

## PRÆSENTATION AF OPRENSNINGSLØSNING HØFDE 42, JANUAR 2009

*Giftdepotet ved Høfde 42 er forurenat med 100 forskellige stoffer, herunder 170 tons parathion. Dette stof – også kendt som bladn – er et af de mest giftige sprøjtemidler og forbudt i hele EU. Gennem et målrettet opklaringsarbejde over de sidste 8 år er forureningen nu kortlagt, udsivning er midlertidig standset og en løsning til oprensning af depotet er udvalgt og skitseret.*

*Formålet med dette skrift er at præsentere den valgte oprensningsløsning, så der kan tages politisk stilling til det videre arbejde. Med dette formål for øje beskrives løsningen og dens styrker og usikkerheder. Endvidere angives en overordnet tidsplan for oprensningen.*

### Baggrund

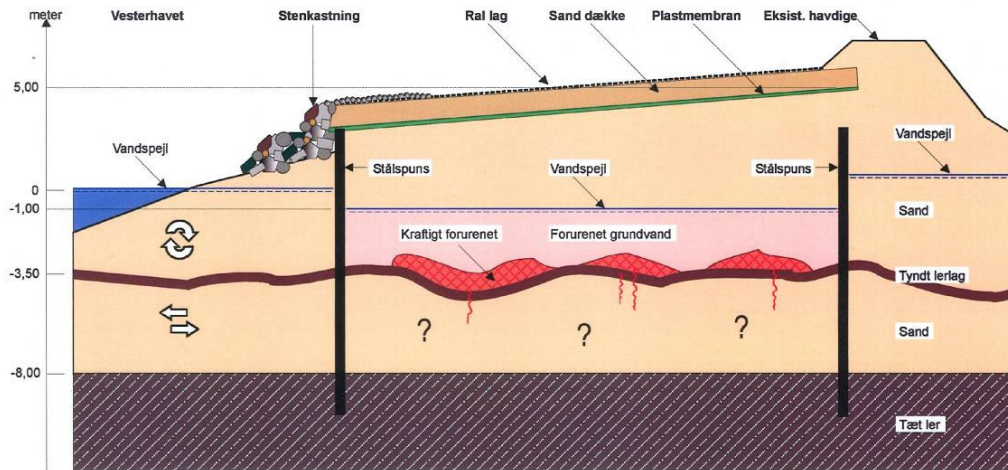
Efter årtier med udsivning af forurening til Vesterhavet, blev depotet ved Høfde 42 indkapslet med en stålspons og topmembran i 2006. Ved en kontinuerlig oppumpning af en lille mængde grundvand fra depotet bliver vandspejlet inde i depotet holdt under havets niveau. Hermed forhindres forurenat vand i at sive ud af depotet til det omgivende miljø via eventuelle utætheder i indkapslingen.



*Foto 1 & 2. I 2006 blev et areal på 20.000 m<sup>2</sup> indkapslet med en 10 mm tyk stålspons (t.v.) til 14 meters dybde. For at forlænge dens levetid er spunsen katodebeskyttet og coatet på den indvendige side. Depotet blev tildækket af en topmembran af plast (t.h.) til at forhindre nedsivning af regnvand.*

Formålet med indkapslingen er at forhindre yderligere udsivning af kemikalier fra depotet til Vesterhavet og dermed vinde tid til at finde, afprøve og gennemføre en egentlig oprensning. Indkapslingen er derfor ikke en oprensning i sig selv, men en midlertidig foranstaltning, der effektivt afskærer forureningen fra miljøet. Med tiden vil tæring medføre at spunsen bliver utæt, hvorefter forurening – såfremt den ikke oprenses - igen vil kunne spredes i miljøet. Ekspertene har vurderet at spunsen har en levetid på minimum 15 år.

Figur 1 viser et principsnit over depotet som det fremstår i dag. Den kraftigste forurening befinder sig umiddelbart over et tyndt lag silt, der ligger 3-4 meter under havets niveau.



Figur 1. Dette øst-vest principsnit af depotet. Her ses den lodrette stålspuns og topmembranen, der hælder ned mod Vesterhavet. Tegningen viser et vandspejl, der ved hjælp af oppumpning er lavere inde i depotet end udenfor. Ved utætheder vil vand sive ind i depotet og ikke ud.

I 2006 udførte Ringkjøbing Amt en systematisk vurdering af potentielt anvendelige afværgeteknologier. I alt blev seks forskellige teknologier undersøgt af hver deres rådgivende ingeniørfirma eller institut. En oversigt over de undersøgte teknologier ses i tabellen nedenfor. På basis af resultater fra gennemgangen blev basisk hydrolyse i kombination med biologisk nedbrydning udvalgt som den mest lovende oprensingsløsning.

| Teknologi             | Effektivitet | Anslået pris (i mill. DKK) |
|-----------------------|--------------|----------------------------|
| Biologisk nedbrydning | mellem       | 22                         |
| Basisk hydrolyse      | mellem       | 25                         |
| Kemisk oxidation      | mellem       | 67                         |
| Nul-valent jern       | mellem       | 64-80                      |
| Termisk oprensning    | høj          | 110                        |
| Afgravning            | høj          | 152-709                    |

Tabel 1. Oversigt over de afprøvede afværgeteknologier.

I 2007 og 2008 er basisk hydrolyse og biologisk nedbrydning blevet undersøgt nærmere ved undersøgelser i laboratorium og ved feltforsøg. På grundlag af de opnåede resultater er en fuldskala oprensingsløsning bestående af en kombination af disse to metoder nu skitseret. I det følgende beskrives denne løsning samt dens styrker og svagheder.

## Beskrivelse af løsningen

Indledningsvis forklares de to termer ”basisk hydrolyse” og biologisk nedbrydning”. Derefter beskrives hvorledes disse metoder indgår i den valgte løsning.

### **Basisk hydrolyse**

*Basisk hydrolyse er en kemisk reaktion, hvor en base som natronlud (NaOH), angriber et stof, som spaltes i to mindre stoffer (hydrolyseprodukter). Netop organofosfor pesticider som parathion er kendt for let at kunne hydrolyseres med base. Faktisk sker reaktionen så hurtigt, at landmænd anbefales ikke at blande parathion op i sprøjtetanken og lad det stå natten over inden udsprøjtning, da det kan miste sin virkning.*

*Basisk hydrolyse spalter parathion i to velkendte hydrolyseprodukter, der kendes som EP2-syre og para-nitrofenol (PNF). Hydrolyseprodukterne er ikke nær så giftige som parathion. I modsætning til parathion, der binder sig stærk til jorden er hydrolyseprodukterne vandopløselige. Derfor kan hydrolyseprodukterne lettere fjernes fra depotet ved oppumpning.*

### **Biologisk nedbrydning**

*Biologisk nedbrydning er en proces, hvor et stof omdannes ved hjælp af mikroorganismer. Den mest effektive nedbrydning sker under aerobe forhold, dvs. med ilt. Nedbrydning af forurening kræver tilstedeværelse af et helt konsortium af forskellige mikroorganismer frem for en enkelt art. Ved gamle jordforureninger, kan der ofte findes mikroorganismer i jorden, der gennem årene er tilpasset til at leve af forureningen.*

*Parathion nedbrydes forholdsvis let under aerobe forhold. Stoffet nedbrydes via en række mellemprodukter til kuldioxid og vand, samt saltene fosfat, sulfat og nitrat. Biologisk nedbrydning kan hæmmes af høje forureningskoncentrationer samt sure forhold, som begge findes ved Høfde 42. Derfor er biologisk nedbrydning mest egnet efter en forudgående rensning med basisk hydrolyse.*

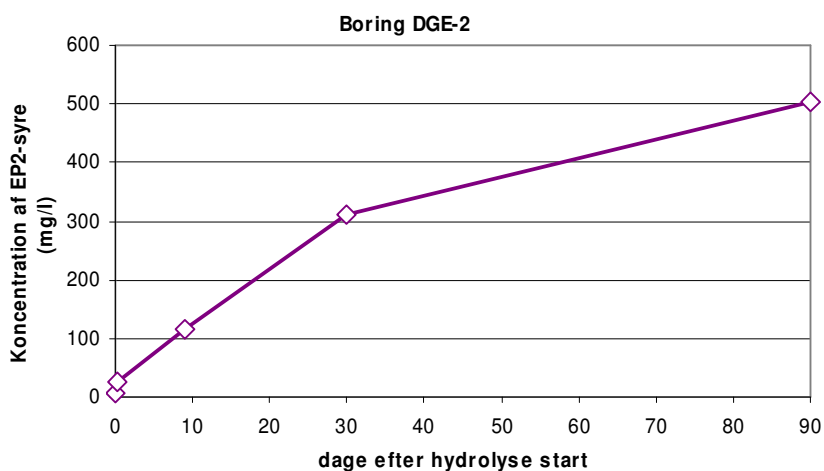
Den valgte løsning er en såkaldt in-situ løsning. Hermed menes, at forureningen behandles nede i jorden, hvor den forekommer. Dette står i kontrast til fx den bortgravningssløsning, der blev gennemført i 1981. Her blev en del forureningen ved Høfde 42 gravet op, fyldt i tønder og transporteret til Tyskland.

De to afværgetoder planlægges anvendt i forlængelse af hinanden. Den aggressive basiske hydrolyse skal angribe den kraftige forurening og fjerne den største del. Herefter skal biologisk nedbrydning fjerne restforureningen. Den biologiske nedbrydning vil kunne fortsætte med at virke mod forureningsrester, også længe efter at den officielle afværgeforanstaltning er afsluttet.

Den valgte oprensningsløsning er gjort muligt af den tætte spunsvæg. Spunsen gør, at man kan indlede løsningen med at tømme depotet for alt grundvand ned til tynde siltlag vist i principsnittet i Figur 1. Depotet opfyldes derefter med natronlud, således at pH-værdien stiger til ca. 12. Herefter skal depotet hvile i en periode, således at den ønskede basiske hydrolyse får mulighed for at foregå.



Foto 3 & 4. Til venstre ses dunke med natronlud i forgrunden og borebil i baggrunden. Borebilen udfører en boring til at infiltrere luden i. Til højre ses grundvandsprøver, der viser at der er dannet hydrolyseprodukter med flotte farver allerede få timer efter infiltration af lud.



Figur 2. Kurven viser dannelsen af hydrolyseproduktet EP2-syre i grundvandet udtaget fra den mest forurenede zone i forbindelse med et feltforsøg indenfor spunsen.

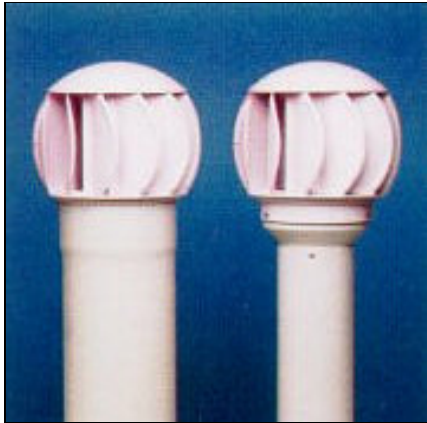
Herefter kan disse tre trin gentages, som skitseret på Figur 3. Dog er parathion i jorden nu blevet spaltet, således at det grundvand, der tømmes fra depotet er nu fyldt med hydrolyseprodukter. Derfor skal vandet renses i et specielt renseanlæg, der blandt andre inkluderer processerne neutralisering, fældning, biologisk rensning og klaring.

Rensning af det oppumpede grundvand vil enten forgå i et midlertidigt biologisk rensningsanlæg ved Høfde 42 eller i Cheminovas biologiske rensningsanlæg.

Efter 3-4 gentagelser med basiske hydrolyse skal depotet neutraliseres for at forberede det til at modtage bakterier, der kan nedbryde restforureningen. Bakterier, der er opformeret i laboratoriet tilsættes depotet. Det sker i praksis ved at depotet fyldes igen med vand, hvor de

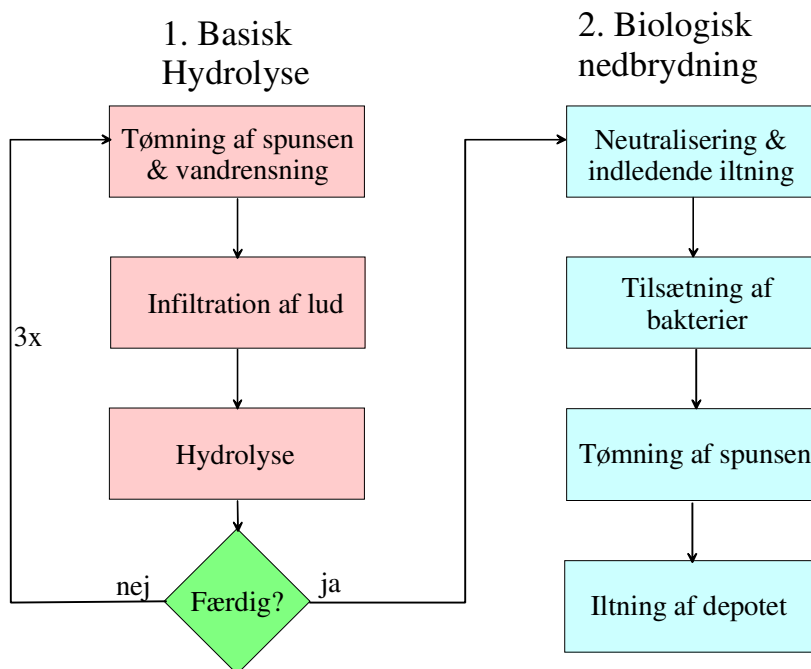
opformerede bakterier er tilsat. Laboratorieforsøg har vist, at bakterier udtaget fra Cheminovas rensesanlæg godt kan leve og opformeres i forurenede jord.

Herefter skal depotet iltes kontinuerlig for at sikre aerobe forhold til bakterierne. Iltning af depotet er planlagt udført som en ventilation. Hermed tømmes depotet for vand og almindelig atmosfærisk luft cirkuleres i jordens porerum. De blæsende forhold på Høfde 42 kan udnyttes ved at anvende vindturbiner monteret på borer til at suge iltfattig luft ud af depotet. Iltning af depotet sker når luften erstattes af iltig luft, der suges ned i depotet fra atmosfæren.



Figur 3. Vindturbiner monteret på borer kan sikre iltning af depotet.

Figur 4 viser en oversigt over de enkelte trin i den valgte løsning. Som det ses behandles depotet med natronlud flere gange, hvorefter biologisk nedbrydning iværksættes.



Figur 4. Flowdiagram af de overordnede trin i den kombinerede oprenningsløsning.

## Løsningens styrker

Den valgte løsning er baseret på en række overordnede styrker. De vigtigste af disse beskrives kort nedenfor.

*Veldokumenterede reaktioner:* Nedbrydning af organofosfor-forbindelser ved hjælp af basisk hydrolyse kombineret med biologisk rensning er veldokumenterede kemiske reaktioner og biologiske processer der dagligt praktiseres i Cheminovas rensningsanlæg. Men at få de selvsamme processer til at virke in situ, under jorden og i grundvandet på Høfde 42 er en helt ny og ikke tidligere anvendt teknologi til forureningsoprensning. Resultater af pilotforsøg i felten viser at metoden også virker in situ.

*Prisbilligt:* I forhold til andre muligheder man har for at oprense forureningen ved Høfde 42 er den valgte løsning prisbillig.

*Godt arbejdsmiljø:* Der findes flere eksempler, hvor en afværgeforanstaltning har medført en voldsom eksponering af miljøet og dem, der arbejder med projektet. Ved den valgte løsning medfører hydrolysen en kraftig reduktion af forureningens giftighed allerede under jorden, hvorved kontaktrisikoen minimeres.

*Lavt energiforbrug:* Løsningen kræver ikke et stort energiforbrug. Grundvandet pumpes stille og roligt rundt i systemet med et flow, der svarer til ydelsen af få små campingpumper. Det overvejes tillige om den ventilationen af depotet der skal foregå i mange år, kan udføres passivt ved hjælp af vindenergi. Hermed er den valgte løsning forholdsvis ”grøn”.

## Usikkerheder ved løsning

Som ved alle komplicerede afværgeprojekter, hvor nye metoder tages i brug er der elementer, der potentielt kan true projektets succes. For at kunne bedømme projektets troværdighed er det derfor vigtigt at identificere og vurdere disse potentielle problemer. Det er planlagt at videreudvikle løsningen i den kommende tid således betydende usikkerheder bliver afklaret inden anlægsarbejde igangsættes. De vigtigste potentielle problemer omtales nedenfor.

*Kontakt til forureningen:* For at basisk hydrolyse kan lykkes, skal der skabes nærkontakt mellem natronluden og forureningen. Denne kontaktudfordring er velkendt i mange afværgeteknologier. Problemerne er størst i finkornede materialer (lerlag) samt i områder, hvor massiv forurening har lukket porerne i en form for fri fase eller ligefrem slam. I den øverste del af depotet forventes der ikke kontaktproblemer mellem lud og forurening. I den nederste del af depotet lige over siltlaget, hvor størstedelen af forureningen befinder sig, vil det være vanskeligere at sikre kontakt mellem lud og forureningen. Der planlægges afprøvet metodeforbedringer, med det formål at opnå optimal kontakt mellem lud og forurening og dermed sikre en høj oprensningseffektivitet i depotet.

*Udspredding af overlevelse af bakterier:* Forsøg har vist at hovedparten af de bakterier der i dag findes i depotet dør ved den hårde behandling med natronlud. Det medfører et behov for at etablere bakterier ved tilsætning af et særligt velegnet blandingskultur, der er i stand til at nedbryde forureningsresterne. Bakterierne indsamles fra en kilde ved lokaliteten og opformeres i laboratoriet. I Danmark er der begrænsede erfaringer med udspredding af bakterier på forurenede lokaliteter. Derfor er der en vis usikkerhed omkring transport af bakterierne i undergrunden (udspredding) samt bakteriernes evne til at opformeres, når de først er spredt. Projektet planlægger videreudvikling og forskning på dette område.

Herudover er der en række udfordringer, der kræver stor opmærksomhed men vurderes ikke som sådan at være projektrisici. Disse inkluderer:

- Nøjagtige driftsbetingelser for et midlertidigt rensesanlægget, hvis man vælger at etablere et sådan anlæg frem for at anvende Cheminovas rensningsanlæg.
- Diverse driftsudfordringer, herunder risiko for tilstopning af borer og slid på mekaniske dele som følge af udfældning af silikat.
- Identifikation og opformering de mest egnede bakterier til in-situ biologisk oprensning. Denne opgave er kun netop påbegyndt, men der findes flere gode kilder til bakterierne og opdyrkningsmetoder er velkendte.

## Tidsplan

En overordnet tidsplan for oprensningen vises i Figur 5. Overordnet kan tidsforløbet opdeles i tre faser, videreudvikling, anlæg og drift.

I perioden 2009 – 2011 videreudvikles oprensningsmetoden med henblik på belysning af de forudsætninger, der endnu mangler før den endelige dimensionering og beslutning om igangsætning af fuldskalaoprensning. I denne periode søges også om de nødvendige tilladelser for at projektet kan realiseres. I 2011-2012 fastlægges udbudsform, og fuldskalaprojektet udbydes. Der forhandles med entreprenør/rådgiver og der skrives kontrakt.

Anlægsfasen består af anstilling af byggepladsen, udførsel af borer, opførelse af skurby, opbygning af eventuel rensesanlæg, diverse tanke og pumpestationer.

Drift indledes med 3-4 år til basisk hydrolyse. I den sidste del af denne periode forberedes biologisk nedbrydning ved at opformere de bakterier, der skal tilsættes depotet. Når depotet er færdig hydrolyseret, neutraliseret og iltet tilsættes bakterier. Herefter kommer et ca. 10 års periode, med iltning af depotet og biologisk nedbrydning.

|  | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | ... | 2026 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| <b>Videreudvikling af oprensningsmetoden</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
| <b>Anlæg</b>                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
| <b>Drift</b>                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
| -basisk hydrolyse                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
| -biologisk nedbrydning                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |

Figur 5. Tidsplan