Høfde 42
Notat 2.1C

Oprensningsscenarier for Høfde 42

REGION MIDTJYLLAND

29. JUNI 2021

Indhold

1	**Forord**	**5**
2	**Indledning**	**6**
3	**Baggrund**	**7**
4	**Målsætning for oprensningen**	**8**
5	**Indsatsområde for oprensningen**	**9**
5.1	Omfang af oprensning i forhold til acceptkriterier	9
5.2	Fastlæggelse af oprensningsniveauer	9
5.3	Oprensningsscenarier, voluminer	10
6	**Afværgemetoder**	**14**
6.1	In situ termisk afværge	14
6.2	Ex situ termisk afværge	15
6.3	Ex situ jordvask	15
7	**Beskrivelse af oprensningsscenarier**	**17**
7.1	Generelle forberedende arbejder	17
7.1.1	Adgangsforhold og arbejdsareal	17
7.1.2	Indledende arbejder	17
7.1.2.1	Flytning af havdige og sikring af oprensningsområde mod oversvømmelse	17
7.1.2.2	Fjernelse af membran og overliggende dæklag	18
7.1.2.3	Fjernelse af Testceller og testrør	18
7.1.2.4	Katodebeskyttelse	18
7.1.2.5	Fjernelse af Bunkere	19
7.1.2.6	Undersøgelsesboringer	19
7.1.2.7	Sikring af eksisterende installationer og ledningsanlæg	19
7.1.2.8	Afdræning af jorden inden for spunsen	20
7.2	In-situ termisk afværge	21
7.2.1	Oprensningsscenarier	21
7.2.2	Termisk anlæg	22
7.2.2.1	Termiske boringer	22
7.2.2.2	Moniteringsboringer	23

7.2.2.3	Sløjfning af boringer	23
7.2.2.4	Vaporcap	23
7.2.3	Behandlingsanlæg	23
7.2.4	Oprensningseffekt	25
7.2.5	Oprensningstid	25
7.2.6	Betydning af spunsens tæthed	25
7.2.7	Afkøling ved spuns	26
7.2.8	Driftsstop	26
7.2.9	Vejrforhold	27
7.2.10	Afledte effekter	27
7.2.11	Risikoanalyse for afgørende parametre	27
7.2.12	Supplerende projekteringsparametre	27
7.2.13	Arbejdsmiljø	27
7.2.14	Dokumentation af oprensning	28
7.2.15	Retablering	28
7.3	Ex situ termisk afværge	29
7.3.1	Termisk anlæg	29
7.3.2	Spuns	29
7.3.3	Afgravning og grundvandssænkning	30
7.3.4	Jordhåndtering	30
7.3.4.1	Afgravning af uforurenet jord under depotets membran	30
7.3.4.2	Opgravning af forurenet jord	30
7.3.4.3	Mellemdeponering af forurenet jord og transportveje	31
7.3.4.4	Opfyldning af udgravningen	31
7.3.4.5	Vejanlæg transport og pladser for håndtering af forurenet jord mv.	32
7.3.5	Behandlingsanlæg for forurenet jord	32
7.3.6	Oprensningseffekt	32
7.3.7	Oprensningstid	32
7.3.8	Driftsstop	33
7.3.9	Vejrforhold	33
7.3.10	Afledte effekter	33
7.3.11	Risikoanalyse for afgørende parametre	33
7.3.12	Supplerende projekteringsparametre	34
7.3.13	Arbejdsmiljø	34
7.3.14	Dokumentation af oprensning	34
7.3.15	Retablering	35
7.4	Ex situ jordvask	36
7.4.1	Jordvaske anlæg	36
7.4.2	Spunsvæg	36
7.4.3	Afgravning og grundvandssænkning	36

7.4.4	Jordhåndtering	36
7.4.5	Behandlingsanlæg	36
7.4.6	Oprensningseffekt	39
7.4.7	Oprensningstid	40
7.4.8	Driftsstop	40
7.4.9	Vejrforhold	40
7.4.10	Afledte effekter	40
7.4.11	Risikoanalyse for afgørende parametre	41
7.4.12	Supplerende projekteringsparametre	41
7.4.13	Arbejdsmiljø	41
7.4.14	Dokumentation af oprensning	41
7.4.15	Retablering	42
8	**Referencer**	**43**

BILAG:

1	Plan, indhold af sum pesticider i øvre jordlag
2	Plan, indhold af kviksølv i øvre jordlag
3	3.1 Oversigtsplan, udbredelse af kviksølv indenfor spunsvæg 3.2 Oversigtsplan, udbredelse af kvisksølv og pesticider.
4	Konceptuelt profilsnit med oprensningsscenarier
5	Plan, placering af bunkers
6	Plan, Cheminovahullet
7	Oversigtsplan, dræn i Cheminovahullet
8	Ledningsplaner, oversigt.

Projekt nr.: 10409136
Dokument nr.:
Version
Revision

Udarbejdet af MPC, HHN, HES
Kontrolleret af KWE
Godkendt af HES

1 Forord

I forbindelse med gennemførelse af afværgeforanstaltninger på en af Danmarks generationsforureninger – Høfde 42 – har Region Midtjylland i samarbejde med NIRAS udarbejdet en række tekniske notater, som skal ligge til grund for gennemførelsen af et udbud på gennemførelse af afværgeforanstaltninger på lokaliteten.

Der er udarbejdet et tilsvarende sæt af tekniske notater for den gamle Cheminova fabriksgrund, som også udgør en af Danmarks generationsforureninger.

For hver lokalitet er udarbejdet følgende tekniske notater, der for Høfde 42 navngives 2.1 A-C og for den gamle Cheminova fabriksgrund navngives 2.2 A-C:

A. Teknisk beskrivelse af anlæg
B. Beskrivelse af forureningsudbredelse, sammensætning og risikovurdering
C. Beskrivelse af oprensningsscenarier

For Høfde 42 er notat 2.1A delt i to notater:

2.1A-del 1: Beskrivelse af tekniske anlæg i det indspunsede område og uden for spunsen
2.1A-del 2: Vurdering af forhold for anlægsarbejde inden for spuns

I tillæg hertil er følgende notater udarbejdet, som er fælles for begge generationsforureninger:

- Notat 2.3: Beskrivelse af samtidig oprensning af Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund.
- Notat 2.4: Overvejelser vedrørende miljøpåvirkninger efter oprensning og konsekvenser for valg af afværgeteknik.
- Notat 2.5: Naturforhold – kortlægning af eksisterende naturforhold.
- Notat 2.6: Bæredygtighedsvurdering af oprensningsscenarier.

2 Indledning

Nærværende notat indeholder en beskrivelse af forskellige oprensningsscenarier for gennemførelse af afværgeforanstaltninger ved Høfde 42.

Formålet med notatet er at beskrive mulige oprensningsscenarier med baggrund i afværgemetoder:

- In situ termisk afværge
- Ex situ termisk afværge
- Ex situ jordvask

I kapital 3 er der foretaget en gennemgang af relevant baggrundsinformation. I kapitel 4 er foretaget en beskrivelse af målsætningen for oprensningen, mens der i kapitel 5 er en beskrivelse af indsatsområdet for oprensningen med baggrund i de i notat 2.4 beskrevne acceptable jordkoncentrationer for de stoffer, som der er fastlagt miljøkvalitetskriterier for i forhold til udsivning til recipienter og jordkvalitetskriterier. Kapitel 6 omhandler en kort beskrivelse af de afværgeteknikker, der tænkes anvendt til oprensningen af forureningen på Høfde 42, mens kapitel 7 indeholder en nærmere beskrivelse af de tre nævnte afværgeteknikker, mens der i kapitel 8 gives en samlet vurdering af de tre afværgeteknikker.

Nedenstående figur viser et oversigtskort over området ved Høfde 42 med placering af det indspunsede område (depot), Cheminovahullet, Rønland, Cheminovas Gamle Fabriksgrund m.m.

3 Baggrund

I perioden 1953-1962 deponerede Cheminova spildevand og fast affald mellem to sandklitter ved Høfde 42 med tilladelse fra myndighederne. Det deponerede affald består af blandt andet parathion, methyl-parathion, fyfanon/malathion, ethylsulfotep samt kviksølv.

I 1971 eksponerede en kraftig storm depotet. Som følge heraf fjernede myndighederne 1.250 m^3 forurenet sand fra en del af depotet, og en del af depotet blev dækket med en asfaltkappe. Asfaltkappen blev ødelagt ved en storm i 1981. I forbindelse hermed fjernede man asfaltkappen og 1.200 tons kemikalier beliggende over grundvandsspejlet. I 2000 blev det konstateret, at der stadig var udsivning af kemikalier til Vesterhavet. På baggrund heraf blev et forurenet område på 19.200 m^2 indkapslet med en spunsvæg, som blev rammet til kote ca. -10,8 meter. Arbejdet med spunsvæggen blev færdiggjort i 2006, hvor hele arealet blev dækket af en plastikmembran, og grundvandsniveauet blev sænket til ca. kote -0,8 m indenfor spunsvæggen for at reducere udsivningen.

Med henblik på 3D visualisering af forureningsudbredelse af kviksølv og pesticider i depotet er der foretaget visualisering af datapunkter og konturering af forureningsudbredelse i 2D og 3D. Dette arbejde er beskrevet i notatet: ”3D visualisering i Voxler, Høfde 42”. Resultatet af visualiseringerne er anvendt til fastlæggelse af oprensningsvoluminer i forbindelse med de kommende afværgeforanstaltninger.

For øvrige beskrivelser vedr. forureningsforhold henvises til notat 2.1B.

For beskrivelser af eksisterende tekniske anlæg ved Høfde 42 henvises til notat 2.1A – del 1, hvor der er givet en beskrivelse af tekniske anlæg hhv. indenfor og udenfor spunsvæggen.

I notat 2.1A – del 2 findes beskrivelser og vurderinger afværgeforanstaltningernes mulige konsekvenser for de tekniske installationer inden for spunsen ved Høfde 42. Derudover findes i dette notat endvidere en vurdering af behov og metode for afstivning af spunsvæggen ved udgravning, forhold omkring sænkning af grundvandet inden for spunsen samt indledende vurdering af graveprocedurer.

Endelig skal det bemærkes, at alle koter der nævnes i det følgende er i system DVR90.

4 Målsætning for oprensningen

I området ved Høfde 42 er der som ovenfor nævnt påvist en kraftig forurening med pesticidprodukter og kviksølv.

Depotet er i dag indkapslet af en omkransende afskærende spunsvæg og området er forseglet med en membran, der er dækket af tilført sand. Det er således ikke muligt at komme i direkte kontakt med forureningen.

Målsætningen med afværgeforanstaltningerne er dels at sikre at udsivningen fra depotet ikke udgør en uacceptabel risiko for Vesterhavet, dels at der ikke fremadrettet er en kontaktrisiko ved almindelig færdsel på stranden, herunder i det oprensede depotområde. Oprensningen skal således sikre, at udsivningen af restforureninger fra lokaliteten ikke giver anledning til påvirkning af Vesterhavet, der overskrider de marine miljøkvalitetskriterier.

Afværgeforanstaltningerne indebærer derfor en betragtelig massereduktion af forureningskomponenter i depotet, hvorved der opnås så lave restkoncentrationer, at ovennævnte målsætninger for oprensningen opfyldes selvom indkapslingen med spunsvæg og membran eventuel fjernes.

5 Indsatsområde for oprensningen

5.1 Omfang af oprensning i forhold til acceptkriterier

I notat 2.4 som omhandler vurderinger af miljøpåvirkninger af recipienter efter oprensning af både Høfde 42 og den gamle Cheminova fabriksgrund, er der angivet forslag til acceptable porevands- og jordkoncentrationer efter endt oprensning. Disse koncentrationer er beregnet ud fra en forudsætning om, at de fastsatte marine miljøkvalitetskrav kan overholdes i recipienten. På baggrund heraf er der angivet forslag til en maksimal jordkoncentration for pesticider på 0,1 mg/kg TS og for kviksølv på 25 mg/kg TS.

Med hensyn til risikovurdering i forhold til kontaktrisiko bemærkes, at der ikke er fastsat jordkvalitetskriterier for alle de påviste pesticider. Men for parathion er jordkvalitetskriteriet fastlagt til 0,1 mg/kg TS. Tilsvarende er jordkvalitetskriteriet for kviksølv 1 mg/kg TS, mens afskæringskriteriet er 3 mg/kg TS.

På baggrund heraf er der i nærværende notat opstillet scenarier for mulige indsatsområder for en kommende oprensning baseret på en jordkoncentration af kviksølv på såvel 1 mg/kg TS som 25 mg/kg TS. For pesticider baserer scenarierne sig på en jordkoncentration 0,1 mg/kg TS for sum pesticider.

Med baggrund i målte koncentrationer i jord for hhv. sum pesticider (primært: etylparathion, methylparathion, malathion, E-sulfotep) er der foretaget 3D visualiseringer i visualiseringsprogrammet Voxler. På baggrund heraf er der foretaget beregninger af de tilhørende jordvoluminer indenfor spunsvæggen og over kote -3 op til kote +3,5. Antages en koncentration på 0,1 mg/kg TS for sum pesticider, beregnes et oprensningsvolumen på ca. 144.000 m³. Anvendes 1 mg/kg TS for sum pesticider beregnes stort set samme volumen hvilket indikerer, at den horisontale afgrænsning er spunsvæggen og top og bund af simuleringsområdet.

For kviksølv viser en beregning med en jordkoncentration på 1 mg/kg TS et volumen på ca. 84.000 m³, ca. 77.000 m³ ved en koncentration på 3 mg/kg TS og voluminet kan beregnes til ca. 38.000 m³ ved 25 mg /kg TS. I bilag 3.1 er vist et fladeaftryk for kviksølv med en grænse på 25 mg/kg TS. På bilag 2 er anført indhold af kviksølv i jordprøver for de prøver, der er udtaget i de højeste niveauer, og som udgangspunkt over kote +1. En øvre flade for kviksølv med udgangspunkt i 1 mg/kg TS er som det fremgår af bilag 2 vanskelig at fastlægge. Men som det ses af bilag 2, kurven kote +2,0 m, er der områder hvor indholdet af kviksølv er over 1 mg/kg TS over kote +2, mens datagrundlaget er for spinkelt til at kunne foretage samme øvelse for kote +1. Der er således ikke data, der godtgør om kviksølv forekommer i koncentrationer over 1 mg/kg TS helt ud til spunsvæggen over kote +1 eller kun i dele af området.

5.2 Fastlæggelse af oprensningsniveauer

I Voxler simuleringen /7/ er data for overside gytje/silt/lerlag indlagt, og gennemsnitligt forekommer laget i kote -2,9. Overside af laget varierer mellem kote -2,3 og -4,0. De gennemførte undersøgelser på depotet viser, at der træffes en udbredt og meget kraftig forurening på toppen af dette gytje/silt/lerlaget, og nogle steder forekommer forureningen som fri fase, notat 2.1B.

Jordlagene under gytje-/silt-/lerlaget og ned til Fjordleren vurderes ikke umiddelbart at være i direkte hydraulisk forbindelse med Vesterhavet, som skitseret på

profilsnittet bilag 4, hvorfor det vurderes tilstrækkeligt alene at afskære udsivning for jordlag over eller i direkte kontakt med laget af gytje/silt/ler.

Oprensningen foreslås derfor gennemført ned til gytje/silt/ler og måske lidt ned i dette lag. Hermed det forventes, at den kraftigste forurening over gytje-/silt-/ler-laget fjernes sammen med den øverste del af selve gytje-/silt-/lerlaget fjernes. Denne afgrænsningen nedadtil er valgt ud fra ønsket om en større massereduktion.

Det øvre oprensningsniveau er i /1/ anført til kote +1,1 for området med slamlag over nedsivningsområdet samt til +1,5 for randområder. Ved de i /1/ foretagne beregninger af oprensningsvoluminerne er topkoten fastlagt til kote +1,0.

En nærmere gennemgang af foreliggende analysedata viser, at i den centrale del af oprensningsområdet er der over kote +1 truffet indhold af sum pesticider på op til 215 mg/kg TS, se bilag 1. Centralt i nedsivningsområdet, se bilag 1, træffes indhold af pesticider på over 1 mg/kg TS over kote +3,0. Som det ses af bilag 1, er det dog et beskedent datagrundlag ovennævnte betragtninger er baseret på. Især i den vestlige del af oprensningsområdet foreligger der ikke data for indhold af pesticider i jorden over kote +1.

Tilsvarende ses for kviksølv, at i nedsivningsområdet og dele af det indre randområde, se bilag 2, forekommer indhold af kviksølv over 1 mg/kg TS over kote +1,0.

Med forbehold for det beskedne datagrundlag, der er i dybdeintervallet fra terræn og ned til kote +1,0, er der med udgangspunkt i forureningsudbredelsen som anført på bilag 1 opstilles tre overordnede oprensningsscenarier, hvor det antages, at jorden over de i nedenstående tabel 5.1 anførte øvre oprensningsniveauer indeholder koncentrationer af pesticider hhv. kviksølv , der er mindre end de acceptable koncentrationer jf. notat 2.4.

5.3 Oprensningsscenarier, voluminer

De nedenfor beskrevne oprensningsscenarier A - C er uafhængig af oprensningsmetoden, dvs. om det er in-situ eller ex-situ oprensning. Oprensningsscenarierne er konceptuelt skitseret på bilag 4.

Oprensningsscenario A, se tabel 5.1 og figur 5.1, er det mest konservative, hvor al jord fra ca. underside membran og ned til kote -3,0 oprenses. Dette betyder at der totalt set skal behandles ca. 130.000 m³ forurenet jord.

Tabel 5.1. Skøn over mulige oprensningsvoluminer.

Scenario A

Oprensningskote		Mægtighed	Areal	Volumen	Parameter som skal oprenses	
Fra	Til	(m)	(m²)	(m³)	Pesticider	Hg
-3	3,5	6,5	19.700	128.050	+	+
Sum				128.050		

Scenario B

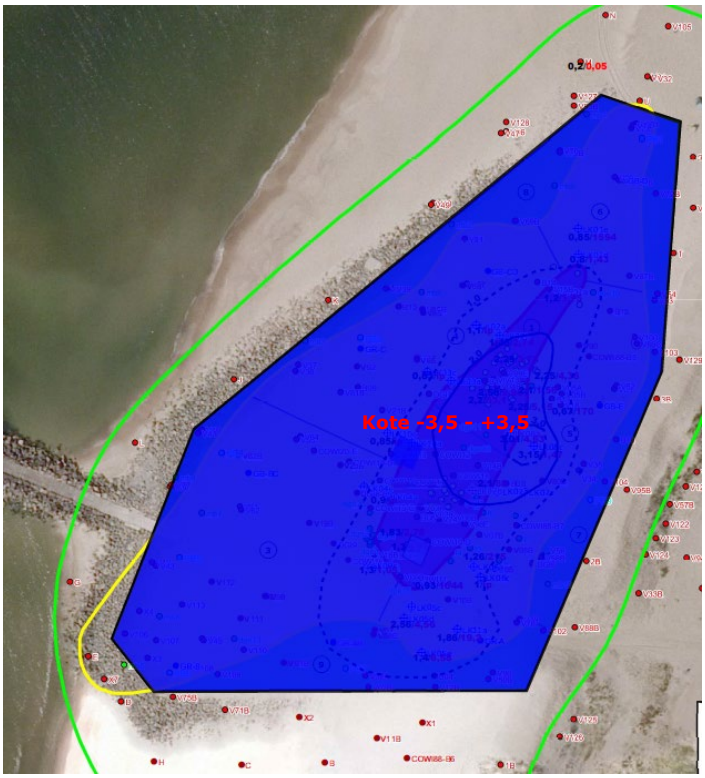
Oprensningskote		Mægtighed	Areal	Volumen	Parameter som skal oprenses	
Fra	Til	(m)	(m²)	(m³)	Pesticider	Hg
-3	2,5	5,5	16.700	91.850	+	+
-3	3,5	6,5	3.000	19.500	+	+
Sum				111.350		

Scenario C

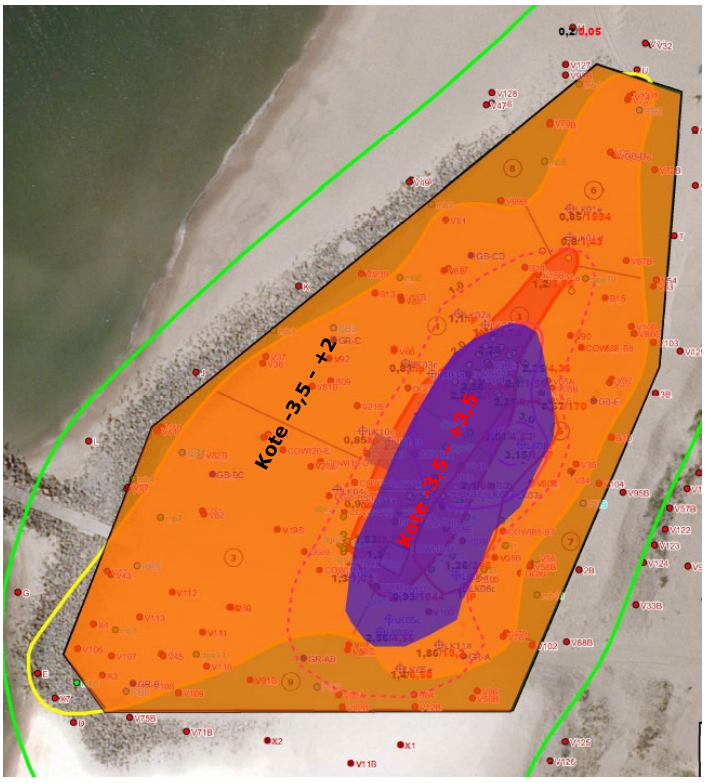
Oprensningskote		Mægtighed	Areal	Volumen	Parameter som skal oprenses	
Fra	Til	(m)	(m²)	(m³)	Pesticider	Hg
-3	1	4	13.900	55.600	+	-
-3	2,5	5,5	3.000	16.500	+	+
-3	3,5	6,5	3.000	19.500	+	+
Sum				91.600		

I scenario B antages, se tabel 5.1 og figur 5.2, at det kun er i den centrale del af oprensningsområdet, stort set svarende til "nedsivningsområdet som skal oprenses op til kote +3,5. Det øvrige område oprenses til kote +2,5. Her vil der i alt blive tale om oprensning af i alt ca. 110.000 m³ jord.

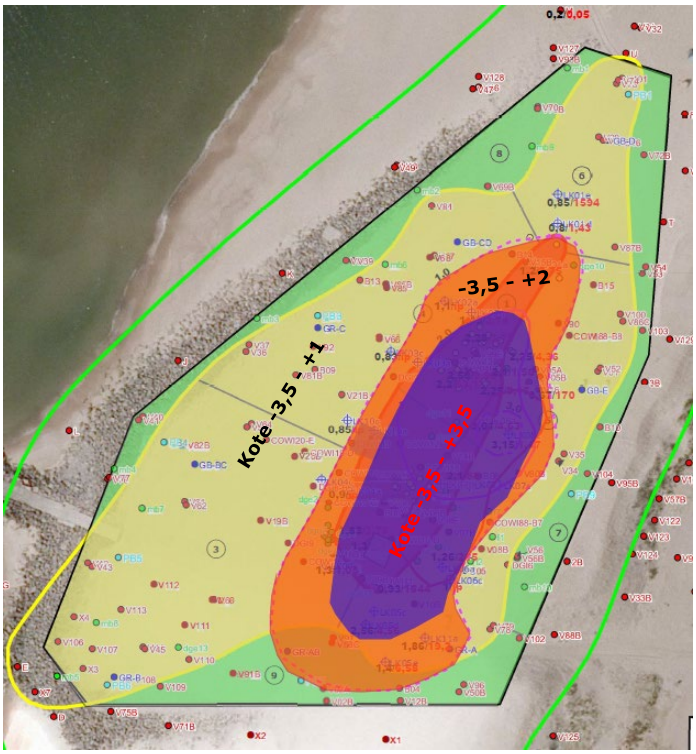
Endelig, hvis det kan forudsættes, at data som præsenteret i bilag 1 kan lægges til grund for en oprensningsstrategi, og at jord over kote +1 ikke er forurenet, kan oprensningsvoluminet reduceres yderligere, således at det samlede volumen udgør ca. 90.000 m³. Det forudsættes endvidere, at der ikke oprenses for kviksølv i den yderste zone over kote +1. Oprensningsteknisk vil denne adskillelse formentlig være mest relevant for in-situ termisk oprensning, mens gevinsten ved ex-situ løsninger vil være mindre, da overliggende jord alligevel skal afgraves for at komme til den forurenede jord.



Figur 5.1. Oprensningsscenario A.



Figur 5.2. Oprensningsscenario B.



Figur 5.3. Oprensningsscenario C.

I tidligere redegørelser, bl.a. /1/, er oprensning af forurening med pesticider og kviksølv fastlagt til at ske inden for dybdeintervallet kote ca. +1,0 og ned til kote ca. -3,0. Masseopgørelsen inden for dette område er beregnet til ca. 100 ton pesticider og 7 ton kviksølv. Udvides oprensningsdybden ned til kote -3,5 vil der yderligere beregningsmæssigt forekomme ca. 44 ton pesticider.

6 Afværgemetoder

Nedenfor er givet en kort beskrivelse af de tre relevante afværgemetoder for oprensning af forureningen ved Høfde 42:

- In situ termisk afværge
- Ex situ termisk afværge
- Ex situ jordvask

6.1 In situ termisk afværge

Metode. In-situ termiske afværge kan f.eks. foretages ved konduktiv opvarmning (TCH – Thermal Conductive Heating) af jorden. Denne metode udnytter jordmatircens varmeledningsevne, hvilket betyder, at der kan opnås temperaturer i oprensningszonen væsentligt over 100 °C. Andre metoder til opvarmning af jorden kan f.eks. være ERH (Eletrical Resistance Heating) eller injektion af damp (SEE – Steam Enhanced Extraction). Karakteristisk for disse to metoder er, at der i oprensningsvoluminet ikke kan opnås temperaturer væsentligt over 100 °C.

Et tidligere udført treatabilityforsøg /3/ har vist, at der ved opvarmning til ca. 100 °C kan opnås en ret stor massefjernelse af de pesticider, der forekommer i Høfde 42 depotet, op til 90 %. Men ved denne temperatur forekommer der ikke reduktion af indholdet af kviksølv i jorden, og det er ikke sikkert at en massefjernelse af pesticider på ca. 90 % vil tilgodese den opstillede målsætninger for acceptable udsivning af pesticider til Vesterhavet.

Det gennemførte pilotforsøg /2/ med konduktiv opvarmning af jord fra Høfde 42 har vist, at ved denne metode er det muligt at opnå temperaturer inden for oprensningsvoluminet, hvor både pesticider og kviksølv kan fjernes til ret lave værdier afhængig af den faktisk opnåede temperatur. Således viser pilotforsøget, at kviksølv kan oprenses til en slutkoncentration på 0,5 mg/kg TS – 5 mg/kg TS ved opvarmning til ca. 500 °C, hvor oprensningsgraden er temmelig afhængig af beluftningen af jordmatrix. Den mest effektive massefjernelse af pesticider synes at forekomme ved opvarmning af jorden til 200 °C, hvor hovedkomponenterne er oprenset til koncentrationer mindre end 0,05 mg/kg TS, jf. /2/.

For helt at fjerne pesticiderne fra jorden i oprensningsområdet vurderes det således optimalt at opvarme til 200 ℃ eller derover. I depotet forekommer en del svovl og svovlforbindelser. Fordampning og mobilisering af disse sker når jorden opvarmes til mere end 170-220 ℃. Som nævnt ovenfor forventes den mest effektive fjernelse af kviksølv på metallisk form og bundet som kviksølvsulfid at ske ved en opvarmning af jorden til ca. 500 °C, alt afhængig af beluftningen af jordmatricen.

Massefjernelse. Hovedparten (99,9%) af pesticiderne dekomponerer ved den termiske oprensning. Resten ekstraheres sammen med den fordampede svovl og kviksølv og føres til et behandlingsanlæg for udfældning, kondensering og opsamling.

Teknik. For opvarmning af jorden etableres et antal varmeboringer, hvori et varmelegeme leverer energi til oprensningsområdet. Mobiliseret forurening bliver efterfølgende ekstraheret fra et antal ekstraktionsboringer etableret inden for oprensningsområdet og den ekstraherede luft føres til et behandlingsanlæg for opsamling af forureningskomponenter.

Det er centralt for teknikkens effektivitet, at oprensningsområdet er afskåret for tilstrømmende grundvand, da jordlag med kraftig grundvandsstrømning kan være vanskelige at opvarme pga. vandets kølende effekt sammen med et omfattende energiforbrug til at koge vandet væk. Det er således vigtigt, at der er hydraulisk kontrol med grundvandet og sikret den nødvendige sænkning af vandspejlet i og tæt på oprensningsområdet. Det oppumpede vand renses før udledning til recipient.

6.2 Ex situ termisk afværge

Metoden er kendetegnet ved, at oprensningen foretages ved at opgrave den forurenede jord og behandle den On-site i et behandlingsområde nær Høfde 42 depotet.

Det termiske behandlingsanlæg bygger på de samme principper som den in-situ termiske afværgeteknik med konduktiv opvarmning (TCH).

Behandlingsanlægget etableres i et bygningsværk/en pile, der isoleres. I bygningsværket/pilen installeres hhv. varmelegemer og ekstraktionsrør, der kan opvarme jorden mobilisere og fjerne forureningsstofferne på samme måde som ved den in situ termiske afværge.

Den mobiliserede forurening fra bygningsværket/pilen fjernes ved en kraftig ekstrahering fra et antal ekstraktionsfiltre og føres til et behandlingsanlæg for udfældning, kondensering og opsamling.

Tilsvarende ved den in situ termiske afværge er det centralt for teknikkens effektivitet, at den opgravede jord, der skal behandles, har en lavt vandindhold. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at gennemføre en dræning/grundvandssænkning inden for spunsvæggen ned til under kote -3,5 og en fornøden trykaflastning i sandlaget under det gennemgående gytje-/silt-/lerlag. Det oppumpede vand må forventes at være forurenet med pesticider og kviksølv, og vil derfor skulle før udledning til recipient.

6.3 Ex situ jordvask

Ved Ex situ jordvask fjernes forureningskomponenterne ved at opgrave jorden inden for oprensningsområdet og lade den gennemløbe en række procestrin, hvor den opgravede jord, sigtes, separeres og behandles i en vaskeproces med en behandlingsvæske, der frigør forureningen fra jordkorn til væskefasen.

Separeringen af den opgravede jord kan eksempelvis gennemføres med tromlesier, hydrocykloner og vaskeprocessen kan eksempelvis omfatte højtryksspuling, ekstraktion og flotation.

Vaskevandet vil være forurenet og vil kræve behandling med henblik på genanvendelse i vaskeprocessen og før udledning til kloak eller recipient.

Som restprodukt fra jordvasken dannes en slamfraktion, der afvandes. Slammet er kraftigt forurenet og slutbehandles på eksternt behandlingsanlæg eller deponeres på godkendt deponi.

Der genereres løbende en mindre mængde overskudsvand fra vaskeprocessen. Dette vand renses i et vandbehandlingsanlæg inden det udledes til f.eks. recipient.

I forbindelse med opgravningen vil der på samme måde som for Ex situ termisk afværge være behov for dels en dræning/grundvandssænkning dels en sikring af trykaflastningen under det gennemgående gytje-/silt-/lerlag.

7 Beskrivelse af oprensningsscenarier

I nedenstående afsnit er givet en beskrivelse af de 3 forskellige oprensningsteknikker, hhv. in situ termisk afværge, ex situ termisk afværge og ex situ jordvask. Til hver oprensningsteknik kan der være nogle oprensningsscenarier som det vil være hensigtsmæssigt at opdele oprensningsvoluminet i.

7.1 Generelle forberedende arbejder

7.1.1 Adgangsforhold og arbejdsareal

Adgang til entrepriseområdet kan som udgangspunkt ske fra Thyborønvej [181] ved afkørsel til sidevej mod vest ved Rønland.

Det område, som det vil være muligt at disponere over til opstilling af skure, mødelokale, materialer og til behandlingsanlæg og andet, der vurderes at være nødvendigt ved etablering og drift af oprensningen inkl. forberedende arbejder og retablering, kan f.eks. etableres på en del af den nordlige del af Cheminovahullet. Områdets placering er vist på bilag 6 og er en del af det opfyldte område i Cheminovahullet.

Underlaget i området skal sikres tilstrækkeligt til at modstå den belastning og det slid som etablering og drift af arbejdspladsen måtte medføre. Det vil således være hensigtsmæssigt at udlægge et fast kørelag af grus på ca. 0,5 m samt afdække overfladen med køreplader. Anvendes og opbevares kemikalier, flydende væsker (f.eks. brændstof) o.l. bør disse opbevares i f.eks. tætte spildbakker, tæt underlag med opkant eller lignende, således at der sikres mod nedsivning og spredning af kemikalier og forureningsstoffer.

Under hele "Cheminovahullet" er der etableret et drænsystem som helst ikke må beskadiges under gennemførelsen af afværgeforanstaltningerne, da afdræningen gerne skulle forblive i drift under gennemførelse af afværgeforanstaltningerne.

Forsyningsforhold i området er beskrevet i notat 2.1A. Der er ført ledningsvand frem til Kulhus. Det bør undersøges om denne vandforsyning er tilstrækkelig for det fremtidige forsyningsbehov for rent vand. Hvis dette ikke er tilfældet kan der evt. lokalt opstilles vandtank for døgnudligning eller der kan etableres egen forsyning fra Lemvig Vand & Spildevands hovedledning i Thyborønvej.

Sanitært spildevand og spildevand i øvrigt fra drift af arbejdspladsen må forventes at skulle bortskaffes med slamsuger ved aftale med f.eks. Lemvig Vand & Spildevand.

Elforsyning til drift af arbejdsplads forventes at kunne etableres fra transformatoren nær Kulhus, hvortil der er fremført 10 kV kabel til transformerstation.

7.1.2 Indledende arbejder

For at forberede til de arbejder, der er knyttet specifikt til oprensningen af Høfde 42 er det nødvendigt at gennemføre en række indledende arbejder i og omkring oprensningsområdet.

7.1.2.1 Flytning af havdige og sikring af oprensningsområde mod oversvømmelse

Oprensningsområdet er delvist beliggende under den yderste klitrække, Havdiget.

Den østlig del af oprensningsområdet er beliggende under Havdiget, hvorfor dette fjernes i nødvendigt omfang. Sandet fra diget forudsættes at være rent, og det bør derfor deponeres på stranden hhv. nord og syd for oprensningsområdet. For at sikker at sandet ikke eroderes væk under gennemførelse af afværgen vil det være hensigtsmæssigt at mellemdepoterne erosionssikres eller det sikres, at der vil være adgang til genopbygning af diget med indpumpet sandfyld.

Da oprensningsområdet er beliggende ud til Vesterhavet er der risiko for oversvømmelse af oprensningsområdet dels som følge af regelmæssige forekomster af højvande dels som følge af stormflodshændelser.

Det er derfor vigtigt at sikre oprensningsområdet mod disse vejrforhold ved f.eks. etablering af bølgebrydere, egentlige afskærende foranstaltninger m.m.

Det vil formentlig være vanskeligt at sikre anlægsområdet helt med dæmninger, der kan modstå ekstrem højvande og bølgepåvirkning fra stormhændelser. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at forsøge at mindske risikoen for sådanne ekstremhændelser ved at tilrettelægge kritiske arbejdsperioder udenfor vintermånederne, hvor disse oftest forekommer. En sådan strategi indebærer således en kalkuleret risiko og en varslingsperiode, som i givet fald skal kunne anvendes til skadesbegrænsning i henhold til en beredskabsplan.

7.1.2.2 Fjernelse af membran og overliggende dæklag

Sandlaget der er beliggende over depotets topmembranen og selve membranen skal fjernes. Sandlaget forventes at være uforurenet og udgør af størrelsesordenen 10.000 m³. Det bør undersøges om membranen kan bortskaffes til genbrug.

7.1.2.3 Fjernelse af Testceller og testrør

Inde i oprensningsområdet er der i forbindelse med pilot test for basisk hydrolyse etableret tre testceller med spunsjern. Spunsjernene er 15,5 meter lange og har topkote i +4,3 m (DVR90) og spidskote i -11,2 (m DVR90). Testcellerne er 10 m x 10 m.

I forbindelse med detailprojektering af afværgeforanstaltningerne afgøres om det er mest hensigtsmæssigt at trække spunsjernene op eller lade dem stå. Nær testcellerne er der rammet 4 ø 200 cm testrør som er rammet til samme dybde som testcellerne. Det er vigtigt, at hvis det vælges at trække testrørene op skal det sikres, at jorden inde i rørene ikke følger med op, da der så vil være risiko for at der dannes en "skorsten" for nedsivning af kraftig forurening fra de øvre jordlag.

Testceller og testrør er nærmere beskrevet i notat 2.1A Del-1.

7.1.2.4 Katodebeskyttelse

For beskyttelse af den omkransende spuns omkring oprensningsområdet mod galvanisk korrosion er der inden for og uden for oprensningsområdet etableret katodebeskyttelse i form af boringer med "offeremner" og tilhørende kabling.

Katodebeskyttelsen afbrydes og tilhørende elementer bortskaffes.

Katodebeskyttelsen er nærmere beskrevet i notat 2.1A Del-1.

7.1.2.5 Fjernelse af Bunkere

Inden for oprensningsområdet findes to begravede bunkers. Uden for den nordvestlige del af oprensningsområdet findes yderligere en bunker, se bilag 5.

Bunkerne er ikke fredet og kan om nødvendigt graves op og fjernes. Graves bunkerne op, knuses og fjernes vil det formentlig være behov for en indledende miljøscreening af betonen for at sikre den er uforurenet. Evt. kan det måske tillades at det knuste materiale genplaceres i udgravningen.

De eksisterende bunkere i og ved oprensningsområdet er nærmere beskrevet i notat 2.1A Del-1.

7.1.2.6 Undersøgelsesboringer

Oprensningen foretages ved så høje temperaturer, at de filtersatte undersøgelsesboringer formentlig ikke vil være anvendelige som f.eks. ekstraktionsboringer eller lign. Det vurderes om det af hensynet til oprensningen er nødvendigt at fjerne rørene eller sløjfe dem.

Indgår filterrørene ikke som en del af afværgeforanstaltningerne bør de sløjfes ved opfyldning med cementgrout og i øvrigt jf. BEK nr. 1260 af 28-10-2013.

7.1.2.7 Sikring af eksisterende installationer og ledningsanlæg

Inden for oprensningsområdet og området for etablering af arbejdsplads og behandlingsanlæg er der ledningsanlæg og tilhørende installationer, forsynings- og signalkabler, hvis funktion skal sikres under hele entrepriseperioden. Funktionen kan sikres ved at skærme eller forstærke de eksisterende installationer. Alternativt kan ledningsanlæg om muligt omlægges.

Nedenfor er kortfattet beskrevet de ledningsanlæg, der forekommer inden for oprensningsområdet og området for etablering af arbejdsplads, og som bør sikres mod skadelig påvirkning fra etablering og drift af afværgeforanstaltningerne. For nærmere informationer henvises til notat 2.1A Del-1.

<u>Eksisterende grundvandssænkning i oprensningsområde</u>

For hydraulisk kontrol med vandet inden for spunsen af oprensningsområdet er der etableret 8 grædebrønde, hvorfra der er ført ledninger frem til en teknikbrønd, hvorfra det opsamlede vand pumpes til rensning på Kulhus. Hvis entreprenøren finder det fordelagtigt, kan de etablerede installationer som boringer, brønde, lednings- og kabelanlæg m.m. tages op og bortskaffes. Evt. bortskaffelse bør ske i henhold til myndighedernes anvisning.

<u>Dræning af Cheminovahullet</u>

For dræning af Cheminovahullet er der etableret et system af drænledninger, se bilag 7, der samles i en pumpebrønd hvorfra vandet pumpes ud i Vesterhavet via trykledningen, der er ført ud i Høfde 42. Dette anlæg skal forblive intakt og være i drift under og efter etablering og drift af afværgeforanstaltningerne.

Trykledningen løber lige gennem det indspunsede område, hvorfor denne må sikres ved midlertidig eller permanent omlægning.

<u>Afløbsledning fra FMC/Cheminova</u>

For afledning af renset spildevand fra FMC/Cheminova er der etableret trykledninger, som er ført ca. 500 m ud i Vesterhavet. Trykledningen er ført gennem Cheminovahullet og syd om det indspunsede område og herfra ud i Vesterhavet, se bilag 8.

Det er meget vigtigt at disse ledninger er i drift, og ikke beskadiges under etablering og drift af afværgeforanstaltningerne. Ved evt. udvendig forankring af spunsvæggen er det dog vigtigt at sikre sig, at forankringerne ikke hverken under installation eller drift giver anledning til skader på disse ledninger.

Hvis der etableres anlæg med stor belastning på jorden er det vigtigt, at disse anlæg placeres således at de ikke giver skade på ledningerne.

7.1.2.8 Afdræning af jorden inden for spunsen

For både in-situ termisk oprensning og ex-situ teknikker, der omfatter opgravning af den forurenede jord, udføres indledningsvis en afdræning af oprensningsvoluminet. For in-situ termisk vil afdræningen betyde, at der ikke skal bruges energi til bortkogning af vand, mens afdræning og sænkning af vandspejlet inden for spunsen er nødvendig for at kunne gennemføre opgravning af den forurenede jord.

Dræningen kan foretages ved f.eks. at etablere et antal pumpeboringer inden for spunsen. For dels at sikre mindst mulig vandtilstrømning til selve oprensningsvoluminet, dels at stabilisere udgravningens bund vil det være hensigtsmæssigt at filtersætte boringerne både over og under laget af gytje/silt/ler, samt evt. permanent at opretholde en oppumpning af vand fra de dybe filtre.

Selvom Fjordleren anses for meget lavpermeabel kan det ikke udelukkes, at da der etableres en ret stor vertikal gradient kan der sive vand gennem leren og op i oprensningszonen. Ved in situ termisk opvarming vil dette betyde ekstra energiforbrug til bortkogning af vand, hvis ikke det opsivende bortpumpes.In-situ oprensningen forventes at skulle foretages med fuld opvarmning ned i gytje-/silt-/lerlaget. Herved vil der også være behov for at opvarme jorden under dette lag, hvorfor der vil være behov for at dræne til et niveau under gytje-/silt-/lerlaget og holde det afdrænet under varmeperioden. Hertil kommer også indsivende vand gennem evt. utætheder i spunsvæggen. Omfanget af dette kendes ikke, men i Notat 2.1A-Del1 er der gjort nogle overvejelser om indsivning i forholdt til den afsænkning der sker for indeværende.

En størrelsesorden af vandmængden, der kan blive behov for at oppumpe kan beregnes med udgangspunkt i Fjordler i kote ca. -9, er der en mættet zone på ca. 8 m under det nuværende sænkede trykniveau. Dette svarende til en vandmængde på 45.000 m³ til 50.000 m³. En del af laget udgøres dog af lavpermeable jordlag af ler og silt, hvorfor den reelle vandmængde, der indledningsvis kan pumpes op formentlig udgør 35 – 40.000 m3.

Ved ex situ løsningerne med opgravning til f.eks. kote -3,0 og dermed omtrent 4 m under vandspejlsniveauet inden for spunsvæggen vurderes der at være behov for at sikre en fornøden trykaflastning i sandlaget under det gennemgående gytje-/silt-/lerlag, således at der ikke sker bundbrud. Den eksisterende spunsvæg og det underliggende lag af fjordler vil i princippet hindre væsentlig indstrømning af vand, men selv en beskeden grundvandssænkning kan være påkrævet dels for at opnå en dræning ned under udgravningens bund, hvorved der opnås en vis stabilitet af bunden i udgravningen, dels for at forebygge et egentligt bundbrud i det tynde gennemgående gytje-/silt-/lerlag.

Det er tidligere vurderet, at der må kunne forventes at skulle drænes og renses i størrelsesordenen 17.000-25.000 m³ vand inden for spunsen /1/, hvilket vurderes som et fornuftigt estimat med udgangspunkt i arealet inden for spunsen på omkring 19.700 m^2 og behov for en dræning/grundvandssænkning på 3 - 4 meter under det nuværende sænkede niveau.

Generelt vurderes de anførte vandmængden at være behæftet med nogen usikkerhed. I /1/ er det vurderet, at en kapacitet på ca. 25 m³/t er passende for afdræning af depotet. Efter som afdræningen af depotet skrider frem vil tilstrømningen til pumpeboringerne dog falde, hvorfor tidsforløbet for afdræningen bør vurderes ud fra en mindre ydelse.

Det oppumpede vand kan forventes at være kraftigt forurenet med de i Notat 2.1B nævnte stoffer. Hvis vandet udledes til recipient vil der være behov for rensning af vandet for overholdelse af kriterierne i udledningstilladelsen.

Umiddelbart foreligger der ikke udledningstilladelse for afværgeprojektet, men muligvis kan den eksisterende udledningstilladelse for Kulhus danne grundlag for udarbejdelse af en tilladelse til udledning af renset vand fra afværgeprojektet.

Forhold omkring dræning af den øvre del af depotet og potentialeforhold er beskrevet i notat 2.1A Del-2.

7.2 In-situ termisk afværge

7.2.1 Oprensningsscenarier

Indledningsvis fjernes nødvendig del af stensætninger og havdige som anført ovenfor. Herefter bortgraves jord over membranen. Denne jord kan forventes at være uforurenet, og kan genanvendes til diverse opfyldning. Jorden graves af og lægges i mellemdepot for senere genanvendelse

Som anført i afsnit 5 er der forskellige muligheder for valg af oprensningsvolumen/oprensningsscenarier, alt afhængig af i hvilket omfang jorden under membranen og ned til kote ca. +1 er forurenet.

Den fornødne nødvendige temperatur til sikring af oprensningen af pesticider vurderes at skulle opnås over hele oprensningsvoluminet for at opnå en tilstrækkelig effektiv oprensning. For kviksølv kan der måske laves en differentiering i opvarmningen, dels fordi kviksølvforureningen ikke er udbredt overalt indenfor spunsvæggen, dels betinget af valg af acceptkriterie og om der vil være samme målsætninger over hele oprensningsdybden.

Umiddelbart vurderes det mest optimalt at foretage termisk in-situ oprensningen som en samlet oprensning af hele voluminet. Opdeling i delvoluminer kunne være

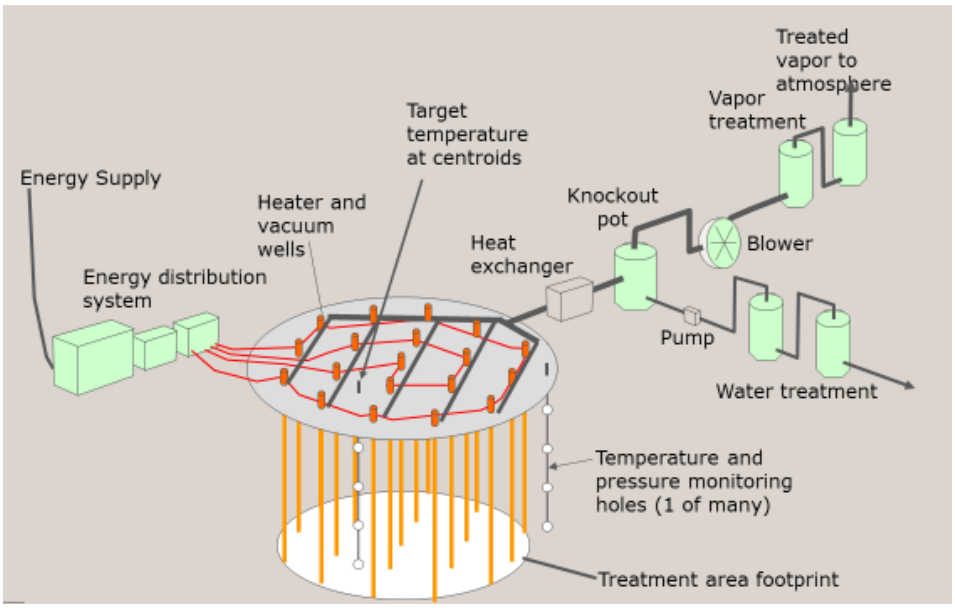
en mulighed, men i så fald vil det være vigtigt at sikre, at der ikke sker indsivning af vand og dampe fra ikke oprensede delområder eller delområder, der er under oprensning. Denne adskillelse skal således være tæt for både vand og dampe samt kunne tåle opvarmning.

7.2.2 Termisk anlæg

Som en del af etableringsfasen udarbejdes endeligt design af det termiske anlæg. Som nævnt i afsnit 6 vurderes termisk oprensning at skulle udføres om konduktiv opvarmning (TCH) for at kunne opnå temperaturer på 200 ℃ eller mere for oprensning af pesticiderne og indtil ca. 500 ℃ for oprensning af kviksølvforbindelserne.

I det følgende er der derfor alene foretaget en konceptuel beskrivelse af det termiske anlæg, der kan variere med den enkelte tekniks evne til at opvarme jorden samt omfang af opvarmningsvolumen som beskrevet i afsnit 5 (oprensningsscenario A, B eller C).

Det termiske anlæg etableres som et lukket system med procestrin, der sikrer en tilstrækkelig rensning af jorden inden for oprensningsområdet samtidig med, at der ikke sker emission af forureningsstoffer og spredning af forureningsstoffer ud fra oprensningsområdet. I nedenstående figur 7.2.1 er vist et konceptuelt design af et komplet termisk anlæg.



Figur 7.2. Konceptuel design af termisk anlæg til oprensning af jord.

Som energi til opvarmning af jorden kan anvendes el eller forsile brændsler som olie og gas.

7.2.2.1 *Termiske boringer*

Entreprenøren projekterer det nødvendige antal varmeboringer og deres konfiguration for at sikre den tilstrækkelige opvarmning af oprensningsområdet.

Boringerne etableres til en dybde, der sikrer, at siltlaget inden for spunsen oprenses, hvilket betyder at varme og ekstraktionsboringer føres et passende stykke ned under gytje-/silt-/lerlaget.

Varmeboringerne udbygges med materialer, der er varmebestandige i forhold til den valgte termiske oprensningsmetode, de nødvendige opvarmningstemperaturer, forureningsstoffer og de geokemiske forhold på lokaliteten. Boringerne må eksempelvis ikke kollapse, lukkes til som følge af tilklogning eller fejle på anden måde som følge af varmeudviklingen eller andre effekter fra oprensningen.

For at fjerne forureningen, der bringes på gasform, etableres et antal ekstraktions- og beluftningsboringer. Tilsvarende varmeboringerne er det vigtigt, at de designes til at kunne modstå temperaturen i oprensningsområdet.

I designet af varme, beluftnings- og ekstraktionsboringer er det vigtigt at sikre, at der ikke sker en forureningsspredning gennem gytje-/silt-/lerlaget.

Varmeboringer etableres typisk med en indbyrdes afstand på 2,5 – 4 m, alt afhængig hvilken teknik, der anvendes til opvarmning. Det må således påregnes, at der i oprensningsdesignet indgår ca. 2.000 til 2.500 varmeboringer som typisk vil blive ført 1 m til 1,5 m under oprensningszonen.

7.2.2.2 Moniteringsboringer

For at overvåge oprensningen etableres et antal moniteringsboringer for at sikre den tilstrækkelige overvågning af temperaturudviklingen i oprensningsområdet. Ligeledes etableres kontrolboringer til monitering af tryk- og ventilationsforhold i oprensningsområdet. Boringerne fordeles strategisk med en lille overvægt af antal boringer i randområder og øvrige jævnt fordelt over oprensningsområdet. Efterlades testceller og bunkers indrettes antal moniteringsboringer således at der også moniteres i disse særlige områder.

For temperaturmoniteringsboringerne vurderes det vigtigt, at den lodrette fordeling af temperaturfølere er ret tæt i top og bund af oprensningsområdet mens der kan opereres med lidt større afstand i den midterste del af oprensningsområdet.

Som for varmeboringerne udbygges moniteringsboringerne af materialer, der er varmebestandige i forhold til den valgte termiske oprensningsmetode, de nødvendige opvarmningstemperaturer, forureningsstoffer og de geokemiske forhold på lokaliteten.

7.2.2.3 Sløjfning af boringer

Fra boringer, der er ført ned under behandlingszonen, dvs. under gytje-/silt-/lerlaget inden for oprensningsområdet, kan der strømme sekundært grundvand op i behandlingszonen, der vil medføre en afkøling af denne. Entreprenøren skal i forbindelse med sin projektering vurdere om det er nødvendigt at sløjfe disse boringer for at sikre en effektiv oprensning.

7.2.2.4 Vaporcap

Efter at alle installationer til det termiske anlæg er etableret vurderes det fordelagtigt at udlægge et dæklag af f.eks. letbeton over oprensningsområdet for at skabe et isolerende og tæt lag (Vapor Cap). Vapor Cap'en kan reducere varmetabet fra oprensningsområdet samt at hindre uønsket spredning af mobiliseret forurening fra oprensningsområdet.

7.2.3 Behandlingsanlæg

Den forurening, der ekstraheres til poreluften ved opvarmningen skal fra ekstraktionsboringerne føres til et behandlingsanlæg for udskilning og opsamling.

Rørføringen frem til behandlingsanlægget og selve behandlingsanlægget bør etableres i materialer, der er varmebestandige i forhold til den valgte termiske oprensningsmetode, de nødvendige opvarmningstemperaturer, forureningsstoffer og de geokemiske forhold på lokaliteten.

Med udgangspunkt i erfaringer fra tidligere gennemførte termiske oprensninger og erfaringer fra den gennemførte pilot-test af kviksølvfjernelse fra jord på Høfde 42 /2/ kan nogle af de mulige procestrin for rensning af forureningen i behandlingsanlægget være:

- Udfældningstank, hvor opvarmet forurenet luft tilledes for køling af luften og udfældning af svovl og fine sandpartikler.
- Vandudskiller for separering af vand og luft inden luften ledes til rensning i f.eks. en katalytisk oxidizer og videre til finpudsning gennem f.eks. kulfiltre. Direkte afbrænding af luften kan måske også være en mulighed, men så skal det sikres, at der ikke dannes og udledes toksiske gasser.
- Opsamling af kondensat fra udfældningstank og fra vandudskiller.
- Rensning af vand gennem f.eks. kulfiltre, hvor der kan anvendes svovlimprægneret aktiv kul for opsamling af kviksølv på kullene eller anden type rensningsproces, som kan reducere indholdet af forureningskomponenter i vandet til under udledningskriterierne.

I forbindelse med pilottesten er der opsamlet erfaringer med den nødvendige opvarmning for fordampning og dekomponering af forureningsstofferne samt de risici, der er knyttet til opvarmningen /2/.

I nedenstående tabel 7.1 er gengivet oversigten over fordampningstemperaturen af forureningsstofferne under opvarmning af jord fra Høfde 42 depotet.

Temperatur / °C	Forureningsstof	Risici
70-100	Organiske opløsningsmidler	Brandbare dampe, Sundhedsfare
70-120	Fosfatester-mellemprodukter	Sundhedsfare
100-150	Pesticider (dekomponering)	Akut forgiftningsfare Udvikling af brandbare gasser
140-200	Para-nitrophenol	Sundhedsfare Brandbare dampe
200-240	Svovl	Brandbare dampe og aflejringer. Tilstopning
>350	Kviksølv(sulfid)	Akut forgiftningsfare

Tabel 7.1 Forureningsstoffer og deres fordampningsinterval og risici /2/

Som det fremgår af tabel 7.1 fordamper de organiske opløsningsmidler ved 70-100 ℃. De organiske opløsningsmidler kan som udgangspunkt renses/opsamles på aktivt kul.

Pesticiderne dekomponerer i temperaturintervallet fra 100-150 ℃ og forsøg har vist, at pesticiderne helt fjernes ved 300 ℃.

Ved dekomponering af pesticiderne udvikles varme (exoterm proces) og processen fremmer yderligere nedbrydning (autokatalytisk proces) og der udvikles brandbare gasser. I den forbindelse er der en risiko for, at processen kan få et eksplosivt forløb med risiko for antændelige blandinger af gasserne og atmosfærisk luft.

Para-nitrophenol, der er et nedbrydningsprodukt af bl.a. parathion /4/, er giftig og brandbar. Para-nitrophenoler fordamper ved 140-200 ℃ og kan opsamles på liquid GAC.

Svovl fordamper ved 200-240 ℃ og er brandbar. Det er vurderet nødvendigt at fjerne svovlen fra jorden før kviksølvet kan mobiliseres pga. dannelsen af det ikke flygtige kviksølvsulfid. Den fordampede svovl kan opsamles på aktivt kul.

Kviksølvet inden for oprensningsområdet i Høfde 42 findes primært som kviksølvsulfid. I forbindelse med pilot-testen er der for mobilisering og fjernelse af kviksølvet i jorden foretaget en opvarmning af jorden til over 500 ℃. For at øge mobiliteten er der foretaget en "ristning" af jorden, hvor der under opvarmningen tilføres ilt for omdannelse af kviksølvsulfid til kviksølvoxid, der kan dekomponeres termisk.

7.2.4 Oprensningseffekt

Effekten af den termiske in situ oprensning skal modsvare de i kapitel 4 beskrevne målsætninger for oprensningen med udgangspunkt i de i kapitel 7.1.16 beskrevne forslag til dokumentation af oprensningen.

Med udgangspunkt i pilotforsøget /2/ kan der for pesticider forventes en oprensningsgrad på mere end 99,95%.

Pilotforsøget viste, at der ved opvarmning til høje temperaturer sker en massefjernelse af kviksølv, og at der i områder opvarmet til mere end 500 °C skete en reduktion i indholdet af kviksølv til mellem 0,4 mg/kg TS og 4,8 mg/kg TS alt afhængig af forsøgsomstændighederne. Data fra /2/ indikerer, at ved en effektiv beluftning og opvarmning til høje temperaturer er det forventeligt, at koncentrationen af kviksølv kan bringes ned på ca. 1 mg/kg TS, hvilket f.eks. kunne være aktuelt for jord over kote -1, hvor kontaktrisiko kunne være den afgørende faktor.

Forudsættes in-situ oprensningen at forløbe med effektiv opvarmning og beluftning viser pilotforsøget /2/ at der kan forventes en massereduktion for kviksølv på ca. 99,5 %. I forhold til udsivning til recipient er der beregnet en forventet gennemsnitlig acceptabel koncentration for kviksølv på ca. 25 mg/kg TS, hvilket vurderes muligt at nå ved termisk in-situ oprensning ved temperaturer over 400 °C, jf. /2/.

7.2.5 Oprensningstid

Den samlede tidshorisont fra opgaven påbegyndes, dvs. entreprenørens indledende projektering, etablering, drift og retablering vil formentlig andrage 5 år som anført i /1/.

Den største usikkerhed i tidsforløbet er formentlig driftstiden, idet især afkøling på grund af indstrømmende grundvand (såvel vertikal opstrømning nede fra, indstrømning gennem sprækker i spunsvæggen som afkøling uden for spunsvæggen) kan forlænge driftstiden betydeligt.

7.2.6 Betydning af spunsens tæthed

Det er centralt for effektiviteten af in-situ oprensningen, at den eksisterende spuns omkring oprensningsområdet er tæt, så der ikke sker en indsivning af grundvand

til det drænede oprensningsområde der vil medføre en køling af oprensningsvolumenet og derved øge energiforbruget til opvarmning og svække opvarmningseffekten.

Utætheder i spunsen er knyttet til utætheder i spunslåsene, hvor selv mindre låsesprængninger og åbninger vil kunne medføre indsivning af betydelige vandmængder.

Forhold vedrørende den etablerede spuns omkring oprensningsområdet og dens tæthed er beskrevet i afsnit 4.5 i notat 2.1A Del-2.

Det er således vigtigt, at der foretages en vurdering af betydningen af spunsens tæthed og det i dimensioneringen af antal varmeboringer for opnåelse af måltemperaturen antages indstrømning af en mindre mængde vand.

Det vil formentlig være hensigtsmæssigt at opstille og etablere et kontrol- og aktionsprogram rettet mod tætheden af spunsen omkring oprensningsområdet. Dette med det formål at kunne etablere en indsats til hindring eller reduktion af vandtilstrømning gennem spunsen til oprensningsområdet.

7.2.7 Afkøling ved spuns

Ud over, at der kan ske afkøling af oprensningsområdet ved indsivende vand gennem en utæt spuns kan der ske afkøling lokalt fra spunsen ved vandtryk og havvand på ydersiden af spunsen. Det bør vurderes om oprensningsmålet og dermed temperaturkravet kan reduceres for den yderste del af jordvoluminet mod spunsvæggen, idet det vil have stor betydning for behovet for opvarmning i opvarmningsområdets periferi, som omfatter et ret stort behandlingsvolumen.

For at opnå de ønskede måltemperaturer helt ud til spunsvæggen kan forskellige løsninger for at opnå dette sættes i værk. En løsning kunne være at etablere en ny afskærende spuns nogle meter fra den eksisterende spunsvæg, således at der opnås en bufferzone, hvor der ikke er vandbevægelse. Evt. kan zonen afdrænes for vand, hvilket også ville reducere indstrømning af vand til oprensningsområdet. Ligesom der evt. kunne etableres varmeboringer for opvarmning af denne bufferzone.

Med den given placering af Høfdedepotet vil grundvandssænkning uden for spunsen næppe være en realistisk løsning ligesom etablering af en bufferzone uden for spunsvæggen ved ekstra varmeboringer, injektion af damp o.l. næppe energimæssigt vil være en økonomisk fordelagtig løsning i forhold til etablering af en ekstra afskærende spunsvæg.

7.2.8 Driftsstop

Med henblik på at sikre et effektivt oprensningsforløb er det vigtigt, at afværgeanlægget designes med stor robusthed således at utilsigtede driftsstop undgås.

Driftsstop vil medføre, at der straks starter en afkøling af oprensningsområdet, der vil kræve ekstra energi til at genopvarme til de ønskede oprensningstemperaturer samtidig med af driftsperioden forlænges. Og især er det kritisk hvis der i forbindelse med driftsstop sker indsivning og genopfugtning af oprensningsvoluminet. Især fordampning af indstrømmende vand vil medføre ekstra energiforbrug og tid inden temperaturen i oprensningsområdet er genoprettet.

Desuden er det vigtigt at have backup af energi til at opretholde både ekstraktions- og behandlingssystemet samt evt. grundvandssænkningsanlæg således at konsekvenserne af evt. driftsstop bliver så små som mulige.

7.2.9 Vejrforhold

Lokaliteten er beliggende lige i havstokken til Vesterhavet. I både etablerings- og driftsperioden kan der opstå vejrforhold som højvande, storme med bølger ind over stranden o.l.

Dette kan have stor betydning for de etablerede anlæg og driften af disse. Det er derfor vigtigt, at ved design af oprensningsanlægget tages højde for risikoen for oversvømmelse, storme, vintervejr m.m. både i forhold til at dimensionere installationerne efter dette, men også indarbejde mulige nødprocedurer for f.eks. sikkerhedsmæssige stop af anlægget.

Forhold vedrørende vejrlig bør også indarbejdes i Plan for Sikkerhed og Sundhed.

7.2.10 Afledte effekter

Opvarmning af behandlingszonen inden for spunsen i oprensningsområdet medfører en varmepåvirkning uden for spunsen og under behandlingszonen, dvs. under siltlaget. Dette kan give anledning til uønsket mobilisering af evt. forurening som måtte forekomme i disse områder.

Inden oprensningen igangsættes bør der derfor foretages en vurdering af om der kan ske en uønsket mobilisering af forureningskomponenter som følge af opvarmningen, og i givet fald om mobiliseringen udgør en uacceptabel risiko for grundvand og recipienter uden for spunsen og under behandlingszonen.

Området der er omfattet af oprensningsområdet, området med behandlingsanlæg samt de interne transportveje mellem oprensningsområde og behandlingsanlæg bør alle være afspærret for offentlig adgang. Dette gælder også for adgang til havet ud for Høfde 42.

7.2.11 Risikoanalyse for afgørende parametre

I forbindelse med projektering af afværgeforanstaltningerne bør der gennemføres en risikoanalyse, der redegør for sandsynlighed og konsekvens for en række risikoelementer. Det omfatter bl.a.:

- Særlig høj vandstand/bølger i forhold til en igangværende in situ oprensning.
- Svigt i/utilstrækkelig grundvandssænkning.
- Lækager/udslip fra procesanlæg.
- Driftsstop af varmebehandling.

7.2.12 Supplerende projekteringsparametre

I det omfang det under design af anlægget til oprensning af forureningen viser sig hensigtsmæssigt kan der, som den del af etableringen af afværgeanlægget, udføres supplerende undersøgelser for f.eks. at udføre en nærmere karakterisering af forureningsudbredelsen i oprensningsområdet, eller øvrige parametre der måtte optimere etablering og drift af afværgeanlægget.

7.2.13 Arbejdsmiljø

Som en del af bygherrens pligter skal bygherren udarbejde en Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS).

Som en del af udbudsmaterialet udarbejdes der typisk en foreløbig plan for sikkerhed og sundhed i projekteringsfasen. Bygherren overdrager herefter arbejdet med færdiggørelse og vedligeholdelse af PSS til arbejdsmiljøkoordinator hos den udførende entreprenør i etablerings- og driftsfasen.

I Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS) beskrives projektet og arbejdsmiljøorganisationen, der er knyttet til projektet.

Da arbejdet skal udføres i områder med indhold af meget giftige stoffer i meget høje koncentrationer bør det sikres, at ingen beskæftiget med oprensningsprojektet eller andre mennesker bliver eksponeret uacceptabelt for forureningsstofferne under oprensningsprojektet.

En strategi for arbejdsmiljø bør baseres på forebyggende foranstaltninger for at forebygge eksponeringer af personer – eksempelvis ved afdækning, holde afstand, minimere behov for manuel berøring, evakuering af dampe mv., hvor anvendelse er personlige værnemidler så vidt muligt alene bør udgøre "last line of defence".

7.2.14 Dokumentation af oprensning

Dokumentation af at oprensningen har nået den ønskede målsætning foretages typisk og formentlig også bedst ved udtagning af jordprøver til kemisk analyse. Der udtages jordprøver i et repræsentativt udvalgt antal punkter. I udvælgelsen af disse punkter kan f.eks. også indgå temperaturfordelingen i oprensningsområdet således, at der også foretages selektiv placering af kontrolboringer i f.eks. områder, hvor måltemperaturen ikke helt har været opnået eller kun opnået i kort tid.

Endvidere kunne grundlaget for dokumentation af at oprensningen har nået det ønskede mål også omfatte en oversigt over opnåede minimumstemperaturer. Men det bemærkes, at temperaturmåling alene ikke vurderes at give den nødvendige sikkerhed for, at oprensningen har nået målsætningen.

Jordprøverne analyseres for de stoffer der indgår i målsætningen. Aktuelt vil det f.eks. være kviksølv, parathion, methylparathion, malathion og sulfotep. Endvidere kunne det være aktuelt at analysere et mindre antal prøver for et større antal parametre, herunder f.eks. nedbrydningsprodukter af de nævnte stoffer.

Selve opfyldelse af målsætningen kan opstilles som en algoritme, hvor gennemsnitsværdi for slutkoncentration, antal og maksimalt indhold af forureningskomponenter i prøver, eller opstillet som en statistisk fordeling igen med udgangspunkt i gennemsnit og hvor mange prøver der må have indhold over en given fraktil.

7.2.15 Retablering

Efter endt oprensning retableres arbejdsområde til samme udseende og stand som ved arbejdets start.

7.3 Ex situ termisk afværge

Som forberedelse til de arbejder, der er knyttet specifikt til ex-situ oprensning er det nødvendigt at gennemføre en række indledende arbejder i og omkring oprensningsområdet. For adgangsforhold og indledende arbejder, herunder behov for omlægning af ledninger i oprensningsområdet mv. henvises generelt til afsnit 7.1.

For nærmere informationer om tekniske anlæg i og ved Høfde 42 depotet henvises til notat 2.1A Del-1.

For oprensningsscenarier i relation til oprensningsområde henvises til afsnit 7.2.1.

7.3.1 Termisk anlæg

For en generelt beskrivelse af den termisk proces henvises til afsnit 7.2.2.

Afværgemetoden ex-situ termisk oprensning indebærer, at den forurenede jord i Høfde 42 graves op og transporteres til et behandlingsområde, hvor jorden indbygges i behandlingskamre (piles). I pilen indlægges varmelementer og selve rensningen af jorden fungerer efter samme princip som in-situ termisk oprensning. Den rensede jord kan herefter genindbygges i udgravningen.

7.3.2 Spuns

For gennemførelse af opgravningen til den fuld dybe vurderes, at stabiliteten af den eksisterende spunsvæg skal undersøges nærmere, herunder i hvilket omfang der vil være behov for forstærkning af spunsvæggen, eller om der er behov for etablering af en helt ny omkransende spunsvæg.I notat 2.1A del-2 er der refereret to afgravningsscenarier. Et ”næsten worst case” og et med ”ekstra anlægstekniske tiltag”.

Det bemærkes at de gennemførte stabilitetsberegninger alene er vejledende og at der forud for det kommende projekt er behov for detaljerede stabilitetsberegninger, hvor der til grund for beregningerne bl.a. inddrages maksimalhøjvandstand, ekstrem vejrforhold, bølgepåvirkning m.m.

I ”næsten worst case” scenariet er der taget udgangspunkt i en jordoverflade i kote +3 og et vandspejl udenfor spunsen ligeledes i kote +3. Indvendig afgraves til kote -3. Anden beregningssituation er at jordoverfladen udenfor spunsen afgraves til kote +2 og at vandspejlet sættes til kote +1. Indvendig afgraves stadig til kote -3,0. Worst case vil f.eks. være en situation med højvande.

I ”næsten worst case” situationen viser beregningerne, at med forankring i et niveau, vil den etablerede spunsvæg ikke have tilstrækkelig styrke til at kunne danne en stabil afstivning af udgravningen. For at opnå en tilstrækkelig stabilitet af spunsvæggen kan der f.eks. etableres et nedre forankringsniveau, eller udgravningsarbejdet kan måske tilrettelægges således, at stabiliteten af spunsvæggen fortsat kan klares ved forankring i et niveau.

I tilfældet ”ekstra anlægstekniske tiltag” ændres beregningsforudsætninger, idet jordoverfladen uden for spunsen antages sænket til kote +2 og der regnes med et vandspejl i kote +1. Inden for spunsvæggen afgraves til kote -3. Med forankring i kote +1 viser de foreløbige beregninger, at den eksisterende spunsvæg har den nødvendige momentkapacitet til at sikre en stabil afstivning af udgravningen. Men det indebærer dog, at der bør træffes andre foranstaltninger til sikring af spunsvæggen i tilfælde af højvandssituationer, afledning af vand der måtte strømme ind

i udgravningen omkring spunsen samt, at der ikke sker gennembrud af vand til arealerne bag Havdiget, der fjernes på strækningen, hvor der skal graves.

Ved et struktureret udgravningsforløb, kan der givet opnås lavere krav til forankringskraft og dermed selve spunsvæggen lige som nedramning af interne spunsvægge for sektionsvis opgravning og genindbygning inden for oprensningsområdet kan udnyttes til at afstive spunsen omkring oprensningsområdet.

Disse optimeringer foretages typisk i forbindelse med entreprenørens stabilitetsberegninger og detaildesign af opgravningsforløbet.

7.3.3 Afgravning og grundvandssænkning

Det er antaget at afgravning skal gennemføres indenfor spunsvæggen fra underside af membran i kote +3 à +4 ned til overside af gytje-/silt-/lerlaget.

For afgravning af jorden til den ønskede dybde inden for spunsen er der behov for sænkning af vandspejlet inden for spunsvæggen. For afdræning af jordvoluminet indenfor spunsvæggen vil der teoretisk være behov for oppumpning af omtrent 20.000 m³ vand. Der henvises generelt til afsnit 7.1.2.8.

I relation til afgravningsprojekter kan afdræning af oprensningsvoluminet også etableres som en kombination af permanente pumpeboringer til den ”grove” oppumpning som så suppleret med f.eks. sugespidsanlæg til den sidste afdræning inden for det område der skal graves op. Når afdræningen er afsluttet og i forbindelse med selve gravearbejderne vil der formentlig være behov en løbende mindre oppumpning for tørholdelse af udgravningen.

7.3.4 Jordhåndtering

Jordhåndtering i forbindelse med den ex situ termisk afværge omfatter afgravning af ren jord over depot, opgravning af forurenet jord, jf. scenario A -C, mellemdeponering af opgravet forurenet jord for rensning og genindbygning af enten rensede materialer eller tilkørt uforurenet jord.

7.3.4.1 Afgravning af uforurenet jord under depotets membran

Sandlaget der er beliggende over membranen og selve membranen forudsættes fjernet som led i de indledende arbejder. Afhængig af hvilket afgravningsscenario B eller C vælges forekommer der yderligere mellem 25.000 m³ og 38.000 m³ jord lige under membranen og ned til kote +2 hhv. +1, som også antages at være uforurenet. Denne jordmængde kan ligeledes opgraves og mellemdeponeres til senere genindbygning i udgravningen.

I forbindelse med udarbejdelse af det endelige udbudsmateriale undersøges om der er behov for inddragelse af Lemvig Kommune i forhold til tilladelse til mellemdeponering og genindbygning af opgravet og mellemdeponeret jord.

7.3.4.2 Opgravning af forurenet jord

Af hensyn til optimal genanvendelse af den rensede jord vil det formentlig være hensigtsmæssigt at foretage opgravning og rensning af den forurenede jord i to til tre etaper.

Til adskillelse af de enkelte afgravningsetaper kan det være hensigtsmæssigt at supplere den omkransende spunsvæg med indvendige spunsvægge, der opdeler udgravningen i flere celler. Herved sikres en klar adskillelse mellem forurenet jord

og genindbygget uforurenet jord. Således også i tilfælde af uventede forhold som oversvømmelse, lokalt svigt i stabilitet af spunsvæg o.a. Antallet af behandlingsceller fastlægges som led i udarbejdelsen af jordhåndteringsplanen for at sikre det mest optimale jordflow, idet oprensningen bør føres til bund i hver celle.

Antallet af udgravningsceller vil få betydning for størrelsen af piles for behandlet ren jord, idet genindbygning mest fordelagtigt først foretages når en celle ér fuldt opgravet.

7.3.4.3 Mellemdeponering af forurenet jord og transportveje

Selve opgravningsprocessen planlægges og gennemføres så behovet for mellemdeponering uden for depotområdet minimeres og helst undgås. Ved opgravningen, transport og evt. mellemdeponering af den forurenede jord skal der derfor foretages foranstaltninger, der forebygger afdampning og spild af forurenet jord. I forbindelse med jordhåndteringen ikke må ske uacceptable emissioner af forureningsstoffer.

Som led i detailplanlægningen af opgravningen kan det overvejes at mellemdeponere forurenet våd jord i selve depotet for yderligere afdræning. I så fald skal mellemdeponeringen foretages på jord der er forurenet, og holdes adskilt fra eventuelt genindbygget renset/uforurenet jord.

7.3.4.4 Opfyldning af udgravningen

Opfyldningen af udgravningen kan ske ved

- opfyldning med mellemdeponeret jord afgravet over den forurenede jord
- opfyldning med renset jord samt
- tilførte rene materialer

Eventuelle tilførte rene materialer, f.eks. indpumpet sandfyld, bør indbygges som drænede materialer for at sikre en vis stabilitet, så man eksempel kan færdes og/eller køre sikkert på det opfyldte område. Såfremt der indpumpes uspecificerede materialer direkte til udgravningen kan våde materialer indebære ustabile forhold, der kan medføre fare for sikkerheden for personer og materiel. Endelig vil der være risiko for at tilført vand i udgravningen skal renses i forbindelse med dræning og udledning til recipient.

Indpumpede materialer bør derfor oplægges på stranden for afdræning før opfyldning.

Samlet set bør hel eller delvis genopfyldning af udgravningen foregå så hurtigt som muligt, således at evt. oversvømmelse af depotet får mindst mulig betydning.

Anvendelse af det rensede sand til genopfyldning afhandles med myndighederne i forhold til om der vil være supplerende kriterier ud over de i afsnit 4 nævnte acceptable jordkoncentrationer.

Hvis der til opfyldning af udgravningen anvendes tilførte materialer vil der være behov for at deponere de rensede materialer på en ekstern lokalitet. Dette indebærer, at der på forhånd er søgt om og givet tilladelse til dette. I den forbindelse kan det komme på tale at foretage særlige test og analyser for at dokumentere materialernes renhed i forhold til de kriterier der måtte fremgå af tilladelsen.

7.3.4.5 Vejanlæg transport og pladser for håndtering af forurenet jord mv.
Transportveje samt pladser for evt. mellemdeponering af forurenet jord, jordbehandlingsanlæg for forurenet jord mv. bør etableres med kørestabile og tætte belægninger, således at de kan bære kørsel med køretøjer og er fornødent vandtætte. Opsamlet vand ledes til vandbehandlingsanlæg før udledning til recipient. Pladser og transportveje skal sikres på en måde så der ikke kan ske utilsigtet udløb af forurenet vand til overjorden. Dette kan eksempelvis ske ved overhøjning af kørestabile kanter på veje og pladser i kombination med procedure for renhold, sugning af nedløbsbrønde mv.

7.3.5 Behandlingsanlæg for forurenet jord

Behandlingsanlæg og eventuelle mellemdepoter for forurenet jord kan placeres på arealet, der er omfattet af Cheminovahullet på en måde så anlægget er beskyttet mod ekstremvejrshændelser og oversvømmelse. Behandlingsanlægget kan etableres som jordpiles, hvor den forurenede jord placeres. Det vil formentlig være hensigtsmæssigt at etablere plads til to piles, således at én pile kan være i drift mens en anden opfyldes/tømmes for jord. Opdeles depotet i tre delområder (etaper) vil der således skulle håndteres 30.000 m³ til 45.000 m³ jord pr. etape. Indbygges jorden i en pile vil der således være behov for en pile af størrelsen ca. 70 m x 100 m til 70 m x 160 m i grundareal og med en højde på ca. 4 m.

Piles bør etableres på et stabilt underlag for at sikre mod sætningsskader på selve anlægget. Anlæggene skal endvidere placeres så der ikke er væsentlig risiko for oversvømmelse af disse.

De etablerede piles isoleres i nødvendigt omfang således at varmetab minimeres, ligesom afgivelse af varme til den underliggende jord bør minimeres med henblik på at undgå skader på installationer og jordlag.

Opvarmningen af jorden i en pile foretages via varmelegemer, der lægges ind i pilen under opbygningen eller bores ind i pilen efter etableringen. Konceptet for opvarmning, ekstraktion af gasser, kontrol m.m. er efter samme principper som for in-situ oprensning, jf. afsnit 7.2.2.

Rørføring og installationer i Pilen og fra Pilen frem til behandlingsanlægget og i selve behandlingsanlægget skal etableres i materialer, der er varmebestandige i forhold til den valgte termiske oprensningsmetode, de nødvendige opvarmningstemperaturer, forureningsstoffer og de geokemiske forhold på lokaliteten ligesom det kan vise sig nødvendigt at eksplosionssikre installationerne.

7.3.6 Oprensningseffekt

Forventet oprensningseffekt for ex-situ termisk oprensning forventes at svare til in-situ termisk oprensning, jf. afsnit 7.1.6, eller bedre, da forureningsfordeling, sammensætning af jordmatrix o.l. i større grad kan gøres ensartet i forhold til en in-situ oprensning.

7.3.7 Oprensningstid

Oprensningstiden er sammen med jordhåndteringstiden primært knyttet til kapaciteten og effektiviteten af behandlingsanlægget. Med andre ord, hvor stor eller hvor mange Pile's, der kan etableres samt hvor effektivt jorden inde i Pile's opvarmes og evnen til at dekomponere og ekstrahere forureningskomponenterne.

Men ud fra foreliggende oplysninger, bl.a. /1/, forventes en samlet projektperiode på ca. 5 år.

7.3.8 Driftsstop

Utilsigtede driftsstop vil medføre en afkøling af behandlingsvolumenet, der vil kræve ekstra energi til at genopvarme til de ønskede oprensningstemperaturer samtidig med af driftsperioden forlænges. Driftsstop i opvarmningsperioden er dog ikke helt så kritiske ved ex-situ termisk oprensning som ved in-situ termisk oprensning, idet jorden ikke genopfugtes. Temperaturstigningen standses og temperaturen falder måske lidt, men den kan hurtigt genoprettes, da varmeledningsevnen i kornskelettet er ret stor.

Det kan dog give anledning til nogle gener for opvarmningen, hvis nedbør ikke afskæres fra at sive ned i depotet ligesom oversvømmelse af området pilen kan medføre opfugtning af den forurenede jord.

7.3.9 Vejrforhold

Vejrets indflydelse på arbejdet vil især berøre udgravningsarbejderne inden for spunsvæggen samt stabiliteten af denne, jf. afsnit 7.3.2.

Området med piles, diverse installationer for behandling af gasser m.m. vurderes mindre følsomme over for skiftende temperaturer, vind, nedbør m.m.

Arbejdes i perioder, hvor der forekommer frost, vil der dog være risiko for at installationer der behandler og leder vand kan fryse til. Dermed standses hele eller dele af behandlingsanlægget, hvilket kan udgøre en særlig risiko, hvis f.eks. grundvandssænkning og tørholdelse af udgravningen går i stå.

Kritiske rørføringer for vand bør frostsikres enten ved at sikre at rør drænes ved pumpestop (returløb) eller ved heat tracing af rør og installationer, der står vandfyldte.

7.3.10 Afledte effekter

Under transport af den forurenede jord fra udgravningsområdet og til pilen kan der opstå lugtgener, især i forbindelse med transport af den kraftigt forurenede jord.

Transport af jord til og fra opgravningsområdet kan medføre meget lokal transport med køretøjer til transport af jorden. Dette samt drift af behandlingsanlægget vurderes at medføre et øget støjniveau i området.

Opvarmningen af jorden i pilen kan give anledning til en om end svag opvarmning af omgivelserne, som kan have indflydelse på plantevækst.

Området der er omfattet af afgravningsområdet, området med termisk behandlignsanlæg og diverse jordmellemdepoter samt de interne transportveje mellem graveområde og behandlingsanlæg bør alle være afspærret for offentlig adgang. Dette gælder også for adgang til havet ud for Høfde 42.

7.3.11 Risikoanalyse for afgørende parametre

I forbindelse med projektering af afværgeforanstaltningerne bør der gennemføres en risikoanalyse, der redegør for sandsynlighed og konsekvens for en række risikoelementer. Det omfatter bl.a.:

- Manglende stabilitet eller defekter på spuns, herunder låsesprængninger.
- Særlig høj vandstand/bølger i forhold til åben udgravning.
- Svigt i/utilstrækkelig grundvandssænkning.
- Afgravning i meget kraftig forurenet jord, måske med fri fase.
- Driftsstop af opvarmning
- Lækager/udslip fra procesanlæg.

7.3.12 Supplerende projekteringsparametre

I det omfang det kan optimere udførelsen af projektet kan det formentlig være hensigtsmæssigt at foretage en nærmere afgrænsning af forureningsudbredelsen med især kviksølv, men også pesticider i de øvre jordlag.

7.3.13 Arbejdsmiljø

Som en del af bygherrens pligter skal bygherren udarbejde en Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS).

Som en del af udbudsmaterialet udarbejdes der typisk en foreløbig plan for sikkerhed og sundhed i projekteringsfasen. Bygherren overdrager herefter arbejdet med færdiggørelse og vedligeholdelse af PSS til arbejdsmiljøkoordinator hos den udførende entreprenøren i byggefasen.

I Plan for Sikkerhed og Sundhed beskrives projektet og arbejdsmiljøorganisationen, der er knyttet til projektet.

Ved opgravning og i øvrigt håndtering af den forurenede jord vil der skulle træffes særlige sikkerhedsforanstaltninger for både personel og materiel, der kommer i kontakt med den forurenede jord.

Da arbejdet skal udføres i områder med indhold af meget giftige stoffer i meget høje koncentrationer bør det generelt sikres, at ingen beskæftiget med oprensningsprojektet eller andre mennesker bliver eksponeret uacceptabelt for forureningsstofferne under oprensningsprojektet.

7.3.14 Dokumentation af oprensning

I selve udgravningen afgrænses oprensningen af en fysisk grænse i dybden, dvs. der graves ned til gytje-/silt-/lerlaget og måske et mindre stykke ned i dette. Der udtages som udgangspunkt ikke prøver i bund af udgravningen. Som tidligere nævnt antages overjorden at være uforurenet. Der udtages således ikke dokumentationsprøver i selve udgravningen.

Endvidere kunne grundlaget for dokumentation af at oprensningen har nået det ønskede mål også omfatte en oversigt over opnåede minimumstemperaturer. Men det bemærkes, at temperaturmåling alene ikke vurderes at give den nødvendige sikkerhed for, at oprensningen har nået målsætningen.

Dokumentation af den rensede jord i pilen foretages efter samme princip som dokumentation for in-situ oprensningen, se afsnit 7.2.14.

Det vil være uhensigtsmæssigt alene at basere oprensningsgraden på jordprøver udtaget i forbindelse med tømning af pilen, da hele anlægget for opvarmning og ekstraktion vil være demonteret, og oprensningen dermed kun vanskeligt kan genoptages.

7.3.15 Retablering

Efter endt oprensning retableres arbejdsområde til samme udseende og stand som ved arbejdets start.

7.4 Ex situ jordvask

Som forberedelse til de arbejder, der er knyttet specifikt til ex-situ jordvask er det nødvendigt at gennemføre en række indledende arbejder i og omkring oprensningsområdet. For adgangsforhold og indledende arbejder, herunder behov for omlægning af ledninger i oprensningsområdet mv. henvises generelt til afsnit 7.1.

For nærmere informationer henvises til notat 2.1A Del-1.

For oprensningsscenarier i relation til oprensningsområde henvises til afsnit 7.2.1.

7.4.1 Jordvaske anlæg

Oprensning ved ex-situ jordvask er en kombination af oprensningsteknikker, hvor den forurenede jord graves op på forureningslokaliteten og transporteres til et behandlingsanlæg. På behandlingsanlægget foretages selve jordrensningen, der er nærmere beskrevet nedenfor.

Figur 7.4.1. Oversigtsfoto af anlæg til jordvask.

7.4.2 Spunsvæg

Jf. afsnit 7.3.2

7.4.3 Afgravning og grundvandssænkning

Jf. afsnit 7.3.3.

7.4.4 Jordhåndtering

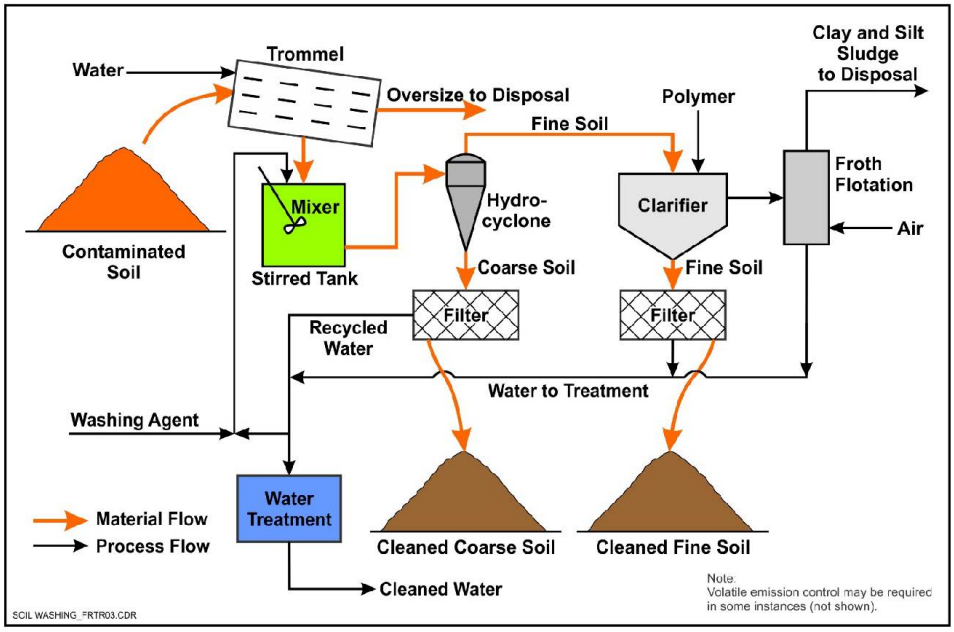
Jf. afsnit 7.3.4.

7.4.5 Behandlingsanlæg

Behandlingsanlæg og eventuelle mellemdepoter for forurenet jord kan forventes placeret på arealet, der er omfattet af Cheminovahullet. Anlægget bør etableres på et stabilt underlag dels for at sikre mod sætningsskader på selve anlægget, dels

for at forebygge skader på de eksisterende dræn i området, jf. afsnit 7.1.2.7. Anlæggene skal endvidere placeres så der ikke er væsentlig risiko for oversvømmelse af anlæggene.

I nedenstående figur 7.4.2 er vist et konceptuelt procesdiagram for et jordvaskanlæg til behandling af forurenet jord.



Figur 7.4.2. Konceptuelt procesdiagram for et anlæg til behandling af forurenet jord.

I nedenstående afsnit er beskrevet hovedprocesserne i jordvask, men der er ikke gået i detaljer med hvilke specifikke teknikker, der anvendes i de enkelte procestrin. Dette vil formentlig være forskellig fra operatør til operatør.

Kapacitet

Et behandlingsanlæg med jordvask omfatter principielt følgende mulige procestrin for rensning af den forurenede jord. En behandlingskapacitet vil typisk være på 20 - 30 ton/time. Dagligt vil der således kunne håndteres 200 – 300 ton jord. Regnes med 250 arbejdsdage på et år vil der således kunne behandles 50.000 – 75.000 ton jord. Med en masse i depotet på mellem 180.000 ton og 250.000 ton vil anlægget således skulle drives i 3 - 5 år med ét anlæg i drift. Anvendes døgndrift vil behandlingskapaciteten stort set fordobles, og dermed totaltiden også reduceret tilsvarende. I dette er ikke indregnet behov for genbehandling af jord. Antages f.eks. at 20 % af jorden skal genbehandles vil det betyde en forøgelse af driftstiden på op mod 1 år – 2 år, idet der ud over tid til selve behandlingen også vil indgå tid til omstilling af anlægget.

Forbehandling

I dette procestrin fjernes større genstande fra sandet, eksempelvis store sten, grusmaterialer og træ, metal, plastik, større plantematerialer o.l. Disse materialer sorteres fra, og da materialerne må antages at være forurenede vil det formentlig

være nødvendigt at bortskaffe dem som forurenet affald. Om disse "oversize" materialer desuden skal sorteres i delfraktioner afhængig af type vil afhænge af hvilken aftale, der kan opnås med modtageanlægget.

Afhængig af mængden kan det overvejes om det kan være fordelagtigt at foretage en knusning af sten og brokker til en fraktion, der kan behandles i de efterfølgende mere intensive vaskeprocesser.

Pilotforsøg med jord fra Høfde 42 har vist, at der kan forekomme op til 5 - 10 % "oversize" materiale i den opgravende jord /5/. Oversize materialer var i den sammenhæng karakteriseret som grus og sten (kornstørrelse 2 – 250 mm) samt diverse rester af asfalt, plastik, træ o.l.

Jordvask, mekanisk vask

Efter separering af "oversize" materialer foretages en jordvask af sandet ved tilsætning af en behandlingsvæske under kraftig mekanisk omrøring/rotation, således at forureningskomponenterne frigøres fra jordkornene og overføres til væsken.

Jordvask, højtryks vask

Lidt afhængig af behandlingsmetode kan ovennævnte mekaniske vask suppleres med et modul med højtryks vask, hvor jorden ud over den mekaniske bearbejdning får tilført behandlingsvæsken under meget højt tryk. Med det høje væsketryk injiceret i behandlingsmodulet forventes processen at kunne "spule" de enkelte sandkorn fri for forureningskomponenter.

Alternativt kan behandlingen af jorden efter frasortering af "oversize" materiale føres direkte ind i modulet med højtryksvask.

I forhold til rensning af meget kraftig forurenet jord kan det være aktuelt at gennemføre højtryksvask af det enkelte jordparti mere end en gang. Enten ved at gentage processen i samme modul eller at det samlede behandlingsanlæg består af to eller flere moduler med højtryks vask.

Anvendes kun ét højtryksvaske modul bør der etableres flere mellemlagre for oplagring af mindre partier renset jord, således at der kan skelnes mellem hvilke rensede partier jord der har behov for genbehandling og hvilke der er færdigbehandlet. Dette med henblik på at opnå det mest optimale flow i behandlingen af forurenet jord. Herunder også at de udarbejdes en procedure for effektiv rensning af højtryksrensemodulet for "skjulte" restmængder af delvis renset sand.

Den rensede jord udlægges i et mellemdepot, inden det transporteres tilbage som opfyld i udgravningen eller køres til slutdeponering andet sted.

Rensning af vaskevand

Det forurenede vand fra skylleprocessen ledes til et vandbehandlingsanlæg, inden det meste af vandet genbruges som nyt skyllevand til højtryksspuling m.m. Vandet der genbruges i vaskeanlægget, behøver således ikke at være helt rent, men skal dog være så rent at det ikke forurener jordmassen der køres gennem anlægget. Selve vandbehandlingsanlægget vil formentlig være unikt for de forskellige operatører, men kan typisk bestå af en buffertank, forbehandlingstank med tilsæt-

ning af f.eks. et flokkuleringsmiddel, udfældningstank, membranfilter, rentvandstank. Herfra kan vandet så pumpes videre til jordvask, mens en del måske pumpes gennem et finpudsningsanlæg, typisk kulfilter, hvorefter det udledes til recipient.

Ved jordvask vil der ikke kun være forureningskomponenter i vaskevandet, men også organisk stof og finkornet jord (typisk ler/silt) som opsamles i f.eks. udfældningstank og/eller et membranfilter. Det opsamlede slam og filterkager må antages at være stærkt forurenet og dermed at skulle bortskaffes som farligt affald. I pilotforsøget /5/ er indholdet af filterkager til bortskaffelse skønnet til at udgøre ca. 5 % af jordmassen, der blev ført ind i jordvaskanlægget, hvilket svarer til mellem 10.000 ton og 15.000 ton filteraffald. Graves gytje-/silt-/lerlaget op også må det forventes yderligere at give ca. 10.000 ton filterkage.

Rørføring og installationer i behandlingsanlægget skal etableres i materialer, der kan modstå forureningsstofferne i deres koncentrationer og de geokemiske forhold på lokaliteten. Installationer skal i nødvendigt omfang eksplosionssikres i det omfang at behandlingsprocesserne giver anledning til en opvarmning af det behandlede materiale.

Lugt

Ved jordvask skal der være opmærksomhed omkring lugt fra jorden, der formentlig bliver håndteret to gange. Først kørt i mellemdepot fra udgravningen og så fra mellemdepot til jordbehandlingsanlægget. Men ud fra indledende pilotforsøg synes der at være en risiko for at også den rensede jord kan lugte. For genanvendelse som fyld i udgravningen vil det måske ikke være et problem, hvis jorden er renset til det ønskede niveau, men ved anvendelse af den rensede jord til andet formål er det næppe hensigtsmæssigt at jorden lugter.

7.4.6 Oprensningseffekt

Inden for det fastlagte geometriske oprensningsvolumen vil den genopfyldte jord enten være uforurenet tilkørt jord eller renset jord, der opfylder målsætningerne i afsnit 4.

Med udgangspunkt i de gennemførte pilotforsøg med jordvask vurderes der at være ret stor variation i hvilket niveau jorden kan renses til. For kviksølv vurderes jorden at kunne renses til mindre end 3 mg/kg TS, når den har været behandlet et par gange, men dog med en ret stor variation i resultaterne, der varierer fra 1,8 mg/kg TS til 2,4 mg/kg TS. En enkelt batch havde dog slutindhold af kviksølv på 26,78 mg/kg, men det kan være en fejl eller tilfældighed.

For ethylparathion blev der efter to behandlinger i højtryksvask opnået slutværdier på 0,02 mg/kg TS til 10 mg/kg TS, dækkende 6 batches.

Opfølgende til dette blev der foretaget forsøg med optimering af metoden bl.a. ved tilsætning af base så pH blev hævet til 12. På laboratorie basis viste denne optimering at have en effekt i form af at prøver med indhold af ethylparathion på 17 – 23 mg/kg TS blev renset til <0,09 til 0,15 mg/kg TS.

Samlet set kan oprensningseffekten for pesticiderne måske nå de i kapitel 4 anførte oprensningsmål, men det synes at kræve en mere intensiv jordvaskbehandling, der måske både omfatter to cyklus med højtryksspuling og en efterfølgende vask med væske med høj pH. Det er muligt processen kan forenkles, således at

væsken med høj pH anvendes direkte i højtryksvasken, men dette er ikke afprøvet.

7.4.7 Oprensningstid

Oprensningstiden er sammen med jordhåndteringstiden primært knyttet til kapaciteten og effektiviteten af behandlingsanlægget. Med andre ord, hvor stor en kapacitet (tons/døgn) samt hvor effektivt forureningsstofferne inde i jordvask anlægget ekstraheres fra sandet.

Det er givet at det bliver selve jordvaskprocessen der bliver afgørende for tidsforløbet for oprensningen. Som anført i afsnit 7.4.6 kan selve det at rense jordvoluminet indebære en tidshorisont på 3 – 5 år. Hertil kommer så forberedelse, etablering af arbejdsplads, sikring af spunsvæggens stabilitet, afdræning af depotet m.m. som formentlig vil have en tidshorisont på 1 – 2 år. Hertil kommer projektering, udbud, m.m. som jf. /1/ er skønnet til ca. 2 år. En samlet tidshorisont for oprensning af Høfde 42 ved jordvask kan således løbe op i en tidshorisont på 6 – 9 år.

7.4.8 Driftsstop

Med henblik på at sikre et effektivt oprensningsforløb er det vigtigt, at der etableres en opgravningsstrategi, der løbende kan holde jordvask anlægget forsynet med jord til rensning. Driftsstop i selve gravearbejdet vurderes ikke afgørende for den samlede oprensning, ud over at tidsplanen forlænges.

Generelt vurderes mindre driftsstop af hhv. gravearbejde og/eller jordvask ikke at have konsekvenser ud over at tidsplanen forlænges.

Derimod vurderes problemer med tilstrækkelig rensning af den forurenede jord, der vil indebære driftstidsforlængelser, som vil have betydning for både den samlede tidsplan og for omkostningerne til oprensningen. Det vurderes derfor, at det vil være en vigtig faktor i designet af et jordvaskeanlæg, at der indbygges ekstra kapacitet for de mest kritiske processer.

7.4.9 Vejrforhold

Jf. afsnit 7.2.9.

7.4.10 Afledte effekter

I forhold til ex-situ termisk afværge må ex-situ jordvask formentlig forventes at medføre at transport af forurenet jord vil være fordelt over hele tidsperioden, som oprensningen forløber. Der skal løbende køres forurenet jord til jordvaskanlægget ligesom der løbende skal køres renset jord f.eks. tilbage i udgravningen eller bort fra området. Der vil således løbende være støj fra maskiner, støj fra jordvaskanlæg. Dertil kommer at der muligvis også vil være lugtgener i forbindelse med opgravning og transport af den forurenede jord.

Området der er omfattet af afgravningsområdet, området med jordvaskanlæg og diverse jordmellemdepoter samt de interne transportveje mellem graveområde og behandlingsanlæg bør alle være afspærret for offentlig adgang. Dette gælder også for adgang til havet ud for Høfde 42.

7.4.11 Risikoanalyse for afgørende parametre

I forbindelse med projektering af afværgeforanstaltningerne bør der gennemføres en risikoanalyse, der redegør for sandsynlighed og konsekvens for en række risikoelementer. Det omfatter bl.a.:

- Manglende stabilitet eller defekter på spuns, herunder låsesprængninger
- Særlig høj vandstand/bølger i forhold til åben udgravning.
- Svigt i/utilstrækkelig grundvandssænkning.
- Afgravning i meget kraftig forurenet jord, måske med fri fase.
- Driftsstop af jordvaskanlæg.
- Lækager/udslip fra procesanlæg.

7.4.12 Supplerende projekteringsparametre

Jordvask er ikke en velafprøvet metode i Danmark. Med de komplekse stoffer der forekommer i materialet i Høfde 42, kan der for de endelige design være behov for en nærmere karakterisering af sammensætning og udbredelse af forureningskomponenterne, ligesom en nærmere karakterisering af forekomst af svovlprodukter i depotet kan være fordelagtig. Vedrørende er det ud over evt. problematik i jord og vandbehandlingssystemet kan det også få indflydelse på mængden af filterkager som der vil produceres i forbindelse med rensning af jorden.

7.4.13 Arbejdsmiljø

Som en del af bygherrens pligter skal bygherren udarbejde en Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS).

Som en del af udbudsmaterialet udarbejdes der typisk en foreløbig plan for sikkerhed og sundhed i projekteringsfasen. Bygherren overdrager herefter arbejdet med færdiggørelse og vedligeholdelse af PSS til arbejdsmiljøkoordinator hos den udførende entreprenøren i byggefasen.

I Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS) beskrives projektet og arbejdsmiljøorganisationen, der er knyttet til projektet.

Ved opgravning og i øvrigt håndtering af den forurenede jord vil der skulle træffes særlige sikkerhedsforanstaltninger for både personel og materiel, der kommer i kontakt med den forurenede jord og behandlingsvæsker.

Da arbejdet skal udføres i områder med indhold af meget giftige stoffer i meget høje koncentrationer bør det generelt sikres, at ingen beskæftiget med oprensningsprojektet eller andre mennesker bliver eksponeret uacceptabelt for forureningsstofferne under oprensningsprojektet.

7.4.14 Dokumentation af oprensning

I selve udgravningen afgrænses oprensningen af en fysisk grænse i dybden, dvs. der graves ned til gytje-/silt-/lerlaget og måske et mindre stykke ned i dette. Der udtages som udgangspunkt ikke prøver i bund af udgravningen. Som tidligere nævnt antages overjorden at være uforurenet.

Dokumentation af den rensede jord foretages efter samme principper som dokumentation for in-situ oprensningen, se afsnit 7.3.14.

7.4.15 Retablering

Efter endt oprensning retableres arbejdsområde til samme udseende og stand som ved arbejdets start.

8 Referencer

/1/ Region Midtjylland. Rapport, Afværgemuligheder Cheminovas gamle fabriksgrund og Høfde 42 (opdateret). August 2019 (opdateret oktober, 2020)

/2/ Pilot-test af kviksølvfjernelse fra jord på Høfde 42 – Kviksølv og pesticider fjernet ved konduktiv opvarmning. Miljøprojekt nr. 2103, udarbejdet af Krüger, september 2019.

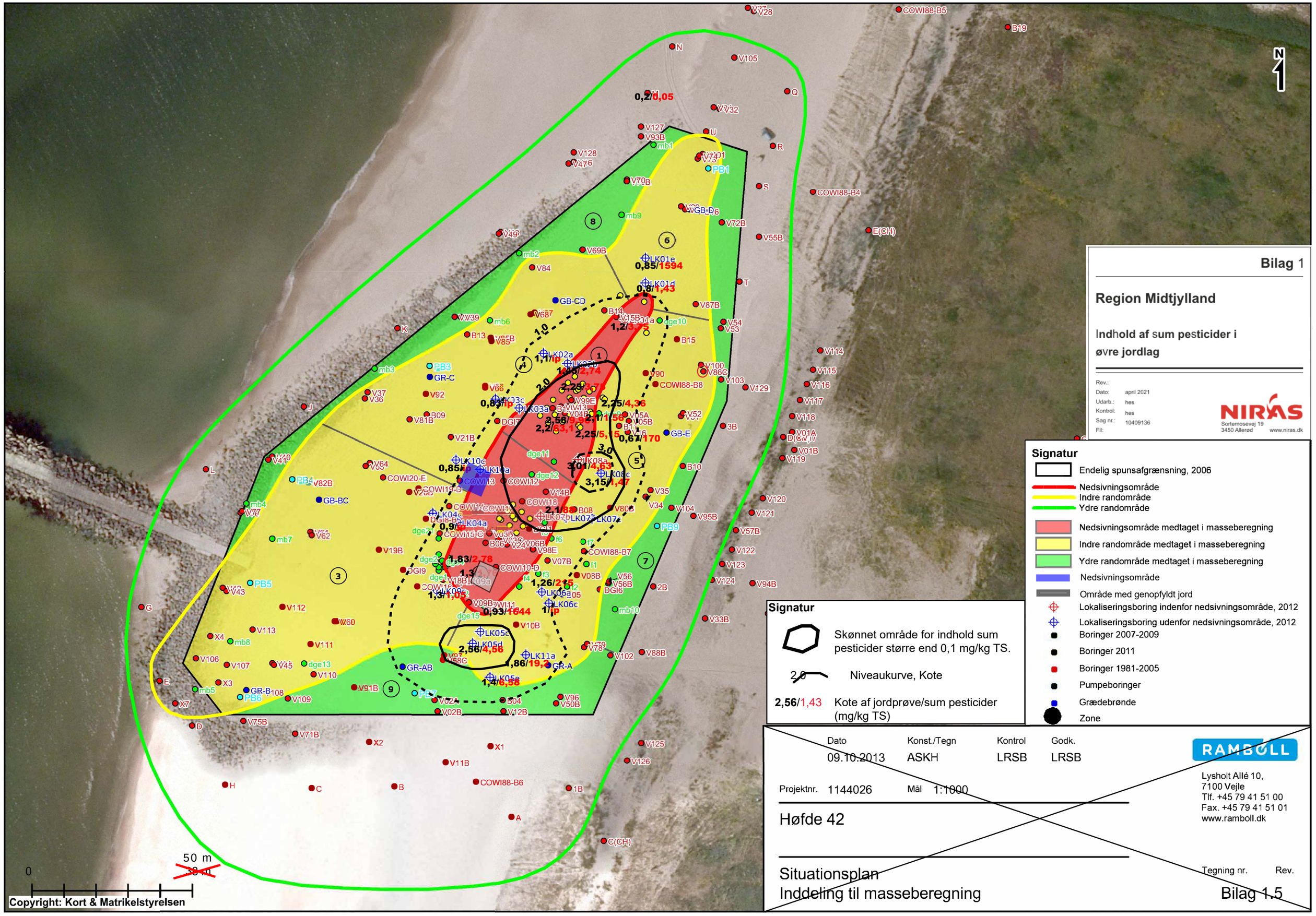
/3/ Termisk assisteret oprensning af høfdedepotet, Høfde 42, Harboøre Tange. Litteraturstudie, treatabilityforsøg samt forslag til termisk afværgemetode. Miljøprojekt nr. 1193, 2007 udarbejdet af NIRAS for Miljøstyrelsen.

/4/ Forundersøgelser af basisk hydrolyse og biologisk nedbrydning ved Høfde 42. Samlerapport Loren Ramsay. ALECTIA. Miljøprojekt nr. xxx, 2010.

/5/ Results from MOPS treatment of sand from Groyne 42, Pilot demonstrations of MOPS. Final Report. Udarbejdet af Fortum, oktober 2020. Fortrolig.

BILAG 1

Oversigtsplan. Indhold af sum pesticider i øvre jordlag



Bilag 1

Region Midtjylland

Indhold af sum pesticider i øvre jordlag

Rev.:	
Dato:	april 2021
Udarb.:	hes
Kontrol:	hes
Sag nr.:	10409136
Fil:	

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Signatur

- Endelig spunsafgrænsning, 2006
- Nedsivningsområde
- Indre randområde
- Ydre randområde
- Nedsivningsområde medtaget i masseberegning
- Indre randområde medtaget i masseberegning
- Ydre randområde medtaget i masseberegning
- Nedsivningsområde
- Område med genopfyldt jord
- Lokaliseringsboring indenfor nedsivningsområde, 2012
- Lokaliseringsboring udenfor nedsivningsområde, 2012
- Boringer 2007-2009
- Boringer 2011
- Boringer 1981-2005
- Pumpeboringer
- Grædebrønde
- Zone

Signatur

- Skønnet område for indhold sum pesticider større end 0,1 mg/kg TS.
- 2,0 — Niveaukurve, Kote
- 2,56/1,43 — Kote af jordprøve/sum pesticider (mg/kg TS)

	Dato	Konst./Tegn	Kontrol	Godk.
	09.10.2013	ASKH	LRSB	LRSB

RAMBØLL
Lysholt Allé 10,
7100 Vejle
Tlf. +45 79 41 51 00
Fax. +45 79 41 51 01
www.ramboll.dk

Projektnr. 1144026 Mål 1:1000

Høfde 42

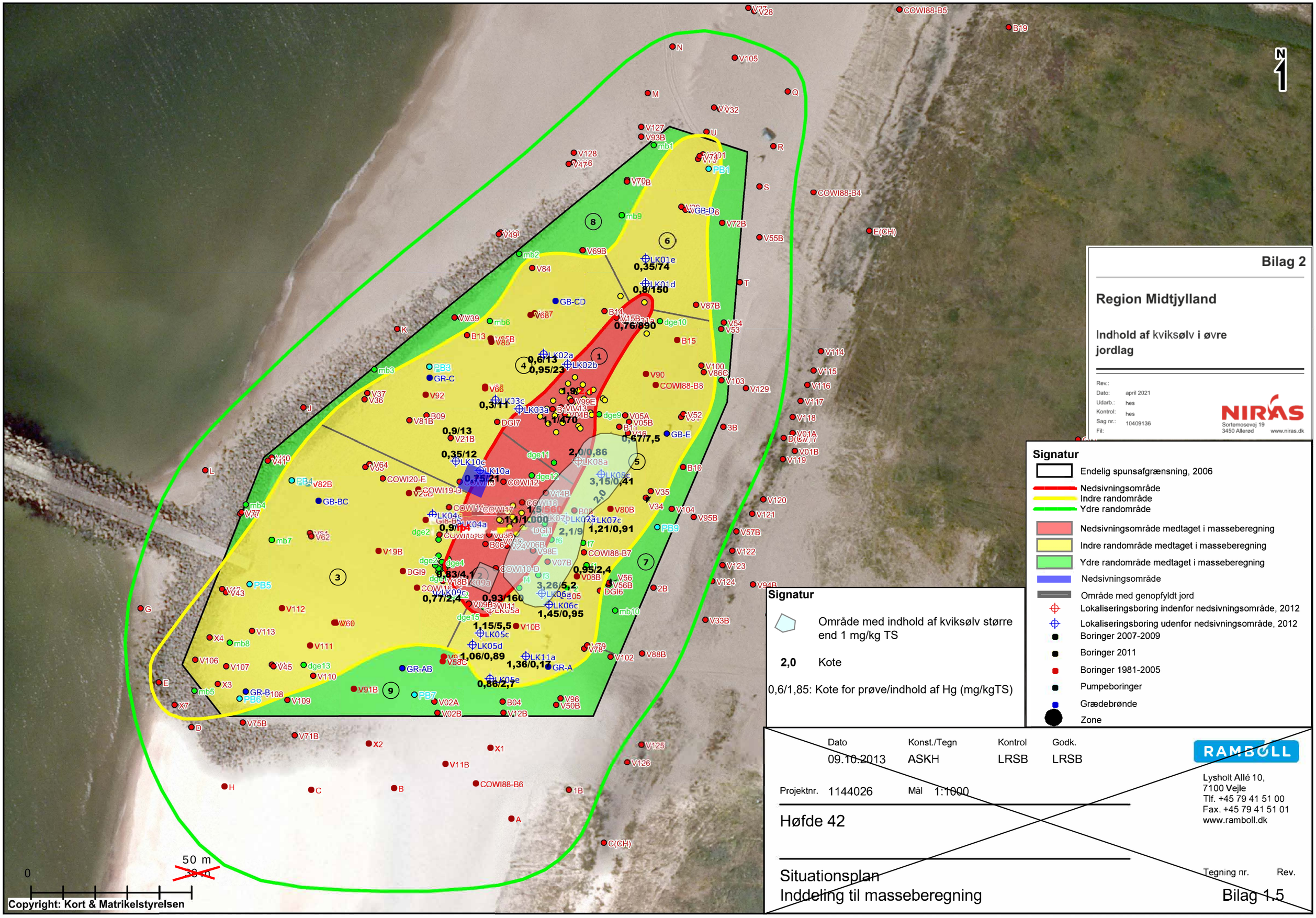
Situationsplan
Inddeling til masseberegning

Tegning nr. Rev.

Bilag 1.5

BILAG 2

Oversigtsplan. Indhold af kviksølv i øvre jordlag



Bilag 2

Region Midtjylland

Indhold af kviksølv i øvre jordlag

Rev.:
Dato: april 2021
Udarb.: hes
Kontrol: hes
Sag nr.: 10409136
Fil:

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

	Dato	Konst./Tegn	Kontrol	Godk.
	09.10.2013	ASKH	LRSB	LRSB

Projektnr. 1144026 Mål 1:1000

Høfde 42

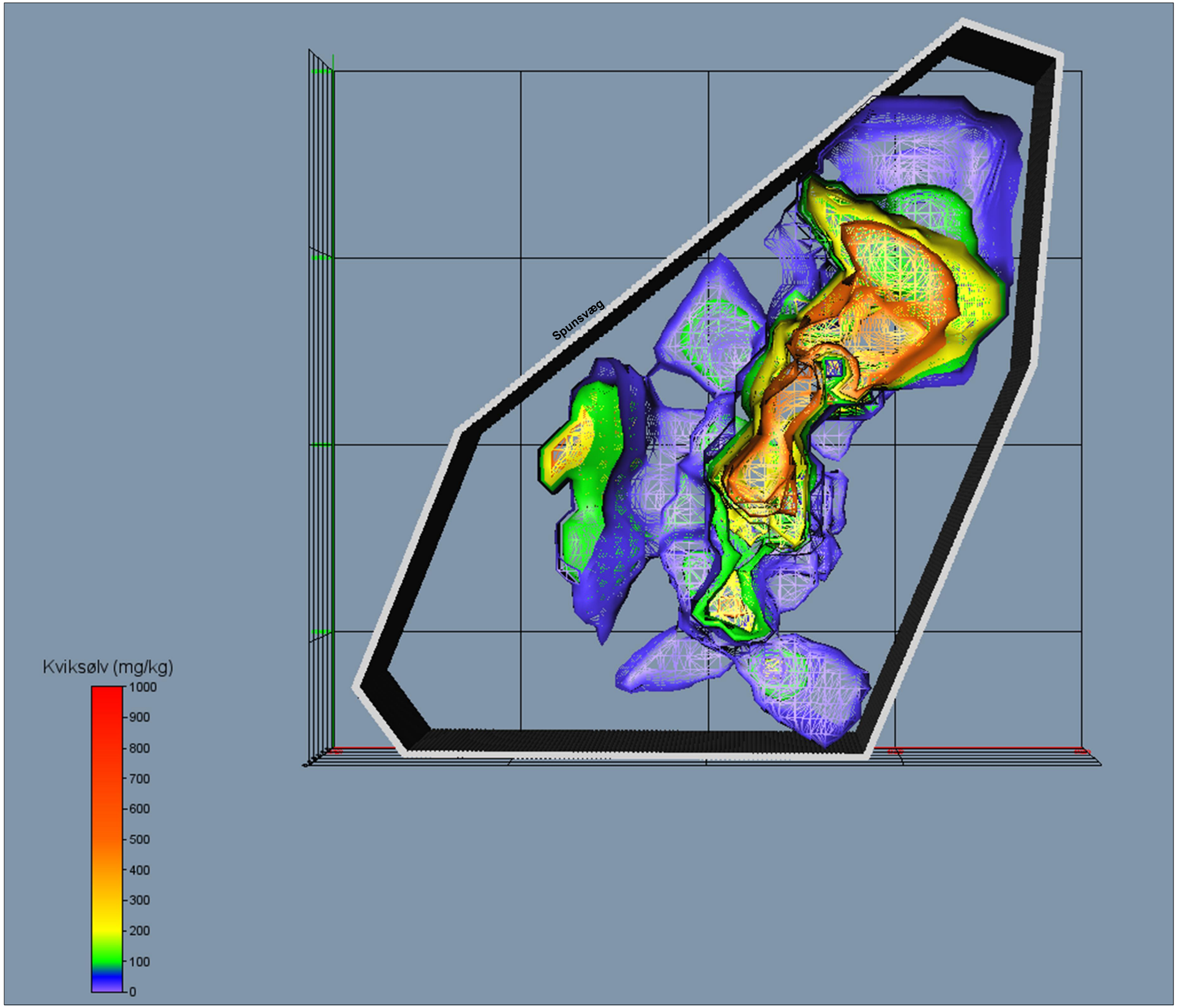
Situationsplan
Inddeling til masseberegning

Tegning nr. Bilag 1.5

RAMBØLL
Lysholt Allé 10,
7100 Vejle
Tlf. +45 79 41 51 00
Fax. +45 79 41 51 01
www.ramboll.dk

BILAG 3.1

Oversigtsplan. Udbredelse af kviksølv inden for spunsvæg.



Legende:

Oversigtsplan: Udbredelse af kviksølv inden for spunsvæggen.

Afgrænsning 25 mg/kg TS

Rev.:
Dato:2021-04-08
Udarb.: VOS/COJ
Kontrol: HES
SagsNr.:10409136

NIRAS

Bilag 3.1

Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

BILAG 3.2

Oversigtsplan.
Afgrænsning af kviksølv
ved 25 mg/kg TS niveau

Bilag 3.2

Region Midtjylland

Oversigtsplan. Afgrænsning af kviksølv ved 25 mg/kg TS niveau.

Rev.:
Dato: april 2021
Udarb.: hes
Kontrol: hes
Sag nr.: 10409136
Fil:

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

N

25 mg/kg TS

Signatur

- Udbredelse kviksølv. 25 mg/kg TS
- Nedsivningsområde
- Indre randområde
- Ydre randområde
- Nedsivningsområde medtaget i masseberegning
- Indre randområde medtaget i masseberegning
- Ydre randområde medtaget i masseberegning
- Nedsivningsområde
- Område med genopfyldt jord
- Lokaliseringsboring indenfor nedsivningsområde, 2012
- Lokaliseringsboring udenfor nedsivningsområde, 2012
- Boringer 2007-2009
- Boringer 2011
- Boringer 1981-2005
- Pumpeboringer
- Grædebrønde
- Zone

iso-kurve kote

2,2/43,1 Kote/sum pesticider

Udbredelse af kviksølv i jord, 25 mg/kg TS

NIRAS Rev. 2021-04-08

0 50 m

Copyright: Kort & Matrikelstyrelsen

Dato	Konst./Tegn	Kontrol	Godk.
09.10.2013	ASKH	LRSB	LRSB

RAMBØLL

Lysholt Allé 10,
7100 Vejle
Tlf. +45 79 41 51 00
Fax. +45 79 41 51 01
www.ramboll.dk

Projektnr. 1144026 Mål 1:1000

Høfde 42

Situationsplan
Inddeling til masseberegning

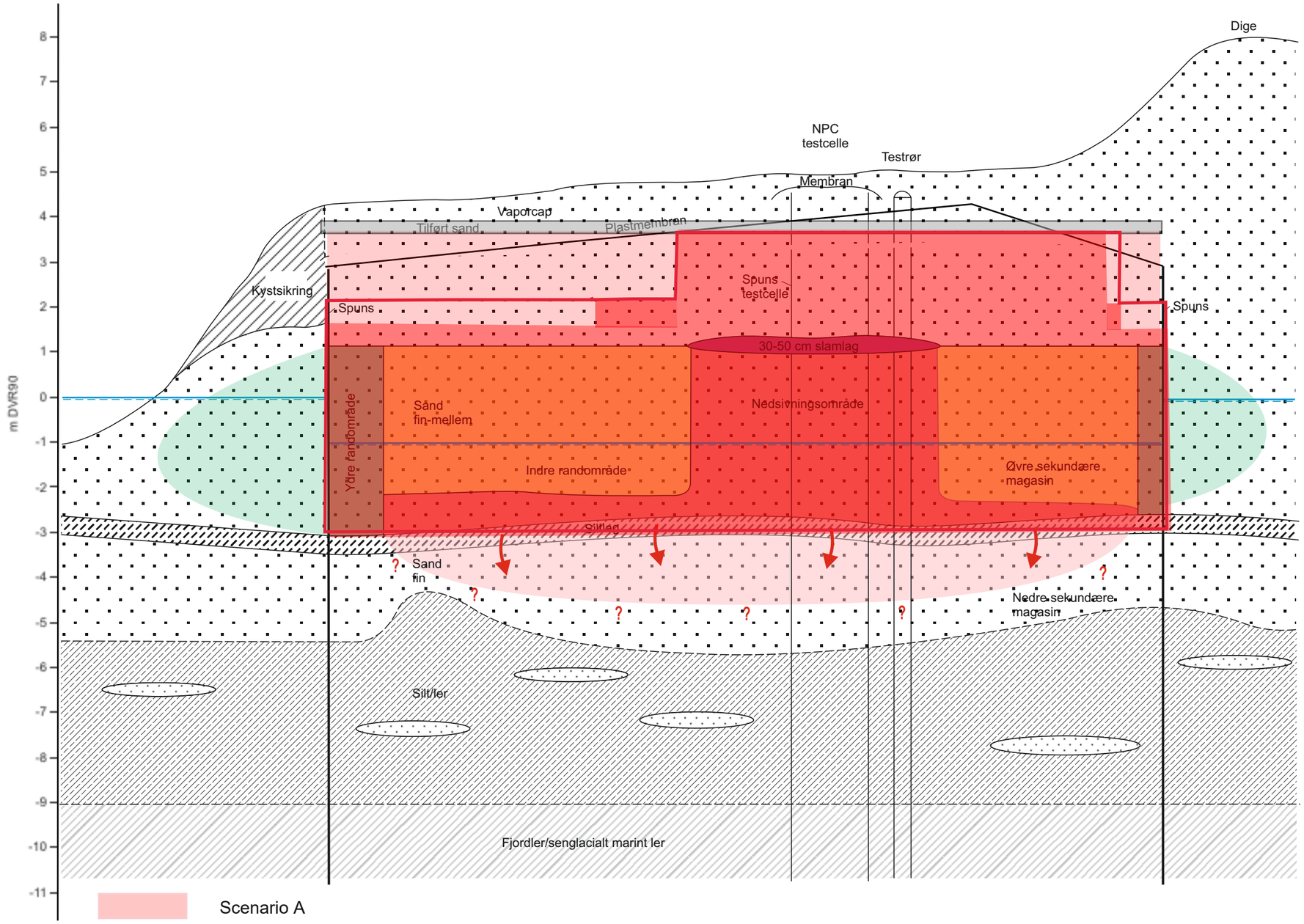
Tegning nr. Bilag 1.5 Rev.

BILAG 4

Profilsnit.
Oprensningsscenarier

VEST

ØST



Sand

Silt

Ler

Silt/ler

Forureningsniveauer:

Slamlag

Nedsivningsområde, jf. bilag1

Indre randområde, jf. bilag1

Ydre randområde, jf. bilag1

Potentiel forureningsudbredelse i nedre sekundære magasin

Uden for spunsvæg

Bilag 4

Region Midtjylland

Konceptuel model for Høfde 42 Vest-øst

Rev.:	b
Dato:	novenber 2020
Udarb.:	AHM
Kontrol:	MPC
Sag nr.:	10409136
Fil:	tegn\Bilag4.1.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

BILAG 5

Plan. Placering af betonbunkers

N

©COWI

100m

NIRAS

Høfde 42 Notat 2.1A del 1.
Placering af betonbunkers

Tidspunkt: 09-10-2020 17:24:51
Målestoksforhold: 1:1000

Bilag 5

BILAG 6

Oversigtskort.
Cheminovahullet. Opfyldt område

NIRAS

Høfde 42. Cheminovahullet
Oversigtskort. Opfyldt område.

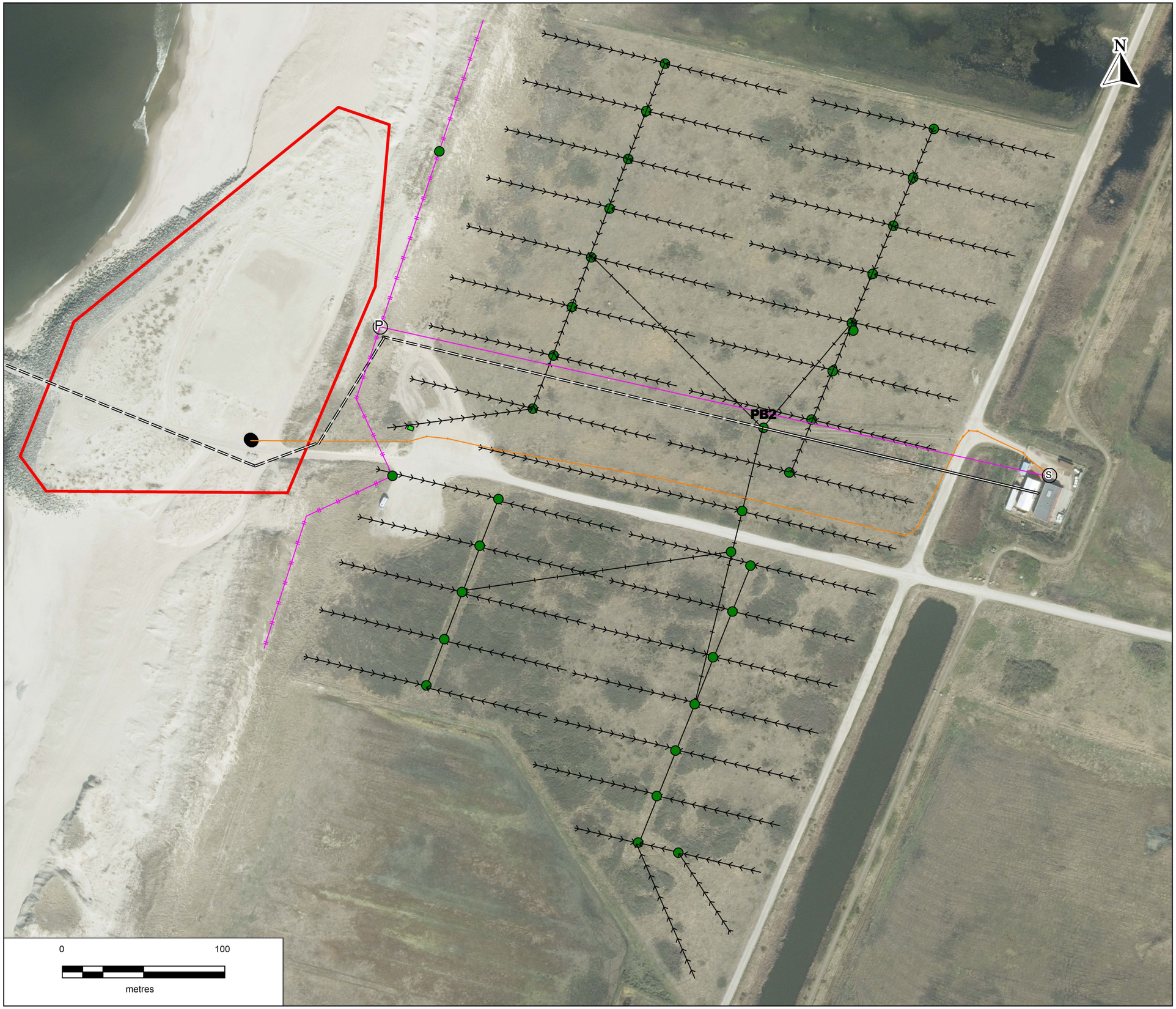
Opfyldt område

Tidspunkt: 13-10-2020 14:22:22
Målestoksforhold: 1:2000

Bilag 6

BILAG 7

Oversigtsplan. Dræn ved Cheminovahullet



- Pumpebrønd. Ikke i drift
- Samlebrønd
- Drænsamlebrønd
- Trykledning, ø60 mm. Ikke i drift
- Dræn, Ikke i drift
- Trykledning til brønd
- Samleledning dræn, ø160 mm, gravitation
- Dræn
- Trykledning, ø110 mm, til havet
- Samleledning dræn, gravitiation
- Returledning fra vandbehandlingsanlæg
- Spuns
- Teknikbrønd
- Elskur

Tegningen er ikke målfast.
Luftfoto er fra 2019.

Bilag 11

Oversigtsplan

Dræn ved Cheminova-hullet

Rev.:	1
Dato:	14-10-2020
Udarb.:	KAO
Kontrol:	HES
Sagsnr.:	10409136

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

BILAG 8

Sammenstilling af ledningsplaner

N658

2 x ø250 mm Spildevand fra FMC/Cheminova

10 kV elkabel

Gasledning, 19-50 bar

Thyborønvej

© SDFE

200m

Høfde 42 Depot
Sammenstilling af ledningsplaner. Ikke målfast

Tidspunkt: 15-10-2020 09:43:07
Målestoksforhold: 1:2500

Bilag 8