

Region Midtjylland

# Bilag 1

*(De 4 løsningsmodeller)*

- *Fremtidig håndtering af forureningen ved Høfde 42*

## **Indhold**

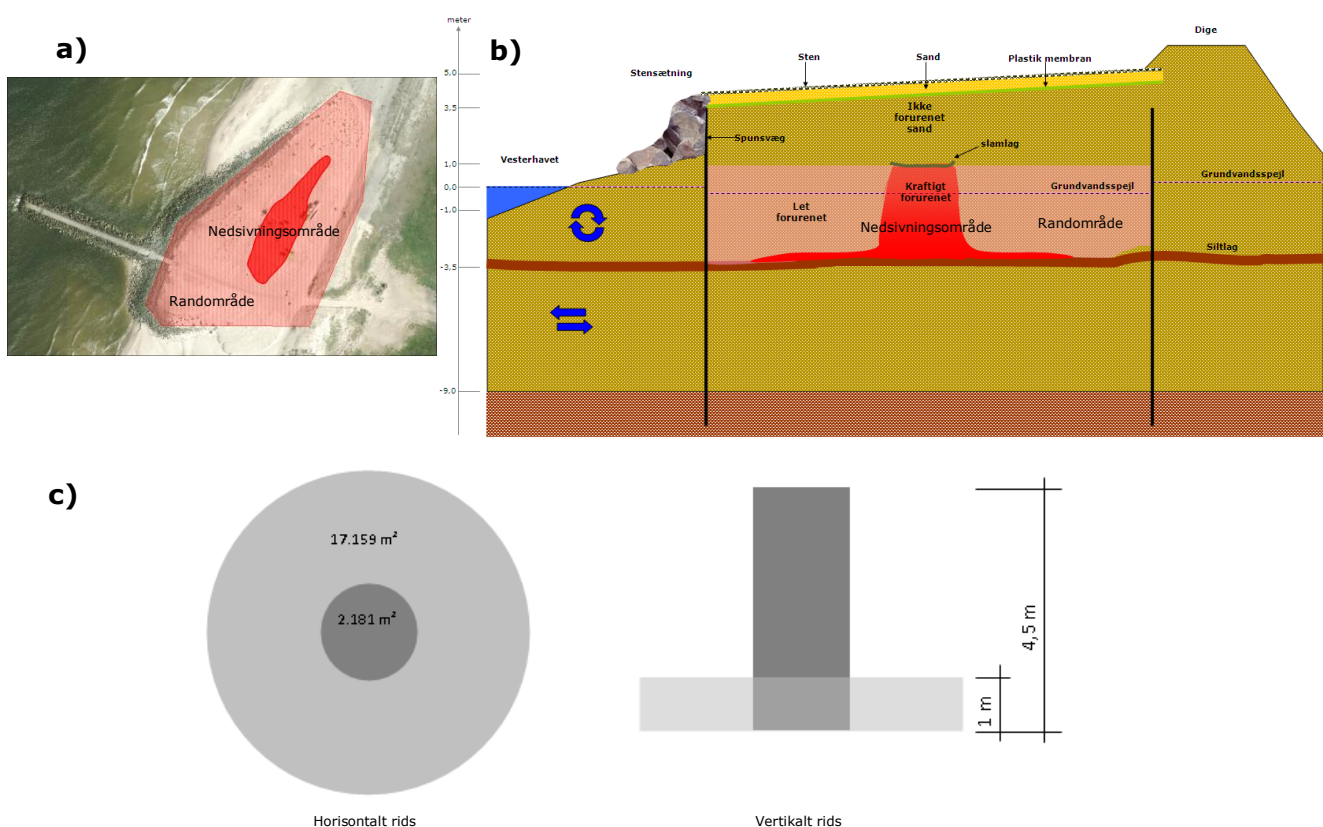
1. *In situ* basisk hydrolyse side 1-6
  2. Termisk oprensning (dampstripping) side 7-14
  3. Afgravning og termisk behandling *ex situ* side 15-26
  4. Fortsat indkapsling side 27-30
-

# Høfde 42 - Afværgeløsning: *In situ* basisk hydrolyse

Dette notat skal anskueliggøre afværgeløsningen med *in situ* basisk hydrolyse, hvordan den kan gennemføres, hvilke praktiske tiltag der skal til, hvad kræves før opstart mv. Derudover vil der fremgå overslag på forventet tidsforbrug, effektivitet og økonomi. De forudsætninger der ligger til grund for den beskrevne løsning vil blive fremhævet og risici samt usikkerheder forbundet med løsningen vil blive vurderet.

## Indsatsområde for oprensning

En fuldskala oprensning af Høfde 42 med metoden *in situ* basisk hydrolyse udføres i de kraftigst forurenede områder af depotet inden for det indspunsede område på knap 20.000 m<sup>2</sup>. Afværgeområderne inkluderer "nedsivningsområdet", der strækker sig over 4,5 m i dybden (fra kote +1 til kote -3,5) og den kraftigst forurenede del af "randområdet", som er vurderet til at have en vertikal udstrækning på ca. 1,0 m (fra kote -2,5 til kote -3,5). For at kunne behandle de to områder hver for sig, adskilles områderne med en jernspuns, der nedrammes rundt om nedsivningsområdet, inden oprensningen iværksættes.



**Figur 1: a) Afgrænsning af nedsivningsområde og randområde. b) tværsnit af depotet c) arealer og dybder af nedsivningsområde og randområde. Indsatsområdet er det kraftigst forurenede område i nedsivnings- og randområdet (markeret med rødt på tegning b).**

Over nedsivningsområdet findes et højforurenede "slamlag", som er ca. 30 cm tykt. Det vurderes, at slamlagets karakter og høje indhold af forurening gør det uegnet til oprensning med

basisk hydrolyse. Slamlaget afgraves derfor og sendes til forbrænding ved NORD i Nyborg, inden basisk hydrolyse iværksættes. Randområdet har desuden et større areal som er let forurenet. De forskellige afværgeområder og deres horisontale og vertikale udstrækning er illustreret på Figur 1.

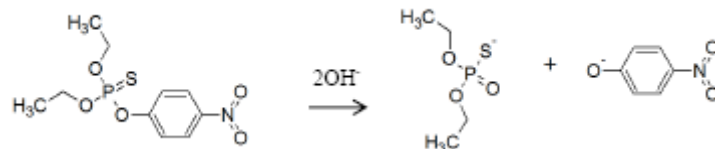
## Beskrivelse (teknisk)

Denne løsning omfatter kemisk assisteret oprensning af forureningen ved Høfde 42, bestående af to adskilte trin: 1) *In situ*: delvis nedbrydning af forureningen i jorden på Høfde 42 ved gentagne behandlinger med en vandig lud(NaOH)-opløsning (pH13), herefter 2) *ex situ*: NaOH opløsningen indeholdende den nedbrudte forurening pumpes op og ledes til rensning i Cheminovas biologiske rensningsanlæg jf. Figur 2.

## Kemien bag konceptet

*In situ* basisk hydrolyse baserer sig på teorien om, at de hydrofobe organofosfat pesticider ethyl-parathion, methyl-parathion, sulfotep og malathion o.l., hydrolyserer til vandopløselige hydrolyseprodukter, ved høj pH. De vandopløselige stoffer pumpes med grundvandet op og renses. Ved gentagne behandlinger, fjernes giftstofferne gradvist fra jorden.

I høfdedepotet er ethyl-parathion den væsentligste forureningskomponent og basisk hydrolyse af dette stof medfører dannelse af diester fosforsyre (EP2 syre) og para-nitrophenol (PNF).



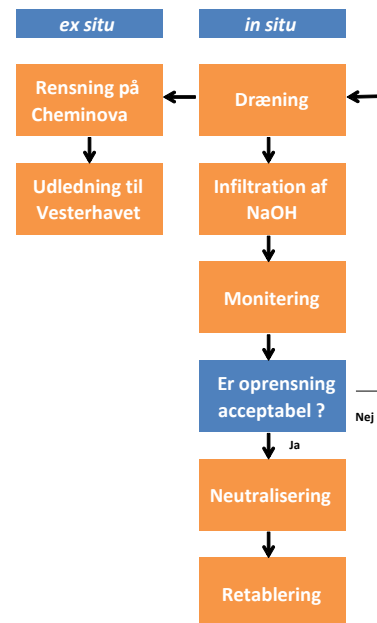
Figur 3: Hydrolyse af parathion til diester fosforsyre (EP2 syre) og para-nitrophenol (PNF)

Det meste af kviksølvet i høfdedepotet er hårdt bundet til sedimentet og det forventes, at kun 10-20% af kviksølvet, vil blive fjernet ved behandlingen med basisk hydrolyse.

## Ludbehandling – basisk hydrolyse

Den basiske hydrolyse gennemføres ved indledningsvist at dræne de to indsatsområder (nedsivningsområdet og randområdet). Efter dræning, hvilket forventes at tage 1-2 mdr., infiltreres en opløsning af NaOH, (pH 13) til ca. 0,5 m over ønsket oprensningsdybde. Denne infiltration forventes ligeledes at tage ca. 1-2 mdr. Efter infiltration udføres en indledende opblanding i nedsivningsområdet ved at recirkulere NaOH-opløsningen inden for området. Herved tilstræbes at pH hæves til >12 i hele oprensningsdybden.

Den basiske hydrolyse får derefter lov til at pågå igennem en periode (cyklus), hvor der monitoreres på forløbet. Varigheden af de enkelte cyklusser (behandlingsperioder) forventes at være i størrelsesorden 1 år. Herefter gentages dræning og infiltration af ny NaOH opløsning. Dette forløb gentages indtil oprensningen har nået et acceptabelt niveau. Forløbet af de enkelte cyklusser kan dermed afkortes eller forlænges efter behov.



Figur 2: Oversigt over de forskellige elementer i løsningen

udgangspunkt er det beregnet, at der skal gennemføres 8 cyklusser i både nedsivningsområdet og i randområdet. Dette er beregnet ud fra en antagelse om en moderat fjernelseshastighed af ethyl-parathion, baseret på resultaterne af demonstrationsforsøget (NorthPestClean) med basisk hydrolyse /1/. Behandling med lud kan suppleres med tilsætning af en surfaktant (sæbestof) for at øge opløseligheden af pesticiderne og dermed nedsætte behandlingstiden.

Afslutningsvis neutraliseres det behandlede område ved at gennemskylle sedimentet med havvand, og arealet reetableres.

## Rensning af drænvand på Cheminova

Al oppumpet vand, herunder vand fra den indledende dræning, vand fra dræning af NaOH-opløsning efter hver cyklus samt havvand anvendt til afsluttende gennemskylning og neutralisering, pumpes, via rørføring, til Cheminova, hvor det renses. Indledningsvist foretager Cheminova en "basisk kogning" af vandet, således at alle eventuelle moderprodukter (organofosfat pesticider) hydrolyseres til opløselige og biologisk nedbrydelige hydrolyseprodukter. Herefter ledes vandet til rensning i Cheminovas biologiske rensningsanlæg, inden det rensede vand udledes til Vesterhavet.

## Tid

Arbejdstype	Indhold	Tid (mdr.)
Indledende arbejder	Undersøgelse af neutralisering Forberedelse af spildevandsrensning Fastsættelse af udledningskriterier	24
Etablering	Arbejdsplads Spunsning af nedsivningsområde Afgravning af slamlag Boringer Recirkulationssystem Rørledning til Cheminova Anlæg hos Cheminova	6
Drift	Dræning Infiltration Monitering	96
Reetablering	Neutralisering Fjernelse af anlæg mv.	12
<b>Samlet tidsforbrug</b>		<b>≈ 138</b>

Det vurderes, at det vil tage vil tage 10-12 år at gennemføre en oprensning med basisk hydrolyse. Herunder er projekteret med 2-3 år med forundersøgelser, detailprojektering, udbud, og etablering, og ca. 8 år med drift af basisk hydrolyse, og 1-2 år med efterfølgende neutralisering samt reetablering.

## Effektivitet

Det vurderes, at man med *in situ* basisk hydrolyse kan fjerne >90% af organofosfat pesticiderne og ca. 10-20 % kviksølv i de behandlede områder inden for den givne behandlingsperiode.

## Forudsætninger

Herunder er angivet en del af de forudsætninger, der er gjort i forbindelse med metodebeskrivelsen og overslaget for tid og økonomi.

- De nødvendige myndighedstilladelser opnås
- Udledningskrav på nye stoffer fastsættes
- Slamlaget afgraves før projektstart
- Varigheden af oprensningen afhænger af hydrolyseraten (fjernelsehastigheden). I forbindelse med tids- og økonomioverslaget er der taget udgangspunkt i en moderat rate, der er observeret ved demonstrationsforsøgene. Denne rate er behæftet med en vis usikkerhed og oprensningen kan derfor både blive hurtigere og langsommere end det der fremgår her.

## Økonomi

Opgave	Bemærkninger	Prisoverslag /2/ (mio. kr. ekskl. moms)
Forundersøgelser	Chemostatforsøg. Økotoks-forsøg. Undersøgelse af neutralisering.	1,5
Detailprojektering og udbud	Udbud og kontrahering.	2,2
Indledende arbejder	Optrækning af borer mv. Afgravning af slamlag.	4,2
Etablering	Arbejdsplads. Spuns omkring nedsivningsområdet. Div. Borer mv. SRO-anlæg mv. Rørføring til Cheminova.	26,8
Drift	Kemikalieforbrug. Div. reparationer. Elforbrug. Vandbehandling. Sikkerhedsforanstaltninger.	33,8
Monitering	Prøvetagning (vand og jord).	7,1
Reetablering	Neutralisering. Vandbehandling mv. Fjernelse af udstyr.	8,5
Rådgivning	Projektstyring, div. Tilsyn og afrapporteringer.	7,0
Uforudsete udgifter		13,8
<b>Total pris</b>	<b>Den samlede pris</b>	<b>≈105</b>

## Miljøpåvirkning/bæredygtighed

Region Midtjylland har i et samarbejdsprojekt med DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet, udviklet et såkaldt multikriterieværktøj til at foretage en sammenlignende bæredygtighedsvurdering for de 4 afværgelalternativer ved Høfde 42. Værktøjet inddrager 5 hovedkriterier (Eftekt, Økonomi, Tid, Miljø og Samfund) samt en række underkriterier. Løsningsmodellernes præstationer på de enkelte kriterier omregnes til en score fra 0-1. Denne score vægtes i for-

hold til et sæt af kriterievægte, som er bestemt af et interessentpanel. Panelet bestod af regionale interessenter med interesse for og aktiviteter i lokalområdet.

Samlet set viser bæredygtighedsvurderingen, at løsningsmodellen "afgravning og termisk behandling *ex situ*" er den mest bæredygtige løsningsmodel for håndtering af depotet ved Høfde 42 ved en sammenligning med "*in situ* termisk oprensning", "*in situ* basisk hydrolyse" og "fortsat indkapsling". Resultatet er bemærkelsesværdigt, idet afgravningsløsningen giver de største afledte miljøeffekter og er dyrest sammenlignet med alternativerne. Resultatet opnås primært fordi afgravningsløsningen er den eneste løsning, der effektivt fjerner både pesticider og kviksølv. Basisk hydrolyse scorer lavere på Effekt og Samfund, da der ved denne metode kun sker en delvis oprensning. Effekt og Samfund var de to kriterier, som blev vurderet vigtigst af interessenterne. Kriterievægte fastsat af interessenterne har stor indflydelse på bæredygtighedsvurderingens resultat.

## Risiko/Usikkerhed (modenhed af teknologi, risikovurdering for hele projektet)

Modenheden af teknologien er vurderet i forhold til de forskellige delprocesser (usikkerheder og risici inkluderet).

- Forundersøgelser. Forberedelsen af spildevandsrensningen er essentiel, da det er en forudsætning, at det rensede spildevand overholder udlederkravene. Området skal efter endt behandling med basisk hydrolyse neutraliseres. Dette forventes at være en relativ simpel proces, men det skal undersøges, hvor mange gennemskylninger, der skal til og hvordan det gøres mest hensigtsmæssigt.
- Afgravning af slamlag. Afgravning er en af de mest anvendte metoder til afværge i Danmark. Der er foretaget afgravninger af depotet på Høfde 42 ad flere omgange, ligesom der er udført en lang række andre typer af arbejde, der giver stor erfaring med håndtering af arbejdsmiljø og lignende.
- Etablering og drift af anlæg. Indspunsning af nedsivningsområdet vurderes at kunne gennemføres uden problemer. Regionen har både i 2006 og 2010 med succes etableret spunsvægge på Høfde 42. Gennem NorthPestClean projektet er der opnået stor erfaring med etablering og drift af afværgemetoden *in situ* basisk hydrolyse. Metoden vurderes derfor at være relativ sikker.
- Oprensningstid. Varigheden af en fuldskala oprensning er beregnet ud fra de hydrolyserater (nedbrydningsrater), der er bestemt i forbindelse med demonstrationsforsøgene. Det er vanskeligt at bestemme en præcis nedbrydningsrate i jord, derfor er oprensningstiden behæftet med en vis usikkerhed.
- Rensning af vand. Cheminova har stor erfaring med rensning af spildevand indeholdende de stoffer, der findes på Høfde 42. Deres anlæg er i drift og de forskellige trin er kendte. Der er i 2012 udført chemostat forsøg, som viser, at Cheminovas biologiske rensenanlæg kan rense oppumpet ludbehandlet vand fra Høfde 42. Der skal dog fastsættes udlederkrav for en række nye stoffer, som ikke normalt optræder i Cheminovas spildevand, denne proces forventes at tage ca. 2 år.

## Referencer

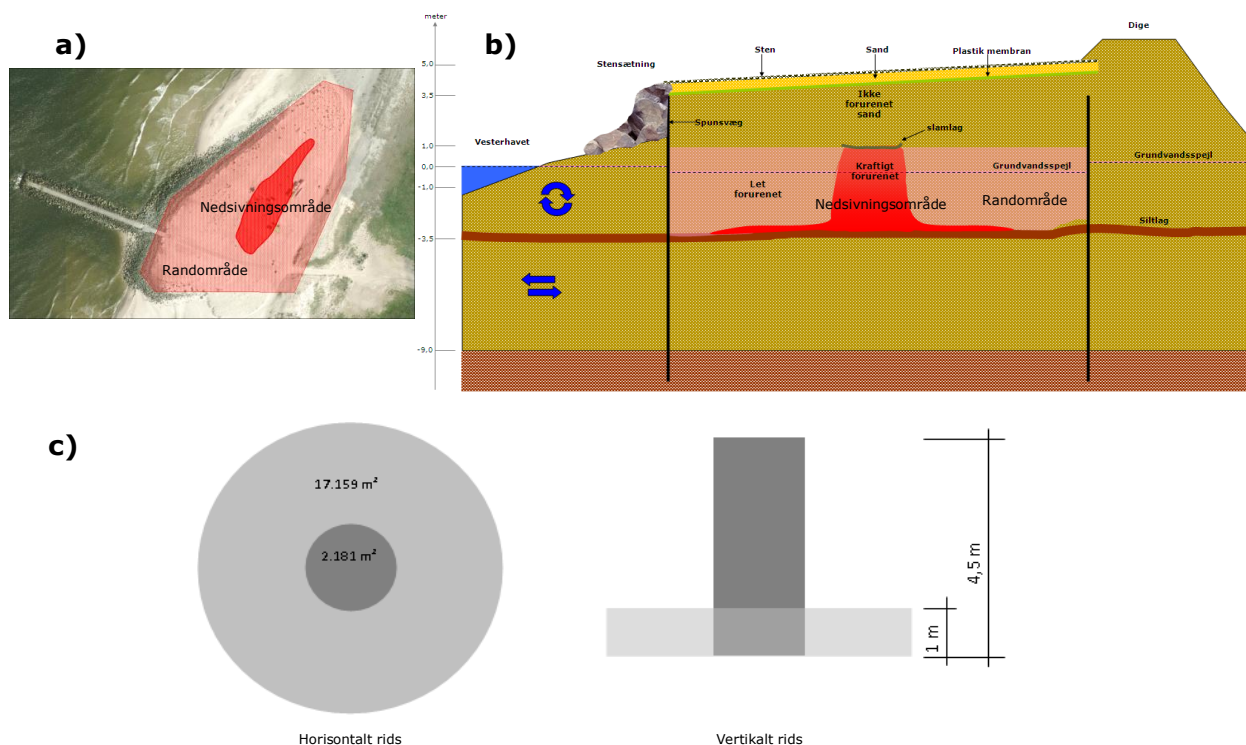
- /1/ Final Report – Pilot experiments on the remediation technology in situ alkaline hydrolysis at Groyne 42, COWI, juni 2014.
- /2/ Høfde 42 – Skitseprojekt med metoden *in situ* basisk hydrolyse, COWI, juni 2014

# Høfde 42 - Afværgeløsning: Termisk oprensning (Dampstripping)

Dette notat vil anskueliggøre afværgeløsningen termisk oprensning (dampstripping), hvordan den gennemføres, hvilke praktiske tiltag skal der til, hvad kræves før opstart mv. Derudover vil der fremgå overslag på forventet tidsforbrug, effektivitet og økonomi. De forudsætninger, der ligger til grund for den beskrevne løsning, vil blive fremhævet og risici samt usikkerheder forbundet med løsningen vil blive vurderet. Notatet er udarbejdet af Region Midtjylland med udgangspunkt i rapporten "Termisk assisteret oprensning af høfdedepotet, Høfde 42, Harbøre Tange" /1/ og på baggrund af nye data, erfaringer og beregninger foretaget af Steffen G. Nielsen (Terratherm/Niras).

## Indsatsområde for oprensning

Afværgeløsningen anvendes på de kraftigst forurenede områder af depotet inden for det indspunsede område på knap 20.000 m<sup>2</sup> ved Høfde 42. Afværggeområderne inkluderer således dels et "nedsivningsområde", der strækker sig over 4,5 m i dybden (fra kote +1 til kote -3,5) og et "randområde" som er forurenet i mindre grad og som er vurderet at have en vertikal udstrækning på ca. 1 m (fra kote -2,5 til kote -3,5). Endelig forefindes ovenover dele af nedsivningsområdet et højforurenet slamlag, som er ca. 30 cm tykt. Randområdet har desuden et større areal som er lettere forurenet. De forskellige afværggeområder og deres horisontale og vertikale udstrækning er illustreret på Figur 1.



**Figur 1: a) Afgrænsning af nedsivningsområde og randområde. b) Tværsnit af depotet c) Arealer og dybder af nedsivningsområde og randområde. Oprensningen indsatsområde er det kraftigst forurenede område i nedsivnings- og randområdet (markeret med rødt på tegning b)**

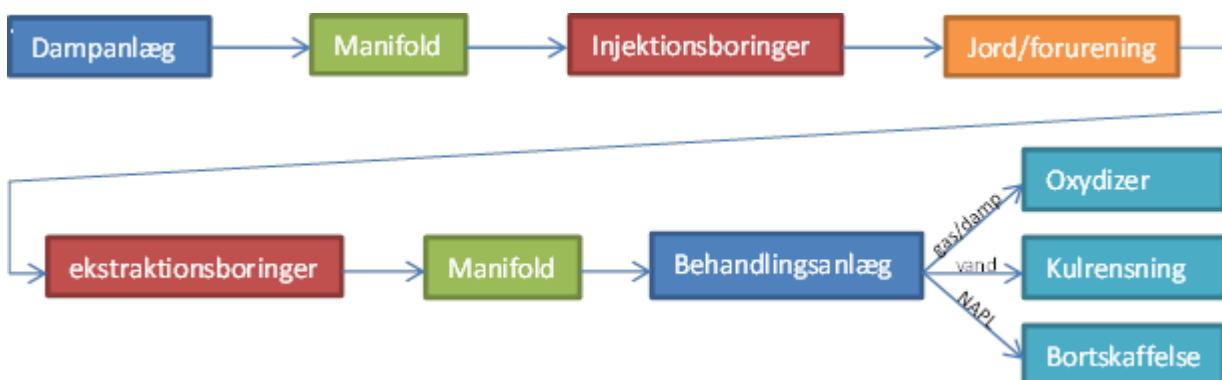


## Beskrivelse (teknisk)

Termisk oprensning foregår kort fortalt ved opvarmning af jorden, hvorved forureningskomponenterne vil fordampe. Dampene opsamles og destrueres.

## Oprensningskoncept

- a) Der etableres hydraulisk og pneumatisk kontrol ved start af pumpning og ekstraktion fra borerne over og under det indskudte lerlag. Dette dokumenteres ved pejlinger og måling af vakuum i umættet zone.
- b) Damp injiceres i de dybe filtre (ca. 60 kg/time per filter), mens der pumpes tilstrækkelige mængder grundvand til at skabe plads til udbredelse af en dampzone. Dampen vil i denne fase opvarme det indskudte lerlag til nær damptemperatur.
- c) Når laget under det indskudte lerlag har nået en temperatur på 70-90°C i gennemsnit, injiceres damp i laget over det indskudte lerlag. Der injiceres med mindre rater i det nederste lag, imens pumpning og ekstraktion justeres således, at den hydrauliske og pneumatiske kontrol bevares.
- d) Når der konstateres dampgennembrud til ekstraktionsboringerne, påbegyndes fasen med tryk-cykluser. Dette sker ikke nødvendigvis samtidigt i det nederste og øverste lag. Dampgennembrud defineres ved, at der ekstraheres damp ved en temperatur på mindst 95°C under vakuum. Tryk-cykluser skabes ved at variere injektionstrykket således, at der injiceres i ca. 3 dage ved størst tryk efterfulgt af 4 dage ved lavt tryk. Herved opnås en ugentlig cyklus.
- e) Injektionen af damp fortsætter, indtil monitoringen viser, at oprensningen er forløbet som planlagt:
  - a. Der er opnået 110°C i laget over det indskudte lerlag.
  - b. Der er opnået 90°C eller højere temperatur under det indskudte lerlag.
  - c. Der er fjernet store mængder færdigvarer, og koncentrationen i den ekstraherede luft og vand er faldet til under 1 % af maksimumværdien.
  - d. Prøvetagning af sediment viser, at den ønskede reduktion i koncentrationen er opnået.
  - e. Prøvetagning af vand viser, at nedbrydningsprodukter ikke er ophobet i uønsket høje koncentrationer.
- f) Efter dampinjektionen afsluttes, pumpes og suges der fortsat, indtil den ønskede temperatur er opnået. Som et minimum skal al damp fjernes eller kondensere. I denne fase injiceres koldt vand, hvis det vurderes nødvendigt for afkølingen eller for at skylle vandopløselige nedbrydningsprodukter ud.



Figur 2: Schematisk skitse af oprensningskonceptet

## Afgravning

For at kunne etablere anlægget skal der foretages nogle afgravninger. For alle afværgescenarier regnes der med, at det stærkt forurenede slamlag i kote +1 m fjernes. Herudover skal der ved den termiske løsning afgraves til kote +1 for at kunne etablere en membran.

### Afgravning af slamlag (490 tons)

Det vurderes, at slamlagets karakter og høje indhold af forurening gør det uegnet til oprensning med termisk metode. Slamlaget afgraves derfor og sendes til forbrænding ved NORD i Nyborg, inden termisk oprensning iværksættes. Selve afgravningen ned til kote +1 m vil foregå samtidig med, at der gøres klar til indbygningen af membran. Der hvor slamlaget træffes, vil dette blive bortgravet og bortskaffet. Der regnes med ca. 490 tons jord som er stærkt forurenede med bl.a. pesticider og kviksølv.

### Afgravning til kote +1 m og tilbagefyld af materiale

I hele området skal der graves ned til kote +1 og indbygges en membran. Herefter tilbagefyldes til kote +4 for at undgå oversvømmelser under oprensningen. Det vil sige, at der skal opgraves ca. 104.500 tons ren eller lettere forurenede jord som efter etableringen af membranen tilbagefyldes igen. Der forudsættes at spunsen forud for arbejdets opstart er tømt for vand og terrænet er reguleret ned til spunkant.

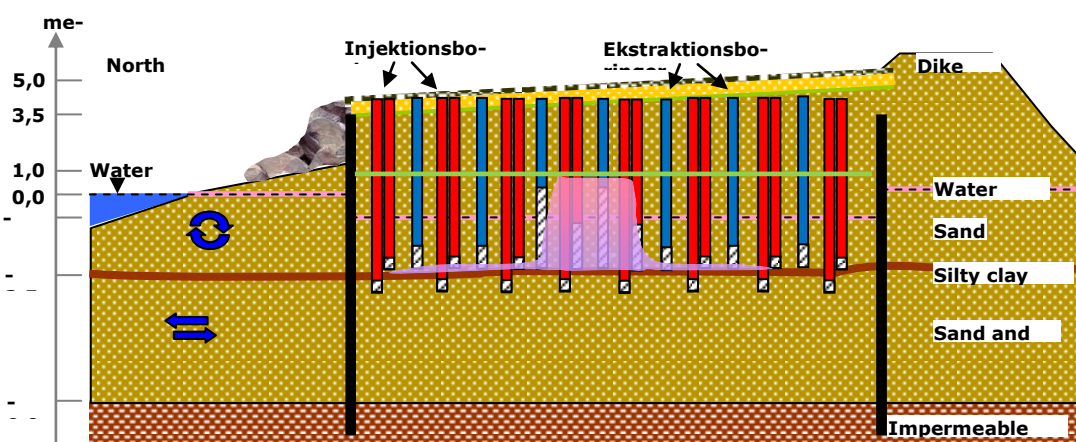
## Indbygning af membran

I kote +1 m indbygges en betonmembran, som skal sikre at dampen ikke trænger op i de overliggende sandlag. Dette både for at holde varmebehandlingen i det volumen, som skal behandles og for at forhindre en evt. spredning af forureningsstoffer. Membranen af beton er anvendes fordi det fra en bæredygtighedsvurdering er det mest fordelagtige.

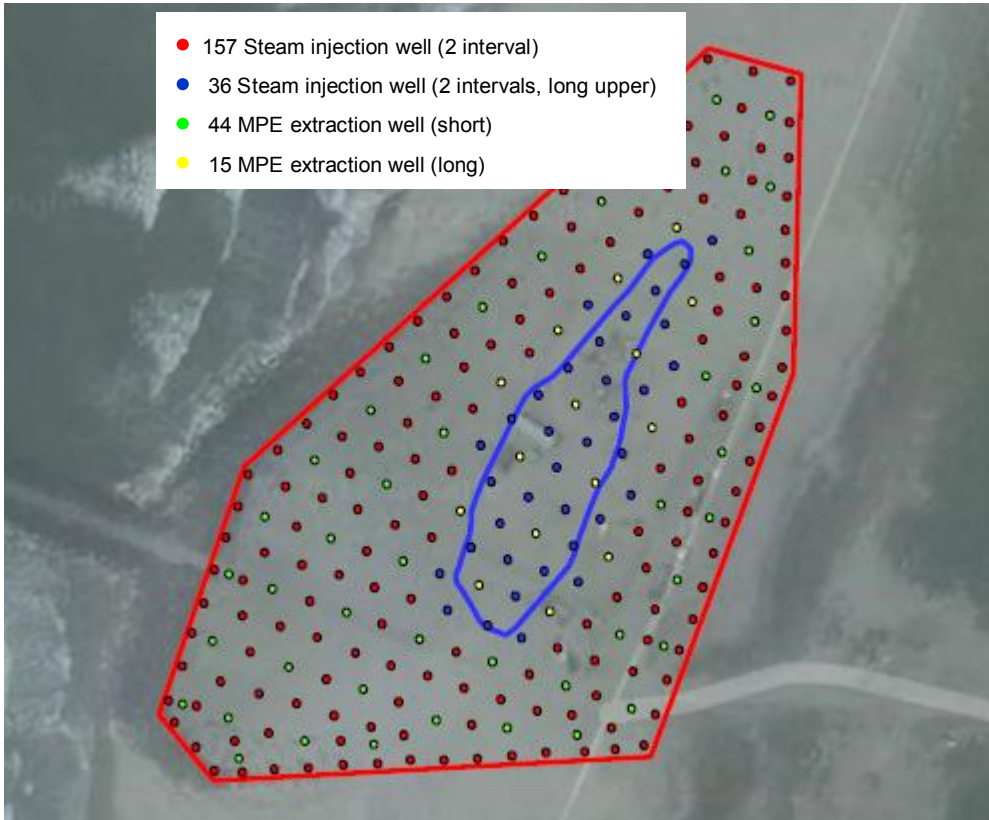
## Etablering af varmespyd

Der skal i alt etableres 193 injektionsboringer alle med to injektionsfilterdybder. 36 af disse injektionsboringer etableres i nedsivningsområdet og her vil det øvre injektionsfilter (over det indskudte lerlag) være længere end i resten af området. Der skal i alt etableres 59 ekstraktionsboringer, hvoraf 15 skal etableres i nedsivningsområdet med lange filtre.

Boringerne forventes at kunne udføres med almindelig borerig.



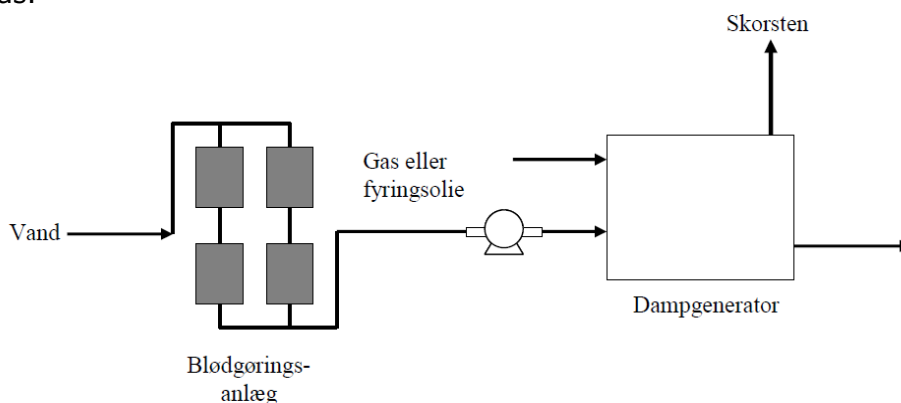
Figur 3: Skematisk skitse af Høfde 42 med injektionsboringer og ekstraktionsboringer /3/



**Figur 4: Fordeling af borer på hele oprensingsområdet / 3/**

## Anlæg

Dampanlægget består af et blødgøringsanlæg og dampgenerator samt en manifold, som for- deler dampen til injektionsboringerne. I dampgeneratoren bliver dampen varmet op på over 100°C, så der i jorden opnås en sluttemperatur på 110°C. Dampgeneratoren drives af natur- gas.



**Figur 5: Skematisk skitse af dampanlægget / 1**

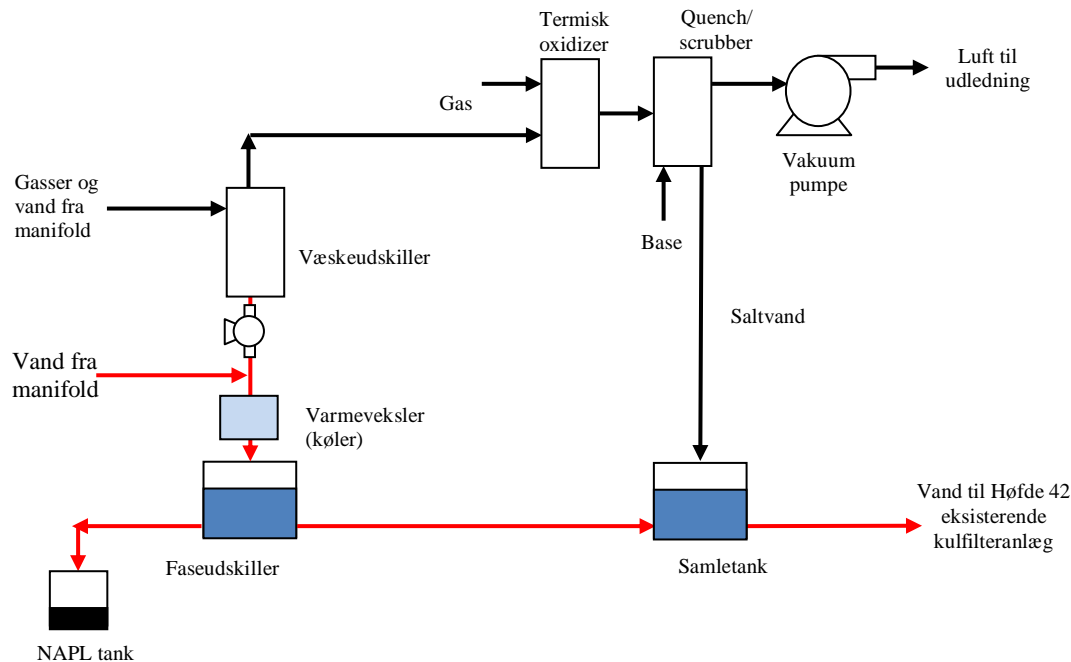
Over en manifold, som sidder på ekstraktionsboringerne, ekstraheres damp og gas og videre- ledes til behandlingsanlægget.

## Behandling af damp/gasser

Fra manifolden med gasser og ekstraheret væske adskilles gas (luft) og væske. Luften be- handles først i en termisk "oxidizer", hvor alle organiske stoffer afbrændes. Her kan uorganiske stoffer ligeledes reagere, og det forventes, at luftstrømmen ud af forbrændingskammeret er "normaliseret", dvs. domineret af forbrændingsprocessen, hvor store mængder ilt reagerer

med organiske stoffer og det tilførte brændsel (gas). Ved afbrændingen dannes syre, som neutraliseres i den efterfølgende "quench/scrubber", hvor luftstrømmen afkøles til ca. 30-40°C og samtidig neutraliseres ved tilførsel af base (typisk NaOH). Væsken ledes fra væskeudskilleren til en faseudskiller, hvor NAPL og partikulært materiale fraskilles. /1/

Mens NAPL'en skal bortskaffes separat sendes resten af væsken sammen med væsken fra scrubberen til rensning i kulfilter.



**Figur 6: Skematisk skitse af damp/vandseparerings- og dampbehandlingsanlæg /3/**

## Efterbehandling

Efterbehandlingen ville bestå af en gennemskylning med ren vand igennem de eksisterende injektions og ekstraktionsboringerne. Skyllevandet ville sendes til rensning i kulfilteranlægget.

## Tid

Aktivitet	Tidsforbrug (uger)
Installation	59
Drift	41
Afvikling	14
<b>Totalt tidsforbrug</b>	<b>114</b>

Test af metoden (pilotanlæg) inkl. udbud dertil 1½-2 år. Forberedende arbejde til fuldskala inkl. udbud. 1-1½ år. Den egentlige termiske oprensning, inklusive afgravning, forventes at kunne gennemføres indenfor godt 2 år.

Dvs. en afværgelse med denne metode ville kunne være udført ca. 5 år efter igangsættelse (eksklusiv afrapportering).

## Effektivitet

Det forventes at den termiske behandling kan fjerne ca. 99% af organofosfaterne inkl. en række andre stoffer dog med undtagelse af kviksølv. De vandopløselige stoffer forventes at kunne fjernes ved en afsluttende gennemskyllning af området.

Stoffer	Forventet massefjernelse fuldskala (%)
Parathion (ethyl-parathion)	~99%
Methylparathion	99-100%
Fyfanon (Malathion)	99-100%
Ethylsulfotep	99-100%
Aminoparathion	~99%
EP2-syre	90-95%
EP1	90-95%
Kviksølv	0%

## Forudsætninger

- Der skal gennemføres tests (evt. et pilotanlæg) for at teste om jordens anisotropi egner sig til dampbehandling, teste effektiviteten, optimere behandlingsanlægget og teste materiale til boringer mht. korrosion, test af betonmembran
- Der afgraves til kote +1 og membranen udlægges over hele området i denne kote. Herefter tilbagefyldes til kote +4 for at undgå oversvømmelser under oprensningen. Det forudsættes, at dette kan gøres uden at skulle afgrave udenfor spunsen.
- Alle bestående boringer sløjfes og fjernes.
- Dybe dampboringer er ført 1 meter under det indskudte lerlag for at sikre varmebehandling umiddelbart over det indskudte lerlag.
- Vand forbehandles på stranden og sendes herefter til det eksisterende kulfilteranlæg "Kulhuset". Eksisterende rørføring til kulhuset anvendes.
- Der skal indhentes en ny udledningstilladelse til Kulhusets kulfilteranlæg i den periode afværgelsen står på.
- Der er vand til rådighed på stranden eller ved kulhuset til dampgenerering og behandlingsanlægget.

## Økonomi

Opgave	Bemærkninger	Prisoverslag (mio. kr. ekskl. moms)
Rådgivning	Pilotforsøg	1,5
	Procesdesign	2,0
	Monitering	1,2
	Processtyring og afrapportering	0,3
	<b>Total rådgiver udgifter</b>	<b>5,0</b>
Entreprenørudgifter Afgravning	Klargøring af oprensningsområde	1,0
	Afgravning af topjord og slamlag	10,0
	Rensning af slamlag hos NORD	2,5
Entreprenørudgifter Etablering af anlæg	Borearbejde inkl. etablering af borer	8,0
	Rørtracere inkl. Måleudstyr	10,0
	Damp- og vakuumanlæg	28,0
	Luft- og vandrensning	10,0
Entreprenørudgifter Drift af anlæg	Monitering	1,0
	Drift af anlæg	8,0
	Elforbrug	2,5
	Omkostninger til dampgenerering	22,0
<b>Total entreprenør udgifter</b>		<b>103,0</b>
Uforudsete udgifter	Bortskaffelse af overskudsjord, NAPL, reetablering af topmembran etc. (ca. 15% af andre udgifter)	16,0
<b>Total pris</b>	<b>Den samlede pris</b>	<b>≈ 124</b>

Der findes estimater for afgravning for imellem 6,0 til 14,5 mio., der er valgt at regne med 10,0 mio. Alle andre estimater i øvrigt fra /3/.

## Miljøpåvirkning/bæredygtighed

Region Midtjylland har i et samarbejdsprojekt med DTU Miljø, udviklet et såkaldt multikriterieværktøj til at foretage en sammenlignende bæredygtighedsvurdering for afværgealternativer. Værktøjet inddrager 5 hovedkriterier (Effekt, Økonomi, Tid, Miljø og Samfund) samt en række underkriterier. Løsningsmodellernes præstationer på de enkelte kriterier omregnes til en score fra 0-1. Denne score vægtes i forhold til et sæt af kriterievægte, som er bestemt af et interessentpanel. Panelet bestod af interessenter med interesse for lokalområdet.

Samlet set viser bæredygtighedsvurderingen at løsningsmodellen "termisk oprensning (dampstripping)" for oprensning af depotet ved Høfde 42 ved en sammenligning med andre metoder ligger på samme niveau som den anden *in situ* løsning, "basisk hydrolyse". Metoden scorer dog mindre end løsningen for afgravning. Denne dårligere placering end opgravningsløsningen skyldes primært at termisk oprensning ikke fjerner forureningen 100% og ikke fjerner kviksølv. Effekt og Samfund vurderes vigtigst af interessenterne og derfor er disse kriterier vægget højest.

## Risiko/Usikkerhed (modenhed af teknologi, risikovurdering for hele projektet)

- Termisk oprensning med damp er en almindelig anvendt teknologi til oprensning af jordforurening, specielt i udlandet og i den hensigt anses metoden for en moden teknologi. Teknologien har imidlertid aldrig været anvendt til den type forurening, der findes ved Høfde 42, og derfor skal metoden tilpasses og afprøves i pilotforsøg i felten inden man med sikkerhed kan afgøre om den kan tages i anvendelse.
- Beregningerne på effektiviteten er baseret på laboratorieforsøg og det antages at effekten i felten vil være større pga. længere behandlingstid.
- Jordens anisotropi skal egne sig til dampbehandling.
- Metoden kræver nogle forforsøg eller drift af et pilotanlæg forud fuldskalaoprensning.
- Metoden kræver, at der afklares den bedst egnede rensning af spildevand fra anlægget.
- Metoden kræver, at det indskudte lerlag gennembøres 51 gange, hvorved der opstår en risiko for spredning af forureningen.

## Referencer

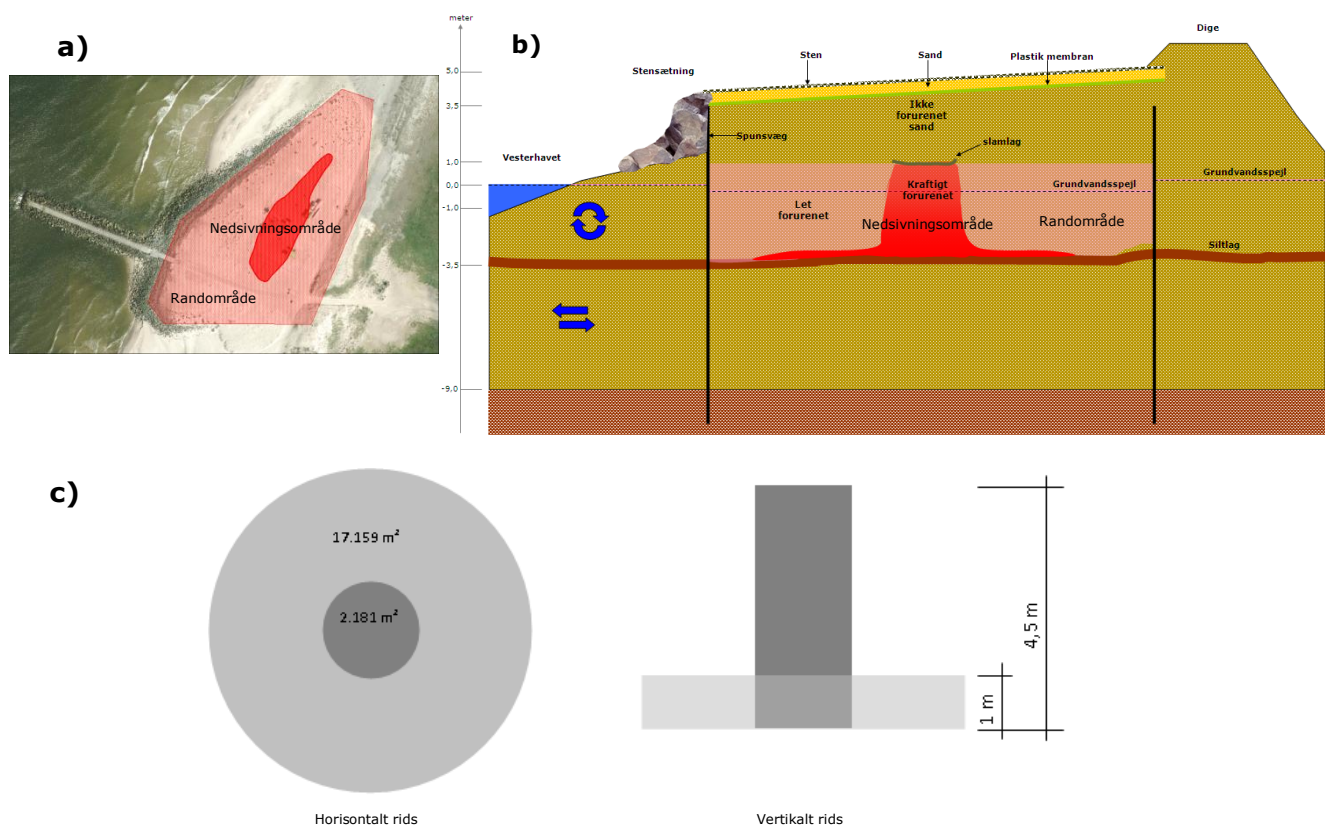
- 1 NIRAS, TerraTherm 2007: *Termisk assisteret oprensning af høfdepotet, Høfde 42, Harboøre Tange – Litteraturstudie, treatabilityforsøg samt forslag til termisk afværgemetode – Miljøprojekt Nr. 1193 2007*
- 2 Region Midtjylland 2013: *Opdateret notat om konceptuelt forståelse til afværgescenarier*
- 3 TerraTherm/NIRAS 2014, Regneark og forudsætninger: *Input til bæredygtighedsprojektet*

# Høfde 42 - Afværgeløsning: Afggravning og termisk behandling *ex situ*

Notatet vil anskueliggøre selve løsningen, hvordan den kan gennemføres, hvilke praktiske tiltag skal der til, hvad kræves før opstart mv. Derudover fremgår der overslag på forventet tidsforbrug, effektivitet og økonomi. De forudsætninger, der ligger til grund for den beskrevne løsning, vil blive fremhævet og risici samt usikkerheder forbundet med løsningen vil blive vurderet.

## Indsatsområde for oprensning

Afværgeløsningen anvendes på de kraftigst forurenede områder af depotet inden for det indspunsede område på knap 20.000 m<sup>2</sup> ved Høfde 42. Afværgeområderne inkluderer således dels et "nedsivningsområde", der strækker sig over 4,5 m i dybden (fra kote +1 til kote -3,5) og et "randområde" som er forurenet i mindre grad og som er vurderet til at have en vertikal udstrækning på ca. 1 m (fra kote -2,5 til kote -3,5). Endelig forefindes ovenover dele af nedsivningsområdet et højforurenet slamlag, som er ca. 30 cm tykt. Randområdet har desuden et større areal som er lettere forurenet. De forskellige afværgeområder og deres horisontale og vertikale udstrækning er illustreret på Figur 1.



**Figur 1:** a) Afgrænsning af nedsivningsområde og randområde. b) Tværsnit af depotet c) Arealer og dybder af nedsivningsområde og randområde. Oprensningen indsatsområde er det kraftigst forurenede område i nedsivnings- og randområdet (markeret med rødt på tegning b)



Af nedenstående tabel fremgår de forskellige afværgeområders voluminer, masser samt en opgørelse over forureningsmassen i de forskellige områder.

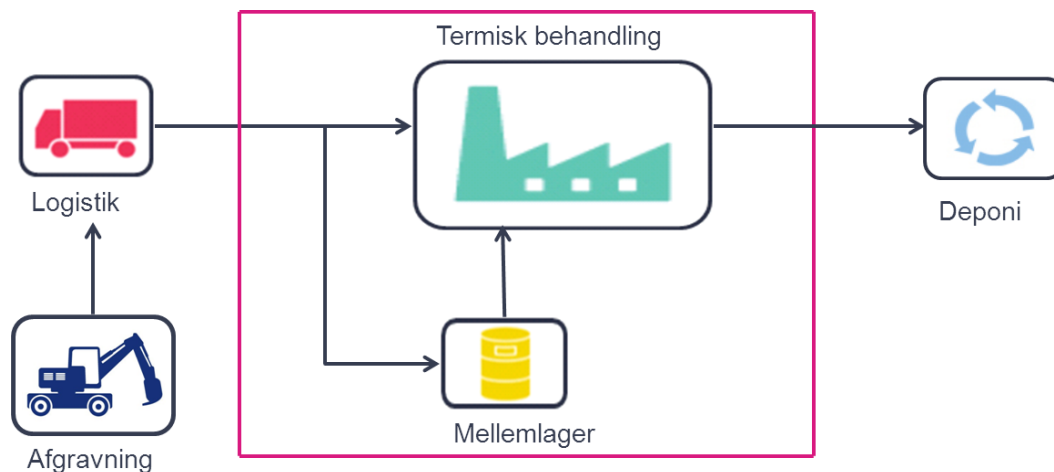
**Tabel 1: Arealer, dybder, voluminer, densiteter og masser af jord og forurening i de tre forurenede afværgeområder samt det lettere forurenede randområde**

Område	Areal (m <sup>2</sup> )	Dybde (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densitet (ton/m <sup>3</sup> )	Masse af jord (ton)	Pesticidprodukter (kg)	Kviksølv (kg)
Afværge område – nedsivning	2.181	4,5	9.815	1,8	17.666	33.822	2.771
Afværgeområde – rand, kraftig foruren	17.159	1	17.159	1,8	30.886	58.807	1.373
Afværgeområde – slamlag	907	0,3	272,1	1,6	435,4	4.282	959
Randområde – Let foruren	17.159	3,5	60.057	1,8	108.102	5.258*	2.283*
<b>Totale voluminer og masser for afværgeområderne</b>			<b>27.246</b>		<b>48.988</b>	<b>96.911</b>	<b>5.103</b>

\*Estimatet på stofindhold i randområdets lettere forurenede område er baseret på relativt få analyser og er derfor behæftet med en væsentlig usikkerhed. Det forventes at indholdet er væsentlig overestimeret.

## Beskrivelse (teknisk)

Denne afværgeløsning omfatter afgravning af forurenede fraktioner af depotet på Høfde 42, reetablering af området, fragt til NORD i Nyborg, mellemlager, termisk behandling og efterfølgende deponi.



**Figur 2: Oversigt over de forskellige elementer i løsningen**

## Afgravningen

Afgravningen kan foregå i etaper eller hele den fraktion, der ønskes fjernet, kan afgraves i en arbejdsdag. Spunsen er forud for arbejdets opstart tømt for vand og terrænet er reguleret ned til spunkant. Det antages at der laves en graveplan, der strækker sig over ca. 6 måneder.

Der tages udgangspunkt i 4 fraktioner/jordpartier af forurening i depotet, jf. Figur 1; 1) slam-lag, 2+3) kraftigt forurenede fraktion (nedsivnings- og randområde) og 4) lettere forurenede fraktion (randområde).

Det forurenede sand (fraktion 1-3) afgraves og påfyldes de lukkede fragt-containere. Det skal sikres at lastbilerne ikke kontamineres ligesom der ikke må være forurenede materiale på ydersiden af containerne.

Såfremt det ønskes at fjerne hele depotet (alle 4 fraktioner) vil afgravningstiden ikke forlænges, da al sandet skal flyttes i forbindelse med fjernelsen af den kraftigt forurenede fraktion men håndtering, fragt og behandling af den lettere forurenede fraktion vil dog udgøre væsentlige merudgifter til både arbejdstid samt behandling mv.

### Reetablering

Til reetablering anvendes overskudssand fra afgravningen, dvs. uforurenede og lettere forurenede fraktioner genindbygges. Det skal tilføres ca. 50.000 tons  $\approx$  28.000 m<sup>3</sup> rent sand. Sand til reetablering forventes at kunne pumpes op fra havet i forbindelse med den planlagte sandfodring.

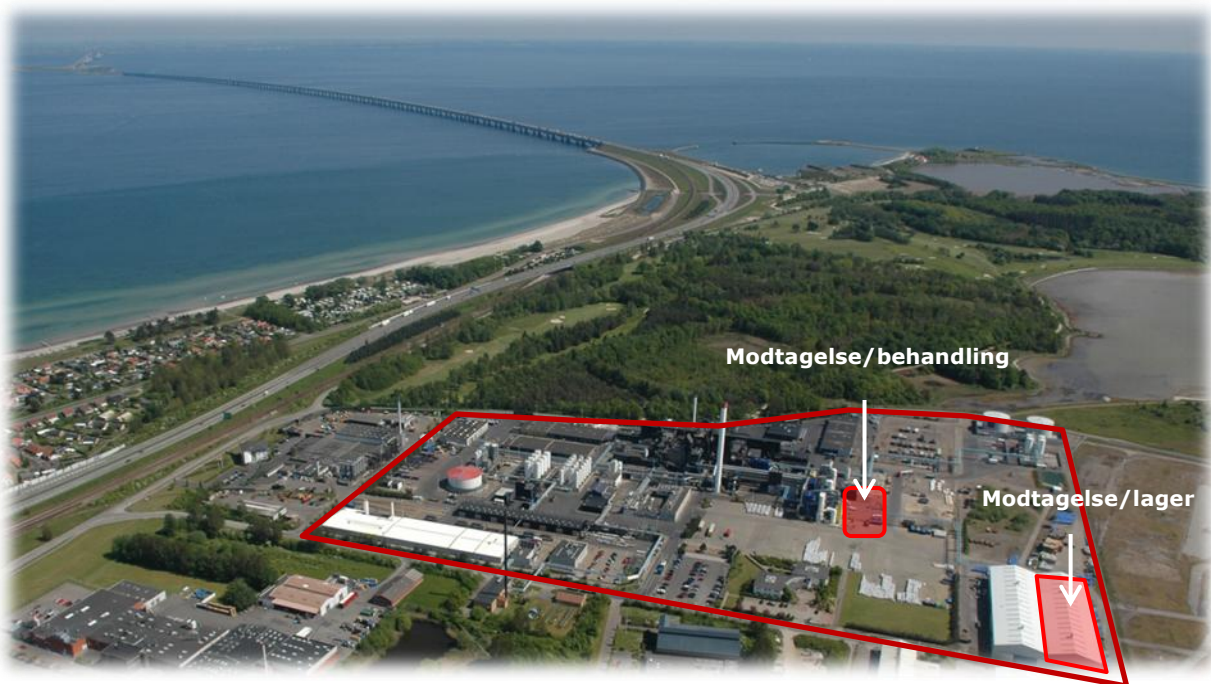
### Fragt

Fragten af forurenede jord mellem Høfde 42 og NORD, Nyborg foregår løbende gennem afgravningsperioden. Afstanden er ca. 260 km. Den udførte graveplan skal tage højde for transporten gennem Natura2000 området er mulig og være optimal i forhold til fragt af lugtende materiale samt modtagelse hos NORD. Fragten planlægges foretaget i lukkede containere for at modvirke lugtgener. Der planlægges i alt ca. 1.650 vognlæs. Fragten er inkluderet i NORDs behandlingspris /2/ .



### Mellemlager

NORD planlægger at etablere et mellemlager på NORDs arealer i Nyborg. Mellemlageret har en kapacitet på 21.100 m<sup>3</sup> og kræver en ombygning af en eksisterende lagerhal. Det må forventes at et mellemlager af denne størrelse og varighed vil kræve en VVM-redegørelse. Ombygningen og drift af mellemlageret er inkluderet i behandlingsprisen. Af bilag 1 fremgår skitser over den planlagte ombygning af de eksisterende bygninger /2/ .



**Figur 3: NORDs behandlingsanlæg i Nyborg. Den planlagte placering af mellemlageret fremgår.**

### Termisk behandling

Håndteringen af jorden fra Høfde 42 kræver en ombygning af det eksisterende anlæg til indfy- ring hos NORD. På NORDs anlæg behandles jorden ved en termisk behandling ved 1100°C, hvorved pesticiderne destrueres og kviksølvforbindelserne fordamper og indfanges ved røggas- rensningen. Knap 80% af kviksølvet forventes at blive fældet i filterkagen, mens ca. 20% fæl- des i gipsen og under 1% ender i flyveasken. Anlægget har en kapacitet på 10 tons i timen, hvoraf 2 tons i timen vil bestå af jord fra Høfde 42, mens de resterende 8 tons vil bestå af NORDs øvrige affaldsfraktioner.

### Deponi

Det forventes ikke at restprodukterne fra forbrændingen af jorden (ca. 39.000 tons fordelt på 3% filterkage/gips, 3% flyveaske og 94% slagge) vil kunne afsættes i Danmark og det vil derfor blive transporteret til deponiet på Langöya i Oslofjorden sammen med NORDS øvrige restmaterialer. Materialer der sendes til Langöya anvendes til at retablere af øens "oprindelige" landskab.

Ombygningen af hal til mellemlager, kapacitet, fragt, selve den termiske behandling samt de- poneringen af restproduktet er inkluderet i behandlingsprisen fra NORD /2/. Behandlingstiden er alene afhængig af koncentrationen af kviksølv i jorden, tidsestimatet er lavet ud fra de kon- centrationsniveauer af kviksølv der er konstateret i forbindelse med tidligere udførte undersø- gelser af depotet.

## Tid

Arbejdstype	Indhold	Tid (mdr.)
Indledende arbejder	Tømning af spuns Tilretning af terræn Div. tilladelser <ul style="list-style-type: none"> <li>VVM for mellemlager hos NORD</li> <li>Tilladelse til forøget udledning fra kulhuset</li> <li>Tilladelse til fragt mv. gennem Natura2000 området</li> </ul> Etablering af mellemlager hos NORD	24
Afgravning	Afgravning og håndtering Løbende fragt Løbende reetablering	10
Frugt	Fra Høfde 42 – Nyborg ≈ 260 km Antal ton/læs ≈ 30 tons Antal læs ≈ 1.633 Tid ≈ 26 uger a 5 dage (12,6 læs pr. dag)	6,5
Reetablering	Sandtilførsel mv. Indbygning mv.	4
Termisk behandling	Mellemlager	36
Deponi	Frugt til Langöya Indbygning/deponi hos NOAH (Langöya) Løbende over behandlingsperioden	36
<b>Samlet tidsforbrug</b>		<b>≈ 72</b>

En del af de beskrevne processer sker sideløbende eller med overlap. Der vil eksempelvis ske en løbende reetablering i forbindelse med afgravningen ligesom der løbende vil foregå behandling af jorden hos NORD samt deponering i Norge, Langöya. Samlet vurderes det at de indledende arbejder tager 2 år, afgravning, fragt og reetablering ca. 1 år og behandlingstiden hos NORD er estimeret til ca. 3 år.

## Effektivitet

Effektiviteten er på 100% på de fraktioner, der afgraves dvs. behandlingen fjerner alle pesticiderne og kviksvovlet ender i restprodukterne efter forbrænding, der deponeres i Norge. Effektiviteten på depotet som helhed afhænger af hvilke fraktioner, der afgraves. Fjernes den kraftigst forurenede fraktion (fraktion 1-3) forventes en samlet massefjernelse for hele depotet på ≈ 95%. Fjernes også den lettere forurenede fraktion (fraktion 4) vil massefjernelsen være total ≈ 100%.

## Forudsætninger

Herunder er en del af de forudsætninger der er gjort i forbindelse med metodebeskrivelsen og overslaget for tid og økonomi.

### Afgravning

- Spunsen er tømt for vand
- Der gives tilladelse til øget udledning fra kulhuset

- Terrænreguleret opstart (dvs. diget er flyttet og sandet er fjernet ned til overkanten af den omkransende spuns)
- Der ikke skal etableres mandskabsfaciliteter, kulhus og nuværende container på stranden kan anvendes
- Boringer i arealet skal ikke bibeholdes – de sløjfes
- Afgravning udvendigt ned til niveau for spunsvæg
- Ingen oplagsplads mv. bag spunsen i graveperioden
- Spunsens forstærkes som beskrevet i /1/
- Mellemlagerpladsen hos NORD er ledig

#### Fragten

- Konsekvensvurdering af hele projektet inkl. fragt vurderer at det kan udføres som beskrevet under hensyntagen til det store Natura2000 område der grænser op til depotet
- Lugt (tætte containere, sikret transport)

#### Behandlingstid

- Tiden afhænger af kviksølvsindholdet, det antages at det fundne kviksølvsindhold er repræsentativt for det der findes i depotet

## Økonomi

Opgave	Bemærkninger	Prisoverslag (mio. kr. ekskl. moms)
Rådgivning	Baseret på /1/	4-6
Indledende arbejder	Div. tilladelser, konsekvensvurderinger, udbudsmateriale mv. Etablering af arbejdsplads Tømning af spuns behandling af vand	4
Forstærkning af spuns	Baseret på /1/	1
Gravearbejder	Baseret på /1/	14
Reetableringsmaterialer	Baseret på et volumen på ca. 50.000 tons sand der indvindes i forbindelse med strandfodring	0,5
Fragt, mellemlager, behandling, slutdeponi	Fraktion 1-3 $\approx$ 3.950 kr./ton Fraktion 4 $\approx$ 1.500-3.350 kr./ton	194 165-370
<b>Samlet pris</b>		<b><math>\approx</math> 220</b>
<b>Total pris</b>	<b>Den samlede pris + 15% i uforudsete udgifter</b>	<b><math>\approx</math> 250</b>

Det bemærkes at økonomioverslaget udelukkende er lavet for de 3 mest forurenede fraktioner, det er kun prisen for *ex situ* behandlingen, der er kendt for den lettere forurenede fraktion.

## Miljøpåvirkning/bæredygtighed

Region Midtjylland har i et samarbejdsprojekt med DTU Miljø, udviklet et såkaldt multikriterieværktøj til at foretage en sammenlignende bæredygtighedsvurdering for afværgealternativer. Værktøjet inddrager 5 hovedkriterier (Effekt, Økonomi, Tid, Miljø og Samfund) samt en række underkriterier. Løsningsmodellernes præstationer på de enkelte kriterier omregnes til en score fra 0-1. Denne score vægtes i forhold til et sæt af kriterievægte, som er bestemt af et interessentpanel. Panelet bestod af interessenter med interesse for lokalområdet.

Samlet set viser bæredygtighedsvurderingen at løsningsmodellen "afgravning og termisk behandling *ex situ*" er en bæredygtig løsning for oprensning af depotet ved Høfde 42 ved en sammenligning med *in situ* termisk oprensning, *in situ* basisk hydrolyse og fortsat indkapsling. Resultatet er bemærkelsesværdigt, idet afgravningsløsningen giver de største afledte miljøeffekter og er dyrest sammenlignet med alternativerne. Resultatet opnås primært fordi afgravningsløsningen er den eneste løsning, der effektivt fjerner både pesticider og kviksølv. Løsningen opnår derfor en god score for Effekt og Samfund, som netop vurderes vigtigst af interessenterne. Kriterievægte fastsat af interessenterne har stor indflydelse på bæredygtighedsvurderingens resultat. Såfremt afgravningsløsningen vælges, er det hensigtsmæssigt at undersøge om metodens miljøeffekter kan nedbringes.

## Risiko/Usikkerhed (modenhed af teknologi, risikovurdering for hele projektet)

Modenheden af teknologien er vurderet i forhold til de forskellige delprocesser (usikkerheder og risici inkluderet).

- Indledende arbejder. Specielt de nødvendige tilladelser er vigtige. NORD vurderer en VVM screening af mellemdponiet bliver nødvendigt, de har erfaring med lignende ansøgninger. Tilladelse i forhold til forøget udledning i en kortere periode fra kulhuset samt en konsekvensvurdering af projektets betydning for Natura2000 området vurderes at kunne opnås med relativ høj sikkerhed. Regionen har erfaring fra tidligere ansøgninger og udførte konsekvensvurderinger.
- Afgravning, som metode, er relativ sikker. Afgravning og efterfølgende reetablering er en af de mest anvendte metoder til afværge i Danmark. Der er foretaget afgravninger af depotet på Høfde 42 ad flere omgange ligesom der er udført en lang række andre typer af arbejde, der giver stor erfaring med håndtering af arbejdsmiljø og lignende.
- Fragt. Der er ikke den store usikkerhed forbundet med fragt. NORD har tilbudt en løsning med lukkede containere, de har desuden stor erfaring med fragt af farligt affald.
- Mellemlager. Løsningen til mellemlageret med den foreslåede opbygning vurderes at være relativ sikker, der er tænkt nærmere over hvordan evt. ombygninger skal være, jf. bilag 1. Der er pt. god plads hos NORD men kan ikke afvise at pladsen senere kan være optaget af andre partier.
- Behandling, effekt og deponering. Effekten af behandlingen er kendt. NORD har tidligere behandlet restjord fra Høfde 42. Der kan være en lille usikkerhed omkring den endelige behandlingstid da kviksølvsindholdet er styrende for indfyringshastigheden. Et forhøjet indhold af kviksølv kan derfor medføre længere behandlingstid.
- Deponering på Langöya i Norge. Deponeringen/indbygningen i Langöya er en allerede anvendt teknologi. NORD deponerer deres øvrige slagge der. Metoden vurderes sikker.

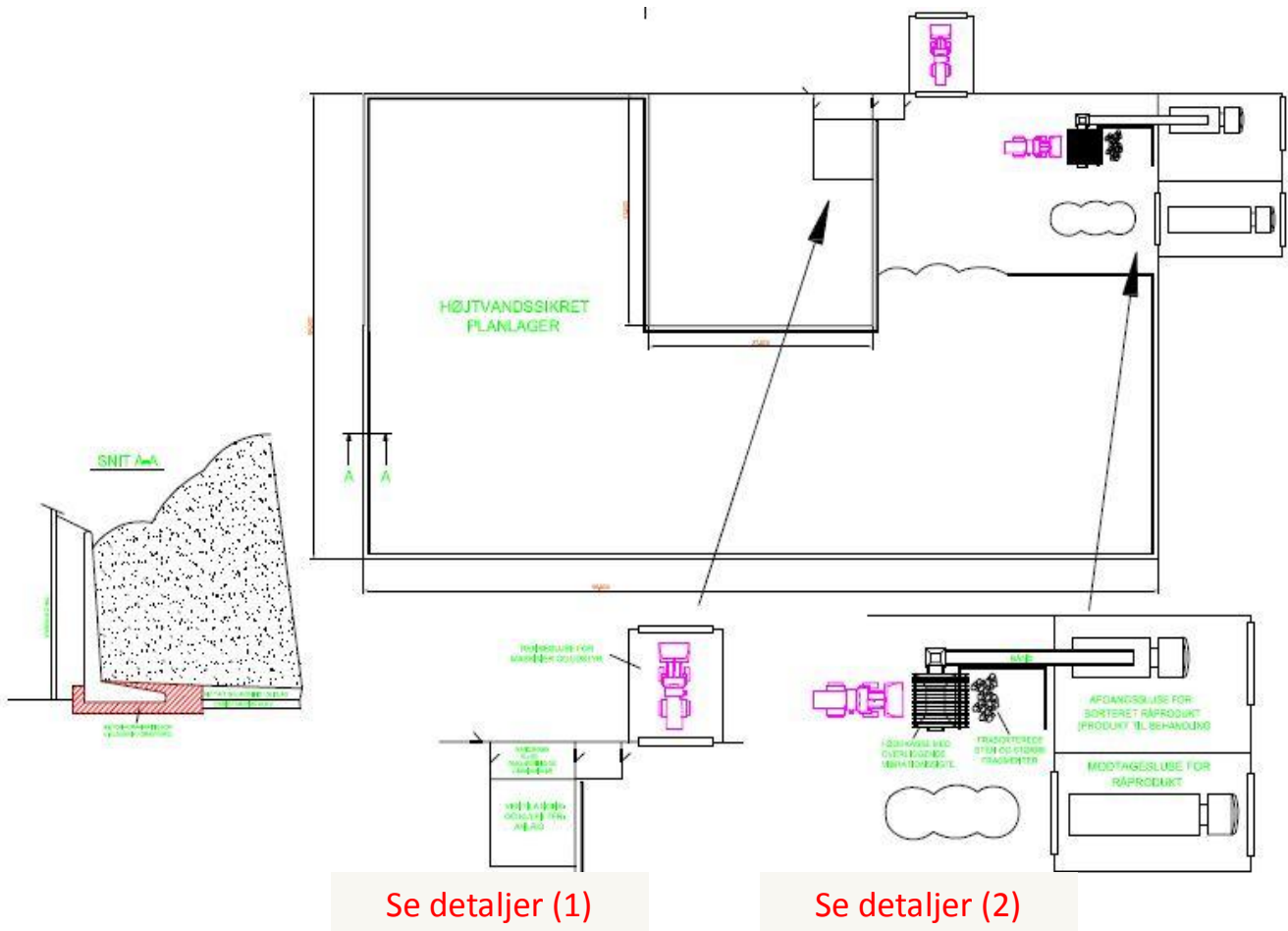
Samlet set vurderes metoden "Afgravning og termisk behandling *ex situ*" at have en høj modenhed. Der er relativ få usikkerheder på både metoden, den efterfølgende termiske destruktion hos NORD samt slutdeponiet i Norge.

## Referencer

- /1/ Miljøprojekt nr. 1197 2007: Afgravning, transport og kontrolleret deponering af forurennet sediment fra Høfde 42 – Miljøstyrelsen, 2007
- /2/ Korrespondance NORD (priser, mellemdepot, tidsoverslag mv.)

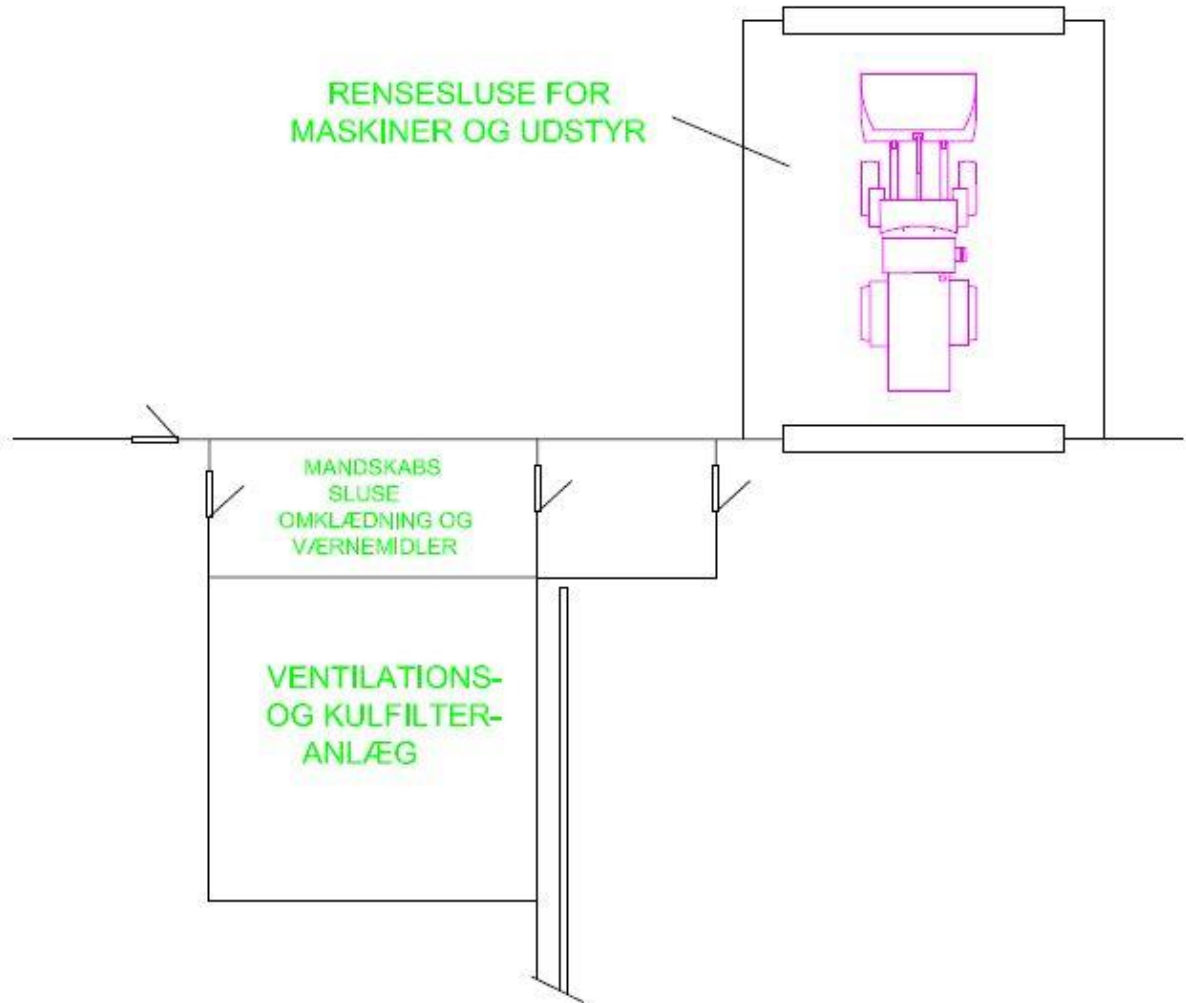
# Bilag 1

## Modtage- og lagerhal, oversigt

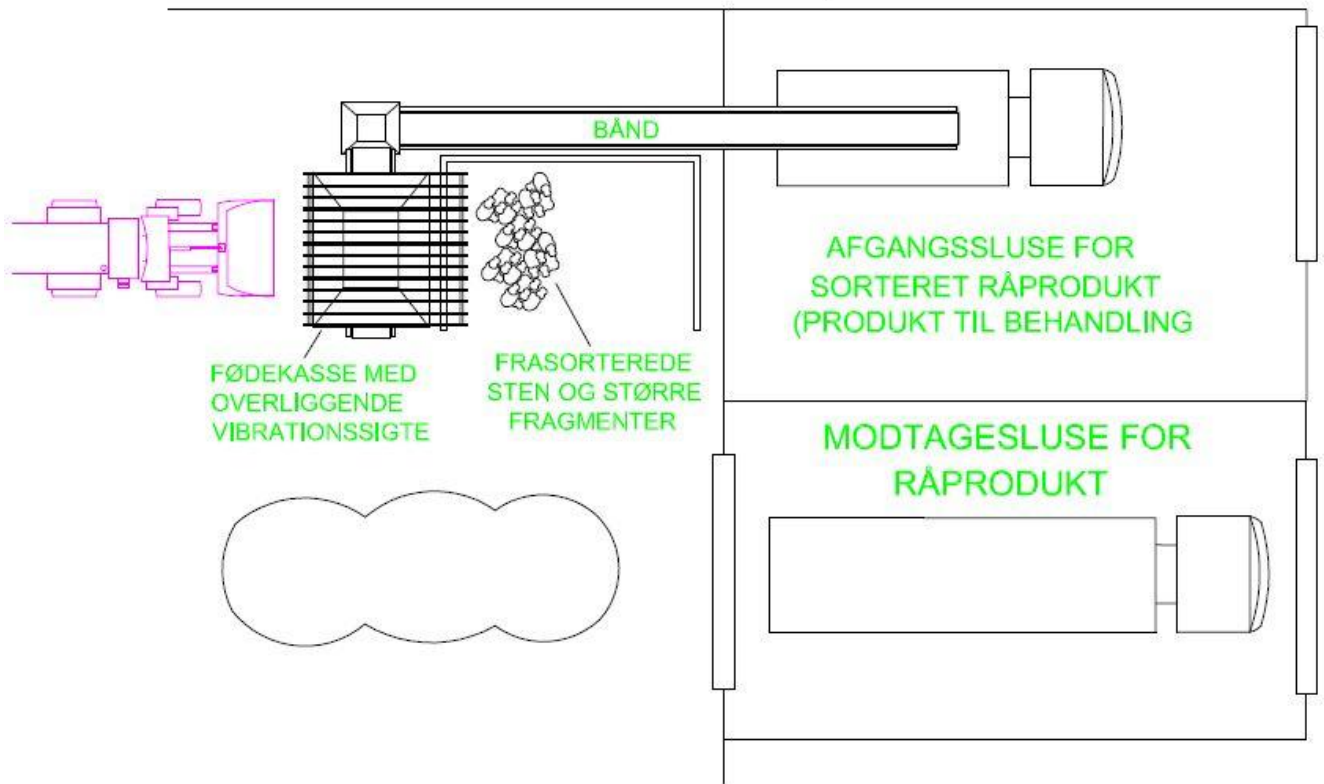




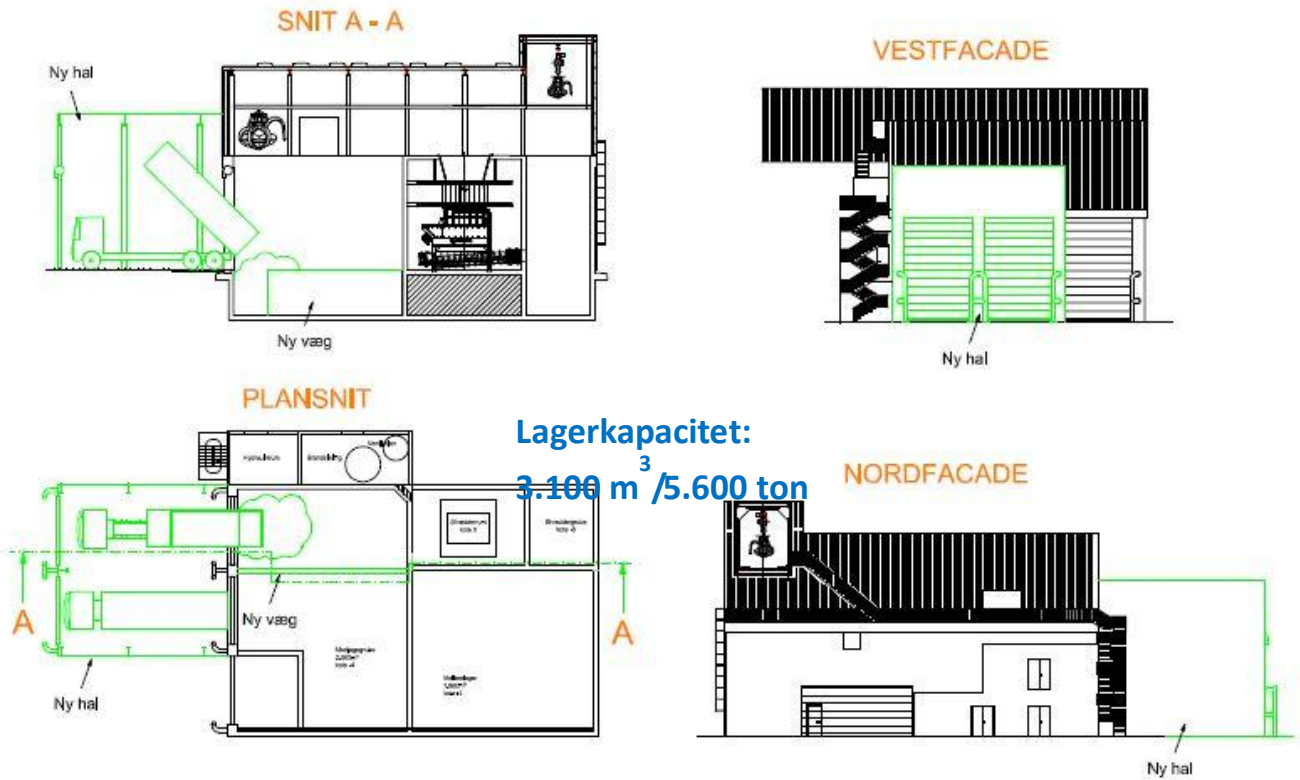
## Modtage- og lagerhal, detaljer - 1



## Modtage- og lagerhal, detaljer - 2



## Modtagelse og behandling

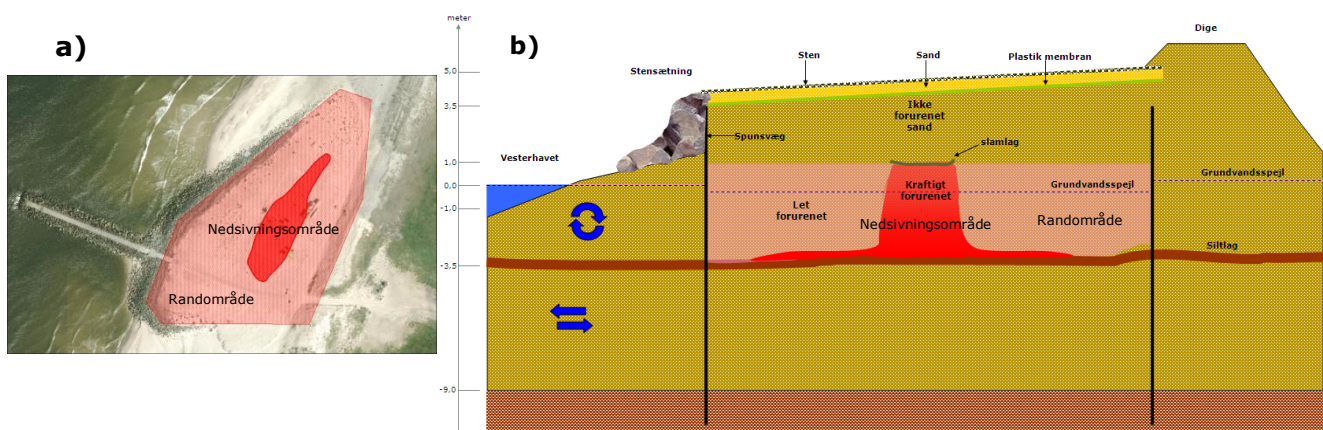


# Høfde 42 - Afværgeløsning: Fortsat indkapsling

Notatet vil anskueliggøre løsningen, hvordan den kan gennemføres, hvilke praktiske tiltag der skal til mv. Derudover vil der fremgå overslag på forventet tidsforbrug, effektivitet og økonomi. De forudsætninger der ligger til grund for den beskrevne løsning vil blive fremhævet og risici samt usikkerheder forbundet med løsningen vil blive vurderet.

## Indsatsområde for indkapsling

Afværgeløsningen anvendes på depotet beliggende ved Høfde 42. Forureningen i depotet findes i et "nedsivningsområde", der strækker sig over 4.5 m i dybden (fra kote +1 til kote -3,5) og et "randområde" som er forurenede i mindre grad og som er vurderet at have en vertikal udstrækning på ca. 1 m (fra kote -2,5 til kote -3,5). Endelig forefindes ovenover dele af nedsivningsområdet et højforurenede slamlag, som er ca. 30 cm tykt. Randområdet har desuden et større areal som er lettere forurenede. Forureningens horisontale og vertikale udstrækning er illustreret på Figur 1.

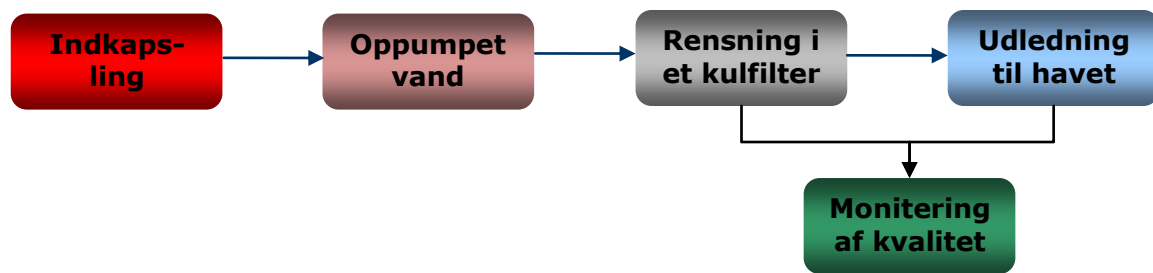


**Figur 1:** a) Afgrænsning af nedsivningsområde og randområde, spunsen er afgrænsningen på den lyserøde markering. b) Tværsnit af depotet, spunsen fremgår ved de 2 lodrette sorte streger.

## Beskrivelse (teknisk)

Denne afværgeløsning omfatter en indkapsling af depotet bestående af en eksisterende spunsvæg med tilhørende overdækkende membran samt en kystsikring mod havsiden.

Den nuværende spuns blev etableret i 2006 af det tidligere Ringkjøbing Amt i samarbejde med Miljøstyrelsen. Spunsen består af en 600 meter lang og 10 mm tyk jernspuns, nedrammet til 14 meter under terræn, hvor den er forankret i et tykt lerlag. Spunsen indkapsler et areal på ca. 20.000 m<sup>2</sup>, det vurderes at ca. 98% af den samlede forurening i depotet er indkapslet. Spunsen er beskyttet på indersiden med en coating, der har en garanteret levetid på minimum 15 år. Jernspunsen er desuden beskyttet elektrisk af et katodisk anlæg, der forhindrer korrosion. Levetiden på den nuværende spunsvæg med coating og katodisk anlæg forventes at være på mere end 25 år, muligvis væsentlig mere.



**Figur 2: Oversigt over de forskellige elementer i løsningen**

For at sikre havet mod udsivning fra depotet er der over det indspunsede område etableret en plastik membran, som sikrer at depotet ikke tilføres regnvand. Regnvandet afstrømmer på oversiden af membranen uden at komme i kontakt med forureningen. Grundvandsstanden inden for spunsen holdes lidt lavere end uden for spunsen ved at oppumpe grundvand via en række pumpeboringer installeret i det indspunsede område. Herved sikres at der ikke strømmer forurenede grundvand fra det indspunsede område ud i Vesterhavet. Det oppumpede vand pumpes ind til "kulhuset", der er beliggende i engene bag havdiget. I kulhuset renses vandet i 2 kulfiltre før det ledes ud i Vesterhavet.

Det samlede anlæg er koblet op på et online styrings- og overvågningssystem (SRO-system), som løbende overvåger vandstand, pumper, kulfilteranlæg mv.

Da der ikke sker en fjernelse af forurening ved denne løsning må det forventes at der skal etableres en ny spuns med jævne mellemrum /1/ .

### Vedligeholdelse/drift

Der udføres løbende vedligehold på hele anlægget. Dvs. at der sker løbende renovering af det katodiske anlæg, pumper, rensningsanlæg mv. Kullene i kulfiltrene skiftes med jævne mellemrum og alle udenoms arealer både på stranden og ved kulhuset vedligeholdes. Derudover sker der også løbende vedligeholdelse af kystsikringen efter behov ligesom kystdirektoratet strandfodrer strækningen ved Høfde 42, som en del af deres kystsikring i området.



### Rensning af vand

Rensningen af vandet fra depotet foregår i "kulhuset". Rensningsanlægget består af en række buffertanke, pumper samt et kulfilteranlæg med 2 kulfiltre. Udledningen fra kulhuset til Vesterhavet er reguleret i en udledningstilladelse, som er udstedt af Lemvig Kommune.

### Monitering

Der udføres løbende 2 typer af monitering af anlæggets effektivitet. Rensningen af det oppumpede vand monitoreres ved at udtage prøver før og efter kulfilteranlægget, der udtages prøver 4 gange om året. Prøverne analyseres for en lang række af de stoffer, der findes i depotet.

Monitering af udsivning til havet sker ved en direkte måling i havet, samt en monitering i form af vandprøvetagning i en række boringer umiddelbart udenfor spunsen mod havet. Moniteringen foregår én gang om året. Prøverne analyseres for en lang række af de stoffer, der findes i depotet.

Resultatet fra moniteringen sammenfattes i et notat som sendes til Miljøstyrelsen og Kommunen.

## Tid

Arbejdstype	Indhold	Tid (dage)
Drift af anlæg	Tilsyn Div. reparationer	50
Monitering	Prøvetagning kulhus Prøvetagning hav+moniteringsboringer	2
<b>Samlet tidsforbrug</b>		<b>≈ 52</b>

Afværgeløsningen er etableret og i drift, der er derfor kun tidsforbrug til det løbende vedligehold og drift. Driften af anlægget skal dog opretholdes på ubestemt tid, da forureningen indenfor spunsen ikke fjernes eller nedbrydes.

## Effektivitet

Afværgemetoden fjerner ikke forurening, den forhindrer udelukkende udsivning og spredning af den eksisterende forurening.

## Forudsætninger

Herunder er en del af de forudsætninger der er gjort i forbindelse med metodebeskrivelsen og overslaget for tid og økonomi.

- Monitering og drift fortsætter med den nuværende intensitet
- Kystsikringen opretholdes af både region og stat
- Levetiden på spunsen er mere end. 25 år og der skal derfor sættes en ny spuns ved korrosion af den nuværende

## Økonomi

Opgave	Bemærkninger	Prisoverslag (mio. kr. ekskl. Moms/år)
Drift	Vedligehold Reparationer Pumper, kul mv. El Aflledning mv.	0,5
Monitering	Analyser	0,1
<b>Samlet pris pr. år</b>	Drift, vedligehold og monitering	<b>0,6</b>
Etablering af ny spuns	Arbejdsplads Afgravning Ny spuns + membran Adm. + uforudsete udgifter på ca. 20 % I alt ca. 15 mio. kr. for en ny spuns. Spunsen skal udskiftes 3 gange over en 100 årig periode	0,4
<b>Total pris pr. år</b>	Pris pr. år set over en 100 årig periode	<b>1</b>

Det fremgår af prisoverslaget at det koster ca. 1 mio. pr. år, at drive og vedligeholde det eksisterende anlæg over en 100 årig periode dvs. 100 mio. over hele perioden.

## Miljøpåvirkning/bæredygtighed

Region Midtjylland har i et samarbejdsprojekt med Danmarks Tekniske Universitet, Miljø, udviklet et såkaldt multikriterieværktøj til at foretage en sammenlignende bæredygtighedsvurdering for afværgealternativer. Værktøjet inddrager 5 hovedkriterier (Effekt, Økonomi, Tid, Miljø og Samfund) samt en række underkriterier. Løsningsmodellernes præstationer på de enkelte kriterier omregnes til en score fra 0-1. Denne score vægtes i forhold til et sæt af kriterievægte, som er bestemt af et interessentpanel. Panelet bestod af interessenter med interesse for lokalområdet.

Samlet set viser bæredygtighedsvurderingen at løsningsmodellen "fortsat indkapsling" er en relativt dårlig løsning for oprensning af depotet ved Høfde 42 sammenlignet med andre løsninger. Interessenterne har vurderet kriterierne Effekt og Samfund for at være meget vigtigt og derfor vægtes høje. Kriterievægte fastsat af interessenterne har stor indflydelse på bæredygtighedsvurderingens resultat. Afværge løsningen med "fortsat indkapsling" scorer derfor relativt dårligt i den udførte bæredygtighedsvurdering fordi løsningen har en lav effekt på forureningen, da der ikke sker en massefjernelse.

## Risiko/Usikkerhed (modenhed af teknologi, risikovurdering for hele projektet)

Modenheden af teknologien er vurderet i forhold til de forskellige delprocesser (usikkerheder og risici inkluderet).

- Indkapsling. Metoden er implementeret og driften er velkendt. Erfaringen med 8 års drift er, at spunsen er meget tæt. Det er derfor ikke nødvendigt at pumpe så store mængder grundvand som det egentlig var forventet.
- Rensning af vand vha. kulfilteranlæg er en velkendt metode. Dette anlæg er også implementeret og driften er kendt. Der er derfor ikke mange usikkerheder forbundet ved denne løsning.
- Etablering af ny spuns. Regionen har en del erfaring med etablering af spuns i depotet, der etableret en omkransende spuns ligesom man i forbindelse med et demonstrationsprojekt har etableret tre testceller vha. spuns.

Samlet set vurderes metoden "Fortsat indkapsling" at have en høj modenhed. Metoden er implementeret og driften af det eksisterende anlæg er kendt.

## Referencer

/1/ Region Midtjylland