

**Miljøstyrelsen og Ribe Amt**

**Redegørelse vedrørende:**

**Forureningen i  
Kærgård Plantage**

**Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage  
Marts 2005**

Udgiver: Miljøministeriet, Miljøstyrelsen og Ribe Amt

Udarbejdet af: Miljøstyrelsen og Ribe Amt

Oplag: 300 stk.

Udgivet: Marts 2005

ISBN: 87-7941-682-9 (trykt udgave)

ISBN: 87-7941-683-7 (web udgave)

# Indholdsfortegnelse

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Resume .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Indledning.....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Redegørelse for den eksisterende viden om forureningen .....</b>            | <b>7</b>  |
| 3.1       | Deponeringen af spildevand i Kærgård Plantage.....                             | 7         |
| 3.2       | Områdets anvendelse.....   | 8         |
| 3.3       | Kompliceret forureningssituation.....  | 8         |
| 3.4       | Overvågning af forureningen.....   | 9         |
| 3.5       | Udsivning til Vesterhavet .....  | 10        |
| 3.6       | Forureningen i klitområdet .....   | 11        |
| 3.7       | Lugt.....  | 12        |
| 3.8       | Jord, sand og sediment.....  | 12        |
| 3.9       | Konflikter i forhold til sundhed og miljø.....                                 | 12        |
| <b>4</b>  | <b>Sundhedsmæssige forhold.....</b>  | <b>14</b> |
| 4.1       | Sundhedsmæssige aspekter af forureningen ved Kærgård Plantage .....            | 14        |
| 4.2       | Risici ved spising af fisk og skaldyr.....                                     | 17        |
| <b>5</b>  | <b>Påvirkning af havmiljøet .....</b>  | <b>18</b> |
| 5.1       | Vandkvalitetskriterier for overfladevand.....                                  | 18        |
| 5.2       | Koncentrationer i havvandet .....  | 18        |
| 5.3       | Økotoksikologiske undersøgelser .....  | 19        |
| 5.4       | Vurdering af påvirkningen af havmiljøet .....                                  | 20        |
| <b>6</b>  | <b>Screening af mulige tekniske foranstaltninger.....</b>                      | <b>21</b> |
| 6.1       | Arbejdsmetode.....   | 21        |
| 6.2       | Mulige målsætninger for tekniske foranstaltninger .....                        | 21        |
| 6.3       | Overordnede afværgeprincipper.....   | 22        |
| 6.4       | Indledende screening .....   | 23        |
| 6.5       | Detaljeret screening .....   | 23        |
| 6.6       | Detaljeret analyse .....   | 23        |
| <b>7</b>  | <b>Afværgestrategier.....</b>  | <b>26</b> |
| 7.1       | Beskrivelse af opstillede afværgestrategier .....                              | 26        |
| 7.2       | Vurdering af afværgestrategier .....   | 27        |
| 7.3       | Økonomi .....  | 29        |
| 7.4       | Dimensioneringstest og afklarende undersøgelser .....                          | 30        |
| <b>8</b>  | <b>Arbejdsgruppens vurdering .....</b>   | <b>31</b> |
| 8.1       | Effekter af forureningen .....   | 31        |
| 8.2       | Vurdering af eksisterende viden.....   | 31        |
| 8.3       | Tekniske foranstaltninger .....  | 32        |
| 8.4       | Restforurening.....  | 33        |
| 8.5       | Efterfølgende faser ved en eventuel beslutning om afværgeforanstaltninger..... | 33        |
| <b>9</b>  | <b>Referencer .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>10</b> | <b>Ordliste .....</b>  | <b>36</b> |

## Bilag

- Bilag 1: Arbejdsgruppens kommissorium
- Bilag 2: Oversigtskort
- Bilag 3: Liste over vurderede afværgeteknikker
- Bilag 4: Oversigt over eventuelle dimensioneringstest og afklarende undersøgelser

# 1 Resume

I september 2004 blev der truffet aftale mellem Miljøministeren og Ribe Amt om at nedsætte en arbejdsgruppe med deltagelse fra Miljøstyrelsen og Amtet til belysning af forureningssituationen i Kærgård Plantage. Gruppen fik til opgave, at redegøre for den eksisterende viden om forureningen og give en vurdering heraf, samt sikre en fornyet vurdering af de sundhedsmæssige aspekter ved badning, ophold og fiskeri i området. Gruppen skulle endvidere overordnet beskrive mulige tekniske afværgeforanstaltninger samt den hermed forbundne økonomi. Redegørelsen skulle tillige afveje fordele og ulemper ved at iværksætte en eventuel teknisk løsning samt skitsere eventuelle efterfølgende faser for det videre arbejde.

Forureningen i Kærgård Plantage er forårsaget af, at det daværende Grindstedværket A/S i perioden 1956 – 1973 efter tilladelse fra myndighederne deponerede spildevand fra værkets produktion af vitaminer og lægemidler. Deponeringen skete til 6 gruber i klitområdet beliggende i en afstand af 400 – 800 meter fra kysten. Deponeringen af spildevandet har medført forurening af jord og grundvand over et areal på ca. 500.000 m<sup>2</sup> og udsivning af stoffer til Vesterhavet inden for en kyststrækning på ca. 800 meter. I en årrække frem til 1965 blev der endvidere på forskellige lokaliteter i Kærgård Plantage deponeret affald fra Esbjerg Kemi. I tidligere undersøgelser er det vurderet, at disse deponeringer ikke udgør en væsentlig risiko, og de har derfor ikke været inddraget i arbejdsgruppens arbejde. Arbejdsgruppen anbefaler dog, at de tidligere undersøgelsesresultater verificeres gennem supplerende kontrolanalyser.

Forureningen ved Grindstedværkets gruber er kompliceret, som følge af størrelsen af det forurenede område, og et stort antal forurenende stoffer. Desuden er udsivningen til havet et resultat af komplicerede processer i et meget dynamisk miljø, og disse forhold er generelt ikke velbeskrevne. Den beregnede udsivning fra klitområdet af miljøfremmede organiske stoffer med væsentlig miljømæssig betydning er med en vis usikkerhed opgjort til ca. 16 tons pr. år. Mængden af stoffer, der siver ud til Vesterhavet kan være mindre, da nedbrydning og afdampning mellem klitområdet og havet muligvis kan gøre sig gældende for visse stoffer. Udsivningen fra klitområdet formodes at være væsentligt lavere nu end i den første periode efter deponeringen. Den samlede tilbageværende forureningsmængde i området skønnes at være af en sådan størrelse, at en udsivning med grundvandet vil forløbe over mange årtier. Hovedparten af forureningen i klitområdet skønnes at findes under grundvandspejlet og ca. 10 – 20 meter under terræn. Lugtgenerne skønnes at være væsentligt mindre, end hvad der tidligere har været tilfældet, men der kan stadig konstateres lugt i området.

Forureningssituationen indebærer, at følgende forhold vurderes at være potentielt væsentlige i forhold til sundhed og det omgivende miljø:

- Sundhedsmæssige risici ved badning, som har foranlediget det gældende badeforbud.
- Sundhedsmæssige risici ved ophold eller færden i området (kontakt med forurenede vand/sand og indånding af flygtige stoffer), hvilket har foranlediget frarådning af ophold på stranden ud for strækningen, hvor der er badeforbud.
- Sundhedsmæssige risici ved spisning af fisk fra området.
- Gener i form af lugt og misfarvning af vand og sand.
- Påvirkning af havmiljøet (økotoksikologisk\* påvirkning af dyre- og planteliv).

---

\* Alle ord markeret med \* er forklaret i ordlisten

Embedslægeinstitutionen for Ribe Amt og Sundhedsstyrelsen har foretaget en fornyet vurdering af de sundhedsmæssige aspekter af forureningen. Forureningen udgør en begrænset risiko for besøgende i strandområdet, og udgør ikke nogen risiko for befolkningen bosat i nærområdet. Risikoen ved badning og ophold på stranden og i klitterne ud for udsivningsområdet er ikke stor, men reel. Den kan imødegås ved at opretholde de allerede iværksatte simple foranstaltninger, så som badeforbud og advarsler mod ophold på stranden. Det bør sikres, at de givne forbud og advarsler overholdes.

Forureningen vurderes at medføre, at der i et kystnært havområde over en strækning på mere end 800 meter optræder koncentrationer af visse miljøfremmede stoffer, der overskrider foreløbigt opstillede økotoksikologiske vandkvalitetskriterier\*. Der er ikke med den nuværende viden grundlag for en nærmere afgrænsning af størrelsen af det berørte område. Det skal understreges, at økotoksikologiske vandkvalitetskriterier ikke er relateret til sundhedsmæssige forhold, men skal sikre en generel beskyttelse af havmiljøet.

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at der er behov for – uanset resultatet af eventuelle videre overvejelser om afværgeforanstaltninger\* – at verificere og forbedre den eksisterende viden gennem supplerende undersøgelser. Udgifterne hertil er skønnet til ca. 2 mio. kr. ekskl. moms.

Det rådgivende firma COWI A/S har opstillet fire alternative strategier for eventuelle tekniske afværgeforanstaltninger overfor forureningen. Opstillingen er sket på grundlag af en screeningsproces, hvor alle generelt kendte afværgeteknikker er vurderet i forhold til forureningen.

De opstillede strategier og økonomiske overslag for deres gennemførelse fremgår nedenfor.

*Afværgestrategi 1a:* Afskæring\* af udsivningen af forurenede grundvand ved stimulering af den biologiske nedbrydning i grundvandet.

*Afværgestrategi 1b:* Afværgestrategi 1a kombineret med målrettet kildereduktion\* i klitområdet.

*Afværgestrategi 2a:* Afskæring af udsivningen af forurenede grundvand ved oppumpning. Det oppumpede forurenede grundvand renses enten i et vandbehandlingsanlæg på lokaliteten eller på et eksisterende renseanlæg.

*Afværgestrategi 2b:* Afværgestrategi 2a kombineret med målrettet kildereduktion i klitområdet.

|   | Strategi 1a     | Strategi 1b      | Strategi 2a     | Strategi 2b      |
|---|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Investering (mio. kr.) <sup>1)</sup>            | 18<br>(13 – 27) | 78<br>(55 – 117) | 30<br>(21 – 45) | 90<br>(63 – 135) |
| Årlig driftsomkostning (mio. kr.) <sup>1)</sup> | 4,5<br>(3 – 7)  | 4,5<br>(3 – 7)   | 5,5<br>(4 – 8)  | 5,5<br>(4 – 8)   |
| Driftsperiode (år)                              | > 50            | 15 – 30          | > 50            | 20 – 30          |

*Sammenligning af etablerings- og driftsomkostninger og forventet driftsperiode for opstillede afværgestrategier. Usikkerhed på -30 +50 % er angivet i parentes. Alle beløb i mio. kr. ekskl. moms.*

1) Investeringer og driftsomkostninger i tabellen er angivet i faste (reale) 2004-priser.

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at det med de i dag kendte metoder må anses for muligt at etablere afværgeforanstaltninger, der inden for en kortere årrække kan reducere udsivningen af forurenende stoffer i betydeligt omfang.

Der knytter sig til de opstillede strategier dog en række mulige tekniske begrænsninger og usikkerheder, og der er meget stor usikkerhed forbundet med de økonomiske overslag.

Der er ikke på nuværende tidspunkt grundlag for, at udpege én afværgeløsning som den bedste, idet dette kræver afklaring af en række forudsætninger.

Første fase i en eventuel beslutning om afværgeforanstaltninger bør omfatte en række nødvendige forundersøgelser til valg af afværgeløsningens udformning og som grundlag for projektering og dimensionering af den valgte løsning. Udgifterne til disse forundersøgelser skønnes at ville udgøre ca. 6 mio. kr. ekskl. moms.

Hertil kommer de tidligere nævnte omkostninger på ca. 2 mio. kr. ekskl. moms til forskellige verificerende og supplerende undersøgelser.

Under forudsætning af, at det gennem forundersøgelserne kan dokumenteres, at der kan opnås de forventede effekter af en afværgeforanstaltning, vil en gennemførelse heraf indebære følgende fordele:

- Væsentligt fremrykke det tidspunkt, hvor der ikke længere vil være behov for sundhedsmæssigt begrundede foranstaltninger (kan muligvis opnås inden for 5 år).
- Reducere udsivningen af miljøfremmede stoffer til havet, og dermed begrænse udstrækningen af havområdet, der må forventes påvirket af forureningen.
- Væsentligt fremrykke det tidspunkt, hvor normalt gældende krav til vandkvalitet i havmiljøet kan overholdes (kan muligvis opnås inden for 5 år).
- Reduktion af lugtgener og æstetiske gener inden for en kort årrække.

De væsentligste ulemper ved gennemførelse af en afværgeløsning er:

- De betydelige omkostninger.
- Driften af afværgeløsningen skal opretholdes over en meget lang årrække.

De opstillede strategier indebærer ikke en fuldstændig oprensning af hele det forurenede område, men er baseret på, at restforureningen nedbringes til et niveau, hvor der ikke vil være behov for sundhedsmæssigt begrundede foranstaltninger, og hvor udsivningen ikke er til hinder for, at de normalt gældende krav til vandkvalitet i havmiljøet kan opfyldes.

Efter en eventuel forundersøgelserfase, der kan gennemføres indenfor et år, vil eventuelle efterfølgende faser omfatte udarbejdelse af skitseprojekt, detailprojekt og udbud samt udførelse.

## 2 Indledning

I september 2004 blev der truffet aftale mellem Miljøministeren og Ribe Amt om at nedsætte en arbejdsgruppe med deltagelse fra Miljøstyrelsen og Amtet til belysning af forureningssituationen i Kærgård Plantage.

Gruppen fik til opgave, at redegøre for den eksisterende viden om forureningen og give en vurdering heraf, samt sikre en fornyet vurdering af de sundhedsmæssige aspekter ved badning, ophold og fiskeri i området. Gruppen skulle endvidere overordnet beskrive mulige tekniske afværgeforanstaltninger samt den hermed forbundne økonomi. Redegørelsen skulle tillige afveje fordele og ulemper ved at iværksætte en eventuel teknisk løsning samt skitsere eventuelle efterfølgende faser for det videre arbejde. (Kommissoriet kan ses i bilag 1).

Der har ikke på forhånd været angivet faste målsætninger for, hvilket niveau for oprensning en eventuel teknisk løsning skulle kunne præstere – i erkendelse af, at sådanne målsætninger først meningsfyldt kan fastlægges på et tidspunkt, hvor det er muligt at vurdere sammenhængen mellem teknikernes effekt og økonomi.

I den forbindelse, og under hensyntagen til forureningens kompleksitet, har det været væsentligt for arbejdsgruppen at afsøge et bredt spektrum af mulige afværgeteknikker. Det rådgivende ingeniørfirma COWI A/S har bistået arbejdsgruppen med denne del af arbejdet gennem udarbejdelse af et særskilt projektkatalog.

Embedslægeinstitutionen og Sundhedsstyrelsen har foretaget en fornyet vurdering af de sundhedsmæssige risici ved badning og ophold i området. Fødevarestyrelsen har bidraget til belysning af de sundhedsmæssige aspekter ved spisning af fisk fanget ud for området.

Uanset at det klare udgangspunkt for gruppens arbejde har været den allerede foreliggende viden om forureningen, er der i november 2004 foretaget sprednings- og fortyndingsberegninger af DHI - Institut for Vand og Miljø. I samme periode har arbejdsgruppen ladet udtage enkelte, supplerende havvandsprøver.

Ovennævnte materialer samt øvrige referencer anført i redegørelsens afsnit 9 er tilgængelige på Miljøstyrelsens hjemmeside ([www.mst.dk](http://www.mst.dk)) og Ribe Amts hjemmeside ([www.ribeamt.dk](http://www.ribeamt.dk)).

### 3 Redegørelse for den eksisterende viden om forureningen

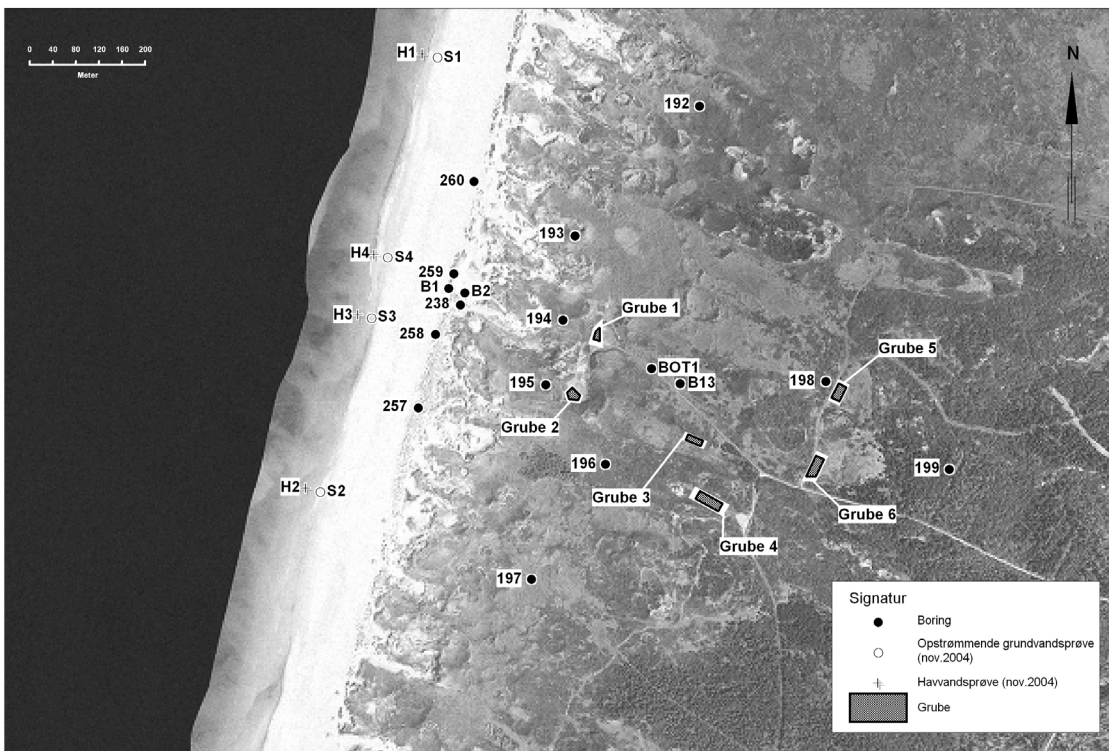
#### 3.1 Deponeringen af spildevand i Kærgård Plantage

I 1956 – 1973 deponerede det daværende Grindstedværket A/S efter tilladelse fra myndighederne spildevand i Kærgård Plantage. Spildevandet stammede fra værkets produktion af vitaminer og lægemidler, og blev transporteret til området i tankbiler. Deponeringen skete til 6 gruber i klitområdet beliggende i en afstand af 400 – 800 meter fra kysten (se figur 3.1 samt oversigtskortet i bilag 2). Efter deponeringens afslutning blev gruberne overdækket og er i dag ikke umiddelbart synlige.

Den samlede mængde spildevand er i tidligere undersøgelser skønnet til 286.000 m<sup>3</sup>, hvoraf størstedelen er vand. Det egentlige stofindhold er opgjort til ca. 60.000 tons. Heraf er ca. 40.000 tons forskellige uorganiske salte og ca. 15.000 tons salte af organiske syrer. Mængden af miljøfremmede organiske stoffer i det deponerede spildevand er opgjort til mere end 1.500 tons omfattende bl.a. sulfonamider\*, organiske kvælstofforbindelser\* (anilin m.fl.), barbiturater\*, klorerede opløsningsmidler\*, phenoler\*, benzen\* og toluen\*.

Fra gruberne er der sket en spredning af stoffer i det deponerede spildevand til jord og grundvand under gruberne, hvorfra der sker en udsivning i vestlig retning mod havet. Dette har medført forurening af jord og grundvand over et areal i størrelsesordenen 500.000 m<sup>2</sup> og udsivning af stoffer til Vesterhavet inden for en kyststrækning på ca. 800 meter.

Grundvandsskellet er beliggende ca. 1 km øst for gruberne, og grundvandet i grubeområdet strømmer derfor mod havet. Forureningen udgør ingen trussel overfor drikkevandsinteresser.



Figur 3.1. Oversigtskort over det forurenede område i Kærgård Plantage.



I Kærgård Plantage blev der på flere forskellige lokaliteter deponeret affald fra Esbjerg Kemi over en årrække frem til 1965. Det deponerede materiale, der stammede fra virksomhedens produktion af bekæmpelsesmidler og mængdemæssigt har været meget lille i forhold til Grindstedværkets deponeringer, indeholdt chlorphenoler\* som væsentligste forureningskomponent. Baseret på virksomhedens oprindelige oplysninger har der i alt været tale om ca. 250 tons affald med et indhold af chlorphenoler på ca. 10 %. Endvidere har affaldet indeholdt rester af de producerede midler (primært MCPA\* men også dichlorprop\* fra en forsøgsproduktion). Esbjerg Kemis deponering var sammen med Grindstedværkets depoter genstand for en række undersøgelser i løbet af 1980'erne. Ved to af de lokaliserede depoter blev der i henholdsvis 1981 og 1988 foretaget oprydning (fjernelse af tønder). Den herved fjernede forureningsmængde har dog kun udgjort en lille andel af den samlede deponerede mængde. Resultaterne af undersøgelser blev i 1988 sammenfattet af Vandkvalitetsinstituttet i en rapport ("Status over hidtil gennemførte undersøgelser"), hvor forureningen fra Esbjerg Kemis depoter blev vurderet ikke at udgøre en væsentlig risiko i forhold til påvirkning af organismer i havet eller i forhold til påvirkning af strandområdet. I forlængelse af ovenstående vurderinger omhandlede de i starten af 1990'erne udarbejdede forslag til afværgeprojekter alene Grindstedværkets gruber.

På baggrund af de tidligere vurderinger har arbejdsgruppen ikke i øvrigt inddraget Esbjerg Kemis deponeringer i sit arbejde, herunder i vurderingen af mulige tekniske foranstaltninger. Da der imidlertid ikke siden ovennævnte undersøgelser afslutning er foretaget kontrolanalyser på det dybereliggende grundvand neden for Esbjerg Kemis depoter er det dog arbejdsgruppens opfattelse, at de nævnte tidligere vurderinger bør verificeres gennem nye grundvandsanalyser.

Endelig skal bemærkes, at Esbjerg Kemi i hvert fald i ét tilfælde har deponeret affald i Grindstedværkets gruber. Fund af chlorphenoler i lave koncentrationer i grundvandet ved disse kan således være knyttet hertil. Ligeledes kan det principielt ikke udelukkes, at andre kan have benyttet gruberne til bortskaffelse af affald. Arbejdsgruppen ser intet grundlag for at antage, at dette i givet fald kan have haft et omfang, der har betydning for vurderingen af forureningen fra gruberne.

### **3.2 Områdets anvendelse**

Det forurenede område ved Grindstedværkets gruber udgør det nordvestligste hjørne af Kærgård Plantage og ligger relativt utilgængeligt. Det er ikke – på lovlig vis – muligt at køre til klit- eller strandområdet, og den rekreative anvendelse af området er begrænset.

Kærgård Plantage er i sin helhed udpeget som internationalt naturbeskyttelsesområde.

Udsivningen af forurenende stoffer medførte, at der i 1964 blev udstedt badeforbud i havet ud for gruberne. Badeforbudet på en ca. 800 meter lang kyststrækning er fortsat gældende. På baggrund af anbefalinger fra Embedslægeinstitutionen i 2002 blev der desuden opsat skilte på stranden, der fraråder ophold og kontakt med sand og vand på strandområdet ud for badeforbudsstrækningen.

### **3.3 Kompliceret forureningsituation**

Situationen omkring forureningen er kompliceret idet:

- Der er tale om et stort antal stoffer med vidt forskellige toksikologiske og økotoksikologiske egenskaber.
- Forureningen omfatter et meget stort areal, forekommer i relativ stor dybde, og påvirker et stort volumen grundvand.

- Selve udsivningen til havet og opblandingen heri er et resultat af komplicerede processer i et omskifteligt vandmiljø.

### 3.4 Overvågning af forureningen

I 1995 blev der – i forlængelse af en række undersøgelser gennemført i 1980'erne og starten af 1990'erne - iværksat et systematisk overvågningsprogram.

Dette overvågningsprogram har omfattet ca. 80 stoffer inddelt i hovedgrupper. Indholdet af stofferne i grundvandet er målt i fire boringer placeret ved klitfoden over en strækning på ca. 400 meter (boring nr. 257, 258, 259 og 260, jf. figur 3.1) samt i boringer i klitområdet. Der blev i 2002 foretaget en samlet afrapportering af overvågningen /5/. Ribe Amt besluttede på baggrund heraf, at videreføre overvågningen af forureningen – dog på et mindre intensivt niveau målrettet ud fra de hidtidige resultater.

Overvågningsprogrammet har fokuseret på stoffer med potentiel væsentlig effekt på miljøet. Grundlaget for udvælgelsen af stoffer i overvågningsprogrammet har været dels oplysninger fra Grindstedværket A/S over stoffer i det deponerede spildevand, der er beskrevet og vurderet i tidligere undersøgelser, dels screeningsanalyser\* på prøver fra to udvalgte boringer. Ved screeningsanalyserne blev der – udover allerede identificerede stoffer - konstateret høje koncentrationer af klorerede opløsningsmidler. Det er efterfølgende konstateret, at det deponerede spildevand kan have indeholdt klorerede opløsningsmidler, men der foreligger ikke oplysninger, der umiddelbart kan forklare det høje indhold i grundvandet.

Overvågningsprogrammet har sammen med de tidligere undersøgelser vist, at udsivningen mod Vesterhavet sker inden for en ca. 500 - 800 meter bred udsivningszone umiddelbart vest for gruberne. De højeste koncentrationer af stofferne findes i den centrale del af denne zone.

Grundvandsforureningen findes i dag hovedsageligt i den nedre del af grundvandsmagasinet, typisk 10 – 20 meter under terræn. Undersøgelserne har dog ikke nedadtil afgrænset forureningen med sikkerhed, og der kan muligvis findes dybereliggende forurening.

Udsivningen af stoffer med grundvandet sker derimod hovedsageligt i den øvre del af grundvandsmagasinet, selvom stofkoncentrationerne her er væsentligt lavere. Dette skyldes, at den øvre del af magasinet udgøres af et sandlag, hvor grundvandets hastighed er stor. Den nedre del består af et lag af fint sand/silt med væsentlig mindre grundvandshastighed. Siden deponeringens ophør er det øverste sandlag gennemskyldt af grundvandet flere gange. Den fortsatte udsivning gennem dette lag er antageligt knyttet til en løbende tilførsel af stof fra mere koncentrerede forekomster.

Den samlede udsivning af forurenet grundvand ved klitfoden er opgjort til ca. 220.000 m<sup>3</sup>. Der er nogen usikkerhed knyttet til opgørelsen af denne mængde.

På grundlag af overvågningsprogrammet blev der i 2002 foretaget en opgørelse af mængden af stoffer, der udsiver med grundvandet /5/. Opgørelsen er baseret på prøver, der i perioden 1992 – 1998 er udtaget i de fire boringer ved klitfoden. Beregningen udtrykker derfor et skøn for de udsivende stofmængder i et snit på langs af klitfoden, dvs. mængden af stoffer, der transporteres ud af klitområdet til grundvandet under stranden.

I tabel 3.1 er for de væsentligste stofgrupper angivet de beregnede størrelser af udsivningen. Der er store usikkerheder forbundet med resultaterne, men de skønnes dog at angive størrelsesordenen af transporten af stoffer ud af klitområdet.

| Stofgruppe  |   | Ton/år |
|---|---|--------|
| Miljøfremmede organiske stoffer (i alt ca. 16 ton/år) | Sulfaster, herunder sulfonamider                            | 4      |
|   | Organiske kvælstofforbindelser, herunder anilin             | 1      |
|   | Barbiturater  | 0,8    |
|   | Klorerede opløsningsmidler (herunder nedbrydningsprodukter) | 7      |
|   | Phenoler  | 0,3    |
|   | Kulbrinter, herunder benzen og toluen                       | 3      |
| Uorganiske stoffer                                    | Lithium*  | 1,5    |

*Tabel 3.1. Opgørelse af mængden af stoffer, der med grundvandet transporteres ud af klitområdet til grundvandet under stranden. Opgørelsen er baseret på resultater fra perioden 1992-1998. Detaljerede resultater for enkeltstoffer fremgår af /5/.*

Den samlede udsivning af ikke-flygtige organiske stoffer er beregnet til 48 ton/år (målt som samleparameteren NVOC\*). Den største del af udsivningen af organisk stof vurderes at udgøres af vandblandbare organiske stoffer af mindre miljømæssig betydning. Overvågningsprogrammet har kun omfattet analyser af enkelte af disse stoffer. Endvidere er udsivningen af de uorganiske grundstoffer svovl\* og klorid\*, der naturligt findes i store mængder i havvand, opgjort til henholdsvis 40 og 50 ton pr. år /5/.

Udsivningen fra klitområdet formodes at være væsentligt lavere nu end i den første periode efter deponeringen. Dette understøttes bl.a. af, at forureningen i dag ikke fremtræder så synlig på stranden, som den tidligere har gjort. Den nuværende viden giver ikke mulighed for at foretage mere præcise opgørelser af den samlede tilbageværende forureningsmængde. Den skønnes dog, at være af en størrelse, der betyder at en udtømning gennem udsivning med grundvandet vil forløbe over mange årtier eller århundreder.

I den løbende overvågning af forureningen er der i september 2004 analyseret på prøver fra de fire borer placeret ved klitfoden. Resultaterne, der fremgår af /6/, kan umiddelbart pege på dels en tendens til forøget nedbrydning af visse stofgrupper (klorerede opløsningsmidler) i klitområdet, dels en tendens til højere koncentrationer i den sydligste af de fire borer. Sidstnævnte indebærer en usikkerhed på den præcise afgrænsning af udsivningszonen mod syd.

### 3.5 Udsivning til Vesterhavet

Fra klitområdet bevæger de forurenende stoffer sig med grundvandet under stranden mod havet. I havstokken møder grundvandet det salte havvand, hvorved grundvand trænger op mod overfladen. Oprængningen må antages at udvise variationer over tid og sted, bl.a. som følge af vejrforhold, tidevand og variationer i jordlagenes sammensætning.

Det grundvand, der trænger op i havstokken, vil blive fortyndet med havvand. I forbindelse med arbejdsgruppens arbejde har DHI foretaget en orienterende vurdering af denne fortynding baseret på modelberegninger. Disse beregninger viser, at den umiddelbare fortynding af det oprængende forurenede grundvand ved opblanding i havvandet ud for selve udsivningszonen må antages at være i størrelsesordenen 100 – 1500 gange /3/.

Denne umiddelbare fortynding vil være mindst under forhold med godt vejr, hvor vandbevægelserne i havet er domineret af tidevandet, dvs. i situationer uden væsentlig bølgedannelse. Til gengæld vil den videre fortynding udenfor udsivningszonen under disse forhold være relativ stor.

I situationer med bølgedannelse vil der optræde en kystnær bølgestrøm nord- eller sydover afhængigt af vindretningen. Bølgestrømmen medfører en stor umiddelbar fortynding ud for selve udsivningsområdet, hvorefter den videre fortynding i denne bølgestrøm sker forholdsvis langsomt.

Som følge af, at de højeste koncentrationer findes i den centrale del af udsivningszonen, må det forventes, at der i havstokken umiddelbart ud for denne zone kan forekomme steder med mere koncentreret grundvand, idet de nævnte fortyndingsgrader er en gennemsnitsbetragtning for hele udsivningszonen. Tilsvarende må det antages, at der lejlighedsvist i udsivningszonen kan optræde strandrender\*, hvor fortyndingen af udsivende grundvand er mindre end beskrevet ovenfor. Endelig kan det ikke udelukkes, at der på varme, vindstille sommerdage kan optræde lagdeling i vandet ud for udsivningszonen, hvor det udsivende grundvand kun opblandes langsomt i vandsøjlen. Der foreligger ikke undersøgelsesresultater, der kan belyse disse forhold nærmere.

Det er muligt, at naturlig nedbrydning i området mellem klitfod og havstok kan have en betydning for visse af de organiske stoffer nævnt i tabel 3.1. Der er i forbindelse med tidligere omfattende undersøgelser ved en tidligere losseplads i Grindsted fundet resultater, der indikerer, at stofferne nævnt i tabel 3.1 nedbrydes i grundvand. Koncentrationerne i Kærgård Plantage er dog noget større, og det anses for muligt, at de høje koncentrationer af sulfonamider kan hæmme den naturlige nedbrydning. For de klorerede opløsningsmidler er indholdet i borerne ved klitfoden helt domineret af nedbrydningsprodukter\*, hvilket viser en nedbrydning af oprindelige stoffer ("moderstofferne") /1/.

Der foreligger kun enkelte analyser, der belyser den faktiske forekomst af stofferne i havet. I tilknytning til arbejdsgruppens arbejde er der foretaget analyser på enkelte prøver af havvand og terrænnært grundvand udtaget tæt på havstokken ud for udsivningszonen /4/. Der er i disse havvandsprøver kun for sulfastoffer og vinylklorid fundet koncentrationer på et niveau svarende til det man kunne forvente, såfremt udsivningen i havstokken svarer til værdierne angivet i tabel 3.1. For de øvrige analyserede stoffer er de målte koncentrationer derimod generelt mindre end hvad der tilsvarende kunne forventes. Undersøgelsens meget begrænsede omfang tillader dog ikke nærmere konklusioner.

### **3.6 Forureningen i klitområdet**

De hidtil gennemførte undersøgelser har især fokuseret på at afgrænse udstrækningen af det forurenede område, og på udsivningen af stoffer fra klitområdet. Der er derfor ikke et mere præcist kendskab til, hvordan forureningen i dag er fordelt i klitområdet. Denne fordeling er især væsentlig som grundlag for nærmere overvejelser om eventuelle afværgeforanstaltningers udførelse.

Det oprindeligt deponerede spildevand var tungere end grundvandet, og det er derfor sandsynligt, at det forurenede spildevand efter deponeringen er trængt ned under grundvandsspejlet gennem det øvre sand/gruslag til det finkornede sand/siltlag (se principbeskrivelsen i figur 3.2, side 14). Hovedparten af forureningen skønnes i dag at findes i dette finkornede sand/siltlag.

Det anses for sandsynligt, at forureningen i et vist omfang optræder som såkaldt "fri fase" (dvs. forekomst af forurenende stoffer i koncentreret væskeform, som ikke er opløst i grundvandet, og derfor ikke følger grundvandsstrømningerne), eller som afgrænsede koncentrerede "lommer" af

spildevand i eller ovenpå det finkornede sandlag. Der foreligger ikke undersøgelser, der belyser disse formodninger nærmere – herunder placering og omfang af ”fri fase”.

Under det finkornede lag er der flere steder truffet ler, der dog ikke kan anses for et sammenhængende lag. Det kan derfor ikke udelukkes, at der kan findes forurenede grundvand i dybere niveauer under lerlaget.

I selve gruberne er der stadig kraftig jordforurening, men det vurderes, at de mest mobile stoffer er udvasket fra gruberne. Undersøgelserne indikerer dog, at der stadig findes fri fase af klorerede opløsningsmidler og benzen/toluen i og under gruberne.

### **3.7 Lugt**

I årene under deponeringen optrådte der meget betydelige lugtgener. Forekomst af væsentlig lugt i grubeområderne er dog anset for begrænset gennem grubernes overdækning og retablering.

Der er næppe tvivl om, at lugtgenerne også på strandområdet er væsentligt mindre, end hvad der tidligere har været tilfældet, men der kan stadig regelmæssigt konstateres lugt i området. Det anses ikke for muligt ud fra konstateringer af lugt ved færden i området at lokalisere ”kildeområderne” hertil nærmere. Der er ikke foretaget systematiske undersøgelser af luftforeningen, herunder lugt (f.eks. poreluftmålinger\*).

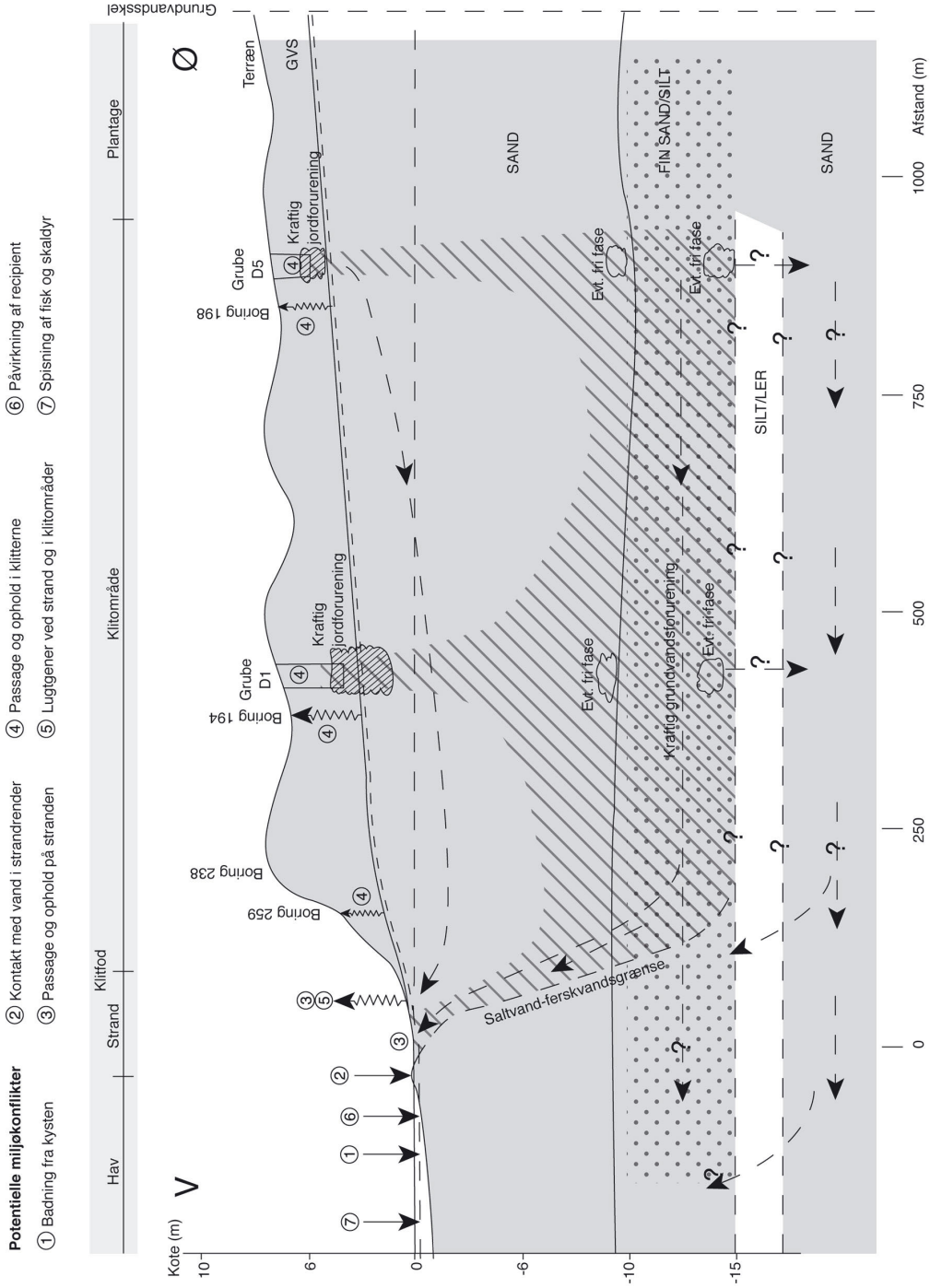
### **3.8 Jord, sand og sediment**

Der er ikke – udover enkelte analyser i forbindelse med gruberne – foretaget undersøgelser af indholdet af forurenende stoffer i jorden, strandsand eller havsediment. Da udsivningen af stofferne er betinget af deres tendens til at følge vandet forventes det, at strandsand og sediment kun i begrænset omfang indeholder forurenende stoffer (udover hvad der skyldes sandets eventuelle vandindhold). Dertil skal bemærkes, at der er tale om et dynamisk strandområde, hvor havpåvirkningen medfører en relativt hyppig omlejring og udskiftning af overfladesandet. I selve udsivningszonen kan der stadig regelmæssigt observeres små misfarvede områder på sandoverfladen tæt på havstokken.

### **3.9 Konflikter i forhold til sundhed og miljø**

Forureningssituationen indebærer, at følgende forhold vurderes at være potentielt væsentlige i forhold til sundhed og det omgivende miljø:

- Sundhedsmæssige risici ved badning, som har foranlediget det gældende badeforbud
- Sundhedsmæssige risici ved ophold eller færden i området (kontakt med forurenede vand/sand og indånding af flygtige stoffer), hvilket har foranlediget frarådning af ophold på stranden ud for strækningen, hvor der er badeforbud
- Sundhedsmæssige risici ved spisning af fisk fra området
- Gener i form af lugt og misfarvning af vand og sand
- Påvirkning af havmiljøet (økotoksikologisk påvirkning af dyre- og planteliv )



Figur 3.2. Principbeskrivelse af forureningen i Kærgård Plantage vist som et snit gennem det forurenede område (vest-øst).

## 4 Sundhedsmæssige forhold

### 4.1 Sundhedsmæssige aspekter af forureningen ved Kærgård Plantage

Embedslægeinstitutionen for Ribe Amt og Sundhedsstyrelsen har foretaget en fornyet vurdering af de sundhedsmæssige aspekter af forureningen ved Kærgård Plantage /2/.

#### Baggrund

Den sundhedsmæssige risiko for mennesker som følge af udsættelse for kemikalierne har været vurderet af sundhedsmyndighederne adskillige gange. Der blev allerede i 1964 etableret badeforbud, idet det på dette tidspunkt blev klart, at kemikalierne kom op i strandkanten og var årsag til gener. Den seneste sundhedsfaglige vurdering blev foretaget af Embedslægeinstitutionen for Ribe Amt i juni 2002 på baggrund af den på daværende tidspunkt færdiggjorte undersøgelse af forureningens udbredelse og sammensætning /5/. Efter anbefaling fra embedslægeinstitutionen blev der opsat skilte, som advarer mod ophold på stranden i udsivningsområdet.

Af gamle sagsakter fra 1970 fremgår, at amtslægen i Ribe modtog flere indberetninger om gener i form af formentlig allergiske reaktioner blandt badende i området, men sagsakterne indeholder ingen detaljerede oplysninger. Embedslægeinstitutionen har ikke kendskab til sager fra nyere tid, hvor badende eller strandgæster i området skulle have pådraget sig gener.

Spildevandet, som er deponeret i Grindstedværkets gruber i Kærgård Plantage, indeholder et meget stort antal kemikalier med meget forskellige egenskaber og giftighed for mennesker. Kemikalierne kan opdeles i en række hovedgrupper. Den væsentligste sundhedsmæssige betydning af udsættelse for de pågældende kemikalier er beskrevet i tabel 4.1. Beskrivelsen er generel og ikke alle risici forbundet med de pågældende kemikalier er nødvendigvis relevante i denne sag.

Embedslægeinstitutionen har ikke foretaget selvstændige undersøgelser af deponeringernes omfang eller oprindelse, og vurderingerne er derfor baseret på de oplysninger, som institutionen har fået forelagt om forureningen. De sundhedsfaglige vurderinger af de forskellige problemstillinger bygger på en sundhedsmæssig vurdering af de enkelte kemiske stoffer/kemikaliegrupper, samt kemikaliernes fortynding, nedbrydning og spredning i havet. Der foreligger kun meget sparsom eller slet ingen viden om effekten af samtidig udsættelse for flere stoffer. Under de iltfattige forhold i deponiet dannes nye kemiske stoffer med andre sundhedsmæssige egenskaber end de deponerede kemiske stoffer. Embedslægeinstitutionen har ikke forudsætninger for at vurdere, i hvilket omfang dette måtte være et reelt problem. Der er kun foretaget få analyser i havet, og spredningen af kemikalier i havet er belyst ved teoretiske strømningsmodeller, og derfor forbundet med en vis usikkerhed.

De sundhedsfaglige vurderinger er således baseret på en række forudsætninger og skøn, men der er i konklusionerne taget hensyn til denne usikkerhed.

| Gruppe   | Væsentlige kemiske forbindelser   | Væsentlige sundhedsfaglige aspekter  |
|--|---|--|
| Lægemidler og nedbrydningsprodukter fra lægemidler | Sulfonamider/PAA (primær aromatisk amin)<br>Barbiturater<br>Lithium<br>Vitaminer (B og C) | Disse kemikaliers væsentlige effekt er den rent medicinske effekt. Det drejer sig for sulfonamidernes vedkommende om en effekt på bakterier. Allergi over for sulfonamider forekommer. Et samlet billede af mængden af sulfonamider kan fås ved at måle for primær aromatisk amin (PAA). Barbiturater er sovemidler. Lithium anvendes til behandling af psykiske sygdomme. Lithium er et grundstof som forekommer naturligt i havvand.<br>Koncentrationerne i badevandet ud for udsivningsområdet er så lave, at der ikke vurderes at være nogen målbar lægemiddel-effekt på badende eller strandgæster. |
| Chlorerede opløsningsmidler                        | Vinylchlorid<br>Chloroform<br>Tetrachlorethylen<br>Trichlorethylen<br>m.fl.               | Chlorerede opløsningsmidler kendes fra industrien (affedtningmidler) og som rensmiddel til kemisk tøjrensning. Adskillige er klassificeret som kræftfremkaldende og de er alle giftige for mennesker. Nogle af de sundhedsmæssigt mest kritiske chlorerede opløsningsmidler dannes ved nedbrydning af andre chlorerede opløsningsmidler.<br>I udsivningsområdet er der højere koncentrationer end accepteret i drikkevand, og kemikalierne udgør en risiko.  |
| Vandblandbare organiske forbindelser               | Ethanol<br>N-propanolol<br>Acetone  | Gruppen omfatter almindelig alkohol og acetone (indgår i f.eks. neglelaksfjerner) samt bl.a. træsprit. Undersøgelserne tyder på, at kemikalierne i stort omfang omsættes inden de når havet.<br>Kemikalierne menes ikke at være i vandet i målbare mængder.  |
| Chlorphenoler                                      | 2-chlorphenol<br>4-chlorphenol<br>m.fl.   | Chlorphenoler er giftige og kan medføre akutte og kroniske forgiftninger hos mennesker. Klassificeret som muligt kræftfremkaldende.<br>Mono- og trichlorphenoler kan optages gennem huden.<br>Kemikalierne forekommer i meget lave koncentrationer i grundvandet og udsivningen fra Grindstedværkets gruber til havet vurderes at være uden praktisk betydning.  |
| Phenoler   | Cresoler<br>Naphtalen<br>Phenoltal<br>Phenol  | Phenol og beslægtede kemikalier kan give akut og kronisk forgiftning. Stofferne kan optages gennem huden.<br>Den samlede udstrømning anses for at være lille.<br>Naphtalen indgår i de nyeste havvandsundersøgelser men er ikke påvist. Samlet set vurderes den konkrete sundhedsmæssige betydning ved Kærgård Plantage at være begrænset.   |
| Organiske kvælstofforbindelser                     | Anilin<br>Pyridin<br>N-phenylacetamid   | Kemikalierne er giftige og kan medføre akutte og kroniske forgiftninger. Der er ikke påvist anilin i de nyeste havvandsanalyser. Nedbrydningen er antagelig stor og udsivningen til havet uden større praktisk betydning.  |
| Flygtige kulbrinter                                | BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen og xylene)  | Gruppen omfatter kemikalier som kan være årsag til væsentlige sundhedsproblemer. Den sundhedsmæssige risiko afhænger stærkt af omfanget af udsættelsen. Omsættes let til mindre farlige eller uskadelige forbindelser. De fundne koncentrationer i havet er lave, hvorfor den sundhedsmæssige risiko er begrænset.   |
| Andre ikke grupperede kemikalier                   | Svovl, Chlorid<br>NVOC (ikke flygtig organisk kulstof; kulstofholdige forbindelser)       | Svovl og chlorid er naturligt forekommende bl.a. i havvand med lav giftighed for mennesker. De fleste kemikalier, som henhører under gruppen NVOC, er også uproblematisk.<br>Svovlforbindelser er medvirkende til dannelse af nye kemiske stoffer som medvirker til lugtgenerne i området.   |

Tabel 4.1 Oversigt over væsentlige bestanddele i udsivningen og væsentlige sundhedsfaglige aspekter /2/.



## Sundhedsfaglig vurdering

De sundhedsmæssige risici som følge af kemikaliedeponeringen i Grindstedværkets gruber i Kærgård Plantage vurderes således:

### *Badning fra kysten i udsivningsområdet*

Badeforbudet er fortsat sundhedsfagligt velbegrunder og anbefales opretholdt. Badeforbudets udstrækning bør fortsat være de ca. 800 meter ud for gruberne. Den konkrete viden om udsivningszonens længde er begrænset og kunne med fordel øges med henblik på en mere præcis afgrænsning af badeforbudet.

Det vurderes tilstrækkeligt, at have en tydelig skiltning på relevante sprog. Såfremt stikprøver i de kommende badesæsoner viser overtrædelser af badeforbudet og advarslerne mod ophold, bør andre foranstaltninger til sikring af overholdelse af forbud og råd overvejes.

Såfremt en eventuel oprydning ikke i praksis stopper udsivningen af forurenede grundvand, men kun nedsætter udsivningen, må det forudses, at det i en årrække kan blive nødvendigt at opretholde et badeforbud, indtil en tilstrækkelig effekt af en eventuel oprensning kan dokumenteres.

### *Badning fra kysten uden for udsivningsområdet*

Ud fra de målte koncentrationer af kemikalier i udsivningszonen, og teoretiske beregninger af kemikaliekoncentrationer uden for udsivningsområdet må badning uden for den ovenfor definerede badeforbudsstrækning skønnes at være uden reelle sundhedsmæssige risici.

### *Passage og ophold på stranden og klitterne i udsivningsområdet*

Der bør fortsat advares mod ophold på stranden og i strandnære klitter i udsivningsområdet. Det er acceptabelt, at der er tilladelse til passage af området. Som for badeforbudets vedkommende må det forudses, at anbefalingen vil skulle opretholdes i en årrække efter påbegyndelse af en oprydning. Den reelle viden om luftforureningen er meget begrænset. I forhold til de tidligere beskrivelser vurderes generne at være aftaget betydeligt i de seneste årtier.

### *Passage og ophold på stranden på begge sider af udsivningsområdet.*

Passage og ophold vurderes at være uden reel sundhedsrisiko.

### *Passage og ophold i området bag ved stranden og klitterne, herunder på området over de tidligere nedsvivningsgruber*

Der anses ikke at være noget reelt sundhedsmæssigt problem ved at færdes i området bag klitterne, herunder på området over de lukkede nedsvivningsgruber.

## Samlet vurdering af de sundhedsmæssige aspekter af forureningen

Forureningen fra spildevandsdeponeringen i Grindstedværkets gruber i Kærgård Plantage udgør en begrænset risiko for besøgende i strandområdet og udgør ikke nogen risiko for befolkningen bosat i nærområdet. Kun få af de mange kemikalier i udsivningen fra området har høj giftighed for mennesker, og disse forekommer kun i små mængder. Hovedparten af kemikalierne er relativt ugiftige for mennesker, og der synes at ske en betydelig nedbrydning af en del kemikalier, inden de når havet. Der dannes dog også nye og mere giftige kemikalier, som følge af nedbrydning af nogle af de deponerede kemikalier. Udsivningerne fra kemikaliedepotet vurderes ikke at indeholde kemikalier, som opkoncentreres i fødekæder, og de vil derfor heller ikke på sigt kunne udgøre et problem for befolkningens sundhed.

Risikoen ved badning og ophold på stranden og i klitterne ud for udsivningsområdet er ikke stor, men reel. Den kan imødegås ved at opretholde de allerede iværksatte simple foranstaltninger så som badeforbud og advarsler mod ophold på stranden. Det bør sikres, at de givne forbud og advarsler overholdes. Den eksisterende viden om luftforureningen i området er meget begrænset, men ud fra tidligere beskrivelser må den antages at være aftaget betydeligt de seneste årtier.

Uanset hvad der måtte blive iværksat af oprensingsforanstaltninger må de nuværende anvendelsesbegrænsninger forventes at skulle opretholdes i en periode indtil en tilstrækkelig effekt af en eventuel oprensning kan dokumenteres.

## 4.2 Risici ved spisning af fisk og skaldyr

Langs hele Vestkysten – herunder ud for Kærgård Plantage – er der et generelt forbud mod fiskeri med garn og ruser fra højeste vandstandslinie\* og 100 m ud af hensyn til trækkende vandrefisk. Fiskeriinspektorat Syd har ved kontrol i området konstateret, at dette fiskeforbud overholdes. Fiskeriinspektoratet har endvidere meddelt, at der foregår erhvervsmæssigt fiskeri efter hesterejer langs Vestkysten. Det er ikke muligt at oplyse den eksakte fangede mængde ud for Kærgård Plantage.

Arbejdsgruppen har drøftet den sundhedsmæssige problemstilling i forhold til fiskeri med Fødevarestyrelsen, der har oplyst, at der ikke eksisterer kriterier for indhold i fisk af miljøfremmede stoffer fra udsivningen – men at stofferne principielt ikke må kunne påvises i konsumfisk. Styrelsen vurderer dog, at stofferne formentlig ikke ophobes i fisk, men at der mangler oplysninger herom for en række af de kemikalier, der udsiver fra området.

Fødevarestyrelsen påpeger specielt, at tilstedeværelsen af triklorethylen og andre klorerede opløsningsmidler i det udsivende grundvand kan være problematisk og anbefaler, at triklorethylen anvendes som biomarkør\* i forbindelse med eventuelle undersøgelser af tilstedeværelsen af miljøfremmede stoffer i fisk og rejer. De gennemførte målinger i havvand, der er beskrevet i reference /4/ tyder på, at koncentrationen af triklorethylen umiddelbart ud for udsivningen er i samme størrelsesorden som drikkevandskriteriet. Spredningsberegninger baseret på målingerne i havvand taler således for, at stoffet findes i meget lave koncentrationer i nogen afstand fra udsivningen, såfremt den fortynding, der er vurderet ud fra modelberegninger, er ens for alle kemikalier.

Det er Fødevarestyrelsens og arbejdsgruppens vurdering, at det antageligt ikke er forbundet med sundhedsmæssige risici, at spise rejer og fisk fra området, såfremt de målte vandkoncentrationer er repræsentative for koncentrationen af alle kemikalierne i havvandet. Det vil være ønskeligt at verificere dette med måling af eksempelvis indholdet af triklorethylen i fisk og rejer fanget ud for Kærgård Plantage. En sådan indfangning af i første omgang rejer er forsøgt i december 2004, men måtte opgives på grund af vind- og strømforhold. Indfangningsforsøg vil blive gentaget i foråret 2005 på et tidspunkt, hvor der vurderes at være bedre betingelser for et vellykket resultat.

## 5 Påvirkning af havmiljøet

I regionplanen er der ikke fastsat en specifik målsætning for Vesterhavet ud for det forurenede område på grund af udsivningen af forurenende stoffer.

Vurderingen af påvirkningen af havmiljøet (økotoksikologisk vurdering) baserer sig på metoder og kriterier, som normalt finder anvendelse ved vurderinger af udledninger til vandmiljøet, jf. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996 om kvalitetskrav for vandområder m.v.

### 5.1 Vandkvalitetskriterier for overfladevand

Ved den økotoksikologiske vurdering er der taget udgangspunkt i vandkvalitetskriterier i overfladevand for de enkelte stoffer. En uddybende beskrivelse af principper og metoder fremgår af Miljøstyrelsens vejledning nr. 4, 2004 /7/.

For nogle af de relevante stoffer er der som grundlag for vurderingerne anvendt foreliggende vandkvalitetskriterier. Der er i forbindelse med arbejdsgruppens arbejde udarbejdet foreløbige forslag til kriterier for andre stoffer, men det har ikke inden for rammerne af arbejdet været muligt at udarbejde endelige kvalitetskriterier. Dette gælder bl.a. for sulfastoffer, hvor der er tale om et foreløbigt kriterie baseret på et begrænset datamateriale, og for barbiturater, hvor der er gennemført en indledende undersøgelse.

De økotoksikologiske vurderinger har derfor en tilsvarende foreløbig karakter. Grundlaget for arbejdsgruppens vurderinger i form af vandkvalitetskriterier og den indledende undersøgelse for barbiturater fremgår af /8/ og /10/.

### 5.2 Koncentrationer i havvandet

Det kan ud fra overvågningsprogrammets transportberegninger estimeres, at middelkoncentrationerne i grundvandet ved klitfoden er op til i størrelsesordenen 10.000 – 20.000 gange større end de foreløbige vandkvalitetskriterier (gældende for sulfastoffer og anilin).

Arbejdsgruppen har søgt at belyse den usikkerhed, der er knyttet til den nuværende viden om koncentrationerne af stofferne i havvandet ud for udsivningszonen.

Dette er gjort ved at sammenholde resultaterne af havvandsanalyser /4/ med en beregning af det koncentrationsniveau i havvandet, der kunne forventes ud fra overvågningsprogrammets opgørelse af stofmængderne ved klitfoden (jf. afsnit 3.4) samt de af DHI estimerede fortyndingsgrader i havvandet umiddelbart ud for udsivningszonen.

Resultaterne af denne sammenstilling fremgår af tabel 5.1, hvor de opstillede vandkvalitetskriterier ligeledes er angivet.

| Stofgruppe                     | Stof                  | Vandkvalitetskriterie<br>ug/l | Koncentration i havvand ud for udsivningszonen              |  |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|--|
|                                |                       |                               | Højeste værdi målt i havvandsprøver (november 2004)<br>ug/l | Beregnet værdi ud fra overvågning ved klitfod <sup>1</sup><br>ug/l |
| Klorerede opløsningsmidler     | Tetraklorethylen      | 10                            | 0,083   | 11 – 149   |
|                                | Trikllorethylen       | 10                            | < 0,02  | 4 – 55   |
|                                | Cis-1,2-diklorethylen | 6                             | 1,0   | 7 – 96   |
|                                | Vinylklorid           | 200                           | 2,2   | 0,7 – 9  |
| Kulbrinter                     | Benzen                | 2                             | 0,36  | 5 – 63   |
|                                | Toluen                | 10                            | 0,44  | 7 – 96   |
| Sulfastoffer                   | Sulfastoffer (PAA)    | 1,3                           | 60  | 12 – 156   |
| Organiske kvælstofforbindelser | Anilin                | 0,2                           | < 10  | 3 – 42   |

*Tabel 5.1. Resultater af havvandsanalyser udført i november 2004 sammenholdt med de koncentrationer i havvandet, der kunne forventes ud fra stofmængderne opgjort ved klitfoden. Forskellen mellem de målte og de beregnede koncentrationer er en indikation på den usikkerhed, der med den nuværende viden er knyttet til den økotoksikologiske vurdering. Endvidere er angivet opstillede vandkvalitetskriterier for de aktuelle stoffer. De målte og beregnede koncentrationer er gældende efter fortynding af det udsivende grundvand med havvandet.*

*1) Intervallet for de beregnede værdier udtrykker henholdsvis største og mindste fortynding af det udsivende grundvand i henhold til de af DHI udførte beregninger (fortynding på 100 – 1500 gange afhængigt af vejforholdene)/3/.*

De målte koncentrationer af sulfastoffer og vinylklorid svarer i rimelig grad til de beregnede koncentrationer. For de øvrige stoffer er de målte værdier væsentligt lavere end de beregnede værdier. Det er dog ikke muligt at vurdere forholdet for anilin, som følge af en relativt høj detektionsgrænse.

Af de målte værdier er det alene koncentrationen af sulfastoffer, der overskrider de opstillede vandkvalitetskriterier. For de beregnede værdier overskrides vandkvalitetskriterierne for de fleste stoffer – med de største overskridelser for sulfastofferne og anilin. Det skal understreges, at såvel de målte som de beregnede værdier beskriver situationen efter at det udsivende grundvand er fortyndet med havvandet ud for udsivningszonen.

### 5.3 Økotoksikologiske undersøgelser

Den komplekse stofsammensætning betyder, at der kan være usikkerhed om, hvorvidt overvågningsprogrammet omfatter alle væsentlige stoffer i forhold til en økotoksikologisk vurdering. Endvidere er der usikkerhed knyttet til den samlede økotoksikologiske virkning af stofferne, og de afledte konsekvenser af nedbrydning af stoffer – og specielt nedbrydningsprodukters egenskaber.

Der er i tidligere undersøgelser i 1980'erne gennemført forsøg, hvor prøver af forurenede grundvand fra Kærgård Plantage er testet for giftighed overfor alger, krebsdyr og fisk. I disse undersøgelser blev der ikke fundet sammenhæng mellem vandets giftighed og de samtidigt målte kemiske parametre.

En økotoksikologisk vurdering ud fra de nu opstillede vandkvalitetskriterier og det dengang målte indhold af kemiske stoffer giver dog ikke anledning til en undervurdering af giftigheden, når der sammenlignes med resultaterne af de på samme tidspunkt gennemførte økotoksikologiske målinger /9/.

På den baggrund findes der umiddelbart ikke at være grund til at antage, at et eventuelt indhold af ukendte toksiske stoffer eller samspil mellem stofferne vil ændre på resultaterne af den økotoksikologiske vurdering. Forureningens sammensætning må dog formodes at have ændret sig siden de nævnte undersøgelser blev gennemført. Arbejdsgruppen finder derfor, at der bør udføres nye økotoksikologiske målinger til verificering af de vurderinger, der er foretaget på baggrund af de opstillede vandkvalitetskriterier for enkeltstofferne.

#### **5.4 Vurdering af påvirkningen af havmiljøet**

Resultaterne i tabel 5.1. peger på, at de væsentligste stoffer for påvirkning af havmiljøet er sulfastofferne og eventuelt anilin.

For de øvrige stoffer er der væsentlig forskel på om havvandsanalyserne eller overvågningsprogrammets resultater lægges til grund for vurderingerne. Uanset den usikkerhed som disse forskelle er et udtryk for må det antages, at overskridelser af vandkvalitetskriterierne for disse stoffer vil være mindre end overskridelserne for sulfastofferne og eventuelt anilin.

For stoffet anilin er usikkerheden især knyttet til, at omfanget af nedbrydning mellem klitfod og havstok er uafklaret.

Der er ikke opstillet et vandkvalitetskriterie for barbiturater, men den foreliggende viden herom peger ikke på, at disse er væsentlige for den økotoksikologiske vurdering /10/.

Samlet anses det for sandsynligt, at sulfastofferne – bl.a. som følge af, at disse antageligt ikke eller kun i mindre omfang nedbrydes inden udsivning til havet – udgør den mest kritiske stofgruppe i forhold til havmiljøet.

På det foreliggende grundlag vurderes det, at der i det grundvand, der udsiver i havet, optræder koncentrationer, der i væsentlig grad overstiger opstillede vandkvalitetskriterier.

Den umiddelbare fortynding af det udsivende grundvand ved opblanding med havvand i udsivningszonen er ikke så stor, at alle koncentrationer nedbringes til et niveau, der er mindre end vandkvalitetskriterierne.

Det vurderes derfor, at forureningen medfører, at der i et kystnært havområde over en strækning, der er større end udsivningszonen på ca. 800 meter, findes koncentrationer – i hvert fald af sulfastoffer – der overskrider det foreløbige vandkvalitetskriterie.

Der er ikke med den nuværende viden grundlag for en nærmere afgrænsning af størrelsen af det berørte område.

Det er arbejdsgruppens vurdering, at dette kræver en udbygning af det nuværende vidensgrundlag for så vidt angår de foreløbige opstillede vandkvalitetskriterier og stoffernes forekomst og spredning i havet.

## 6 Screening af mulige tekniske foranstaltninger

Arbejdsgruppen har lagt vægt på en bred afsøgning af mulige metoder og teknikker for eventuelle afværgeforanstaltninger. Med dette udgangspunkt har COWI A/S udarbejdet et projektkatalog /1/ baseret på en screeningsproces, hvor alle generelt kendte metoder er behandlet og vurderet i forhold til forureningen i Kærgård Plantage. Dette afsnit indeholder en sammenfatning heraf.

### 6.1 Arbejdsmetode.

Som grundlag for screeningen er der indledningsvist opstillet mulige målsætninger og beskrevet overordnede afværgeprincipper. Afværagemetoder er herefter identificeret og behandlet i tre trin, der hver indebærer begrundede valg/fravalg af metoder i forhold til næste trin i processen. For hvert trin er detaljeringsgraden i beskrivelse og vurdering af metodens mulige anvendelse overfor forureningen i Kærgård Plantage forøget. Screeningsprocessen har således omfattet følgende trin:

- Opstilling af mulige målsætninger for eventuelle afværgeforanstaltninger.
- Overordnet beskrivelse af afværgeprincipper.
- Indledende screening: Identifikation af mulige afværagemetoder.
- Detaljeret screening: Sammenligning af metoder og udpegning af de mest relevante.
- Detaljeret analyse af udpegede metoder.

Processen har ledt frem til opstilling af fire alternative afværgestrategier, som er beskrevet nærmere i afsnit 7.

### 6.2 Mulige målsætninger for tekniske foranstaltninger

Der har ikke som grundlag for arbejdsgruppens arbejde foreligget absolutte målsætninger for oprensingsniveau eller krav til den miljøtilstand, som på kort eller længere sigt findes acceptabel. Arbejdsgruppen har derfor lagt vægt på, at projektkataloget skal give grundlag for en efterfølgende fastlæggelse heraf i en samlet afvejning af miljømæssige, tekniske og økonomiske forhold.

Arbejdsgruppen har dog lagt til grund, at det teknisk og økonomisk ikke er realistisk eller hensigtsmæssigt at gennemføre en fuldstændig oprensning af forureningen inden for en kort tidshorisont. Ud fra et meget groft økonomioverslag baseret på en forudsat gennemsnitlig oprensingspris på 500 kr./m<sup>3</sup> anses det for sandsynligt, at en fuldstændig retablering af området indenfor en 5-10 årig periode kan overstige 2 milliarder kroner. Det skal for god ordens skyld bemærkes, at der ikke er foretaget nærmere vurderinger af de tekniske forudsætninger eller afledte konsekvenser af en fuldstændig retablering.

Gennemgangen af afværagemetoder er derfor foretaget på grundlag af prioriterede indsatsområder med en tilhørende beskrivelse af målsætninger på et kvalitativt niveau. De prioriterede indsatsområder har omfattet sundhedsmæssige forhold, overfladevand (havmiljø) og æstetiske forhold med kvalitative målsætninger, som beskrevet i tabel 6.1.

| Indsatsområde   | Målsætning  |
|---|---|
| Sundhedsmæssige forhold                                 | <p>Reducere udstrækning af badeforbud i forhold til havet og strandrender mest muligt – og på længere sigt sikre, at det kan ophæves.</p> <p>Overholde kvalitetskriterier for udeluft i strandzonen og klitområde</p> |
| Overfladevand (Havmiljø)                                | Overholde økotoksikologiske vandkvalitetskriterier i havet eventuelt i kombination med udlægning af et spildevandsnærområde.  |
| Æstetiske forhold (lugt, misfarvning, skumdannelse mm.) | <p>Nedsætte – og på længere sigt fjerne – lugtgener på stranden og i klitområder.</p> <p>Reducere – og på længere sigt fjerne – misfarvning af sand i havstokken/stranden</p>   |
| Grundvandsressource                                     | Ikke vurderet som et selvstændigt problem, idet grundvandet ikke anvendes til drikkevand.   |
| Dyreliv/flora i klitområde                              | Ikke vurderet som et væsentligt problem   |

*Tabel 6.1. Prioriterede indsatsområder og kvalitative målsætninger, som er lagt til grund ved vurderinger af mulige afværgemetoder.*

### 6.3 Overordnede afvæргеprincipper

En oprensning kan principielt ske ved en fjernelse af forureningen i kildeområderne (kildereduktion) eller ved at forhindre, at forureningen spredes til strandområdet og Vesterhavet (afskæring).

#### Kildereduktion - Oprensning af kildeområder.

Dette omfatter en fjernelse af forurening ved gruberne - både over og under grundvandsspejlet. Målet for kildereduktion kan være jordforureningen i selve gruberne ned til ca. 5-6 meters dybde eller dybereliggende lommer af forurening. Løsninger med kildereduktion vil typisk have høje etableringsomkostninger, men lave driftsomkostninger. Fordelen ved kildereduktion er, at en stor forureningsmasse fjernes. Ulempen er, at en indsats ved gruberne ikke alene løser risikoen i forhold til strandområde og havmiljø, da området med kraftig forurening har en meget større udbredelse end de oprindelige kildeområder ved gruberne. Med den nuværende viden kan størrelsen af indsatsområdet for eventuel kildereduktion ikke afgrænses præcist.

#### Afskæring af forurening, således at der ikke sker udsivning til havmiljø eller strandområde.

Dette omfatter løsninger, som afskærer udsivningen af stoffer til strandområdet eller Vesterhavet. Afskæringsløsninger vil typisk have relativt lave etableringsomkostninger, men høje driftsomkostninger, fordi afskæringsløsninger normalt skal forløbe over mange år. Med den nuværende viden vil bredden af indsatsområdet for en afskæringsløsning formentlig være ca. 600 meter ned til ca. 20 meters dybde.

I forhold til forureningen ved Kærgård Plantage vurderes både kildereduktionsløsninger og afskæringsløsninger at kunne være relevante. En aktiv oprensning af forureningen i hele grundvandsfanen på én gang vurderes ikke realistisk, da det forurenede grundvandsvolumen er meget stort, og forureningen er relativ dyb.

På grund af periodevise oversvømmelser vurderes det, at det er nødvendigt, at placere en afskæringsløsning bag stranden, dvs. inde i klitterne.

De hydrogeologiske forhold er gunstige for de fleste afværgemetoder, men den komplekse sammensætning af forurenende stoffer er med til at gøre oprensningen vanskelig. Det er derfor hovedsageligt forureningssammensætningen, der er afgørende for den tekniske vurdering af de enkelte oprensningsmetoder.

#### **6.4 Indledende screening**

I den indledende screening er i alt 27 oprensningsmetoder vurderet i forhold til deres anvendelighed overfor de stoffer, som forureningen i Kærgård Plantage omfatter. Herudover er det vurderet, om den enkelte metode kan anvendes som kildereduktions- eller afskæringsløsning, idet nogle af oprensningsmetoderne kan være relevante i begge tilfælde. På baggrund af den indledende screening er 7 metoder fravalgt.

En oversigt over metoder i den indledende screening og resultaterne af vurderingerne fremgår af bilag 3.

#### **6.5 Detaljeret screening**

Den detaljerede screening har omfattet 12 afskæringsmetoder og 8 kildereduktionsmetoder inden for fire hovedkategorier:

- Indkapsling i form af spunsvæg eller hydraulisk kontrol\* ("fiksering") af det forurenede grundvand.
- Afværgepumpning med forskellige metoder til rensning af det oppumpede forurenede grundvand.
- Rensning under jorden ("in situ"\*) med forskellige kemiske eller biologiske metoder.
- Afgravning af forurening over grundvandsspejl (kun relevant for kildereduktion).

I den detaljerede screening er oprensningsmetoderne vurderet i forhold til en række kriterier, bl.a. omkostninger og miljøbelastninger ved metodens anvendelse. Endvidere er det vurderet, om metoden har mulighed for succes som eneste anvendt metode, eller i hvilken grad, den er anvendelig som supplement til anden primær metode.

Gennem den detaljerede screening er fem afskæringsmetoder og fem metoder til kildereduktion udpeget, som de potentielt mest hensigtsmæssige metoder i forhold til forureningen i Kærgård Plantage.

#### **6.6 Detaljeret analyse**

De udvalgte afskærings- og kildereduktionsmetoder er analyseret i forhold til en eventuel anvendelse i Kærgård Plantage. Analysen omfatter for hver metode en mere detaljeret beskrivelse af:

- Teknisk metodebeskrivelse
- Metodens tekniske begrænsninger
- Behov for yderligere viden/testforsøg for en yderligere vurdering af metoden
- Fordele og ulemper ved metoden



- Sandsynligheden for succes
- Tekniske og økonomiske usikkerheder
- Forventede etablerings- og driftstider
- Erfaringsniveau for metoden
- Metodens anvendelighed i kombination med andre metoder
- Økonomiske overslag

### Afskæringsmetoder – detaljeret analyse

De fem udvalgte afskæringsmetoder og de økonomiske overslag fremgår af tabel 6.2.

| Afskæringsmetoder   | Økonomi            |                       |
|---|--------------------|-----------------------|
|   | Etablering         | Årlig drift           |
| Stimulering af biologisk nedbrydning i grundvandet ("In situ sekventiel biologisk nedbrydning"*)  | 18 mio.<br>(13-27) | 4.5 mio.<br>(3,1-6,8) |
| Kemisk nedbrydning i grundvandet ("in situ oxidation* med stoffet permanganat)  | 15 mio.<br>(11-23) | 7 mio.<br>(4,9-10,5)  |
| Oppumpning af grundvand med rensning i et vandbehandlings-anlæg (AOP*) etableret på lokaliteten (on-site-rensning*)                     | 29 mio.<br>(20-44) | 5.5 mio.<br>(3,9-8,3) |
| Oppumpning af grundvand med rensning i traditionelt rensningsanlæg på lokaliteten (on-site rensning)                                    | 55 mio.<br>(39-83) | 5.5 mio.<br>(3,9-8,3) |
| Oppumpning af grundvand med rensning ved etablering af spildevandsledning til et eksisterende kommunalt renseanlæg (off-site rensning*) | 31 mio.<br>(22-47) | 5.5 mio.<br>(3,9-8,3) |

Tabel 6.2. Økonomisk overslag for udvalgte afskæringsløsninger. Parentes angiver usikkerhed på - 30 % til +50 %. Alle beløb i millioner kr. ekskl. moms.

De samlede omkostninger for afskæringsløsningerne beror i høj grad på den nødvendige driftstid. Afskæringsløsningerne må påregnes at skulle være i drift i 50 – 100 år. Dette betyder, at driftsomkostningerne i alle tilfælde har stor betydning.

Den biologiske in-situ-løsning er klart den billigste, men også den løsning, der på det nuværende vidensgrundlag giver den største usikkerhed i forhold til rensningseffekt. Den økonomiske analyse taler for, at udelukke metoden med kemisk nedbrydning, da den i længden bliver for dyr.

Oppumpningsløsningerne indebærer den højeste grad af afværgesikkerhed samt den største massefjernelse. Den økonomiske analyse taler imod metoden med rensning i et traditionelt spildevandsanlæg etableret på lokaliteten, da etableringsomkostningerne vil være meget høje.

Det er vurderet, at en eventuel afværgeforanstaltning overfor forureningen i Kærgård Plantage bør baseres på en afskæringsløsning som det bærende element (basisløsning). Kun ved at afskære forureningen så tæt som muligt på havet, vil udsivningen kunne reduceres inden for en rimelig tidshorisont.

Det er vurderet, at følgende afskæringsmetoder bør indgå som mulige bærende metoder i en samlet afværgestrategi:

- Afskæringsløsning med stimuleret biologisk nedbrydning.

- Afskæring med oppumpning af grundvand og rensning af det oppumpede grundvand enten på selve lokaliteten ved avanceret oxidation (AOP) eller på et eksisterende kommunalt rensningsanlæg.

### Kildereduktionsmetoder – detaljeret analyse

De udpegede metoder til kildereduktion udgør ikke selvstændige løsningsmuligheder for eventuelle afværgeforanstaltninger. Det er vurderet, at de alene ikke vil nedsætte udsivningen markant inden for de næste årtier, fordi forureningen er spredt over et stort område.

Kildereduktion er derfor mulige tillægs løsninger i kombination med en afskæringsmetode som basisløsning. Ved en målrettet kildereduktion med fjernelse af meget koncentrerede dele af forureningen i klitområdet, kan den nødvendige driftsperiode for en afskæringsløsning reduceres. Desuden vil en kildereduktion øge mulighederne for, at anvende biologiske metoder som afskæringsløsning.

Som tillægs løsninger kan målrettede kildereduktioner derfor indgå i en samlet afværgestrategi i det omfang, at de er omkostningseffektive, dvs. at den opnåede reduktion af basisløsningens driftstid er hensigtsmæssig ved en samlet omkostningsbetragtning.

Med dette udgangspunkt skal omfanget af kildereduktion og de hertil knyttede omkostningerne ikke fastlægges særskilt, men i tilknytning til opstilling af samlede afværgestrategier (se afsnit 7).

De fem udpegede kildereduktionsmetoder fremgår af tabel 6.3.

På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at vurdere omfanget af kildereduktion nærmere, da kendskabet til forureningsforholdene i klitområdet ikke er tilstrækkelige. Som udgangspunkt forventes at metoderne i tabel 6.3 kan være relevante i en samlet afværgestrategi.

Metoderne er - som anført under formål i tabellen - rettet mod tre forskellige dele af forureningen.

Om der til oprensning af kraftig forurening under grundvandsspejl bør anvendes kemiske eller biologiske metoder kan ikke vurderes på nuværende tidspunkt.

| Metode   | Formål  |
|--|---|
| Opgravning af forurenede jord under og omkring de 6 gruber | Fjernelse af den kraftigste jordforurening i selve gruberne (primært over grundvandsspejl).                                     |
| Kemisk nedbrydning (oxidation*) med permanganat            | Oprensning af kraftig forurening under grundvandsspejl (sandsynligvis i bund af grundvandsmagasin ned til ca. 20 meters dybde). |
| Kemisk nedbrydning (oxidation) med "Fentons Reagens"       |   |
| Biologisk nedbrydning under iltfrie forhold                |   |
| In situ flushing* (ved grube 1 og 2)                       | Fjernelse af forurening, der optræder som "fri fase" under grundvandsspejl  |

*Tabel 6.3. Udpegede metoder til kildereduktion med angivelse af metodernes formål*

## 7 Afværgestrategier

På grundlag af de udførte screeninger og analyser af mulige afværgete metoder har COWI opstillet fire alternative afværgestrategier for forureningen ved Kærgård Plantage /1/.

### 7.1 Beskrivelse af opstillede afværgestrategier

#### **Afværgestrategi 1a:**

*Afskæring af udsivningen af forurenede grundvand ved stimulering af den biologiske nedbrydning i grundvandet.*

Strategien indebærer, at der i jorden etableres biobarrierer\*. Hver biobarriere består af en række af lodrette injektionsboringer eller infiltrationsdræn. For at opnå biologisk nedbrydning af de forurenende stoffer skal der etableres to barrierer: dels en aerob barriere, hvor nedbrydningen sker under iltforhold, dels en anaerob (iltfri) barriere.

Der vil antageligt skulle etableres i størrelsesordenen 35 boringer til den aerobe barriere og i størrelsesordenen 30 boringer til den anaerobe barriere. Gennem injektionsboringerne tilsættes forskellige stoffer og eventuelt særlige bakteriekulturer for at fremme nedbrydningen.

Det forventes, at den aerobe barriere vil skulle placeres tæt ved klitfoden. Den anaerobe barriere placeres ca. 100 meter længere inde i klitområdet.

Den forventede driftsperiode er mindst 50 år.

#### **Afværgestrategi 1b:**

*Afværgestrategi 1a kombineret med målrettet kildereduktion i klitområdet.*

Løsningen svarer til den ovenfor beskrevne afværgestrategi 1a suppleret med afgrænset og målrettet kildereduktion, der bl.a. kan omfatte en eller flere af nedenstående metoder:

- Fjernelse af kraftig forurening i selve gruberne ved afgravning
- Fjernelse af koncentrerede forekomster af forurenende stoffer (dvs. ”fri fase”) under grundvandsspejlet ved at forøge udvaskningshastigheden (”in-situ flushing”)
- Målrettet fjernelse (nedbrydning) af den kraftigste forurening under grundvandsspejlet ved kemisk omsætning eller ved stimulering af den naturlige nedbrydning

Det forventes, at den samlede driftsperiode vil være 15-30 år. Kildereduktionen gennemføres over en kortere periode (< 5 år).

#### **Afværgestrategi 2a:**

*Afskæring af udsivningen af forurenede grundvand ved oppumpning. Det oppumpede forurenede grundvand renses enten i et vandbehandlingsanlæg på lokaliteten eller på et eksisterende renseanlæg.*

Løsningen indebærer, at der langs med den ydre klitrække placeres i alt ca. 50 boringer, hvor de 30 boringer filtersættes i den finkornede nedre del af magasinet og de 20 i den mellemste/øvre del af magasinet. I alt skal der oppumpes ca. 175.000 m<sup>3</sup> vand pr. år, hvoraf

ca. 10.000 m<sup>3</sup> forventes at komme fra den nedre og mest forurenede del af magasinet. Det oppumpede vand skal efterfølgende renses.

Rensning kan ske i et vandbehandlingsanlæg (anlæg til avanceret oxidation, AOP), der f.eks. kan placeres i en mindre bygning bag klitterne mellem grube 1 og grube 2. Efter rensning ledes vandet ud i Vesterhavet i en trykledning med udløb ca. 500 m fra kysten.

Alternativt kan det oppumpede forurenede vand ved etablering af spildevandsledning ledes til rensning på et eksisterende renseanlæg, hvor anlæggene i Esbjerg og Varde umiddelbart anses for de muligheder, der kan indgå i videre overvejelser.

For at reducere mængden af forurenede vand, som skal håndteres, etableres der også ca. 10 boringer øst for (opstrøms) det forurenede område. Det forventes, at der fra disse boringer skal oppumpes ca. 150.000 m<sup>3</sup> rent vand pr. år, som renses for jern/mangan inden udledning til havet eller ud på stranden. I sidstnævnte tilfælde kan det eventuelt medvirke til at presse udsivningen af forurenede vand længere ud i havet, hvilket vil forbedre vandkvaliteten i forhold til badesituation samt reducere lugtdannelsen.

Den forventede driftsperiode er mindst 50 år.

#### **Afværgestrategi 2b:**

*Afværgestrategi 2a kombineret med målrettet kildereduktion i klitområdet.*

Løsningen svarer til den ovenfor beskrevne afværgestrategi 2a suppleret med målrettet kildereduktion. Kildereduktionen kan omfatte de samme metoder som nævnt under afværgestrategi 1a.

Den forventede driftsperiode vil være 20 – 30 år. Kildereduktionen gennemføres over en kort periode (< 5 år).

## **7.2 Vurdering af afværgestrategier**

Der knytter sig til alle de opstillede strategier en række mulige tekniske begrænsninger og usikkerheder.

Med det formål at få størst mulig sikkerhed ved valg af eventuel afværgeløsning anbefaler COWI, at der i et eventuelt videre forløb gennemføres forundersøgelser i form af dimensioneringstest og afklarende undersøgelser.

Vurderingen af de opstillede afværgestrategier i forhold til hinanden har således en foreløbig karakter.

Fordele ved afværgestrategierne 1a og 1b baseret på biologisk nedbrydning er, at disse vil stimulere og udnytte den naturlige nedbrydning, som allerede i dag sker i grundvandszonen.

Den væsentligste usikkerhed er knyttet til, at de biologisk baserede metoders evne til at nedbryde visse stoffer (specielt sulfonamider) ikke er veldokumenteret. Desuden forudsætter disse strategier, at der kan skabes en biobarriere med aerobe (iltrige) forhold i grundvandszonen. Dette kan være vanskeligt på grund af det høje indhold af iltforbrugende organisk stof i grundvandet. Da

sulfonamiderne formentlig har en hæmmende effekt på den biologiske nedbrydning, vurderes afværgestrategi 1a at være den mest usikre i forhold til oprensningseffektivitet.

Fordelene ved oppumpningsstrategierne 2a og 2b er især, at der oprensningsteknisk er tale om mere afprøvede metoder, og derfor en højere grad af sikkerhed for en effektiv oprensning på kort sigt.

En ulempe ved oppumpningsstrategierne er udfordringerne knyttet til rensning og efterfølgende udledning af det rensede vand. Der er med den nuværende viden knyttet en række usikkerheder hertil – herunder om der kan opnås tilstrækkelige rensningseffekter på eksisterende spildevandsanlæg. Alle stoffer vil blive oppumpet - også selvom de ikke udgør et problem i den nuværende situation.

Oppumpningsstrategierne 2a og 2b vil ikke i samme grad som de biologisk baserede strategier 1a og 1b udnytte den naturlige nedbrydning i grundvandszonen. Der er derimod tale om, at oppumpningen kan svække den naturlige nedbrydning ved fjernelsen af letomsætteligt organisk stof. Disse forhold betyder, at der ved oppumpningsstrategierne 2a og 2b kræves en større rensningsgrad, inden driften af en eventuel afværge kan indstilles.

En strategi baseret på stimuleret biologisk nedbrydning (1a og 1b) sikrer i højere grad, at rensningsindsatsen senere kan tilpasses til det nødvendige niveau. Det er således sandsynligt, at driften af den iltfrie (anaerobe) biobarriere kan drosles ned efter en periode på 5 – 10 år, hvorved driftsudgifterne kan reduceres.

En væsentlig fordel ved at inddrage kildereduktion i en afværgestrategi (1b og 2b) er, at der inden for en kort periode fjernes en stor forureningsmængde (massefjernelse). Herved kan den nødvendige driftstid af en afværgeforanstaltning reduceres betydeligt. Endvidere vil kildereduktion medføre en større sikkerhed for, at afskæringsforanstaltningerne vil fungere effektivt – dette gælder især for afskæringsforanstaltningen baseret på stimuleret biologisk nedbrydning. Ulemperne ved kildereduktion er, at det nuværende vidensgrundlag ikke giver grundlag for en nærmere vurdering af det optimale omfang heraf, eller de tekniske vanskeligheder, der kan være forbundet med gennemførelsen.

Sammenfattende vurderes det realistisk indenfor en periode på 3-5 år, at reducere udsivningen af miljøfremmede stoffer betydeligt gennem en afværgeforanstaltning, men det er ikke muligt at udpege én afværgestrategi som den bedste løsning.

I forhold til at imødegå de sundheds- og miljømæssige problemstillinger i Kærgård Plantage er den største usikkerhed knyttet til strategiernes effektivitet overfor sulfonamider. På det foreliggende grundlag vurderes det, at der vil kunne ske en reduktion af udsivningen af sulfonamider på i størrelsesorden 80-90 % inden for 5 år, men om dette er tilstrækkeligt til at opfylde vandkvalitetskriteriet er uafklaret. En afklaring af dette spørgsmål vil bl.a. kræve større kendskab til udsivningsholdene til Vesterhavet.

Det kan ikke på det foreliggende grundlag vurderes med sikkerhed, hvor hurtigt, der kan opnås forhold, hvor de sundhedsmæssigt betingede reguleringer i form af badeforbud og anbefalinger mod ophold på strandområdet kan ophæves – men det kan muligvis opnås indenfor mindre end ca. 5 år.

Det er usikkert, om lugtgenerne fuldstændig kan elimineres inden for 5 år. Det vurderes dog, at lugtgenerne med stor sandsynlighed vil blive reduceret indenfor en periode på ca. 5 år.

En nærmere afklaring af ovenstående forhold vil bl.a. bero på resultaterne af de nedenfor nævnte dimensioneringstest og afklarende undersøgelser.

En hurtigere forbedring end beskrevet ovenfor kunne eventuelt opnås, men dette ville kræve en aktiv afværgeindsats i området mellem klitfoden og havstokken. Da dette vil kræve store ekstraomkostninger uden væsentlig massefjernelse vurderes denne ekstrainsats ikke at være omkostningseffektiv, og indgår derfor ikke i de opstillede afværgestrategier.

### 7.3 Økonomi

En oversigt over de skønnede udgifter knyttet til de opstillede afværgestrategier fremgår af tabel 7.1.

|   | Strategi 1a          | Strategi 1b                    | Strategi 2a           | Strategi 2b                     |
|---|----------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Investering (mio. kr.) <sup>1)</sup>            | 18<br>(13 – 27)      | 78<br>(55 – 117)               | 30<br>(21 – 45)       | 90<br>(63 – 135)                |
| Årlig driftsomkostning (mio. kr.) <sup>1)</sup> | 4,5<br>(3 – 7)       | 4,5<br>(3 – 7)                 | 5,5<br>(4 – 8)        | 5,5<br>(4 – 8)                  |
| Driftsperiode (år)                              | > 50                 | 15 – 30                        | > 50                  | 20 – 30                         |
| Nutidsværdi af samlet omkostning <sup>2)</sup>  | > 89<br>(62 – > 133) | 15 års drift 124<br>(87 – 186) | > 101<br>(71 – > 151) | 20 års drift 153<br>(107 – 230) |
|   |                      | 30 års drift 142<br>(99 – 213) |                       | 30 års drift 166<br>(116 – 249) |

Tabel 7.1 Sammenligning af etablerings- og driftsomkostninger, forventet driftsperiode og nutidsværdi af de samlede omkostninger. Usikkerhed på -30 +50 % er angivet i parentes

Alle beløb i mio. kr. ekskl. moms

1) Investeringer og driftsomkostninger i tabellen er angivet i faste (reale) 2004-priser.

2) Nutidsværdi er angivet med basis i reale priser og 6 % realrente. Der er endvidere foretaget beregninger med 3 % realrente, se /1/.

For strategierne 1a og 2a omfatter investeringerne omkostninger til etablering af afskæringsforanstaltningerne.

For strategierne 1b og 2b skyldes de væsentlig større investeringer, at der – udover etablering af afskæringsforanstaltningerne – indgår omkostninger til kildereduktion i klitområdet. I skønnene for omkostninger til kildereduktion er forudsat følgende:

- Afgravning af forurenede jord omkring grube 1 og 2 (5 mio. kr. ekskl. moms).
- Målrettet fjernelse af koncentreret forurening under grundvandsspejl, herunder fjernelse af ”fri fase” (55 mio. kr. ekskl. moms over en periode på 2 – 5 år).

Under hensyntagen til de i tabellen anførte usikkerheder kan der ikke peges på sikre økonomiske fordele/ulempen mellem de samlede omkostninger for de opstillede afværgestrategier.

## 7.4 Dimensioneringstest og afklarende undersøgelser

Med det formål at få størst mulig sikkerhed for valg af eventuel afværgestrategi – herunder en mere præcis vurdering af de tekniske og økonomiske forudsætninger og usikkerheder - anbefaler COWI, at der gennemføres dimensioneringstest og afklarende undersøgelser.

Dette vil bl.a. omfatte en afgrænsning af grundvandsforureningen ved afskæringsområdet, prøvepumpninger\* og injektionstest\*, laboratorieforsøg, undersøgelse af omfanget af naturlig nedbrydning, afdampning fra forureningen og undersøgelser af forureningen i og ved gruberne samt forureningens fordeling i grundvandsfanen. En oversigt over de anbefalede test og undersøgelser fremgår af bilag 4.

Afhængigt af de første undersøgelsesresultater, der i givet fald vil fremkomme i forbindelse hermed, kan det blive aktuelt at målrette videre undersøgelser mod en given afværgestrategi.

De samlede omkostninger til en eventuel gennemførelse af de anbefalede test og afklarende undersøgelser er estimeret til 6 mio. kr. ekskl. moms.

## 8 Arbejdsgruppens vurdering

### 8.1 Effekter af forureningen

Forureningens omfang indebærer, at der – såfremt der ikke iværksættes afværgende foranstaltninger – vil være behov for at opretholde de nuværende reguleringer vedrørende badeforbud og ophold på strandområdet på en som minimum 800 meter lang strækning ud for deponerne i en meget lang periode.

Det kan ikke udelukkes, at resultaterne af de nedenfor foreslåede undersøgelser kan medføre behov for en justering (mindre udvidelse) af den strækning, hvor der er behov for sundhedsmæssigt begrundede foranstaltninger.

Forureningen indebærer en udsivning af miljøfremmede stoffer til havmiljøet, der – såfremt der ikke iværksættes afværgende foranstaltninger – vil fortsætte i mange årtier.

Denne udsivning indebærer, at der i et kystnært havområde over en strækning på mere end 800 meter må forventes at forekomme koncentrationer af forurenende stoffer, der overskrider de normalt gældende økotoksikologiske krav til vandkvaliteten. Såfremt dette ikke afhjælpes vil det berørte havområde ikke kunne leve op til målsætningen ”god økologisk tilstand”, og der vil i den fremtidige planlægning efter miljømålsloven være behov for at vurdere, om lovens undtagelsesbestemmelser kan bringes i anvendelse med udpegning af et område med en målsætning på et lavere niveau. En nærmere afgrænsning af et sådant område skal i givet fald indgå i vandplanen for det pågældende vanddistrikt, dvs. senest med udgangen af 2009.

### 8.2 Vurdering af eksisterende viden

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at der er behov for at verificere og forbedre den eksisterende viden om forureningen gennem følgende undersøgelser:

- Undersøgelse af det udsivende grundvands økotoksikologiske egenskaber. Formålet er at verificere, at de analyserede kemiske stoffer i overvågningen af forureningen udgør alle de væsentligste stoffer, herunder at verificere den økotoksikologiske vurdering, som er baseret på analyser af enkeltstofferne.
- Undersøgelser af de forurenende stoffers forekomst og spredning i havmiljøet samt undersøgelser med henblik på en mere præcis opstilling af vandkvalitetskriterier for de væsentligste stoffer. Disse undersøgelser skal rettes mod grundvand udtaget så tæt på havstokken som muligt og/eller havvandsprøver. Undersøgelserne skal koordineres med ovennævnte økotoksikologiske undersøgelser med henblik på, at bekræfte eller afkræfte om der er en anden sammensætning og toksicitet i det grundvand, der påvirker havet i forhold til det grundvand, der forlader klitfoden.
- Undersøgelser til verificering af afgrænsningen af det strandområde, hvor udsivningen af forurenede grundvand til havet sker (udsivningszonen). Behovet herfor skyldes især, at der på baggrund af de seneste resultater fra overvågningen af forureningen i september 2004 kan være usikkerhed om den præcise afgrænsning af udsivningszonens sydlige udstrækning.



- Undersøgelser af grundvandet nedenfor depoter, hvor der er deponeret affald fra Esbjerg Kemi. Formålet er at verificere tidligere vurderinger af, at disse deponeringer ikke udgør en væsentlig risiko i forhold til omgivelserne.
- Undersøgelser af rejer i havet ud for det forurenede område til verificering af, at der ikke sker ophobning af miljøfremmede stoffer heri.

Det skønnes, at ovenstående undersøgelser kan gennemføres for et beløb på ca. 2 mio. kr. ekskl. moms.

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at disse undersøgelser bør iværksættes uanset resultatet af eventuelle videre overvejelser om afværgeforanstaltninger, men - såfremt der træffes beslutning herom - bør de tilrettelægges og gennemføres som led i de forundersøgelser, som vil være knyttet til et afværgeprojekt.

Arbejdsgruppen har forudsat, at den nuværende overvågning af udsivningen videreføres indtil videre, og de løbende udgifter hertil (ca. 200.000 kr. ekskl. moms pr. år) indgår ikke i ovenstående.

### **8.3 Tekniske foranstaltninger**

På baggrund af Cowis gennemgang og vurdering af mulige afværgemetoder er det arbejdsgruppens opfattelse, at det med i dag kendte metoder må anses for muligt at etablere afværgeforanstaltninger, der inden for en kortere årrække kan reducere udsivningen af forurenende stoffer i betydeligt omfang.

Der knytter sig til de opstillede strategier dog en række mulige tekniske begrænsninger og usikkerheder, og der er meget stor usikkerhed forbundet med de økonomiske overslag.

Der er ikke på nuværende tidspunkt grundlag for, at udpege én afværgeløsning som den bedste, idet dette kræver afklaring af en række forudsætninger.

De af COWI opstillede afværgestrategier indebærer en afskæring ved klitfoden af de forurenende stoffers udsivning, enten ved at stimulere den naturlige biologiske nedbrydning i grundvandet, eller ved at oppumpe og rense grundvandet. De nødvendige investeringer til en gennemførelse heraf er skønnet til henholdsvis ca. 18 og ca. 30 mio. kr. De årlige omkostninger til driften er skønnet til henholdsvis ca. 4,5 og ca. 5,5 mio. kr. (alle tal i faste 2004 kr.). Såfremt der ikke foretages yderligere foranstaltninger må der påregnes en driftstid på 50 – 100 år.

Afskæringen af det udsivende spildevand kan kombineres med en målrettet oprensning af kildeområder med særlig kraftig forurening i klitområdet (kildereduktion). Herved vil det være muligt, at reducere driftstiden af afskæringsforanstaltningen – og dermed de samlede driftsudgifter. I de af COWI opstillede afværgestrategier, hvor en afskæringsforanstaltning kombineres med kildereduktion, forøges de nødvendige investeringer med ca. 60 mio. kr. Driftstiden for afskæringen kan herved formentlig reduceres til 15 – 30 år.

Afskæring ved stimulering af biologisk nedbrydning forventes både på kort og lang sigt at være den billigste løsning, men vurderes på nuværende tidspunkt at være behæftet med større tekniske usikkerheder end en oppumpningsløsning.

Første fase i en eventuel beslutning om afværgeforanstaltninger bør omfatte de nødvendige forundersøgelser til dokumentation for afværgeforanstaltningernes effekt, valg af afværgeløsningens udformning, og som grundlag for projektering og dimensionering af den valgte løsning. Udgifterne til de nødvendige forundersøgelser skønnes at ville udgøre ca. 6 mio. kr. ekskl. moms. En oversigt over de anbefalede forundersøgelser ses i bilag 4.

Under forudsætning af, at det gennem forundersøgelserne kan dokumenteres, at der kan opnås de forventede effekter af afværgeforanstaltningerne, vil en gennemførelse heraf indebære følgende fordele:

- Væsentligt fremrykke det tidspunkt, hvor der ikke længere vil være behov for sundhedsmæssigt begrundede foranstaltninger (kan muligvis opnås inden for 5 år).
- Reducere udsivningen af miljøfremmede stoffer til havet, og dermed begrænse udstrækningen af havområdet, der må forventes påvirket af forureningen.
- Væsentligt fremrykke det tidspunkt, hvor normalt gældende krav til vandkvalitet i havmiljøet kan overholdes (kan muligvis opnås inden for 5 år).
- Reduktion af lugtgener og æstetiske gener inden for en kort årrække.

De væsentligste ulemper ved gennemførelse af en afværgeløsning er:

- De betydelige omkostninger.
- Driften af afværgeløsningen skal opretholdes over en meget lang årrække.

#### **8.4 Restforurening**

De opstillede afværgeløsninger indebærer ikke en fuldstændig oprensning af det forurenede område.

De opstillede afværgeløsninger indebærer, at der efter et eventuelt afværgeprojekts afslutning fortsat vil være efterladt forurening i klitområdet i såvel jord som grundvand. I de opstillede afværgestrategier indgår, at driften af afværgeforanstaltningerne fortsætter, indtil forureningsniveauet i grundvandet er nedbragt til et niveau, hvor der ikke vil være behov for sundhedsmæssigt begrundede reguleringer, og hvor udsivningen ikke er til hinder for, at de normalt gældende krav til vandkvalitet kan opfyldes.

Forureningen vurderes ikke at indebære væsentlige sundhedsmæssige eller miljømæssige effekter i klitområdet.

På grund af periodevise oversvømmelser vurderes det, at det er nødvendigt, at placere en afskæringsløsning bag stranden, dvs. inde i klitterne. Forureningen mellem afskæringen og havet vil udsive i de første år efter, at en afværgeløsning er igangsat. Den fulde effekt opnås derfor først efter ca. 5 år.

#### **8.5 Efterfølgende faser ved en eventuel beslutning om afværgeforanstaltninger**

Første fase ved en eventuel beslutning om etablering af afværgeforanstaltninger bør omfatte de nødvendige forundersøgelser til at sikre grundlaget for endeligt valg af en afværgestrategi og grundlaget for en efterfølgende projektering og dimensionering af den valgte løsning.

Arbejdsgruppen skønner, at forundersøgelserfasen kan gennemføres inden for et år fra det tidspunkt, hvor der måtte blive truffet beslutning om, at forundersøgelserne skal gennemføres.

De eventuelle efterfølgende faser herefter vil omfatte endeligt valg af afværgestrategi, udarbejdelse af skitseprojekt, detailprojekt og udbud samt udførelse.

I ovenstående forløb skal samtidig vurderes, om etableringen af en valgt afværgeløsning er omfattet af reglerne om VVM-procedure. I givet fald er det arbejdsgruppens opfattelse, at en sådan procedure kan gennemføres parallelt med udarbejdelsen af skitseprojekt.

## 9 Referencer

- /1/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Tekniske løsninger af forureningssituationen i Kærgård Plantage. Projektkatalog. Februar 2005. Rapport udarbejdet af COWI A/S.
- /2/: Embedslægeinstitutionen for Ribe Amt og Sundhedsstyrelsen: Vurdering af sundhedsmæssige aspekter af forureningen ved Kærgård Plantage. Februar 2005.
- /3/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Beregning af fortynding ved Kærgård Plantage. November 2004. Rapport udarbejdet af DHI.
- /4/: Ribe Amt: Notat om prøvetagning og analyse af prøver fra stranden ved Kærgård Plantage. Februar 2005.
- /5/: Ribe Amt: Kærgård Plantage. Afrapportering af overvågningsprogram. 2002. Rapport udarbejdet i samarbejde med DGE a/s.
- /6/: Ribe Amt: Resultater af analyser fra prøver udtaget september 2004 i forbindelse med overvågning af forureningen ved Kærgård Plantage.
- /7/: Miljøstyrelsen: Principper for fastsættelse af vandkvalitetskriterier for stoffer i overfladevand. Vejledning nr. 4, 2004.
- /8/: Ribe Amt: Notat vedr. økotoxikologiske vandkvalitetskriterier. December 2004.
- /9/: Ribe Amt: Notat vedr. Kærgård Plantage – Tidligere tox-målinger og målte koncentrationer i nærliggende boringer. Februar 2005.
- /10/: M-LAB A/S: Testrapport – Barbitalnatrium – Toxicity test with the marine copepod *Acartia tonsa*. 10. februar 2005.

## 10 Ordliste

**Afskæring** teknisk foranstaltning med henblik på at forhindre, at forurenende stoffers spredes med grundvandet. Dette kan f.eks. ske ved etablering biobarrierer (se dette), eller ved etablering af en række indvindings-boringer, hvorfra det forurenede grundvand oppumpes.

**Afværgeforanstaltning** foranstaltning, som har til formål at fjerne og/eller hindre spredning af forurening.

**AOP** anlæg til rensning af grundvand ved avanceret kemisk oxidation.

**Barbiturater** aktiv stof i sovemidler.

**Benzen** flygtig kulbrinte-forbindelse.

**Biobarriere** metode, hvor en forurening afskæres ved etablering af en barriere ("reaktiv væg"), der tilføres forskellige egenskaber med henblik på omsætning af forurenede stoffer.

**Biomarkør** indikator for eksponering med et sundhedsskadeligt stof.

**Chlorphenoler** organiske phenolforbindelser med en eller flere chlorforbindelser. Se phenoler.

**Dichlorprop** et ukrudtbekæmpelsesmiddel, hvor aktivstoffet er (2,4-dichlorphenoxy)propionsyre.

**Hydraulisk kontrol** kontrol med grundvandets bevægelse (strømning) ved henholdsvis oppumpning og recirkulation af grundvand.

**Højeste vandstandslinie** gennemsnitlig vandstand ved højvande.

**Injektionstest** tilførsel af vand til en boring med henblik på at bestemme boringens og det

vandførende lags evne til at modtage (nedsive) vand.

**In situ flushing** metode til fjernelse af jordforurening over grundvandsspejlet ved gennemskylning af den forurenede jord med f.eks. sæbestoffer.

**In-situ oprensning** rensning på stedet uden opgravning af jord eller oppumpning af grundvand.

**In-situ sekventiel biologisk nedbrydning** metode med 2 eller flere biobarrierer (se dette) til afskæring (omsætning) af forurenede stoffer.

**Kildereduktion** fjernelse af koncentrerede forekomster af forurening.

**Klorerede opløsningsmidler** anvendes som affedtnings- og ekstraktionsmiddel i industrien.

**Klorid** stof som udgør ca. halvdelen af almindeligt salt og derfor findes i store mængder i havvand.

**Lithium** metallisk grundstof, anvendt som lægemiddel mod psykiske sygdomme. Findes naturligt i havvand i lave koncentrationer.

**MCPA** et ukrudtbekæmpelsesmiddel, hvor aktivstoffet er 2-Methyl-4-ChloroPhenoxy-eddikesyre. Midlet er bl.a. blevet fremstillet på Esbjerg Kemi.

**Nedbrydningsprodukt** betegnelse for de(t) stof(fer) et oprindelig stof omdannes til ved biologisk omsætning.

**NVOC** samlet betegnelse for ikke flygtige organiske kulstofholdige forbindelser.

**Off-site rensning** oprensning på et andet sted end hvor jord er opgravet eller grundvand er oppumpet.

**On-site rensning** oprensning på stedet ved opgravning af jord eller oppumpning af grundvand.

**Organiske kvælstofforbindelser** organiske stoffer, som indeholder et eller flere kvælstofatomer. I den aktuelle sammenhæng drejer det sig bl.a. om anilin, pyridin og N-phenylacetamid.

**Oxidation** iltning, proces under hvilken et stof bliver oxideret.

**Phenoler** gruppe af organiske stoffer, som har meget forskellig anvendelse. Klorerede phenoler har bl.a. været anvendt i produktionen af pesticider på Esbjerg Kemi.

**Poreluftmåling** udtagning af poreluft i jorden over grundvandet mhp. måling af indholdet af flygtige stoffer.

**PAA (Primære aromatiske aminer)** stofgruppen indeholdende bl.a. sulfonamider. Det er hurtigt og billigt at analysere for den samlede mængde PAA, men analysen giver ingen oplysninger om indhold af de enkelte stoffer.

**Prøvepumpning** oppumpning af grundvand fra en boring med henblik på bestemmelse af boringens og det vandførende lags ydedygtighed.

**Screeningsanalyse** kemisk analyse, hvor det undersøges, hvilke stoffer en prøve indeholder men ikke koncentrationen af de enkelte stoffer.

**Strandrende** lavning på nederste del af stranden. I strandrenden kan ved lavvande stå havvand eller blandet hav- og grundvand.

**Sulfonamider** samlet betegnelse for en gruppe stoffer, som virker hæmmende på bakterievækst, og derfor anvendes som antibiotika.

**Svovl** naturligt forekommende stof i bl.a. havvand.

**Toluen** flygtig kulbrinteforbindelse.

**Vandkvalitetskriterie** det højeste koncentrationsniveau ved hvilket det skønnes, at der ikke vil forekomme uacceptable negative effekter på vandøkosystemer.

**Økotoxikologi** læren om forurenede stoffers virkninger på omgivelserne, dvs. på bestande og økosystemer.

# Bilag 1

## Arbejdsgruppens kommissorium

Der nedsættes en fælles arbejdsgruppe med deltagere fra Miljøstyrelsen og Ribe Amt.

Gruppen skal:

- redegøre for den eksisterende viden om forureningen og give en vurdering heraf
  - sikre en fornyet sundhedsvurdering i forhold til:
    - badning
    - ophold på strand og i klitter
    - fiskeriet
  - overordnet beskrive
    - mulige tekniske foranstaltninger i form af mulighed for opsamling af forurening, mulighed for rensning eller evt. andre tekniske foranstaltninger
    - effekten af eventuelle foranstaltninger (efterladt restforureninger f.eks. efter en oprensning)
  - udarbejde grove økonomiske estimater for en eventuel teknisk løsning
  - udarbejde en indstilling med en afvejning af fordele og ulemper ved at iværksætte en sådan løsning
  - skitsere eventuelle efterfølgende faser
- 
- Den 1. februar 2005 fremkommer arbejdsgruppen med forslag til plan for det eventuelle videre arbejde

# Bilag 2 Oversigtskort





Bilag 3. Indledende screening af mulige afværgemetoder på Kærgård Plantage

| Afværgeaktivitet                      | Metodebeskrivelse   | Teknologibeskrivelse   | Indsats-område |                   | Forureningskomponenter     |         |          |               |              |        |                    |                      |              |         |  | Bemærkninger til screening  | Afværgemetode til yderlig overvejelse |
|---------------------------------------|---|--|----------------|-------------------|----------------------------|---------|----------|---------------|--------------|--------|--------------------|----------------------|--------------|---------|--|---|---------------------------------------|
|                                       |   |  | Kildeudvikling | Afskæringsløsning | Klorerede opløsningsmidler | BTEX'er | Phenoler | Chlorphenoler | Sulfonamider | Anilin | Alkoholer o. lign. | Organisk stof (NVOC) | Barbiturater | Lithium |  |   |                                       |
| Fysisk indkapsling                    | Vertikale barriere  | Installation af vertikale barrierer ved brug af bentonit vægge, spunsjernvægge eller cementmørtelvægge for at inddæmme forurening og forhindre forureningsspredning. Typisk brugt i forbindelse med horisontale barrierer (afdækning) og/eller grundvandssekstraktion og behandling.   |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Muligvis anvendelig, især for fokuserede kildeområder af begrænset størrelse. Kræver en samtidig forhindring af vandtilstrømning både horisontalt og fra nedbør.  | Ja                                    |
|                                       | Horisontale barriere (afdækning)  | En række af afdækningsystemer kan bruges til at reducere eksponering til de øverste jordlag, kontrollere støvudvikling og til at begrænse infiltration af vand. Asfalt, beton og cement kan bruges. Afdækningsdesignet afhænger af klimaet og geotekniske forhold på grunden. Designet skal inkludere hældnings- og afløbskontrol.   |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Kan sandsynligvis ikke anvendes ved stort areal og gruber med mange kilder. Denne løsning vil ikke reducere udsvingningen til havet nævneværdigt.   | Nej                                   |
|                                       | Hydraulisk fixering   | Grundvand oppumpes opstrøms gruber og reinfiltres tæt på strandkanten. Det oppumpede grundvand skal først renses for jern inden reinfiltration. Nedbør i grubeområder opsamlles via drænsystem og reinfiltres sammen med det oppumpede grundvand. Denne løsning svarer til Niras forslag fra 1992  |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Store mængder rent grundvand skal behandles for jern og reinfiltres. Der er ingen aktiv reduktion i forureningsmasse. På sigt (5-10 år) vil der blive behov for at oppumpe og rense forurenede vand. Der er også en risiko for spredning af forurening mod land.  | Ja                                    |
| Metoder til fanekontrol               | Afværgepumpning med rensning af vand gennem aktivt kul                      | Fjerner de fleste organiske komponenter og nogle andre polære stoffer ved adsorption, mens vandet eller gassen passerer gennem et filter af granuleret, aktivt kul. Udskiftning eller regenerering af kul er nødvendig.  |                | x                 | x                          | x       |          |               |              |        | x                  | x                    |              | x       | x  | Rensningsmetoden vil ikke omfatte vandblandbare stoffer. Desuden meget lav adsorptionssevne for klorerede nedbrydningsprodukter.  | Ja                                    |
|                                       | Afværgepumpning med avanceret oxidationsproces AOP                          | Ultraviolet stråling, ozon og/eller hydrogenperoxid anvendes til at ødelægge organiske forureningsstoffer.   |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | ?            | x      | x                  | x                    | x            |         |  | Muligvis anvendelig, især for organiske stoffer.  | Ja                                    |
|                                       | Afværgepumpning med rensning af vand ved MPPE                               | Væske-væske ekstraktion i macro porous polymer extraction, i hvilken en immobil højmolekylær væske ekstraherer organiske stoffer fra en vandstrøm.   |                | x                 | x                          | x       |          |               | x            | ?      | ?                  |                      | x            | ?       |  | Muligvis anvendelig for organiske stoffer.  | Ja                                    |
|                                       | Afværgepumpning med rensning af vand i resiner                              | Noget lignende som granuleret aktivt kul, men dyrere. Kan regenereres ved hjælp af syrer og baser eller organiske opløsningsmidler.  |                | x                 | x                          | x       |          |               | x            | ?      | ?                  |                      | x            | ?       |  | Muligvis anvendelig for organiske stoffer.  | Ja                                    |
|                                       | Afværgepumpning med rensning af vand i mobile biologiske filtre             | Biologisk nedbrydning med teknologier som aktiveret slam, roterende biologiske kontaktorer, biologiske filtre og biologiske spildevandslaguner. Nedbryder forureningsstoffer i vand ved mikrobiel nedbrydning  |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Kompleks blanding og høje forurenings- og sulfonamidkoncentrationer vil sandsynligvis umuliggøre brug af konventionelle mobile bioreaktorer.  | Nej                                   |
|                                       | Afværgepumpning med rensning af vand i elektrokemiske filtre                | DTU og DHI samarbejder om en elektrokemisk rensningsmetode på grundvand, som mineraliserer langt de fleste organiske stoffer. Lovende metode men uafprøvet i fuld skala  |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Rensningsmetoden er lovende, men er endnu under udvikling.  | Nej                                   |
|                                       | Afværgepumpning med vandbehandling i spildevandsanlæg                       | Det oppumpede vand ledes til rensesanlæg   |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Principielt er der de to muligheder: enten bygges der et spildevandsanlæg på lokaliteten eller vandet pumpes til et eksisterende rensesanlæg.   | Ja                                    |
|                                       | Reaktiv væg med jernspåner  | Gennemgående barriere eller "Funnel and Gate" som fyldes med jernspåner. I væggen eller i behandlingszonerne sker der en hydrokemisk nedbrydning.  |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Den reaktive væg vides med sikkerhed at være effektiv overfor klorerede komponenter, men effekten på øvrige komponenter er uvis   | Ja                                    |
|                                       | Reaktiv væg med biologiske anaerobe og aerobe trin (EISB)                   | Et sekventiel anaerob/aerob in situ biologisk afværgesystem, hvor oxiderede komponenter som f.eks. TCE og PCE nedbrydes i et anaerob trin og andre komponenter som BTEX, anilin og barbiturater nedbrydes i et aerob trin.   |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Denne afskæringsløsning vil være ideel. Det formodes, at ingen af forureningskomponenterne kan overleve både anaerobe og aerobe forhold.  | Ja                                    |
|                                       | Bio sparging  | Injektion af ilt til forceret aerob biologisk nedbrydning, som eventuelt tilsættes næringsstoffer og bakteriekulturer.   |                | x                 |                            | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Virker ikke overfor TCE og PCE, men metoden kan godt bruges som kombinationsløsning   | Ja                                    |
| C-sparging                            | Injektion af luft blandet med ozon i den mættede zone til kemisk oxidation. |  | x              | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | Sandsynligvis anvendelig både som afskæring og i kildeområder  | Ja  |                                       |
| In situ fysiske oprensningemetoder    | Afgravning  | Oprævning af grubeområderne for ex situ-behandling. Alle andre steder ligger forureningen under grundvandsspejlet og dybt (>10 m)  |                | x                 |                            | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Effektiv til reduktion af forureningsmasse i udvalgte dele af kildeområderne. Ingen effekt på udsvingning af forurenede grundvand til recipient inden for den nærmeste fremtid. Relevant som kildeudviklingsmetode.   | Ja                                    |
|                                       | Vacuümekstraktion/airsparging   | Fjernelse af letflygtige miljøfremmede stoffer i umættede zone vha. vakuum. Der etableres ekstraktionsfiltere i den umættede zone, som påtrykkes et vakuum vha. vakuumpumpe, hvorved letflygtige stoffer suges ud af jorden. Den ekstraherede luft renses typisk inden udledning til atmosfæren.   |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            |        |                    |                      | x            |         | Kun anvendelig for flygtige organiske forbindelser som BTEX og klorerede komponenter. Vil ikke være effektiv overfor vandopløselige komponenter som Anilin og barbiturater.  | Nej   |                                       |
|                                       | Dual phase ekstraktion  | Et højtvakuumssystem anvendes til samtidig at fjerne forurening i både mættet og umættet zone. Ekstraherede væsker kræver behandling eller bortskaffelse.  |                | x                 |                            | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Metoden er mest relevant for NAPL, hvor der findes en væsentlig forureningsmasse opløst i grundvandet samt en volatil del i en smearzone  | Nej                                   |
|                                       | Injektion af damp   | Injektion af damp (evt. blandet med trykluft) til jorden og samtidig fjernelse af forurening fra vakuümekstraktionsboringer i den umættede zone. Der kan også ske kondensation til grundvandet hvorfor der typisk sker oppumpning af grundvand. I den mættede zone mest velegnet til fri fase oprensning.  |                | x                 |                            | x       | x        |               |              |        |                    |                      |              |         |  | Er mest effektivt i den umættede zone og er slet ikke effektivt i den mættede zone over for vandopløselige stoffer.   | Nej                                   |
|                                       | Desorbition med elektrisk opvarmning  | Opvarmningen kan gennemføres med varmelegemer (varmebrønde), hvor temperaturen kan nå op til 800 grader celsius. En stor del af forureningen oxideres i jorden (op til 90-95%), medens den resterende opsuges gennem ekstraktionsboringer. Opvarmningen kan også ske ved at sende en strøm gennem jorden (eksempelvis Six Phase Soil Heating). Metoden kræver et ekstraktionslag i den umættede zone. I mættet zone mest velegnet til fri fase oprensning. |                | x                 |                            | x       | x        |               |              |        |                    |                      |              |         |  | Forskellen mellem dampinjektion og elektrisk opvarmning er temperaturen. Med elektrisk opvarmning kan der opnås højere temperaturer som gør, at selv tungere stoffer kan mobiliseres, og i nogen tilfælde sker der også en kemisk omdannelse. Metoden er kun effektivt i den umættede zone. En opnåelse af temperaturer over 100 grader kræver fjernelse af vandet. | Nej                                   |
|                                       | Strategisk lokale grundvandsoppumpninger                                    | Oppumpning i identificerede kildeområder med stærk opløst forurening eller fri fase (klorerede opløsningsmidler). Den fri fase frasepareres og vandet renses inden udledning. Metoden kan eventuelt suppleres med tilføjelse af mobiliserende cosolventer/surfactens.  |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | x  | Vælges en afskæringsløsning at omfatte afværgepumpning, kan både kildeoprensning og afskæring renses i samme system, hvilket er en stor fordel.   | Ja                                    |
| In situ kemiske oprensningemetoder    | Kemisk oxidation med permanganat  | Tilsætning af kalium- eller natriumpermanganat som i løbet af dage og uger oxiderer forureningskomponenterne. Permanganaten tilføres i flydende form gennem brønde, boringer eller ved injektion. Fordelen ved metoden er at permanganaten holder sig aktiv gennem flere måneder.  |                | x                 | x                          | x       | x        | ?             | ?            | ?      | ?                  | ?                    | x            | ?       | Permanganaten vil kunne nedbryde klorerede komponenter, TEX og muligvis en del af de øvrige komponenter.   | Ja  |                                       |
|                                       | Kemisk oxidation med Fentons Reagens  | Tilsætning af brintperoxid i udvalgte områder med meget stor forureningsmasse. Kræver normalt lav pH-værdi, men findes i en modificeret udgave, som kan anvendes ved højere pH-værdier.  |                | x                 |                            | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | Uhyre effektiv metode men også meget kortvarig (timer), hvilket kan give tilbageslag (ikke nedbrudte stoffer adsorberet til jordpartiklerne) for nogle stoffer.  | Ja  |                                       |
|                                       | Kemisk oxidation med ozon   | Indblæsning af ozon i den mættede zone, som hurtigt nedbryder sandsynligvis langt de fleste stoffer.   |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | I princippet det samme som C-sparging. Der kan være problemer med fordelingen, hvor det kræver mange injektionsboringer. Metoden virker kortvarig.   | Ja  |                                       |
|                                       | Jernpulver  | Brug af nulvalent jern eller nanoskala nulvalent jern til abiotisk at reducere forureningsstoffer. Typisk brugt som en gennemstrømnings-reaktiv barriere, men kan også injiceres i kildeområder som emulgeret jern.  |                | x                 | x                          | x       | ?        | ?             | ?            | ?      | ?                  | ?                    | ?            | ?       | Sandsynligvis anvendelig overfor klorerede opløsningsmidler men næppe overfor de fleste andre komponenter  | Nej   |                                       |
| In situ biologiske oprensningemetoder | Anaerobe metoder  | Tilsætning af en elektrondonor som alkoholer, melasse og HRC og/eller anaerobe elektronacceptorer (nitrat, sulfat, jern) for at stimulere den anaerobe biologiske nedbrydning af forureningsstoffer. Kan anvendes som en reaktiv biobarriere for fanekontrol eller til strategisk behandling af kildeområder. Særligt effektiv overfor TCE og PCE.   |                | x                 | x                          | x       | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | Metoden kan sandsynligvis ikke bruges alene. Der er i forvejen meget anaerobe forhold, som ikke alene er tilstrækkelig til at nedbryde forureningen. Er sandsynligvis mest effektiv i forbindelse med en aerob metode. | Ja  |                                       |
|                                       | Aerobe metoder  | Tilsætning af oxygen (elektronacceptor) for at stimulere den biologiske nedbrydning af forureningsstoffer. Kan bruges til fanekontrol med biosparging eller faste stoffer som danner ilt (eksempelvis ORC). Kan også kombineres med tilsætning af både bakterier og næringsstoffer (bioaugmentation).  |                | x                 | x                          |         | x        | x             | x            | x      | x                  | x                    | x            | x       | Muligvis anvendelig. Komplex blanding af forureningsstoffer vil muligvis kræve ordnede bioafhjælpningssystemer til behandling af forureningsstoffer.   | Ja  |                                       |
|                                       | Phytoremediation  | Bruger planter til at fjerne/optage organiske/uorganiske forureningsstoffer eller påvirke grundvandsflow via forstærket fordampning  |                | x                 |                            | x       | x        | x             | ?            | ?      | x                  | ?                    | ?            | ?       | Kan kun bruges i strandzonen, hvor rødderne kan nå grundvandet. Vil kun være aktive en del af året.  | Nej   |                                       |

# Bilag 4

## Oversigt over eventuelle dimensioneringstest og afklarende undersøgelser

### Samlet økonomi for dimensioneringstest og afklarende undersøgelser på Kærård Plantage

| Undersøgelse  | Formål  | Omfang  | Økonomi (kr. excl. Moms) |
|---|---|---|--------------------------|
| 1. Afgrænsning af grundvandsforurening ved område med afskæring. Undersøgelse af forureningsniveau i fane | Vertikal og horisontal afgrænsning af grundvandsforurening ved stranden. Til brug for vurdering af indsatsområde (både horisontalt og vertikalt). Status for forureningsstyrke i 2005 | Boringer på tværs af forureningsfanen med niveauspecifikke vandprøver. Der udføres ledningsevnelogs med direct push teknik til vertikal beskrivelse af forureningsudbredelse. Suppleres med traditionelle boringer. Der udtages ca. 3 vandprøver pr. sondering. Der udtages vandprøver fra eksisterende filtre, specielt de dybe filtre til vertikal afgrænsning af forurening  | 900.000                  |
| 2. Prøvepumpning og injektionsforsøg  | Til bestemmelse af hydrauliske parametre til dimensionering af afskærlingsløsning, magasinsammenhænge. Undersøgelse af injektionsmuligheder.  | Prøvepumpning i 2 niveauer (høj- og lavpermeable aflejringer), evt. suppleret med slugtest i udvalgte boringer. Der kan være problemer med afledning af forurenede vand. Desuden prøvepumpning fra dybereliggende filter. Injektionsforsøg med forskellige væsker og biospargingforsøg.   | 312.000                  |
| 3. EDB-strømningsmodel  | Simulere hydrogeologiske forhold i fanen og udstrømning til havet. Anvendelse til dimensionering af afværgemetoder  | Opstilling af 3-D strømningsmodel i eksempelvis i Modflow. Kalibreres ud fra potentialeforhold. Skal simulere forskelle i strømning fra høj- og lavpermeable aflejringer. Beregning af vand- og stofflux til havet. Skal anvendes til dimensionering af afværgeløsninger, eksempelvis pumpe- og/eller injektionsscenerier   | 125.000                  |
| 4. Laboratorieforsøg (Treatability forsøg)  | Undersøge effekt og dimensioneringsgrundlag for kemiske og biologiske afværgemetoder  | Laboratorieforsøg med både aerobe og anaerobe biologiske metoder, herunder forsøg med aktivt slam fra eksisterende renseanlæg. Undersøgelse af evt. hæmning med sulfonamider, herunder på slam fra eks. renseanlæg. Forsøg med kemisk oxidation (kaliumpermanganat og Fentons Reagens) og med avanceret oxidationsmetoder (ozon, hydrogenperoxid). For alle forsøg vurderes nedbrydningsrater, forbrug af tilsætningsstof og effekt over de enkelte forureningskomponenter. | 715.000                  |
| 5. Naturlig nedbrydning i grundvandsfane, redoxforhold, uorganisk vandkemi                                | Undersøge den naturlige nedbrydning inden udsivning til havet, undersøge om redoxforhold og vandkemi er optimal ift. afværgemetoder   | Undersøgelse af, om der sker naturlig nedbrydning af forureningskomponenter i fanen inden udsivning til havmiljøet. Undersøgelse af redoxforhold i grundvandszonen (vertikal og horisontal fordeling).  | 345.000                  |
| 6. Højdemodel   | Til brug ved planlægning af placering af boringer og behandlingsanlæg   | Højdemodel i GIS ud fra flyfoto   | 50.000                   |
| 7. Afdampning fra grundvand og gruber   | Vurdering af om der sker uacceptabel afdampning af flygtige stoffer til udeluften   | Screeningsundersøgelse i den umættede zone ved udtagning af poredluftprøver i grubeområderne samt i kritiske områder ved stranden   | 150.000                  |
| 8. Jordforurening i gruber  | Undersøgelse af om jordforurening i gruber udgør en risiko mod udsivning til havet  | Lokaliseringsboringer til ca. 6 m's dybde i gruberne (ca. 8 boringer i hver grube) til horisontal og vertikal kortlægning af forurening i den umættede zone. 1 boring i hver grube filtersættes med henblik på udtagning af vandprøve til analyse for udvalgte komponenter. Analyse af jord- og vandprøve. Jordprøver for hver ½ m PID måles og undersøges for fri fase   | 416.800                  |
| 9. Dybereliggende forurening ved gruber   | Undersøgelse af horisontal og vertikal forureningsudbredelse i den mættede zone mhp. kildeoprensning  | Etablering af boringer til vertikal afgrænsning af forurening i og nedstrøms de 6 gruber. Boredybde ca. 25 m, heraf 1 boring til 30 m. Filtersættes i 2-3 niveauer. Jord- og vandprøver. Udføres med kombination af traditionelle boringer og direct push teknik med ledningsevnelogs og niveauspecifikke boringer  | 1.698.000                |
| 10. Forureningsfordeling i fane   | Vertikal og horisontal boringer til afgrænsning af grundvandsforurening i fane  | Undersøgelser udføres med fordel med direct push teknik med ledningsevnelogs og niveauspecifikke vandprøver. Der laves rækker af boringer på tværs og langs af fanen  | 1.115.000                |
| Samlede udgifter  |   |   | <b>5.826.800</b>         |