

Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård
Plantage

Samlerapport - Undersøgelser 2005/2006

Rapport

November 2006



Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård
Plantage

Samlerapport - Undersøgelser 2005/2006

Rapport

November 2006

Dokument nr. 62113
Revision nr. 02
Udgivelsesdato 21. november 2006

Udarbejdet COWI/TJR i samarbejde med Arbejdsgruppen
Kontrolleret OVH/JAD
Godkendt OVH

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	3
1 Indledning	9
2 Baggrund for undersøgelserne	11
3 Oversigt over udførte undersøgelser	13
4 Forureningen ved Grindstedværkets gruber	16
4.1 Geologiske og hydrogeologiske forhold	16
4.2 Forurening i gruber	17
4.3 Afdampning af forurenende stoffer til luft	18
4.4 Grundvandsforurening	19
4.5 Forureningsmasse i jord og grundvand	20
4.6 Udsivning til havet	21
4.7 Økotoxikologiske undersøgelser	23
4.8 Stoffernes forekomst og spredning i havmiljøet	26
5 Forureningen ved Esbjerg Kemi's depoter	28
5.1 Resultater af udførte undersøgelser	28
5.2 Vurdering	28
6 Undersøgelser og vurderinger af mulige afværgeforanstaltninger ved Grindstedværkets gruber	30
6.1 Opstillede mulige tekniske foranstaltninger	30
6.2 Resultater af de udførte undersøgelser	31
6.3 Vurdering af afværgemetoder	35
7 Belysning af afværgescenarier ved Grindstedværkets gruber	36
7.1 Udvalgte afværgescenarier	36

7.2	Tekniske løsninger	38
7.3	Økonomi	41
7.4	Effekt af afværgescenarier	43

8	Efterfølgende faser ved en eventuel beslutning om afværgeforanstaltninger	50
----------	--	-----------

	Referencer	52
--	-------------------	-----------

	Ordliste	54
--	-----------------	-----------

Bilagsliste:

Bilag 1	Oversigtskort med Kærgård Plantage
Bilag 2	Oversigtskort med deponeringssteder og boringsplacering
Bilag 3	Principskitse af forureningsspredning
Bilag 4	Geologisk tværsnit ved klitfod
Bilag 5	Forureningsfordeling af sulfonamider i grundvandet
Bilag 6:	Udsivningsområde ved afskæringsløsning
Bilag 7	Princip af indsatsområde for afværge

Sammenfatning

Baggrund	Miljøministeren og amtsborgmesteren for Ribe Amt indgik i marts 2005 en aftale om fælles finansiering af undersøgelser af forureningen i Kærgård Plantage. Aftalen blev indgået på baggrund af en redegørelse om forureningen, som i marts 2005 blev udarbejdet af en arbejdsgruppe med repræsentanter fra Miljøstyrelsen og Ribe Amt.
Formål	<p>Formålet med de gennemførte undersøgelser har været dels at tilvejebringe bedre viden om den nuværende forureningssituation, dels at sikre en nærmere belysning af de tekniske og økonomiske forhold knyttet til mulige tekniske afværgeforanstaltninger over for forureningen.</p> <p>De udførte undersøgelser af afværgemuligheder er knyttet til forureningen fra det daværende Grindstedværkets deponering af spildevand i 6 gruber i Kærgård Plantage i perioden 1956 – 1973. Forureningen medfører en udsivning af forurenende stoffer til Vesterhavet. Af sundhedsmæssige årsager er der i havet neden for gruberne opretholdt et badeforbud, og ophold på strandområdet frarådes.</p>
Forureningen	Undersøgelserne viser, at spredningen af forureningen fra gruberne til havet sker inden for en zone på ca. 800 meter langs med kysten. Spredningen er koncentreret i den centrale del af denne zone og foregår især i jordlag, der ligger ca. 10 – 25 meter under terræn. Enkelte steder sker spredningen dog i større dybder, og for nogle stoffer (klorerede opløsningsmidler) finder der også en væsentlig terrænnær spredning sted.
Grubeområdet	Der er fortsat en kraftig jordforurening i selve grubeområdet, herunder i bunden af de oprindelige gruber 2 – 3 meter under jordoverfladen. Overslag over den samlede mængde af forurenende stoffer viser, at størstedelen af de klорerede opløsningsmidler findes her.
Grundvandsfanen	Andre stoffer – bl.a. de såkaldte sulfonamider – er udvasket fra gruberne og findes derfor hovedsageligt i den forurenede grundvandsfane neden for gruberne. Den kraftigste forurening findes inden for et område på ca. 200.000 m ² . Til sammenligning er det samlede forurenede område ca. 700.000 m ² .
Afdampning	Forureningen i gruberne medfører en afdampning til luften, og Arbejdsgruppen har anmodet Embedslægeinstitutionen om at vurdere behovet for, om ophold i grubeområdet bør frarådes. Derimod vurderes der ikke at ske en væsentlig afdampning til luften på strandområdet.

- Udsivende mængder** Undersøgelserne har muliggjort mere detaljerede skøn over mængden af udsivende stoffer til havet. Resultaterne viser dels, at den udsivende stofmængde generelt er mindre end vurderet tidligere, dels at en række stoffer i betydelig grad kan forventes at blive nedbrudt naturligt i grundvandet, inden de når havet. For stofgruppen sulfonamider vurderes der dog ikke at ske en betydende nedbrydning, og tilførslen heraf til havet er i overensstemmelse med tidligere skøn.
- Justering af badeforbud** I overensstemmelse med vurderingerne i martsredegørelsen blev undersøgelser med henblik på en mere præcis afgrænsning af udsivningszonens udstrækning gennemført i den indledende fase af de nu afsluttede undersøgelser. Resultaterne gav efter forelæggelse for Embedslægeinstitutionen for Ribe Amt anledning til, at strækningen med badeforbud neden for gruberne i foråret 2005 blev justeret fra ca. 800 meter til 900 meter (senere udvidet til 1400 meter – se nedenfor under ”Esbjerg Kemi”).
- Havmiljøet** Der er gennemført undersøgelser for at forbedre kendskabet til det udsivende forurenede grundvands økotoksikologiske effekter over for havmiljøet. På baggrund af disse undersøgelser vurderes det, at den samlede giftighed af forureningen over for havmiljøet i det væsentlige må forventes at være bestemt af sulfonamiderne.
- Undersøgelserne har også vist, at forureningen ikke som tidligere forventet hovedsageligt tilføres havet ved havstokken. En væsentlig del af forureningen transporteres sandsynligvis med en strømning ud under havbunden og tilføres havvandet et stykke fra kysten. Forholdene er komplicerede og kendskabet her til mangelfuldt. Beregninger viser dog, at fortyndingen af stofferne er væsentlig større, når tilførslen til havvandet sker et stykke fra kysten.
- Ud fra beregninger af spredning og fortynding af stofferne i havet vurderes det, at forureningen fra Grindstedværkets gruber betyder, at der i et afgrænset ca. 2500 meter langt og ca. 200 meter bredt område langs kysten i perioder kan være overskridelser af økotoksikologiske vandkvalitetskriterier. I disse perioder vil koncentrationen af sulfonamider overstige det niveau, hvor økotoksikologiske effekter er mulige. I den største del af tiden vurderes det påvirkede område dog at være afgrænset umiddelbart langs kysten ud for den ca. 800 meter lange udsivningszone.
- Vidensniveau** De samlede undersøgelsers betydelige omfang må ses på baggrund af, at der er tale om en kompleks situation som følge af størrelsen og dybden af det forurenede område, et stort antal forurenende stoffer og komplicerede forhold knyttet til grundvandets udsivning til havet. Det betyder bl.a., at der for at opnå et givet vidensniveau skal foretages mange og relativt dybe borer, og at de enkelte kemiske analyser og undersøgelser skal omfatte mange forskellige stoffer. Selv om der er gennemført et omfattende prøvetagningsprogram, er der stadig tale om relativt få borer pr. arealenhed, hvilket skyldes forureningens meget store udbredelse.
- Esbjerg Kemi** På strandområdet ud for tre depoter, hvor Esbjerg Kemi i en periode frem til 1965 deponerede affald, er der foretaget indledende undersøgelser af indholdet

af forurenende stoffer i grundvandet. Depoterne er beliggende umiddelbart syd for Grindstedværkets gruber. Der er ved disse undersøgelser fundet relativt højt indhold af klorfenoler i grundvandet, som kan tilskrives udsivning fra Esbjerg Kemis depoter. Den kraftigste forurening er fundet i en dybde på 10 – 17 meter under terræn.

Da der kun foreligger en begrænset viden om denne forurening - og der derfor ikke er grundlag for at udelukke en forekomst af klorfenoler i det kystnære havvand – har resultaterne givet anledning til, at det er valgt at indføre badeforbud ud for de nævnte depoter. Dette badeforbud ligger i umiddelbar sydlig forlængelse af badeforbudsstrækningen ud for Grindstedværkets gruber, således at der nu er badeforbud på en sammenhængende strækning på i alt 1400 meter.

Der er ikke grundlag for en mere præcis vurdering af, i hvilket omfang forureningen fra Esbjerg Kemis depoter medfører en økotoksikologisk effekt i havområdet, men det skønnes dog, at der vil være tale om et mindre område ud for selve udsivningsområdet. Nærmere vurderinger vil kræve yderligere undersøgelser af bl.a. forureningens udbredelse og stoffernes nedbrydning mellem klitfod og havet. Det skal bemærkes, at de gennemførte undersøgelser vedrørende afværgeforanstaltninger alene har omfattet forureningen fra Grindstedværkets gruber.

Mulige afværgeforanstaltninger ved Grindstedværkets gruber

Der er i forhold til Grindstedværkets gruber foretaget en række undersøgelser for at belyse de tekniske og økonomiske forhold knyttet til en eventuel gennemførelse af fire alternative strategier for tekniske afværgeforanstaltninger, som blev opstillet i redegørelsen fra marts 2005. Strategierne omfattede en afskæring af udsivningen af forurenende stoffer ved klitfoden, enten ved stimulering af den biologiske nedbrydning i grundvandet eller ved oppumpning og rensning af det forurenede grundvand med kemiske metoder. I begge tilfælde indgik en målrettet fjernelse af koncentrerede forureningsforekomster (kildeoprensning) som en mulig tillægsforanstaltning.

Afskæring af udsivning

Ud fra laboratorieforsøg vurderes, at metoden med den biologiske nedbrydning i grundvandet ikke er realistisk i forhold til den samlede gruppe af forurenende stoffer, bl.a. fordi metoden ikke er effektiv over for sulfonamider. Dette udelukker dog ikke, at metoden kan anvendes som en delløsning i eventuel kombination med andre metoder, da mange af de øvrige stoffer kan nedbrydes biologisk.

Derimod vurderes metoden med oppumpning og kemisk rensning at være potentiel som løsning i en afværgestrategi.

Kildeoprensning

For kildeoprensning er der på baggrund af den nu opnåede viden om forureningen peget på følgende muligheder:

1. Afgravning af den kraftigste jordforurening i gruberne.
2. Oprensning rettet mod koncentrerede forekomster (fri fase) af klorerede opløsningsmidler under grundvandsspejlet i grube 1 – 4.
3. Oppumpning af grundvand rettet mod udvalgte forureningsstoffer i de mest koncentrerede områder i kilde- og faneområdet.

Eksemplificerede afværgescenarier

Der er belyst fem udvalgte, eksemplificerede scenarier for en afværgeindsats. Afskæringsløsninger i scenarierne omfatter oppumpning af grundvand ved klitfod og efterfølgende kemisk rensning af vandet med ozon og brintoverilte (Advanced Oxidation Processes – også kaldet AOP). Kildereduktion omfatter ovennævnte 3 metoder.

Afværgescenarie	Beskrivelse
1. Afskæring, 425 meter	Afskæring rettet mod den centrale del af udsivningszonen svarende til en afskæring af fanen over en strækning på ca. 425 meter
2. Afskæring, 425 meter Kildeoprensning	Afskæring rettet mod den centrale del af udsivningszonen svarende til en afskæring af fanen over en strækning på ca. 425 meter. I scenariet kombineres afskæringen med kildeoprensning.
3. Afskæring, 800 meter	Afskæring rettet mod hele udsivningszonen svarende til en afskæring af fanen over en strækning på ca. 800 meter
4. Afskæring, 800 meter Kildeoprensning	Afskæring rettet mod hele udsivningszonen svarende til en afskæring af fanen over en strækning på ca. 800 meter. I scenariet kombineres afskæringen med kildeoprensning.
5. Kildeoprensning	Kildeoprensning (ingen afskæring).

Kvalitative målsætninger

De opstillede scenarier er rettet mod en samtidig indsats i forhold til følgende kvalitative målsætninger:

- begrænse eller eliminere økotoksikologiske effekter i havet (begrænse eller eliminere det område, hvor vandkvalitetskriterier overskrides)
- begrænse eller sikre grundlaget for en ophævelse af badeforbud og behov for frarådning af ophold
- reducere æstetiske påvirkninger (lugt og misfarvning)

Fjernelse af forurening Inden for en kortere årrække på ca. 10 år forventes scenarierne 2, 4 og 5, der inkluderer kildeoprensning, at give mulighed for at fjerne en væsentlig del af den samlede forekomst af forurenende stoffer fra området (80 – 95 %). Scenarierne 1 og 3, der er rene afskæringsløsninger, vil inden for en tilsvarende periode kun fjerne en lille del af den samlede forureningsmængde.

Reduktion af udsivning Alle scenarierne forventes inden for ca. 10 år at indebære væsentlige reduktioner i udsivningen af forurenende stoffer til grundvandet under stranden og til havet. Det er skønnet, at den nuværende udsivning kan reduceres med 75 – 95 %. De største reduktioner opnås med scenarierne 2 og 4, hvor afskæringsløsninger kombineres med kildeoprensning. På længere sigt vil den rene kilde-reduktion (scenarie 5) være kendetegnet ved en fortsat restudsivning over mange år, hvilket skyldes en langsom udvaskning fra restforureningen i de områder, der ikke indgår i kildereduktionen. Ved de øvrige scenarier med afskæringsløsninger vil restudsivningen inden for afskæringsbredden blive opfanget ved klitfoden, så længe at driften af afskæringen opretholdes.

En afskæring over hele udsivningszonen på 800 meter forventes i praksis at kunne sikre, at der ikke strømmer forurenede grundvand forbi klitfoden, hvor afskæringen placeres. Ved den kortere afskæringsbredde på 425 meter accepteres en fortsat udsivning i den mindst forurenede del af udsivningszonen.

Økonomi

Økonomiske overslag over de fem afværgescenarier er vist i nedenstående tabel.

Afværgescenarie		Etablering mio. kr ¹⁾	Årlig driftsomk. mio. kr/år ¹⁾	Driftsperiode (år)	Samlede udgifter mio. kr ²⁾³⁾
Scenarie 1 - afskæring, 425 m	Afskæring - 425 m	39 (35-45)	6,9 (5,8 - 8,7)	>100	>171 (147 - 206)
	Ingen Kildeoprensning	Ingen	Ingen	Ingen	
Scenarie 2 - afskæring, 425 m + kildereduktion	Afskæring - 425 m	39 (35-45)	6,9 (5,8 - 8,7)	ca. 15	345 (329 - 367)
	Kilde - afgravning	40	0	0	
	Kilde - fri fase	10	10,0	5	
	Kilde - faneoprensning	74	8,5	10	
Scenarie 3 - afskæring, 800 m	Afskæring - 800 m	46 (39 - 53)	8,4 (7,0 - 10,3)	>100	>212 (172 - 241)
	Ingen kildeoprensning	Ingen	Ingen	Ingen	
Scenarie 4 - afskæring, 800 m + kildereduktion	Afskæring - 800 m	46 (39 - 53)	8,4 (7,0 - 10,3)	ca. 15	365 (345 - 391)
	Kilde - afgravning	40	0	0	
	Kilde - fri fase	10	10,0	5	
	Kilde - faneoprensning	74	8,5	10	
Scenarie 5 - kildereduktion, ingen afskæring	Ingen afskæring	Ingen	Ingen	Ingen	228
	Kilde - afgravning	40	0	0	
	Kilde - fri fase	10	10,0	5	
	Kilde - faneoprensning	74	8,5	10	

1) Investeringer og driftsomkostninger i tabellen er angivet i faste (reale) 2006-priser (alle beløb i mio kr excl. moms).

2) Nutidsværdi er angivet med basis i reale priser og 6 % realrente. Der er endvidere foretaget beregninger med 3 % realrente, se /15/.

3) Omkostninger til skitseprojekt er ikke omfattet

Tal i parentes viser usikkerhedsinterval

Scenarierne med kildeoprensning indebærer, at oprensningsaktiviteterne i væsentligt omfang kan være afsluttet inden for en periode på 10 - 15 år. I modsætning hertil er reduktion af udsivningen ved de rene afskæringsløsninger baseret på, at driften af oprensningsaktiviteten skal fortsætte i mange årtier.

Dette afspejles i scenariernes økonomi, hvor den samlede kildeoprensning er forbundet med forholdsvis høje etableringsomkostninger og driftsudgifter inden for en 5 - 10 års periode. I modsætning hertil indebærer afskæringsløsningerne, at der skal afholdes en løbende driftsudgift over mange årtier (skønnet til 100 år eller mere).

Effekter af afværge Scenarierne vil imødekomme de opstillede målsætninger i forhold til påvirkningen af havmiljøet, sundhedsmæssige og æstetiske forhold. Det forventes, at alle scenarierne inden for ca. 10 år vil betyde, at en overskridelse af vandkvalitetskriterier enten ophører eller i det væsentligste kan afgrænses til en kystnær strækning ud for udsivningszonen på ca. 800 meter. Hvornår en overholdelse af kriterierne i givet fald også kan sikres ud for selve udsivningszonen, er derimod behæftet med usikkerhed.

Tilsvarende gælder for så vidt angår de sundhedsmæssige og æstetiske forhold. En ophævelse eller begrænsning af de sundhedsmæssigt begrundede restriktioner i området vil således bero på sundhedsmyndighedernes samlede vurdering af effekterne af en oprensning. En afskæring over hele udsivningszonen vil fremme mulighederne for en ophævelse af restriktionerne, mens den rene kildereduktionsløsning (scenarie 5) formentlig ikke vil medføre et grundlag for ophævelse af sundhedsmæssige reguleringer inden for en betydelig årrække (10-20 år eller mere).

Kildeoprensning i gruberne vil imødegå afdampning af stoffer til luft i grubeområdet, mens de rene afskæringsløsninger ikke vil have effekt i forhold hertil.

Ligeledes forventes, at de opstillede afværgescenarier vil formindske lugt og misfarvninger på strandområdet væsentligt inden for en begrænset årrække, men ikke nødvendigvis eliminere enhver risiko for lejlighedsvis lugtforekomst fuldstændigt.

Det skal understreges, at de opstillede scenarier er eksemplificerede muligheder for forskellige niveauer og tilgange til en indsats overfor den samlede forurening.

Det betyder, at:

Andre scenarier

- det ud fra de nu foreliggende undersøgelsesresultater vil være muligt at belyse økonomi og effekt for andre afværgescenarier, f.eks. ud fra en konkret fastlæggelse og eventuel prioritering mellem de opstillede målsætninger, og

Etapeopdeling

- de opstillede scenarier ikke udelukker, at den faktiske gennemførelse af en samlet indsats sker i et antal afgrænsede etaper. Tværtimod vil en sådan trinvis eller etapevis gennemførelse kunne være hensigtsmæssig, fordi dette vil give mulighed for en gradvis opbygning af anlægs- og driftsmæssige erfaringer med håndtering af den i flere henseender unikke forureningssituation. Erfaringerne vil således kunne anvendes i efterfølgende etaper, og dermed optimere den samlede indsats.

1 Indledning

Miljøministeren og amtsborgmesteren for Ribe Amt indgik den 16. marts 2005 en aftale om fælles finansiering af undersøgelser af forureningen i Kærgård Plantage. Aftalen er indgået på baggrund af en redegørelse om forureningen, som er udarbejdet i marts 2005 af en arbejdsgruppe med repræsentanter fra Miljøstyrelsen og Ribe Amt /1/.

Formålet med undersøgelserne har været dels at tilvejebringe bedre viden om den nuværende forureningssituation, dels at belyse nærmere de usikkerheder, som er knyttet til opstillede mulige afværgestrategier i ovennævnte redegørelse fra marts 2005. Det blev heri således understreget, at der var en række mulige tekniske begrænsninger og usikkerheder knyttet til disse afværgestrategier, ligesom der var megen stor usikkerhed forbundet med omkostningerne til gennemførelsen. I redegørelsen blev anbefalet, at første fase i en eventuel beslutning om afværgeforanstaltninger omfatter en række nærmere angivne forundersøgelser.

Arbejdsgruppen har indgået aftale med det rådgivende firma COWI, der har udført hovedparten af undersøgelserne. DHI – Vand & Miljø har gennemført økotoksikologiske undersøgelser og spredningsberegninger i havet. Det nord-amerikanske firma GeoSyntec Consultant og Danmarks Tekniske Universitet har bistået COWI med specialviden. Endvidere har firmaet Analycen forestået analysearbejdet og Glibstap A/S og Ejlskov Consult har udført bore- og sonderingsarbejde på lokaliteten. Derudover har arbejdsgruppen haft tilknyttet tekniske bisiddere fra firmaerne Orbicon og NIRAS til gennemgang af væsentlige dele af de tekniske undersøgelser.

Resultaterne af de udførte undersøgelser er afrapporteret i 12 tekniske delrapporter.

Den her foreliggende rapport er en sammenfattende teknisk redegørelse for resultaterne af de nu gennemførte undersøgelser.

Rapportens kapitel 2 indeholder med udgangspunkt i den nævnte rapport fra marts 2005 en kort redegørelse for baggrunden for forureningen og de nu gennemførte undersøgelser. I kapitel 3 findes en oversigt over disse undersøgelser, mens resultaterne heraf er sammenfattet i kapitel 4 – 8. Sidst i rapporten er der en ordliste med en kort beskrivelse af de hyppigst anvendte tekniske fagord.

Samlerapporten er udarbejdet af COWI i samarbejde med Arbejdsgruppen.

Alle rapporter er tilgængelige på Miljøstyrelsens hjemmeside (www.mst.dk).

Repræsentanter fra jordforureningsgruppen i den kommende Region Syddanmark har deltaget i Arbejdsgruppens møder i forbindelse med færdiggørelsen af rapporten.

2 Baggrund for undersøgelserne

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 2.1 og 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 m³, hvoraf størstedelen er vand. Det egentlige stofindhold er opgjort til ca. 60.000 tons, heraf mere end 1.500 tons miljøfremmede organiske stoffer omfattende bl.a. sulfonamider, organiske kvælstofforbindelser, barbiturater, klorerede opløsningsmidler, fenoler, benzen og toluen. Fra gruberne er der sket en spredning af stofferne til grundvandet og med grundvandet en udsivning til Vesterhavet. Forureningen har medført, at der siden 1964 er opretholdt et badeforbud ud for det forurenede område. Placering af Kærgård Plantage og område med badeforbud fremgår af bilag 1.

I 1995 blev der – i forlængelse af en række undersøgelser gennemført i 1980'erne og starten af 1990'ere – iværksat et systematisk overvågningsprogram baseret på målinger i borer i klitfoden vest for Grindstedværkets gruber. Dette overvågningsprogram gav anledning til, at der i 2002 kunne foretages et skøn over mængden af udsivende stoffer /3/.

I Kærgård Plantage blev der endvidere over en årrække frem til 1965 på forskellige lokaliteter deponeret affald indeholdende klorfenoler fra Esbjerg Kemi. De deponerede affaldsmængder fra Esbjerg Kemi har været meget begrænset i forhold til den samlede spildevandsmængde, som Grindstedværket tilførte de ovenfor nævnte gruber. I 1988 vurderede Vandkvalitetsinstituttet sammenfattende, at forureningen fra Esbjerg Kemis depoter ikke fandtes at udgøre en væsentlig risiko i forhold til påvirkning af organismer i havet eller i forhold til påvirkning af strandområdet. Efterfølgende har der været foretaget overvågning, men i begrænset omfang.

I september 2004 nedsatte Miljøministeriet og Ribe Amt en arbejdsgruppe med deltagelse af Miljøstyrelsen og amtet. Gruppen fik til opgave at redegøre for og vurdere den eksisterende viden om forureningen, samt sikre en fornyet vurdering af de sundhedsmæssige aspekter ved badning, ophold og fiskeri i området. Gruppen skulle endvidere overordnet beskrive mulige tekniske afværgeforan-

staltninger samt den herved 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.



Figur 2.1 Områder med deponering af kemikalier fra Grindstedværket (grube 1 - 6) og Esbjerg Kemi (EK1 - EK3)

Arbejdsgruppen afleverede sin redegørelse i marts 2005. Arbejdsgruppen fandt, at der på nærmere angivne punkter – uanset resultatet af eventuelle videre overvejelser om afværgeforanstaltninger - var behov for at verificere og forbedre den eksisterende viden om forureningen. I redegørelsen blev der endvidere på baggrund af et af COWI udarbejdet projektkatalog opstillet fire alternative strategier for eventuelle tekniske foranstaltninger overfor forureningen. Opstillingen skete på grundlag af en screeningsproces, hvor alle generelt kendte afværgeteknikker blev vurderet i forhold til forureningen. Det blev i redegørelsen understreget, at der var en række mulige tekniske begrænsninger og usikkerheder knyttet til de opstillede strategier og en meget stor usikkerhed forbundet med økonomien heri. I redegørelsen blev anbefalet, at første fase i en eventuel beslutning om afværgeforanstaltninger burde omfatte en række angivne forundersøgelser.

I forlængelse heraf indgik Miljøministeren og Ribe Amt aftale om en fælles finansiering af de angivne undersøgelser /1/.

3 Oversigt over udførte undersøgelser

Tabel 3.1 viser en oversigt over de undersøgelser, som er gennemført i 2005-2006. Undersøgelserne er afrapporteret i de i alt 12 tekniske delrapporter, der ligger til grund for samlerapporten /4 - 15/. Tabellen viser formålet med de delundersøgelser, der er knyttet til den enkelte delrapport samt hvilke firmaer, der har gennemført undersøgelserne.

De nye undersøgelser i 2005-2006 har omfattet udtagning af et stort antal jord-, grundvands- og poreluftprøver. Prøverne er udtaget i selve gruberne (kildeområderne), i klitområdet (faneområdet) og i strandområdet (klitfod og havstok). Der er i alt udført 112 nye boringer og sonderinger ned til maksimalt 37 meters dybde. Herudover er der udtaget vandprøver og udført målinger af grundvandsstanden i ca. 30 eksisterende boringer. Der er udtaget i alt 2.344 jordprøver som er bedømt geologisk og indledende karakteriseret for indhold af flygtige forureningskomponenter. Heraf er 459 jordprøver målt for tilstedeværelse af fri fase og 183 jordprøver er sendt til laboratorium til analyse for specifikke forureningskomponenter. Der er udtaget i alt ca. 230 vandprøver, som er analyseret for specifikke forureningskomponenter. Prøverne er udtaget fra såvel de nye som de eksisterende boringer i området. Placering af de væsentligste boringer fremgår af bilag 2. For overskuelighedens skyld er alle boringer ikke medtaget.

De samlede undersøgelses betydelige omfang må ses på baggrund af, at der er tale om en kompleks situation som følge af størrelsen og dybden af det forurenede område, et stort antal forurenende stoffer, og komplicerede forhold knyttet til grundvandets udsivning til havet. Det betyder bl.a., at der for at opnå et givet vidensniveau skal foretages mange og relativt dybe boringer, og at de enkelte kemiske analyser og undersøgelser skal omfatte mange forskellige stoffer. Selvom der er gennemført et omfattende prøvetagningsprogram, er der stadig tale om relativt få boringer pr. arealenhed. Det skyldes forureningens meget store udbredelse. Det har således ikke været målet med undersøgelserne at få et fuldstændigt, detaljeret kendskab til forureningen. Undersøgelserne er hovedsageligt udført i selve grubeområdet samt ved havstokken og klitfoden.

Tabel 3.1 Oversigt over delrapporter/gennemførte undersøgelser

Delrapport	Formål	Udført af
1. Undersøgelse af jord- og grundvandsforureningen i tilknytning til Grindstedværkets gruber	Undersøgelse af forureningens udbredelse i jord, grundvand og poreluft, bestemmelse af udsivningsmængder og udsivningsområde til Vesterhavet. Desuden er formålet at give grundlag for en afklaring af størrelsen af indsatsområde for eventuelle afværgeforanstaltninger.	COWI, DTU
2. Prøvepumpning og in-situ test	Bestemmelse af hydrauliske parametre til beregning af strømningsforholdene i grundvandsmagasinet til brug for vurdering af oppumpning af grundvand i forbindelse med vurdering af afværgemuligheder. Herudover er formålet at undersøge muligheder for til sætning af luft til grundvandszonen til vurdering af afværgeteknikker	COWI
3. Grundvandsmodel ved Kærgård Plantage	Beskrivelse af strømningsforholdene i grundvandszonen, herunder at kunne vurdere udsivningen til Vesterhavet. Herudover er formålet at kunne vurdere forskellige afværgemuligheder, eksempelvis oppumpning af forurenet grundvand ved klitfoden for at standse udsivning til havet	COWI
4. Laboratorieforsøg til at vurdere afværgeteknikker	Undersøgelse af oprensningseffekt og dimensioneringsgrundlag for relevante biologiske og kemiske afværgemetoder	GeoSyntec, COWI, DTU
5. Naturlig nedbrydning af jord- og grundvandsforureningen	Undersøgelse af grundvandszonens naturlige selvrensningspotentiale og vurdering af potentialet for biologiske afværgeteknikker	DTU, COWI
6. Forureningen fra Esbjerg Kemi	Undersøgelser af grundvandet neden for 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	COWI
7. Undersøgelse vedrørende Esbjerg Vest Renseanlæg	Undersøgelse af om det er muligt at tillede oppumpet grundvand fra Kærgård Plantage til et eksisterende renseanlæg uden at påvirke anlæggets biologiske renseprocesser negativt og uden at give anledning til lugtproblemer	COWI
8. Datarapport	Samling af data vedr. det udførte arbejde med for undersøgelse af geologi, hydrogeologi samt jord- og grundvandsforureningen	COWI
9. Økotoksikologiske undersøgelser af grundvandsprøve udtaget 3. januar 2006 ved Kærgård Plantage	Laboratorieundersøgelser af giftvirkninger af en grundvandsprøve udtaget ved klitfoden og af stoffet sulfanilsyre. Der er tillige udført supplerende undersøgelser for stoffet sulfadiazin.	DHI – Vand & Miljø
10. Beregning af fortynding i kystzonen ved Kærgård Plantage i forhold til placering af udsivningen	Beregninger af de forurenende stoffers forekomst og spredning i havmiljøet på baggrund af stofflux fra depotet og relevante vandkvalitetskriterier.	DHI – Vand og Miljø
11. Miljøvurdering af udsivningen ved Kærgård Plantage forår 2006	Opsamling af viden om de enkelte stoffers og den samlede prøves giftighed, herunder en vurdering eventuelle synergistiske effekter af stofferne. Samlet vurdering af udsivningens effekt på havet.	DHI – Vand & Miljø
12. Afværgescenarier	Konsekvensanalyse for udvalgte afværgescenarier i forhold til forureningen fra Grindstedværkets gruber	COWI, Geo-Syntec

DTU: Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Miljø & Ressourcer
DHI: Danmarks Hydrauliske Institut

Udover undersøgelser af udtagne prøver fra det forurenede område er der gennemført omfattende laboratorieundersøgelser dels med det formål at undersøge effekten af potentielle afværgeteknikker, dels for at vurdere den naturlige nedbrydning i jorden og dels for at forbedre grundlaget for at vurdere det forurenede grundvands giftighed over for vandlevende organismer. Endvidere er der på lokaliteten foretaget prøvepumpningsforsøg og forsøg med tilførsel af luft til jordlagene (in-situ test) med det formål at give grundlag for at vurdere mulighederne for den praktiske gennemførelse af potentielle afværgeforanstaltninger. Endelig er der opstillet beregningsmodeller for grundvandstrømning og spredningsforholdene i havet.

Der er – udover de i tabel 3.1 nævnte undersøgelser – foretaget undersøgelse af indholdet af stoffet trikloretylen i rejer fanget i havet ud for det forurenede område. Der blev ikke fundet indhold af stoffet i rejerne. Der har dog efterfølgende vist sig usikkerhed omkring den anvendte analysemetode, og resultaterne er derfor ikke afrapporteret. Endvidere har de seneste vurderinger vist, at tilførslen af trikloretylen til havet er væsentlig mindre end tidligere antaget, hvorfor stoffet næppe som oprindeligt forudsat er egnet som indikator for stofindholdet i rejer/fisk. Arbejdsgruppen har fundet det hensigtsmæssigt, at behovet for undersøgelser om nødvendigt drøftes med de relevante myndigheder på baggrund af den viden, der foreligger med de nu afsluttede undersøgelser.

4 Forureningen ved Grindstedværkets gruber

4.1 Geologiske og hydrogeologiske forhold

De overordnede geologiske forhold i området er kendte. Der er på grundlag af tidligere og nye undersøgelser opstillet en principskitse af de geologiske forhold med en inddeling i 4 forskellige jordlag (se tabel 4.1 og bilag 3). Jordlag 2 og 3 har størst betydning for forureningsspredningen til havet.

De detaljerede undersøgelser har vist, at forholdene er mere komplekse end tidligere antaget. Den vandførende lagserie (lag 2 og 3) når generelt ned til en større dybde end tidligere forudsat, og tykkelsen af de enkelte lag er ikke ensartet som tidligere vurderet (se geologisk tværsnit ved klitfod i bilag 4). I tidligere vurderinger blev forudsat, at strømmingen mod havet foregik ned til maksimalt 15 – 20 meters dybde, men de nye undersøgelser har vist, at der lokalt er tale om dybder ned til ca. 25 meter.

Især basis for lag 3 varierer, hvilket vurderes at være en følge af tidligere tidevandskanaler. Det er således fundet, at bunden af lag 3 lokalt i en del af den centrale del af udsivningszonen ligger noget dybere. En sådan kanal giver lokalt anledning til en væsentlig transport af forurenende stoffer inden for et udstrækningsmæssigt lille område.

Det skal endvidere bemærkes, at forureningen er trængt ned i det dybtliggende lag 4. Der sker også en vis forureningsspredning i dette lag, men dette vurderes dog umiddelbart ikke at være væsentligt i forhold til den forureningsspredning der sker i lag 2 og 3. Lag 4 er imidlertid ikke gennemboret, og den nedre afgrænsning af dette lag og underliggende lags egenskaber kendes således ikke.

På grundlag af den opstillede geologiske model vurderes strømningshastigheden i lag 2 at være ca. 84 m/år og i lag 3 ca. 20 m/år.

Tabel 4.1 Geologisk beskrivelse af relevante jordlag i Kærgård Plantage

Lag	Jordart	Tykkelse	Strømnings- hastighed	Vurdering
Lag 1	Flyvesand af fin- kornet sand	Fra 2 til 20 m	-	Ligger typisk over grundvandsspejlet, så dette lag har ingen betydning for forureningsspredning i grundvandet
Lag 2	Grove sand og grus forekomster	Ca. 10 m	ca. 84 m/år	Øvre del af grundvandsmagasinet. Stor gennemstrømning af grundvand. Stor betydning for forureningsspredning. En væsentlig del af grundvandsforureningen findes i bunden af dette lag
Lag 3	Finkornet sand og silt med varierende sammensætning	Meget varierende (2 – 14 m)	ca. 20 m/år	Nedre del af grundvandsmagasinet. Lille gennemstrømning af grundvand (ca. faktor 20 mindre end i lag 2). Stor betydning for forureningsspredning, da hovedparten af de vandopløselige forureningskomponenter ligger i dette lag
Lag 4	Silt, gytje og ler med meget varierende sammensætning	Meget varierende	-	Meget finkornet. Kun meget lille gennemstrømning i dette lag så kun mindre betydning for forureningsspredning. Lagserien er ikke gennemboret ved undersøgelsen, så geologien herunder kendes ikke

4.2 Forurening i gruber

De tidligere gennemførte undersøgelser har især fokuseret på at afgrænse udstrækningen af det forurenede område og på at afgrænse udsivningen af stoffer fra klitområdet. Der har derfor ikke foreligget viden om de nuværende forureningsforhold i grubeområdet.

Resultaterne af de nu udførte undersøgelser ved gruberne viser, at der stadig er en kraftig jordforurening i alle gruber. Der er påvist en bred vifte af miljøfremmede stoffer, men der er især fundet meget høje indhold af klorerede opløsningsmidler, kulbrinter, sulfonamider, barbiturater, og anilin. Der er endvidere konstateret forekomst af fri fase af klorerede opløsningsmidler i grube 1-4. (dvs. forekomst af stof i koncentreret væskeform, som ikke er opløst i grundvandet). Forekomst af fri fase er af væsentlig betydning, da dette udgør en fortsat kilde til grundvandsforurening i mange årtier fremover.

Det høje forureningsindhold i gruberne er overraskende, idet det tidligere har været forudset, at de fleste stoffer ville være udvasket. Det er samtidig bemærkelsesværdigt, at der også er fundet meget store mængder af residual fri fase af tetrakloretylen over grundvandsspejlet. Den overvejende del af forureningen i gruberne findes terrænnært, dvs. i og under slamlaget i bunden af gruberne, der typisk ligger 2-3 meter under terræn. Forureningen er bundet til et lag af fint organisk stof (slam). Det vurderes, at der i gruberne over grundvandsspejlet findes mellem 20.000 - 30.000 tons jord, som er kraftigt forurenede.

Jordforureningen udgør en kilde til fortsat nedsivning af miljøfremmede stoffer til grundvandet og videre til havet i mange årtier fremover.

Under grundvandsspejlet er der fundet kraftig jordforurening med især klorerede opløsningsmidler og kulbrinter. Det vurderes, at der under grundvandsspejlet i grube 1 - 4 findes residual fri fase i et jordvolumen på ca. 60.000 m³.

Der findes også dybereliggende forurening i lag 4 (ler og siltaflejringer). Denne forurening er ikke så godt undersøgt, men umiddelbart vurderes den ikke at udgøre en væsentlig risiko mod Vesterhavet, da der ikke sker nogen væsentlig strømning fra lag 4.

4.3 Afdampning af forurenende stoffer til luft

Der er umiddelbart ingen risiko for at komme i kontakt med jordforureningen i gruberne, da forureningen ligger mindst 1 meter under terræn. Som følge af afdampning fra den terrænnære jordforurening er der imidlertid i grubeområdet fundet høje indhold af klorerede opløsningsmidler og kulbrinter i poreluften i jorden.

Den kraftigste forurening af poreluften er fundet ved grube 1, 2, 3 og 4. Ved grube 5 og 6 er indholdet i poreluften mindre. Ud fra poreluftmålingerne er der foretaget modelberegninger af potentielle koncentrationer af stofferne i luften over terræn. Disse beregninger viser, at der for enkelte stoffer (især tetrakloretylen) er en risiko for, at luftens indhold nogle steder vil være højere end de vejledende luftkvalitetskriterier. Luftkvalitetskriterierne, der er fastlagt af Miljøstyrelsen, angiver den gennemsnitlige koncentration, der ved livstidsudsættelse ikke forventes at give anledning til effekter hos mennesker. De konkrete risici, der eventuelt knytter sig til afdampningen i grubeområdet, skal vurderes i forhold til områdets karakter og anvendelse, herunder at der ikke er tale om et område, hvor mennesker opholder sig permanent. På den baggrund har arbejdsgruppen forelagt problemstillingen for sundhedsmyndighederne, der vil vurdere forholdet nærmere – herunder om det f.eks. ved skiltning skal sikres, at mennesker ikke tager længerevarende ophold i grubeområdet.

Ved klitfod og på stranden er der derimod kun fundet lave forureningsindhold i poreluften. Der har dog kun været udført få målinger, så det kan ikke afvises, at der lokalt under specielle meteorologiske forhold kan være højere indhold end det målte.

Der er ikke målt indhold af de typisk ildelugtende stoffer (svovlbrinte og merkaptaner) hverken ved gruber eller klitfod/strand. Lugtgrænsen er dog meget lav, og det har ikke været muligt at måle helt ned til lugtgrænsen.

Der vurderes ikke at være nogen risiko for afdampning af de medicinske stoffer som sulfonamider, barbiturater og anilin, da disse stoffer er meget vandopløselige og vanskeligt afdamper til luften ved normale temperaturer.

4.4 Grundvandsforurening

Det overvågningsprogram, der blev iværksat i midten af 1990'erne, har været baseret på målinger i fire boringer placeret ved klitfoden. Resultaterne gav anledning til, at der i 2002 blev angivet et skøn over den udsivende stofmængde.

Der er nu gennemført betydeligt mere omfattende undersøgelser af grundvandsforureningen. Undersøgelserne har således omfattet etablering af boringer og udtagning af vandprøver i grubeområdet, i området mellem gruberne og klitfoden og i selve havstokken. Hertil kommer, at der er etableret yderligere boringer i klitfoden med henblik på en sikker afgrænsning af grundvandsforureningens horisontale udstrækning.

Faneområde	I fanen og ved gruberne findes den væsentlige grundvandsforurening i lag 2 og 3 ned til ca. 20-25 m. Der findes dog områder med dybere forurening i lag 4. Forureningen er her ikke endeligt afgrænset nedadtil.
Klitfod	Ved klitfod er der kraftig forurening af de fleste forureningskomponenter. Forureningen findes hovedsageligt i lag 3 og i bund af lag 2 i dybdeintervallet 15-25 m under terræn. De klorerede opløsningsmidler findes dog i høje koncentrationer i midt og top af lag 2, hvilket sandsynligvis skyldes opløsning af fri fase fra grubeområdet i toppen af magasinet. Også barbiturater, sulfonamider og kulbrinter findes stedvis i midt/top af lag 2, hvilket indikerer, at der stadig sker en betydende udsivning fra gruberne.
Havstok	Ved havstok er forureningen hovedsageligt fundet fra 10 til 15 m's dybde, men i nogle områder dog ned til ca. 20 m's dybde. Misfarvning af og kemikalielugt fra det øverste grundvand viser dog, at der også er terrænnær forurening især med klorerede opløsningsmidler.
Horisontal afgrænsning	Undersøgelsesresultaterne betyder, at der nu kan foretages en mere detaljeret beskrivelse af udsivningens fordeling såvel horisontalt som vertikalt. Tabel 4.2 viser transporten af udvalgte forureningskomponenter i grundvandet langs klitfoden i forskellige tværsnit. Med de udførte undersøgelser er fanen i al væsentlighed afgrænset horisontalt ved klitfoden. Indenfor en zone med en længde på ca. 800 meter findes tæt på 100 % af den samlede udsivning sted som anført i tabel 4.2. Udsivningen er ikke jævnt fordelt i denne zone. Indenfor en strækning på ca. 525 meter udstrømmer mere end 90 % af de forurenende stoffer. Næsten hele transporten af anilin, klorerede opløsningsmidler og toluen sker indenfor en strækning på ca. 425 meter, se tabel 4.2.
Vertikal fordeling	Den største forureningsspredning sker i dybder større end 10 m dvs. i bund af lag 2 og i lag 3 (se bilag 5.2). For de klorerede opløsningsmidler sker der dog også en væsentlig spredning helt terrænnært.
Sulfonamider	Sulfonamiderne er det stof som findes i de største mængder og har den største udbredelse i grundvandet (se bilag 5.1 der viser udbredelsen i fanen og bilag

5.2, der viser fordelingen i et tværsnit ved klitfod). Af bilag 5.2 ses det, at den kraftigste forurening findes i lag 3 samt i bunden af lag 2.

Tabel 4.2 Opgørelse over forureningsflux for udvalgte stoffer i forskellige områder af udsivningszonen henholdsvis for den centrale udsivningszone (425 m og 525 meters bredde) og hele udsivningszonen (800 m)

Stof	Centrale del af udsivningszone: 425 meters bredde	Centrale del af udsivningszone: 525 meters bredde	Hele udsivningszone: 800 meters bredde
	(%)	(%)	(%)
Sulfonamider	84	95	100
Barbiturater	83	97	100
Klorerede opløsningsmidler	98	100	100
Anilin	99	99	100
Benzen	93	97	100
Toluen	99	100	100
NVOC*	82	91	97

* NVOC er en samleparameter, der udtrykker summen af den organiske forureningsmængde, dog indgår de mest flygtige stoffer som klorerede opløsningsmidler og BTEX'er ikke. NVOC er ikke selvstændig et problematisk stof, men en vigtig indikatorparameter for det samlede organiske indhold.

Justering af badeforbud I overensstemmelse med vurderingerne i martsredegørelsen blev undersøgelser med henblik på en mere præcis afgrænsning af udsivningszonens udstrækning gennemført i den indledende fase af de nu afsluttede undersøgelser. Resultaterne gav efter forelæggelse for Embedslægeinstitutionen for Ribe Amt anledning til, at strækningen med badeforbud nedenfor gruberne i foråret 2005 blev justeret fra ca. 800 meter til 900 meter (senere udvidet til 1400 meter – se afsnit 5).

4.5 Forureningsmasse i jord og grundvand

På baggrund af de nye undersøgelser i 2005 og 2006 er det nu muligt at lave et groft skøn over de samlede tilbageværende mængder af forurenende stoffer i området (forureningsmassen). Vurdering af forureningsmassen er udført for de væsentligste forureningsparametre. Der er beregnet forureningsmasse i gruberne samt i grundvandsfanen, se tabel 4.3. Der er tale om overslag, men det vurderes, at størrelsesordenen er fastlagt med rimelig sikkerhed.

Af tabel 4.3 fremgår det at:

- Den samlede masse af sulfonamider (inkl. sulfanilsyre) vurderes at være i størrelsesordenen 230.000 kg. Heraf findes 90 % opløst i grundvandet i faneområdet.
- Den samlede masse af anilin er ca. 8.000 kg. Heraf findes ca. 80 % af massen opløst i grundvandet i faneområdet.
- Den samlede masse af klorerede opløsningsmidler vurderes at være i størrelsesordenen 340.000 kg. Heraf findes godt 95 % i kildeområdet fordelt med ca. 60 % i umættet zone og ca. 35 % i mættet zone.

- Den samlede masse af NVOC, som findes opløst i grundvandet, er ca. 1,6 millioner kg. Heraf findes ca. 90 % af massen i faneområdet

Samlet set er der tale om meget store forureningsmængder af især sulfonamider, klorerede opløsningsmidler og NVOC.

I forhold til de oplyste deponeringsmængder i /1/ bekræfter de nye undersøgelser formodningerne om, at der er sket deponering af meget store mængder af klorerede opløsningsmidler i gruberne. Desuden tyder de nye undersøgelser på, at der er sket en større deponering af sulfonamider end tidligere antaget.

Tabel 4.3 Massefordeling i umættet og mættet zone for sulfonamider, anilin, NVOC og klorerede opløsningsmidler

Stof	Umættet zone		Mættet zone				Total	
	Jordforurening i gruber		Grubeområde		Faneområde			Sum
	Kg	%*	kg	%*	Kg	%*	kg	Kg
Sulfonamider	13.000	5,5	7.000	2,9	214.000	91,6	220.000	230.000
Klorerede	210.000	60,8	110.000	34,1	17.500	5,1	130.000	340.000
Anilin	1.200	15,2	400	5,1	6.270	79,7	6.700	7.900
NVOC	–	0,0	76.000	4,7	1.510.000	95,3	1.600.000	1.600.000

*) Procent af samlet forureningsmasse i umættet og mættet zone. Procentandelen er beregnet før afrunding af masserne

4.6 Udsivning til havet

På grundlag af de mange nye analyser er der foretaget fornyede og mere detaljerede skøn over mængden af stoffer, der strømmer under klitfod samt foretaget tilsvarende skøn for strømningen ved havstok. I tabel 4.4 er de væsentligste stofgrupper angivet med de beregnede størrelser af udsivningen. Fluxberegningerne under havstok må anses for mere usikre end beregningerne ved klitfod. Det vurderes - bortset fra for sulfonamiderne - at stofmængderne ved havstok kan være op til dobbelt så store, som beregningerne viser.

I forhold til de tidligere beregninger i /1/ viser de nye beregninger ved klitfod en mindre flux, bortset fra sulfonamiderne, hvor fluxen er af samme størrelse. Denne forskel skyldes til dels, at datagrundlaget nu er væsentlig bedre, men sandsynligvis også, at udsivningen reelt er blevet mindre siden midten af 1990'erne, som de tidligere beregninger var opgjort for /3/ - bl.a. som følge af, at der sandsynligvis nu sker en væsentlig større nedbrydning af flere stoffer f.eks. klorerede opløsningsmidler, anilin, benzen, toluen og evt. barbiturater.

I arbejdsgruppens redegørelse fra marts 2005 blev det vurderet, at naturlig nedbrydning i området mellem klitfod og havstok kan have betydning for visse stoffer. De nye beregninger i tabel 4.4 viser således også en markant reduktion i fluxen mellem klitfod og havstok for f.eks. anilin, klorerede opløsningsmidler, toluen og benzen. Det vurderes, at denne reduktion bl.a. kan tilskrives naturlig

nedbrydning i forureningsfanen, hvilket understøttes af udførte undersøgelser af naturlig nedbrydning, som er omtalt i afsnit 6.2.4.

Sammenfattende er der nu et væsentligt forbedret datagrundlag, der for de fleste stoffers vedkommende viser, at mængden af udsivende stoffer til havet er væsentligt mindre end de tidligere opgørelser af fluxen ved klitfoden. Mængden af sulfonamider svarer dog godt til de tidligere opgørelser.

Stofmængden, der tilføres havvandet, vil muligvis være lavere for de fleste stofgrupper end de angivne mængder i tabel 4.4, idet der antageligt vil ske en yderligere naturlig nedbrydning i havbunden, inden stofferne når op i havet. Sulfonamiderne vurderes dog ud fra de omtalte laboratorieforsøg ikke at nedbrydes væsentligt, så de angivne mængder heraf i tabellen må anses for realistiske.

Tabel 4.4 Opgørelse over mængden af stoffer, der med grundvandet transporteres under klitfod og havstok mod havet

Stof	Flux ved klitfod	Flux ved havstok	Forudsætning i projektkatalog /1/ *
	[kg/år]	[kg/år]	[kg/år]
Sulfanilsyre	4.350	3.050	3.500
Sulfonamider uden sulfanilsyre	1.450	750	
Barbiturater	220	60	750
Klorerede opløsningsmidler	1480	440	6.700
Anilin	560	60	930
Benzen	210	50	1.400
Toluen	640	23	2.100
Litium	740	300	1.500
NVOC	21.000	14.000	48.000

*: beregnet ved klitfoden

I tidligere vurderinger er det antaget, at det forurenede grundvand blev presset op af det salte vand ved havstokken /2, 3/. De nye undersøgelser tyder imidlertid på, at denne antagelse ikke svarer til de faktiske forhold. Der er ikke som forventet fundet en saltvandskile under havstokken, som forventedes at styre udsivningen til havet. Resultaterne tyder på, at det meste af det ferske, forurenede grundvand fortsætter med at strømme ud under havet.

Udsivningsforholdene er imidlertid meget komplicerede, og varierer formentlig også afhængigt af bl.a. vandstanden. Viden om de faktiske forhold er fortsat mangelfuld. Det har ikke været muligt indenfor de givne rammer at gennemføre detaljerede undersøgelser heraf. De gennemførte undersøgelser har omfattet undersøgelser i havstokken, men ikke ude i selve havet.

Resultaterne tyder dog på, at en stor del af de klorerede opløsningsmidler sandsynligvis vil sive ud i havet ved havstokken, da denne stofgruppe også findes i det øverste grundvand, som beskrevet i afsnit 4.4. Ved havstokken findes de fleste af de øvrige stoffer primært i større dybder, men en vis udsivning heraf forekommer formentlig også nær overfladen. Dette støttes af, at der periodisk

observeres forurenet grundvand lige under stranden og i strandrender ved havstokken.

Den potentielle betydning for ovennævnte strømningsforhold i området nær kysten er dog søgt belyst gennem beregninger (se afsnit 4.8).

4.7 Økotoksikologiske undersøgelser

Der er gennemført undersøgelser med henblik på at forbedre grundlaget for en vurdering af forureningens mulige påvirkning af dyre- og planteliv i havmiljøet. Undersøgelserne har været rettet mod dels at sikre et bedre grundlag for at vurdere det forurenede grundvands giftighed (toksicitet) over for havmiljøet, bl.a. gennem fastsættelse af relevante økotoksikologiske vandkvalitetskriterier, dels at give en vurdering af udstrækningen af det havområde, der potentielt er påvirket af forureningen. Det skal understreges, at vurderingerne her er knyttet til miljø og ikke umiddelbart er relevante for vurdering af badeforhold og fiskeri.

Vandkvalitetskriterier udtrykker det højeste koncentrationsniveau ved hvilket det skønnes, at der ikke vil forekomme uacceptable negative effekter på vand-økosystemer. Oplysninger om mængden af udsivende stoffer til havet giver sammen med beregninger af fortyndingsforholdene i havet mulighed for at udpege området, hvor forureningen kan medføre koncentrationer i havvandet over vandkvalitetskriterierne, dvs. en afgrænsning af det havområde, hvor forureningen kan påvirke de økotoksikologiske forhold. Resultaterne af disse beregninger fremgår af det efterfølgende afsnit 4.8.

Nærværende afsnit omhandler de udførte undersøgelser, der vedrører fastsættelsen af vandkvalitetskriterierne og af grundvandets toksicitet. Disse undersøgelser har på baggrund af en grundvandsprøve udtaget i den mest forurenede del af fanen ved klitfoden omfattet:

1. Enkeltstof-vurdering: vurderinger baseret på toksiciteten af de enkelte stoffer, der er målt i prøven. Grundlaget herfor er en fastsættelse af økotoksikologiske vandkvalitetskriterier for de enkelte stoffer.
2. Samlet prøve: vurderinger baseret på laboratorie-undersøgelser af den samlede toksicitet i prøven.

Hovedformålet har været at sammenligne den samlede prøves toksicitet med den toksicitet, der kan forventes ud fra det målte indhold af kendte stoffer i prøven - bl.a. for at opnå sikkerhed for, at ukendte stoffer ikke bidrager væsentligt til toksiciteten. Toksiciteten er i undersøgelsen angivet som det antal gange prøven skal fortyndes for at nå et niveau, der skønnes sikkert for miljøet (jo højere toksicitet, jo større fortyndingsfaktor er påkrævet). Det skal understreges, at de nedenfor angivne fortyndingsgrader alene er gældende for den undersøgte prøve. Værdierne er ikke gældende for den samlede udsivning, idet det gennemsnitlige indhold af forurenende stoffer i det udsivende grundvand er væsentligt lavere end i den undersøgte stærkt, koncentrerede prøve.

Enkeltstof-vurdering Som grundlag for fastlæggelsen af vandkvalitetskriterier er der udført laboratorieforsøg og litteraturstudier. Fastsættelsen af vandkvalitetskriterierne er foretaget på baggrund af Miljøstyrelsens Vejledning nr. 4, 2004. Når grundvandsprøven vurderes på basis af enkeltstoffer tages der udgangspunkt i eksisterende eller beregnede vandkvalitetskriterier (VKK) for hvert stof.

I forbindelse med de tidligere vurderinger i redegørelsen fra marts 2005 er en væsentlig stofgruppe som sulfonamider vurderet samlet på basis af det eneste undersøgte stof i gruppen (sulfadiazin, hvor vandkvalitetskriteriet var på 1,3 µg/l). Vurderingerne har været meget konservative, da sulfanilsyre – der udgør ca. 75 % af den samlede flux af sulfonamider - skønnes betydeligt mindre giftigt end sulfadiazin. I overensstemmelse med vurderingerne i martsredegørelsen er der derfor gennemført økotoksikologiske test, på hvilket grundlag vandkvalitetskriteriet for sulfanilsyre nu kan fastsættes til 280 µg/l. Andre undersøgelser har i mellemtiden hævet vandkvalitetskriteriet for sulfadiazin til 4,6 µg/l. Desuden er der gennemført litteratursøgning og udarbejdet kriterier for litium og stofgrupperne cresoler og barbiturater.

Med anvendelse af de målte koncentrationer i den anvendte grundvandsprøve er der foretaget beregninger af, hvor mange gange grundvandsprøven skal fortyndes for at indholdet reduceres til et niveau svarende til vandkvalitetskriteriet, se tabel 4.5.

Der er i tabel 4.5 opstillet følgende mulige forudsætninger som grundlag for vurdering af den fortyndingsfaktor, hvor der ikke er risiko for toksiske effekter:

1. *Worst case forudsætning:* Vandkvalitetskriterier for alle 14 stoffer er additiv. Det vil sige, at stoffernes effekter ikke påvirker (forstærker) hinanden. Denne forudsætning fører til, at den nødvendige fortyndingsfaktor for prøven estimeres til 38.000.
2. *Mindst konservative forudsætning:* Vandkvalitetskriterier for de 14 stoffer er ikke additive. Det betyder, at når det mest giftige stofs effekt er fortyndet væk, er al giftighed væk. Denne forudsætning fører til, at den nødvendige fortyndingsfaktor for prøven estimeres til 17.000, som er fortyndingsfaktoren for sulfonamider.

Tabel 4.5. Koncentrationer i den undersøgte grundvandsprøve og vandkvalitetskriterier samt fortyndingsfaktorer svarende til at indholdet i prøven reduceres til et niveau svarende til vandkvalitetskriteriet. Koncentrationer og vandkvalitetskriterier er angivet i enheden ug/l.

Stofnavn	Koncentration i prøven (C)	Vandkvalitetskriterie (VKK)	Fortyndingsfaktor (C/VKK)	Ref VKK*
Sulfanilsyre – saltvand	230.000	280	821	1
Barbiturater – saltvand	5.010	5	1.002	1
Cresoler – saltvand	267	1,4	191	1
Litium – saltvand	26.000	2,0 tilføjet	1.083**	1
Sulfonamider (ekskl. sulfanilsyre) – saltvand	77.813	4,6	16.916 ≈ 17.000	1
Anilin – saltvand	2.430	0,20	12.150	2
Vinylklorid	130	200	0,65	2
Dikloretylen	3.239	6	540	2
Tetrakloretylen	380	10	38	2
Triklloretylen	3.400	10	340	2
Benzen	2.000	2	1.000	2
Toluen	2.400	10	240	2
Fenol	2.500	9,50	263	2
Pyridin	3.530	1	3.530	2
Sum			38.115 ≈ 38.000	

*: 1: Udledt i denne undersøgelse - 2: Oplyst fra Ribe Amt

** : For at fortynde 26 mg/l til det naturlige interval på 24 µg/l foreslås fortyndingsfaktoren pragmatisk sat til $26.000/24 = 1.083$

Samlet prøve

Undersøgelser af toksiciteten af den samlede prøve har omfattet test, hvor den i Kærgård Plantage udtagne grundvandsprøves effekt er undersøgt på en række organismer, der repræsenterer en meget bred vifte af forskellige systematiske grupper med forskellige placeringer i økosystemet. Effekten er undersøgt ved forskellige fortyndinger af grundvandsprøven.

I de gennemførte tests var fortyndinger på 0,5 ml grundvandsprøve/l den laveste fortyndingsgrad, hvor der ikke blev observeret effekter (0,5 ml/l svarer til tilsætning af 0,5 milliliter grundvandsprøve pr. liter rent vand). Ved anvendelse af en usikkerhedsfaktor på 10 bliver den forventede nuleffekt-koncentration af grundvandsprøven 0,05 ml/l. Den nødvendige fortyndingsfaktor – dvs. den fortynding, hvor der ikke skønnes at være risiko for toksiske effekter – kan dermed estimeres til 20.000 for den undersøgte, koncentrerede grundvandsprøve.

Vurdering

Det fremgår af det ovenfor beskrevne, at den nødvendige fortyndingsfaktor, der kan sikre, at der ikke er risiko for toksiske effekter, kan estimeres til mellem 17.000 og 38.000 gange for prøven.

Der er god overensstemmelse mellem de beregnede fortyndingsfaktorer baseret på enkeltstofferne og på testen på den samlede prøve. Der er derfor ingen tegn på synergi-effekter, mens en vis additivitet kan forventes. Normal usikkerhed på bestemmelse af toksicitet tilsiger, at disse adderede tal skal vurderes med en samlet forventet variation på 20 – 40 %.

Det vurderes derfor sammenfattende, at den samlede toksicitet i grundvandsprøven i det væsentlige må forventes at være bestemt af toksiciteten af sulfonamider.

4.8 Stoffernes forekomst og spredning i havmiljøet

På baggrund af, at sulfonamiderne forventes at udgøre den kritiske stofgruppe i forhold til forureningens økotoksikologiske påvirkning af havmiljøet, er der for denne stofgruppe foretaget beregninger af forekomsten og spredningen i havmiljøet.

Dette er gjort på grundlag af opgørelsen af udsivende stofmængder til havet (se afsnit 4.6) og beregninger af fortyndingsforholdene i vandområdet ud for Kærgård Plantage ved hjælp af en numerisk beregningsmodel.

Som beskrevet i afsnit 4.6 er viden om udsivningsforholdene til havet mangelfuld. For at belyse den mulige betydning heraf er der foretaget beregninger med forskellige forudsætninger for, hvor i havet de med grundvandet udsivende stoffer tilføres havvandet (tilførsel tæt på kysten og tilførsel i afstande på 200, 400 og 600 meter fra kysten). Disse beregninger har vist, at den umiddelbare fortynding i havvandet er større, jo længere væk fra kysten tilførslen af stofferne til havvandet sker.

I beregningerne er endvidere belyst betydningen af, at stofferne i den øvre del af grundvandet i lag 2 har større sandsynlighed for at blive tilført havvandet tæt på kysten, og stoffer, der siver ud i lag 3, har større sandsynlighed for at blive tilført havvandet i større afstand fra kysten.

Ved beregningerne er der med forskellige forudsætninger, som beskrevet ovenfor, givet et overslag på fortyndingen i tre almindeligt forekommende situationer. Situationerne er valgt således, at de dækker kritiske, men realistisk forekommende situationer med relativ lav fortynding.

De tre situationer omfatter:

- En hypotetisk situation med 1 m høje bølger fra nordvest uden tidevandsstrøm
- En situation med både tidevand og bølgestrøm drevet af 1 m høje bølger fra nordvest
- En situation uden bølger og med tidevandsstrømme.

Sammenfattende viser beregningerne, at vandkvalitetskriteriet for sulfonamider i værste tilfælde overskrides i et cirka 2,5 km langt og ca. 200 meter bredt område langs kysten. Denne situation er knyttet til forhold, hvor strømmen alene drives af tidevandsstrømme, og hvor udsivning af de forurenende stoffer sker i havstokken (via lag 2 eller via såvel lag 2 som lag 3).

Når der både er bølgestrøm og tidevand overskrides vandkvalitetskriteriet tæt på kysten, men i dette tilfælde alene ud for selve udsivningszonen.

På grundlag af bølgestatistikken for området må det antages, at situationer, hvor kun tidevand er gældende forekommer sjældent. Hyppigheden af situationen hvor tidevandsstrømmen er dominerende kan groft anslås ud fra bølgestatistikken for området. Ud for Kærgård Plantage forekommer en situation med bølgehøjder mellem 0,5 – 1,5 m, svarende til den beregnede, i ca. 50 % af tiden. Mindre bølgehøjder forekommer ca. 17 % af tiden. Statistikken opgør ikke bølgehøjder mindre en 0,5 m, så det må antages at situationer, hvor kun tidevand er gældende, f.eks. med bølger mindre end 20 cm, forekommer væsentlig sjældnere.

Sammenfattende vurderes, at overskridelser af det økotoxikologiske vandkvalitetskriterie vil kunne omfatte et ca. 2,5 km langt og kystnært område. De strømningsmæssige forhold, der betinger denne situation optræder dog kun i en lille del af tiden.

Såvel de data, der ligger til grund for fastsættelsen af vandkvalitetskriterier som bestemmelsen af den udledning (flux), som ligger til grund for fortyndingsberegningerne er behæftet med usikkerhed. Modellen tager endvidere ikke højde for, at udsivningen ikke er jævnt fordelt over hele udsivningszonen, men selv 100 % forskel i udgangskoncentration vil dog kun give anledning til < 10 % ændring på fortyndingsområdets udstrækning.

5 Forureningen ved Esbjerg Kemi's depoter

5.1 Resultater af udførte undersøgelser

Formålet med de nye undersøgelser af Esbjerg Kemi-depoterne (EK1-EK3, se figur 2.1) har været at verificere tidligere vurderinger af, at depoterne ikke udgør en væsentlig risiko i forhold til omgivelserne.

Der er udtaget vandprøver fra eksisterende undersøgelsesboringer ved EK1 og EK2 og fra nye boringer ved klitfod og på stranden nedstrøms for EK1-EK3. Ved EK3 blev der i 1988 foretaget en oprydning (fjernelse af tønder). Placering af deponeringer og boringer fremgår af figur 2.1.

Resultaterne fra undersøgelsen viser:

- Der er fundet indhold af klorfenoler ved deponeringsområderne ved EK1 og EK2. Der er fundet indhold i grundvandet på op til henholdsvis 2.000 og 1.500 µg/l.
- Ved klitfoden og på stranden er der fundet indhold af klorfenoler på op til ca. 13.500 µg/l. Den kraftigste forurening er fundet i bunden af grundvandsmagasinet 10-17 meter under terræn. I dybder mindre end 10 meter er der maksimalt målt 60 µg/l af klorfenoler.
- Udsivningszonen til Vesterhavet vurderes at have en udstrækning på ca. 300-400 meter.
- Mængden af klorfenoler, der strømmer ud i havet, er usikker, men et groft overslag viser en årlig mængde på ca. 35 kg klorfenoler. Den væsentligste udsivning sker sandsynligvis i bunden af grundvandsmagasinet i mindst 10 meters dybde.

5.2 Vurdering

Undersøgelserne af forureningen fra Esbjerg Kemi har mod forventning vist, at der her er en kraftig grundvandsforurening. Forureningen strømmer ud mod Vesterhavet.

Udsivningszonen ved klitfoden vurderes at være omkring 300 til 400 meter. I forhold til forureningen fra Grindstedværkets deponering er mængden af stoffer, der transporteres ud fra klitområdet, betydeligt mindre.

De gennemførte undersøgelser har været rettet mod at afgrænse udstrækningen af det forurenede område ved klitfoden. Der er derfor ikke et præcist kendskab til, hvordan forureningen er fordelt i klitområdet og ved havstokken. Denne fordeling er væsentlig som grundlag for en nærmere risikovurdering i forhold til havmiljøet og sundhedsmæssige forhold.

Hovedparten af de fundne klorfenoler består af 4-klor-2-metylfenol og 6-klor-2-metylfenol. OECD har udarbejdet en risikovurdering (SIDS) for 4-klor-2-metylfenol /16/. Heraf fremgår det, at stoffet er bionedbrydeligt og har et lavt potentiale for bioakkumulering. På baggrund af de refererede økotoxikologiske undersøgelser forventes et vandkvalitetskriterium i havvand at blive omkring 5 µg/l.

Kendskabet til udsivningen er som nævnt meget begrænset, men hvis vand med de fundne koncentrationer siver ud uden væsentlig fortynding eller nedbrydning af stofferne – svarende til worst-case-betingelser - må det forventes, at den økotoxikologisk acceptable koncentration i området omkring udsivningen vil være overskredet i et mindre område. Udsivningsområdet ved Esbjerg Kemi's depoter er beliggende syd for udsivningsområdet fra Grindstedværkets depoter. Det vurderes dog, at fortyndingsberegningerne for udsivningen ud for Grindstedværkets depoter kan give et nogenlunde dækkende billede af fortyndingen ud for Esbjerg Kemi's depoter. Sådanne beregninger viser, at der ikke vil være overskridelser af det foreløbige fastsatte vandkvalitetskriterium på ca. 5 µg/l uden for selve udsivningsområdet.

Idet der kun foreligger en begrænset viden om forureningen – og der derfor ikke er grundlag for at udelukke en forekomst af klorfenoler i det kystnære havvand - har Blåvandshuk Kommune i samråd med Embedslægeinstitutionen for Ribe Amt valgt at indføre badeforbud på en 500 meter lang strækning ud for Esbjerg Kemi's depoter. Dette badeforbud ligger i umiddelbar sydlig forlængelse af badeforbudsstrækningen ud for Grindstedværkets gruber, således at der nu er badeforbud på en sammenhængende strækning på i alt 1400 meter.

Yderligere viden om konsekvenserne af udsivningen fra Esbjerg Kemi's depoter vil kræve yderligere undersøgelser af forureningens udbredelse, stoffernes nedbrydning mellem klitfod og havet samt beregninger af fortyndingen i havet. Endvidere vil det være relevant at sikre en endelig fastsættelse af vandkvalitetskriteriet, hvilket i givet fald bør inddrage en supplerende litteratursøgning efter eventuelle nyere økotoxikologiske undersøgelser.

Det skal bemærkes, at de gennemførte undersøgelser vedrørende Esbjerg Kemis depoter alene omfatter det ovenfor beskrevne, og at rapportens efterfølgende afsnit 6 og 7 kun omhandler Grindstedværkets gruber.

6 Undersøgelser og vurderinger af mulige afværgeforanstaltninger ved Grindstedværkets gruber

6.1 Opstillede mulige tekniske foranstaltninger

I redegørelsen fra marts 2005 /1/ blev der udpeget fire alternative strategier for eventuelle tekniske afværgeforanstaltninger over for forureningen.

De opstillede strategier er:

- *Afværgestrategi 1a:* Afskæring ved klitfod af udsivningen af forurennet grundvand ved stimulering af den biologiske nedbrydning i grundvandet
- *Afværgestrategi 1b:* Afværgestrategi 1a kombineret med målrettet kildereduktion i klitområdet
- *Afværgestrategi 2a:* Afskæring af udsivningen ved klitfod af forurennet grundvand ved oppumpning. Det oppumpede forurenede grundvand renses enten i et vandbehandlingsanlæg på lokaliteten eller på et eksisterende renselanlæg
- *Afværgestrategi 2b:* Afværgestrategi 2a kombineret med målrettet kildereduktion i klitområdet

Løsning 1a og 2a er "rene" afskæringsløsninger, hvor der kun sker afværge ved klitfod/klitområdet. Afværgestrategi 1b og 2b er supplerende løsninger, hvor der sker målrettet oprensning af forurening i kildeområdet, der bl.a. kan omfatte en eller flere af nedenstående metoder:

- Kildeoprensning ved fjernelse af kraftig forurening i selve gruberne ved afgravning (over grundvandsspejlet)
- Fjernelse af fri fase i/ved gruberne under grundvandsspejlet
- Kildereduktion i/ved gruberne i den mættede zone ved in-situ metoder. Målrettet fjernelse (nedbrydning) af den kraftigste forurening ved gruberne ved kemiske eller biologiske metoder

I /1/ er der anført en række mulige tekniske begrænsninger og usikkerheder knyttet til de opstillede strategier og den store usikkerhed, som er forbundet med omkostningerne til gennemførelse.

Med henblik på en afklaring af de væsentligste tekniske usikkerheder er der foretaget en række undersøgelser omfattende såvel feltundersøgelser som en omfattende række laboratorieforsøg, hvor de tekniske rensningsmetoder knyttet til de opstillede afværgestrategier er evalueret i forhold til forholdene i Kærgård Plantage.

6.2 Resultater af de udførte undersøgelser

6.2.1 Prøvepumpning og in-situ test

Der er udført pumpeforsøg ved klitfod og ved grube 1. Forsøgene har vist at:

- Det er muligt at oppumpe grundvand fra både lag 2 og 3. I meget forurenede områder vil der kunne opstå gas- og skumdannelse, som der i givet fald skal træffes tekniske foranstaltninger til at håndtere
- Den hydrauliske ledningsevne er væsentligt større i lag 2 end i lag 3. Det viser, at der som forventet strømmer langt mere vand i lag 2 end i lag 3
- Det er muligt ved oppumpning, at fjerne store mængder af forurening, der er opløst i grundvandet

Forsøg med tilførsel af luft til grundvandet viste, at det kun er muligt at opnå en iltning få meter fra tilsætningspunktet. Dette gælder både for lag 2 og lag 3. På baggrund af resultaterne vurderes det at være vanskeligt at ilte grundvandet tilstrækkeligt til at stimulere den biologiske nedbrydning under iltrige forhold (metode 1a og 2a med biologisk afskæring).

6.2.2 Grundvandsmodel

Der er opstillet en 3-Dimensional grundvandsmodel for området ved Kærgård Plantage. Modellen er opstillet med baggrund i den geologiske model (4 - lags model) og på baggrund af de udførte prøvepumpninger og målte grundvandspejl i området i 2005. Det vurderes samlet, at den opstillede grundvandsmodel giver forholdsvis troværdige resultater

Følgende kan sammenfattes:

- Der strømmer ca. 20 gange så meget grundvand i lag 2 som i lag 3
- Beregninger viser, at det er muligt at afskære grundvandsforureningen ved oppumpning ved klitfoden. Pumpeboringer skal dog placeres relativt tæt hvis der skal ske en fuldstændig afskæring.

- Tiderne for en partikels vej fra grubeområderne til havstokken er beregnet til ca. 6-15 år for magasin 2 og ca. 30-50 år for magasin 3 afhængig af grubernes beliggenhed
- Ved beregningerne er det ligeledes vist, at der er teoretisk mulighed for at nedbringe den vandmængde, der skal håndteres, ved at etablere en opstrøms oppumpning. Effekten er dog begrænset, og beregningerne viser, at dette kan medføre en uønsket påvirkning af området ved Esbjerg Kemi's depot nr. 2 (EK2)

Det skal bemærkes, at modellen også vil være et meget nyttigt værktøj til vurdering af forskellige afværgescenarier i en eventuel efterfølgende skitse- og detailprojekteringsfase.

6.2.3 Laboratorieforsøg

Der er gennemført en række laboratorieforsøg til at vurdere oprensningseffekten for udvalgte biologiske og kemiske afværgemetoder. Ved forsøgene er der anvendt jord- og vandprøver fra klitfod og fra grube 1. Tabel 6.1 giver en oversigt over de gennemførte forsøg og de overordnede resultater.

Samlet set viser forsøgene at:

- Kemisk iltning med avanceret oxidation kan effektivt nedbryde de væsentligste forureningskomponenter i grundvandet ved klitfoden
- Kemisk iltning med Fentons reagens (dvs. iltning med brintoverilte og jernsalte) og permanganat kan effektivt behandle de væsentligste stoffer i kildeområdet, herunder sulfonamider, klorerede opløsningsmidler og anilin. Permanganat er ikke så effektiv til oprensning af barbiturater og kulbrinter som Fentons reagens. Begge kemiske metoder kan nedbryde fri fase af klorerede opløsningsmidler i jorden
- De biologiske metoder kan ikke effektivt nedbryde forureningen, specielt sulfonamider og barbiturater

Tabel 6.1 Oversigt over laboratorieforsøg

Forsøg	Metode	Formål	Resultat
Biologisk nedbrydning	Iltrige forhold	Undersøge om biologiske metoder kan nedbryde grundvandsforurening i faneområde (belysning af afværgescenarie 1a)	Metoden medførte en vis nedbrydning af anilin, fenol, barbiturater, toluen og enkelte sulfonamider, men overordnet skete der kun en mindre nedbrydning af den samlede forurening. Forsøgsperioden var relativt kort, så det kan ikke afvises, at en længere forsøgsperiode kunne have givet en lidt bedre nedbrydning. Det vurderes dog, at en længere forsøgsperiode ikke vil give anledning til ændring i de overordnede konklusioner for forsøget
	Iltrifrie forhold	Undersøge om biologiske metoder kan nedbryde grundvandsforurening i kilde- og faneområde (belysning af afværgescenarie 1a og 1b)	Metoden er ikke særlig effektiv til nedbrydning af forureningen, sandsynligvis pga. inhibering med for høje indhold af sulfonamider. Forsøgsperioden var relativt kort, så det kan ikke afvises, at en længere forsøgsperiode kunne have givet en lidt bedre nedbrydning. Det vurderes dog, at en længere forsøgsperiode ikke vil give anledning til ændring i de overordnede konklusioner for forsøget
Kemisk nedbrydning	Permanganat	Undersøge om kemisk oxidation med permanganat kan nedbryde forureningen i kildeområdet (afværgescenarie 2b) . Desuden undersøge om permanganat kan oprense fri fase i kildeområdet (afværgescenarie 2b)	Metoden kan effektivt behandle de fleste stoffer, herunder sulfonamider, klorerede opløsningsmidler og anilin. Metoden kan også nedbryde fri fase af klorerede opløsningsmidler i jorden.
	Fentons reagens	Undersøge om kemisk oxidation med Fentons reagens kan nedbryde forureningen i kildeområdet (afværgescenarie 2b) Desuden undersøge om Fentons reagens kan oprense fri fase i kildeområdet (afværgescenarie 2b)	Metoden kan effektivt behandle de væsentligste stoffer i kildeområde, herunder sulfonamider, klorerede opløsningsmidler, anilin, barbiturater, kulbrinter mm. Metoden er mere effektiv og kan nedbryde flere forureningskomponenter end permanganat. Metoden kan også nedbryde fri fase af klorerede opløsningsmidler i jorden.
	Avanceret oxidation	Undersøge om avanceret oxidation (AOP) kan nedbryde forureningen ved klitfod (afværgescenarie 2a)	Metoden kan effektivt behandle de væsentligste stoffer i fanen.

6.2.4 Naturlig nedbrydning

Til vurdering af den naturlige nedbrydning af forureningen er der udtaget vandprøver til analyse af relevante kemiske og biologiske parametre. Formålet har været at undersøge, om der sker en selvrensning af forureningen i grundvandszonen. Resultaterne af undersøgelserne viser at:

- Der er stærkt reducerede (iltfrie) forhold i grundvandet under Kærgård Plantage. Disse forhold er umiddelbart ikke de mest gunstige for naturlig nedbrydning af de undersøgte forureningskomponenter, som alle bedst nedbrydes under iltede forhold. En undtagelse er de klorerede opløsningsmidler, som bedst nedbrydes under iltfrie forhold.
- Grundvandsmagasinet har under de nuværende forhold kun et begrænset selvrensningspotentiale i forhold til sulfonamider
- Derimod ses en væsentlig nedbrydning af de klorerede opløsningsmidler i forureningsfanen. Den naturlige nedbrydning resulterer dog ikke i en fuldstændig omsætning inden forureningen når havstokken. Her findes stadig betydeligt indhold af cis-dikloretylen og vinylklorid. Det vurderes at mindst 80 - 90 % af de klorerede opløsningsmidler nedbrydes fuldstændigt inden de når havstokken
- Anilin, pyridin, kloraniliner og fenoler omsættes i et vist omfang i forureningsfanen, men der sker en betydelig udsivning af anilin til Vesterhavet
- Benzen og især toluen bliver begge nedbrudt i forureningsfanen. Omsætningen forhindrer dog ikke, at der sker en betydelig udsivning af især benzen til Vesterhavet

Sammenfattende viser undersøgelserne, at der sker en væsentlig selvrensning i forureningsfanen af klorerede opløsningsmidler, pyridin, toluen, benzen, anilin og fenol. Derimod ser der ikke ud til at ske nogen væsentlig nedbrydning af sulfonamider. Det er uklart, om der sker nogen betydelig naturlig nedbrydning af barbiturater og klorfenoler.

6.2.5 Esbjerg Renseanlæg

Formålet med disse undersøgelser har været at foretage en indledende vurdering af, om en eventuel tilførsel af oppumpet grundvand fra Kærgård Plantage (uden forudgående kemisk rensning) kan ske uden afledte, negative effekter på anlæggets eksisterende biologiske renseprocesser og uden at det giver lugtproblemer.

På baggrund af forsøgsresultaterne forventes det ikke, at tilførsel af det oppumpede vand vil have væsentlig negativ effekt for de biologiske processer i Esbjerg Øst Renseanlæg og hermed ikke nogen negativ effekt for den nuværende drift eller rensningseffekt på anlægget.

Det skal bemærkes, at det på baggrund af laboratorieforsøgene omtalt i afsnit 6.2.4 vurderes, at den biologiske rensning ikke vil medføre en effektiv fjernelse af bl.a. sulfonamider – selvom tilførsel heraf som beskrevet ovenfor ikke vil påvirke rensningseffektiviteten i anlægget som helhed. En direkte tilførsel af oppumpet grundvand fra Kærgård Plantage til et eksisterende biologisk rensningsanlæg vurderes således umiddelbart ikke at være en aktuell teknisk løsningsmulighed i forhold til forureningen.

6.3 Vurdering af afværgemetoder

De hydrauliske undersøgelser viser, at det er muligt at afskære forureningen ved klitfoden ved oppumpning af grundvand fra lag 2 og 3. I forhold til den grundvandsmængde, der strømmer naturligt under klitfoden, skal der oppumpes ca. 50 % mere grundvand for at sikre en effektiv afskæring. Modelberegningerne viser, at der skal oppumpes 90 % fra lag 2 og ca. 10 % fra lag 3.

På baggrund af de udførte laboratorieforsøg vurderes det, at afværgestrategi 2a (kemisk afskæring) og 2b (kemisk afskæring og kildereduktion) er potentielle afværgemetoder.

Derimod vurderes det ikke realistisk at anvende afværgestrategi 1a (biologisk afskæring) og 1b (biologisk afskæring og kildereduktion med biologisk nedbrydning) som de bærende metoder for en oprensning. Resultaterne af undersøgelserne viser dog, at mange af stofferne kan nedbrydes biologisk, men væsentlige stoffer – som f.eks. sulfonamider – nedbrydes ikke i væsentligt omfang. Biologiske oprensningsmetoder vurderes derfor ikke at kunne stå alene i en samlet løsning. Dette udelukker dog ikke, at metoderne kan anvendes i forbindelse med en delløsning i eventuel kombination med andre metoder.

7 Belysning af afværgescenarier ved Grindstedværkets gruber

7.1 Udvalgte afværgescenarier

Der er foretaget en belysning af udvalgte scenarier for en eventuel afværgeindsats ved Grindstedværkets gruber. De udvalgte afværgescenarier tager udgangspunkt i anvendelse af de i kapitel 6 beskrevne potentielle tekniske metoder og udtrykker et varierende omfang af en afværgeindsats. Scenarierne er således ens med hensyn til tekniske metoder, men varierende med hensyn til omfanget af indsatsen. Formålet er at illustrere sammenhænge mellem hvilke omkostninger, der vil være forbundet med forskellige niveauer for en eventuel indsats, og hvilke effekter en given indsats vurderes at ville have.

Det skal understreges, at scenarierne alene udtrykker valgte eksempler. Dette skal ses i lyset af, at der ikke som grundlag for de gennemførte undersøgelser foreligger beslutninger, der fastsætter konkret definerede målsætninger for en eventuel afværgeindsats. De valgte afværgescenarier kan derfor godt kombineres på andre måder end vist i dette kapitel. Opstillingen og belysningen af scenarierne er derfor rettet mod at illustrere forskellige niveauer for opfyldelse af de i martsredegørelsen anførte kvalitative målsætninger for en eventuel afværgeindsats:

- at begrænse eller eliminere økotoksikologiske effekter i havet (begrænse eller eliminere det område, hvor vandkvalitetskriterier overskrides)
- at begrænse udstrækningen eller sikre grundlaget for en ophævelse af de nuværende sundhedsmæssigt begrundede restriktioner (badeforbud og frarådning af ophold på strandområdet)
- at reducere æstetiske påvirkninger (lugt, misfarvning)

En oversigt over de belyste scenarier er vist i tabel 7.1. I de efterfølgende afsnit redegøres der for disse scenarier med hensyn til tekniske forhold, økonomi og effekt samt de efterfølgende faser knyttet til en eventuel gennemførelse af afværgeforanstaltninger.

Tabel 7.1 Afværgescenarier

Afværgescenarie	Beskrivelse
1. Afskæring, 425 m	Afskæring rettet mod den centrale del af udsivningszonen svarende til en afskæring af fanen over en strækning på ca. 425 meter
2 Afskæring, 425 m - kildeoprensning	Afskæring rettet mod den centrale del af udsivningszonen svarende til en afskæring af fanen over en strækning på ca. 425 meter. I scenariet kombineres afskæringen med kildeoprensning.
3 Afskæring, 800 m	Afskæring rettet mod hele udsivningszonen svarende til en afskæring af fanen over en strækning på ca. 800 meter
4 Afskæring, 800 m - kildeoprensning	Afskæring rettet mod hele udsivningszonen svarende til en afskæring af fanen over en strækning på ca. 800 meter. I scenariet kombineres afskæringen med kildeoprensning.
5 Kildeoprensning	Kildeoprensning (ingen afskæring).

De oprensningmetoder, som beskrives i dette kapitel, er udpeget ud fra de gennemførte undersøgelser i 2005 - 2006. Med den nuværende viden vurderes det, at disse metoder teknisk vil kunne oprense forureningen, og at metoderne er optimale i forhold til de anførte kvalitative målsætninger. Det skal dog bemærkes, at der også vil være andre metoder, som stadig kan være relevante som supplement eller i kombination med de udpegede metoder. Eksempelvis vil biologiske metoder kunne oprense de fleste forureningskomponenter (dog ikke sulfonamider). Termiske metoder kan også være relevante i forbindelse med oprensning af fri fase i gruberne.

Det skal samtidig understreges, at de opstillede scenarier er eksemplificerede muligheder for forskellige niveauer og tilgange til en indsats overfor den samlede forurening.

Det betyder at:

- der ud fra de nu foreliggende undersøgelsesresultater vil være muligt at belyse økonomi og effekt for andre afværgescenarier, f.eks. ud fra en konkret fastlæggelse og eventuel prioritering mellem de opstillede målsætninger, og
- de opstillede scenarier ikke udelukker, at den faktiske gennemførelse af en samlet indsats sker i et antal afgrænsede etaper. Tværtimod vil en sådan trinvis eller etapevis gennemførelse kunne være hensigtsmæssig, fordi dette vil give mulighed for en gradvis opbygning af anlægs- og driftsmæssige erfaringer med håndtering af den i flere henseender unikke forureningsituation. Erfaringerne vil således kunne anvendes i efterfølgende etaper, og dermed optimere den samlede indsats.

7.2 Tekniske løsninger

I delrapport 11 er der gennemgået tekniske løsninger for de fem alternative afværgescenarier jf. tabel 7.1. For hvert scenarie er der udført en teknisk beskrivelse samt lavet konsekvensanalyser for omkostninger og miljøeffekt.

Afskæringsløsninger Der er gennemgået 2 forskellige løsninger med faneafskæring:

- I afværgescenarie 1 og 2 afskæres den centrale del af udsivningszonen ved klitfoden svarende til en afskæringsbredde på 425 m. Dette svarer til opsamling af mindst 80 % af den forurening, der strømmer mod Vesterhavet
- I afværgescenarie 3 og 4 afskæres hele udsivningszonen ved klitfod svarende til en afskæringsbredde på 800 m. Dette svarer til en næsten 100 % opsamling af den forurening, som strømmer mod Vesterhavet.

Placering af de 2 faneafskæringsløsninger fremgår af bilag 6. Der er teknisk set tale om den samme løsning. Den eneste forskel er bredden af afskæringen.

Løsningerne indebærer, at der oppumpes grundvand langs med den ydre klitrække. Der skal ske oppumpning af grundvand fra både den finkornede og grovkornede del af grundvandsmagasinet (lag 3 og 2). Oppumpningen kan foregå i traditionelle lodrette borerer evt. kombineret med vandrette dræn med pumpebrønde. Hvis der skal etableres lodrette borerer skal afstanden mellem borererne være omkring 10 m. Herved kan der opnås en i praksis næsten fuldstændig opsamling af de udsivende stoffer inden for afskæringen.

Det vurderes, at der skal oppumpes 200.000 m³ henholdsvis 270.000 m³ væsentligt forurenet grundvand om året ved de to angivne afskæringsbredder på 425 og 800 meter. Herudover vil der også blive oppumpet mindre forurenet grundvand, men dette forventes ikke at skulle renses. Til sammenligning blev der i martsredegørelsen forudsat oppumpning af 175.000 m³ forurenet grundvand om året med udgangspunkt i en afskæringsbredde på 600 meter. Justeringen er knyttet til den forbedrede viden om grundvandsforholdene.

Fra pumpeboringerne ledes vandet til et vandbehandlingsanlæg, hvor vandet udsættes for en kraftig kemisk iltning med ozon og brintoverilte (Advanced Oxidation Processes - også kaldet AOP). Anlægget kan købes som en færdigbygget enhed. Den forventede levetid af enhedens hovedkomponenter er 10-15 år.

Det rensede vand skal bortskaffes, og her er skitseret følgende muligheder:

- Udledning til Vesterhavet gennem en 500-1000 m lang havledning
- Afledning til Esbjerg Renseanlæg
- Reinfiltrering i grundvandet syd eller nord for afvægeområdet

Vandbehandlingsanlægget kan placeres bag klitfoden ved grube 1 og 2. For løsningen med afledning til Esbjerg rensningsanlæg vil det sandsynligvis være

mest hensigtsmæssigt at placere AOP-anlægget ved selve rensningsanlægget i Esbjerg.

Der er ikke foretaget en detaljeret sammenlignende vurdering af de skitserede bortskaffelsesmetoder. Hver metode har fordele og ulemper. Udledning til Vesterhavet i en havledning findes dog umiddelbart at være den mest oplagte. En eventuel afledning til Esbjerg Renseanlæg vil kræve en 30 km lang trykledning, hvilket sammen med en forventet spildevandsafgift formentlig vil gøre denne løsning væsentligt dyrere end de 2 andre. Desuden er slutrecipienten for Esbjerg Renseanlæg (Vadehavet) mere følsom end Vesterhavet ud for Kærgård Plantage. Reinfiltration indebærer, at der i et uforurenede område tilføres grundvandet rensede vand med restkoncentrationer af forurenende stoffer, hvilket indebærer potentielle sundhedsmæssige problemstillinger, der i givet fald skal belyses nærmere.

En detaljeret vurdering forudsætter, at de endelige krav til kvaliteten af det rensede vand er fastlagt for den enkelte bortskaffelsesmetode, hvilket vil være knyttet til en myndighedsbehandling. Ved belysningen af afværgescenarierne – herunder prissætningen af vandbehandlingen – er det forudsat, at rensningen for de enkelte stoffer skal ske ned til et koncentrationsniveau, der maksimalt er 50 gange de økotoksikologiske vandkvalitetskriterier. Faktoren på 50 svarer til den initialfortynding, der som minimum forventes at kunne opnås (vurderet på baggrund af vanddybde og udledningsvolumen), hvis vandet udledes til Vesterhavet i en havledning i en afstand på mindst 500 meter fra stranden (jf. delrapport 12). Dette forventes i givet fald at kunne sikre, at en sådan løsning kan implementeres uden forudsætning om udlægning af et spildevandsnærområde omkring udledningen. Det skal understreges, at eventuelle mindre krav til rensningsniveauet end det forudsatte vil kunne have væsentlig betydning for de samlede rensomkostninger.

Det vurderes, at oppumpning af grundvand er en sikker, veldokumenteret og robust afværgemetode. Renseenheden kan rense for alle de væsentligste forureningskomponenter, som er fundet i grundvandet. Den mest kritiske parameter ved det forudsatte rensningsniveau er formentlig anilin, der skal reduceres med ca. 99,5 %. Det vurderes dog, at det er teknisk muligt at rense til det forudsatte niveau.

Forurenings sammensætningen i Kærgård Plantage er dog unik - og der er derfor nogle usikkerheder ved vandbehandlingen, som bør afklares i et eventuelt skitseprojekt. Laboratorieforsøgene med den kemiske rensning har således vist, at der er enkelte stoffer, som ikke nedbrydes med den kemiske iltning, eksempelvis acetone og diklormetan. Selvom disse stoffer vurderes at være af mindre betydning for det oppumpede forurenede grundvands samlede giftighed, vil der antageligt i forbindelse med eventuel skitseprojektering og myndighedsbehandling af udledningen skulle ske en nærmere vurdering af, om det er nødvendigt med supplerende rensning for disse stoffer.

Kildereduktionsmetoder

Almindeligvis defineres kildeområdet for en forurening som det område, hvor den væsentligste forureningsmasse findes (typisk mindst 90-95 % af forureningsmassen). Det vil være områder med høje koncentrationer og evt. fore-

komst af fri fase. I Kærgård Plantage er situationen dog noget mere kompliceret.

Kildeområdet for de klorerede opløsningsmidler er således selve grubeområderne (både over og under grundvandsspejlet), hvor næsten 95 % af den samlede forureningsmasse findes. Det samme er også gældende for stofgruppen kulbrinter (eksempelvis benzen og toluen).

Derimod er de vandopløselige stoffer (f.eks. sulfonamiderne og anilin) udvasket fra gruberne og findes spredt i et meget stort område i grundvandszonen. Kun ca. 5 % af sulfonamiderne findes således i selve grubeområdet. Kildeområdet for disse stoffer er derfor ikke mere grubeområdet, men selve forureningsfanen. Til sammenligning er det samlede areal for grube 1- 6 ca. 7.000 m², mens sulfonamiderne er spredt i et område, der er ca. 100 gange større.

Kildereduktion af klorerede opløsningsmidler og oliekomponenter er derfor kun relevant i selve grubeområdet. Indsatsområdet for kildereduktion for sulfonamider og anilin er derimod ikke så veldefineret, men kunne omfatte det kraftigst forurenede område (ca. 200.000 - 250.000 m²).

Tabel 7.2 indeholder en oversigt over de foreslåede metoder. Bilag 7 viser princip af indsatsområde for ovennævnte kildereduktionsløsninger.

Tabel 7.2 Kildereduktionsmetoder

Løsning	Formål	Beskrivelse
1. Afgravning af den kraftigste jordforurening i gruber og rensning af jorden på eksternt jordbehandlingsanlæg.	Fjernelse af især forurening med klorerede opløsningsmidler og kulbrinter, men også fjernelse af øvrige forureningskomponenter	Der opgraves ca. 21.000 - 29.000 tons forurenede jord ned til ca. ½ m under grundvandsspejlet i grube 1-6. Der skal sandsynligvis ske en mindre afsenkning af grundvandet. Det forudsættes at det oppumpede grundvand reinfiltres i grubeområdet.
2. Oprensning af fri fase af klorerede opløsningsmidler under grundvandsspejlet i grube 1, 2, 3 og 4	Fjernelse af forurening med klorerede opløsningsmidler	Den fri fase med klorerede opløsningsmidler oprenses eksempelvis med kemisk oxidation med permanganat. Oprensningen sker in-situ dvs. nede i jorden. Der skal behandles et samlet jordvolumen på ca. 60.000 m ³ . Forventet oprensningsperiode er 5 år.
3. Måltrettet kildereduktion af udvalgte forureningsstoffer (bl.a. sulfonamider, og anilin) i kilde- og faneområdet	Fjernelse af ca. 80 % forureningsmasse af sulfonamider og anilin (og andre vandopløselige forureningskomponenter)	Der oppumpes grundvand i faneområdet i et område på ca. 200.000 m ² og i en lagtykkelse på gennemsnitligt 5 m (1.000.000 m ³ jordvolumen under grundvandsspejlet). Det oppumpede grundvand renses med kemisk oxidation med ozon og brintoverilte (samme metode som faneafskæringsløsning - AOP). Det rensede vand reinfiltres i grundvandsfanen. Forventet oprensningsperiode er ca. 10 år.

Alle de foreslåede metoder vurderes at kunne oprense den pågældende forurening. Afgravning og rensning af jorden på et eksternt jordbehandlingsanlæg er en meget sikker og veldokumenteret metode. Der er en vis usikkerhed omkring omkostningerne til opgravningsløsningen, da det præcise jordvolumen ikke kendes.

Oprensning af fri fase i gruberne med permanganat er en anerkendt og relativt veldokumenteret teknologi. Laboratorieforsøg viste ligeledes gode resultater med metoden. Der findes dog også andre metoder, som kan oprense fri fase af klorerede opløsningsmidler. I et skitseprojekt bør det belyses hvilken metode, som er mest cost-effektiv. Den væsentligste usikkerhed ved metoden er størrelsen af det område, som skal behandles, da der ikke er udført en nøjagtig kortlægning af forureningen med fri fase.

Den 3. løsning med oppumpning og rensning af kraftigt forurenet grundvand i faneområdet er den samme metode som for afskæringsløsningerne, og der gælder de samme forhold vedrørende sikkerhed for metoden. Det bemærkes, at denne metode også omfatter oprensning af den væsentligste forurening i strandzonen. Beregninger viser, at der i modsat fald efterlades op til 10 % af forureningen af sulfonamider og anilin mellem klitfod og havstok. Denne forurening oprenses ikke ved de rene afskæringsløsninger (løsning 1 og 3) og vil medføre, at der selv efter igangsætning af afværgepumpning ved klitfoden vil strømme forurening mod havet i en længere periode. Den 3. kildereduktionsløsning vil netop fjerne en stor del af denne forurening, hvilket vil betyde en hurtigere reduktion af forureningsbidraget til Vesterhavet.

7.3 Økonomi

Tabel 7.3 viser økonomisk overslag for de 5 afværge-scenarier. For afskæringsløsningen er det forudsat, at det behandlede grundvand udledes til Vesterhavet gennem en havledning.

For scenarie 1 og 3 omfatter investeringerne alene omkostninger til etablering af afskæringsforanstaltningerne.

For scenarie 2 og 4 skyldes de væsentligt større investeringer, at der – udover etablering af afskæringsforanstaltningerne – indgår omkostninger til kildereduktion. I omkostninger til kildereduktion er der forudsat følgende:

- 40 mio. kr til oprensning af jordforurening i grube 1 - 6 ved afgravning
- 10 mio. kr i etableringsomkostninger og 10 mio. kr i årlig drift til oprensning af fri fase i grube 1, 2, 3 og 4 med kemisk oxidation med permanganat. Der er forudsat 5 års driftsperiode
- 74 mio. i etableringsudgifter og 8,5 mio. kr i årlig drift til målrettet kildereduktion af udvalgte forureningsstoffer (bl.a. sulfonamider, og anilin) i kilde- og faneområdet. Der er forudsat 10 års driftsperiode

Der er ikke indregnet min/max priser for kildereduktionsløsninger, men det skal bemærkes, at der er væsentlige usikkerheder ved prisoverslagene.

Tabel 7.3 Sammenligning af etablerings- og driftsomkostninger, forventet driftsperiode og nutidsværdi af de samlede omkostninger³⁾. Alle beløb i mio. kr. ekskl. moms.

Afværgescenarie		Etablering mio. kr. ¹⁾	Årlig driftsomk. mio. kr/år ¹⁾	Driftsperiode (år)	Samlede udgifter mio. kr. ²⁾
Scenarie 1 - afskæring, 425 m	Afskæring - 425 m	39 (35-45)	6,9 (5,8 - 8,7)	>100	>171 (147 - 206)
	Ingen Kildeoprensning	Ingen	Ingen	Ingen	
Scenarie 2 - afskæring, 425 m + kildereduktion	Afskæring - 425 m	39 (35-45)	6,9 (5,8 - 8,7)	ca. 15	345 (329 - 367)
	Kilde – afgravning	40	0	0	
	Kilde - fri fase	10	10,0	5	
	Kilde – faneoprensning	74	8,5	10	
Scenarie 3 - afskæring, 800 m	Afskæring - 800 m	46 (39 - 53)	8,4 (7,0 - 10,3)	>100	>212 (172 - 241)
	Ingen kildeoprensning	Ingen	Ingen	Ingen	
Scenarie 4 - afskæring, 800 m + kildereduktion	Afskæring - 800 m	46 (39 - 53)	8,4 (7,0 - 10,3)	ca. 15	365 (345 - 391)
	Kilde – afgravning	40	0	0	
	Kilde - fri fase	10	10,0	5	
	Kilde – faneoprensning	74	8,5	10	
Scenarie 5 - kilderedu- ktion, ingen afskæring	Ingen afskæring	Ingen	Ingen	Ingen	228
	Kilde – afgravning	40	0	0	
	Kilde - fri fase	10	10,0	5	
	Kilde – faneoprensning	74	8,5	10	

1) Investeringer og driftsomkostninger i tabel 1en er angivet i faste (reale) 2006-priser.

2) Nutidsværdi er angivet med basis i reale priser og 6 % realrente. Der er endvidere foretaget beregninger med 3 % realrente, se /15/

3) Omkostninger til skitseprojekt er ikke omfattet

Tal i parentes viser usikkerhedsinterval

Sammenligning med martsredegørelsen i 2005

I forhold til martsredegørelsen i 2005 er der ikke den store forskel i prisniveau for de rene afskæringsløsninger (scenarie 1 og 3), når der tages hensyn til de høje prisstigninger på anlægsarbejde, som er sket inden for de seneste år. I de nye omkostningsberegninger er der medtaget udgifter til etablering af efterbehandling af det rensede grundvand, hvilket er nyt i forhold til martsredegørelsen (2004 priser). Det helt afgørende for omkostningerne til faneafskæringsløsningerne er renskravet til vandbehandling. Lavere krav til rensning kan reducere omkostningerne væsentligt og modsat vil højere krav til rensegrad forøge udgifterne væsentligt.

For kildereduktionsløsningerne er der tale om markant større udgifter, hvilket skyldes følgende forhold:

- De nye undersøgelser i 2005-2006 viser, at der findes en meget kraftig jordforurening i selve gruberne over grundvandsspejlet. Det er forudsat at hele denne forurening oprensnes (20.000 - 30.000 tons, heraf vurderes godt halvdelen at indeholde forurening med residual fri fase). I martsredegørelsen blev det skønnet, at der var 40.000 tons kraftigt forurennet jord i gruberne. I de opstillede afværgestrategier blev det dog forudsat, at kun jordforu-

reningen med fri fase af klorerede opløsningsmidler skulle opgraves (skønnet til ca. 3.000 tons).

- De nye undersøgelser viser at der er en meget udbredt forurening med fri fase under grundvandspejlet under grube 1, 2, 3 og 4 med et samlet behandlingsvolumen på 60.000 m³ jord. I martsredegørelsen blev der kun forventet fri fase i grube 1 og 2 - med et behandlingsvolumen på 20.000 m³.
- I martsredegørelsen blev der kun forudsat oprensning af sulfonamider og anilin i nærområdet omkring gruberne. De nye undersøgelser viser, at hvis der skal ske nogen væsentlig massereduktion af disse stoffer, skal oprensningen ske i selve faneområdet. I det nye forslag i 2006 forudsættes der et behandlingsvolumen på 1.000.000 m³. Til sammenligning blev der i martsredegørelsen forudsat et behandlingsvolumen på 100.000 m³.

Samlet set forudsættes der nu en væsentligt større kildeoprensning end forudsat i martsredegørelsen. Det skyldes dels væsentlig større forurening i grubeområdet, men også at kildeoprensning omfatter en indsats i selve faneområdet (både klit- og strandområde).

7.4 Effekt af afværgescenarier

De eksemplificerede afværgescenarier vil alle medføre en væsentlig reduktion i udsivningen af forurenende stoffer. En belysning af de enkelte afværgescenariers effekt præsenteres nedenfor med udgangspunkt i følgende udvalgte stoffer/stofgrupper:

- Sulfonamider
- Klorerede opløsningsmidler
- Anilin
- NVOC

Afgrænsningen af effektvurderingerne for disse stoffer/stofgrupper er foretaget for at sikre en overskuelig fremstilling. Det er vurderet dels, at ovennævnte stoffer/stofgrupper kan repræsentere de potentielt væsentligste stoffer, dels at de sikrer en dækkende vurdering af afværgescenarierne over for den samlede forureningssituation. Sulfonamider er stofgruppen med den største udsivningsmasse og med relativt lave vandkvalitetskriterier for enkeltkomponenter. Klorerede opløsningsmidler findes i høje koncentrationer og har relativt lavt vandkvalitetskriterie. Stofferne er desuden flygtige og er kritiske mht. sundhedsrisiko. Anilin findes i høje koncentrationer og er primært en risiko mod recipient pga. meget lavt vandkvalitetskriterie. NVOC er en indikatorparameter for det organiske indhold, dog ikke de mest flygtige som klorerede opløsningsmidler og BTEX'er. Det bemærkes, at NVOC ikke selvstændigt er et problematisk

stof, men en indikatorparameter og er vigtig til vurdering af det organiske forureningsindhold.

7.4.1 Massefjernelse

På forhånd er det ikke vurderet realistisk med en fuldstændig oprensning, da det forurenede område er meget stort, og noget af forureningen også er trængt dybt ned i ler- og siltaflejringer, hvor det stort set vil være umuligt at fjerne med i dag kendte metoder. Overordnet vurderes det dog ud fra de nu gennemførte undersøgelser at være teknisk muligt med de udvalgte afværgeteknikker at fjerne en stor del af forureningsmassen i området.

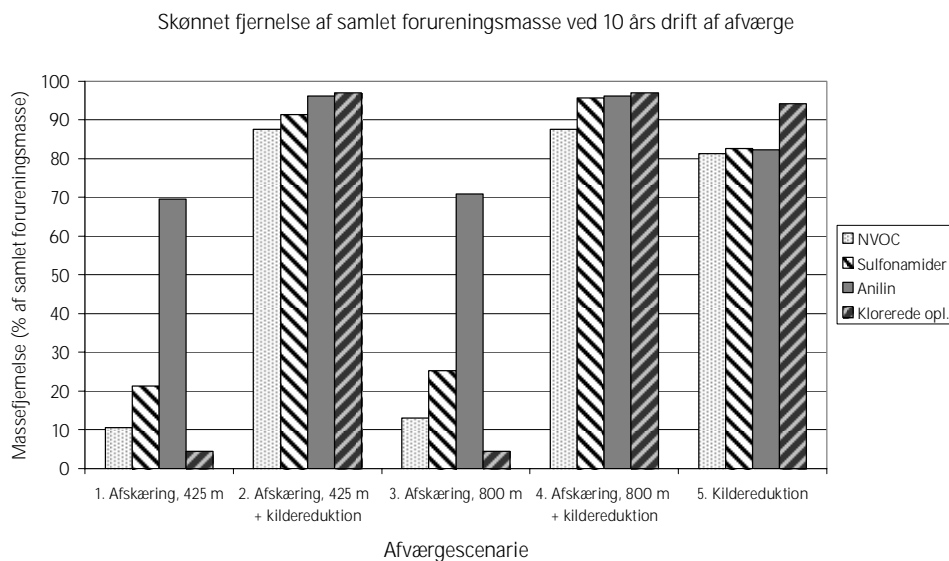
I figur 7.1 er for de 5 afværgescenarier vist overslag over den forventede massefjernelse, dvs. den %-del af den samlede forekomst af stofferne i området, som fjernes. Opgørelsen er foretaget efter 10 års drift svarende til, at kildereduktion er afsluttet.

Det ses at de rene afskæringsløsninger (scenarierne 1 og 3) kun medfører en relativ lille massefjernelse af stofferne bortset fra anilin. I scenarierne med afskæring kombineret med kildereduktion (scenarie 2 og 4) fjernes ca. 90 % af stofmassen. Det bemærkes, at der ved den rene kildereduktionsløsning også fjernes meget stof (ca. 80 - 90 % afhængig af stofgruppe).

Oprensning af klorerede opløsningsmidler ved afgravning og oprensning af fri fase i grubeområdet vil i sig selv medføre, at der kan fjernes ca. 90 % af den samlede forureningsmasse af disse stoffer. Kildeoprensning med oppumpning i faneområdet vurderes at kunne fjerne ca. 80 % af den samlede forureningsmasse af sulfonamider, anilin og NVOC. Det bemærkes, at kildeoprensning med grundvandsoppumpning principielt også kan omfatte de områder på stranden, som har meget stor forureningsmasse (f.eks. ved den dybde kanal i lag 3 ud for grube 1).

Strategierne 2 og 4, hvor faneafskæring kombineres med alle de opstillede løsninger til kildereduktion, vil kunne fjerne 90 - 95 % af forureningen over ca. 10 år.

En væsentlig fjernelse af forekomsten af forureningen i området inden for en kortere tidshorisont forudsætter således kildeoprensning. Det skal samtidig bemærkes, at der i denne sammenhæng kun vil være marginale forskelle på effekten af bredden af afskæringen (forskellen mellem scenarie 2 og 4).



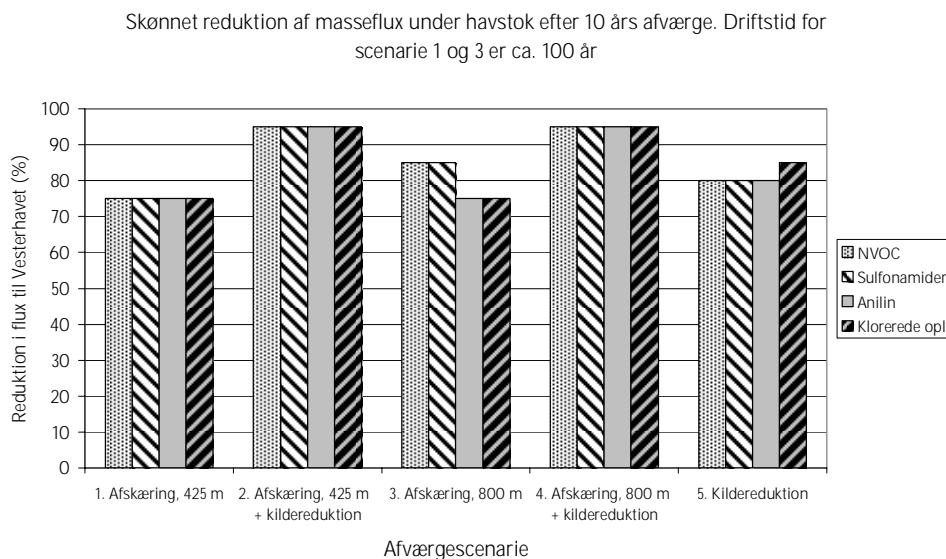
Figur 7.1 Skønnet fjernelse af samlet forureningsmasse ved 10 års drift af afværg

7.4.2 Udsivning af forurenende stoffer

Ved afskæringsløsningerne sikres det, at der stort set ikke mere sker en transport af forurenende stoffer forbi afskæringen ved klitfoden i afskæringsbredden.

Figur 7.2 viser den forventede reduktion i udsivningen af stofferne (fluxen) ved de 5 afværgescenarier. Opgørelsen er foretaget efter 10 års drift af afværg og viser reduktionen opgjort ved havstok. Alle afværgescenarier kan forventes at medføre en væsentlig reduktion i fluxen af forurenende stoffer.

Den største reduktion ses for de 2 løsninger med kombination af afskæring og kildereduktion, dvs. afværgescenarie 2 og 4.



Figur 7.2 Forventet reduktion i masseflux til Vesterhavet efter 10 års drift af afværge. Det bemærkes at driftstid for afværgescenarie 1 og 3 er ca. 100 år

Afskæring uden kildereduktion

For afskæringsscenerierne uden kildeoprensning (scenarie 1 og 3) hænger forskellen i fluxreduktionen sammen med, at der ved den begrænsede afskæringsbredde sker en fortsat udsivning på hver side af afskæringen. Ved afskæringsbredden på 425 meter i scenarie 1, kan fluxen reduceres med ca. 75 %. En udvidelse af afskæringsbredden til 800 meter medfører en yderligere reduktion af stoffluxen, men dog kun på ca. 10 % for sulfonamider, anilin og NVOC, og ingen væsentlig yderligere reduktion for klorerede opløsningsmidler. Sidstnævnte skyldes, at udsivningen af disse stoffer i al væsentlighed sker indenfor de 425 meter. Det bemærkes, at driften af afskæringsløsningerne skal opretholdes over en meget lang periode (ca. 100 år) for at fastholde massereduktionen til Vesterhavet.

Afskæring med kildereduktion

Kildeoprensningens effekt på flux-reduktionen er knyttet til, at der i den målrettede kildereduktion er indregnet en oprensning i faneområdet under strandområdet mellem afskæringen ved klitfoden og havstokken. Undersøgelserne har vist, at der i dette område ligger en væsentlig restforurening af vandopløselige stoffer som sulfonamider og anilin samt NVOC. Såfremt der ikke udføres en sådan kildeoprensning vil denne restforurening over en årrække fortsætte med at strømme ud under havstokken, og dermed svække effekten af en afskæring ved klitfoden.

Kildereduktionen i øvrigt – dvs. i grubeområdet og i fanen mellem gruberne og klitfoden opstrøms afskæringen - vil som supplement til en afskæringsløsning derimod ikke have større indflydelse på fluxreduktionen – hverken i forhold til reduktionens størrelse eller det tidsmæssige forløb. Det vil dog medføre en reduktion i driftstiden for en afskæringsløsning.

Kildereduktion uden afskæring

Endelig skal bemærkes, at kildereduktion uden afskæring (scenarie 5) indebærer en fluxreduktion, der indenfor en 10-års periode, modsvarer hvad der kan opnås med de rene afskæringsløsninger i scenarie 1 og 3. Det er dog sandsyn-

ligt, at en yderligere reduktion i fluxen på længere sigt (f.eks. efter 20 år) vil være mindre end hvad der kan opnås med afskæringsløsningerne (under forudsætning af vedvarende drift af disse). Det hænger sammen med, at kildereduktion svarende til scenarie 5 er rettet mod de udvalgte og mest koncentrerede forureningsområder. Der vil derfor i området ovenfor klitterne blive efterladt en restforurening, der langsomt vil udsive med grundvandet. Den store fluxreduktion indenfor de første ca. 10 år vil derfor ved scenarie 5 blive fulgt af en "rest-flux", der over tid - men kun langsomt - vil blive formindsket.

7.4.3 Økotoksikologiske effekter i havet

Reduktionen af fluxen vil medføre, at stofkoncentrationerne i havet som udgangspunkt vurderes at ville blive reduceret tilsvarende.

Der er ikke foretaget detaljerede spredningsberegninger i havet for de enkelte afværgescenarier, men ud fra resultaterne af beregningerne beskrevet i afsnit 4.8 må det forventes, at en reduktion af den samlede flux med 75 % eller mere vil sikre, at en overskridelse af de økotoksikologiske vandkvalitetskriterier i det væsentlige begrænses til selve udsivningszonen, dvs. en kystnær strækning på ca. 800 meter. Det skønnes derfor også, at alle de belyste scenarier vil sikre, at det påvirkede havområde (dvs. området, hvor der vil kunne forekomme koncentrationer over vandkvalitetskriterier) vil være begrænset til en sådan potentielt lokal påvirkning ud for selve udsivningszonen.

Hvorvidt der indenfor en sådan lokalt afgrænset strækning i havet ud for selve udsivningszonen vil forekomme stofkoncentrationer over vandkvalitetskriterierne for enkelte stoffer er behæftet med usikkerhed. Én af årsagerne til denne usikkerhed er, at udsivningen indenfor denne strækning må antages at udvise store variationer, som følge af bl.a. meget lokale variationer i jordlagenes sammensætning. Hertil kommer endvidere, at de gennemførte undersøgelser ikke har omfattet en kortlægning af mængden af forurenende stoffer i selve havbunden, og det er ikke muligt, at vurdere forløbet af "udtømmningen" af denne stofmængde til havvandet nærmere.

Det er muligt, at de opstillede afværgescenarier – indenfor en 10-årsperiode eller mindre – vil kunne sikre, at økotoksikologiske kriterier også vil kunne overholdes i havet ud for selve udsivningszonen, men der kan ikke på det foreliggende vidensgrundlag foretages en sikker vurdering heraf.

7.4.4 Sundhedsmæssige forhold

En betydelig reduktion af udsivningen af forurenende stoffer, som de opstillede scenarier vil medføre, vil også i væsentlig grad fremrykke det tidspunkt, hvor der vil være mulighed for at ophæve eller begrænse de sundhedsmæssigt begrundede restriktioner (badeforbud og frarådning af ophold på strandområdet ud for udsivningszonen).

En vurdering af hvilket præcist niveau for en afværgeindsats, der vil være forudsætningen for at restriktionerne kan ophæves inden for en kortere årrække er

imidlertid ikke mulig. Det må dog forventes, at en afskæring over hele udsivningszonen (i forhold til en delvis afskæring) samt en kildereduktion af strandområdet væsentlig vil fremme det tidspunkt, hvor overvejelser om restriktionernes ophævelse kan blive aktuel. Der er større usikkerhed knyttet til om den rene kildereduktionsløsning (scenarie 5) vil medføre et grundlag for ophævelse af sundhedsmæssige reguleringer i de første 10-20 år. Dette skyldes, at der her må forventes en "restflux" i en lang periode, som beskrevet i afsnit 7.4.2.

Usikkerheden på vurderingerne af effekterne af de enkelte scenarier beror især på

- dels at de sundhedsmæssige restriktioner alene berører lokalområdet ud for udsivningszonen, hvor udsivningen som beskrevet ovenfor må forventes at kunne udvise store lokale variationer,
- at forureningen omfatter et meget stort antal stoffer, og der foreligger ikke konkrete kriterier eller acceptniveauer for indholdet i badevand af de målte stoffer.

Embedslægeinstitutionen for Ribe Amt og Sundhedsstyrelsen anførte i den fornyede sundhedsvurdering af forureningen, som fremgår af arbejdsgruppens redegørelse fra marts 2005, at de nuværende restriktioner må forventes at skulle opretholdes indtil en tilstrækkelig effekt af en eventuel oprensning kan dokumenteres. En endelig vurdering må således forventes at skulle bero på sundhedsmyndighedernes samlede vurdering af resultaterne af en overvågning knyttet til en eventuel afværgeforanstaltning. Tilrettelæggelsen heraf bør således i givet fald fastlægges i et samarbejde med sundhedsmyndighederne.

Endelig skal bemærkes, at arbejdsgruppen har forelagt resultaterne af poreluftsundersøgelserne i grubeområdet for Embedslægeinstitutionen med henblik på en sundhedsfaglig vurdering heraf. Såfremt der med den nuværende situation vurderes at være behov for restriktioner i grubeområdet anses det for sandsynligt, at en ophævelse af behovet for sådanne vil forudsætte en hel eller delvis fjernelse af den kraftigste jordforurening i gruberne samt den øverste grundvandsforurening i lag 2 (kildereduktion ved afgravning helt eller delvist, som anført i tabel samt fri fase oprensning i top af lag 2).

7.4.5 Lugt og misfarvning

De opstillede scenarier vil bidrage til, at den lejlighedsvist forekommende lugt i området og misfarvning på strandområdet ud for det forurenende område vil blive formindsket. For så vidt angår lugt er forholdene imidlertid meget komplekse. Det er således allerede under de nuværende forhold ikke muligt at vurdere entydigt i hvilke områder de lugtende stoffer frigives til luften, og hvilke mekanismer, der forårsager den varierende forekomst af lugt i området. Det anses for sikkert, at de opstillede afværge-scenarier vil indebære en reduktion af afgivelsen af lugtende stoffer til luften i området indenfor en 10-års-periode. Der kan imidlertid ikke regnes med en simpel sammenhæng mellem fluxreduktion/massefjernelse og lugtreduktion. Da lugtgrænsen for de ildelugtende mer-

kaptaner samtidig er meget lav, kan det ikke udelukkes – i alle afværgescenarier - at der kan gå længere tid, inden at lugtgener er fuldstændig elimineret.

7.4.6 Tidshorisont

De opstillede kildereduktionstiltag vurderes at kunne gennemføres og afsluttes indenfor en tidshorisont på mellem et år for løsning 1 (afgravning) og 10 år for løsning 3 (kildereduktion i faneområdet).

Såfremt der ikke sker nogen kildereduktion, vil driftstiden for de rene afskæringsløsninger være meget lang (i størrelsesorden 100 år). Kombinationen af faneafskærings- og kildereduktionsløsninger kan reducere driftstiden af en afskæringsløsning. Driftstiden for afskæringsløsningerne vil derfor bero på om og i hvilket omfang, der gennemføres kildereduktionsløsninger.

En afskæringsløsning, der kombineres med en kildereduktion på strandområdet, vil give hurtigere resultater i forhold til de opstillede målsætninger, herunder en hurtigere reduktion af stoffluxen til havet. Dette vil derimod ikke i samme grad være tilfældet for en yderligere inddragelse af kildereduktion i grubeområdet og i fanen ovenfor klitfoden (afskæring) i kombination med en afskæringsløsning.

De primære gevinster ved en kildereduktion i gruberne og i fanen ovenfor klitfoden vil – foruden en reduktion af afværgeløsningens driftstid – være, at der indenfor en relativ kort periode kan fjernes en betydelig del af den samlede forureningsmasse samt at behovet for eventuelle sundhedsmæssigt begrundede restriktioner i grubeområdet kan begrænses.

Endelig skal understreges, at tidshorisonten for gennemførelse af en eventuel samlet indsats overfor forureningen og de hertil knyttede effekter vil afhænge af, hvorledes en eventuel etapeopdelt indsats tilrettelægges. I forbindelse hermed vil det således være muligt at målrette de indledende etaper mod bestemte dele af forureningen med henblik på en optimering af effekten. Som eksempler herpå kan nævnes, at en eventuel afgravning af gruberne kan tilrettelægges således, at første etape omfatter den eller de gruber, der indeholder de største forureningsmængder. Tilsvarende vil første etape i en eventuel afskæring f.eks. kunne omhandle oppumpning af det øvre forurenede grundvand indenfor en afgrænset strækning med henblik på, at maksimere effekten i forhold til indholdet af forurenende stoffer i havvandet ved havstokken.

8 Efterfølgende faser ved en eventuel beslutning om afværgeforanstaltninger

Såfremt der træffes beslutning om at arbejde videre med gennemførelse af eventuelle afværgeforanstaltninger forventes de efterfølgende faser overordnet at ville omfatte:

- Afgrænsning af konkrete mål for og omfang af en eventuel afværgeforanstaltning, herunder prioritering i forhold til en eventuel etapeopdeling (valg af afværgestrategi).
- Skitseprojektering, der ud fra en belysning af økonomi og miljøeffekt giver grundlag for valg af konkrete afværgeløsninger. Skitseprojekteringen skal tilrettelægges under hensyn til eventuel etapeopdeling.
- Detailprojekt til projektering af valgte afværgeløsninger.
- Etablering og indkøring af afværge
- Drift af afværge

I forbindelse med et eventuelt skitseprojekt vil der være behov for, at der udføres pilotforsøg på lokaliteten med relevante afværgemetoder (f.eks. AOP til vandbehandling og in-situ metoder til oprensning af fri fase). Desuden skal kravene knyttet til bortskaffelse af det rensede grundvand og udlederkrav hertil belyses detaljeret. Endvidere skal bemærkes, at en eventuel etapeopdeling vil betyde, at ovennævnte faser skal gennemføres i flere tidsmæssigt forskudte forløb, således at skitseprojektering, detailprojektering m.v. i første omgang alene gennemføres for den eller eventuelt de første etaper.

Som supplement til ovenstående skal nævnes, at det i et videre forløb skal vurderes, om etableringen af afværgeløsninger er omfattet af reglerne om VVM-procedure. I givet fald forventes, at dette kan ske sideløbende med en skitseprojektering.

Det skal bemærkes at udgifter til skitseprojektering (herunder pilotprojekt) og VVM-procedure ikke er omfattet af økonomi i afsnit 7.3.

Endelig skal nævnes, at der i basisanalysen efter Lov om miljømål fra marts 2006 indgår, at forureningen fra depoterne i Kærgård Plantage kan udgøre en

trussel overfor havforekomsten, men at dette skal undersøges nærmere. Basisanalysen er det 1. trin i udarbejdelsen af Vand- og naturplan 2009, hvorved vandforekomsterne udpeges. De nu foreliggende resultater af undersøgelserne giver myndighederne mulighed for i forbindelse med udarbejdelsen af Vand- og naturplan 2009 at kunne foretage en nærmere vurdering også omfattende omkostningerne ved en genopretning af tilstanden i havforekomsten.

Referencer

/1/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Redegørelse vedrørende forureningen i Kærgård Plantage. Marts 2005. Rapport udarbejdet af Miljøstyrelsen og Ribe Amt.

/2/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Tekniske løsninger af forureningssituationen i Kærgård Plantage. Projektkatalog. Februar 2005. Rapport udarbejdet af COWI A/S.

/3/: Ribe Amt: Kærgård Plantage. Afrapportering af overvågningsprogram. 2002. Rapport udarbejdet i samarbejde med DGE a/s.

/4/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 1. Jord- og grundvandsforurening ved Kærgård Plantage. Rapport udarbejdet af COWI A/S, Danmarks tekniske Universitet - Institut for Miljø & Ressourcer, nov. 2006.

/5/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 2. Prøvepumpning og in-situ test ved Kærgård Plantage. Rapport udarbejdet af COWI A/S, nov. 2006.

/6/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 3. Grundvandsmodel ved Kærgård Plantage. Rapport udarbejdet af COWI A/S, nov. 2006.

/7/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 4. Laboratory Treatability Tests of chemical oxidation and Bioremediation Technologies for Groundwater Remediation. Rapport udarbejdet af GeoSyntec Consultants, Danmarks tekniske Universitet - Institut for Miljø & Ressourcer og COWI A/S, nov. 2006.

/8/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 5. Naturlig nedbrydning af jord- og grundvandsforureningen. Rapport udarbejdet af Danmarks tekniske Universitet - Institut for Miljø & Ressourcer og COWI A/S, nov. 2006.

/9/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 6. Forurening fra Esbjerg Kemi ved Kærgård Plantage. Rapport udarbejdet af COWI A/S, nov. 2006.

/10/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 7. Undersøgelse på Esbjerg Vest Renseanlæg. Rapport udarbejdet af COWI A/S, nov. 2006.

/11/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 8. Datarapport. Rapport udarbejdet af COWI A/S, nov. 2006.

/12/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 9. Økotoxikologiske undersøgelser af grundvandsprøve udtaget 3. januar 2006 ved Kærgård Plantage. Rapport udarbejdet af DHI - Vand og Miljø, nov. 2006.

/13/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 10. Miljøvurdering af udsivningen ved Kærgård Plantage forår 2006. Rapport udarbejdet af DHI - Vand og Miljø, nov. 2006.

/14/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 11. Beregning af fortynding i kystzonen ved Kærgård Plantage i forhold til placering af udsivningen. Rapport udarbejdet af DHI - Vand og Miljø, nov. 2006.

/15/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 12. Konsekvensanalyse for afværgescenarier i forhold til forureningen fra Grindstedværkets gruber. Rapport udarbejdet af COWI A/S og GeoSyntec Consultants, nov. 2006.

/16/: <http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECDSEIDS/1570645.pdf>

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 med ozon og brintoverilte.

Barbiturater aktiv stof i sovemidler.

Benzen flygtig kulbrinteforbindelse.

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

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

Fentons reagens anvendes som oprensningsmetode med kemisk oxidation. Der anvendes brintperoxid sammen med en katalysator (jernsalte). Herved dannes hydroxylradikaler, som er et meget kraftigt oxidationsmiddel

Fri fase forekomst af stof i koncentreret væskeform, som ikke er opløst i grundvandet (f.eks. tetrakloretylen). Fri fase kan findes som pools - små søer på oversiden af strømningsbarrierer (f.eks. lerlag) eller som små dråber af rent stof som hæfter på jordkornene (residual fri fase). Fri fase er vanskelige at lokalisere - og kan være en kilde til fortsat grundvandsforurening

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

Hydraulisk ledningsevne mål for et jordlags evne til at lede vand

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.

Kildereduktion fjernelse af koncentrerede forekomster af forurening.

Klorerede opløsningsmidler anvendes som affedtnings- og ekstraktionsmiddel i industrien.

Klorfenoler organiske fenolforbindelser med en eller flere klorforbindelser. Se fenoler.

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

Mættet zone den del af jordlagene, hvor alle kornmelletrum og sprækker er vandfyldte

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

NVOC er en samleparameter for den organiske forurening, dog ikke de mest flygtige som klorerede opløsningsmidler og BTEX'er.

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

Oxidation iltning, proces under hvilken et stof bliver oxideret.

Permanganat er et oxidationsmiddel som anvendes til oprensning af forurening. Oxidationspotentialer er lidt svagere end ozon og noget svagere end hydroxylradikaler (se Fentons reagens). Permanganat er stabilt og har derfor en langtidsvirkning ved injektion i grundvand, hvilket gør det særligt interessant ved feltoprensning.

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.

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.

Toluen flygtig kulbrinte-forbindelse.

Umættet zone den del af jordlagene, som ikke er mættet med vand, dvs. der både findes vandfyldte og luftfyldte kornmellemlum og sprækker

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

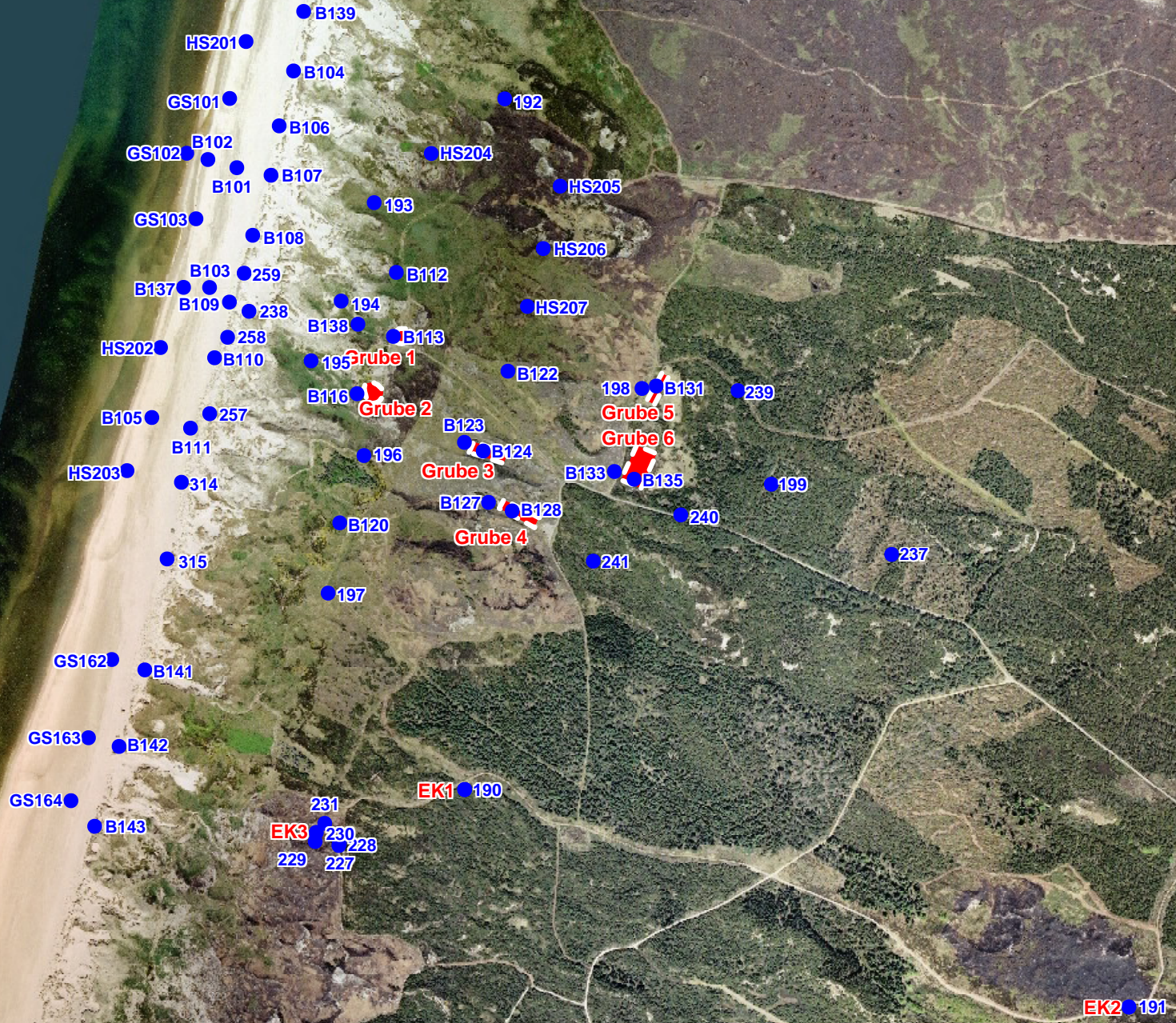
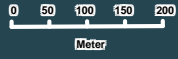
Oversigtskort med Kærgård Plantage

Bilag 1

Oversigtskort



Bilag 2
Oversigtskort med deponeringssteder og boringsplacering



dato / udarb.
1.nov.2006 / LNE/pjn

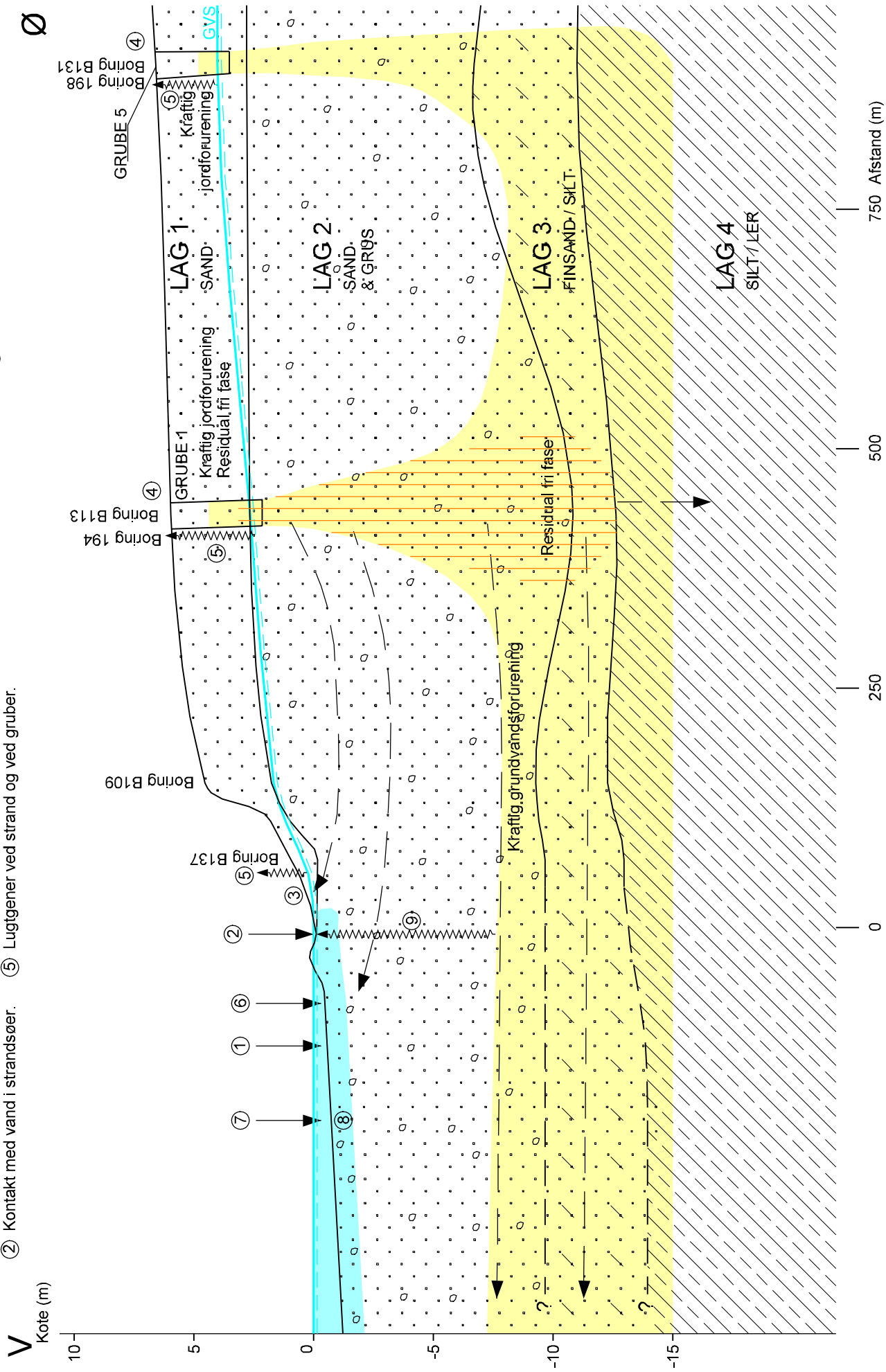
Bilag 3
Principskitse af forureningsspredning

Potentielle miljøkonflikter

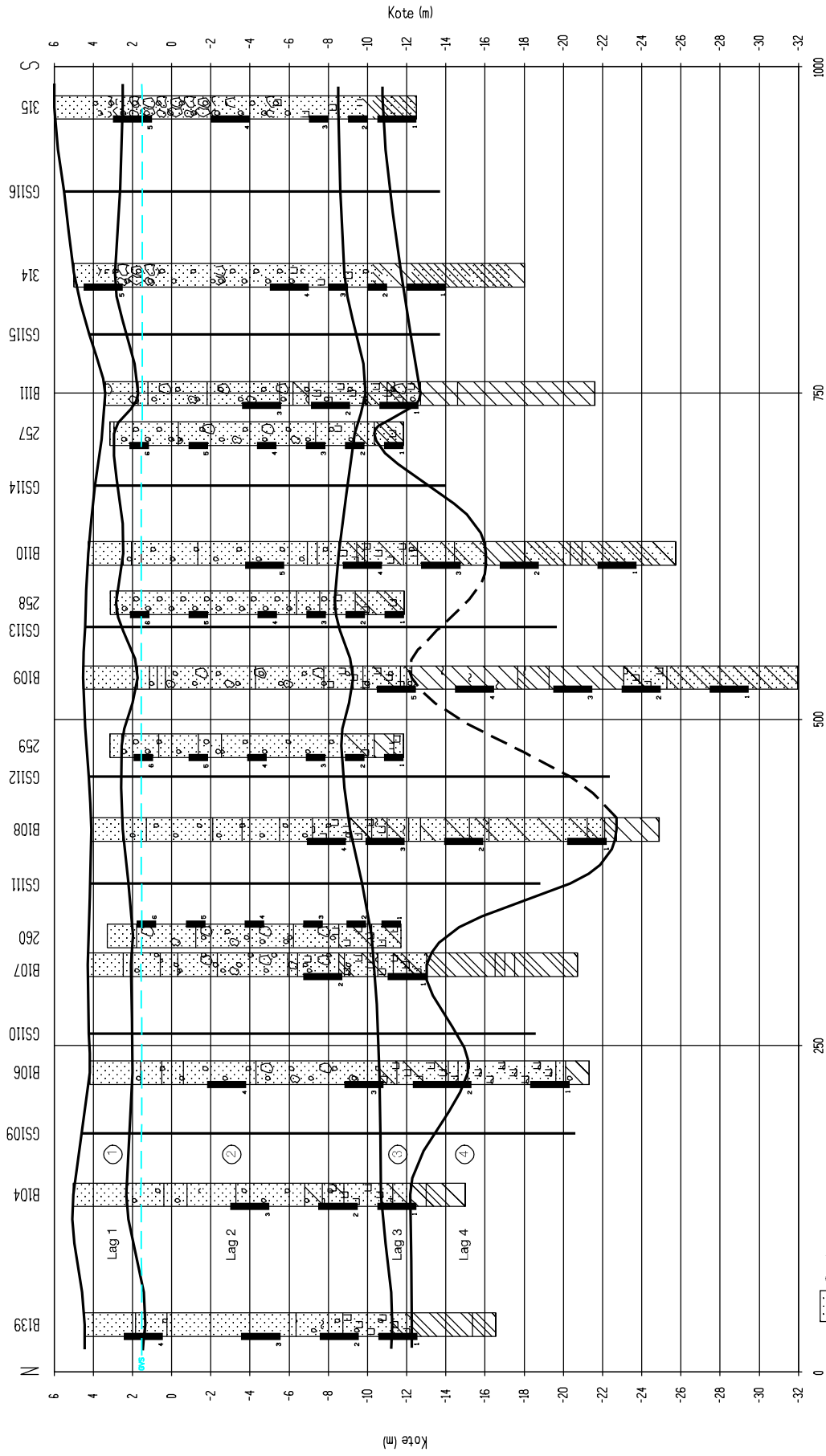
- ① Badning fra kysten.
- ② Kontakt med vand i strandsøer.
- ③ Passage og ophold på stranden.
- ④ Passage og ophold ved gruber.
- ⑤ Lugtgæner ved strand og ved gruber.

- ⑥ Påvirkning af recipient.
- ⑦ Spisning af fisk og skaldyr.

- ⑧ Havvand/residualhavvand, dybden/mængden varierer med vejr- og strømningsforhold
- ⑨ Migration af gas



Bilag 4
Geologisk tværsnit ved klitfod



- ① SAND fin-mellemkornet / FS (postgl. flyvesand)
- ② SAND mellem-grvkornet & GRUS / HS & HG (postgl. saltvandsand og grus)
- ③ SAND finkornet, indslag af silt og ler / IIS & IIV
- ④ SILT, LEJ & GYLJE indslag af sand / III & IIIA / IP

- Sand
- Grus
- Silt og ler
- Skaller
- Gvilo
- Løv

— GVS magasin 2. januar 2006

RIBE AMT
Kærgård

COWI

Dokument ID: 621113
 Dato: 02. nov. 2006
 Udarbejdet af: [navn]
 Tjekket af: [navn]

Projekt: Snit ved klitfod
 Geologisk snit

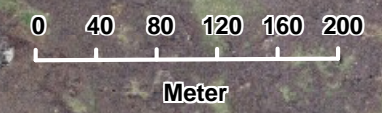
Sted: nord-syd

PROJ	REVISE	DRUK	DATE	SKALDERET AF
PUN	LINE	TUR	02.nov.2006	621113

PAK: 02-NOV-2006 03:30 P:\011\AMT\Kærgård\Kærgård_Snit-nord-syd.dwg

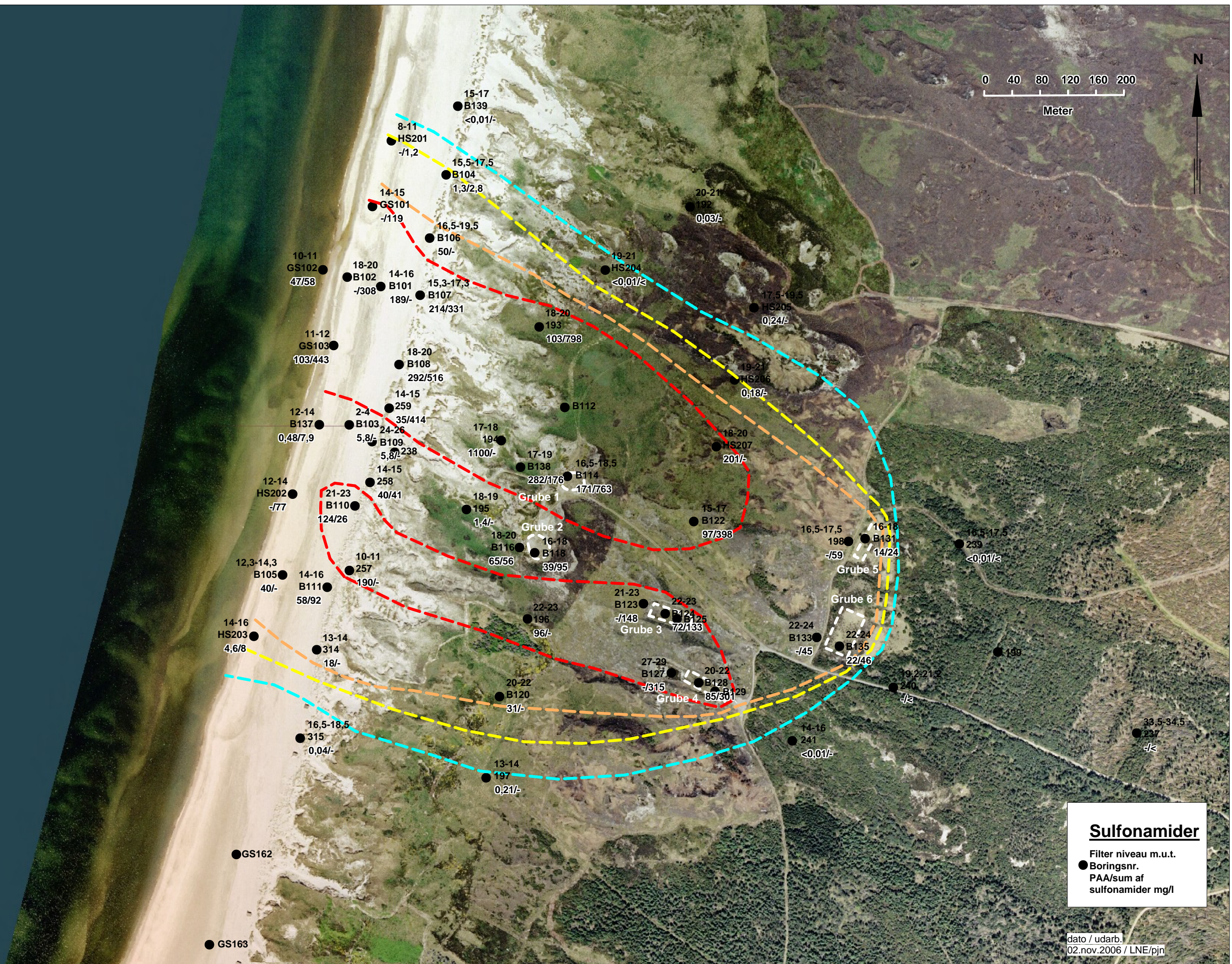
Bilag 5
Forureningsfordeling af sulfonamider i grundvandet

Bilag 5.1
Fordeling af sulfonamider i faneområde

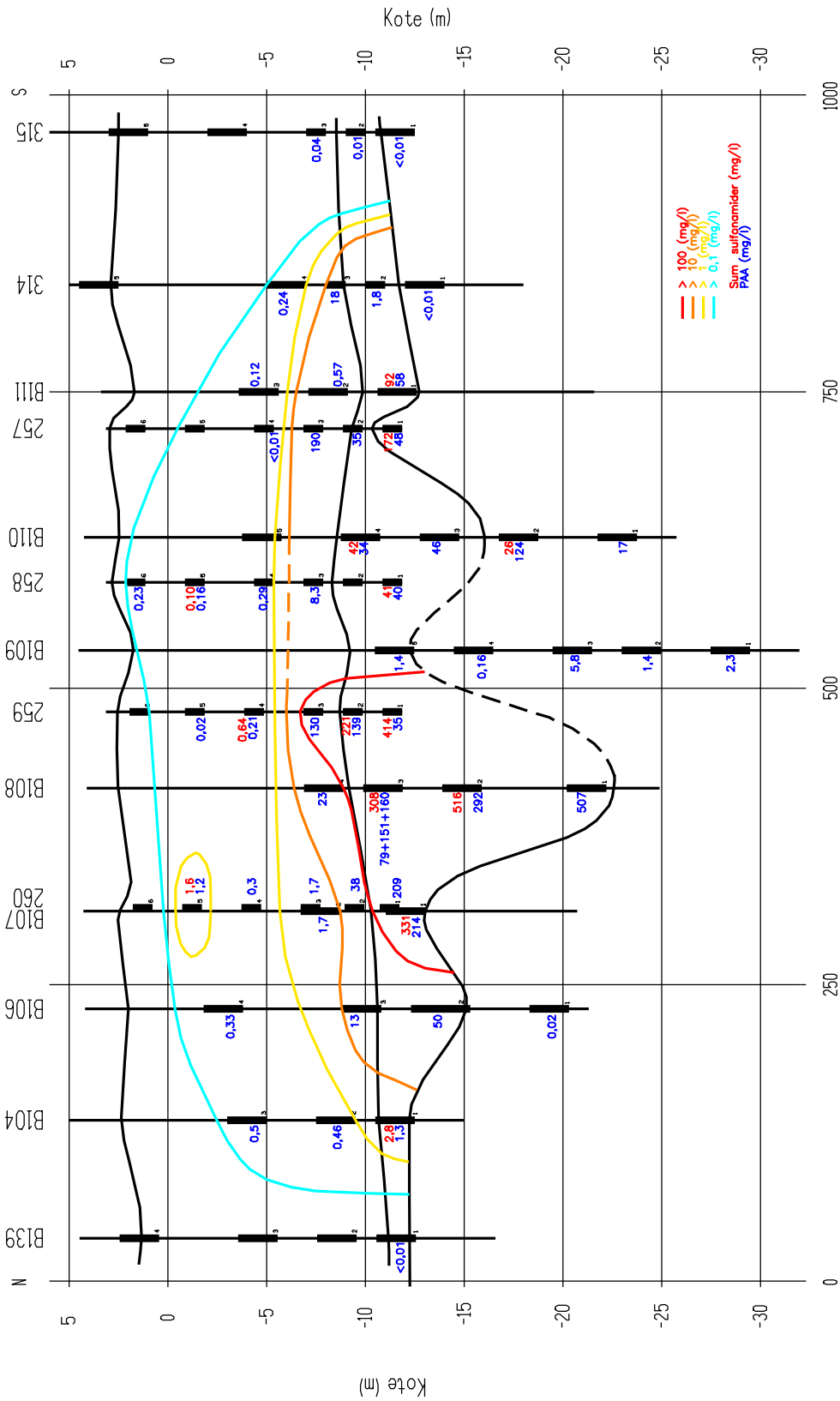


Sulfonamider
 Filter niveau m.u.t.
 ● Boringsnr.
 PAA/sum af sulfonamider mg/l

dato / udarb.
 02.nov.2006 / LNE/pjn



Bilag 5.2
Dybdemæssig fordeling af sulfonamider ved klitfod

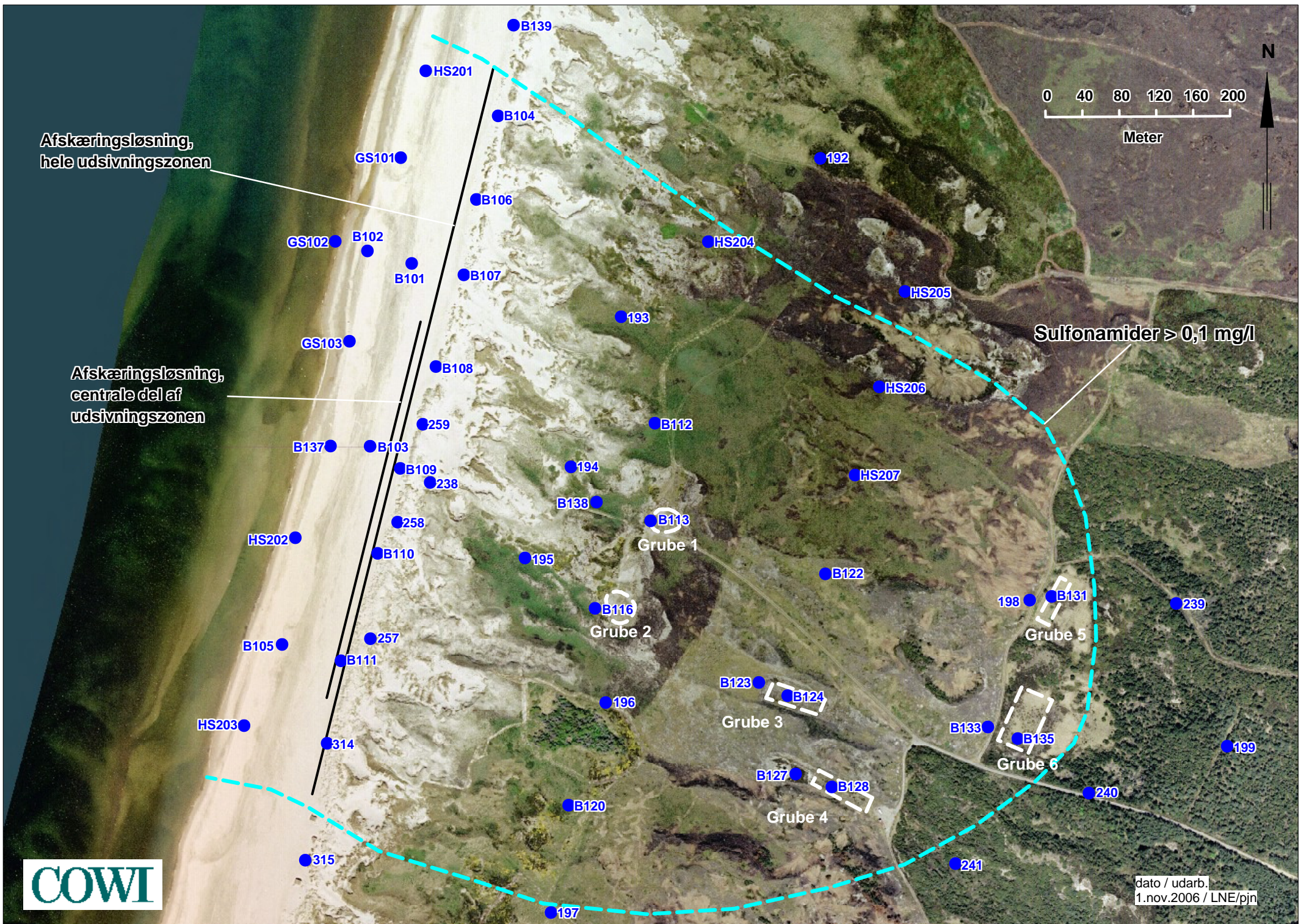


> 100 (mg/l)
 > 10 (mg/l)
 > 1 (mg/l)
 > 0,1 (mg/l)
 Sum sulfonamider (mg/l)
 PAA (mg/l)

Afstand (m)

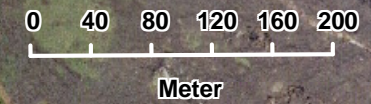
RIBE AMT Kærgård		Snit ved klitfod nord-syd	
COWI		Sulfonamider	
Odensøvej 95 5280 Odense S Telefon 63 11 48 00 Telefax 63 11 49 49		PAA/sum sulfonamider	
Uddat.	Kontr.	Geotik.	Dokument nr.
PJN	LINE	TJUR	62113
		Dato	02.nov.2006
		Vejl	-lev.
PJN 02-NOV-2006 11:45 p:\E2113A\3_Prac\COWI\Kærgård_Sulfonamider_Bilag2_rev06.dgn			

Bilag 6
Udsivningsområde ved afskæringsløsning



Afskæringsløsning,
hele udsivningszonen

Afskæringsløsning,
centrale del af
udsivningszonen



Sulfonamider > 0,1 mg/l

Grube 1

Grube 2

Grube 3

Grube 4

Grube 5

Grube 6



dato / udarb.
1.nov.2006 / LNE/pjn

Bilag 7
Princip af indsatsområde for afværg

- A1. Afskæringsløsning ved oppumpning i lag 2 og 3.
- B1. Afgravning af jordforurening i gruber 1-6 til ca. 1/2m under grundvandsspejl
- B2. Oprensning af residual fri fase i mættet zone i lag 2 og 3 (grube 1-4)
- B3. Måltrettet kildereduktion i forureningsstene

