn i omgivende vann.

---

eksponert for ASOL 150 over lengre tidsrom vil muligens kunne få smak av parafin/oljeaktig karakter, men med begrenset eksponering både i tid og rom er dette neppe et problem i forhold til uhellsutslippet.

### **5.5 Risiko for oppkonsentrering i næringskjeden**

Det følger av det foregående at siden det ikke er risiko for bioakkumulering er det heller ikke risiko for at noen av stoffene i utslippet vil bli oppkonsentrert gjennom næringskjeden. Utslippet har derfor neppe resultert i øket risiko for helseskade ved spising av sjømat.

### **5.6 Miljømerking**

En BCF på 159 kvalifiserer ASOL 150 til miljømerking R53 ("Kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet"). Giftigheten tilsier merking med R50. ASOL 150 har dermed klassifiseringen R50/53 som er den strengeste miljømerkingen et stoff kan ha. Dette betyr likevel ikke det samme som at utslipp av et stoff som er merket R50/53 automatisk skaper et miljøproblem. Et miljøproblem oppstår der mengde utslipp gir en uakseptabel konsentrasjon i miljøet over tid, og grensen for dette ligger i PNEC-verdien.

## **6. Sammenfatning av risikovurderingen**

### **6.1 Risiko for akutte økologiske effekter lokalt**

Det kan ikke utelukkes at overskridelsen av strengeste grense (PNEC) for økologiske effekter av utslippsstoffene over en periode på 2 - 5 dager kan ha gitt effekter på lokale organismer innenfor et influensområde på maksimalt 700 m langs land ved Rafnes. Konsekvensen regnes som liten både siden sannsynligheten for slike effekter er lav (PNEC henspeler på betydelig lengre eksponeringstid) og siden organismesamfunnet i dette området er fattig og dominert av arter med raskt gjenvekstpotensiale. Det er ikke sannsynlig at utslippet har gitt gifteffekter på fisk eller andre organismer i vannmassene.

### **6.2 Risiko for langsiktige effekter i Frierfjorden**

Stoffene i utslippet er ikke av en slik karakter (sterkt bioakkumulerende og/eller ikke nedbrytbare) at de vil forbli i Frierfjorden eller oppkonsentreres i næringskjeden. Det er derfor ikke grunn til å anta langsiktige økologiske konsekvenser av utslippet for Frierfjorden. Utslippet var lokalt i tid og rom. Vannutskifting, fordampning og nedbrytning vil etter noe tid (maksimum 1-2 år) ha fjernet de aktuelle stoffene helt fra Frierfjorden.

### **6.3 Virkninger på ozonlaget i atmosfæren**

Det ligger utenfor mandatet for denne rapporten å bedømme konsekvensen av transport av utslippsstoffene til atmosfæren. Det bør likevel nevnes at triklormetan og tetraklormetan begge er inkludert i Montrealavtalen om ozonnedbrytende stoffer som binder landene til å utfase bruken. Det er beregnet at triklormetan og tetraklormetan til sammen utgjorde 705 kg av utslippet. Ved transport til atmosfæren vil denne mengden ha en ODP-verdi (ozone depletion potential) på 305 kg, dvs at det tilsvarer et utslipp på 305 kg av den ozonnedbrytende klorfluorforbindelsen KFK 11.

### **6.4 Behov for avbøtende tiltak**

De avbøtende strakstiltak som HP gjennomførte på land omfattet boring av grunnvannsbrønner mellom utslippspunkt og sjøkant (HP beskrivelse), graving av en 20 – 25 m lang avskjærende grøft til under grunnvannsnivå og vedvarende fjerning av tilsig til brønnene i tiden etter uhellet. Strakstiltak i sjøen var først og fremst å begrense spredning av synlig overflatefilm ved bruk av absorberende lenser. Innenfor indre lense ble overflatefilm og noe vann under dette fjernet mer eller mindre kontinuerlig så lenge det var synlig film. Dette ble visuelt vurdert å være effektivt.

Vi ser ikke at det er behov for, og heller ikke praktisk mulig å gjennomføre ytterligere tiltak for å begrense mulige skadevirkninger av uhellsutslippet.

### **6.5 Skisse til overvåkingsprogram**

Det ansees å være lite nyttig å sette i gang noen toksisitetstesting eller biologisk overvåking spesielt myntet på å kartlegge eventuelle korttidseffekter av utslippet. I sammenheng med en tidsbegrenset økning i prosessutslippet av klorat fra bedriften er det planlagt et overvåkingsprogram med videokartlegging av fastsittende hardbunnsorganismer langs horisontale linjer på to dyp. Programmet er beskrevet i et eget notat til HP. Kartleggingen vil bli gjort sensommer 2007 og 2008. Den dekker også influensområdet for uhellsutslippet og vil tilfredsstillende behovet for generell beskrivelse av lokal biologisk tilstand og variasjon av denne over tid. Hvis overvåkingen indikerer

---

at uhellsutslippet har gitt en lokal skade som vedvarer ett år etterpå, bør man vurdere behovet for å gjenta overvåkingen ut over 2008.

Det kan ikke utelukkes at det fortsatt ligger rester av utslippet i grunnen og at stoffene kan bli utvasket til sjøen. Dette indikeres av at det er funnet overkonsentrasjoner lokalt i sjøen helt fram til den 24 september, dvs vel 4 mnd etter uhellet. HP bør derfor fortsette målingene av utslippskomponentene i lokale sjøvannsprøver, og spesielt i etterkant av perioder med sterk nedbør.

Tabell 4. Oversikt over kjemisk-fysiske egenskaper for enkeltstoffene i uhellsutslippet

Navn	Cas no	Vann- løselighet g/l	Damp- trykk Pa	Henrys konstant Pa/m <sup>3</sup> /mol	Log Pow	Halveringstid	
						Vann	Luft
						dager	
Solvent	64742-94-5	0,002	100	7	3-6	5,8#	0,5#
1,2-dikloreten	107-06-2	9,2	8330	149	1,45	4,1	100
Tetrakloreten	127-18-4	0,16	1900	1793	2,6	7,1	50
1,1,2-trikloreten	79-00-5	4	2200	92	2	4,9	47
1,1,2,2 tetrakloreten	79-34-5	2,9	8100	37	2,4	6,1	53
klorbenzen	108-90-7	0,4	1200	315	2,8	4,3	4
Triklormetan	67-66-3*	8	21100	14084	2	4,4	100
tetraklormetan	56-23-5*	0,89	12000	2250	2,6	4,9	>100
kloreten	75-00-3	4,5	134200	859	1,5	3,2	26
1,1-dikloreten	75-34-3	5,5	24000	569	1,8	4	32
vinlyklorid	75-01-4	0,95	33300	1850	1,5	3,1	1
1,2-dikloreten	540-59-0	6,3	35450	413	2	3,9	3,8
trikloreten	79-01-6	1	7700	104	2,3	4,5	13

# basert på pentadecane

Tabell 5. Økotoksikologiske data for stoffer i uhellsutslippet.

Navn	Cas no	Fisk		Krepsdyr		Alge	Bakterier	Bio-konsentrering	Bio-nedbrytning
		Akutt LC50	Kronisk NOEC	Akutt EC50	Kronisk NOEC	NOEC	NOEC	BCF	% nedbrutt 28 dager
Mg/l									
Solvent	64742-94-5	1,6	<1,4	0,95		2,5		159	30-40 % aerob
1,2-dikloretan	107-06-2	34	5	85	10	105	13	2	90 % aerob 0-30 % anaerob
Tetrakloretan	127-18-4	1,6	0,8	1,8	0,5	10,5		77	10-80 % aerob
1,1,2-trikloretan	79-00-5	6	<5,5	18	<2,9	60	6,3	17	5-40 % aerob
1,1,2,2 tetrakloretan	79-34-5	4,7	1,4	6,8	<6,9	6,4	1 - 5	13	20-40 % aerob
Klorbenzen	108-90-7	4,5	8,5	6,2	0,3	12,5	20	41	15-50 % aerob
Triklormetan	67-66-3*	18	<2	29	3,4	13	800	2-5	0-50 % Aerob 80-90 % Anaerob
Tetraklormetan	56-23-5*	13	0,9	28		105	30	18	0 % aerob 90 % anaerob
Kloretan	75-00-3	19		58		39	>140	2,5 Qsar	0 %
1,1-dikloretan	75-34-3	160		92			600	5 Qsar	50-90 % aerob
Vinylklorid	75-01-4	210				105		1,2	90 % aerob 90 % anaerob
1,2--dikloreten	540-59-0	140		220		50		8 Qsar	20 % aerob
Trikloreten	79-01-6	16	5,8	2,2	0,15	95	>1000	20	40 % aerob 100 % anaerob

\* Disse to stoffene er omfattet av Montrealavtalen som begrenser bruk av ozonnedbrytende stoffer.