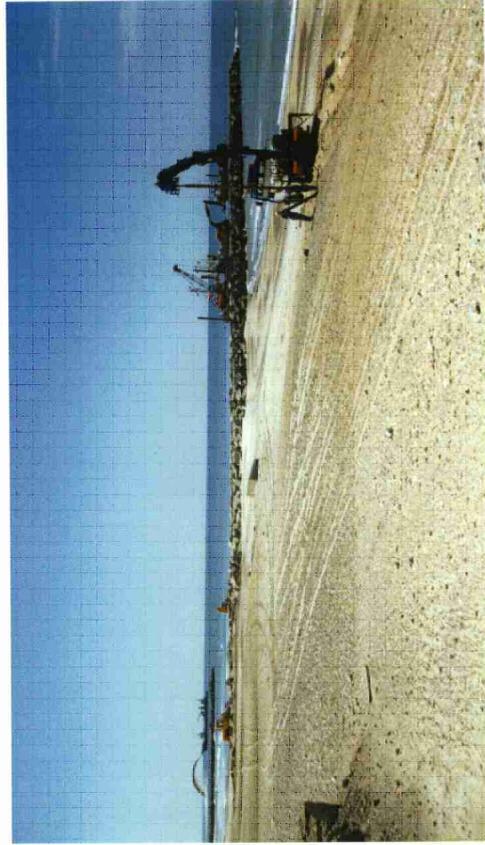




Ringkjøbing Amt
Teknik- og Miljøområdet



Høfde 42

Undersøgelse af forureningssituationen
ved høfde 42 og "Cheminovahullet" på Harboøre Tange

TEKSTDEL

Januar 2001

Indholdsfortegnelse	Side
1. Indledning	3
2. Baggrund	4
3. Undersøgelsens formål og program	6
4. Feltarbejde	8
4.1 Etablering af boreriger	8
4.2 Pejlerunder	9
4.3 Montering af loggere	10
4.4 Udtagning af vandprøver	10
5. Områdets geologiske opbygning	11
5.1 Harboøre Tange	11
5.2 Undersøgelse af områdets geologi	16
5.2.1 Undersøgelsesboringer	16
5.2.2 Lagseriens opbygning	16
6. Hydrogeologisk undersøgelse	21
6.1 Hav, fjorde og Nissum Bredning	21
6.2 Afværgelanstaltning ved "Cheminovahullet"	23
6.3 Undersøgelse af områdets afstrømningsforhold	24
7. Undersøgelse af den aktuelle forureningsudbredelse	33
7.1 Første undersøgelsesrunde	33
7.1.1 Feltdata og analyseprogram	33
7.1.2 Områdets forureningsudbredelse	34
7.2 Anden undersøgelsesrunde	37
7.2.1 Feltdata og analyseprogram	37
7.2.2 Forureningsstyrke og -sammensætning	38
7.3 Udvikling af forureningsgrad ved høfde 42	41
8. Konklusion	44
9. Kommende initiativer	47

Litteraturliste

Bilagsoversigt

- 1 Placering af pejestationer i undersøgelsesområdet
 - 1.1 Filtersatte boringer
 - 1.2 Pejleskrivere
- 2 Resultater for pejerunderne
 - 2.1 Oversigtskort for manuelle pejlinger
 - 2.2 Data fra pejleskriver ved høfde 58
 - 2.3 Data fra pejleskriver ved kanal mellem lagunesøer
 - 2.4 Data fra pejleskriver ved Nissum Bredning
 - 2.5 Skema med data fra manuelle pejerunder
- 3 Borejournaler
- 4 Analyseresultater
 - 4.1 Analyseresultater for første runde - felt og laboratorium
 - 4.2 Analyseresultater for anden runde - felt og laboratorium
 - 4.3 Forklarende bilag med stofkoder
- 5 Kopi af basisdatakort for området
- 6 Oversigtskort med placering af boringer i første og anden runde
- 7 Oversigtskort med analyseresultater for første runde
 - 7.1 Udbredelse af PNF
 - 7.2 Udbredelse af MCPA
 - 7.3 Udbredelse af chlorerede methyphenoler
 - 7.4 Niveauer for P-difference
- 8 Oversigtskort med placering af COWI boringer i 1981 og 1988
- 9 Analyseresultater fra 1981 og 1988

1. Indledning

Den 31. januar 2000 konstaterede Kystdirektoratet "Cheminova-lugt" ved hørde 42 på Harbøre Tange. Amtet foretog straks en besigtigelse af lokaliteten og konstaterede en fremmed lugt af kemikalier. Lugten var mest intens i selve havstokken ud for depotresterne og der blev derfor udtaget en prøve af tilbageløbende havvand på stranden ud for det tidligere hørdepot. Analysen af prøven påviste indhold af flere forbindelser, som kan henføres til depotet.

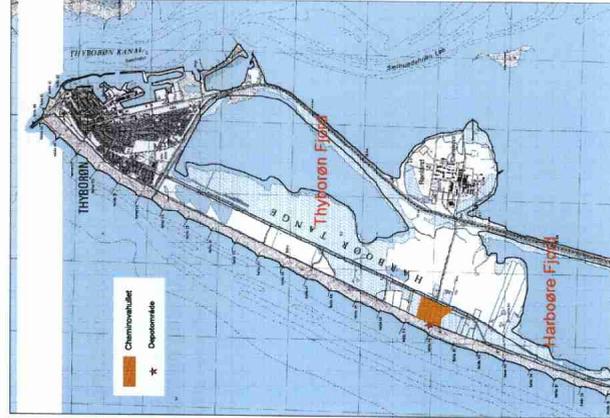
Analysen af Cheminovas rensede spildevand udelukker, at virksomhedens nærliggende spildevandsledning kan have forårsaget de påviste koncentrationer.

Ringkjøbing Amtsråd har besluttet, at det skal undersøges om depotresterne hidhørende det gamle hørde 42 depot på Harbøre Tange kan give anledning til en uacceptabel miljøpåvirkning af Vesterhavet.

På denne baggrund har amtet udført en undersøgelse af området. Undersøgelsen er blevet mere omfattende end først planlagt, idet det såkaldte "Cheminovahul" med tilstødende engarealer er blevet inddraget.

2. Baggrund

I 1957 fik Cheminova tilladelse til at deponere fast affald fra sin produktion i en klitgryde ved høfde 42 på Harboøre Tange. Deponeringen af affald fra Cheminova's produktion af pesticider foregik fra 1957 til 1962. Derudover deponerede landbrugsministeriet i 1961 tillige ca. 40 tons bekæmpelsesmidler indsamlet landet over af Falcks Redningskorps og Zone Redningskorpsset. 1/ Placeringen af lossepladsen fremgår af figur 1.



Figur 1 Oversigtskort med angivelse af høldepotet og "Cheminovahullet".

Allerede i 1953 begyndte Cheminova at anvende klitgryden som nedsvivningsområde for slamholdigt råspildevand. Spildevandet blev kørt ud til hølften i store containere og hældt i klitgryden. Fra 1958 blev der etableret den første spildevandsledning fra den gamle fabrik (senere fra Rønland) til klitgryden og frem til sommeren 1962 blev urensset spildevand ledt ud i nedsvivningsområdet. Derefter blev spildevandsledningen tilkoblet ledninger som udmundede ca. 200 m ude i havet.

Efter beskadigelse af depotet i 1971 flyttedes ca. 1250 kubikmeter sandblandet kemikalieaffald fra stranden til Rønland. (Det har umiddelbart ikke været muligt at fremskaffe mere detaljerede oplysninger herom)

Miljøstyrelsen foranstaltede i foråret 1981 en fjernelse af kemikalieaffaldsdepotet ved høfde 42. Der blev bortgravet ca. 1200 tons kemikalier, mens der blev efterladt ca. 120 tons kemikalier i depotområdet og på forstranden. Restforureningen var primært lokaliseret i den øvre grundvandszone. /2/

Henlægning af affald og udledning af råspildevand i klitgryden har endvidere medført en påvirkning med miljøfremmede stoffer af eng og fyldgrave øst for havdiget. Det drejer sig om det såkaldte "Cheminovahul", fyldgrave og tilstødende engarealer. "Cheminovahullet" er afgrænset af havdiget mod vest og den gamle landevej mod øst. Den omtrentlige afgrænsning mod henholdsvis nord og syd består af to lervolde, som blev etableret i 1986. Se oversigtskort på figur 1.

Sidstnævnte arealer er blevet forurenset som følge af et samspil af følgende årsager:

1. Spredning under benyttelse af depotet ved høfde 42.
2. Udsivning fra først depotet ved høfde 42 og sidenhen depotresterne.
3. Sprængning af spildevandsrør fra Cheminova.
4. Spredning ved fjernelse af depotet i 1981.

I 1982 konstaterede Fredningsstyrelsen høje kviksvølvværdier i ænder, der var udsat i "søer" i "Cheminovahullet" af Harbøre Jagtforening. For at afskære fugle, dyr og mennesker fra at have kontakt til forurenede overfladevand og jord besluttede Miljøstyrelsen i 1985 efter anbefaling fra Ringkjøbing Amt at fylde arealet i "Cheminovahullet" op med rent sand. Optydningen, der fandt sted i 1986, viste sig at være utilstrækkelig, idet der periodevis fortsat stod blank vand i området.

Miljøstyrelsen og Ringkjøbing Amt etablerede således i 1988-1989 en mere omfattende afværgendeindsats, hvor der bl.a. blev gravet terrænnære drænrør ned, påfyldt yderligere sand og etableret en aktiv afværgepumpling med tilhørende renseanlæg. Afværgeforanstaltningen er stadigvæk i drift.

3. Undersøgelsens formål og program

Undersøgelsen har til formål at:

- Beskrive den geologiske opbygning i området med henblik på at vurdere udbredelsen af fjordleren, som er påvist i tidligere undersøgelser. Fjordleren formodes at udgøre "bunden" af det øvre, forurenede grundvandsmagasin;
- Afdække afstrømningsforholdene i det øvre grundvandsmagasin med fokus på forstrand, tidligere depotareal, havdige med afvægedræn, "Cheminovahullet" samt tilstødende engarealer;
- Opstille en geologisk og hydrogeologisk model for området;
- Vurdere de lokale afstrømningsforhold i en regional sammenhæng med Vesterhavet, engarealer, lagunesøer og Nissum Bredning;
- Klarlægge såvel udbredelse og styrke af restforurening i grundvandvandszonen ved det tidligere høfdedepot samt "Cheminovahullet";
- Identificere de situationer, som kan resultere i en øget - og eventuel miljømæssigt uacceptabel - udvaskning fra depotresterne til Vesterhavet;
- Vurdere behovet for videregående undersøgelser og opstille program for en eventuel videregående undersøgelse.

Undersøgelserprogram

1. Etablering af filtersatte boringer;
2. Identifikation af forhold som influerer på afstrømningsforholdene i området;
3. Udarbejdelse og gennemførelse af et pejleprogram til kortlægning af grundvandspotentialer i de filtersatte boringer samt eventuelle andre målepunkter på de tilstødende arealer;
4. Bestemmelse af forureningsudbredelse ved udtagning af et større antal vandprøver, som skal analyseres for få udvalgte "indikatorstoffer";
5. Bestemmelse af forureningsstyrke i identificerede hotspots ved bestemmelse af indhold af alle relevante miljøfremmede stoffer;

6. Opstille dataloggere for at monitorere ændringer i områdets grundvandsspejl som følge af ændringer af vandstandsniveau i Vesterhav, lagunesøer og Nissum Bredning. Samtidigt registreres vindforhold og nedbørsmængder.

4. Udført feltarbejde

Ringkjøbing Amt har i perioden juli-december 2000 udført omfattende feltarbejde i forbindelse ved at etablere 31 filtersatte boringer, udføre nivellementer af pejlepunkter, udtage vandprøver, udføre 14 pejlerunder, etablere databogere til kontinuerlig registrering af vandspejlsændringer i det øvre magasin samt føre det nødvendige tilsyn med forholdene i området.

I forbindelse med feltarbejde i undersøgelsesområdet har amtet gentagne gange konstateret "Cheminova-lugt". Dette har blandt andet været tilfældet ved vindretninger, som udelukkede, at lugten kunne stamme fra Cheminovas produktion på Rønland.

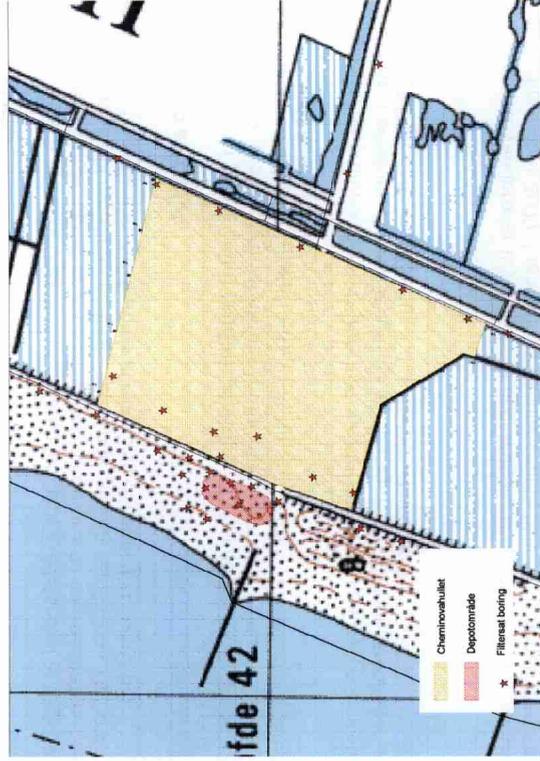
I det følgende beskrives amtets arbejde mere udførligt.

4.1 Etablering af boringer

Boreprogram for første runde indeholder filtersatte boringer i følgende områder:

- Arealet ved det tidligere høfdedepot med henblik på at afgrænse forureningsudbredelse og bestemme dybden til de første sandede silt/lerlag, samt etablere pejlepunkter til den hydrogeologiske undersøgelse;
- Forstranden mellem det tidligere depotareal og Vesterhavet med henblik på at bestemme forureningsomfang og dybden til det første sandede silt/lerlag, samt etablere pejlepunkter til den hydrogeologiske undersøgelse;
- Den hævede strand nord og syd for det tidligere høfdedepot for at opnå pejlepunkter, som forventes at være påvirkede af restforurening som såvel det afskærende kystdræn;
- Ved "Cheminovahullet" øst for havdiget og vest for den gamle landevej med henblik på at aflære det afstrømningsmæssige samspil mellem strand, afskærende dræn, "Cheminovahul" og tilstødende engarealer. Derudover skal boringerne bruges til bestemmelse af aktuelle forureningsniveau og tilstedeværelse af fjorderen.

Placering af filtersatte boringer fremgår af figur 2 og i afsnit 5.2.1 præsenteres og behandles boretdata.



Figur 2 Viser placering af etablerede filtratsatte boringer

4.2 Pejlerunder

Der er udført pejlerunder med henblik på at afdække strømningssituationen i det øvre grundvandsmagasin i undersøgelsesområdet samt samspillet med Vesterhavet, lagunesøer og Nissum Bredning. Vandstanden er monitoreret på følgende lokaliteter:

- Undersøgelsesområdet (forstrand, hævet strand, havdige, "Cheminovahul" og tilstødende engarealer) ved hjælp af 31 filtratsatte boringer etableret af Ringkjøbing Amt, 2000 og 2 filtratsatte boringer etableret af COWI, 1997;
- Vesterhavet ved hjælp af 2 kontinuerlige vandstandsmålere ved høfde B og høfde 58, Kystdirektoratet;
- Lagunesøerne ved hjælp af 2 kontinuerlige vandstandsmålere ved lagunesøerne, Ringkjøbing Amt;
- Nissum Bredning ved hjælp af 1 kontinuert vandstandsmåler sydøst for Rønland, Cheminova A/S.

Placering af pejlestationer er angivet i bilag 1.

Fordelt på 8 dage er der gennemført 14 pejlerunder, hvor vandstanden er registreret i de filtersatte borer. For hver enkel pejlerunde er vind- og nedbørsforholdene i dagene op til registreret på basis af målinger ved en vejstation i Thyborøn. Resultaterne for pejlerunderne fremgår af bilag 2 og er behandlet i afsnit 6.3.

4.3 Montering af loggere

I oktober måned i år har amtet opstillet dataloggere i borerne 7, 10, 11 og 12 med henblik på at registrere variationer i grundvandsstanden kontinuert. Dataloggerne i borerne 11 og 12 registrerer desuden konduktivitet, mens dataloggeren i boring 7 registrerer lufttryk.

Den kontinuerte grundvandsmonitoring kan sammenstilles med de øvrige kontinuerede pejlere i området og skal bruges til at klarlægge de løbende ændringer af strømningssituationerne i forbindelse med ekstreme vejr-situationer.

4.4 Vandprøver

Der er udtaget vandprøver til analyse fra undersøgelsesboringerne d. 21. august og d. 27. november 2000. I første prøvetagningsrunde blev der udtaget vandprøver fra 23 borer og i den anden blev der udtaget vandprøver fra 8 borer. Analyseresultaterne er vedlagt i bilag 4 og er behandlet i afsnittene 7.1.2 og 7.2.2.

5. Områdets geologiske opbygning

Harbøre Tange er et relativt ungt landskabsselement, der er dannet som en barriere i forbindelse med den postglaciale kystudligning. Som barriere mellem Vesterhavet og Limfjorden er tangen en del af et meget dynamisk aflejnings- og erosionsmiljø, hvor især havets virke og niveau har stor betydning for tangens form, udstrækning og beliggenhed.

I det følgende vil der kort blive redegjort for den regionale geologiske opbygning på Harbøre Tange og Agger Tange med fokus på den kvartære lagserie. Derefter vil de geologiske data, som er fremkommet i undersøgelsen, blive gennemgået med henblik på at opstille en geologisk model over de terrænnære lag i selve undersøgelsesområdet.

En mere udførlig redegørelse over områdets dannelseshistorie og geologiske opbygning kan findes i/3/.

5.1 Harbøre Tange

Glaciale og interglaciale aflejringer

Området er gentagne gange blevet overskredet af is. I forbindelse med den sidste istid Weichsel har der været tale om isoverskridelser fra henholdsvis Norske isen og NØ isen og det er således som udgangspunkt muligt i området at træffe to moræneenheder fra den seneste istid og eventuelt også enheder fra ældre fremstød. Desuden kan der forekomme smeltevandsaflejringer henført til et eller flere isfremstød samt interglaciale ferskvandsaflejringer og marine aflejringer yngre end Elster istid.

Ifølge data fra ældre borer på Rønland og ved Langerhuse, Harbøre og Thyborøn kan der i den kvartære lagserie forekomme marine interglaciale aflejringer fra Eem, to lerede moræneenheder (kalkholdige) samt sandede og lerede smeltevandsaflejringer. Lagserien i de enkelte borer viser, at der lokalt kan være store forskelle i udbredelse og mægtighed af glaciale og interglaciale lag. Lagserien er imidlertid ikke komplet i området.

Figur 3 viser et geologisk profilsnit omkring Harbøre Tange og i bilag 5 er vedlagt en kopi af basisdatakort for området.

Postglaciale aflejninger

De postglaciale aflejninger stammer fra Holocæn, som dækker de sidste 10.000 år. I Danmark dækker Tidlig Holocæn den såkaldte Fæstlandstid. Mellem Holocæn dækker tidsrummet fra 8000 til 2500 år BP og karakteriseres ved det højeste postglaciale havspejl i Littorinatransgressionen. Sen Holocæn omfatter de sidste 2500 år. Se figur 4.

Stages	Substages	Chrono-Zones	Quaternary Deposits in Vendsyssel Today	1000 y B.P.		
WEICHELIAN	Middle Weichselian	Denekamp Hengslo Sandnes	Myo arenae layers Laps or Littorina deposits	2.5 - 5.0		
	Late W				Zirfaas Beds Upper Sarsine Sand	
	Late W				Older Dryas Belling	
	Earl F				Non-marine deposits	
	Earl F				Boreal Preboreal	
FLANDRIAN	Middle Flandrian	Atlantic	Laps or Littorina deposits	- 5.0		
	Late F	Sub-boreal				
	Late F	Sub-atlantic				
MIDDLE WEICHELIAN	Middle Weichselian	Denekamp Hengslo Sandnes	Myo arenae layers Laps or Littorina deposits	2.5 - 5.0		
					Late W	Zirfaas Beds Upper Sarsine Sand
					Late W	Older Dryas Belling
					Earl F	Non-marine deposits
					Earl F	Boreal Preboreal

Figur 4. Stratigrafisk oversigt over istiden i Danmark 4/

Aflejningsmiljøet i den vestlige del af Limfjorden har været såvel marin som brakvands til ferskvandspræget og serien består af grus, sand, silt og ler. Mægtigheden af den postglaciale lagserie er ca. 40 m ved Thyborøn, ca. 10-15 m på Rønland og ca. 15-20 m vest for Harboøre og Langerhuse og ca. 50 m ved Harboøre og øst herfor. Lagserien er overordnet karakteriseret ved en leret sekvens, som overlejres af en sandet sekvens. Lerlaget udgør i nogle boreriger "bunden" af serien, mens den andre steder er underlejret af postglaciale marint sand og grus.

Lerlaget - i det følgende omtalt som fjordleret - stammer fra et brakvands- eller ferskvandspræget miljø og har sandsynligvis en gennemgående udbredelse under Harboøre Tange og Agger Tange. Det overlejrende sandede lag stammer fra et marint miljø og er generelt opadgrovede. Lagserien afsluttes ofte med flyvesand.

Fjordleret har en afgørende betydning for de hydrogeologiske forhold på tangerne, idet lagets tilstedeværelse definerer nedre grænse i det øvre magasin, hvor ferskvand og saltvand mødes. I forbindelse med en række undersøgelser af Limfjordens postglaciale marine udvikling og niveauforhold belyst ved mollusk-faunæen og C-14 dateringer, som Kaj Strand Petersen har udført, er fjordleret bl.a. blevet undersøgt i to boreriger ved Agger (Agger I og Agger II). Resultaterne fra Kaj Strand Petersens undersøgelse ved Agger er nedenfor refereret ved uddrag fra 73.

"I Agger I er der øverst 6 m sand, derefter følger fjordleret fra kote -4 til kote -24. Fra kote -24 til boringens bund i kote -31 er der moræneler. Der er foretaget en C-14 datering af toppen af fjordleret ved kote -4. Prøven dateres til 410±65 BP. I kote -8,5 er der ligeledes foretaget en datering, her henføres laget til 2110 ±70 BP. På baggrund af disse oplysninger er sedimentationsraten 2,6 m per 1000 år.

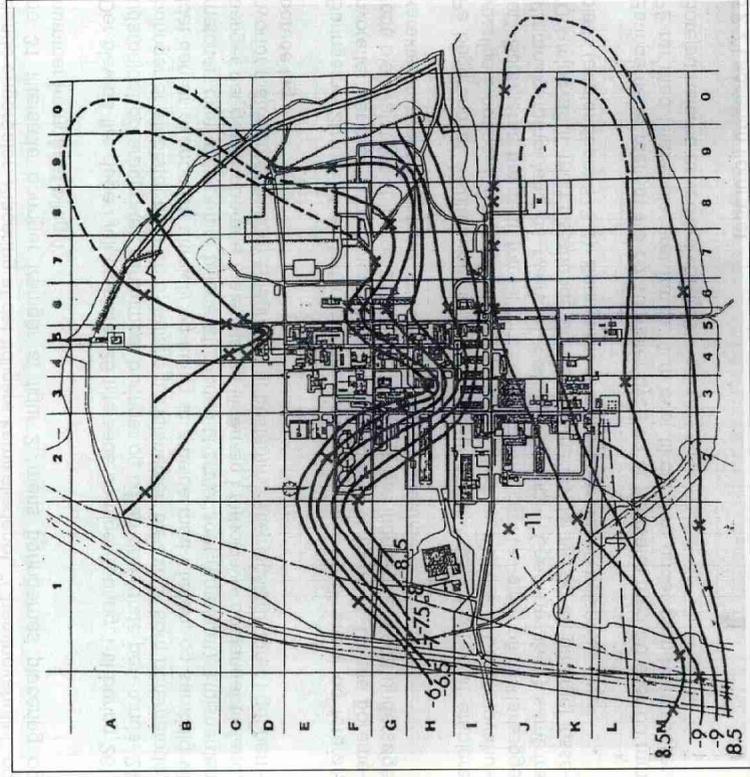
I Agger II er der øverst 9 m sand og grus, derpå følger fjordleret fra kote -4 til -23. Til boringen slutter i kote -33 veksles mellem postglaciale sand og ler. C-14 dateringen i toppen af fjordleret i kote -5,5 henføres til 3650 ±110 BP. I kote -23, hvilket er bunden af fjordleret, dateres laget til 7290 ±110 BP. For fjordleret i Agger II er sedimentationsraten 5 m per 1000 år."

"Ifølge Kaj Strand Petersen /5/ angiver tilstedeværelsen af Theodoxus fluciatilis i Agger I i perioden 2110 ± 70 BP til 410 ±65 BP, at miljøet har været brakvands- til ferskvandspræget. Dette kan formodentligt tolkes derhen, at barrieren i det pågældende tidsrum overvejende har været lukket."

Det vil sige, at lerlaget formodentligt er aflejret i den sidste del af Mellem og Sen Holocæn. Mægtigheden af laget under tangerne er ikke kortlagt i detaljer, men på grundlag af oplysninger fra 14 boreriger, som alle er etableret på Harboøre Tange, vides lerlaget foreløbigt at have en mægtighed fra 8 til 21 m. (Se bilag 5 med udsnit af basisdatakort) Lokale variationer i lerlagets tykkelse kan bl.a. tilskrives områdets morfologi ved aflejringsperiodens begyndelse samt efterfølgende erosion hidhørende havets virke fx fra havrendinger i f.m. stormflodssituationer.

På baggrund af boreriger på Rønland udført frem til 1985 har Elkjær, 1985 /3/ udarbejdet et kort med oplysninger over koten for oversiden af fjordleret. Jvf. figur 5. Boredata viser, at oversiden af fjordleret er påvist fra kote -6 til -11. Det angives

endvidere, at der midt på Rønland findes en lavning i overfladen af fjorderet, som muligvis skyldes en øst-vestlig dalstruktur/rønde i leret.



Figur 5. Korten til oversiden af fjorderet under Rønland. 13/

5.2 Geologien i undersøgelsesområdet

5.2.1 Undersøgelsesboringer

Ringkjøbing Amt har som tidligere nævnt i perioden juli-august 2000 etableret 31 filtersatte boringer i et område bestående af hævst strand og forstrand ved høfderne 42-44 og ved "Cheminovahullet" på østsiden af høvdiget samt tilstedende engarealer. Placering af det tidligere kemikaliedepot, "Cheminovahullet" og de 31 filtersatte boringer fremgår af figur 2, mens boringernes placering og nummer fremgår af bilag 1.

Der blev på fire dage i juli etableret 26 filtersatte boringer (boring 1 til boring 26), udarbejdet borerapporter, renpumpet boringer og udført den første pejlerunde. 24 boringer er etableret med en 6" hulsnegl. Hulsneglen blev valgt som boremetode, idet den er økonomisk attraktiv og hurtig at arbejde med i felten, og samtidig vil metoden give et fornuftigt billede af dybden til silt/lerlaget (fordleret). Hulsneglen bringer det gennemborede materiale op til terræn i forholdsvis opblandet tilstand, hvorfor metoden er mindre velegnet til at bestemme aflejningsstrukturer i gennemborede lag.

Boringerne 20 og 24 er ført ned under vandspejl med en 6" snegl og forerør, hvorefter der blev fortsat med sandspand og forerør til 10 m.u.t. Denne boremetode blev valgt for at kunne beskrive lagfølgen mere indgående, samt undersøge karakteren af eventuel forekomne fjordler mere indgående.

På baggrund af resultaterne fra første pejlerunde blev det besluttet at etablere yderligere 5 boringer (Boring A til boring E), som alle blev placeret i "Cheminovahullet". Boringerne havde til formål forbedre datagrundlag med sigte på at klarlægge strømningforholdene på tværs af kystdige (Strand - "Cheminovahul") samt fra "Cheminovahul" mod tilstødende arealer øst med fyldgrave og en gammel losseplads (affaldsdepot 673-2). Boringerne er alle etableret med hulsnegl.

Boringerne er mellem 4,5 og 10 meter dybe og er filtersatte med 50 eller 63 mm PE-rør med filteret placeret fra ca. 1 m over til ca. 2 m under grundvandspejlet. Borejournalerne er vedlagt i bilag 3.

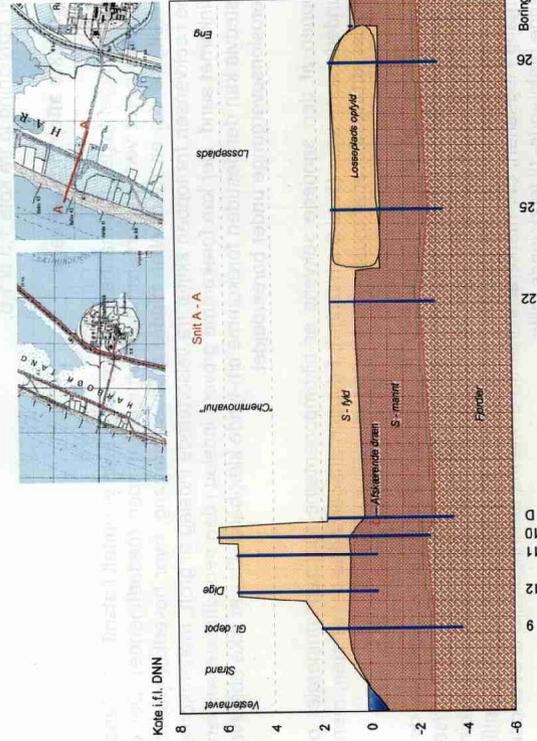
5.2.2 Lagerrien i området

Den overordnede opbygning af de 8-10 øverste meter af lagerrien er illustreret i figur 6 og er nogenlunde gennemgående for hele undersøgelsesområdet og består fra terræn og nedeffter af:

- lyst, sorteret sand, som er påfyldt i f.m. opfyldning af høfdedepotet eller kystfodring,

- gråt, velsorteret sand, nedadfinende,
- gråt, velsorteret silt, nedadfinende (fjordlerets top),
- gråt, velsorteret, silt og ler med finsandede indslag,
- gråt, velsorteret siltet ler.

På stranden udenfor det opgravede område kan der forekomme et indskudt vindafjret lyst sand imellem fyldsandet og den marine sand.



Figur 6. Geologisk profilsnit som strækker sig fra Vesterhavet, strand, havdige, "Chemnovahull", gammel losseplads og engene. Den gamle losseplads består af affald fra Thyborøn by henlagt i 1970'erne. Boring 25 og 26 er etableret på den gamle losseplads.

Det sandede fyldlag

For tykkelsen af fyldlaget er det af afgørende betydning, om placeringer er øst eller vest for diget, idet terrænet vest for diget er hævet til kote 5 m over DNN, mens terrænet i "Chemnovahullet" er hævet til kote ca. 1,5 m til 1,6 m over DNN.

Indenfor hvert af disse to delområder kan mægtigheden af fyldlaget endvidere variere på baggrund af nedenstående forhold.

Området omkring det tidligere depot blev gennemgravet i forbindelse med fjernelse af deponeret materiale i 1981, hvor kemikalier og sand blev fjernet ned til niveau af grundvandsspejlet - svarende til ca. kote 0,9 - og udgravningen blev derefter fyldt op med sand til ca. kote 5. Materialet i det omgravede område består fra kote 0,9 og op efter primært af fyldsand.

Terrænet i "Cheminovahullet" er blevet hævet i henholdsvis 1985 og 1988 ved påtegning af sand. Før opfyldningen lå terrænniveau fra kote 0,2 til 1,4, mens det efter opfyldning lå fra kote 1,5 til 1,6.

Den intakte aflejringsekvens

Under fyldlaget følger den marine aflejringsserie, som er omtalt i afsnit 5.1. Serien er karakteriseret ved, at kornstørrelsen aftager i dybden (nedadfinende). Der er generelt tale om en mere eller mindre gradvis overgang, hvor hovedkomponenterne i sekvensen fra toppen skifter fra velsorterede indslag af groft, mellemkornet til finkornet sand. Der kan forekomme grovere indslag i den nedadfinede sekvens og stedvis kan der desuden forekomme cm-tynde klægbånd. Der er ikke observeret erosionsovergange under borearbejdet.

I toppen af den sandede sekvens er bikomponenterne tungsandsmineraler og afrundede sorte sten (1/2 til 3 cm lange). I dybden aftager indholdet af sten, mens indholdet af fragmenter af muslingeskaller og sneglehusse tager til.

Den sandede sekvens er underlejret af fjordleret. Fjordleret er ligesom den overlejrende marine sekvens nedadfinende og toppen af fjordleret er karakteriseret ved siltet finsand, hvorefter laget hurtigt går over i leret silt og siltet ler. I forbindelse med borearbejdet har det ikke været muligt at observere nogen egentlig overgang i lagserien, der markerer skiftet fra et marine aflejringssmiljø til et underlejrende brakvands- til ferskvands miljø.

Der forekommer en del små intakte muslingeskaller og sneglehusse i laget og i enkelte boreringer er sneglehusse og muslingeskaller observeret i mm-tykke bånd i den mere finkornede del af fjordleret. Især i toppen af fjordleret eksisterer der tynde indslag af mere sandede lag, mens leret er mere homogent og kompakt i dybden.

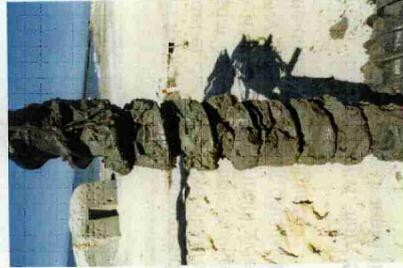
Generelt er det kun i relativt få boreringer, at der er konstateret lagovergange og aflejringstrukturer, hvilket muligvis kan tilskrives den valgte boremetode med

hulsnegl, som forstyrrer og sammenblander lagene inden de er bragt op i dagens lys.

I tabel 1 er angivet observationer, der supplerer de generelle forhold nævnt ovenfor. *abel 1. Supplerende observationer til de generelle forhold, som er angivet ovenfor.*

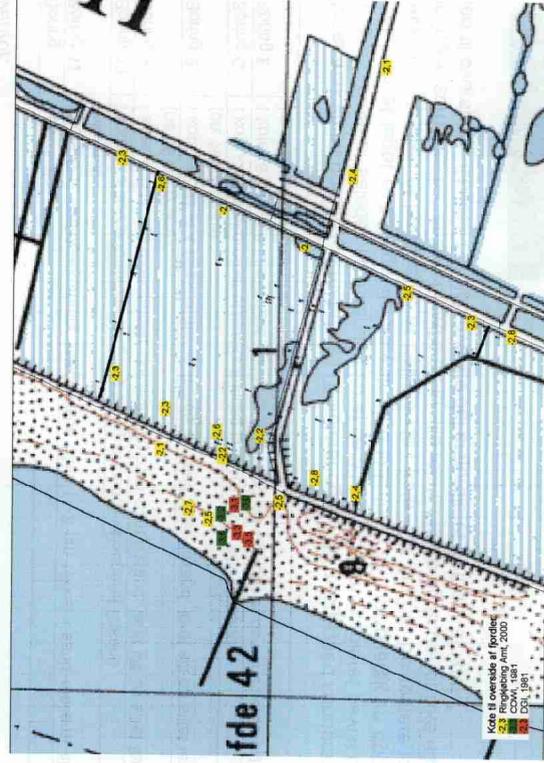
Boring	Beskrivelse
Boring 17	I kote 0 til -0,3 forekommer klægholdige bånd (1-2 cm tykke) i sand mellem- til finkornet.
Boring 19	I kote -2,3 til -2,8 forekommer tynde silt og ler bånd i velsorteret finsand
Boring A	I kote -2,5 til -4,5 forekommer skiftende lag med siltet finsand, leret silt og siltet ler (ca. ½ cm tykke)
Boring B	I kote -2,5 til -4,4 forekommer skiftende lag med siltet finsand, leret silt og siltet ler (ca. ½ cm tykke)
Boring C	I kote -2,8 forekommer et indskudt leriag (1-2 cm tykt) i siltet finsand
Boring E	I kote -8,3 til -8,8 forekommer skiftevis fine ler og silt lag. Det er den eneste boring, hvori der er observeret så tydelige aflejningsstrukturer.

Der er maksimalt boret ca. 4 meter ned i fjorderet og lagets mægtighed i undersøgelsesområdet er således ikke kendt. I 20 af de 31 boringer er fjorderet påvist og oversiden af laget er beliggende fra kote -2,0 til kote -3,5, hvor oversiden dog i langt hovedparten af boringerne er beliggende i kote -2,2 til -2,8. De resterende boringer, som ikke har anboret fjorderet, er alle relativt korte og er derfor ikke nået ned til oversiden. Et udsnit af den øverste del af fjorderet fremgår af figur 7.



Figur 7. Foto laget på forstranden i forbindelse med etablering af boring 13 i juli, 2000 med angivelse af et udsnit af den øverste del af fjorderet.

Der er udført en lang række undersøgelsesboringer ved høfde 42 i forbindelse med tidligere undersøgelser. På figur 8 er sammenstillet alle boringer med oplysninger om dybden til fjorderet. Der er ialt 26 punktoplysninger. Ud fra boredata kan det konkluderes, at det er overvejende sandsynligt, at fjorderet er gennemgående i hele det undersøgte område.



Figur 8. Kote for overside af fjorderet på basis af boringer udført af Geoteknisk Institut i 1981, COWI i 1981 og Ringkjøbing Amt i 2000.

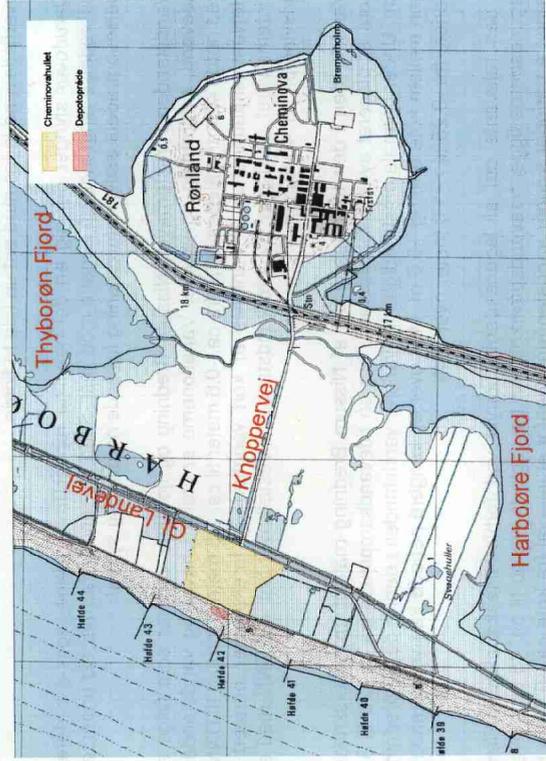
Ud fra oplysningerne på kortet tyder det ikke på at der forekommer erosionsrønder i oversiden af fjorderet. I forbindelse med borearbejdet er der heller ikke observeret mere grovkornede indslag oven på fjorderet, som eventuelt kunne indikere tilstedeværelsen af en erosionsbetinget strømrende. Der er således indtil videre ikke grundlag for at antage, at en tidligere omtalte Ø-V sænkning eller dalstruktur på det sydlige Rønland kan have sit løb igennem dette område. (Jvf. figur 5)

På Rønland er fjorderets overside beliggende fra kote -6,5 til -11 (jvf. figur 5), hvilket er en del dybere end det er tilfældet ca. 1,5 km længere mod vest i det undersøgte område.

6. Områdets hydrogeologi

6.1 Hav, fjorde og Nissum Bredning

Undersøgelsesområdet ligger, som tidligere nævnt, på Harbøre Tange ca. 1,5 km vest for Rønland, hvor virksomheden Cheminova A/S ligger placeret. Tangen er her ca. 1,6 km bred, hvis Rønland ikke regnes med og ca. 3 km bred, hvis Rønland regnes med, og den danner en barriere imellem Vesterhavet og Nissum Bredning. Harbøre Tange når sin nordligste udstrækning ved Thyborøn, hvor Thyborøn Kanal forbinder Vesterhavet og Nissum Bredning. (Figur 9)



Figur 9 med Tangen, Vesterhavet og Nissum Bredning

Henholdsvis sydøst og nordøst for det undersøgte område ligger de inddæmmede Harbøre Fjord og Thyborøn Fjord. Fjordene, der også omtales som lagunesøerne, er indbyrdes forbundet med en kanal og den nordlige fjord er via en kanal forbundet til Nissum Bredning.

Fjordene blev inddæmmet i perioden 1947-1954 og der blev dengang installeret en højvandsklap i kanalen mellem Thyborøn Fjord til Nissum Bredning. I

november 1998 er klappen fjernet og vandstanden i lagunesøerne er sidenhen blevet mere påvirkelig overfor ændringer af vandstanden i Nissum Bredning. Vandstandene følges dog langt fra ad, idet ændring af vandstande i fjordene viser sig forsinket og dæmpet i forhold til i Nissum Bredning. I forbindelse med højvandsituationer kan vandstanden således alt andet lige stige mere i lagunesøerne end tidligere.

På tungen er der gravet grøfter med henblik på afvanding af engarealerne. Grøfterne er orienteret vinkelret på tangens længdeakse. Derudover er der i forbindelse med etablering af veje og banestrækninger gravet kanaler (fyldgrave), hvoraf nogle nu er fyldt op. Eksisterende fyldgrave er orienteret parallel med tangens længdeakse. Både grøfter og kanaler afvander engene, således at overfladevand ledes mod øst ud i de to fjorde.

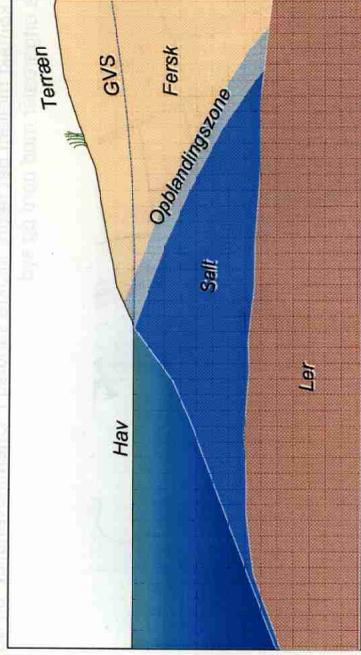
Derudover slynger der sig en del naturlige rønder fra fjordene, som når deres udbredelse langt inde på engene mod vest. Sådanne rønder nærmer sig undersøgelsesområdets østlige afgrænsning fra både nordøst og sydøst.

Vandstanden i Vesterhavet, Nissum Bredning og fjordene varierer som følge af tidevand, vindretning og -styrke. Variationerne er størst i havet og vandstanden ved hørdte 42 kan således ligge fra ca. -0,6 meter til ca. 2,5 meter i forhold til DNN. Højvandsituationerne er vanligtvis af kort varighed og forekommer primært i vinterhalvåret. Til dagligt svinger vandstanden i Vesterhavet tæt ved DNN med et udsving på ca. 40-60 cm.

Vandstanden i den tilstødende del af Nissum Bredning målt af en pejlerskriver, som er placeret sydøst for Rønland, har en tidevandsamplitude på ca. 20 til 30 cm. Under normale omstændigheder varierer vandstanden i denne del af bredningen mellem kote 0 m og +0,6 m. Målt over en længere periode kan vandstanden variere fra -0,25 til +1,0 meter over DNN.

I den relevante del af lagunesøerne udtrykt ved forbindelseskanalen mellem lagunesøerne ligger tidevandspåvirkningen fra nogle få cm op til ca. 15 cm. Over længere perioder svinger vandstanden indenfor et interval fra kote ca. -0,10 m til kote ca. +0,70 m.

Den hydrogeologiske situation i området vest for havdiget er illustreret i figur 10. Det fersk- til brakvandsprægede grundvand danner front mod saltvandet, hvor sidstnævnte på grund af sin større massefylde vil kile sig ind under det terrænnære grundvandsmagasin, som hæver sig over kote nul i østlig retning. Grænsefladen mellem grundvand og saltvand er langt fra stabil, men rykkes hele tiden frem eller tilbage, som resultat af ændringer af vandstanden i havet m.v.



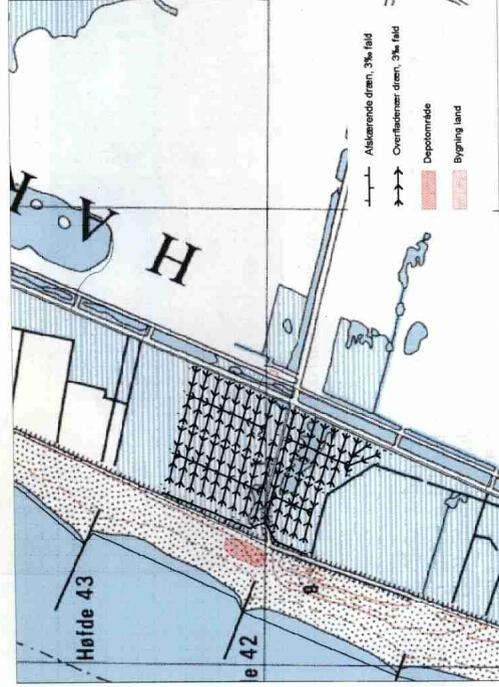
Figur 10. Principskitse for den hydrogeologiske situation i området vest for havdiget.

6.2 Afværgen ved "Cheminovahullet"

I 1989 blev en afværgeforanstaltning igangsat i området ved det såkaldte "Cheminovahul", hvor der via dræn pumpes vand op fra det øverste grundvandsmagasin. Afværgepumpningen kan påvirke lokale afstrømningsforhold, og afværgens opbygning vil kort blive gennemgået. Den består af følgende elementer (jvf. figur 11):

- Et drænsystem for overfladenært vand, hvor drænvandet samles i en pumpebrønd, hvorfra det via en trykleddning pumpes direkte ud i havet. Drænene er lagt i kote ca. +1,1, hvorpå der er udlagt fyld til kote ca. +1,6 m som beskyttelse (ca. 0,5 m over drænen). Pumpekapaiciteten er sandsynligvis fra 35 til 40 m³ per time;
- Oppumpning fra et 300 m langt nord-sydgående afskærende dræn. Det afskærende dræn er etableret langs med den østlige digefod og ligger ifølge COWI /6/ placeret i ca. kote -0,5 Drænet har til formål at forhindre indsvimning på stranden via havdiget af forurenat grundvand til "Cheminovahullet". Fra drænet pumpes der ca. 3-4 m³ grundvand op i timen, som ledes til rensning i et tilstedende rensningsanlæg med to kulfiltre. Efter rensning føres vandet til pumpebrønden for overfladevand forinden udlledning til havet;
- "Cheminovahullet" er mod henholdsvis nord og syd afgrænset af en lervold. Voldene blev etableret i forbindelse med opfyldningen i 1986 og de blev hævet under den anden opfyldning i 1988. Voldens underside er beliggende 0,5 m under niveau af det oprindelige terræn, mens dens oversiden i dag ligger i kote ca.

+1,75 til +1,9. De er ikke ført ned til fjordlerets overside og der må være hydraulisk kontakt mellem det nedre intakte sandlag i "Cheminovalletet" og de tilstødende engarealer mod nord og syd.



Figur 11. Afvægsforanstaltning ved "Cheminovalletet" ved højde 42. Der er angivet placering af henholdsvis det overfladenære forgrøenede dræn og det afskærende dræn samt rensningsanlæg.

6.3 Undersøgelsesområdets afstrømningsforhold

Som det fremgår af ovenstående fører en så kystnær placering på en relativ smal tange mellem hav og fjorde såvel som den igangværende afværgpumpning til, at afstrømningsforholdene som udgangspunkt kan være meget komplekse. I afsnit 4.2 er pejleprogrammets strategi beskrevet og det følgende afsnit vil gennemgå feltarbejde med tilhørende resultater fra monitoringen af grundvandsstand og afstrømningsforhold.

Der er i perioden fra d. 2. august til d. 27. november gennemført pejlerunder ved 8 lejligheder. Tabel 2 viser dato, vandstand i Vesterhavet, vindforhold og eventuelle observationer for hver af pejlerunderne. Pejleresultaterne dækker perioden

sensommer, efterår og vinter og giver nogle billeder af dynamikken i afstrømningsforholdene i det øvre magasin.

Det er vigtigt at have in mente, at data fra pejlerunderne alene giver øjebliksbilleder af afstrømningsforholdene i et miljø, hvor varierende vandstande i Vesterhavet, lagunesøer og Nissum Bredning i høj grad er styrende for de lokale forhold.

Tabel 2. Data, vandstand i Vesterhavet, vindforhold og eventuelle observationer for hver af pejlerunderne i 2000.

Dato	Vandstand i Vesterhavet	Vindforhold	Observationer
2/8	Stigende fra -0,02 til +0,45 i ft. DNN	Svag vind fra SV	Boringerne A-E ikke etableret
16/8	Stigende vand fra -0,09 til 0,32 i ft. DNN	Svag vind fra V	Boringerne A-E etableret
21/8	Faldende vand fra -0,16 til -0,23 i ft. DNN	Let til frisk vind fra V	Kun mindre tidevandsbetinget ændring af havniveau
8/9	Stigende vand fra +0,47 til +0,56 i ft. DNN	Svag vind fra SV	Boring 9 og 13 på forstrand har sandsynligvis sat sig
25/90	Stigende vand fra -0,28 til +0,28 i ft. DNN	Svag vind fra Ø	Udført 3 pejlerunder
			Ingen ændring af vandstand på stranden
31/10	Stigende vand fra +1,32 til +1,46 i ft. DNN	Vind aftaget efter storm fra S d. 30/10	Boring 9 og 13 på forstrand går tabt. Første pejling i t.m. storm og højvande.
			Højere vandstand i "Cheminova-hullet" end mod nord og syd.
14/11	Stigende vand fra +0,06 til +0,39 i ft. DNN	Svag vind fra SV	Højere vandstand i "Cheminova-hullet" end på tilstødende enge.
27/11	Stigende vand fra +0,37 til +0,49 i ft. DNN	Svag vind fra NV	Højere vandstand i "Cheminova-hullet" end på tilstødende enge.

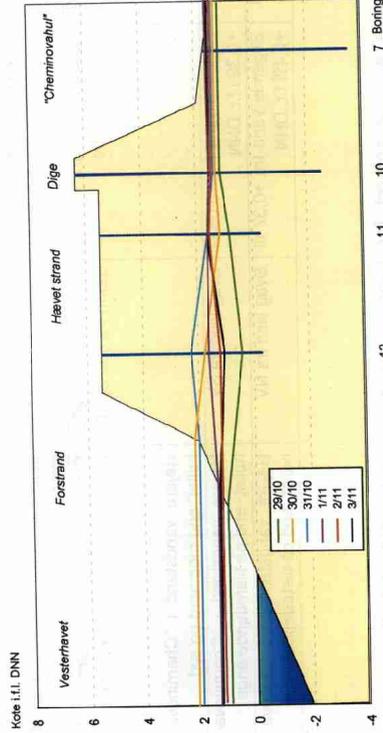
Pejledata er præsenteret for hver pejlerunde i henholdsvis tabelform og på oversigtskort i bilag 2. På oversigtskortene er angivet de skønnede strømningstretninger i det øvre grundvandsmagasin. Der stikkes mellem:

1. Overordnede strømningstretning over et større område;
2. Lokal og midlertidig strømningstretning i et mindre område;
3. Tilstrømning til det afskærende dræn, som er orienteret langs den østlige fod af havdiget.

For at se pejledata fra undersøgelsesområdet i større regional og tidsmæssig sammenhæng er der i bilag 2 vedlagt kontinuerte pejledata for vandstanden i Vesterhavet, fjordene og Nissum Bredning 7 dage forud for udførelsen af pejlerunden. Data om vandstanden i Vesterhavet er endnu ikke validerede, og er derfor behæftet med en mindre usikkerhed. Det bemærkes, at vandstanden er målt ved høfde 58, hvor vandstanden alt andet lige generelt er lidt lavere end ved høfde 42. Sidstnævnte forhold skyldes, at tidevandspåvirkningen generelt er aftagende mod nord langs den jyske vestkyst.

Storm og højvande d. 30/10-00

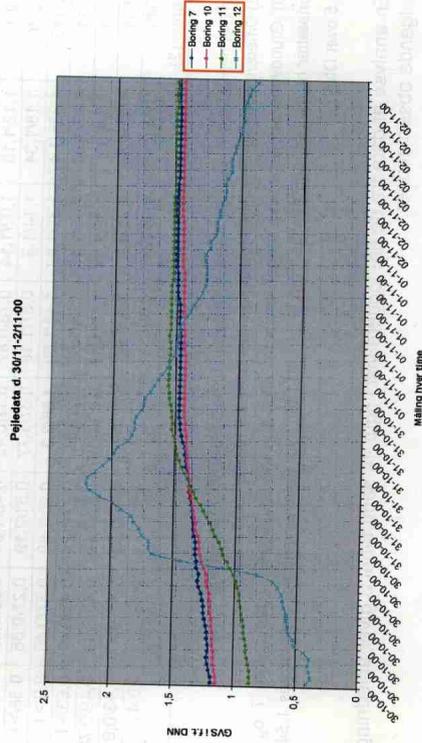
Den 31. oktober efter vinterhalvårets første storm d. 30. oktober udførte amtet en pejlerunde. I forbindelse med feltarbejdet blev det observeret, at inspektionsbrøndene ved det overfladenære dræn i "Cheminovahullet" var fyldt med vand op til terræen. Vandstanden i de filtersatte boringer i "Cheminovahullet" var væsentligt lavere end vandstanden i inspektionsbrøndene - dette var særligt markant i den østlige del af området. Pejledata for alle boringer er illustreret på oversigtskort i bilag 2.8.



Figur 12 illustrerer et Ø-V-orienteret snit med placering af de relevante boringer. Der er angivet hvorledes vandspejlet varierede i den vestlige del af undersøgelsesområdet i perioden 29/10 til 2/11-00.

Amtet har dataloggere monteret i boringerne 7, 10, 11 og 12 svarende til en orientering Ø-V, hvor boring 7 er placeret i "Cheminovahullet" øst for havdiget, boring

10 er placeret på digekronen, mens borerne 11 og 12 er placeret på den hævede del af stranden. Figur 12 illustrerer et Ø-V-orienteret snit med placering af de relevante borer med angivelse af, hvor udtalt vandspejlet kan variere i forbindelse med en højvandsituation i Vesterhavet



Figur 13 viser pejledata for hver af dataloggerne i perioden 30/10-2/11.

Vandstandsmålinger i borerne med datalogger er i perioden 30/10 til 2/11-00 afbildet grafisk i figur 13. Figuren viser vandstandene for hver time og det fremgår tydeligt, hvor forskelligt borerne påvirkes under og efter stormen.

På grundlag af data fra loggerne sammenstilles i tabel 3 henholdsvis laveste og højeste daglige vandstand i Vesterhavet, lagunesøer, Nissum Bredning og borerne 7, 10, 11 og 12 i perioden fra d. 29/10 til 3/11-00. Tabellen skal illustrere, hvorledes vandstandene varierer igennem en periode på et lokalt og regionalt niveau i forbindelse med en højvandsituation i Vesterhavet.

Tabel 3 sammenstiller henholdsvis laveste og højeste daglige vandstand i Vesterhavet, lagunesøer, Nissum Bredning og boringerne 7, 10, 11 og 12 i perioden fra d. 29/10 til 3/11-00. For hver dato er med føet angivet de to største værdier for højeste daglige vandstande (1)

Boring	7	10	11	12	Vesterhavet	Lagunesøer	Nissum Bredning
29/10	1,12/1,18	1,09/1,14	0,78/0,87	0,17/0,45	0,40/1,04	0,28/0,33	0,35/0,59
30/10	1,18/1,34	1,14/1,3	0,87/1,18	0,37/1,77	0,51/2,19	0,27/0,38	0,38/1
31/10	1,335/1,47	1,31/1,43	1,18/1,56	1,65/2,3	0,93/1,99	0,37/0,46	0,9/1
1/11	1,47/1,51	1,43/1,46	1,54/1,56	1,21/1,64	0,77/1,24	0,43/0,47	0,63/1
2/11	1,51/1,52	1,46/1,48	1,52/1,54	0,86/1,19	0,57/1,10	0,46/0,49	0,49/0,78
3/11	1,52/1,54	1,47/1,5	1,51/1,56	0,85/1,08	0,42/1,23	0,45-0,47	0,43/0,81
Differens (2)	0,34 (3)	0,34 (3)	0,69	1,85	1,15	0,16	>0,41

(1) Det bemærkes, at pejledata ikke er justeret i forhold til salinitet/massefylde.

(2) Difference mellem højeste vandstande i perioden 29/10 til 2/11-00 i meter.

(3) Grundvandsspejlet falder meget langsomt efter højvandsituationen. I boringerne 7 og 10 forszætter højvandet med at stige frem til den 4/11-00, hvor højeste vande er henholdsvis 1,54 og 1,5 over DNN.

En analyse af data fra de fire loggere vist i figur 14 samt tabel 3 giver anledning til følgende observationer:

- Grundvandsstanden i boring 12 stiger knap 2 meter, hvilket er markant mere end observeret længere mod øst. Stigning forskydes tidsmæssigt såvel som dæmpes med stigende afstand fra kystlinjen.
- Vandstanden i boring 12 følger relativt hurtigt ændringer af havniveau. Dette var tidligere observeret i 9 og 13, men de blev oversvømmet og ødelagt i forbindelse med stormhændelsen, og de kunne således ikke inddrages i pejlerunden.
- Vandstanden i boring 7, 10 og delvis 11 fortsætter med at stige efter at vandstanden i havet og boring 12 er begyndt at falde. Således observeres de højeste beliggenhed af grundvandsspejlet i boringerne 7 og 10 d. 4/11-00;
- Fra den 2/11-00 er vandstanden i boring 7, 10 og 11 væsentligt højere end i boring 12 og Vesterhavet. Dette medfører en vestlig orienteret afstrømning fra "Cheminovahu" og depotrester ud mod Vesterhavet;
- Efter stormen ligger grundvandsspejlet gennemgående lidt højere i boring 11 og 7 end i boring 10. Dette kan formentligt forklares ved, at boring 10 er etableret tæt ved pumpebrønden for det afskærende dræn.

- Data fra loggerne viser, at grundvandets salinitet - udtrykt ved konduktivitet - i boring 11 og 12 ikke ændrer sig væsentligt i forbindelse med højvandsituationen.

Med udgangspunkt i oversigtskortene i bilag 2 redegøres nedenfor for såvel generelle tendenser som mere lokale observationer i forhold til strømningforholdene i undersøgelsesområdet.

Området øst for havdiget

Den overordnede strømningretning i området øst for havdiget, dvs. "Cheminovahullet", den gamle fyldplads og tilstødende engarealer, er østlig;

Vandstanden på engarealerne øst for "Cheminovahullet" er styret af vandstanden i lagunesøerne. Engene er lavliggende og de omtalte gravede grøfter og naturlige rønder regulerer niveauet af det terrænmære vand;

Perioder med markant forhøjet vandstand i Vesterhavet presser forurenset grundvand fra stranden ind igennem havdiget, så det kan strømme ind i "Cheminovahullet";

Der kan strømme terrænnært grundvand fra "Cheminovahullet" under lervolden til engarealerne mod henholdsvis nord og syd. Lervoldene er som tidligere nævnt ført ca. 0,5 m ned under det oprindelige terræn.

Området vest for havdiget

Forholdene på forstranden og den opfyldte del af stranden er som nævnt karakteriseret ved at være meget dynamiske. Overordnet er grundvandets strømningforhold styret af udviklingen i vandstanden i Vesterhavet samt af hvor højt grundvandets står i "Cheminovahullet".

Grundvandsstanden i borerne 9 og 13 følger i højere grad end de øvrige boringer de tidevandsbetingede ændringer af niveauet i Vesterhavet. Således må det antages, at strømningretningen ved disse borer og længere mod vest i udpræget grad er styret af vandstanden i Vesterhavet.

Der kan forekomme et vandskel på stranden, som er nogenlunde parallelt med kystlinjen, således at det vestlige grundvand strømmer mod vest og det østlige grundvand strømmer mod øst. Dette skyldes tilstedeværelsen af en "ryg" i grundvandet i området midt på stranden, hvor "grundvandsryg" er orienteret parallelt med kystlinjen.

Strømningretningen kan være vestlig fra "Cheminovahullet" eller havdige, imens en tiltagende vandstand i Vesterhavet samtidig presser/løfter grundvand mod øst ind

under forstranden. Situationen kan illustreres ved grundvandspejlet målt d. 31/10-00 i figur 14. Grundvandet kan således lokalt i en periode strømme fra både vest og øst ind mod strandens centrale del. Forholdene ændrer sig imidlertid hurtigt, så den resulterende afstrømning er sandsynligvis begrænset.

Efter en markant højvandsituation, hvor presset fra Vesterhavet medfører en hævnning af vandspejlet øst for depotresterne, vil det, når havniveauet after er faldet, medføre en afstrømning fra "Cheminovahul" og depotrester ud mod Vesterhavet. Dette var fx tilfældet d. 30. oktober 2000 og kan illustreres ved situationen ved d. 2/11-00 og d. 8/11-00 i figur 14.

Jo større forskel mellem vandstanden på strand og "Cheminovahul" på den ene side og havniveau på den anden side, des større vil udsvingningen være til Vesterhavet. Hvis vindretningen efter en højvandsændelse skifter, så vinden efterfølgende kommer fra øst eller sydøst vil udsvingningen til Vesterhavet alt andet lige øges.

I et lignende kystnært system, hvor der ikke foregår en afvægepumpning langs med diget, ville nettoafstrømningen være vestlig - fra strand til havet. Det vides imidlertid ikke, hvorledes det afskærende dræn, der oppumper svarende til godt 30.000 m³ per år lokalt påvirker denne balance.

Pejledata indikerer, at der ikke forekommer en øst-vestlig orienteret erosionsrende fyldt med grovere materiale, som lokalt kan være styrende for afstrømningsforholdene. Dette er fx observeret syd for undersøgelsesområdet.

Det afskærende dræn

På oversigtskortene i bilag 2 er angivet, at det afskærende dræn medfører en lokal tilstrømning af grundvand, men hvorledes den faktiske tilstrømning til drænet er fordelt over udstrækningen på 300 m kan ikke umiddelbart vurderes på basis af pejledata.

Boringerne 1, 2 og 18 ligger såvel vest for havdiget som fri af eventuel sænkningstragt hidhørende det afskærende dræn. Sammenlignes pejledata fra disse boringer med pejledata fra boringerne 3, 7, 10, C, D og E, som ligger placeret relativt tæt på det afskærende dræn, kan det ikke umiddelbart observeres, at grundvandsstanden er lavere i boringer tæt ved drænet end i boringer, som er fri af drænets påvirkning. Det er således med udgangspunkt i pejledata ikke muligt at konstatere en af oppumpningen affødt sænkningstragt.

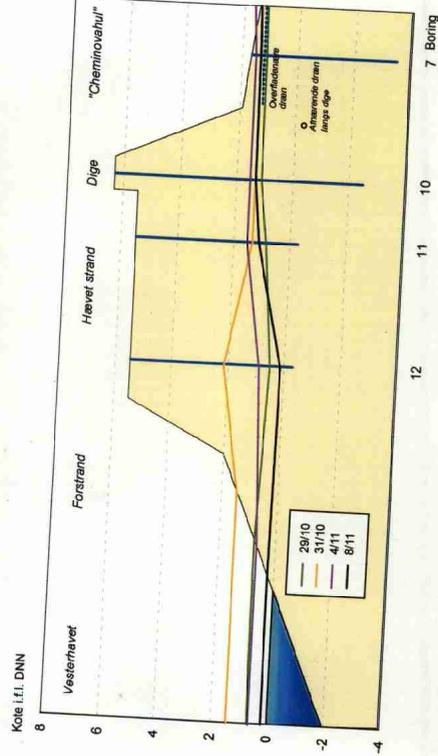
Det afskærende dræn har været i drift siden 1989 uden at blive renset. For at sikre at drænet ikke var delvis tilstoppet, fik Ringkjøbing Amt i november, 2000 skyllet drænstrøngen igennem. Ved den lejlighed viste det sig, at drænet inden

gennemskyning var velydende og ikke kunne pumpes tør, hvilket tydede på at i hvert fald drænets segment i nærheden af pumpebrønden var i god stand. Drænet blev skyllet igennem fra pumpebrønden, som ligger lige øst for boring 10, til inspektionsbrønde, som er placeret mod henholdsvis syd og nord.

På baggrund af de foreliggende data, er det som allerede nævnt svært at vurdere, i hvilket omfang det afskærende dræn generelt fungerer som en hydraulisk barriere. Det må dog konkluderes, at drænet ikke er istand til at forhindre indsvivning af forurenede vand igennem havdiget ved mere ekstreme højvandsituationer.

Det overfladenære drænsystem

I "Cheminovahullet" kan afstrømningsforholdene periodevis være styret af det overfladenære dræn. Under ekstreme højvandsituationer presses grundvand fra vest ind igennem/under havdiget og passerer det afskærende dræn. Det indtrængende grundvand kan i lange perioder stå væsentligt højere end kote +1,1, som svarer til dybden af det overfladenære dræn. Når det indtrængende vand, således når frem til disse drænrør, kan de Ø-V orienterede rør "lede" vandet relativt hurtigt mod øst. Ovenstående forhold menes at være observeret i forbindelse med stormen d. 30/11-00. Situationen er illustreret på figur 14.



Figur 14 viser vandstanden i boringerne 7, 10, 11 og 12 før, under og efter højvandsituationen d. 30. oktober 2000. Det fremgår, hvorledes indtrængende grundvand, som strømmer fra vest mod øst igennem havdiget, passerer det afskærende dræn og kommer i kontakt med de vestlige strenger af det overfladenære drænsystem.

Som omtalt ovenfor så fremmer det overfladenære drænsystem til tider vandmængden i "Cheminovahullet". Det terrænnære grundvand kan i perioder stå 40-50 cm over drænrørene i den vestlige del. Da "Cheminovahullet" har et areal på ca. 150.000 m² svarer dette overslagsmæssigt til et vandvolumen mere end 20.000 kubikmeter, som skal bortpumpes via det overfladenære drænsystems pumpebrønd. Dette har den omtalte pumpebrønd ikke den nødvendige kapacitet til at kunne klare.

Ved flere lejligheder er det observeret, at vandstanden i "Cheminovahullet" er højere end i de tilstødende engarealer henholdsvis mod nord og syd.



7. Undersøgelse af forureningsudbredelsen

For at afdække den aktuelle forureningssituation i undersøgelsesområdet blev det besluttet at udføre to prøvetagningsrunder. Den første runde havde til formål at afdække forureningsudbredelsen, mens den efterfølgende runde sigtede imod at få klarlagt koncentrationsniveauet i de mest belastede områder. I de følgende afsnit vil indhold og resultater fra prøvetagningsrunderne blive præsenteret.

7.1 Første prøvetagningsrunde

Den første vandprøvetagningsrunde blev udført d. 21. august 2000, hvor der blev udtaget vandprøver fra 23 borer. Hovedparten af borerne er placeret omkring resterne af høfdepotet, mens et mindre antal er fordelt ved "Cheminovahullet".

7.1.1 Feltdata og analyseprogram

Borerne til udtagning af vandprøver, samt de naturlige og miljøfremmede stoffer, som indgår i analyseprogrammet, er vist i tabel 4. Stoffene er udvalgt således, at de repræsenterer en bred vifte af stoffer som forekommer i området, og de kan dermed afdække udbredelsen af forureningen. Total fosfor og ortofosfat-P er interessante, idet de indikerer omfanget af fosforholdige organiske forbindelser. Bilag 6 viser placering af borerne, hvorfra vandprøver blev udtaget i første runde.

Tabel 4. Udvalgte analyseparametre og borerne i første analyserunde.

Udvalgte analyseparametre	Udvalgte borerne
Chlorid	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,
Konduktivitet	15, 16, 17, 19, 20, 24, A, B, C, D, E
Total fosfor	og GI:B1.
Ortofosfat-P	
Phenol	
Methylphenoler	
Chlorerede phenoler	
Paranitrophenol	
MCPA	

I forbindelse med vandprøvetagning er der forpumpet med kendt pumpeydelse indtil indhold af ilt, pH, ledningsevne og temperatur i vandet var stabiliseret. Resultaterne fra forpumpning er vist vedlagt i bilag 4.

Borerne er generelt filtersats med 4 m filterinterval, hvilket i praksis svarer til en filterplacering fra oversiden af jordler til op over grundvandspejlet i det påfyldte sandlag. Vandprøverne er udtaget med engangs whalepumpe placeret ca. 0,5 m over bunden af boringen og repræsenterer tilnærmelsesvis forureningssituationen over hele filterintervallet. Der er således ikke tale om niveauspecifikke vandprøver.

Prøverne blev analyseret på henholdsvis Miljøcenter Vestjylland og Steins Laboratorium og resultaterne er vedlagt i bilag 4.

7.1.2 Forureningsudbredelsen i området

Det fremgår af analyseresultaterne, at borerne 4, 7, 10, 12, 14, 16, A, B og E er mest belastede af de undersøgte, mens borerne 5, 6, 9, 19, 24, C og D er relativt belastede. Boringene 8, 11, 13, 15, 17, 20 og GI.B1 er mindst påvirkede. Ved tolkning af data skal det bemærkes, at indholdet af total fosfor, ortofosfat-P og P-differencen (1) mindskes er angivet i mg/l, mens de øvrige stoffer er angivet i mikrogram/l.

For at illustrere forureningsudbredelsen er prøvernes indhold af PNF, MCPA, P-differencen og sum af chlorerede methylphenoler vist i oversigtsfigurer, som er vedlagt i bilag 7. De fire udvalgte parametre forekommer udbredt og repræsenterer de højeste stofkoncentrationer, og er således velegnede til at få overblik over forureningsudbredelsen.

Differencen mellem total fosfor og ortofosfat-P varierer fra tæt ved nul mg/l i borerne 5, 8, 11, 13, 15, 17 og 20 til henholdsvis 44,5, 38, 27, 26, 18 og 17 mg/l i borerne A, 12, B, 7, 14, E.

Sammen med analyseresultaterne i bilag 4 er vist det samlede indhold for hver af grupperne methylphenoler, chlorerede phenoler og chlorerede methylphenoler. De højeste værdier forekommer i gruppen med chlorerede methylphenoler og indenfor de chlorerede methylphenoler er det stoffet 4-chlor-2-methylphenol, som markant har den højeste koncentration. Indholdet af chlorerede methylphenoler varierer fra 0,14 mikrogram/l til 3800 mikrogram/l og indholdet spænder således over 4 størrelsesordener. De største koncentrationer er på henholdsvis 3800, 3200, 3000, 2000 og 1800 mikrogram/l og er fundet i borerne D, 10, 4, 7 og 19.

Indholdet af MCPA, som er et herbicid, varierer fra ikke at være detekteret i borerne 12, 20, C og E til 1700 mikrogram/l i boring 14. MCPA-indholdet ligger på niveau fra 110-620 mikrogram/l i borerne 4, 5, 6, 7, 10, 24, A og E, mens det ligger lavere i de resterende borer.

Paranitrophenol (PNF), der er et delprodukt i fremstillingen af parathion, har de højeste koncentrationer i vandprøver fra borerne 14, 4, D, 10 og 16 med henholdsvis 7800, 6200, 2500, 1500 og 1300 mikrogram/l. I vandprøverne fra

Note (1) Indhold af total fosfor fratrukket indhold af ortofosfat omtales i det følgende som P-differencen. P-differencen giver et billede på belæringen med fosforholdige organiske forbindelser

boringerne 11, 12, 17, 19, 20, 24, A, B, C, E og GI.B1 er der ikke påvist et indhold over detektionsgrænsen, mens de resterende vandprøver indeholder fra 0,021 til 320 mikrogram/l.

Det kortlagte forureningsbillede viser, at de undersøgte stoffer ofte "følges ad", således at et højt indhold af et stof medfører et højt indhold af de andre stoffer, som er påvist i vandprøverne. Der forekommer dog undtagelser som fx:

- Vandprøverne fra boringerne C og E har en høj værdi af P-differencen og phenoler, mens der ikke er detekteret MCPA og PNF
- Vandprøverne fra boringerne 12, B, E og delvis A har en høj P-difference, men intet eller kun lidt MCPA og PNF.

Tabel 5 viser en grov inddeling af udvalgte vandprøver, som enten har et højt eller lavt indhold i forhold til de påviste værdier af P-differencen, sum af chlorerede methylphenoler, PNF og MCPA.

Tabel 5. *Inddeling af relevante vandprøver fordelt på højt og lavt indholdsniveau.*

Indhold	Højt niveau	Lavt niveau eller under detektionsgrænse
P-difference	A, 12, B, 7, 14, 4, E, C og E	8, 11, 13, 15, 17 og 20
4-Cl-2methylphenol	D, 10, 4, 7 og 19	8, 11 og 20
MCPA	14 (4, 5, 6, 7, 10, 24, A og E)	11, 12, 17, 20, C, E og GI.B1
PNF	14, 4, D, 10 og 16	11, 12, 17, 19, 20, 24, A, B, C, E og GI.B1

Som det fremgår af bilag 7, har analysen af vandprøver fra 23 boringer kun delvist afgrænset forureningsudbredelsen ved høfde 42 og "Cheminovahullet". Det er vigtigt at have i mente, at de fundne værdier ikke er niveauspecifikke, men angiver en "midling" over belastningen i filterintervallet, hvor boringen er placeret. Der kan således forekomme sekvenser, hvor grundvand er mere forurennet eller mindre forurennet. I det følgende vil nogle forureningsfund i området blive gennemgået.

Forureningsudbredelse ved depotresterne

Den centrale del af forureningen hidhørende fra resterne af høfdepotet er tilsyneladende beliggende i et område ved boringerne 12 og 14, hvor værdien af P-difference ligger på henholdsvis 38 og 22 mg/l. Vandprøverne for boringerne 5, 6, 8, 15, som støder op til den centrale del fra vest- og sydlig retninger, udviser markant

lavere P-differencer. Mod nord angiver analysedata fra boring 16 tilsvarende et fald i forureningsgrad og vandprøven fra boring 17, som ligger længere mod nord, er kun lettere påvirket af disse stoffer.

Det er ikke umiddelbart forklærligt, hvorfor vandprøverne fra borerne 6, 8, 11 og 15 udviser så lave værdier. De ligger tæt ved den centrale forurening og ligger desuden placeret imellem borerne 5, 12 og 14 mod vest og borerne 7, 10 og D mod øst, hvor der er påvist en væsentlig påvirkning af grundvand. Boring 10 ligger på vestsiden af det afskærende dræn.

Borerne 9 og 13 er placeret på forstranden i kote +1,9 ca. 15 m fra kystlinien ved normal vandstand i Vesterhavet. De er placeret imellem depotresterne og Vesterhavet - dog begge NV for den centrale del af det gamle depot. De målte værdier stammer fra en afstrømningssituation om sommeren, hvor vandstanden i havet har ligget relativt lav igennem en længere periode. Værdierne er således ikke repræsentative i forhold til niveauer efter en situation med meget høj vandstand, hvor der kan strømme et større volumen grundvand under forstranden ud i havet på relativt kort tid.

Ifølge Kystdirektoratet er kysten rykket ca. 40-50 meter tilbage i perioden 1950-1980. I midten af 1980'erne valgte Kystdirektoratet strækningen ved høfde 42-44 som et "strong point" med en målsætning om at kystlinien her ikke fortsat måtte rykke tilbage. Ifølge /B/ er denne del af kystlinien i perioden 1986 til 1996 ikke rykket tilbage. Det vides ikke, hvordan forureningsituationen ser ud i aflejringerne i den kystnære havbund, som støder op til undersøgelsesområdet.

Det vides fra geofysiske målinger, som GEUS har udført og processeret, at det marine sandlag kan følges mod vest ud under Vesterhavet /9/.

"Cheminovahullet"

Alle borerne placeret ved det såkaldte "Cheminovahul", hvor der er udtaget vandanalyser, er kraftigt påvirket af miljøfremmede stoffer. Den eneste undtagelse er den gamle COWI boring Gl. B1, som er placeret ude i det nordlige delområde. Denne boring er "kun" moderat påvirket af forureningen. Hvis forureningsgraden kan udtrykkes ved størrelsen af P-differencen, så er prøven fra boring A med 44,5 mg/l den mest påvirkede af alle vandprøver.

Forureningen er afgrænset mod syd ved boring 20 ved den gamle landevej, mens prøverne fra borerne 19 og 24 angiver tilsyneladende, at forureningsgraden er aftagende mod nord. I det store hele må "Cheminovahullet" dog på denne baggrund formodes for størstedelens vedkommende at være meget belastet.

Forureningsudbredelsen er kun delvis afgrænset mod nord og den er ikke afgrænset i østlige retninger.

De tilstødende engarealer

Der er ikke udtaget vandprøver øst for den gamle landevej i denne prøvetagningsrunde, men på baggrund af resultaterne for boring A og B må det antages, at de tilstødende engarealer mod øst er påvirkede. Dette stemmer overens med tidligere tiders rørsprængninger af spildevandsledninger fra Rønland og den gamle fabriksgrund ud mod vest til kysten.

Det er oplyst, at der var tale om en del rørsprængninger på strækningen fra Rønland Station og 1 km vestpå. Hovedparten af brudene angives at være sket på strækningen mellem havdiget og den gamle vejdæmning. De fleste af brudene angives at være sket mellem 1962 til 1965 og antallet skønnes at være 5-10. /71

Derudover viser boring 24, at det tilstødende engareal mod nord ligeledes er påvirket af forurening.

7.2 Anden prøvetagningsrunde

Anden prøvetagningsrunde har til formål at bestemme forureningens kildestyrke i de af første prøvetagningsrunde identificerede hotspots. For at kunne bestemme den samlede kildestyrke var det nødvendigt at få udarbejdet en liste over mulige miljøfremmede stoffer, som kunne optræde i undersøgelsesområdet.

7.2.1 Analyseprogram og feltdata

Der er taget udgangspunkt i kemiske stoffer, som er relateret til produktionen ved Cheminova A/S. Der er således ikke involveret eventuelle kemiske stoffer, som udelukkende kan have relation til de ca. 40 tons kemikalieaffald, som blev indsamlet af Falck-Zonen i perioden 1957-1962 og henlagt i hufdedepotet. Dette affald omfattede ifølge de foreliggende oplysninger mindre mængder parathion, nikotin og DDT, formentligt ret store mængder calcium-arsenat, et kobber-arsen-præparat samt små mængder kvikksølvbejdsmidler. /17

Med udgangspunkt i analyser udført i området i forbindelse med tidligere undersøgelser og monitoringen af den igangværende afværgesforanstaltning blev det klarlagt, hvilke stoffer der er påvist i området. Denne "positiv-liste" er derefter sammenlignet med en liste over kemiske stoffer fundet på og omkring Cheminovas produktionsarealer. Jvf. amtets notat ra 1984. /11/

Gennemgangen har bidraget med nogle supplerende stoffer, som måske var relevante at inddrage i analyseprogrammet. I samråd med Steins Laboratorium

blev det besluttet at tilføje yderligere 5 stoffer til "positiv-listen". For to af stoffernes vedkommende manglede Steins Laboratorium standarder og Cheminova A/S leverede derfor beredvilligt standarderne.

Det er således besluttet at analysere for 39 kemiske stoffer samt gruppen af dialkylsulfider. Under analysearbejdet viste der sig yderligere to stoffer (nedbrydningsprodukter for parathion), som derfor er inddraget i programmet. De stoffer, som indgår i analyseprogrammet, fremgår af bilag 4. Bagest i bilaget er vedlagt en stofkode.

På baggrund af resultaterne fra første analyserunde blev det besluttet at udtage vandprøver fra høfdedepotets centrale dele (boring 4, 12 og 14), i "Cheminovahulets" vestlige afgrænsning ved havdiget (boring 7 og D) og østlige afgrænsning ved den gamle landevej (boring A og B). Derudover blev boring 25 udvalgt til prøvetagning på grund af placeringen øst for de meget påvirkede boringer A og B. Prøvetagningslokaliteterne i anden analyserunde fremgår af bilag 6.

I forbindelse med vandprøvetagning er der forpumpet med kendt pumpeydelse indtil indhold af ilt, pH, ledningsevne og temperatur i vandet var stabiliseret. Resultaterne fra forpumpning er vist vedlagt i bilag 4.

Iltindholdet var lavt i alle vandprøver. Det er således primært i den øverste del af det forurenede grundvandsmagasin, at ilt når at diffundere ned og inden det opbruges ved aerob biologisk nedbrydning. Vandprøverne fra boringerne A, B og 25 var alle mistarvede (mørke) af sulfider, hvilket indikerede en nedbrydning betinget af iltens i sulfat.

pH i det oppumpede vand stabiliserede sig i fem boringer på en værdi i nærheden af 6, mens vandet fra boring 4, 12 og 14 viste pH-værdier på henholdsvis 4,31, 3,75 og 2,75. De laveste pH-værdier er fundet i boringerne placeret centralt i høfdedepotet.

7.2.2 Sammensætning og styrke af forureningen

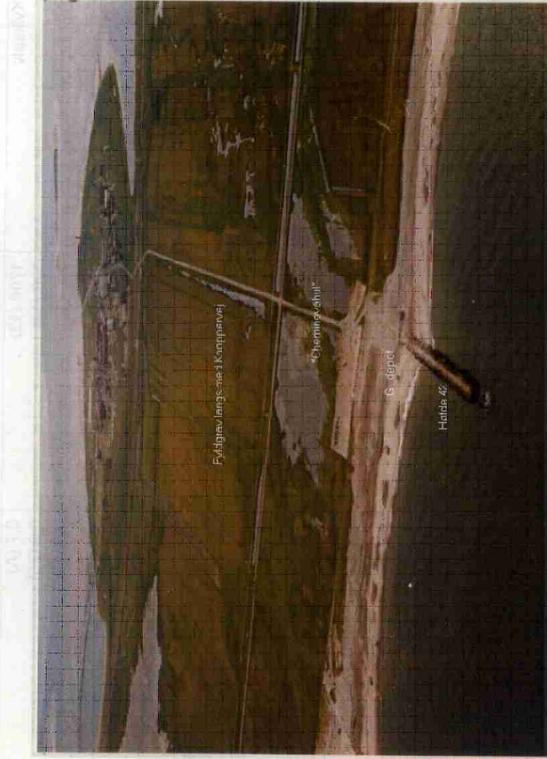
Resultaterne for anden analyserunde er vedlagt i bilag 4 sammen med angivelse af analysemetoder og detektionsgrænser.

De analyserede vandprøver har påvist koncentrationsniveau for en lang række af stoffer ved påviste hotspots. I den centrale del af resterne fra høfdedepotet er boring 12 og 14 mest belastede, mens den sydligere placerede boring 4 ligeledes er meget belastet. Boring 4 er placeret i et område, som formentligt har udgjort høfdedepotets sydlige afgrænsning. Denne del af depotet blev renset op i

1970'erne i forbindelse med, at Kystdirektoratet skulle forlænge hørde 42 mod øst.

Der er påvist et overraskende højt indhold af fosforholdige organiske forbindelser i den østlige del af "Cheminovahu" og i særdeleshed ved boring 25, som er placeret øst for den gamle landevej. I boringen er summen af fosfor i de påviste fosforholdige organiske forbindelser ca. 117 mg/l, hvilket er ca. 3 gange så højt som i boring 12 i den centrale del af hofdedepotet.

Der eksisterer i forvejen oplysninger om, at den gamle fyldgrav på den nordlige side af Knoppervej var forurenet, men undersøgelsen har vist, at delområdet er mere forurenet end ventet. Figur 15 viser et luftfoto af området set fra vest. På billedet ses henholdsvis i forgrunden "Cheminovahu" med "søerne" og i baggrunden den omtalte fyldgrav på nordsiden af Knoppervej. Fyldgraven blev fyldt op i forbindelse med afvægeforanstaltningen i 1988.



Figur 15 . Luftfoto af området set fra vest. På billedet ses henholdsvis i forgrunden "Cheminovahu" og i baggrunden den omtalte fyldgrav på nordsiden af Knoppervej.

En gennemgang af analyseresultaterne tydeliggør, at forurenings sammensætningen er markant forskellig for hver af de to delområder udgjort af området ved depotresterne og den vestlige del af "Cheminovahu" på den ene side og

området ved den østlige del af "Cheminovahullet" med de tilstedende østlige engarealer på den anden side.

At det generelt forholder sig således bliver klart, hvis boringerne indddeles efter placering, således at boring 4, 7, 12, 14 og D repræsenterer en primær påvirkning fra depotresterne på stranden og boring 25, A og B repræsenterer en primær påvirkning af en anden forureningsmæssig baggrund. En gennemgang af analyse-resultaterne viser nu, at for hver enkelt af de kemiske stoffer domineres de højeste værdier enten af boringer i det ene eller andet område. (Se tabel 6)

Tabel 6. Der er angivet de to højeste koncentrationer for de 8 vandprøver for udvalgte stoffer i hver af de to delområder. Værdierne er angivet i mikrogram/l og den efterfølgende parentes angiver borningsnummer. De 2 højeste værdier er fremhævet med fed.

Kemisk stof	Høfdepotet	Øst for "Cheminovahul"
	Boring 4, 7, 12, 14 og D	Boring 25, A og B
Kviksølv	1700 (12) 320 (14)	0,7 (A) 0,3 (25)
Dichlorprop	290 (12) 36 (4)	0,86 (25) 0,3 (A)
MMHCOOPS (MP1)	3000 (7) 3000 (4)	180.000 (25) 9000 (A)
Methyl-parathion	5300 (12) 1200 (14)	<2 i alle boringer
Ethyl-amino-parathion	2700 (4) 2600 (14)	80 (25) <10 (A) og (B)
Sum af 12 triestre	42.104 (12) 9076 (4)	480 (25) 47 (A)
Sum af disyre, MP2-syre og EP2-syre	68.000 (12) 29.900 (4)	375.000 (25) 97.000 (A)
4-nitroanisol	1400 (4) 1300 (14)	740 (25) <100 (A) og (B)
d_ETH-EP3	100.000 (12) 44.000 (4)	<100 i alle boringer
d-MET-MP3	31.000 (12) 9400 (4)	200 (25) <100 (A) og (B)

Den tydelige forskel i sammensætningen af de kemiske stoffer, som forekommer i hver af delområderne kan sandsynligvis forklares ved, at området ved høfdepotet er belastet af både henlagt fast affald og spildevand, mens den østlige del af "Cheminovahullet" samt området langs med Knoppervej er belastet på grund af tidligere tiders - primært i 1960'erne - brud på Cheminovas spildevandsledning.

Følgende forhold underbygger bl. a. en sådan sammenhæng:

- Stofferne MP1, MP2-syre, EP2-syre og disyre, som optræder i meget høje koncentrationer i boring 25, var tidligere væsentlige komponenter i spildevandet fra Cheminovas produktion;
- Der er meget lave indhold af ethyl- og methylparathion i boring 25, A og B, mens området ved depotresterne er meget belastet med parathioner. Parathion er en færdigvare, som må anses for at være bragt til høfden med affaldet og ikke som en bestanddel i spildevandet.
- Sofferne d-MET-MP3 og d-ETH-EP3, som forekommer i meget høje koncentrationer i boring 4 og 12, er nedbrydningsprodukter fra parathion.

7.3 Udvikling af forureningsgrad ved høfde 42

Foreningen hidhørende depotresterne på stranden har været udsat for gentagen udvaskning i forbindelse med mere ekstreme højvandsituationer, hvilket i nogen grad har resulteret i en udvaskning af stoffer - især de mere vandopløselige - til Vesterhavet. Endvidere har højvandsituationerne medført, at der sandsynligvis er ført forurening mod øst ind i området ved "Cheminovahullet".

I 1981 blev kemikalieaffaldsdepotet ved høfde 42 som allerede nævnt fjernet ned til kote ca. +0,9 m. Da oprydningen var afsluttet, blev det vurderet, at der var efterladt ca. 120 tons kemikalier i grundvandet under selve høfdepotet og forstrand. Den beregnede restforurening indeholdt ikke belastningen i dels havbunden ud for kysten og dels "Cheminovahullet".

Det rådgivende ingeniørfirma COWI udførte efter fjernelse af kemikalieaffaldsdepotet en forureningsundersøgelse i den centrale del af høfdepotet, hvor der i en række boringer blev udtaget og analyseret niveauspecifikke vandprøver. I 1988 udførte COWI en undersøgelse med henblik på at opstille mulige foranstaltninger til tørrholdelse af "Cheminovahullet". I sidstnævnte undersøgelse er etableret boringer umiddelbart øst og vest for havdiget og der er udtaget vandprøver fra to dybder.

I nedenstående tabel 7 er angivet koncentrationsniveau for udvalgte stoffer, som er påvist i forbindelse med de tidligere undersøgelser. Placering af boringer fra de tidligere undersøgelser er vist i bilag 8 og en samlet oversigt med analyseresultaterne fra 1981 og 1988 er vedlagt i bilag 9.

Tabel 7 angiver koncentrationsniveau for udvalgte stoffer, som er påvist i forbindelse med de tidligere undersøgelser. Alle koncentrationer er angivet i mikrogram/l undtagen P-difference, som er angivet i mg/l.

Resultater fra undersøgelse i 1981.

Boring	Placering i f. t. høfdepot	Udført i år	Prøvetagnings dybde	Koncentrationsniveau	Nærmeste boring (b)
10	Central	1981	+0,1/-0,9	Kviksølv: 1000/2700 Parathion: 20000/6200 PNF: 382000/184000 C-M-P(c): 22000/19000	8 og 12
13	Central	1981	-1,2	Kviksølv: 37.000 Parathion: 2500 PNF: 427.000 C-M-P(c): 62.000	12 og 14
16	Central	1981	-1,2	Kviksølv: 6000 Parathion: 130.000(a) PNF: 103.000 C-M-P(c): 24.000	6 og 8
19	Forstrand - altså mod vest	1981	-1,9	Kviksølv: 2000 Parathion: 2900 PNF: 296.000 C-M-P(c): 24.000	12
20	Forstrand - altså mod vest	1981	-2/-3	Kviksølv: 2000/5000 Parathion: 3700/348.000(a) PNF: i.p./114.000 C-M-P(c): ip/55.000	9 og 12

Resultater fra undersøgelse i 1988.

Boring	Placering i f. t. høfdepot	Udført i år	Prøvetagnings dybde	Koncentrationsniveau	Nærmeste boring (b)
1	Øst for havgige	1988	0 til -0,25/-2 til -2,25	Kviksølv: 1.4/3,1 Phenol: 7800/2600 P-difference: 39/0,4	C
2	Øst for havgige	1988	0 til -0,25/-2 til -2,25	Kviksølv: 1,4/17 Phenol: 6000/40 P-difference: 24/0	7
3	Øst for havgige	1988	0 til -0,25/-2 til -2,25	Kviksølv: 100/10 Phenol: 90/10 P-difference: 2,7/2	D
4	Øst for havgige	1988	-2 til -2,25	Kviksølv: 1,1 Phenol: 10 P-difference: 0,4	E
5	Øst for havgige	1988	-2 til -2,25	Kviksølv: 0,8 Phenol: 100 P-difference: 1	19
6	Vest for havgige	1988	0 til -0,25	Kviksølv: 0,4 P-difference: 4	4

7	Vest for havdige	1988	0 til -0,25	Phenol: P-difference: 60 0,4	60 0,4
				Kviksølv: Phenol: P-difference: <10 0,96	45 <10 0,96
8	Vest for havdige	1988	0 til -0,25	Kviksølv: Phenol: P-difference: 24 10 0,1	24 10 0,1

(a) Pågående analyse har et kemikalieindhold over mætningskoncentrationen i vand. Dette skyldes sandsynligvis opstemmet materiale i prøven.

(b) Boring(er) etableret i 2000. Skal tages med forbehold, idet placering af de gamle borerings af COWI er usikker.

(c) CH-M-P svarer til 4-chlor-2-methylphenol.

En sammenligning af analyseresultaterne skal ses på baggrund af, at prøverne fra 1981 er udtaget niveauspecifikt fra dybder, hvor grundvandet var mest påvirket, mens prøverne fra 2000 er udtaget over et filterinterval på 2 til 3 m. Vandprøverne fra 1988 er udtaget over et filterinterval på ca. 0,25 m.

Udvikling i den centrale del af hoveddepotet fra 1981 til 2000

En sammenligning mellem analyseresultater fra nærværende undersøgelse (bilag 4) med ovenstående værdier indikerer, at belastningen som forventet er aftaget i perioden 1981-2000. Især er værdierne for fx PNF, 4-chlor-2-methylphenol og parathion aftaget så meget, at det ikke kan forklares ved forskellige udtagningsintervaller, jvf. de forskellige filterlængder af borerne.

I analyserne fra 2000 er der påvist meget høje indhold af d-ETH-EP-3 og d-MET-MP-3 i den centrale del af området. Der blev ikke analyseret herfor i 1981. Disse stoffer er nedbrydningsprodukter af parathion. Det vil sige, at det for parathion kan være svært at vurdere, hvor meget af stoffer der henholdsvis er udvasket eller nedbrudt i perioden 1981-2000.

Udvikling ved havdiget og "Cheminovahuilet" fra 1988 til 2000

Analysedata fra henholdsvis 1988 og 2000 er det kun muligt at sammenligne for af stofferne kviksølv, phenol og P-difference. Det fremgår af de respektive værdier, at indholdene af kviksølv og phenol tilsyneladende er aftaget, mens værdierne for P-differencen generelt er stedet. P-differencen er som tidligere nævnt et udtryk for indhold af fosforholdige organiske forbindelser. Det er således ikke muligt fremlægge en entydig konklusion af, hvorvidt belastningen ved havdiget og den vestlige del af "Cheminovahuilet" er aftaget.

tilstødende engarealer. Lervoldene er som tidligere nævnt ført ca. 0,5 m under det oprindelige terræn.

Boreprofiler og pejledata antyder, at der ikke forekommer Ø-V orienterede erosionsrender i det undersøgte område, hvori der efterfølgende er aflejret grovere materiale. Lignende render er observeret syd for undersøgelsesområdet og en sådan rende kunne lokalt have virket styrende for afstrømningsforholdene, idet den øger den hydrauliske kontakt til Vesterhavet.

Forureningens udbredelse og styrke

Undersøgelsen har identificeret hotspots og kildestyrker i grundvandet, som er påvirket af resterne af kemikalieaffaldsdepotet ved hørde 42. Forureningen har en større geografisk udbredelse end først antaget og udbredelsen er således ikke afgrænset mod syd. Der er dog ikke grund til at antage, at området mod syd er lige så belastet som de centrale dele af det tidligere hørdedepot.

Forureningen af grundvandet i den centrale del af depotresterne er tydeligvis aftaget siden 1981, men det terrænnære grundvand er stadigvæk stærkt påvirket af de kemiske stoffer.

Den vestlige del af "Cheminovahullet" er forurenset ved en grundvandsbåren spredning af forureningen på stranden. Størstedelen af forureningen skyldes sandsynligvis indtrængende grundvand og havvand fra hørdedepotet i perioden fra 1953 til 1981, hvor depotet blev delvis fjernet. En sammenligning med analyseresultater fra 1988 indikerer, at forureningsgraden ikke har ændret sig i de sidste 12 år.

I den østlige del af "Cheminovahullet" og de tilstødende engarealer er der påvist et uventet højt indhold af fosforholdige organiske forbindelser. Især er området øst for "Cheminovahullet" ved boring 25 meget belastet. Forureningen er ikke afgrænset mod øst, hvor det på grundlag af historiske data kan forventes at være forurenset.

Effekten af den igangværende afværgeforanstaltning

Undersøgelsen indikerer, at den igangværende afværgeindsats ved "Cheminovahullet" ikke fungerer optimalt. Det skyldes primært, at følgende antagelser, som det rådgivende ingeniørfirma lagde til grund for dimensioneringen, ikke er opfyldt:

- at indsivningen af grundvand til "Cheminovahullet", herunder fra havsiden, udgør kun en lille mængde;

- at størstedelen af den vandmængde der tilføres "Cheminovahullet" stammer fra nedbøren;
- at en pumpeydelse på det afskærende dræn på 3 m³ per time vil give en tilstrækkelig sikkerhed for, at forurenset vand fra forstranden ikke presses op og ind gennem havdiget ved højvande.

Grundlæggende er der ved udarbejdelse af antagelserne ikke i tilstrækkeligt omfang taget højde for de mere ekstreme højvandsituationer, hvor havvand er skyllet ind over forstranden og har presset et stort volumen af grundvand tilbage mod øst igennem den hævede strand og havdiget.

I nogle situationer har det afskærende dræn således ikke været istand til at hindre indsviwing til "Cheminovahullet". Det indtrængende grundvand kan i lange perioder stå væsentligt højere end kote +1,1, som svarer til dybden af de overfladenære drænrør. Når det indtrængende vand når frem til drænrørene, kan de Ø-V orienterede rør "lede" grundvandet relativt hurtigt mod øst. Dette forhold menes at være observeret i forbindelse med stormen d. 30/10-00.

Udformningen af den aktive del af afværgeforanstaltningen med oppumpning af grundvand fra de drænsystemer bør grundlæggende ændres, så den i højere grad tilpasses den hydrogeologiske såvel som den forureningsmæssige situation i området.

9 Videregående undersøgelse

Undersøgelsen ved høfde 42 og "Cheminovahullet" har leveret mange nye og nyttige oplysninger, når forureningssituationen i området skal vurderes mere helhedsorienteret i forhold til eventuel påvirkning af miljøet i Vesterhavet, Knopperenge samt Thyborøn og Harbøre fjerne. Der er imidlertid behov for at fortsætte undersøgelsesaktiviteterne i området med henblik på at få besvaret en række spørgsmål, som her de præsenterede resultater har givet anledning til. I det følgende vil de planlagte aktiviteter i området blive præsenteret.

Aktiviteter på stranden

Udgangspunktet for undersøgelsen har været at afdække om udsivning fra depotresterne kan give anledning til uacceptable miljøforhold i Vesterhavet. I forbindelse med undersøgelsen har det vist sig hensigtsmæssigt at inddrage "Cheminovahullet" såvel som tilstødende engarealer for at kunne opstille den nødvendige hydrogeologiske model samt kortlægge forureningsudbredelsen.

Den udvidede undersøgelse, hvis arbejde og resultater er præsenteret i nærværende rapport, dokumenterer ikke, hvorvidt udsivningen fra depotresterne kan give anledning til en miljømæssig uacceptabel belastning af Vesterhavet. Istedet har undersøgelsen identificeret de kritiske situationer, hvor der forekommer en øget udvaskning af forurenende grundvand til Vesterhavet.

I forbindelse med en videregående undersøgelse i området skal en fortsat monitoring af afstrømningssituationen sikre, at der udtages vandprøver på forstrand og havstok på de "rigtige" tidspunkter. Derudover skal omfanget af udsivning kvantificeres ved hjælp af hydrogeologisk modelarbejde, så den samlede belastning kan beregnes. Den resulterende belastning skal derefter sammenholdes med toksikologiske data for de relevante kemiske stoffer med henblik på at vurdere om belastningen er uacceptabel for miljøet.

I den centrale del af det tidligere høfdeepot etableres to filtersatte boreriger til udtagning af niveauspecifikke vandprøver ved identificeret hotspot. Boringerne skal klarlægge, hvorledes forureningen findes vertikalt. Der skal analyseres for en række "indikatorstoffer", som er relateret til Cheminova samt en række stoffer som er relateret til Landbrugsministeriets deponering af bekæmpelsesmidler. Sidstnævnte vil inddrage blandt andet omfatte DDT, DDE, DDD, arsenik og Arsen. Boringerne skal endvidere inddrages i den hydrogeologiske monitoring.

Etablering af to til tre filtersatte boreriger med henblik på at afgrænse forureningen syd for boring 4, hvilket svarer til området syd for høfde 42. Der skal i første omgang alene analyseres for total fosfor og ortofosfat.

Der skal installeres et yderligere antal dataloggere i området med henblik på at levere data om afstrømningsforholdene. Disse data vil øge kendskabet til forholdene i området og kan inddrages i det kommende hydrogeologiske modelarbejde, der skal vurdere omfang af udsivning til Vesterhavet i forskellige tidevandssituationer og vindforhold.

Der skal udarbejdes en oversigt med økotoxikologiske data for relevante stoffer, som kan udvaskes til Vesterhavet.

Aktiviteter ved "Cheminovahullet" og tilstødende engarealer

Beliggenheden af den tidligere fyldgrav langs med Knoppervej skal kortlægges sammen med den nu opfyldte N-S orienterede grøft, som har været koblet på fyldgraven.

Forureningen relateret til den østlige del af "Cheminovahullet" og fyldgraven langs med Knoppervej skal afgrænses ved hjælp af ca. 9 korte filtersatte boringer. I første omgang skal der analyseres for total fosfor og ortofosfat med henblik på at vurdere indhold af fosforholdige organiske forbindelser. Den eventuelle forureningsudbredelse skal følges mod SØ, Ø og NV indtil den er afgrænset.

Der skal udtages prøver af vandet i de to fyldgrave øst for "Cheminovahullet". I første omgang skal der alene analyseres for total fosfor og ortofosfat med henblik på at vurdere indhold af fosforholdige organiske forbindelser. Hvis søvandet er påvirket kan det overvejes at udtage et par sedimentprøver fra bunden til analyse for total fosfor og ortofosfat samt kviksølv.

Afgræsning af forureningen nord for "Cheminovahullet" (boring 24) ved etablering af en til filtersatte boringer. I første omgang skal der alene analyseres for total fosfor og ortofosfat med henblik på at vurdere indhold af fosforholdige organiske forbindelser.

Litteraturliste

- /1/ Undersøgelse af Cheminova's kemikalieaffaldsdepot ved hørde 42 på Harboøre Tange, VKI, udarbejdet for Miljøstyrelsen i 1981
- /2/ Fjernelse af kemikalieaffaldsdepot ved hørde 42 på Harboøre Tange, COWI, udarbejdet for Miljøstyrelsen i 1981
- /3/ Geologisk model for Rønland, Delrapport 1, Lars Elkjær, 1985
- /4/ Istiden i Dk, Michael Houmark og Steen Sjørring, 1991
- /5/ Late Weichselian and Holocene marine transgression in northern Jutland, Denmark, 1985/6
- /6/ Undersøgelse af foranstaltninger til tørrholdelse af Cheminovahullet, COWI, udarbejdet for Ringkjøbing Amt i 1987
- /7/ Afhjælpning af forureningen i engarealerne øst for hørde 42 - "Cheminova hullet", Ringkjøbing Amtskommune, 1984
- /8/ Vestkysten 1998, Kystdirektoratet, Lemvig
- /9/ Geofysisk kortlægning af Vestkysten. Regionalgeologisk tolkning af kystzonen mellem Lodberg og Nymindegab, GEUS, 1999, udført for Kystdirektoratet i 1998 og 1999
- /10/ Vandvindings- og vandforsyningsplanlægning. Statusrapport. Den Kommunale/Amtskommunale teknikergruppe. Juni 1981
- /11/ Liste over kemiske stoffer fundet på og omkring Cheminova, marts 1984, Amtsvandinspektøren, Ringkjøbing Amtskommune.